(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2013년11월29일
(11) 등록번호 10-1334422
(24) 등록일자 2013년11월22일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 21/027 (2006.01) *H01L 21/66* (2006.01)
(21) 출원번호 10-2011-0075649
(22) 출원일자 2011년07월29일
심사청구일자 2012년07월30일
(65) 공개번호 10-2012-0013900
(43) 공개일자 2012년02월15일
(30) 우선권주장
JP-P-2010-178077 2010년08월06일 일본(JP)
(56) 선행기술조사문헌
JP2003203841 A
WO2010062424 A1
KR1020090002469 A
전체 청구항 수 : 총 11 항

(73) 특허권자
캐논 가부시끼가이샤
일본 도쿄도 오오따꾸 시모마루꼬 3쪼메 30방 2고
(72) 발명자
미까미 고지
일본 도쿄도 오오따꾸 시모마루꼬 3쪼메 30방 2고 캐논 가부시끼가이샤 내
교다 유이찌
일본 도쿄도 오오따꾸 시모마루꼬 3쪼메 30방 2고 캐논 가부시끼가이샤 내
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
장수길, 박충범

심사관 : 방기인

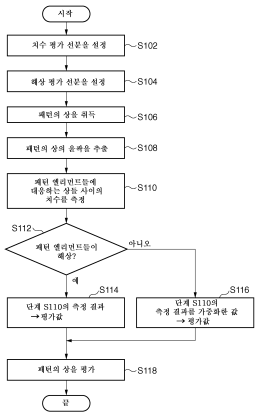
(54) 발명의 명칭 **평가 방법, 결정 방법 및 저장 매체**

(57) 요 약

본 발명은 복수의 패턴 엘리먼트를 포함하는 패턴을 기판에 투영하는 투영 광학계의 상면에 형성되는 상기 패턴의 상을 컴퓨터에 의해 평가하게 하는 평가 방법으로서, 상기 투영 광학계의 상면에 형성되는 상기 패턴의 상을 취득하여, 상기 패턴 엘리먼트들의 상들의 윤곽들과, 상기 패턴 엘리먼트들의 상들의 치수들을 평가하기 위해 이용되는 제1 선의 교점들 사이의 거리를 취득하는 단계와,

상기 패턴 엘리먼트들의 상들이 해상되는지의 여부를 평가하기 위해 상기 패턴 엘리먼트들의 상들의 윤곽들과, 상기 패턴 엘리먼트들의 상들이 해상되는지의 여부를 평가하기 위해 이용되는 제2 선의 교점들이 존재하는지의 여부를 판정하는 단계를 포함하는 평가 방법을 제공한다.

대 표 도 - 도1



(72) 발명자

츠지따 고오이찌로오

일본 도꾜도 오오따꾸 시모마루꼬 3쪼메 30방 2고 캐논 가부시끼가이샤 내

이시이 히로유끼

일본 도꾜도 오오따꾸 시모마루꼬 3쪼메 30방 2고 캐논 가부시끼가이샤 내

특허청구의 범위

청구항 1

복수의 패턴 엘리먼트를 포함하는 패턴을 기판에 투영하는 투영 광학계의 상면(image plane)에 형성되는 상기 패턴의 상을 컴퓨터에 의해 평가하게 하는 평가 방법으로서,

상기 투영 광학계의 상면에 있어서 상기 패턴 엘리먼트들의 상들의 치수들을 평가하기 위해 이용되는 제1 선을 설정하는 제1 단계와,

상기 투영 광학계의 상면에 있어서 상기 패턴 엘리먼트들의 상들이 해상(resolve)되는지의 여부를 평가하기 위해 이용되는 제2 선을 설정하는 제2 단계와,

상기 투영 광학계의 상면에 형성되는 상기 패턴의 상을 취득하여, 상기 패턴 엘리먼트들의 상들의 윤곽들과 상기 제1 선의 교점들 사이의 거리를 취득하는 제3 단계와,

상기 패턴 엘리먼트들의 상들이 해상되는지의 여부를 평가하기 위해, 상기 패턴 엘리먼트들의 상들의 윤곽들과 상기 제2 선의 교점들이 존재하는지의 여부를 판정하는 제4 단계와,

상기 교점들이 존재하지 않는다고 상기 제4 단계에서 판정했을 경우, 상기 거리의 취득에 의해 취득된 거리의 값을 평가값으로서 설정하고, 상기 교점들이 존재한다고 상기 제4 단계에서 판정했을 경우, 상기 거리의 취득에 의해 취득된 거리의 값과는 상이한 특이값(outlier)을 평가값으로서 설정하여, 취득된 패턴의 상을 평가하는 제5 단계를 포함하는 평가 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 제2 단계에서는, 상기 제1 단계에서 설정된 상기 제1 선에 교차하도록 상기 제2 선을 설정하는, 평가 방법.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 제5 단계에서는, 상기 교점들이 존재한다고 상기 제4 단계에서 판정했을 경우, 상기 제3 단계에서 취득된 거리가 무효화 되도록, 상기 제3 단계에서 취득된 거리의 값을 가중화하는, 평가 방법.

청구항 4

제2항에 있어서,

상기 제2 단계에서는, 상기 제1 단계에서 설정된 상기 제1 선의 중점에 있어서 상기 제1 선에 직교하도록, 상기 제2 선을 설정하는, 평가 방법.

청구항 5

제2항에 있어서,

상기 제2 단계에서는, 상기 제1 단계에서 설정된 상기 제1 선의 복수의 점에 있어서 상기 제1 선에 직교하도록, 상기 패턴 엘리먼트들의 상들이 해상되는지의 여부를 평가하기 위해 이용되는 복수의 제2 선을 설정하고,

상기 제4 단계에서는, 상기 복수의 제2 선 각각에 대해, 상기 패턴 엘리먼트들의 상들의 윤곽들과의 교점들이 존재하는지의 여부를 판정하고,

상기 제5 단계에서는, 상기 복수의 제2 선 중 하나 이상에 대해 상기 교점들이 존재하지 않는다고 상기 제4 단계에서 판정했을 경우, 상기 제3 단계에서 취득된 거리의 값을 평가값으로 설정하고, 상기 복수의 제2 선 모두에 대해 상기 교점들이 존재한다고 상기 제4 단계에서 판정했을 경우, 상기 제3 단계에서 취득된 거리의 값을 가중화하여 얻은 값을 평가값으로 설정하여, 상기 투영 광학계의 상면에 형성되는 패턴의 상을 평가하는, 평가

방법.

청구항 6

제2항에 있어서,

상기 제1 단계에서는, 상기 복수의 패턴 엘리먼트 중 동일한 2개의 패턴 엘리먼트에 대응하는 상들 사이의 치수를 평가하기 위해 이용되는 복수의 제1 선을 설정하고,

상기 제3 단계에서는, 상기 2개의 패턴 엘리먼트에 대응하는 상들의 윤곽들과 상기 복수의 제1 선 각각의 교점들 사이의, 상기 복수의 제1 선 각각에 따른 방향의 거리를 취득하고,

상기 제5 단계에서는, 상기 교점들이 존재하지 않는다고 상기 제4 단계에서 판정했을 경우, 상기 제3 단계에서 취득된 거리들 중 최소값을 평가값으로서 설정하여, 상기 투영 광학계의 상면에 형성되는 패턴의 상을 평가하는, 평가 방법.

청구항 7

복수의 패턴 엘리먼트를 포함하는 패턴을 조명하는 조명 광학계와, 상기 패턴을 기판에 투영하는 투영 광학계를 포함하는 노광 장치에 설정할 노광 조건을 컴퓨터에 의해 결정하게 하는 결정 방법으로서,

상기 투영 광학계의 상면에 있어서 상기 패턴 엘리먼트들의 상들의 치수들을 평가하기 위해 이용되는 제1 선을 설정하는 제1 단계와,

상기 투영 광학계의 상면에 있어서 상기 패턴 엘리먼트들의 상들이 해상되는지의 여부를 평가하기 위해 이용되는 제2 선을 설정하는 제2 단계와,

상기 투영 광학계의 상면에 형성되는 상기 패턴의 상을 취득하여, 상기 패턴 엘리먼트들의 상들의 윤곽들과 상기 제1 선의 교점들 사이의 거리를 취득하는 제3 단계와,

상기 패턴 엘리먼트들의 상들이 해상되는지의 여부를 평가하기 위해, 상기 패턴 엘리먼트들의 상들의 윤곽들과 상기 제2 선의 교점들이 존재하는지의 여부를 판정하는 제4 단계와,

상기 교점들이 존재하지 않는다고 상기 제4 단계에서 판정했을 경우, 상기 거리의 취득에 의해 취득된 거리의 값을 평가값으로서 설정하고, 상기 교점들이 존재한다고 상기 제4 단계에서 판정했을 경우, 상기 거리의 취득에 의해 취득된 거리의 값과는 상이한 특이값을 평가값으로서 설정하여, 취득된 패턴의 상을 평가하는 제5 단계와,

상기 제5 단계에서의 평가 결과에 기초하여, 상기 투영 광학계의 상면에 형성되는 상기 패턴의 상이 평가 기준을 충족시키도록 상기 노광 조건을 결정하는 제6 단계를 포함하는 결정 방법.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 노광 조건은, 상기 조명 광학계의 동공 면(pupil plane)에 형성되는 광 강도의 분포를 포함하는, 결정 방법.

