



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2021-0131798
(43) 공개일자 2021년11월03일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G03F 7/20 (2006.01) G03F 1/22 (2012.01)
(52) CPC특허분류
G03F 7/70633 (2013.01)
G03F 1/22 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2020-0050351
(22) 출원일자 2020년04월24일
심사청구일자 없음

(71) 출원인
삼성전자주식회사
경기도 수원시 영통구 삼성로 129 (매탄동)
(72) 발명자
이두규
경기도 안산시 상록구 이화3길 38-17, 101호(사동)
이승윤
서울특별시 동작구 동작대로29길 110, 405동 709호(사당동, 신동아아파트)
(74) 대리인
리엔목특허법인

전체 청구항 수 : 총 20 항

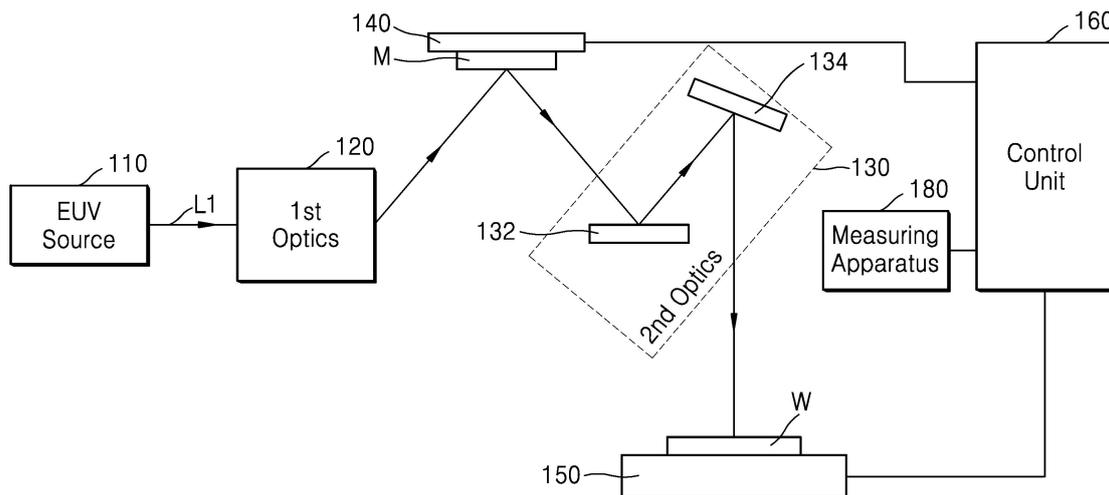
(54) 발명의 명칭 EUV 노광 장치, 및 그 노광 장치를 이용한 오버레이 보정 방법과 반도체 소자 제조방법

(57) 요약

본 발명의 기술적 사상은, EUV 노광 공정에서 오버레이 에러를 개선할 수 있는 EUV 노광 장치, 및 그 노광 장치를 이용한 오버레이 보정 방법과 반도체 소자 제조방법을 제공한다. 그 EUV 노광 장치는 EUV 광원; 상기 EUV 광원으로부터의 EUV 광을 EUV 마스크로 입사시키는 제1 광학계; 상기 EUV 마스크로부터 반사된 EUV 광을 상기 웨이퍼로 입사시키는 제2 광학계; 상기 EUV 마스크가 배치되는 마스크 스테이지; 노광 대상인 웨이퍼가 배치되는 웨이퍼 스테이지; 및 상기 마스크 스테이지와 상기 웨이퍼 스테이지를 제어하는 제어부;를 포함하고, 상기 웨이퍼 상의 층들 간의 오버레이 에러의 파라미터들 중의 하나인 제1 오버레이(overlay) 파라미터와 다른 하나인 제2 오버레이 파라미터 간의 상관관계에 기초하여, 상기 제2 오버레이 파라미터의 보정을 통해 상기 제1 오버레이 파라미터를 보정한다.

대표도

100



(52) CPC특허분류

G03F 7/2004 (2013.01)

G03F 7/70775 (2013.01)

(72) 발명자

이정진

경기도 화성시 동탄원천로 354-11, A-705호(능동)

황찬

서울특별시 서초구 효령로72길 57, A동 807호(서초동, 서초트라팰리스)

명세서

청구범위

청구항 1

EUV 광원;

상기 EUV 광원으로부터의 EUV 광을 EUV 마스크로 입사시키는 제1 광학계;

상기 EUV 마스크로부터 반사된 EUV 광을 상기 웨이퍼로 입사시키는 제2 광학계;

상기 EUV 마스크가 배치되는 마스크 스테이지;

노광 대상인 웨이퍼가 배치되는 웨이퍼 스테이지; 및

상기 마스크 스테이지와 상기 웨이퍼 스테이지를 제어하는 제어부;를 포함하고,

상기 웨이퍼 상의 층들 간의 오버레이 에러의 파라미터들 중의 하나인 제1 오버레이(overlay) 파라미터와 다른 하나인 제2 오버레이 파라미터 간의 상관관계에 기초하여, 상기 제2 오버레이 파라미터의 보정을 통해 상기 제1 오버레이 파라미터를 보정하는, EUV 노광 장치.

청구항 2

제1 항에 있어서,

상기 제1 오버레이 파라미터는, 상기 오버레이 에러의 파라미터들 중 EUV 노광 공정의 스캔 방향에 수직인 제1 방향으로 중심에서 양쪽으로 멀어질수록 에러가 3차원적으로 커지는 파라미터이고,

상기 제2 오버레이 파라미터는, 상기 오버레이 에러의 파라미터들 중 상기 제1 방향으로 중심에서 멀어질수록 상기 스캔 방향으로 에러가 2차원적으로 커지는 파라미터인 것을 특징으로 하는 EUV 노광 장치.

청구항 3

제2 항에 있어서,

상기 상관관계는 상기 제2 오버레이 파라미터의 보정 값과 상기 제1 오버레이 파라미터의 보정 값 간의 비율을 의미하며,

상기 제1 오버레이 파라미터는 상기 제2 오버레이 파라미터의 보정에 의해 발생하는 기생 파라미터인 것을 특징으로 하는 EUV 노광 장치.

청구항 4

제3 항에 있어서,

상기 상관관계는 1:K이고, 상기 K는 -0.25 내지 -0.45이며,

상기 제1 오버레이 파라미터의 보정 값은, 상기 x 방향의 위치에 따라 1 사분면과 3 사분면으로 상기 에러의 절대값이 커지면 (+) 부호를 가지며, 상기 x 방향의 위치에 따라 2 사분면과 4 사분면으로 상기 에러의 절대값이 커지면 (-) 부호를 갖는 것을 특징으로 하는 EUV 노광 장치.

