



등록특허 10-2410822



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2022년06월21일
 (11) 등록번호 10-2410822
 (24) 등록일자 2022년06월15일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G03F 7/20 (2006.01)
 (52) CPC특허분류
G03F 7/70683 (2013.01)
G03F 7/70308 (2013.01)
 (21) 출원번호 10-2018-0121161
 (22) 출원일자 2018년10월11일
 심사청구일자 2020년04월13일
 (65) 공개번호 10-2019-0044004
 (43) 공개일자 2019년04월29일
 (30) 우선권주장
 JP-P-2017-202857 2017년10월19일 일본(JP)
 (56) 선행기술조사문헌
 KR1020080051071 A*
 KR1020090009874 A*
 US20150011026 A1*
 JP2011159753 A
 *는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
 캐논 가부시끼가이사
 일본 도쿄도 오오따꾸 시모마루코 3조메 30방 2고
 (72) 발명자
 무라야마 겐키
 일본 도쿄도 오오따꾸 시모마루코 3조메 30방 2고
 캐논 가부시끼가이사 내
 (74) 대리인
 장수길, 이중희

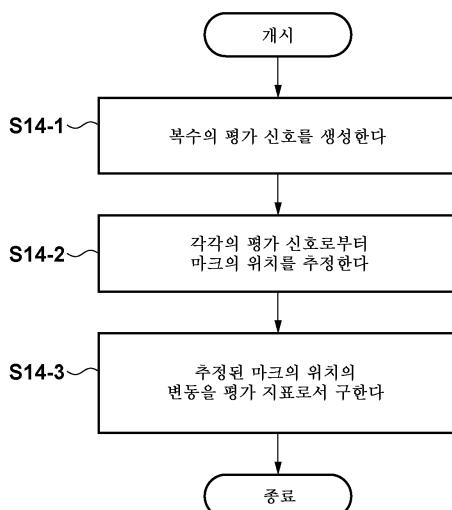
전체 청구항 수 : 총 12 항

심사관 : 계원호

(54) 발명의 명칭 평가 방법, 결정 방법, 리소그래피 장치, 및 비일시적 컴퓨터 판독가능 저장 매체

(57) 요약

본 발명은 기판에 형성된 마크의 위치의 계측 조건을 평가하는 평가 방법을 제공하고, 상기 평가 방법은, 계측 조건 하에서 마크로부터의 반사광을 검출함으로써 반사광의 강도 분포를 나타내는 마크 신호를 취득하는 단계; 상기 취득하는 단계에서 취득된 마크 신호에 포함되는 제1 주파수의 제1 신호 성분을 변화시킴으로써 마크 신호로부터 복수의 신호를 생성하는 단계; 및 생성하는 단계에서 취득된 복수의 신호 각각으로부터 마크의 위치를 추정하고, 추정된 마크의 위치의 변동을 계측 조건의 평가 지표로서 구하는 단계를 포함한다.

대 표 도 - 도9

(52) CPC특허분류

G03F 7/70775 (2013.01)

G03F 7/7085 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

기판에 형성된 마크의 위치의 계측 조건을 평가하는 평가 방법이며,

상기 계측 조건 하에서 상기 마크로부터의 반사광을 검출함으로써 상기 반사광의 강도 분포를 나타내는 마크 신호를 취득하는 단계;

상기 마크 신호로부터 제1 주파수 성분을 제거함으로써 취득되는 제1 신호를 복수의 제1 의사 성분과 각각 조합하여 복수의 평가 신호를 생성하는 단계 - 상기 복수의 제1 의사 성분은 상기 제1 주파수 성분의 제1 파라미터에 대하여 상이한 값들을 사용함으로써 작성됨 -; 및

상기 생성된 복수의 평가 신호로부터 상기 마크의 위치들을 추정하고, 상기 추정된 마크의 위치들의 변동을 상기 계측 조건의 평가 지표로서 구하는 단계를 포함하는, 평가 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 생성하는 단계는, 저역 통과 필터를 사용하여 상기 마크 신호로부터, 저주파수 성분인 상기 제1 주파수 성분을 제거하는, 평가 방법.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 마크는 복수의 라인 요소로 형성된 라인 앤드 스페이스 패턴을 포함하며,

상기 제1 주파수 성분은 상기 복수의 라인 요소 간의 반사광의 강도차에 기인하는 노이즈 성분을 포함하는, 평가 방법.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 생성하는 단계는, 상기 제1 주파수 성분의 상기 제1 파라미터로서 상기 제1 주파수 성분의 위상을 변화시킴으로써 상기 복수의 제1 의사 성분을 작성하는, 평가 방법.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 생성하는 단계는, 상기 마크 신호로부터 제2 주파수 성분을 제거함으로써 취득되는 제2 신호를 복수의 제2 의사 성분과 각각 조합하여 상기 복수의 평가 신호를 생성하고 - 상기 복수의 제2 의사 성분은 상기 제2 주파수 성분의 제2 파라미터에 대하여 상이한 값들을 사용함으로써 작성됨 -,

상기 제2 주파수 성분의 주파수는 상기 제1 주파수 성분의 주파수보다 높은,

평가 방법.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 생성하는 단계는, 고역 통과 필터를 사용하여 상기 마크 신호로부터, 고주파수 성분인 상기 제2 주파수 성분을 제거하는, 평가 방법.

청구항 7

제5항에 있어서,

상기 제2 주파수 성분은, 상기 마크 신호로부터 제거된 화이트 노이즈 성분인, 평가 방법.

청구항 8

제5항에 있어서,

상기 생성하는 단계는, 상기 제2 주파수 성분의 진폭으로부터 상기 복수의 제2 의사 성분의 진폭을 변경하지 않고, 상기 제2 주파수 성분의 상기 제2 파라미터를 변경함으로써, 상기 복수의 제2 의사 성분을 작성하는, 평가 방법.

청구항 9

기판에 형성된 마크의 위치의 계측 조건을 결정하는 결정 방법이며,

상기 계측 조건에 관한 복수의 후보 조건을 설정하는 단계;

평가 방법에 의해, 상기 복수의 후보 조건의 각각에 대해서 평가 지표를 구하는 단계; 및

상기 복수의 후보 조건의 각각에 대해서 구해진 상기 평가 지표에 기초하여, 상기 계측 조건을 결정하는 단계를 포함하고,

상기 평가 방법은,

상기 복수의 후보 조건 중 하나의 후보 조건 하에서 상기 마크로부터의 반사광을 검출함으로써 상기 반사광의 강도 분포를 나타내는 마크 신호를 취득하는 단계;

상기 마크 신호로부터 주파수 성분을 제거함으로써 취득되는 신호를 복수의 의사 성분과 각각 조합하여 복수의 평가 신호를 생성하는 단계 - 상기 복수의 의사 성분은 상기 주파수 성분의 파라미터에 대하여 상이한 값들을 사용함으로써 작성됨 -; 및

상기 생성된 복수의 평가 신호로부터 상기 마크의 위치들을 추정하고, 상기 추정된 마크의 위치들의 변동을 상기 하나의 후보 조건의 상기 평가 지표로서 구하는 단계를 포함하는, 결정 방법.

청구항 10

기판에 패턴을 형성하는 리소그래피 장치이며,

상기 기판에 형성된 마크의 위치를 계측하도록 구성된 계측 유닛; 및

상기 계측 유닛에 의해 사용될 상기 마크의 위치의 계측 조건을 결정하도록 구성된 처리 유닛을 포함하고,

상기 처리 유닛은,

상기 계측 조건에 관한 복수의 후보 조건을 설정하고;

상기 복수의 후보 조건의 각각에 대해서 평가 지표를 구하고;

상기 복수의 후보 조건의 각각에 대해서 구해진 상기 평가 지표에 기초하여, 상기 계측 조건을 결정하고,

상기 처리 유닛은, 상기 복수의 후보 조건의 각각에 대하여 상기 평가 지표를 구하는 것에 있어서,

상기 복수의 후보 조건 중 하나의 후보 조건 하에서 상기 마크로부터의 반사광을 검출함으로써 상기 반사광의 강도 분포를 나타내는 마크 신호를 취득하고;

상기 마크 신호로부터 주파수 성분을 제거함으로써 취득되는 신호를 복수의 의사 성분과 각각 조합하여 복수의 평가 신호를 생성하고 - 상기 복수의 의사 성분은 상기 주파수 성분의 파라미터에 대하여 상이한 값들을 사용함으로써 작성됨 -; 및

상기 생성된 복수의 평가 신호로부터 상기 마크의 위치들을 추정하고, 상기 추정된 마크의 위치들의 변동을 상기 하나의 후보 조건의 상기 평가 지표로서 구하는, 리소그래피 장치.