청구항 9

복수의 패턴 엘리먼트를 포함하는 패턴을 기판에 투영하는 투영 광학계의 상면에 형성되는 상기 패턴의 상을 평가하는 평가 방법을 컴퓨터에 의해 실행하게 하는 프로그램을 저장하는 컴퓨터 판독가능 저장 매체로서, 상기 프로그램은 상기 컴퓨터가,

상기 투영 광학계의 상면에 있어서 상기 패턴 엘리먼트들의 상들의 치수를 평가하기 위해 이용되는 제1 선을 설정하는 제1 단계와,

상기 투영 광학계의 상면에 있어서 상기 패턴 엘리먼트들의 상들이 해상되는지의 여부를 평가하기 위해 이용되는 제2 선을 설정하는 제2 단계와,

상기 투영 광학계의 상면에 형성되는 상기 패턴의 상을 취득하여, 상기 패턴 엘리먼트들의 상들의 윤곽들과 상기 제1 선의 교점들 사이의 거리를 취득하는 제3 단계와,

상기 패턴 엘리먼트들의 상들이 해상되는지의 여부를 평가하기 위해, 상기 패턴 엘리먼트들의 상들의 윤곽들과 상기 제2 선의 교점들이 존재하는지의 여부를 판정하는 제4 단계와,

상기 교점들이 존재하지 않는다고 상기 제4 단계에서 판정했을 경우, 상기 거리의 취득에 의해 취득된 거리의 값을 평가값으로서 설정하고, 상기 교점들이 존재한다고 상기 제4 단계에서 판정했을 경우, 상기 거리의 취득에 의해 취득된 거리의 값과는 상이한 특이값을 평가값으로서 설정하여, 취득된 패턴의 상을 평가하는 제5 단계를 실행하게 하는, 컴퓨터 판독가능 저장 매체.

청구항 10

복수의 패턴 엘리먼트를 포함하는 패턴을 조명하는 조명 광학계와, 상기 패턴을 기판에 투영하는 투영 광학계를 포함하는 노광 장치에 설정할 노광 조건을 결정하는 결정 방법을 컴퓨터에 의해 실행하게 하는 프로그램을 저장한 컴퓨터 판독가능 저장 매체로서, 상기 프로그램은 상기 컴퓨터가,

상기 투영 광학계의 상면에 있어서 상기 패턴 엘리먼트들의 상들의 치수들을 평가하기 위해 이용되는 제1 선을 설정하는 제1 단계와,

상기 투영 광학계의 상면에 있어서 상기 패턴 엘리먼트들의 상들이 해상되는지의 여부를 평가하기 위해 이용되는 제2 선을 설정하는 제2 단계와,

상기 투영 광학계의 상면에 형성되는 상기 패턴의 상을 취득하여, 상기 패턴 엘리먼트들의 상들의 윤곽들과 상기 제1 선의 교점들 사이의 거리를 취득하는 제3 단계와,

상기 패턴 엘리먼트들의 상들이 해상되는지의 여부를 평가하기 위해, 상기 패턴 엘리먼트들의 상들의 윤곽들과 상기 제2 선의 교점들이 존재하는지의 여부를 판정하는 제4 단계와,

상기 교점들이 존재하지 않는다고 상기 제4 단계에서 판정했을 경우, 상기 거리의 취득에 의해 취득된 거리의 값을 평가값으로서 설정하고, 상기 교점들이 존재한다고 상기 제4 단계에서 판정했을 경우, 상기 거리의 취득에 의해 취득된 거리의 값과는 상이한 특이값을 평가값으로서 설정하여, 취득된 상기 패턴의 상을 평가하는 제5 단계와,

상기 제5 단계에서의 평가 결과에 기초하여, 상기 투영 광학계의 상면에 형성되는 패턴의 상이 평가 기준을 충족시키도록 상기 노광 조건을 결정하는 제6 단계를 실행하게 하는, 컴퓨터 판독가능 저장 매체.

청구항 11

복수의 패턴 엘리먼트를 포함하는 패턴을 조명하는 조명 광학계와, 상기 패턴을 기판에 투영하는 투영 광학계를 포함하는 노광 장치에 설정할 노광 조건을 컴퓨터에 의해 결정하게 하는 결정 방법으로서,

임시적 노광 조건을 설정하는 설정 단계와,

상기 임시적 노광 조건으로 상기 투영 광학계의 상면에 형성되는 패턴의 상을 산출하는 산출 단계와,

상기 산출된 상을 평가하는 평가 단계와,

상기 평가 단계의 평가 결과에 기초하여, 상기 투영 광학계의 상면에 형성되는 패턴의 상이 평가 기준을 충족시키도록 상기 노광 조건을 결정하는 결정 단계를 포함하고,

상기 평가 단계는, 상기 패턴 엘리먼트들의 상들의 윤곽들과, 상기 패턴 엘리먼트들의 상들이 상기 투영 광학계의 상면에 있어서 해상되는지의 여부를 평가하기 위해 이용되는 선의 교점들이 존재하는지의 여부를 판정하는 단계를 포함하는, 결정 방법.

명 세 서

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 평가 방법, 결정 방법 및 저장 매체에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 최근, 반도체 디바이스의 미세패터닝 기술이 발전함에 따라, 기판(예를 들면, 웨이퍼)에 패턴을 전사(해상)하기

가 곤란해지고 있다. 노광 장치에 있어서는, 반도체 디바이스의 미세패터닝에 대응하기 위해, 변형 조명(비등축 조명(off-axis illumination)) 및 광 근접효과 보정(Optical Proximity Correction: OPC) 등의 초해상 기술이 사용된다. 원판(마스크 또는 레티클)을 조명하는 유효 광원(조명 형상)은, 패턴의 해상성에 영향을 주는 것으로 알려져 있다. 원판을 조명하는 유효 광원을 규정하는 파라미터들의 설정(변경)과, 기판 상에 형성되는 패턴의 상의 치수의 평가(측정)를 순차 행함으로써, 원판의 패턴에 최적인 유효 광원을 결정하는 기술이 일본특허공개 제2009-302206호 공보에 제안되어 있다. 또한, 패턴의 상의 치수를 측정하기 위해, 측정될 패턴 엘리먼트에 대하여 복수의 평가 선을 설정하고, 패턴 엘리먼트에 대응하는 레지스트 패턴의 평가 선들에 있어서의 에지를 주사형 전자 현미경(SEM)을 이용하여 측정하는 기술이 "SPIE 2009 7274-033"에 제안되어 있다.

[0003] 그러나, 패턴의 해상성은 유효 광원에 의해 영향을 받기 때문에, 유효 광원을 결정할 때까지, 측정될 패턴 엘리먼트가 해상되지 않은 채 있을 수 있는데, 즉, 측정될 패턴 엘리먼트의 상과 다른 패턴 엘리먼트의 상이 분리되지 않고 있을 수 있다. 종래 기술에서는, 측정될 패턴 엘리먼트가 해상되는지의 여부를 정확하게 평가할 수 없기 때문에, 해상되지 않은 패턴 엘리먼트에 대응하는 레지스트 패턴(즉, 패턴 엘리먼트의 상)의 에지를 오인한 것에 기초해서 패턴의 상의 치수를 측정해 버린다. 본 발명자는, 그러한 경우, 에지를 오인한 것에 기초한 측정 결과에 의해, 유효 광원을 결정하기 위해 사용될 평가 함수가 비연속적으로 변화하기 때문에, 유효 광원의 최적화가 수렴할 수 없고, 유효 광원을 결정할 수 없다는 것을 발견했다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0004] 본 발명은, 패턴에 포함되는 복수의 패턴 엘리먼트의 상들이 분리되어 형성되는지의 여부를 고려하여, 패턴의 상의 치수를 평가하는 것에 유리한 기술을 제공한다.

과제의 해결 수단

[0005] 본 발명의 일 양태에 따르면, 복수의 패턴 엘리먼트를 포함하는 패턴을 기판에 투영하는 투영 광학계의 상면에 형성되는 상기 패턴의 상을 컴퓨터에 의해 평가하게 하는 평가 방법으로서, 상기 투영 광학계의 상면에 있어서 상기 패턴 엘리먼트들의 상들의 치수들을 평가하기 위해 이용되는 제1 선을 설정하는 제1 단계와, 상기 투영 광학계의 상면에 있어서 상기 패턴 엘리먼트들의 상들이 해상되는지의 여부를 평가하기 위해 이용되는 제2 선을 설정하는 제2 단계와, 상기 투영 광학계의 상면에 형성되는 상기 패턴의 상을 취득하여, 상기 패턴 엘리먼트들의 상들의 윤곽들과 상기 제1 선의 교점들 사이의 거리를 취득하는 제3 단계와, 상기 패턴 엘리먼트들의 상들이 해상되는지의 여부를 평가하기 위해, 상기 패턴 엘리먼트들의 상들의 윤곽들과 상기 제2 선의 교점들이 존재하는지의 여부를 판정하는 제4 단계와, 상기 교점들이 존재하지 않는다고 상기 제4 단계에서 판정했을 경우, 상기 거리의 취득에 의해 취득된 거리의 값을 평가값으로서 설정하고, 상기 교점들이 존재한다고 상기 제4 단계에서 판정했을 경우, 상기 거리의 취득에 의해 취득된 거리의 값과는 상이한 특이값(outlier)을 평가값으로서 설정하여, 취득된 패턴의 상을 평가하는 제5 단계를 포함하는 평가 방법을 제공한다.