청구항 5

제2 항에 있어서,

상기 상관관계는, 상기 EUV 노광 장치의 비-텔리센트리시티(non-telecentricity) 특성, 및 상기 EUV 마스크에 입사하는 곡선 슬릿 형태의 EUV 광에 기인하며,

상기 제2 오버레이 파라미터의 보정은, 상기 제1 방향을 축으로 한 상기 마스크 스테이지의 회전을 통해 이루어지는 것을 특징으로 하는 EUV 노광 장치.

청구항 6

제1 항에 있어서,

상기 제어부는,

상기 상관관계에 기초하여 상기 제1 오버레이 파라미터에 대한 데이터로부터 상기 제2 오버레이 파라미터의 보정 값을 추출하고, 상기 제2 오버레이 파라미터의 보정 값에 기초하여 상기 마스크 스테이지의 회전을 제어하는 것을 특징으로 하는 EUV 노광 장치.

청구항 7

제6 항에 있어서,

상기 제어부는,

상기 마스크 스테이지를 제어하는 마스크 스테이지 컨트롤러,

상기 웨이퍼 스테이지를 제어하는 웨이퍼 스테이지 컨트롤러,

상기 제1 오버레이 파라미터에 대한 데이터를 획득하는 데이터 획득부,

상기 상관관계에 기초하여 상기 데이터로부터 상기 제2 오버레이 파라미터의 보정 값을 계산하는 얼라이먼트 컨트롤러, 및

상기 제2 오버레이 파라미터의 보정 값을 상기 마스크 스테이지 컨트롤러로 전달하는 피드백부를 포함하는 것을 특징으로 하는 EUV 노광 장치.

청구항 8

제1 항에 있어서,

상기 제2 오버레이 파라미터에 대한 공정 마진이 A일 때, 상기 A 범위 내에서 상기 제2 오버레이 파라미터를 보정하여 상기 제1 오버레이 파라미터를 보정하는 것을 특징으로 하는 EUV 노광 장치.

청구항 9

EUV 광원;

EUV 마스크가 배치되는 마스크 스테이지; 및

상기 마스크 스테이지를 제어하는 제어부;를 포함하고,

노광 대상인 웨이퍼 상의 층들 간의 오버레이 에러의 파라미터들 중 EUV 노광 공정의 스캔 방향에 수직인 제1 방향으로 중심에서 양쪽으로 멀어질수록 에러가 3차원적으로 커지는 제1 오버레이 파라미터를, 상기 오버레이 에러의 파라미터들 중 상기 제1 방향으로 중심에서 멀어질수록 상기 스캔 방향으로 에러가 2차원적으로 커지는 제2 오버레이 파라미터의 보정을 통해 보정하는, EUV 노광 장치.

청구항 10

제9 항에 있어서,

상기 제2 오버레이 파라미터의 보정 값과 제1 오버레이 파라미터의 보정 값은 1:K의 상관관계를 가지며, 상기 K는 -0.25 내지 -0.45인 것을 특징으로 하는 EUV 노광 장치.

청구항 11

제9 항에 있어서,

상기 제2 오버레이 파라미터의 보정은, 상기 제1 방향을 축으로 한 상기 마스크 스테이지의 회전을 통해 이루어지고,

상기 마스크 스테이지의 회전에 의해 발생하는 기생 파라미터인 상기 제1 오버레이 파라미터의 보정이 수행되는 것을 특징으로 하는 EUV 노광 장치.

청구항 12

제9 항에 있어서,

상기 제어부는,

상기 제1 오버레이 파라미터에 대한 데이터에 기초하여 상기 제2 오버레이 파라미터의 보정 값을 추출하고, 상기 제2 오버레이 파라미터의 보정 값에 기초하여 상기 마스크 스테이지의 회전을 제어하는 것을 특징으로 하는 EUV 노광 장치.

청구항 13

EUV 노광 장치에서, EUV 노광 공정이 수행된 웨이퍼 상의 층들 간의 오버레이 에러의 파라미터들 중 EUV 노광 공정의 스캔 방향의 수직인 제1 방향으로 중심에서 양쪽으로 멀어질수록 에러가 3차원적으로 커지는 제1 오버레이 파라미터에 대한 데이터를 획득하는 단계;

상기 EUV 노광 장치에서, 상기 오버레이 에러의 파라미터들 중 상기 제1 방향으로 중심에서 멀어질수록 상기 스캔 방향으로 에러가 2차원적으로 커지는 제2 오버레이 파라미터와 상기 제1 오버레이 파라미터 간의 상관관계에 기초하여 상기 데이터로부터 상기 제2 오버레이 파라미터의 보정 값을 계산하는 단계;

상기 EUV 노광 장치 내에서, 상기 제2 오버레이 파라미터의 보정 값을 피드백하는 단계; 및

상기 EUV 노광 장치에서, 상기 제2 오버레이 파라미터의 보정 값에 기초하여 상기 제2 오버레이 파라미터를 보정하여 상기 제1 오버레이 파라미터를 보정하는 단계;를 포함하는, EUV 노광 장치를 이용한 오버레이 보정 방법.

청구항 14

제13 항에 있어서,

상기 상관관계는 상기 제2 오버레이 파라미터의 보정 값과 상기 제1 오버레이 파라미터의 보정 값 간의 비율을 의미하며,

상기 상관관계는 1:K이고, 상기 K는 -0.25 내지 -0.45인 것을 특징으로 하는 EUV 노광 장치를 이용한 오버레이 보정 방법.

청구항 15

제13 항에 있어서,

상기 제2 오버레이 파라미터에 대한 공정 마진이 A일 때, 상기 A 범위 내에서 상기 제2 오버레이 파라미터를 보정하여 상기 제1 오버레이 파라미터를 보정하는 것을 특징으로 하는 EUV 노광 장치를 이용한 오버레이 보정 방법.