청구항 11

기판에 형성된 마크의 위치의 계측 조건을 평가하는 평가 방법을 실행하기 위해 컴퓨터에 의해 실행가능한 프로그램을 저장하는 비일시적 컴퓨터 판독가능 저장 매체이며,

상기 평가 방법은,

상기 계측 조건 하에서 상기 마크로부터의 반사광을 검출함으로써 상기 반사광의 강도 분포를 나타내는 마크 신호를 취득하는 단계;

상기 마크 신호로부터 주파수 성분을 제거함으로써 취득되는 신호를 복수의 의사 성분과 각각 조합하여 복수의 평가 신호를 생성하는 단계 - 상기 복수의 의사 성분은 상기 주파수 성분의 파라미터에 대하여 상이한 값들을 사용함으로써 작성됨 -; 및

상기 생성된 복수의 평가 신호로부터 상기 마크의 위치들을 추정하고, 상기 추정된 마크의 위치들의 변동을 상기 계측 조건의 평가 지표로서 구하는 단계

를 포함하는, 비일시적 컴퓨터 판독가능 저장 매체.

청구항 12

기판에 형성된 마크의 위치의 계측 조건을 결정하는 결정 방법을 실행하기 위해 컴퓨터에 의해 실행가능한 프로그램을 저장하는 비일시적 컴퓨터 판독가능 저장 매체이며,

상기 결정 방법은,

상기 계측 조건에 관한 복수의 후보 조건을 설정하는 단계;

평가 방법에 의해, 상기 복수의 후보 조건의 각각에 대해서 평가 지표를 구하는 단계; 및

상기 복수의 후보 조건의 각각에 대해서 구해진 상기 평가 지표에 기초하여, 상기 계측 조건을 결정하는 단계를 포함하고,

상기 평가 방법은,

상기 복수의 후보 조건 중 하나의 후보 조건 하에서 상기 마크로부터의 반사광을 검출함으로써 상기 반사광의 강도 분포를 나타내는 마크 신호를 취득하는 단계;

상기 마크 신호로부터 주파수 성분을 제거함으로써 취득되는 신호를 복수의 의사 성분과 각각 조합하여 복수의 평가 신호를 생성하는 단계 - 상기 복수의 의사 성분은 상기 주파수 성분의 파라미터에 대하여 상이한 값들을 사용함으로써 작성됨 -; 및

상기 생성된 복수의 평가 신호로부터 상기 마크의 위치들을 추정하고, 상기 추정된 마크의 위치들의 변동을 상기 하나의 후보 조건의 상기 평가 지표로서 구하는 단계를 포함하는, 비일시적 컴퓨터 판독가능 저장 매체.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은, 기판에 형성된 마크의 위치의 계측 조건을 평가하는 평가 방법, 결정 방법, 리소그래피 장치 및 비일시적 컴퓨터 판독가능 저장 매체에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 반도체 디바이스 등의 제조에 사용되는 리소그래피 장치에서는, 회로 패턴의 소형화 및 패킹 밀도 증가에 수반하여, 기판에 형성된 마크의 위치 계측 결과에 기초하여, 기판을 고정밀도로 위치결정하는 것이 요구되고 있다. 그러나, 기판의 마크의 위치 계측 결과는, 예를 들어 기판 상에 도포된 레지스트의 두께 불균일성 등의 기판 제조 프로세스에 기인하는 계측 오차(Wafer Induced Shift)라고 칭하기도 함)를 포함할 수 있다. 그 때문에, 노광 장치에서는, 이러한 계측 오차가 저감되는 계측 조건에서, 기판의 마크의 위치를 계측하는 것이 바람직하다. 일본 특허 공개 제2008-166737호 공보는, 복수의 계측 조건의 각각에 대해서, 기판의 마크에 의해 반사된

광의 강도 분포를 나타내는 마크 신호의 특징량(비대칭성, 콘트라스트 등)과 계측 오차 사이의 상관 관계를 생성하여, 당해 상관 관계에 기초하여 실 계측시에 사용되는 계측 조건을 결정하는 방법을 제안하고 있다.

[0003] 기판의 제조 프로세스에 기인하는 계측 오차는, 기판에 형성된 복수의 마크 사이에서 상이하기 때문에, 당해 복수의 마크의 각각에 대하여, 일본 특허 공개 제2008-166737호 공보에 기재된 방법을 사용해서 계측 조건을 순차적으로 결정하는 것은 번잡하다. 그러므로, 복수의 마크에 대하여 공통으로 사용할 수 있도록, 즉 높은 로버스트성을 갖도록 계측 조건을 결정하는 것이 바람직하고, 계측 조건의 로버스트성을 평가하는 방법이 요구되고 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0004] 본 발명은, 예를 들어 계측 조건의 로버스트성을 평가하는데 유리한 기술을 제공한다.

과제의 해결手段

[0005] 본 발명의 일 양태에 따르면, 기판에 형성된 마크의 위치의 계측 조건을 평가하는 평가 방법이 제공되며, 상기 평가 방법은, 상기 계측 조건 하에서 상기 마크로부터의 반사광을 검출함으로써 상기 반사광의 강도 분포를 나타내는 마크 신호를 취득하는 단계; 상기 취득하는 단계에서 취득된 상기 마크 신호에 포함된 제1 주파수의 제1 신호 성분을 변화시킴으로써 상기 마크 신호로부터 복수의 신호를 생성하는 단계; 및 상기 생성하는 단계에서 취득된 상기 복수의 신호 각각으로부터 상기 마크의 위치를 추정하고, 추정된 상기 마크의 위치의 변동을 상기 계측 조건의 평가 지표로서 구하는 단계를 포함한다.

[0006] 본 발명의 추가적인 특징은 첨부된 도면을 참고한 예시적인 실시형태에 대한 이하의 설명으로부터 명확해질 것이다.

도면의 간단한 설명

[0007] 도 1은 노광 장치의 구성을 도시하는 개략도이다.

도 2는 계측 유닛(스코프)의 구성을 도시하는 개략도이다.

도 3은 샘플 샷 영역의 배치의 일례를 도시하는 도면이다.

도 4의 (a)는 기판에 형성된 마크의 일례를 나타내는 상면도이다.

도 4의 (b)는 기판에 형성된 마크의 일례를 나타내는 단면도이다.

도 5의 (a)는 기판에 형성된 마크의 일례를 나타내는 단면도이다.

도 5의 (b)는 도 5의 (a)에 나타내는 마크로부터 취득되는 이상적인 마크 신호를 도시하는 도면이다.

도 6의 (a)는 기판에 형성된 마크의 일례를 나타내는 단면도이다.

도 6의 (b)는 도 6의 (a)에 나타내는 마크로부터 실제로 취득되는 마크 신호를 도시하는 도면이다.

도 7은 계측 조건의 결정 방법을 나타내는 흐름도이다.

도 8은 마크 신호를 취득하는 처리를 나타내는 흐름도이다.

도 9는 대상 후보 조건의 평가 지표를 구하는 처리를 나타내는 흐름도이다.

도 10은 마크 신호의 저주파 성분을 변화시켜서 복수의 평가 신호를 생성하는 처리를 설명하기 위한 도면이다.

도 11은 마크 신호의 고주파 성분을 변화시켜서 복수의 평가 신호를 생성하는 처리를 설명하기 위한 도면이다.

도 12a는 본 발명의 방법에 의해 구해진 복수의 후보 조건의 평가 지표를 도시하는 도면이다.

도 12b는 종래의 방법에 의해 구해진 복수의 후보 조건의 평가 지표를 도시하는 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0008] 본 발명의 예시적인 실시형태를 첨부의 도면을 참고하여 이하에서 설명한다. 동일한 참조 번호는 도면 전체에

서 동일한 부재를 나타내고, 그에 대한 반복적인 설명은 주어지지 않는다. 이하에서 설명되는 실시형태에서는, 리소그래피 장치로서, 기판을 노광해서 마스크의 패턴을 기판에 전사하는 노광 장치를 사용하는 경우를 설명한다. 그러나, 리소그래피 장치는 이것으로 한정되지 않는다. 본 발명은, 몰드를 사용해서 기판 상에 임프린트 재의 패턴을 형성하는 임프린트 장치나, 하전 입자 빔을 기판에 조사해서 당해 기판에 패턴을 형성하는 묘화 장치 등의 리소그래피 장치에서도 적용될 수 있다.