발명의 효과

[0006] 본 발명의 다른 양태들은 첨부 도면들을 참조하여 하기의 예시적인 실시예들의 설명으로부터 명백해질 것이다.

도면의 간단한 설명

[0007] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 평가 방법을 설명하기 위한 흐름도이다.

도 2는 본 실시예에 있어서의 치수 평가 선분 및 해상 평가 선분을 설명하기 위한 도면이다.

도 3a 및 도 3b는 도 2에 도시된 마스크 패턴을 조명했을 때, 투영 광학계의 상면에 형성되는 마스크 패턴의 상들의 윤곽들을 도시하는 도면이다.

도 4a 및 도 4b는 복수의 해상 평가 선분을 설정하는 경우를 설명하기 위한 도면이다.

도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 결정 방법을 실행하는 정보 처리 장치의 구성을 도시하는 개략 블록도이다.

도 6은 본 발명의 실시예에 따른 결정 방법을 설명하기 위한 흐름도이다.

도 7은 도 6에 도시된 결정 방법에 있어서, 마스크 패턴의 일 예를 도시하는 도면이다.

도 8은 유효 광원을 규정하는 파라미터들을 설명하기 위한 도면이다.

도 9a 내지 도 9c는 도 7에 도시된 마스크 패턴을 조명했을 때, 투영 광학계의 상면에 형성되는 마스크 패턴 상들의 윤곽들을 도시하는 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0008] 본 발명의 바람직한 실시예들이 첨부 도면을 참조하여 설명된다. 도면들에 걸쳐서 동일한 참조 번호들은 동일한 부재들을 나타내고, 그 설명의 반복을 생략한다는 것에 유의한다.

[0009] 본 실시예에 있어서, "치수 평가 선분(제1 선)"은, 투영 광학계의 상면(에 형성되는 상)에 있어서 치수를 측정하는 개소에서 측정 방향을 따라 설정되는 선분을 나타낸다. "해상 평가 선분(제2 선)"이란, 패턴에 포함되는 패턴 엘리먼트들 중 측정될 패턴 엘리먼트가 해상되는지의 여부를 판정하기 위해 설정되는 선분을 나타낸다. "해상"이란, 측정될 패턴 엘리먼트의 상과 다른 패턴 엘리먼트의 상이 분리되어 형성되는 것을 의미한다는 것에 유의한다. 본 실시예에서는, 2개의 패턴 엘리먼트의 상들이 분리되어 형성되는 것을 의미한다. 또한, "측정"이란, 패턴 상(즉, 패턴의 상)에 있어서의 2점 사이의 거리를 구하는 것을 의미한다.

[0010] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 평가 방법을 설명하기 위한 흐름도이다. 이 평가 방법은, 복수의 패턴 엘리먼트를 포함하는 패턴을 기판에 투영하는 투영 광학계의 상면에 형성되는 패턴 상을 평가한다. 본 실시예의 평가 방법은, 예를 들어, 도 1에 도시된 단계들을 실행할 수 있는 프로그램을 네트워크 또는 기록 매체를 통해 정보 처리 장치(컴퓨터)에 공급하고, 정보 처리 장치가 메모리 등의 저장 매체에 저장된 프로그램을 판독해서 실행하게 함으로써 실현된다.

[0011] 단계 S102에서는, 투영 광학계의 상면에 있어서, 치수 평가 선분을 설정한다. 더 구체적으로는, 마스크 패턴에 포함되는 복수의 패턴 엘리먼트 중 2개의 패턴 엘리먼트에 대응하는 상면에 있어서의 타겟 패턴 엘리먼트들에 교차하도록, 2개의 패턴 엘리먼트에 대응하는 상들 사이의 치수를 평가하기 위한 치수 평가 선분을 설정한다. 본 실시예에서는, 도 2에 도시된 바와 같이, VLSI 회로에 대응하는 마스크 패턴에 있어서, 타겟 패턴 엘리먼트들인 패턴 엘리먼트 PC1과 패턴 엘리먼트 PC2 간의 엔드 갭(end gap)의 치수를 측정한다. 이 경우, 치수 평가 선분으로서, 점 P(x1, y1)과 점 Q(x2, y2)를 연결하는 선분 PQ를 설정한다.

[0012] 단계 S104에서는, 투영 광학계의 상면에 있어서, 해상 평가 선분을 설정한다. 더 구체적으로는, 2개의 패턴 엘리먼트의 상들이 분리되어 형성되는지의 여부(패턴 엘리먼트들이 해상되는지의 여부)를 평가하기 위해, 단계 S102에서 설정된 치수 평가 선분에 교차하도록 타겟 패턴 엘리먼트들 사이에 해상 평가 선분을 설정한다. 본 실시예에서는, 도 2에 도시된 바와 같이, 치수 평가 선분으로서 역할을 하는 선분 PQ에 교차하도록, 패턴 엘리먼트 PC1과 패턴 엘리먼트 PC2 사이에, 해상 평가 선분으로서, 점 R(x3, y3)과 점 S(x4, y4)를 연결하는 선분 RS를 설정한다. 본 실시예에서는, 치수 평가 선분으로서 역할을 하는 선분 PQ에 대해 그 중점(선분 PQ를 등분하는 점)에서 직교하도록, 해상 평가 선분으로서 역할을 하는 선분 RS를 설정한다. 그러나, 본 발명은 이것으로 한정되지 않는다. 해상 평가 선분은, 치수 평가 선분을 따라 패턴의 상의 해상 성능의 열화가 현저하게 나타나는 임의의 개소에 설정될 수 있다.

[0013] 단계 S106에서는, 투영 광학계의 상면에 형성되는 마스크 패턴의 상을 취득한다. 마스크 패턴의 상은, 예를 들어, 투영 광학계의 물체 면에 배치된 마스크 패턴을 조명하고, 마스크 패턴을 통과한 광(의 강도)을, 투영 광학계의 상면에 배치된 촬상 소자(CCD)로 촬영함으로써 취득될 수 있다. 본 실시예에서는, 마스크 패턴의 상이 화상 정보로서 취득된다. 화상 정보는, 촬상 소자의 화소들의 신호들이 2차원적으로 배치된 것을 나타낸다. 마스크 패턴의 상(을 나타내는 화상 정보)은, 광학 시뮬레이션을 사용해서 산출될 수 있다는 것에 유의한다.

[0014] 단계 S108에서는, 단계 S106에서 취득된 마스크 패턴의 상의 윤곽(윤곽 상)을 추출한다. 본 실시예에서는, 단계 S106에서 취득된 화상 정보에 화상 처리를 실시해서 2치화하고, 2치화 값들의 경계선을 마스크 패턴의 상의 윤곽으로서 추출한다. 도 3a 및 도 3b는 도 2에 도시된 마스크 패턴을 조명했을 때, 투영 광학계의 상면에 형성되는 마스크 패턴의 상들의 윤곽들을 도시하는 도면이다. 도 3a는 패턴 엘리먼트 PC1 및 PC2에 대응하는 상들이 분리되어 형성되는(즉, 패턴 엘리먼트 PC1과 PC2가 해상되는) 경우를 도시한다는 것에 유의한다. 도 3b는 패턴 엘리먼트 PC1 및 PC2에 대응하는 상들이 분리되어 형성되지 않는(즉, 패턴 엘리먼트 PC1과 PC2가 해상되지 않는) 경우를 도시한다. 도 3a 및 도 3b는, 또한, 투영 광학계의 배율을 고려해서 상면에 있어서의 치수로 환산된 패턴 엘리먼트 PC1 및 PC2도 도시한다.

[0015] 단계 S110에서는, 단계 S102에서 설정된 치수 평가 선분과 2개의 패턴 엘리먼트에 대응하는 상들의 윤곽들의 교

점들 사이의, 치수 평가 선분을 따른 방향의 거리를 구한다(즉, 2개의 패턴 엘리먼트에 대응하는 상들 사이의 치수를 측정한다). 예를 들어, 도 3a에 있어서는, 우선, 치수 평가 선분으로서 역할을 하는 선분 PQ(의 연장선)와 패턴 엘리먼트 PC1에 대응하는 상의 윤곽의 교점 P'(x5, y5), 및 선분 PQ와 패턴 엘리먼트 PC2에 대응하는 상의 윤곽의 교점 Q'(x6, y6)을 특정한다. 2개의 패턴 엘리먼트 PC1 및 PC2에 대응하는 상들의 윤곽들과 선분 PQ의 교점이 2개 이상 존재하는 경우에는, 치수 평가 선분으로서 역할을 하는 선분 PQ의 중점에 가까운 2의 교점을, 치수 평가 선분과 2개의 패턴 엘리먼트에 대응하는 상들의 윤곽들의 교점들로서 특정한다는 것에 유의한다. 패턴 엘리먼트 PC1과 패턴 엘리먼트 PC2 사이의 엔드 갭의 치수로서, 다음의 식에 의해, 2개의 교점 사이의, 선분 PQ를 따른 방향의 거리 $D_{P',Q'}$을 구한다.