청구항 16

EUV 노광 장치에서, EUV 노광이 수행된 제1 웨이퍼 상의 층들 간의 오버레이 에러의 파라미터들 중 EUV 노광 공정의 스캔 방향의 수직인 제1 방향으로 중심에서 양쪽으로 멀어질수록 에러가 3차원적으로 커지는 제1 오버레이 파라미터에 대한 데이터를 획득하는 단계;

상기 EUV 노광 장치에서, 상기 오버레이 에러의 파라미터들 중 상기 제1 방향으로 중심에서 멀어질수록 상기 스캔 방향으로 에러가 2차원적으로 커지는 제2 오버레이 파라미터와 상기 제1 오버레이 파라미터 간의 상관관계에 기초하여 상기 데이터로부터 상기 제2 오버레이 파라미터의 보정 값을 계산하는 단계;

상기 EUV 노광 장치 내에서, 상기 제2 오버레이 파라미터의 보정 값을 피드백하는 단계;

상기 EUV 노광 장치에서, 제2 웨이퍼에 대한 EUV 노광 공정을 수행하는 단계;

상기 제2 웨이퍼에 대한 패터닝을 수행하는 단계; 및

상기 웨이퍼에 후속 반도체 공정을 수행하는 단계;를 포함하고,

상기 EUV 노광 공정을 수행하는 단계에서, 상기 제2 오버레이 파라미터의 보정 값에 기초하여 상기 제2 오버레이

이 파라미터를 보정하여 상기 제1 오버레이 파라미터를 보정하는, EUV 노광 장치를 이용한 반도체 소자 제조방법.

청구항 17

제16 항에 있어서,

상기 상관관계는 상기 제2 오버레이 파라미터의 보정 값과 상기 제1 오버레이 파라미터의 보정 값 간의 비율을 의미하며,

상기 상관관계는 1:K이고, 상기 K는 -0.25 내지 -0.45인 것을 특징으로 하는 EUV 노광 장치를 이용한 반도체 소자 제조방법.

청구항 18

제16 항에 있어서,

상기 EUV 노광 장치는, EUV 광원, EUV 마스크가 배치되는 마스크 스테이지, 및 상기 마스크 스테이지를 제어하는 제어부를 포함하고,

상기 EUV 노광 공정을 수행하는 단계에서,

상기 제2 오버레이 파라미터의 보정 값에 기초하여, 상기 마스크 스테이지를 회전하여 상기 제2 오버레이 파라미터를 보정하는 것을 특징으로 하는 EUV 노광 장치를 이용한 반도체 소자 제조방법.

청구항 19

제18 항에 있어서,

상기 제어부는, 상기 마스크 스테이지를 제어하는 마스크 스테이지 컨트롤러, 상기 데이터를 획득하는 데이터 획득부, 상기 제2 오버레이 파라미터의 보정 값을 계산하는 얼라이먼트 컨트롤러, 및 상기 제2 오버레이 파라미터의 보정 값을 상기 마스크 스테이지 컨트롤러로 전달하는 피드백부를 포함하고,

상기 마스크 스테이지 컨트롤러는, 상기 제2 오버레이 파라미터의 보정 값에 기초하여 상기 마스크 스테이지를 상기 제1 방향을 축으로 하여 회전하는 것을 특징으로 하는 EUV 노광 장치를 이용한 반도체 소자 제조방법.

청구항 20

제16 항에 있어서,

상기 EUV 노광 공정을 수행하는 단계 후에, 상기 제2 웨이퍼에 대하여 상기 제1 오버레이 파라미터의 보정이 적정한지 판단하는 단계를 더 포함하고,

상기 제1 오버레이 파라미터의 보정이 적정하지 않는 경우, 상기 제2 오버레이 파라미터의 보정 값을 계산하는 단계와 상기 EUV 노광 공정을 수행하는 단계를 반복하는 것을 특징으로 하는 EUV 노광 장치를 이용한 반도체 소자 제조방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명의 기술적 사상은 노광 장치와 오버레이 보정 방법에 관한 것으로, 특히 EUV 광을 이용하는 노광 장치와 그 노광 장치를 이용한 오버레이 보정 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 최근 반도체 회로 선폭이 점차 미세화됨에 따라, 보다 짧은 파장의 광원이 요구되고 있다. 예컨대, 노광 광원으로 극자외선(EUV: Extreme Ultra-Violet) 광이 사용되고 있다. EUV 광의 흡수 특성으로 인해, 일반적으로 EUV 노광 공정에서는 반사형 EUV 마스크가 사용되고 있다. 또한, EUV 광을 EUV 마스크로 전달하기 위한 조명 광학계(illumination optics)와 EUV 마스크로부터 반사된 EUV 광을 노광 대상으로 투사하기 위한 투사 광학계

(projection optics)는 다수의 미러들을 포함할 수 있다. 노광 공정의 난이도가 점점 증가함에 따라, EUV 마스크나 미러들에 발생한 작은 에러는 웨이퍼 상의 패턴 형성에 심각한 오류를 발생시킬 수 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0003] 본 발명의 기술적 사상이 해결하고자 하는 과제는, EUV 노광 공정에서 오버레이 에러를 개선할 수 있는 EUV 노광 장치, 및 그 노광 장치를 이용한 오버레이 보정 방법과 반도체 소자 제조방법을 제공하는 데에 있다.

과제의 해결 수단

[0004] 상기 과제를 해결하기 위하여, 본 발명의 기술적 사상은, EUV 광원; 상기 EUV 광원으로부터의 EUV 광을 EUV 마스크로 입사시키는 제1 광학계; 상기 EUV 마스크로부터 반사된 EUV 광을 상기 웨이퍼로 입사시키는 제2 광학계; 상기 EUV 마스크가 배치되는 마스크 스테이지; 노광 대상인 웨이퍼가 배치되는 웨이퍼 스테이지; 및 상기 마스크 스테이지와 상기 웨이퍼 스테이지를 제어하는 제어부;를 포함하고, 상기 웨이퍼 상의 층들 간의 오버레이 에러의 파라미터들 중의 하나인 제1 오버레이(overlay) 파라미터와 다른 하나인 제2 오버레이 파라미터 간의 상관관계에 기초하여, 상기 제2 오버레이 파라미터의 보정을 통해 상기 제1 오버레이 파라미터를 보정하는, EUV 노광 장치를 제공한다.

[0005] 또한, 본 발명의 기술적 사상은, 상기 과제를 해결하기 위하여, EUV 광원; EUV 마스크가 배치되는 마스크 스테이지; 및 상기 마스크 스테이지를 제어하는 제어부;를 포함하고, 노광 대상인 웨이퍼 상의 층들 간의 오버레이 에러의 파라미터들 중 EUV 노광 공정의 스캔 방향에 수직인 제1 방향으로 중심에서 양쪽으로 멀어질수록 에러가 3차원적으로 커지는 제1 오버레이 파라미터를, 상기 오버레이 에러의 파라미터들 중 상기 제1 방향으로 중심에서 멀어질수록 상기 스캔 방향으로 에러가 2차원적으로 커지는 제2 오버레이 파라미터의 보정을 통해 보정하는, EUV 노광 장치를 제공한다.