[0009] <제1 실시형태>

본 발명에 따른 제1 실시형태의 노광 장치(10)에 대해서 설명한다. 도 1은 노광 장치(10)의 구성을 도시하는 개략도이다. 노광 장치(10)는, 조명 광학계(1), 마스크 스테이지(3), 투영 광학계(4), 기판 스테이지(6), 계측 유닛(7), 및 제어 유닛(8)을 포함할 수 있다. 제어 유닛(8)은, 예를 들어 CPU 및 메모리(저장 유닛)를 포함하는 컴퓨터를 포함하고, 노광 장치(10)에서의 노광 처리를 제어한다(노광 장치(10)의 각 유닛을 제어한다).

조명 광학계(1)는, 광원(도시하지 않음)으로부터 사출된 광을 정형하고, 마스크 스테이지(3)에 의해 보유지지된 마스크(2)를 조명한다. 투영 광학계(4)는, 미리정해진 투영 배율을 갖고, 조명 광학계(1)에 의해 조명된 마스크(2)의 회로 패턴을 기판(5)에 투영한다. 기판 스테이지(6)는, 기판(5)을 보유지지해서 이동가능하도록 구성된다. 더 구체적으로는, 기판 스테이지(6)는, 이전 처리에서 하부 패턴 및 마크(12)(얼라인먼트 마크)가 형성된 기판(5)을 보유지지하는 척(6a), 및 척(6a)을 기계적으로 보유지지해서 기판(5)을 척(6a)과 함께 구동하는 구동 유닛(6b)을 포함할 수 있다. 계측 유닛(7)은, 기판(5)에 형성된 마크(12)에 의해 반사된 광을 검출하는 스코프(검출 유닛)를 포함하고, 해당 검출 유닛에 의해 검출된 반사광의 강도 분포를 나타내는 마크 신호(마크(12)의 이미지 신호)에 기초하여 당해 마크(12)의 위치를 계측한다. 본 실시형태의 계측 유닛(7)은, 스코프로서, 투영 광학계(4)를 통하지 않고 기판(5)의 마크(12)를 검출하는 오프-액시스 스코프를 사용한다.

[0012] 이어서, 계측 유닛(7)(스코프)의 더 구체적인 구성에 대해서 설명한다. 도 2는 계측 유닛(7)(스코프)의 구성을 도시하는 개략도이다. 광원(71)으로부터의 조명광은, 빔 스플리터(72)에 의해 반사되고, 렌즈(73)를 통과하여 기판(5)의 마크(12)를 조명한다. 마크(12)에 의해 반사된 광은, 렌즈(73), 빔 스플리터(72), 및 렌즈(74)를 통과하고, 빔 스플리터(75)에 의해 분할되어, 이미지 센서(76, 77)에 의해 수광된다. 이미지 센서는 활상 소자(예를 들어, CMOS나 CCD)를 갖는 센서이다. 마크(12)의 상은, 렌즈(73, 74)에 의해 상의 분해능이 계측 정밀도를 만족시킬 수 있는 배율로 확대되고, 이미지 센서(76, 77)의 수광면에 결상된다. 이미지 센서(76, 77)는 각각 마크(12)의 X 및 Y 방향 위치를 계측하기 위해 사용되며, 광축에 대하여 90° 회전되도록 배치된다.

[0013] 도 3은 기판에서의 복수의 샷 영역(11)의 배치를 도시하는 도면이다. 각 샷 영역(11)에는, X 방향 위치를 계측하기 위한 마크와, Y 방향 위치를 계측하기 위한 마크가 제공될 수 있다. 이를 마크는 형상이 동일하고 단순히 각도가 90° 상이하기 때문에, 도 3에서는 X 방향 위치를 계측하기 위한 마크(12)만을 나타낸다. 노광 장치(10)는, 복수의 샷 영역(11) 중 몇몇 샷 영역(샘플 샷 영역(11a))에서 마크의 위치 계측을 행한다. 샘플 샷 영역(11a)에서의 마크(12)의 위치 계측 결과를 통계적으로 처리함으로써, 기판(5)에서의 복수의 샷 영역(11)의 배열에 대한 정보를 얻을 수 있다(소위, 글로벌 얼라인먼트). 배열에 대한 정보는, 목표 배열로부터의 어긋남량의 정보를 포함할 수 있다.

[0014] 도 4의 (a) 및 도 4의 (b)는, 기판(5)(각 샷 영역(11))에 형성된 마크(12)의 일례를 도시하는 도면이다. 도 4의 (a)는 마크(12)를 상방(Z 방향)으로부터 본 상면도이며, 도 4의 (b)는 마크(12)의 X-Z 단면도이다. 마크(12)는, 예를 들어 도 4의 (a) 및 도 4의 (b)에 도시하는 바와 같이, 각각 계측 방향(X 방향)에서 짧은 변(S)을 갖고, 비계측 방향(Y 방향)에서 긴 변(T)을 갖는 복수(4개)의 라인 요소(12a 내지 12d)를 X 방향으로 등간격으로 배치한 라인 앤드 스페이스 패턴을 포함할 수 있다. 각 라인 요소(12a 내지 12d)는, 예칭 등에 의해 오목 형상으로 형성되고, 각 라인 요소(12a 내지 12d)의 저면에는 광 반사율이 기판(5)의 표면의 광 반사율과 상이한 크롬 등의 재료가 제공될 수 있다. 도 4의 (b)에 나타내는 예에서는, 기판(5)의 마크(12)(복수의 라인 요소(12a 내지 12d)) 위에 페지스트(13)가 도포되어 있다.

[0015] 도 5의 (a) 및 도 5의 (b)는, 도 4의 (a) 및 도 4의 (b)에 도시하는 바와 같이 구성된 마크(12)(도 5의 (a))에 의해 반사된 광을 이미지 센서(76)에 의해 검출(수광)하고, 검출된 반사광의 강도를 전기 신호로 변환함으로써 취득되는 이상적인 마크 신호(14)의 예(도 5의 (b))를 나타낸다. 기판(5)의 마크(12)를 조명하면, 기판(5)의 표면의 광 반사율과 각 라인 요소(12a 내지 12d)의 저면의 광 반사율 사이의 차에 의해, 기판(5)의 표면에 의해 반사된 광의 강도와 각 라인 요소(12a 내지 12d)에 의해 반사된 광의 강도는 서로 상이하다. 그 때문에, 마크(12)에 의해 반사된 광의 강도 분포를 나타내는 마크 신호(14)에서는, 도 5의 (a) 및 도 5의 (b)에 도시하는 바와 같이, 라인 요소(12a 내지 12d)에 대응하는 위치에서 신호 강도 변화 부분(함몰부)(14a 내지 14d)을 관찰할

수 있다. 신호 강도 변화 부분(14a 내지 14d)의 피크 위치를 구함으로써, 변화 부분(14a 내지 14d)의 피크 위치에 기초하여 마크(12)의 위치(좌표)를 계측(산출)할 수 있다.

[0016] 그러나, 도 5의 (b)에 나타내는 마크 신호(14)는 이상적인 예이며, 실제로는, 기판(5)의 제조 프로세스(예를 들어, 레지스트(13)의 두께 불균일성)에 기인해서 라인 요소(12a 내지 12d) 사이에서 반사광의 강도가 상이할 수 있다. 그 결과, 도 6의 (a) 및 도 6의 (b)에 도시하는 바와 같이 변화 부분(14a 내지 14d) 사이에서 피크값이 상이할 수 있다. 도 6의 (a)는 마크(12)의 단면도를 도시하며, 도 6의 (b)는 실제로 취득될 수 있는 마크 신호의 예를 나타낸다. 마크 신호(14)에서의 변화 부분(14a 내지 14d)의 피크값이 서로 상이하면, 변화 부분(14a 내지 14d)의 피크 위치를 정확하게 구하는 것이 곤란해지고, 따라서 마크(12)의 위치 계측 결과에 오차가 발생할 수 있다. 그 때문에, 노광 장치(10)는, 이러한 계측 오차가 저감되는 계측조건 하에서, 기판(5)의 마크(12)의 위치를 계측하는 것이 바람직하다. 또한, 이러한 계측 오차는, 기판(5)에 형성된 복수의 마크(12) 사이에서 상이할 수 있기 때문에, 당해 복수의 마크(12)에 대하여 공통으로 사용할 수 있도록, 즉 높은 로버스트성을 갖도록 계측 조건을 결정하는 것이 바람직하다.