수학식 1

[0016] $$D_{P'Q'} = \sqrt{(x5-x6)^2+(y5-y6)^2}$$

[0017] 한편, 도 3b에 있어서는, 우선, 치수 평가 선분으로서 역할을 하는 선분 PQ(의 연장선)와 패턴 엘리먼트 PC1에 대응하는 상의 윤곽의 교점 P"(x7, y7), 및 선분 PQ와 패턴 엘리먼트 PC2에 대응하는 상의 윤곽의 교점 Q"(x8, y8)을 특정한다. 그리고, 다음의 식에 의해, 2개의 교점 사이의, 선분 PQ를 따른 방향의 거리 $D_{P",Q"}$을 구한다.

수학식 2

[0018] $$D_{P"Q"} = \sqrt{(x7-x8)^2+(y7-y8)^2}$$

[0019] 패턴 엘리먼트 PC1과 PC2가 해상되지 않는 경우에는, 전술한 바와 같이, 거리 $D_{P",Q"}$을, 측정될 패턴 엘리먼트 PC1과 패턴 엘리먼트 PC2 사이의 엔드 갭으로서 잘못 구해버린다. 바꾸어 말하면, 에지를 오인한 것에 기초해서 마스크 패턴의 상의 치수를 측정해 버린다. 그 결과,에지를 오인한 것에 기초한 측정 결과 때문에, 마스크 패턴의 상을 정확하게 평가할 수 없다.

[0020] 단계 S112에서는, 2개의 패턴 엘리먼트가 분리되어 형성되는지의 여부, 즉 2개의 패턴 엘리먼트가 해상되는지의 여부를 평가(판정)한다. 더 구체적으로는, 투영 광학계의 상면에 형성되는 마스크 패턴의 상에 있어서의 2개의 패턴 엘리먼트에 대응하는 상들의 윤곽들과 단계 S104에서 설정된 해상 평가 선분의 교점들이 존재하는지의 여부를 판정한다. 예를 들어, 도 3a에 있어서는, 2개의 패턴 엘리먼트 PC1 및 PC2에 대응하는 상들의 윤곽들과 선분 RS의 교점들이 존재하지 않기 때문에, 이들은 해상된 것으로 판정된다. 한편, 도 3b에 있어서는, 2개의 패턴 엘리먼트 PC1 및 PC2에 대응하는 상들의 윤곽들과 선분 RS의 교점들 R'(x9, y9) 및 S'(x10, y10)이 존재하기 때문에, 이들은 해상되지 않는 것으로 판단된다. 2개의 패턴 엘리먼트가 해상되면(즉, 교점들이 존재하지 않으면), 처리는 단계 S114로 진행한다는 것에 유의한다. 2개의 패턴 엘리먼트가 해상되지 않으면(즉, 교점들이 존재하면), 처리는 단계 S116으로 진행한다.

[0021] 단계 S114에서는, 단계 S102에서 설정된 치수 평가 선분과 2개의 패턴 엘리먼트에 대응하는 상들의 윤곽들의 교점들 사이의, 치수 평가 선분을 따른 방향의 거리의 값(단계 S110에 있어서의 측정 결과)을 평가값으로서 설정한다. 본 실시예에서는, 2개의 교점 사이의 선분 PQ를 따른 방향의 거리 $D_{P',Q'}$의 값을, 패턴의 상을 평가할 때의 평가값으로서 설정한다.

[0022] 단계 S116에서는, 단계 S102에서 설정된 치수 평가 선분과 2개의 패턴 엘리먼트에 대응하는 상들의 윤곽들의 교점들 사이의 치수 평가 선분을 따른 방향의 거리의 값(단계 S110에 있어서의 측정 결과)을 가중화하여 평가값으로서 설정한다. 예를 들어, 타겟 패턴 엘리먼트들인 패턴 엘리먼트 PC1과 패턴 엘리먼트 PC2 사이의 엔드 갭의 치수가 거의 "0"인 경우를 검토한다. 이 경우, 2개의 교점 사이의 선분 PQ를 따른 방향의 거리 $D_{P",Q"}$에 "100" 등의 큰 값을 곱하여 얻은 값을 평가값으로서 설정한다. 대안적으로, 마스크 패턴의 상의 평가를 행할 때, 거리 $D_{P",Q"}$의 값은 무효화 되도록 가중화될 수 있다(예를 들어, 거리 $D_{P",Q"}$을 미리 측정 에러를 나타내는 값으로 치환한다). 가중화되는 값으로는, 예를 들어, 단계 S110에서의 측정 결과에 미리 정한 계수를 곱하여 얻은 값뿐만 아니라, 그 값에 오프셋을 부가하여 얻은 값 등도 포함한다는 것에 유의한다. 즉, 단계 S116에 있어서의 평

가값으로서는, 2개의 패턴 엘리먼트의 상들이 해상되지 않은 것을 나타내는 수치값(특이값)이기만 하면 된다.

[0023] 단계 S118에서는, 단계 S114 또는 단계 S116에서 설정된 평가값에 기초하여, 투영 광학계의 상면에 형성되는 마스크 패턴의 상(즉, 단계 S108에서 취득된 마스크 패턴의 상)을 평가한다.

[0024] 전술한 바와 같이, 본 실시예에서는, 마스크 패턴에 포함되는 패턴 엘리먼트들이 해상되는지의 여부를 평가할 수 있다. 패턴 엘리먼트들이 해상되는 경우의 평가값과 패턴 엘리먼트들이 해상되지 않는 경우의 평가값에 기초하여, 마스크 패턴의 상을 정확하게 평가할 수 있다.

[0025] 본 실시예에서는, 2개의 패턴 엘리먼트가 해상되는지의 여부를 판정하기(단계 S112) 전에 2개의 패턴 엘리먼트에 대응하는 상들 사이의 치수를 측정한다(단계 S110). 그러나, 2개의 패턴 엘리먼트가 해상되는지의 여부를 판정한(단계 S112) 후에 2개의 패턴 엘리먼트에 대응하는 상들 사이의 치수를 측정(단계 S110)할 수도 있다.

[0026] 본 실시예에서는, 단계 S104에 있어서, 해상 평가 선분(선분 RS)을 1개만 설정한다. 그러나, 복수의 해상 평가 선분을 설정할 수도 있다. 예를 들어, 도 4a에 도시된 마스크 패턴에 있어서, 타겟 패턴 엘리먼트들인 패턴 엘리먼트 PC3과 패턴 엘리먼트 PC4 사이의 엔드 갭의 치수를 평가(측정)하는 경우를 검토한다. 이 경우, 치수 평가 선분으로서, 점 P와 점 Q를 연결하는 선분 PQ를 설정한다. 해상 평가 선분들로서, 선분 PQ를 등분하는 복수의 점들에 있어서 선분 PQ에 직교하도록, 복수의 선분 R0S0, …, RnSn을 설정한다. 도 4b는, 도 4a에 도시된 마스크 패턴을 조명했을 때, 투영 광학계의 상면에 형성되는 마스크 패턴의 상의 윤곽을 도시하는 도면이다. 도 4b는, 투영 광학계의 배율을 고려하여 상면에서의 치수로 환산된 패턴 엘리먼트 PC3 및 PC4도 도시한다. 도 4b를 참조하면, 복수의 선분 R0S0, …, RnSn 중, 굵은 선들로 나타내는 선분들에 대해서는, 패턴 엘리먼트 PC3 및 PC4에 대응하는 상들과의 교점들이 존재한다. 그러나, 복수의 선분 R0S0, …, RnSn 중, 가는 선들로 나타내는 선분들(예를 들어, 선분 RkSk(0≤k≤n))에 대해서는, 패턴 엘리먼트 PC3 및 PC4에 대응하는 상들과의 교점이 존재하지 않는다. 따라서, 일반적으로는, 복수의 해상 평가 선분을 설정한다. 단계 S112에서는, 복수의 해상 평가 선분 각각에 대해서, 2개의 패턴 엘리먼트에 대응하는 상들의 윤곽들과의 교점들이 존재하는지의 여부를 판정할 수 있다. 복수의 해상 평가 선분 중 하나 이상이 2개의 패턴 엘리먼트에 대응하는 상의 윤곽들과의 교점을 갖지 않는 경우에는, 이들은 해상되는 것으로 판정된다. 한편, 복수의 해상 평가 선분 모두가 2개의 패턴 엘리먼트에 대응하는 상들의 윤곽들과의 교점들을 갖는 경우에는, 이들은 해상되지 않는 것으로 판정된다.

[0027] 이하, 본 실시예의 평가 방법을, 복수의 패턴 엘리먼트를 포함하는 패턴을 조명하는 조명 광학계와, 패턴을 기판에 투영하는 투영 광학계를 포함하는 노광 장치에 설정할 노광 조건(유효 광원 등)을 결정하는 결정 방법에 적용하는 예를 설명한다. 유효 광원은, 조명 광학계의 동공 면에 형성해야 할 광 강도의 분포라는 것에 유의한다.

[0028] 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 결정 방법을 실행하는 정보 처리 장치(500)의 구성을 나타내는 개략 블록도이다. 정보 처리 장치(500)는, 투영 광학계의 상면에 형성되는 패턴의 상이 거의 목표 치수를 갖는 노광 조건을 탐색하는 광학 시뮬레이터이다. 정보 처리 장치(500)는 제어 유닛(502)과, 저장 유닛(504)과, 브리지(506)와, 출력 인터페이스(508)와, 네트워크 인터페이스(510)와, 입력 인터페이스(512)를 포함한다. 제어 유닛(502), 저장 유닛(504), 출력 인터페이스(508), 네트워크 인터페이스(510) 및 입력 인터페이스(512)는 버스를 통해 브리지(506)에 접속된다.