[0006] 더 나아가, 본 발명의 기술적 사상은, 상기 과제를 해결하기 위하여, EUV 노광 장치에서, EUV 노광 공정이 수행된 웨이퍼 상의 층들 간의 오버레이 에러의 파라미터들 중 EUV 노광 공정의 스캔 방향의 수직인 제1 방향으로 중심에서 양쪽으로 멀어질수록 에러가 3차원적으로 커지는 제1 오버레이 파라미터에 대한 데이터를 획득하는 단계; 상기 EUV 노광 장치에서, 상기 오버레이 에러의 파라미터들 중 상기 제1 방향으로 중심에서 멀어질수록 상기 스캔 방향으로 에러가 2차원적으로 커지는 제2 오버레이 파라미터와 상기 제1 오버레이 파라미터 간의 상관관계에 기초하여 상기 데이터로부터 상기 제2 오버레이 파라미터의 보정 값을 계산하는 단계; 상기 EUV 노광 장치 내에서, 상기 제2 오버레이 파라미터의 보정 값을 피드백하는 단계; 및 상기 EUV 노광 장치에서, 상기 제2 오버레이 파라미터의 보정 값에 기초하여 상기 제2 오버레이 파라미터를 보정하여 상기 제1 오버레이 파라미터를 보정하는 단계;를 포함하는, EUV 노광 장치를 이용한 오버레이 보정 방법을 제공한다.

[0007] 한편, 본 발명의 기술적 사상은, 상기 과제를 해결하기 위하여, EUV 노광 장치에서, EUV 노광이 수행된 제1 웨이퍼 상의 층들 간의 오버레이 에러의 파라미터들 중 EUV 노광 공정의 스캔 방향의 수직인 제1 방향으로 중심에서 양쪽으로 멀어질수록 에러가 3차원적으로 커지는 제1 오버레이 파라미터에 대한 데이터를 획득하는 단계; 상기 EUV 노광 장치에서, 상기 오버레이 에러의 파라미터들 중 상기 제1 방향으로 중심에서 멀어질수록 상기 스캔 방향으로 에러가 2차원적으로 커지는 제2 오버레이 파라미터와 상기 제1 오버레이 파라미터 간의 상관관계에 기초하여 상기 데이터로부터 상기 제2 오버레이 파라미터의 보정 값을 계산하는 단계; 상기 EUV 노광 장치 내에서, 상기 제2 오버레이 파라미터의 보정 값을 피드백하는 단계; 상기 EUV 노광 장치에서, 제2 웨이퍼에 대한 EUV 노광 공정을 수행하는 단계; 상기 제2 웨이퍼에 대한 패턴링을 수행하는 단계; 및 상기 웨이퍼에 후속 반도체 공정을 수행하는 단계;를 포함하고, 상기 EUV 노광 공정을 수행하는 단계에서, 상기 제2 오버레이 파라미터의 보정 값에 기초하여 상기 제2 오버레이 파라미터를 보정하여 상기 제1 오버레이 파라미터를 보정하는, EUV 노광 장치를 이용한 반도체 소자 제조방법을 제공한다.

발명의 효과

[0008] 본 발명의 기술적 사상에 의한 EUV 노광 장치는, 웨이퍼 상의 층들 간의 오버레이 에러의 파라미터들 중의 하나인 제2 오버레이 파라미터의 보정을 함으로써, 상관관계에 있는 다른 하나의 제1 오버레이 파라미터를 보정할 수 있고, 그에 따라, EUV 노광 공정에서 오버레이 에러를 크게 개선할 수 있다. 여기서, 제1 오버레이 파라미터는, EUV 노광 공정의 스캔 방향에 수직인 제1 방향으로 중심에서 양쪽으로 멀어질수록 에러가 3차원적으로 커지

는 RK13 파라미터로서, EUV 노광 장치의 물리적인 작동(actuation)을 통해 보정할 수 없는 오버레이 파라미터이다. 또한, 제2 오버레이 파라미터는, 제1 방향으로 중심에서 멀어질수록 스캔 방향으로 에러가 2차원적으로 커지는 RK12 파라미터로서, EUV 노광 장치의 물리적인 작동을 통해 보정할 수 있는 오버레이 파라미터이다. 결국, 본 발명의 기술적 사상에 의한 EUV 노광 장치는, 보정 가능한 RK12 파라미터의 보정을 통해 보정 불가능한 오버레이 파라미터로 분류된 RK13 파라미터를 보정함으로써, EUV 노광 공정에서 오버레이 에러를 크게 개선할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0009] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 EUV 노광 장치를 개략적으로 보여주는 개념도이다.
- 도 2는 도 1의 EUV 노광 장치에서 제어부를 좀더 상세하게 보여주는 블록 구조도이다.
- 도 3a 및 도 3b는 오버레이 에러를 설명하기 위한 단면도들이다.
- 도 4a 내지 도 4c는 오버레이 에러의 파라미터들을 설명하기 위한 개념도들이다.
- 도 5a 및 도 5b는 오버레이 에러의 RK12 파라미터를 설명하기 위한 벡터 표시도 및 그래프이다.
- 도 6a 및 도 6b는 오버레이 에러의 RK13 파라미터를 설명하기 위한 벡터 표시도 및 그래프이다.
- 도 7a 내지 도 7d는 본 발명의 일 실시예에 따른 EUV 노광 장치를 이용하여 오버레이 에러의 RK13 파라미터를 보정하는 원리를 설명하기 위한 그래프들이다.
- 도 8a 및 도 8b는 본 발명의 일 실시예에 따른 EUV 노광 장치를 이용한 오버레이 보정 방법의 과정을 개략적으로 보여주는 흐름도들이다.
- 도 9a 및 도 9b는 본 발명의 일 실시예에 따른 EUV 노광 장치를 이용한 반도체 소자 제조방법의 과정을 개략적으로 보여주는 흐름도들이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0010] 이하에서는 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 실시예들을 상세히 설명한다. 도면 상의 동일한 구성요소에 대해서는 동일한 참조부호를 사용하고, 이들에 대한 중복된 설명은 생략한다.
- [0011] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 EUV 노광 장치를 개략적으로 보여주는 개념도이고, 도 2는 도 1의 EUV 노광 장치에서 제어부를 좀더 상세하게 보여주는 블록 구조도이다.
- [0012] 도 1 및 도 2를 참조하면, 본 실시예의 EUV 노광 장치(100)는 EUV 광원(110), 제1 광학계(120, 1st Optics), 제2 광학계(130, 2nd Optics), 마스크 스테이지(140), 웨이퍼 스테이지(150), 제어부(160), 및 측정 장치(180)를 포함할 수 있다.
- [0013] EUV 광원(110)은 5nm 내지 50nm 정도의 파장 범위 내에서 고 에너지 밀도의 EUV 광(L1)을 생성하여 출력할 수 있다. 예컨대, EUV 광원(110)은 13.5nm 파장의 고 에너지 밀도의 EUV 광(L1)을 생성하여 출력할 수 있다. EUV 광원(110)은, 플라즈마 기반의 광원이거나 또는 싱크로트론 방사(synchrotron radiation) 광원일 수 있다. 여기서, 플라즈마 기반의 광원은 플라즈마를 생성하고 플라즈마에 의해 방출된 광을 이용하는 방식의 광원을 의미하며, 레이저 생성 플라즈마(Laser-Produced Plasma: LPP) 광원, 또는 방전 생성 플라즈마(Discharge-Produced Plasma: DPP) 광원 등을 포함할 수 있다.
- [0014] 본 실시예의 EUV 노광 장치(100)에서, EUV 광원(110)은, 예컨대, 플라즈마 기반의 광원일 수 있다. 물론, 본 실시예의 EUV 노광 장치(100)에서, EUV 광원(110)이 플라즈마 기반 광원에 한정되는 것은 아니다. 한편, 플라즈마 기반의 광원의 경우, 제1 광학계(120)로 입사되는 조명용 광의 에너지 밀도를 증가시키기 위하여, EUV 광을 집중시키는 타원 미러 및/또는 구형 미러 등의 집광 미러를 포함할 수 있다.
- [0015] 제1 광학계(120)는 복수 개의 미러들을 포함할 수 있다. 예컨대, 본 실시예의 EUV 노광 장치(100)에서, 제1 광학계(120)는 2개 또는 3개의 미러를 포함할 수 있다. 그러나 제1 광학계(120)의 미러의 개수가 2개 또는 3개에 한정되는 것은 아니다. 제1 광학계(120)는 EUV 광원(110)으로부터의 EUV 광(L1)을 EUV 마스크(M)로 전달할 수 있다. 예컨대, EUV 광원(110)으로부터의 EUV 광(L1)은 제1 광학계(120) 내의 미러들에 의한 반사를 통해 마스크 스테이지(140) 상에 배치된 EUV 마스크(M)로 입사될 수 있다. 한편, 제1 광학계(120)는 EUV 광(L1)을 곡선 슬릿(curved slit) 형태로 만들어 EUV 마스크(M)로 입사시킬 수 있다. 여기서, EUV 광의 곡선 슬릿 형태는 x-y 평면