[계측 조건의 결정 방법]

[0018] 이하에, 본 실시형태에 따른 계측 조건의 결정 방법에 대해서 도 7을 참조하여 설명한다. 도 7은, 본 실시형태에 따른 계측 조건의 결정 방법을 나타내는 흐름도이다. 도 7에 나타내는 흐름도의 각 단계는 제어 유닛(8)에 의해 행하여 질 수 있다. 본 실시형태에서는, 계측 조건을 결정하는 처리(S12 내지 S16)를 행하는 처리 유닛으로서 제어 유닛(8)이 기능하는 경우를 설명하지만, 처리 유닛은 제어 유닛(8)과 별개로 제공될 수 있다.

[0019] 단계 S11에서는, 제어 유닛(8)은, 기판 반송 기구(도시하지 않음)를 제어하고, 기판(5)을 기판 스테이지(6)(척(6a)) 위에 반송한다. 단계 S12에서는, 제어 유닛(8)은, 기판(5)에 형성된 마크(12)의 위치를 계측하기 위한 계측 조건에 관한 복수의 후보 조건을 설정한다. 계측 조건(후보 조건)은, 예를 들어 마크(12)를 계측할 때의 조명 조건, 계측하는 마크(12)의 수 및 배치, 샘플 샷 영역(11a)의 수 및 배치, 및 마크 신호(14)로부터 마크(12)의 위치를 구하기 위한 신호 처리 알고리즘을 포함할 수 있다. 단계 S12에서 설정되는 복수의 후보 조건은, 상기 예 중 적어도 하나에서 서로 상이할 수 있다. 계측 조건은 상기 예로 한정되는 것은 아니다.

[0020] 단계 S13에서는, 제어 유닛(8)은, 복수의 후보 조건 중 1개(대상 후보 조건)에서 마크(12)에 의해 반사된 광을 계측 유닛(7)이 검출하게 하여, 당해 반사광의 강도 분포를 나타내는 마크 신호(14)를 계측 유닛(7)으로부터 취득한다. 단계 S14에서는, 제어 유닛(8)은 대상 후보 조건을 평가하기 위한 평가 지표를 구한다. 단계 S15에서는, 제어 유닛(8)은, 대상 후보 조건을 변경할지의 여부, 즉 평가 지표가 구해지지 않은 후보 조건이 존재하는지의 여부를 결정한다. 대상 후보 조건이 변경된다고 결정되는 경우에는, 복수의 후보 조건 중에서 평가 지표가 구해지지 않은 후보 조건을 대상 후보 조건으로서 설정하고, 단계 S13 및 S14를 행한다. 대상 후보 조건이 변경되지 않는다고 결정되는 경우에는, 처리는 단계 S16으로 진행한다. 단계 S16에서는, 제어 유닛(8)은, 복수의 후보 조건의 각각에 대해서 구해진 평가 지표에 기초하여, 기판(5)의 마크(12)의 위치를 계측할 때(즉, 실제 계측을 실행할 때)에 사용되는 계측 조건을 결정한다. 이하, 단계 S13, S14 및 S16의 처리의 상세에 대해서 설명한다.

[마크 신호의 취득(단계 S13)]

[0022] 대상 후보 조건에서 마크 신호(14)를 취득하는 처리(단계 S13)의 상세에 대해서, 도 8을 참조하여 설명한다. 도 8은 마크 신호를 취득하는 처리를 나타내는 흐름도이다.

[0023] 단계 S13-1에서는, 제어 유닛(8)은, 대상 후보 조건 하에서 샘플 샷 영역(11a)의 마크(12)가 계측 유닛(7)의 스코프 시야 내에 위치되도록, 기판 스테이지(6)를 위치결정한다. 단계 S13-2에서는, 제어 유닛(8)은, 대상 후보 조건으로서 설정된 조명 조건에서 마크(12)를 조명하고, 마크(12)에 의해 반사된 광을 검출하도록 계측 유닛(7)(스코프)을 제어한다. 단계 S13-3에서는, 제어 유닛(8)은, 계측 유닛(7)(스코프)에 의해 검출된 마크(12)에 의해 반사된 광의 강도 분포를 나타내는 마크 신호(14)를 취득한다. 단계 S13에서 취득된 마크 신호(14)에서는, 도 6의 (a) 및 도 6의 (b)를 참조하여 설명한 바와 같이, 기판(5)의 제조 프로세스에 기인해서 변화 부분(14a 내지 14d)의 피크값이 서로 상이할 수 있다. 피크값의 차는, 라인 요소(12a 내지 12d)의 각각의 인접하는 요소 사이의 거리에 대응하는 주기의 1/4의 주기를 갖는 저주파수(제1 주파수)의 노이즈 성분(저주파 성분(15), 제1 신호 성분)으로서 검출된다. 저주파 성분(15)은, 신호 레벨, 주기 및 위상을 파라미터로서 사용하는 함수(예를 들어, 삼각함수)에 의해 근사될 수 있다. 또한, 기판(5)에서의 복수의 마크(12)에서 취득된 마크 신호(14)의 저주파 성분(15)에서는, 파형은 변화하지 않는 상태에서 위상이 변화하는 것이 알려져 있다.

[0024] [평가 지표의 산출(단계 S14)]

[0025] 대상 후보 조건을 평가하기 위한 평가 지표를 구하는 처리(단계 S14)를 도 9를 참조하여 상세하게 설명한다. 도 9는, 대상 후보 조건의 평가 지표를 구하는 처리를 나타내는 흐름도이다.

[0026] 단계 S14-1에서는, 제어 유닛(8)은, 단계 S13에서 취득한 마크 신호(14)의 저주파 성분(15)을 변화시켜, 대상 후보 조건을 평가하기 위한 복수의 평가 신호를 생성한다. 예를 들어, 제어 유닛(8)은, 도 10에 도시하는 바와 같이, 단계 S13에서 취득한 마크 신호(14)를 저역 통과 필터에 통과시킴으로써 해당 마크 신호(14)의 저주파 성분(15)을 추출하고, 추출한 저주파 성분(15)의 위상을 변화시킴으로써(-X 방향으로 시프트시킴으로써) 의사 성분(pseudo component)(15a)을 작성한다. 이 의사 성분(15a)은, 다른 마크로부터 취득된 마크 신호에 포함되는 것으로 추정되는 의사 저주파 성분이다. 작성한 의사 성분(15a)을 저주파 성분(15)의 추출(제거) 후의 마크 신호(14)와 합성함으로써(즉, 마크 신호(14)의 저주파 성분(15)을 의사 성분(15a)으로 변화시킴으로써), 도 10에 도시하는 바와 같은 평가 신호(16)를 생성할 수 있다. 이러한 처리를, 추출된 저주파 성분(15)의 위상을 상이한 양으로 변화시키면서 반복적으로 실행함으로써, 복수의 평가 신호를 생성할 수 있다. 본 실시형태에서는, 추출된 저주파 성분(15)의 위상을 변화시켜서 복수의 평가 신호를 생성하는 경우를 설명했지만, 처리는 이것으로 한정되지 않는다. 저주파 성분(15)의 다른 파라미터를 변화시킴으로써 복수의 평가 신호를 생성할 수 있다. 단계 S14-1에서 생성되는 평가 신호의 수는, 후술하는 단계 S14-3에서 후보 조건의 평가 지표로서 구해지는 마크(12)의 추정 위치의 변동을 산출하는데 충분한 수로 설정될 수 있다.

[0027] 마크 신호(14)에서, 기판(5)의 마크(12)의 검출 타이밍에 따라, 고주파수(제2 주파수)의 노이즈 성분(고주파 성분(17), 제2 신호 성분)이 변화할 수 있다. 마크 신호(14)의 고주파 성분(17)은, 도 11의 영역 A에 나타내는 전기 노이즈 등의 환경 노이즈(예를 들어, 화이트 노이즈 성분)를 포함할 수 있다. 마크 신호(14)의 고주파 성분(17)의 변화에 의해서도 마크(12)의 위치의 계측 오차가 발생할 수 있다. 그 때문에, 제어 유닛(8)은, 마크 신호(14)의 고주파 성분(17)을 변화시킴으로써 복수의 평가 신호를 생성할 수 있다.