[0029] 출력 인터페이스(508)에는 디스플레이(522)가 접속된다. 입력 인터페이스(512)에는 입력 장치(524)가 접속된다. 네트워크 인터페이스(510)는 LAN 등의 네트워크에 접속하여, 다른 정보 처리 장치와 데이터 통신을 행한다. 또한, 네트워크 인터페이스(510)에는 노광 장치의 주 제어 장치 등도 접속된다.

[0030] 제어 유닛(502)은 CPU(Central Processing Unit), DSP(Digital Signal Processor), FPGA(Field Programmable Gate Array), 및 마이크로 컴퓨터 등을 포함한다. 저장 유닛(504)은 ROM 및 RAM 등의 메모리를 포함한다. 입력 장치(524)는 마우스 및 키보드를 포함한다.

[0031] 제어 유닛(502)은, 저장 유닛(504)에 저장된 프로그램들(소프트웨어 코드들)을 실행함으로써, 정보 처리 장치(500)가 프로그램들에 따른 처리 또는 방법을 실행하는 장치로서 기능하게 한다. 프로그램들에 따른 처리의 결과는, 출력 인터페이스(508)를 통해 디스플레이(522) 등의 디바이스들, 노광 장치의 주 제어 장치 등에 출력된다. 저장 유닛(504)에는, 본 실시예의 결정 방법을 실행하기 위해 필요한 데이터(레이아웃 데이터, 투영 광학계에 관한 데이터(개구수(NA) 및 수차 정보), 및 조명 광학계에 관한 데이터(유효 광원 정보 등))가 저장된다. 이 데이터는, 예를 들어, 네트워크 인터페이스(510)를 통해 정보 처리 장치(500)에 제공되어, 저장 유닛(504)에 저장된다.

[0032] 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 결정 방법을 설명하기 위한 흐름도이다. 이 결정 방법은 마스크 패턴의 상을 취득하는 것과, 마스크 패턴의 상에 있어서의 측정 대상의 치수를 측정하는 것을, 노광 조건을 변경할 때마다 반복한다. 어떤 노광 조건에서는, 마스크 패턴에 포함되는 패턴 엘리먼트들이 해상되지 않을 수 있다. 그러나, 본 실시예의 결정 방법은, 패턴 엘리먼트들이 해상되는 경우의 평가값과 패턴 엘리먼트들이 해상되지 않는 경우의 평가값에 기초하여, 마스크 패턴의 상을 정확하게 평가함으로써, 마스크 패턴에 최적인 노광 조건을 결정할 수 있다.

[0033] 본 실시예에 있어서, 마스크 패턴은, 도 7에 도시된 바와 같이, Y축 방향에 대하여 경사져서 X축 방향으로 배열된 복수의 패턴 엘리먼트 PC를 포함한다는 것에 유의한다. 더 구체적으로, 도 7에 도시된 마스크 패턴은, 각각 선 폭(W)이 50nm이고, 높이(Height)가 400nm이고, Y축에 대한 경사 W2가 150nm이고, 피치(Pitch)가 100nm인 9개의 패턴 엘리먼트 PC를 포함한다. 그러한 패턴은, 메모리 셀의 단위 면적당의 비트수를 증가시킬 수 있다. 마스크는 하프톤 마스크(하프톤 위상 시프트 마스크)이고, 패턴 엘리먼트들과 배경 간의 위상차는 π(180°)이고, 패턴 엘리먼트들의 투과율은 6%이고, 배경의 투과율은 100%인 것에 유의한다. 도 7에 도시된 마스크 패턴에 있어서는, 엔드들 간의 쇼트(short)가 수율을 악화시킨다. 따라서, 본 실시예에서는, 패턴 엘리먼트들 PC 간의 엔드 갭의 치수가 평가 기준을 충족시키도록, 노광 조건을 결정한다.

[0034] 단계 S601에서는, 초기 노광 조건을 설정한다. 노광 조건은, 노광 장치에 설정 가능한 노광을 행할 때의 여러 가지 조건이며, 예를 들어, 투영 광학계의 NA, 노광 광의 파장, 액침 액의 종류, 기판에 도포하는 레지스트의 굴절률, 및 유효 광원(조명 형상) 등을 포함한다. 본 실시예에 있어서는, 초기의 노광 조건으로서, 투영 광학계의 NA가 1.35이고, 노광광의 파장λ가 193nm이고, 액침 액이 순수이고, 기판에 도포하는 레지스트의 굴절률이 1.79이고, 유효 광원이 4구 조명이다. 본 실시예에 있어서, 노광 조건을 결정하는 대상은 유효 광원이고, 투영 광학계의 NA와 노광 광의 파장 등의 나머지 노광 조건은 초기 노광 조건으로 고정된다. 유효 광원으로서 기능하는 4구 조명을 규정하는 파라미터들은, 도 8에 도시된 바와 같이, σ-외측(σa), 윤대비(σ비율=(σb/σa)), X축 방향의 극의 개구각 ψ1 [도(degree)], Y축 방향의 극의 개구각 ψ2 [도]라는 것에 유의한다. 이 파라미터들을 $0.7 \leq \sigma a \leq 0.98$, $0.65 \leq \sigma$비율≤ 0.8, $50 \leq \psi 1 \leq 130$, 및 $0 \leq \psi 2 \leq 50$의 범위들로 설정한다. 이 예에 있어서, σa=0.95, σ비율=0.737, ψ1=110, 및 ψ2=20으로 설정한다.

[0035] 단계 S602는 단계 S102와 마찬가지이다. 본 실시예에 있어서는, 치수 평가 선분으로서, 도 7에 도시된 선분 P_2Q_2에 평행한 복수의 선분 $P_{2_1}Q_{2_1}$,…, $P_{2_17}Q_{2_17}$을 설정한다(도 9a 내지 도 9c 참조).

[0036] 단계 S604는 단계 S104와 마찬가지이다. 본 실시예에 있어서는, 복수의 선분(치수 평가 선분) $P_{2_1}Q_{2_1}$,…, $P_{2_17}Q_{2_17}$에 교차하도록, 타겟 패턴 엘리먼트들(패턴 엘리먼트 PC5와 PC6) 사이에 선분 R2S2를 해상 평가 선분으로서 설정한다.

[0037] 단계 S606은 단계 S106과 마찬가지이다. 본 실시예에 있어서, 정보 처리 장치(500)는 광학 시뮬레이션을 실행하여, 도 7에 도시된 마스크 패턴을 통과한 광이 투영 광학계의 상면에 형성하는 강도 분포(즉, 마스크 패턴의 상)를 화상 정보로서 취득한다.

[0038] 단계 S608은 단계 S108과 마찬가지이다. 본 실시예에 있어서는, 선분 T_2U_2(도 7 참조)가 마스크 패턴의 치수와 동일한 치수(50nm)를 갖도록, 단계 S606에서 취득된 강도 분포에 대해 슬라이스 레벨을 결정한다. 그때의 강도 분포의 등고선을 마스크 패턴의 상의 윤곽으로서 추출한다. 이 경우에는, 강도 분포를 가공하지 않고 마스크 패턴의 상의 윤곽을 추출한다는 것에 유의한다. 그러나, 레지스트의 노광이나 현상 특성을 표현하는 프로세스 모델을 사용해서 강도 분포를 가공한 후에, 마스크 패턴의 상의 윤곽을 추출할 수도 있다.

[0039] 단계 S610은 단계 S110과 마찬가지이다. 도 9a 내지 도 9c는, 도 7에 도시된 마스크 패턴을 조명했을 때, 투영 광학계의 상면에 형성되는 마스크 패턴의 상들의 윤곽들을 도시하는 도면이다. 도 9a 및 도 9b는, 패턴 엘리먼트 PC5 및 PC6에 대응하는 상들이 분리되어 형성되는(즉, 패턴 엘리먼트 PC5와 PC6이 해상되는) 경우를 도시한다는 것에 유의한다. 도 9c는 패턴 엘리먼트 PC5 및 PC6에 대응하는 상들이 분리되지 않고 형성되는(즉, 패턴 엘리먼트 PC5와 PC6이 해상되지 않은) 경우를 도시한다. 도 9a 내지 도 9c에 있어서는, 투영 광학계의 배율을 고려해서 상면에서의 치수로 환산한 패턴 엘리먼트 PC5 및 PC6도 도시한다는 것에 유의한다.