상에서 포물선 형태의 2차원 곡선을 의미할 수 있다. EUV 광의 곡선 슬릿 형태 및 그에 따른 효과에 대하여, 도 7a 내지 도 7d의 설명 부분에서 좀더 상세히 설명한다.

- [0016] EUV 마스크(M)는 반사 영역과 비반사 및/또는 중간 반사 영역을 구비한 반사형 마스크일 수 있다. EUV 마스크(M)는 퀴츠(quartz)와 같은 낮은 열팽창률 물질(Low Thermal Expansion Coefficient Material: LTEM)로 형성된 기판 상에 EUV를 반사하기 위한 반사 다층막과 반사 다층막 상에 형성된 흡수층 패턴을 포함할 수 있다. 반사 다층막은, 예컨대, 몰리브덴막(Mo layer)과 실리콘막(Si layer)이 번갈아 수십 층 이상으로 적층된 구조를 가질 수 있다. 한편, 흡수층은 예컨대, TaN, TaNO, TaBO, Ni, Au, Ag, C, Te, Pt, Pd, Cr 등으로 형성될 수 있다. 그러나 반사 다층막의 물질과, 흡수층의 물질이 전술한 물질들에 한정되는 것은 아니다. 여기서, 흡수층 부분은 앞서 비반사 및/또는 중간 반사 영역에 대응할 수 있다.
- [0017] EUV 마스크(M)는 제1 광학계(120)를 통해 입사된 EUV 광(L1)을 반사하여 제2 광학계(130)로 입사시킨다. 좀더 구체적으로, EUV 마스크(M)는 제1 광학계(120)로부터의 EUV 광을 반사하되, 기판 상의 반사 다층막과 흡수층으로 구성된 패턴 형태에 따라 EUV 광을 구조화하여 제2 광학계(130)로 입사시킨다. EUV 광은 EUV 마스크(M) 상의 패턴에 기초하여 적어도 2차의 회절 광을 포함하여 구조화될 수 있다. 구조화된 EUV 광은 EUV 마스크(M) 상의 패턴 형태의 정보를 보유하면서 제2 광학계(130)로 입사되고, 제2 광학계(130)를 통해 전달되어 상기 패턴 형태에 대응하는 이미지가 형성되도록 EUV 노광 대상(W) 상에 투사될 수 있다. 여기서, EUV 노광 대상(W)은 실리콘과 같은 반도체 물질을 포함하는 기판, 예컨대, 웨이퍼일 수 있다. 이하, 특별히 구별하지 않는 한, EUV 노광 대상(W)과 웨이퍼는 동일한 개념으로 사용한다.
- [0018] 제2 광학계(130)는 복수 개의 미러를 포함할 수 있다. 도 1에서, 제2 광학계(130)가 2개의 미러, 즉, 제1 미러(132)와 제2 미러(134)를 포함하는 것으로 도시되고 있지만, 이는 도시의 편의를 위한 것으로, 제2 광학계(130)는 더 많은 미러를 포함할 수 있다. 예컨대, 본 실시예의 EUV 노광 장치(100)에서, 제2 광학계(130)는 4개 내지 8개의 미러를 포함할 수 있다. 그러나 제2 광학계(130)의 미러의 개수가 4개 내지 8개에 한정되는 것은 아니다.
- [0019] 전술한 바와 같이, 제2 광학계(130)는 EUV 마스크(M)에서 반사된 EUV 광을 미러들의 반사를 통해 EUV 노광 대상(W)으로 전달할 수 있다. 또한, 제2 광학계(130)는 EUV 노광 대상(W)의 상면 상에 EUV 광이 소정 경사를 가지고 입사되도록 할 수 있다. 예컨대, 제2 광학계(130)는 EUV 광이 6° 정도의 입사각을 EUV 노광 대상(W)의 상면 상에 입사되도록 할 수 있다.
- [0020] 마스크 스테이지(140) 상에는 EUV 마스크(M)가 배치될 수 있다. 마스크 스테이지(140)는 x-y 평면 상에서 x 방향과 y 방향으로 이동할 수 있고, x-y 평면에 수직인 z 방향으로 이동할 수 있다. 또한, 마스크 스테이지(140)는 z축을 기준으로 x-y 평면 상에서 회전하거나, x-y 평면 상의 어느 한 축, 예컨대 x축 또는 y축을 기준으로 하여 y-z 평면 또는 x-z 평면 상에서 회전할 수 있다. 이러한 마스크 스테이지(140)의 이동에 의해, EUV 마스크(M)는 x 방향, y 방향, 또는 z 방향으로 이동할 수 있고, 또한, x축, y축, 또는 z축을 기준으로 회전할 수 있다.
- [0021] 웨이퍼 스테이지(150) 상에는 EUV 노광 대상(W), 예컨대 웨이퍼가 배치될 수 있다. 웨이퍼 스테이지(150)는 x-y 평면 상에서 x 방향과 y 방향으로 이동할 수 있고, x-y 평면에 수직인 z 방향으로 이동할 수 있다. 또한, 웨이퍼 스테이지(150)는 z축을 기준으로 x-y 평면 상에서 회전하거나, x-y 평면 상의 어느 한 축, 예컨대 x축 또는 y축을 기준으로 하여 y-z 평면 또는 x-z 평면 상에서 회전할 수 있다. 이러한 웨이퍼 스테이지(150)의 이동에 의해, EUV 노광 대상(W)은 x 방향, y 방향, 또는 z 방향으로 이동할 수 있고, 또한, x축, y축, 또는 z축을 기준으로 회전할 수 있다.
- [0022] 제어부(160)는 마스크 스테이지(140)와 웨이퍼 스테이지(150)를 제어할 수 있다. 제어부(160)에 대해서는, 이하에서 도 2를 참조하여 좀더 구체적으로 설명한다.
- [0023] 측정 장치(180)는 웨이퍼 상의 패턴들에 대한 CD나 오버레이 에러를 측정할 수 있다. 측정 장치(180)는 광학 현미경이나, 또는 SEM(Scanning Electron Microcopy)이나 TEM(Transmission Electron Microcopy)과 같은 전자 현미경을 포함할 수 있다. 또한, 측정 장치(180)는 측정 방법으로서 영상 타원편광법(Imaging Ellipsometry: IE) 또는 분광 영상 타원편광법(Spectroscopic Imaging Ellipsometry: SIE) 등의 타원편광법을 이용할 수 있다. 물론, 측정 장치(180)의 측정 방법이 타원편광법에 한정되는 것은 아니다.
- [0024] 본 실시예에서, EUV 노광 장치(100)가 측정 장치(180)를 포함하나, 실시예에 따라, 측정 장치(180)가 EUV 노광 장치(100)와는 별개의 장치로 구현될 수도 있다. 한편, 측정 장치(180)를 통한 웨이퍼 상의 패턴들에 대한 CD나