[0028] 예를 들어, 제어 유닛(8)은, 단계 S13에서 취득한 마크 신호(14)를 고역 통과 필터에 통과시킴으로써 해당 마크 신호(14)의 고주파 성분(17)을 추출하고, 추출한 고주파 성분(17)을 변화시킴으로써 의사 성분을 작성한다. 당해 의사 성분은, 추출된 고주파 성분의 진폭(예를 들어, 극소값(17a) 및 극대값(17b))이 변화되지 않는 균등 난수로서 작성될 수 있다. 작성된 의사 성분을 고주파 성분(17)의 추출 후의 마크 신호(14)와 합성시킴으로써(즉, 마크 신호(14)의 고주파 성분(17)을 의사 성분으로 변화시킴으로써) 평가 신호를 생성할 수 있다. 이러한 처리를 반복적으로 실행함으로써, 복수의 평가 신호가 생성된다. 본 실시형태에서는, 마크 신호(14)의 고주파 성분에 관한 의사 성분을 균등 난수로서 작성하지만, 의사 성분은 이것으로 한정되는 것이 아니다. 예를 들어, 단계 S13에서 취득된 마크 신호로부터, 극소값(17a)과 극대값(17b) 사이에서의 검출 점의 히스토그램을 나타내는 분포를 구할 수 있고, 구한 분포에 기초하여 의사 성분을 작성해도 된다.

[0029] 단계 S14-2에서는, 제어 유닛(8)은, 단계 S14-1에서 생성된 복수의 평가 신호 각각에 기초하여 마크(12)의 위치를 추정한다. 즉, 제어 유닛(8)은, 대상 후보 조건으로서 설정된 신호 처리 알고리즘을 사용하여, 단계 S14-1에서 생성한 복수의 평가 신호의 각각에 기초하여 마크(12)의 위치를 추정하여, 마크(12)에 관한 복수의(평가 신호의 수와 동일한 수의) 추정 위치를 취득한다.

[0030] 단계 S14-3에서는, 제어 유닛(8)은, 단계 S14-2에서 취득된 마크(12)의 추정 위치의 변동을 대상 후보 조건의 평가 지표로서 구한다. 본 실시형태에서는, 마크(12)의 추정 위치의 변동(평가 지표)으로서, 표준 편차(σ)를 사용하는 경우에 대해 설명한다. 그러나, 해당 변동을 나타낼 수 있는 한 표준 편차(σ) 이외의 값을 사용할 수 있다. 예를 들어, n개의 평가 신호를 사용하는 경우, 그 평가 신호로부터 구해진 마크의 추정 위치(x_n)의 표준 편차(σ)는 이하에 의해 표현될 수 있다:

$$\sigma = \sqrt{\frac{1}{n} \sum_{i=1}^n (x_i - x_{ave})^2} \quad (1)$$

[0031] 여기서, x_{ave} 은 x_n 의 평균값이다. 이 표준 편차(σ)가 대상 후보 조건의 평가 지표로서 사용될 수 있다. 이와 같이, 마크(12)의 추정 위치의 변동을 평가 지표로서 사용함으로써, 후보 조건(계측 조건)의 로버스트성을 평가 할 수 있다.

[0032] [계측 조건의 결정(단계 S16)]

[0033] 이어서, 복수의 후보 조건의 각각에 대해서 구해진 평가 지표에 기초하여, 기판(5)의 마크(12)의 위치를 계측할

때에 사용하는 계측 조건을 결정하는 처리(단계 S16)에 대해서 설명한다. 단계 S16에서, 제어 유닛(8)은, 복수의 후보 조건 중, 예를 들어 최소 평가 지표(표준 편차(σ))를 갖는 후보 조건을 당해 계측 조건으로서 결정할 수 있다.

[0035] 도 12a 및 도 12b는, 위치의 계측이 행하여지는 마크(12)의 수나 배치가 상이한 복수의 조건(M1 내지 M4)의 각각에 대하여, 신호 처리 알고리즘(A)과 신호 처리 알고리즘(B)을 사용하여 취득한 8종류의 후보 조건의 평가 지표(표준 편차(σ))를 각각 도시하는 도면이다. 도 12a는, 상술한 본 실시형태에 따른 방법을 사용해서 각 후보 조건의 평가 지표(표준 편차(σ))를 구한 예를 나타낸다. 도 12b는, 각 후보 조건에서 마스크(2)의 회로 패턴을 기판 상에 실제로 전사하여 얻은 결과로부터 종래의 방법으로 각 후보 조건의 평가 지표를 구하는 예를 나타낸다. 더 구체적으로는, 도 12b는, 각 후보 조건에서 계측된 마크(12)의 위치에 기초한 얼라인먼트를 행하고 마스크(2)의 회로 패턴을 기판 상에 실제로 전사함으로써 취득한 전사 패턴과 하부 패턴 사이의 중첩 오차의 계측값의 변동으로부터 구한 평가 지표를 나타낸다.

[0036] 본 실시형태에 따른 방법에서는, 도 12a에 도시하는 바와 같이, 8종류 후보 조건 중, 조건 M4와 신호 처리 알고리즘 A의 조합인 후보 조건 하에서 표준 편차(σ)가 가장 작다. 각 후보 조건의 표준 편차(σ)의 경향은, 도 12b에 도시하는 바와 같이 중첩 오차의 실 계측 결과로부터 취득한 것과 마찬가지이다. 즉, 본 실시형태에 따른 방법에서는, 상술한 바와 같이 마크 신호(14)에 기초하여 복수의 평가 신호를 생성함으로써 각 후보 조건을 평가할 수 있다. 중첩 오차의 계측을 실행할 필요가 없다. 따라서, 계측 조건을 신속하고 용이하게 결정할 수 있다.

[0037] <제2 실시형태>

[0038] 본 발명에 따른 제2 실시형태에 대해서 설명한다. 제2 실시형태는, 도 9의 흐름도의 단계 S14-1의 처리가 상이한 점에서 제1 실시형태와 상이하다. 제1 실시형태에서는, 단계 S14-1의 처리에서, 단계 S13에서 취득한 마크 신호(14)에 기초하여 복수의 평가 신호를 생성한다. 제2 실시형태에서는, 단계 S13에서 취득한 마크 신호(14)가 아니라, 사전에 취득한 마크 신호에 기초하여 생성된 복수의 평가 신호가 사용될 수 있다.

[0039] 더 구체적으로는, 사전에 취득된 마크 신호의 저주파 성분을 상술한 방법으로 변화시킴으로써 복수의 평가 신호를 생성한다. 이렇게 생성된 복수의 평가 신호는, 노광 장치(10)에 제공된 콘솔(9)을 통해 입력된다. 이 경우, 제어 유닛(8)은, 단계 S14-1에서, 콘솔(9)을 통해 입력된 복수의 평가 신호를 취득한다. 이는 마크 신호의 고주파 성분의 경우에도 적용된다. 고주파 성분의 경우, 마크 신호로부터 취득되는 것에 한정되지 않고, 기판(5)의 표면에 의해 반사된 광을 검출함으로써 취득된 신호(변화 부분(14a 내지 14d)이 없는 신호)로부터 취득될 수 있다. 복수의 평가 신호의 생성은, 노광 장치(10)의 제어 유닛(8)에 의해 행해질 수 있거나, 장치의 외부 컴퓨터 등에 의해 행해질 수 있다.

[0040] <물품 제조 방법의 실시형태>

[0041] 본 발명의 실시형태에 따른 물품 제조 방법은, 예를 들어 반도체 디바이스 등의 마이크로디바이스나 미세 구조를 갖는 소자 등의 물품을 제조하는데 적합하다. 본 실시형태에 따른 물품 제조 방법은, 상술한 방법을 사용해서 기판에 패턴을 형성하는 단계, 및 상기 단계에서 패턴이 형성된 기판을 가공하는 단계를 포함한다. 상기 제조 방법은, 다른 주지의 단계(산화, 성막, 증착, 도핑, 평탄화, 에칭, 레지스트 제거, 다이싱, 본딩, 및 패키징)도 포함할 수 있다. 본 실시형태에 따른 물품 제조 방법은, 종래의 방법에 비하여, 물품의 성능, 품질, 생산성 및 생산 비용 중 적어도 하나에서 우수하다.