[0040] 도 9a를 참조하면, 복수의 선분(치수 평가 선분) $P_{2_1}Q_{2_1}$, …, $P_{2_17}Q_{2_17}$ 중 당해 선분들 $P_{2_k}Q_{2_k}$($7 \leq k \leq 15$)에 대해서는, 2개의 패턴 엘리먼트 PC5 및 PC6에 대응하는 상들의 윤곽들과의 교점이 존재한다. 우선, 선분 $P_{2_k}Q_{2_k}$(의

연장선)와 패턴 엘리먼트 PC5에 대응하는 상의 윤곽의 교점 P'_{2_k} 및 선분 $P_{2_k}Q_{2_k}$와 패턴 엘리먼트 PC6에 대응하는 상의 윤곽의 교점 Q_{2_k}를 특정한다. 그리고, 선분 $P_{2_k}Q_{2_k}$와 2개의 패턴 엘리먼트 PC5 및 PC6에 대응하는 상들의 윤곽들의 교점들 사이의 치수 평가 선분을 따른 방향의 거리들 $D_{P'2_kQ'2_k}(7\leq k\leq 15)$ 중 최소 거리를 구한다. 따라서, 본 실시예에 있어서는, 패턴 엘리먼트 PC5와 패턴 엘리먼트 PC6 사이의 엔드 갭의 치수로서, 거리 $D_{P'2_9Q'2_9}$를 구한다. 노광 조건(유효 광원)이 바뀌면, 투영 광학계의 상면에 형성되는 마스크 패턴의 상도 변화한다. 따라서, 도 9b에 있어서, 패턴 엘리먼트 PC5와 패턴 엘리먼트 PC6 사이의 엔드 갭의 치수로서, 거리 $D_{P"2_10Q"2_10}$을 구한다. 본 실시예에서는, 패턴 엘리먼트들 간의 엔드 갭의 치수에 착안하기 때문에, 복수의 치수 평가 선분의 측정 결과 중 최소값을 사용한다는 것에 유의한다. 그러나, 본 발명은 이것으로 한정되지 않는다.

[0041] 한편, 도 9c에 도시된 바와 같은 마스크 패턴의 상(패턴 엘리먼트 PC5와 PC6이 해상되지 않음)이 투영 광학계의 상면에 형성될 수도 있다. 도 9c을 참조하면, 복수의 선분(치수 평가 선분) $P_{2_1}Q_{2_1}$, ..., $P_{2_17}Q_{2_17}$ 중 당해 선분들 $P_{2_m}Q_{2_m}$ (m=7, $10\leq m\leq 15$)은, 2개의 패턴 엘리먼트 PC5 및 PC6에 대응하는 상들의 윤곽들과의 교점들이 존재한다. 도 9c에 있어서, 패턴 엘리먼트 PC5와 패턴 엘리먼트 PC6 사이의 엔드 갭의 치수로서, 거리 $D_{P'"2_10Q'"2_10}$이 구해진다. 거리 $D_{P'"2_10Q'"2_10}$은, 실제로는, 패턴 엘리먼트 PC5와 패턴 엘리먼트 PC6 사이의 엔드 갭의 치수는 아니라는 것에 유의한다.

[0042] 단계 S612는 단계 S112와 마찬가지이다. 도 9a 및 도 9b에 있어서, 2개의 패턴 엘리먼트 PC5 및 PC6에 대응하는 상들의 윤곽들과 선분(해상 평가 선분) R_2S_2의 교점이 존재하지 않기 때문에, 이들은 해상되는 것으로 판정된다. 도 9c에 있어서는, 2개의 패턴 엘리먼트 PC5 및 PC6에 대응하는 상들의 윤곽들과 선분 RS의 교점 $R'"_2$ 및 $S'"_2$가 존재하기 때문에, 이들이 해상되지 않는 것으로 판단된다. 2개의 패턴 엘리먼트들이 해상되면(즉, 교점이 존재하지 않으면), 처리는 단계 S614로 진행한다. 2개의 패턴 엘리먼트가 해상되지 않으면(즉, 교점이 존재하면), 처리는 단계 S616으로 진행한다.

[0043] 단계 S614는 단계 S114와 마찬가지이다. 본 실시예에서는, 단계 S610에 있어서의 측정 결과(거리 $D_{P'2_9Q'2_9}$ 또는 거리 $D_{P'"2_10Q'"2_10}$)를 평가값으로서 설정한다.

[0044] 단계 S616은 단계 S116과 마찬가지이다. 본 실시예에 있어서는, 단계 S610에 있어서의 측정 결과(거리 $D_{P'"2_10Q'"2_10}$)를 가중화하여 평가값으로서 설정한다.

[0045] 단계 S618에 있어서는, 단계 S614 또는 단계 S616에서 설정된 평가값에 기초하여, 투영 광학계의 상면에 형성되는 마스크 패턴의 상(즉, 단계 S608에서 취득한 마스크 패턴의 상)을 평가한다.

[0046] 단계 S620에 있어서는, 단계 S618에서의 평가 결과에 기초하여, 단계 S614 또는 단계 S616에서 설정된 평가값과 마스크 패턴의 목표 치수 간의 차분 △L을 산출한다. 지금까지는, 패턴 엘리먼트들 간의 엔드 갭의 치수만을 설명했지만, 도 7에 도시된 바와 같이, 복수의 평가 선분 AB, CD 및 T_2U_2에 대한 치수를 평가한다. 엔드 갭의 치수의 측정 결과를 L1이라고 하고, 복수의 평가 선분 AB, CD 및 T_2U_2의 측정 결과를 L2, L3, 및 L4라고 하고, 목표 치수들을 L01, L02, L03, 및 L04라고 한다. 이 경우, 평가값과 마스크 패턴의 목표 치수 간의 차분 △L은 다음의 식에 의해 주어진다.

수학식 3

[0047]
$$\Delta L=\sqrt{\frac{(L1-L01)^2+(L2-L02)^2+(L3-L03)^2+(L4-L04)^2}{4}}$$

[0048] 단계 S622에 있어서는, 단계 S620에서 산출된 차분 △L이 평가 기준을 충족시키는지의 여부(즉, 목표 치수로부터의 어긋남이 허용 범위 내인지의 여부)를 판정한다. 차분 △L이 평가 기준을 충족시키지 않는 경우, 처리는 단계 S624로 진행한다. 차분 △L이 평가 기준을 충족시키는 경우, 처리는 단계 S626으로 진행한다.

[0049] 단계 S624에 있어서는, 노광 조건을 재설정하고, 처리는 단계 S606으로 되돌아간다. 단계 S626에 있어서는, 단계 S601에서 설정된 초기의 노광 조건, 또는 단계 S624에서 재설정된 노광 조건을 노광 장치에 설정할 노광 조

건으로서 결정한다.

[0050] 이와 같이, 본 실시예에서는, 마스크 패턴에 포함되는 패턴 엘리먼트들이 해상되는지의 여부를 평가할 수 있기 때문에, 패턴 엘리먼트들이 해상되는 경우의 평가값과 패턴 엘리먼트들이 해상되지 않는 경우의 평가값에 기초하여, 마스크 패턴의 상을 정확하게 평가할 수 있다. 그 결과, 노광 조건을 결정할 때까지 패턴 엘리먼트들이 해상되지 않도록 유지하는 노광 조건을 설정한 경우에도, 유효 광원의 최적화의 수렴이 결코 지연되지 않고, 마스크 패턴에 적합한 유효 광원을 결정할 수 있다.

[0051] 또한, 본 실시예의 평가 방법은, 주사형 전자 현미경(SEM)을 사용하여, 기판 상에 형성된 레지스트 패턴의 치수를 평가하는 기술에도 적용할 수 있다. 반도체 디바이스를 제조할 때, 노광 장치에 있어서의 노광량 및 디포커스량을 변경하면서 노광을 행함으로써, 노광 마진을 테스트하는 기술이 알려져 있다. 해상되지 않은 패턴에 대응하는 레지스트 패턴도 평가 대상에 포함되기 때문에, 본 실시예의 평가 방법을 적용함으로써, 노광 마진을 정확하게 평가할 수 있다. 예를 들어, 복수의 노광량 및 디포커스량에 대응해서 노광 마진 평가용의 기판에 형성된 레지스트 패턴의 치수를, SEM을 사용해서 연속적으로 측정되는 경우를 검토한다. 이 경우, 본 실시예의 평가 방법을 적용함으로써, 마스크 패턴에 포함되는 패턴 엘리먼트들이 해상되는지의 여부(즉, 패턴 엘리먼트들에 대응하는 레지스트 패턴이 형성되어 있는지의 여부)를 평가할 수 있다. 그 결과, 패턴 엘리먼트들이 해상되지 않는 경우에도, 복수의 노광량 및 디포커스량에 대응하는 레지스트 패턴의 치수를 정확하게 평가할 수 있다. 그러므로, 노광 마진을 정확하게 평가할 수 있다.

[0052] 본 실시예와의 비교를 위해, 다른 평가 방법들에 대해서 검토한다. 예를 들어, 치수 평가 선분에 대한 측정 결과가 기준값으로부터 미리 정해진 값 이상 어긋나는 경우에 패턴이 해상되지 않는 것으로 판정하는 평가 방법을 실행할 수 있다. 이러한 평가 방법은, 도 3b에 도시된 마스크 패턴의 상에 대하여 유효하다. 그러나, 도 9c에 도시된 마스크 패턴의 상에 대하여는, 거리 $D_{P''2_10Q''2_10}$은 기준값으로부터 미리 정해진 값 이상으로 반드시 어긋나는 것은 아니기 때문에, 패턴이 해상되는지의 여부를 정확하게 평가하는 것이 곤란하다.

[0053] 복수의 치수 평가 선분에 대한 측정 결과가 좌표에 대하여 스무스하게 변화하지 않는 경우, 패턴이 해상되지 않는 것으로 판정하는 평가 방법도 실행할 수 있다. 그러나, 이 평가 방법은 복수의 치수 평가 선분에 대한 측정 결과의 변화를 유발하는 것이 패턴의 형상인지, 또는 해상되지 않은 패턴인지를 식별하기 곤란하다.