오버레이 에러에 대한 측정은 ADI(After Development Inspection) 및 ACI(After Cleaning Inspection)로서 이루어질 수 있다.

- [0025] 도 2를 참조하여 제어부(160)를 좀더 구체적으로 설명하면, 제어부(160)는 마스크 스테이지 컨트롤러(162), 웨이퍼 스테이지 컨트롤러(164), 메인 컨트롤러(166), 및 데이터 획득부(168)를 포함할 수 있다.
- [0026] 마스크 스테이지 컨트롤러(162)는 마스크 스테이지(140)의 이동을 제어할 수 있다. 여기서, 마스크 스테이지(140)의 이동은 x 방향, y 방향, 또는 z 방향으로의 이동과, x축, y축, 또는 z축을 기준으로 한 회전을 포함할 수 있다.
- [0027] 웨이퍼 스테이지 컨트롤러(164)는 웨이퍼 스테이지(150)의 이동을 제어할 수 있다. 웨이퍼 스테이지(150)의 이동 역시 x 방향, y 방향, 또는 z 방향으로의 이동과, x축, y축, 또는 z축을 기준으로 한 회전을 포함할 수 있다.
- [0028] 메인 컨트롤러(166)는 얼라인먼트 컨트롤러(166a)와 피드백부(166b)를 포함할 수 있다. 얼라인먼트 컨트롤러(166a)는 오버레이 에러의 파라미터들의 보정 값을 계산할 수 있다. 오버레이 에러의 파라미터들의 보정 값은 오버레이 에러의 파라미터들에 대한 데이터, 및 오버레이 에러의 파라미터들 간의 상관관계에 기초하여 계산할 수 있다. 여기서, 오버레이 에러의 파라미터들은, EUV 노광 대상(W), 예컨대 웨이퍼 상의 층들 간의 오버레이 에러에 관련된 파라미터들을 의미할 수 있다. 이하, 오버레이 에러의 파라미터를 간단히 '오버레이 파라미터'라 한다.
- [0029] 참고로, 오버레이 에러는 하부 층(under layer)과 상부 층(upper layer)에 해당하는 현재 층(current layer)과의 오버랩(overlap)의 차이를 의미할 수 있다. 일반적으로, 상부 층의 노광 공정 시에 하부 층의 오버레이 마크(overlay mark) 등에 기초하여 최대한 하부 층에 맞춰 샷(shot)을 함으로써, 오버레이 에러를 최소화한다. 오버레이 에러가 큰 경우, 다시 말해서, 하부 층과 현재 층 간의 상대적인 위치 차이가 큰 경우, 실제로 반도체 소자의 성능에 악영향을 미칠 수 있다.
- [0030] 본 실시예의 EUV 노광 장치(100)에서, 예컨대, 얼라인먼트 컨트롤러(166a)는 제1 오버레이 파라미터와 제2 오버레이 파라미터 간의 상관관계에 기초하여, 제1 오버레이 파라미터에 대한 데이터로부터 제2 오버레이 파라미터의 보정 값을 계산할 수 있다. 여기서, 제1 오버레이 파라미터는 오버레이 파라미터들 중 RK13 파라미터이고, 제2 오버레이 파라미터는 오버레이 파라미터들 중 RK12 파라미터일 수 있다. 웨이퍼 상의 층들 간의 오버레이 에러의 파라미터들, 즉, 오버레이 파라미터들에 대해서는 도 3a 내지 도 6b의 설명 부분에서 좀더 상세히 설명한다.
- [0031] 피드백부(166b)는 계산된 오버레이 파라미터들의 보정 값을 마스크 스테이지 컨트롤러(162) 및/또는 웨이퍼 스테이지 컨트롤러(164)로 피드백할 수 있다. 마스크 스테이지 컨트롤러(162) 및/또는 웨이퍼 스테이지 컨트롤러(164)는 오버레이 파라미터들의 보정 값에 기초하여 마스크 스테이지(140) 및/또는 웨이퍼 스테이지(150)의 이동을 제어할 수 있다. 구체적인 예로, 피드백부(166b)는 계산된 제2 오버레이 파라미터, 즉 RK12 파라미터의 보정 값을 마스크 스테이지 컨트롤러(162)로 피드백하고, 마스크 스테이지 컨트롤러(162)는 제2 오버레이 파라미터의 보정 값에 기초하여, x축을 기준으로 한 마스크 스테이지(140)의 회전을 제어할 수 있다.
- [0032] 메인 컨트롤러(166)는 마스크 스테이지 컨트롤러(162) 및 웨이퍼 스테이지 컨트롤러(164)를 전체적으로 제어할 수 있다. 예컨대, 메인 컨트롤러(166)는 노광 공정 시에 마스크 스테이지(140)와 웨이퍼 스테이지(150)가 스캔 방향을 따라 동기되도록 마스크 스테이지 컨트롤러(162) 및 웨이퍼 스테이지 컨트롤러(164)를 제어할 수 있다.
- [0033] 또한, 도 2에 도시하지 않았지만, 메인 컨트롤러(166)는 EUV 노광 공정에서의 제어를 위한 다양한 구성요소들을 더 포함할 수 있다. 예컨대, 메인 컨트롤러(166)는 초점 컨트롤러, 데이터 저장부, 노광 처리부 등을 포함할 수 있다.
- [0034] 초점 컨트롤러는 측정된 포커스 읍셋과 요구되는 포커스 읍셋을 비교하여 포커스 보정 값을 구하고, 포커스 보정 값을 피드백부(166b)를 통해 웨이퍼 스테이지 컨트롤러(164)로 전달하여 웨이퍼 스테이지 컨트롤러(164)가 웨이퍼 스테이지(150)의 z 방향 등으로 이동을 제어하도록 한다. 데이터 저장부는 얼라인먼트 컨트롤러(166a)나 초점 컨트롤러를 통해 구한 오버레이 파라미터들의 보정 값, 오버레이 파라미터들 간의 상관관계, 포커스 보정 값 등에 대한 데이터를 저장할 수 있다. 얼라인먼트 컨트롤러(166a)나 초점 컨트롤러 등을 통해 마스크 스테이지(140)와 웨이퍼 스테이지(150)의 이동이 제어된 후, 노광 처리부는 메인 컨트롤러(166)를 통해 스캔 방향으로 마스크 스테이지(140)와 웨이퍼 스테이지(150)를 동기화하면서 노광 공정을 수행할 수 있다.