[0042] <다른 실시형태>

[0043] 본 발명의 실시형태(들)는, 전술한 실시형태(들) 중 하나 이상의 기능을 실행하기 위해 저장 매체(보다 완전하게는 '비일시적 컴퓨터 판독가능 저장 매체'라 칭할수도 있음)에 기록된 컴퓨터 실행가능 명령어(예를 들어, 하나 이상의 프로그램)를 판독 및 실행하고 그리고/또는 전술한 실시형태(들) 중 하나 이상의 기능을 실행하는 하나 이상의 회로(예를 들어, 주문형 집적 회로(ASIC))를 포함하는 시스템 또는 장치의 컴퓨터에 의해, 그리고 예를 들어 전술한 실시형태(들) 중 하나 이상의 기능을 실행하기 위해 저장 매체로부터 컴퓨터 실행가능 명령어를 판독 및 실행함으로써 그리고/또는 전술한 실시형태(들) 중 하나 이상의 기능을 실행하기 위해 하나 이상의 회로를 제어함으로써 상기 시스템 또는 장치의 컴퓨터에 의해 실행되는 방법에 의해 실현될 수도 있다. 컴퓨터는 하나 이상의 프로세서(예를 들어, 중앙 처리 유닛(CPU), 마이크로 처리 유닛(MPU))를 포함할 수 있고 컴퓨터 실행가능 명령어를 판독 및 실행하기 위한 별도의 컴퓨터 또는 별도의 프로세서의 네트워크를 포함할 수 있다. 컴퓨터 실행가능 명령어는 예를 들어 네트워크 또는 저장 매체로부터 컴퓨터에 제공될 수 있다. 저장 매체는,

예를 들어 하드 디스크, 랜덤 액세스 메모리(RAM), 리드 온리 메모리(ROM), 분산형 컴퓨팅 시스템의 스토리지, 광디스크(예를 들어, 콤팩트 디스크(CD), 디지털 다기능 디스크(DVD) 또는 블루레이 디스크(BD)TM), 플래시 메모리 디바이스, 메모리 카드 등 중 하나 이상을 포함할 수 있다.

[0044] (기타의 실시예)

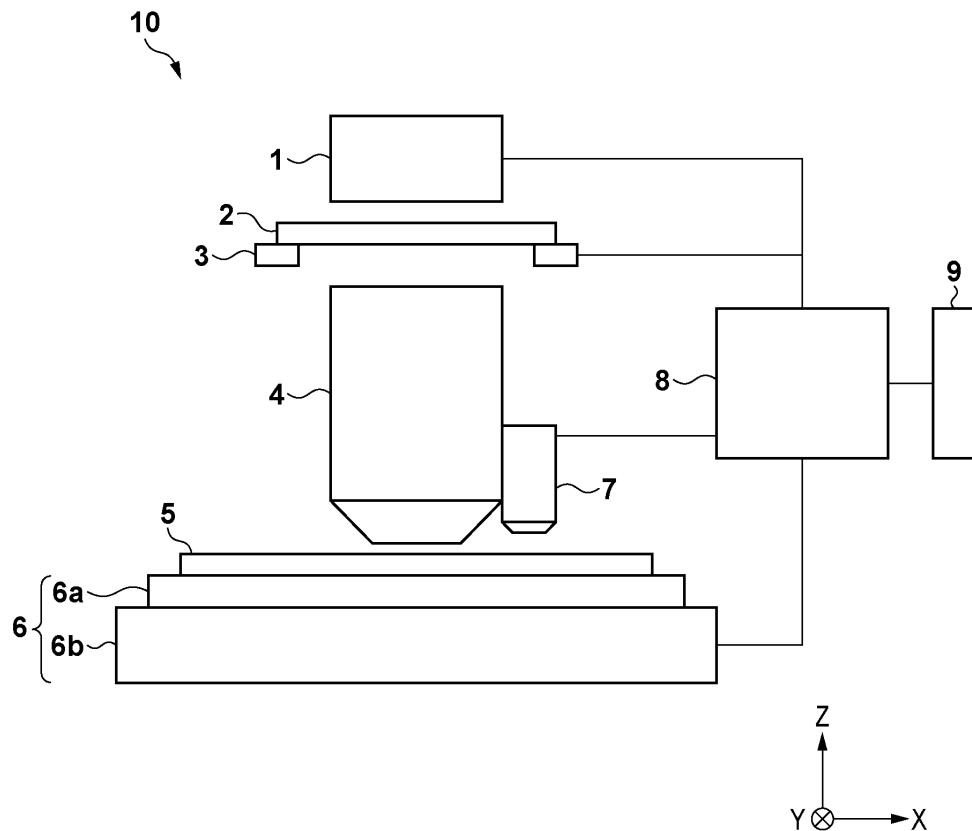
[0045] 본 발명은, 상기의 실시형태의 1개 이상의 기능을 실현하는 프로그램을, 네트워크 또는 기억 매체를 개입하여 시스템 혹은 장치에 공급하고, 그 시스템 혹은 장치의 컴퓨터에 있어서 1개 이상의 프로세서가 프로그램을 읽어 실행하는 처리에서도 실현가능하다.

[0046] 또한, 1개 이상의 기능을 실현하는 회로(예를 들어, ASIC)에 의해서도 실행가능하다.

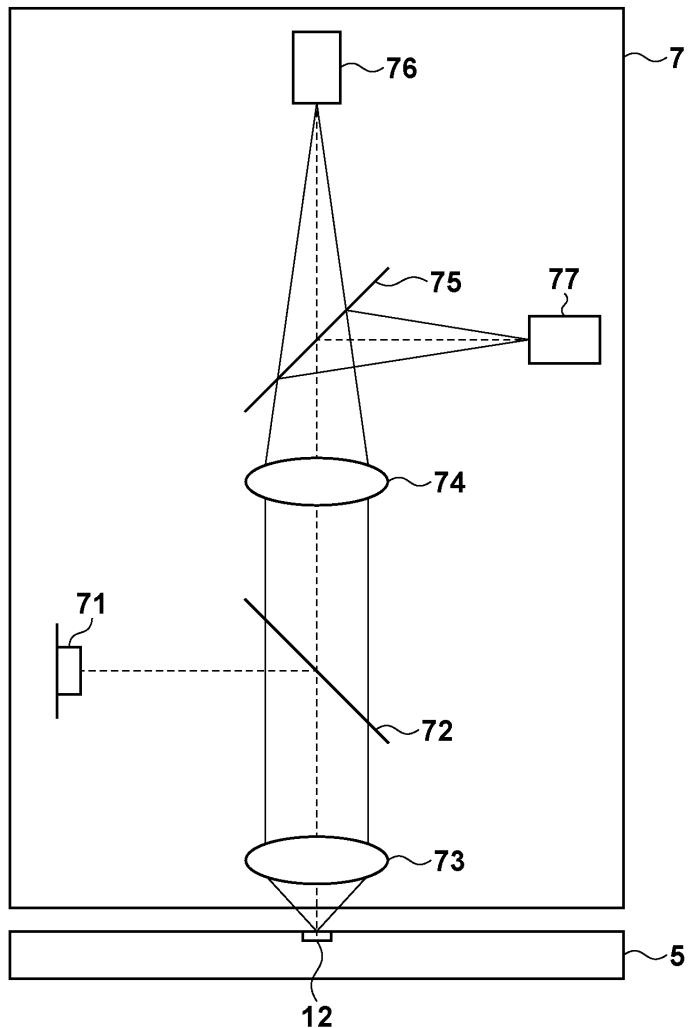
[0047] 본 발명을 예시적인 실시형태를 참고하여 설명하였지만, 본 발명은 개시된 예시적인 실시형태로 한정되지 않음을 이해해야 한다. 이하의 청구항의 범위는 이러한 모든 변형과 동등한 구조 및 기능을 포함하도록 최광의로 해석되어야 한다.