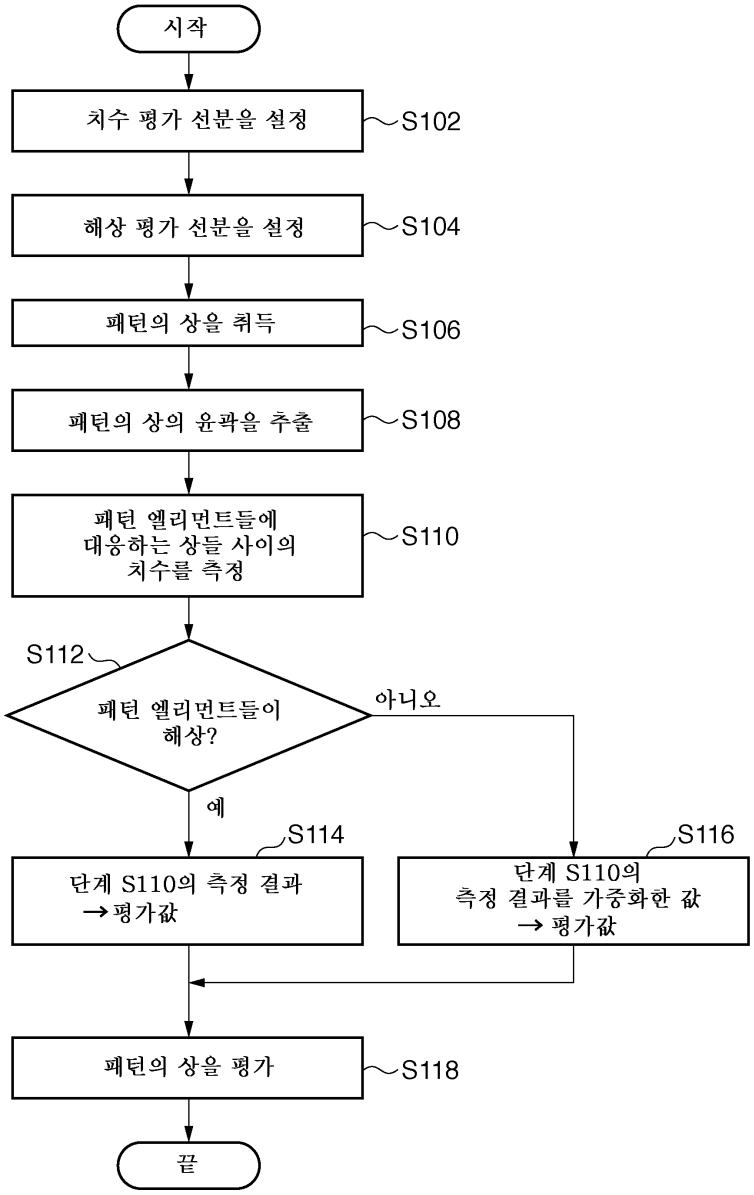
[0054] 도 3b에 도시된 바와 같이, 패턴이 해상되지 않는 경우에는, 치수 평가 선분을 따른 강도 분포는 "명-암-명"을 나타낸다는 것에 유의한다. 도 3a에 도시된 바와 같이, 패턴이 해상되는 경우에는, 치수 평가 선분을 따른 강도 분포는 "암-명-암"을 나타낸다. 따라서, 패턴의 상의 윤곽의 강도에 대하여 갭 부근의 강도가 볼록일지 또는 오목일지에 따라 패턴이 해상되는지의 여부를 평가하는 평가 방법을 실행할 수도 있다. 치수 평가 선분을 따라 주목하는 엔드 갭으로부터 어긋난 위치에 해상되는 엔드 갭이 있는 경우, 이러한 평가 방법은 정확한 해상 평가를 실행할 수 없으므로, 적합하지 않다.

[0055] 마스크 패턴의 상의 수를 검출해서 패턴이 해상되는지의 여부를 평가하는 평가 방법도 실행할 수 있다. 그러나, 치수 평가 선분과 해상된 패턴(또는 해상되지 않은 패턴) 간의 위치 관계를 특정하는 것이 곤란하다.

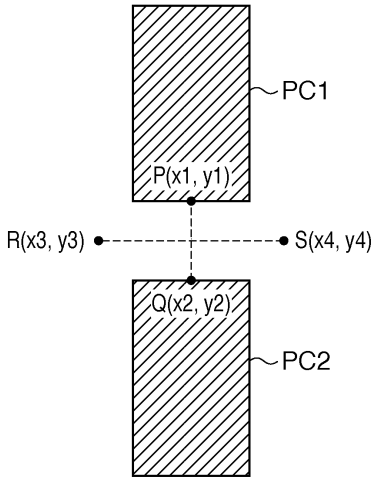
[0056] 본 발명은 예시적인 실시예들을 참조하여 설명하였지만, 본 발명은 개시된 예시적인 실시예들로 한정되지 않는다는 것을 이해해야 한다. 하기의 청구항들의 범위는 그러한 변형들과 등가의 구조들 및 기능들을 모두 포괄하도록 최광의의 해석에 따라야 한다.

도면

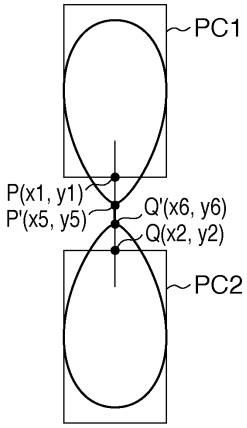
도면1


시작
치수 평가 선분을 설정
S102
해상 평가 선분을 설정
S104
패턴의 상을 취득
S106
패턴의 상의 윤곽을 추출
S108
패턴 엘리먼트들에
대응하는 상들 사이의
치수를 측정
S110
S112
패턴 엘리먼트들이
해상?
아니오
예
S114
단계 S110의 측정 결과
→평가값
S116
단계 S110의
측정 결과를 가중화한 값
→ 평가값
패턴의 상을 평가
S118
끝