- [0035] 한편, 측정 장치(180)가 EUV 노광 장치(100)에 포함된 경우, 메인 컨트롤러(166)는 측정 컨트롤러를 더 포함할 수 있다. 측정 컨트롤러는 측정 장치(180)를 제어하여, 요구되는 오버레이 파라미터들에 관련된 데이터를 측정할 수 있도록 한다.
- [0036] 데이터 획득부(168)는, 측정 장치(180)를 통해 오버레이 파라미터들에 대한 데이터를 획득하여 메인 컨트롤러(166)로 전달할 수 있다. 구체적으로, 측정 장치(180)에서 웨이퍼 상의 패턴들에 대한 오버레이 에러가 측정되고, 데이터 획득부(168)는 측정 장치(180)로부터 오버레이 에러에 대한 데이터를 전달 받을 수 있다. 결과적으로, 데이터 획득부(168)는, 측정 장치(180)로부터 요구되는 오버레이 파라미터들에 대한 데이터를 획득하여 메인 컨트롤러(166)로 전달할 수 있다. 본 실시예의 EUV 노광 장치(100)에서, 데이터 획득부(168)는, 예컨대, 측정 장치(180)를 통해 제1 오버레이 파라미터, 즉 RK13 파라미터에 대한 데이터를 획득하여, 메인 컨트롤러(166)의 얼라인먼트 컨트롤러(166a)로 전달할 수 있다. 물론, 데이터 획득부(168)에서 획득하는 오버레이 파라미터에 대한 데이터가 RK13 파라미터에 대한 데이터에 한정되는 것은 아니다.
- [0037] 본 실시예의 EUV 노광 장치(100)는 제2 오버레이 파라미터의 보정을 함으로써, 상관관계에 있는 제1 오버레이 파라미터를 보정할 수 있고, 그에 따라, EUV 노광 공정에서 오버레이 에러를 크게 개선할 수 있다. 여기서, 제1 오버레이 파라미터는, K13 파라미터에 해당하고, 제2 오버레이 파라미터는 K12 파라미터에 해당할 수 있다. K13 파라미터는 EUV 노광 장치(100)의 물리적인 작동(actuation)을 통해 보정할 수 없는 오버레이 파라미터에 해당할 수 있다. 한편, 물리적인 작동은 오버레이 에러를 보정하기 위해, 스캐너, 즉 노광 장치에서의 물리적인 동작을 의미할 수 있다. 예컨대, 물리적인 작동은 광학계 내의 렌즈나 미러에 압력이나 경사(tilt)를 주거나, 또는 렌즈나 미러를 빠르게 이동시키는 방법, 마스크 스테이지(140)를 통해 마스크를 이동시키거나 웨이퍼 스테이지(150)를 통해 EUV 노광 대상(W)노광 대상을 이동시키는 방법, EUV 노광 대상(W)을 가열하는 방법 등 다양한 방법 등을 포함할 수 있다. 한편, 오버레이 파라미터들이 레티클(reticle), 즉 마스크에 대한 물리적 작동에 관련된 경우, 파라미터의 기호에 R이란 단어가 추가될 수 있다. 예컨대, K12 파라미터와 K13 파라미터가 마스크에 대한 물리적 작동에 관련되는 경우, RK12 파라미터와 RK13 파라미터로 명명될 수 있다.
- [0038] 참고로, 오버레이 파라미터들은 다양하게 구별될 수 있는데, 특히, 오버레이 파라미터들 중 일부 파라미터는 EUV 스캐너 또는 EUV 노광 장치의 하드웨어적인 한계로 인해 보정이 불가능하다. 예컨대, 오버레이 파라미터들 중 RK13 파라미터는 스캔 방향의 수직인 x 방향으로 3차 함수 모양의 오버레이 왜곡(overlay distortion)을 의미한다. 이러한 RK13 파라미터는 기존의 ArFi 스캐너에서는 물리적 작동을 통해 보정할 수 있다. 그러나 하드웨어 구조가 ArFi 스캐너와 다른 EUV 스캐너의 경우, 제어 한계로 인해 K13 파라미터에 대해서는 물리적 작동을 통해 보정을 할 수 없다. 따라서, EUV 노광 공정에서, 오버레이 파라미터들 중 RK13 파라미터는 보정이 불가능한 파라미터로 분류되고 있다. 오버레이 파라미터들의 종류에 대해서는 도 4a 내지 도 4c의 설명 부분에서 좀더 상세히 설명한다.
- [0039] 도 3a 및 도 3b는 오버레이 에러를 설명하기 위한 단면도들이다.
- [0040] 도 3a 및 도 3b를 참조하면, 오버레이 에러는 하부 층인 제1 층(210) 상에 형성된 제1 오버레이 마크(OM1)와 상부 층인 제2 층(220) 상에 형성된 제2 오버레이 마크(OM2)를 측정하고, 위치에 대한 상대적인 차이를 계산함으로써 산출될 수 있다. 한편, 제1 오버레이 마크(OM1)는 제1 층(210) 상에 패턴이 형성될 때 함께 형성되고, 또한, 제2 오버레이 마크(OM2)는 제2 층(220) 상에 패턴이 형성될 때 함께 형성될 수 있다. 오버레이 마크는 박스 패턴 형태 또는 바아(bar) 패턴 형태로 형성되고 웨이퍼의 스크라이브 라인(scribe lane)에 형성될 수 있다. 그러나 오버레이 마크의 형태나 위치가 그에 한정되는 것은 아니다.
- [0041] 도 3b는 반도체 기판(201) 상에 형성된 반도체 소자를 보여주고 있다. 구체적으로, 반도체 기판(201) 상에 소스/드레인 영역(202)과 게이트 전극(210g)을 구비한 트랜지스터(TR)가 형성되고, 또한, 게이트 전극(210g)으로 연결되는 수직 콘택(220c)이 형성될 수 있다. 게이트 전극(210g)은 하부 층인 제1 층(210)에 형성된 패턴에 해당하고, 수직 콘택(220c)은 상부 층인 제2 층(220)에 형성된 패턴에 해당할 수 있다. 오버레이 에러가 없는 경우, 제1 방향(x 방향)으로 게이트 전극(210g)의 중심 부분에 수직 콘택(220c)이 배치될 수 있다. 그러나 도 3b에 도시된 바와 같이, 다양한 원인에 기인하여 게이트 전극(210g)과 수직 콘택(220c)은 제1 방향(x 방향)으로 제1 오버레이 에러(OE1)를 가질 수 있다. 이러한 제1 오버레이 에러(OE1)가 큰 경우, 수직 콘택(220c)은 게이트 전극(210g)을 벗어나 소스/드레인 영역(202)으로 연결되거나, 또는 수직 콘택(220c)이 게이트 전극(210g)의 일부분에만 오버랩되어, 게이트 전극(210g)과 소스/드레인 영역(202)에 함께 연결될 수도 있다. 이러한 제1 오버레이 에러(OE1)를 갖는 수직 콘택(220c)의 구조는 트랜지스터(TR)의 오픈 불량 및/또는 쇼트 불량과 같은 심각한 에러를 야기할 수 있다.