도면

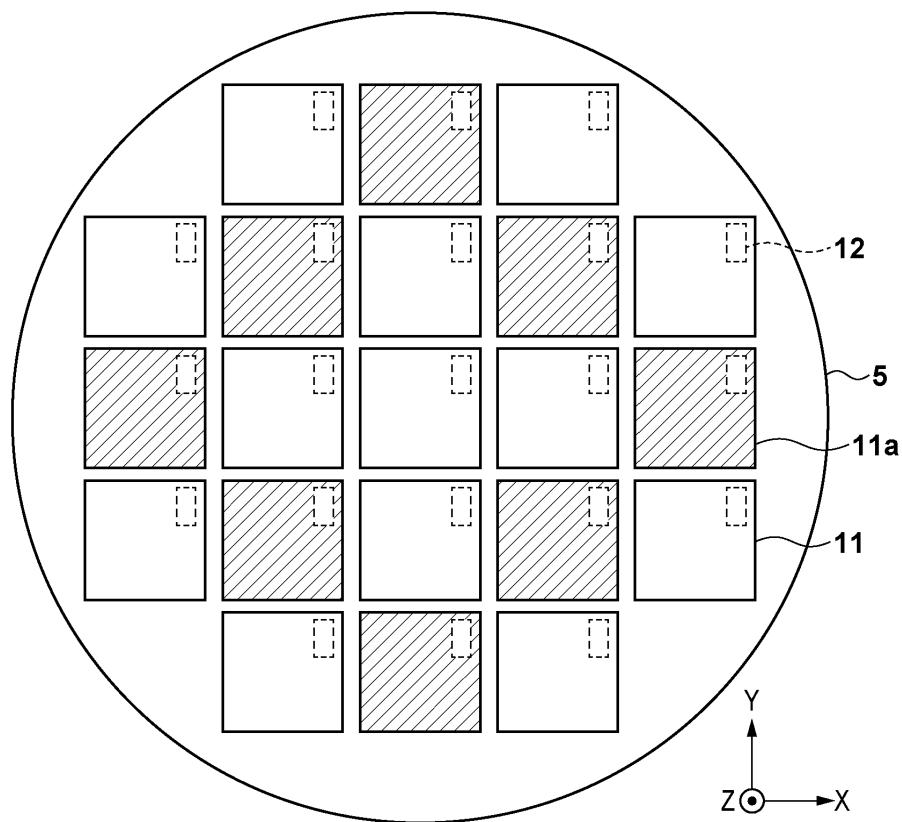
도면1



도면2

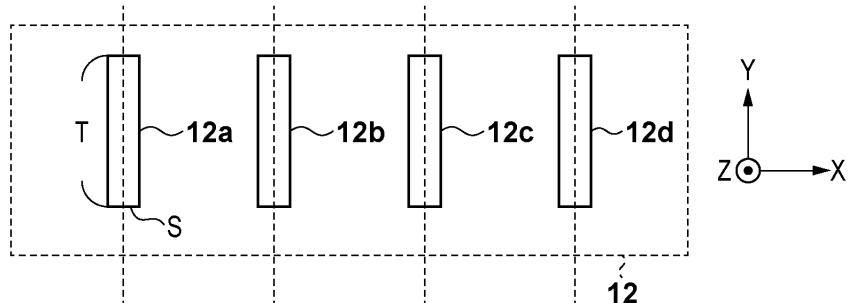


도면3

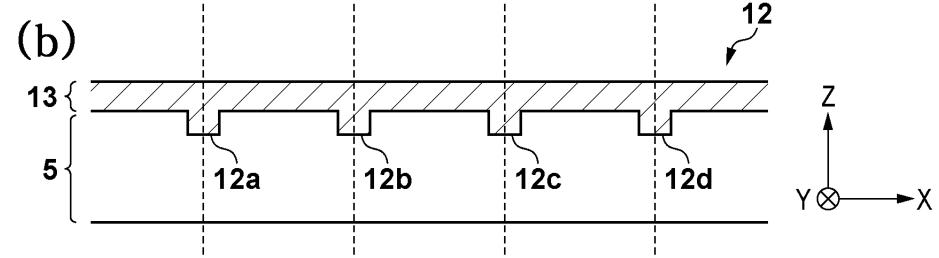


도면4

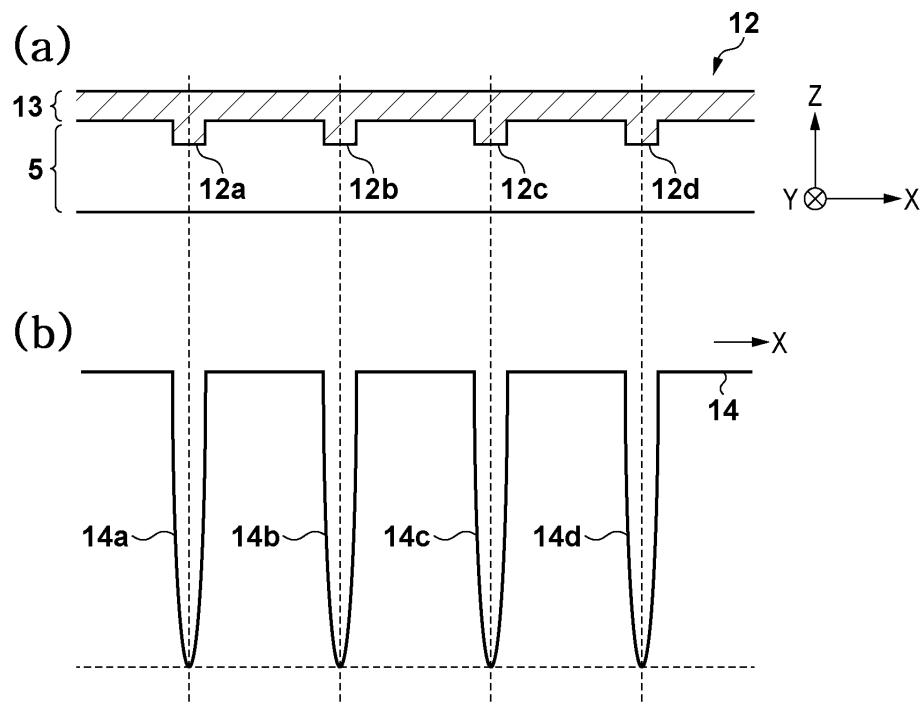
(a)



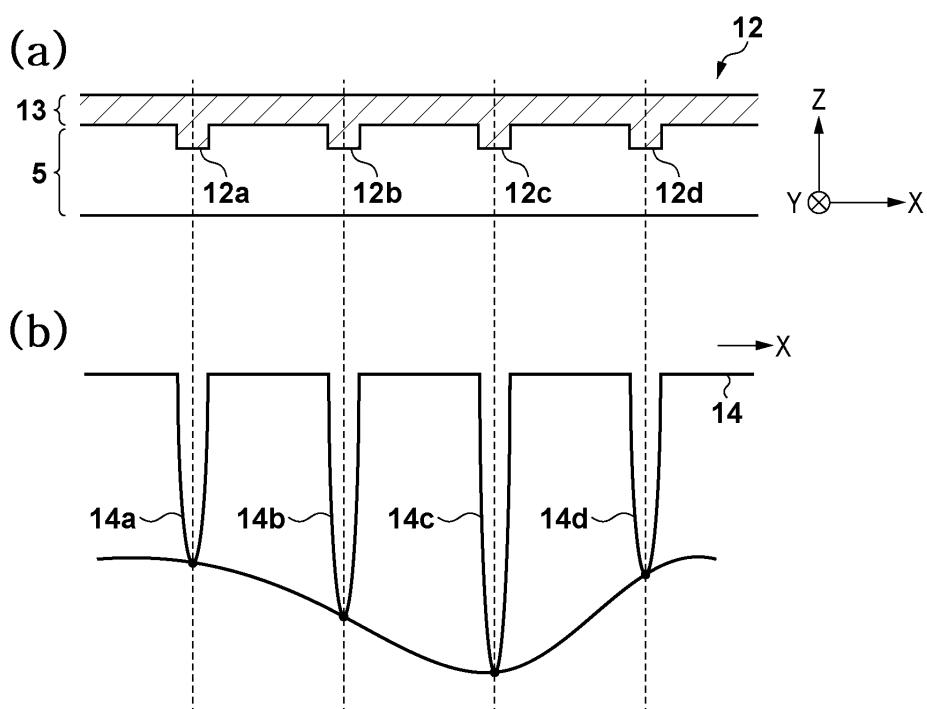
(b)