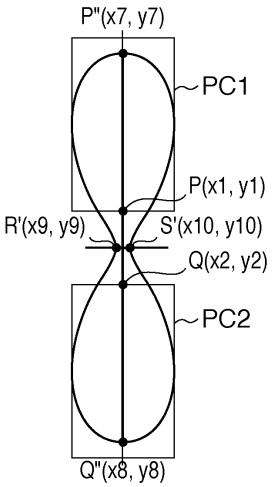
도면2



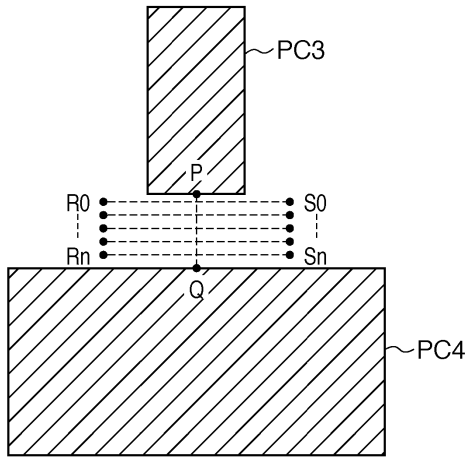
도면3a



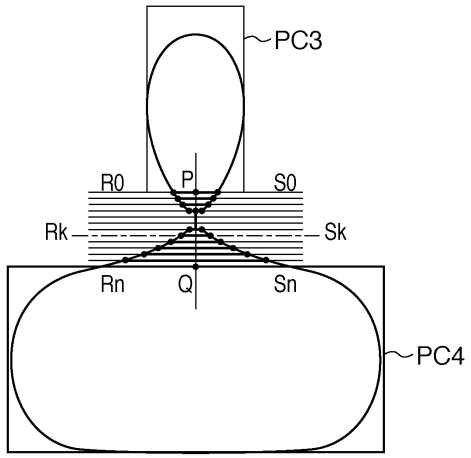
도면3b



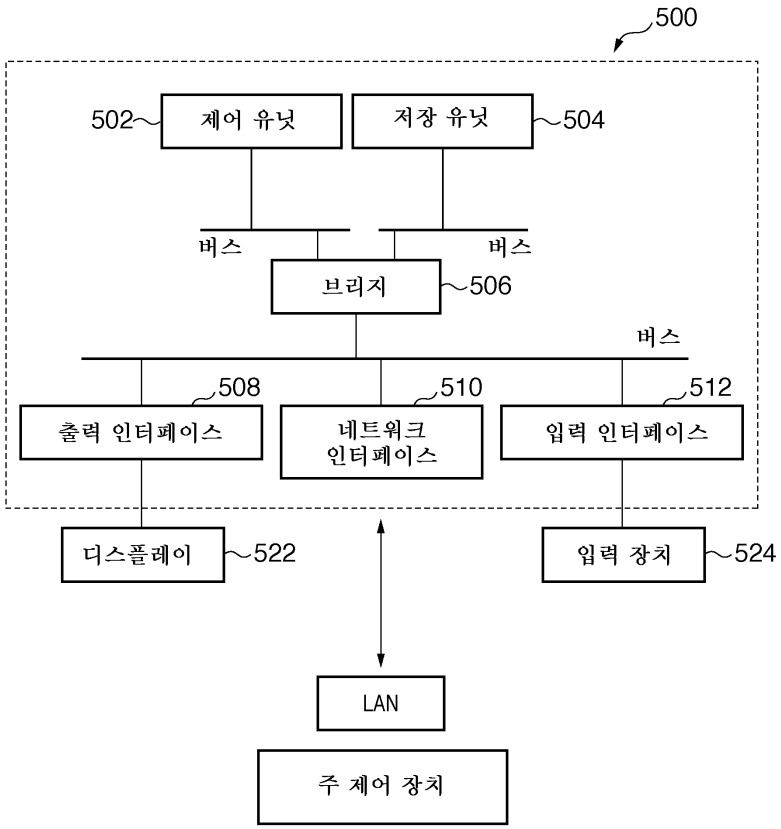
도면4a



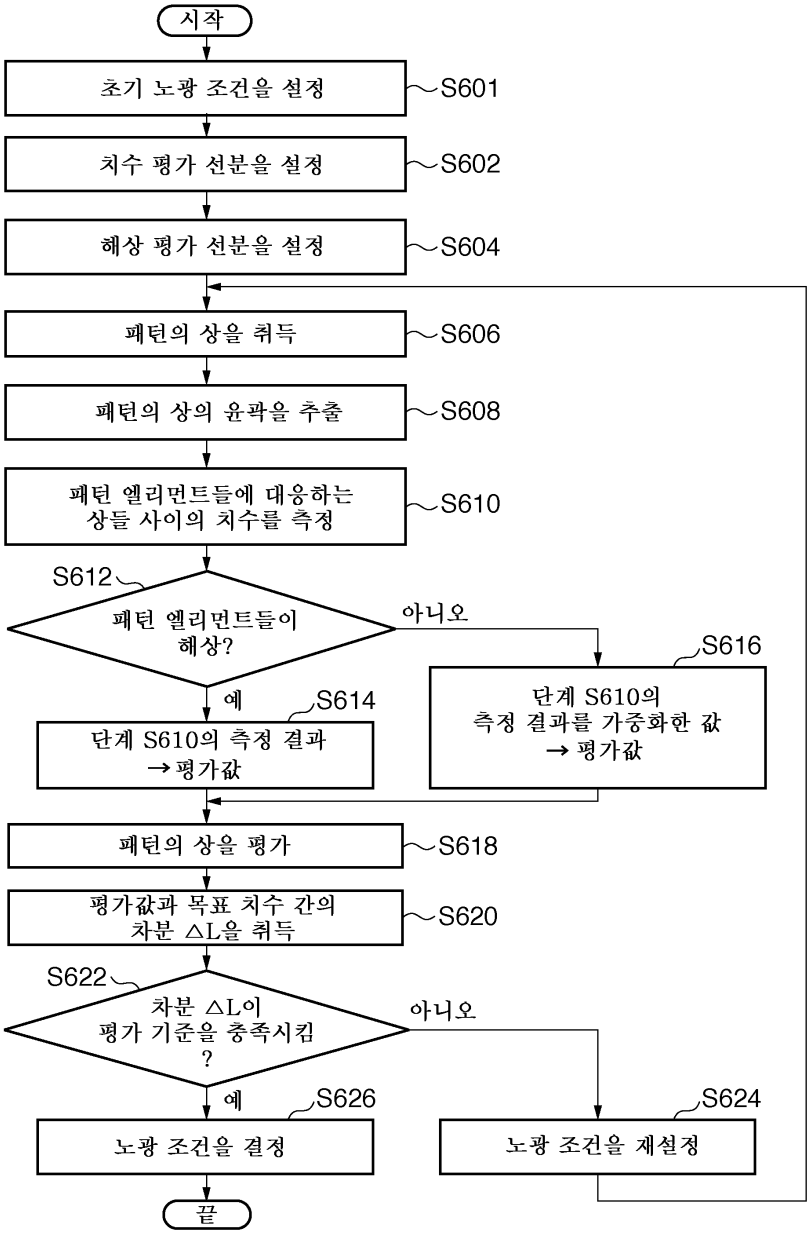
도면4b



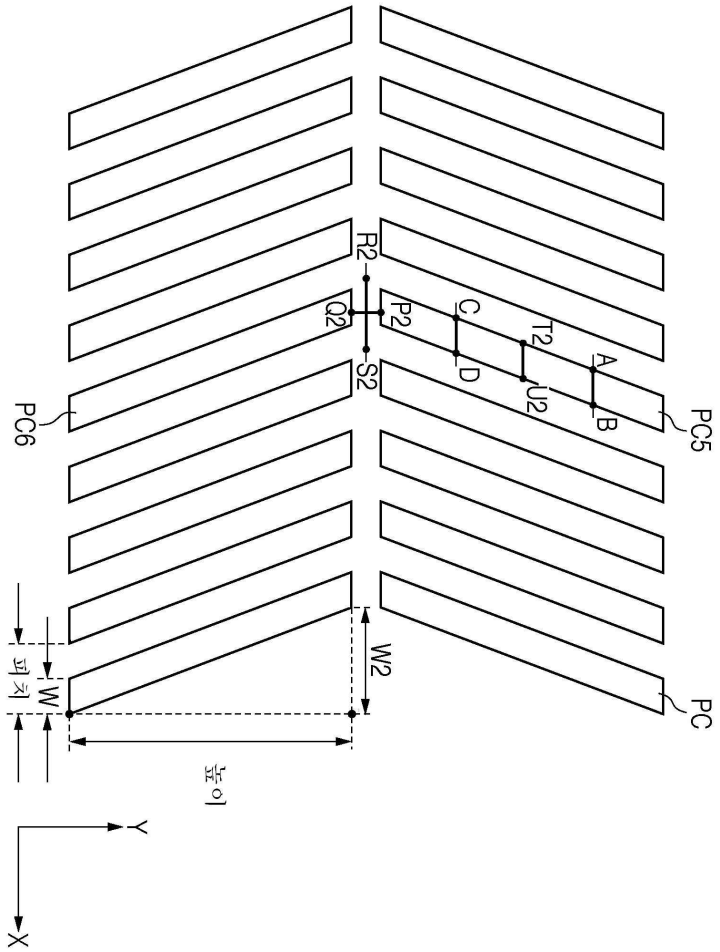
도면5


500
502
제어 유닛
저장 유닛
504
버스
버스
브리지
506
버스
508
510
512
출력 인터페이스
네트워크
인터페이스
입력 인터페이스
디스플레이
522
입력 장치
524
LAN
주 제어 장치

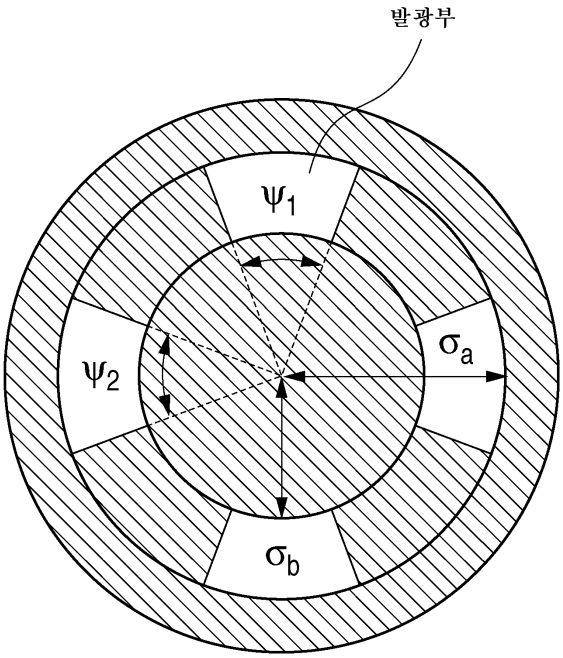
도면6


시작
초기 노광 조건을 설정
S601
치수 평가 선분을 설정
S602
해상 평가 선분을 설정
S604
패턴의 상을 취득
S606
패턴의 상의 윤곽을 추출
S608
패턴 엘리먼트들에 대응하는 상들 사이의 치수를 측정
S610
S612
패턴 엘리먼트들이 해상?
아니오
S616
단계 S610의 측정 결과를 가중화한 값 → 평가값
예
S614
단계 S610의 측정 결과 → 평가값
패턴의 상을 평가
S618
평가값과 목표 치수 간의 차분 △L을 취득
S620
S622
차분 △L이 평가 기준을 충족시킴 ?
아니오
예
S626
노광 조건을 결정
S624
노광 조건을 재설정
끝

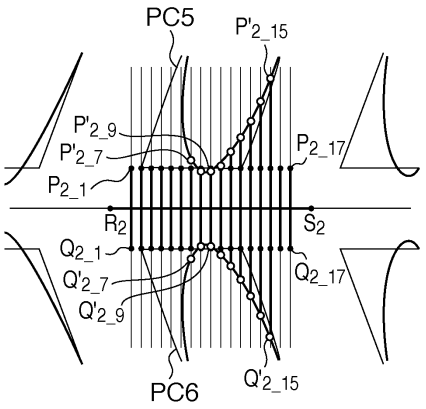
도면7



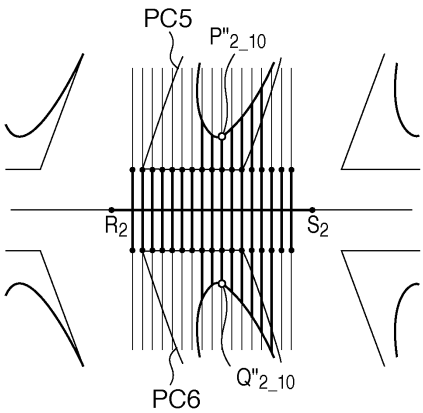
도면8



도면9a



도면9b



도면9c