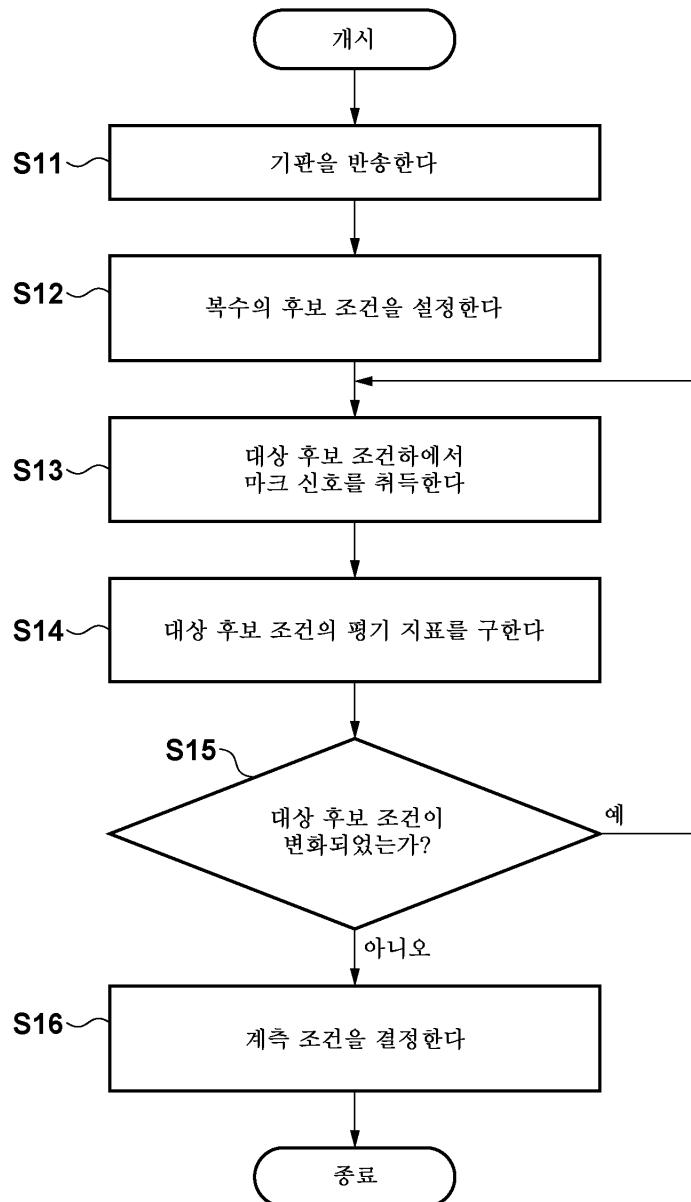
도면5



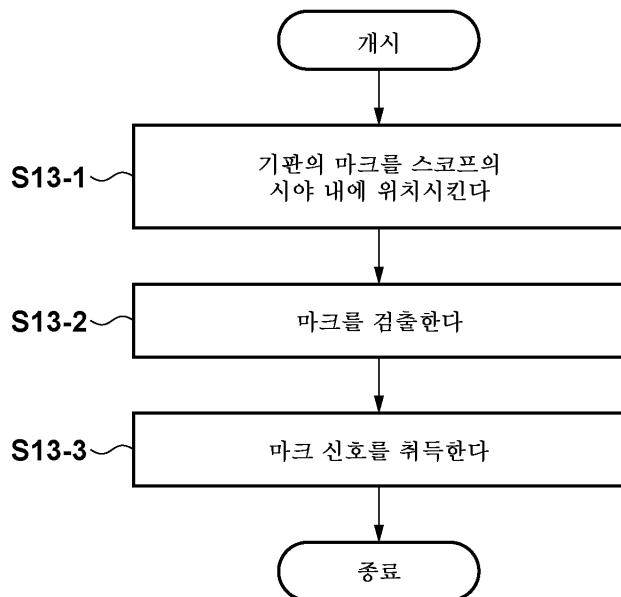
도면6



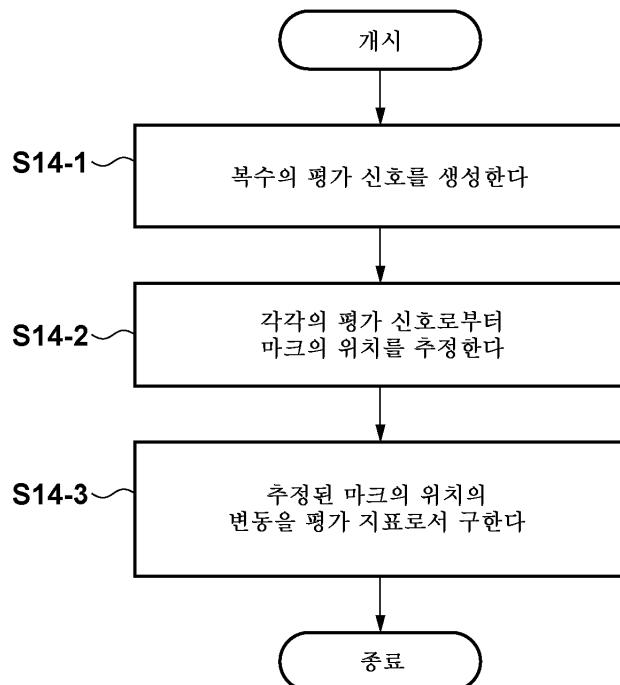
도면7



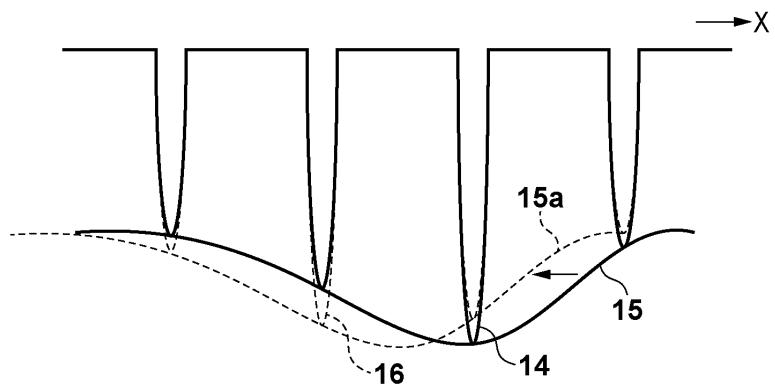
도면8



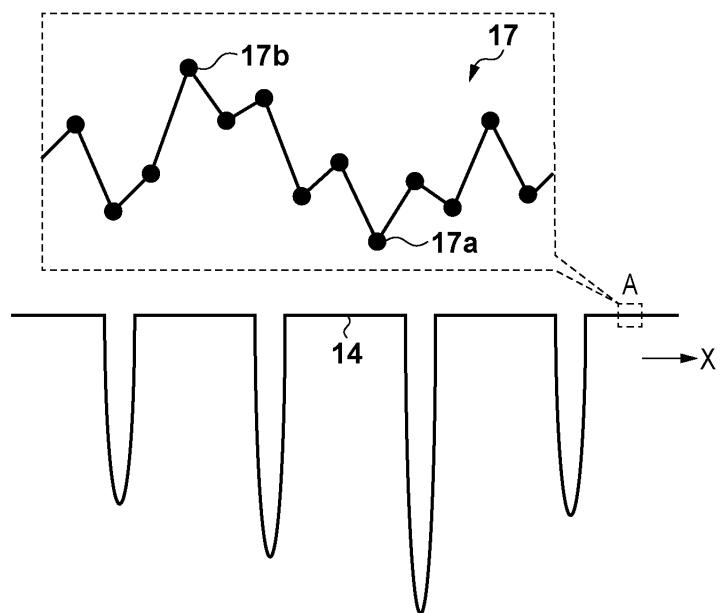
도면9



도면10

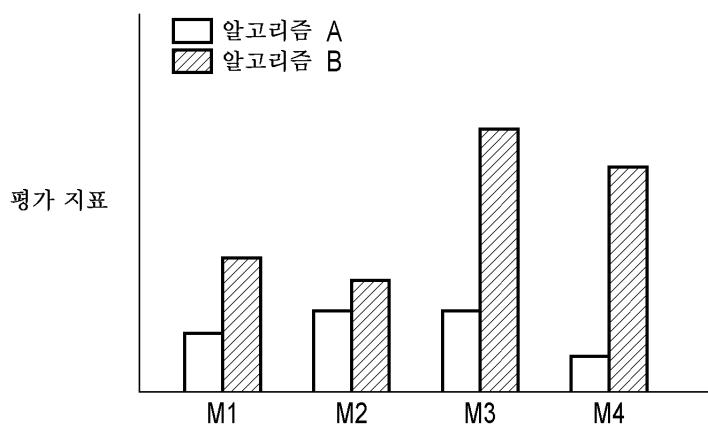


도면11



도면12a

본 실시형태



도면 12b

종래의 예