- [0042] 도 4a 내지 도 4c는 오버레이 에러의 파라미터들, 즉 오버레이 파라미터들을 설명하기 위한 개념도들이다.
- [0043] 도 4a를 참조하면, 오버레이 파라미터들 중 1차(1st order) 파라미터에 해당하는 선형(linear) 파라미터들을 예시하고 있다. 구체적으로, 왼쪽 위쪽의 K1 파라미터는 제1 방향(x 방향)의 한쪽으로 일정한 크기로 발생한 오버레이 에러에 관련된 파라미터이고, K2 파라미터는 제2 방향(y 방향)의 한쪽으로 일정한 크기로 발생한 오버레이 에러에 관련된 파라미터를 의미할 수 있다. 제1 방향(x 방향)의 오버레이 에러를 dx라고 하고, 제2 방향(y 방향)의 오버레이 에러를 dy라고 할 때, K1 파라미터는, $dx = k1$ 의 형태로 나타나고, K2 파라미터는, $dy = k2$ 의 형태로 나타날 수 있다. 여기서, 제2 방향(y 방향)은 EUV 노광 공정에서 스캔 방향에 해당하고, 제1 방향(x 방향)은 제2 방향(y 방향)에 수직한 방향일 수 있다. 한편, 제1 방향(x 방향)은 곡선 슬릿 형태의 EUV 광에서 곡선 슬릿이 연장하는 방향에 어느 정도 대응할 수 있다.
- [0044] 한편, 왼쪽 아래쪽의 K3 파라미터는 제1 방향(x 방향)의 양쪽으로, 위치에 비례하는 크기로 발생한 오버레이 에러에 관련된 파라미터이고, 오른쪽 아래쪽의 K4 파라미터는 제2 방향(y 방향)의 양쪽으로 위치에 비례하는 크기로 발생한 오버레이 에러에 관련된 파라미터를 의미할 수 있다. 그에 따라, K3 파라미터는, $dx = k3*x$ 의 형태로 나타나고, K4 파라미터는, $dy = k4*y$ 의 형태로 나타날 수 있다.
- [0045] K1 내지 K4 파라미터 이외의 선형 파라미터들로 $dx = k5*y$ 로 나타나는 K5 파라미터와 $dy = k5*x$ 로 나타나는 K6 파라미터가 더 있을 수 있다.
- [0046] 도 4b를 참조하면, 오버레이 파라미터들 중 2차(2nd order) 파라미터에 해당하는 파라미터들을 예시하고 있다. 구체적으로, 왼쪽의 K7 파라미터는 제1 방향(x 방향)의 양쪽으로, 위치의 제곱에 비례하는 크기로 발생한 오버레이 에러에 관련된 파라미터이고, 중앙의 K8 파라미터는 제2 방향(y 방향)의 양쪽으로 위치의 제곱에 비례하는 크기로 발생한 오버레이 에러에 관련된 파라미터를 의미할 수 있다. 또한, 오른쪽의 K12 파라미터는 제1 방향(x 방향)의 양쪽으로 위치의 제곱에 비례하는 크기로 제2 방향(y 방향)으로 발생한 오버레이 에러에 관련된 파라미터를 의미할 수 있다. 그에 따라, K7 파라미터는, $dx = k7*x^2$ 의 형태로 나타나고, K8 파라미터는, $dy = k8*y^2$ 의 형태로 나타나며, $dy = k12*x^2$ 의 형태로 나타날 수 있다.
- [0047] K7, K8, K12 파라미터 이외의 2차 파라미터들로 $dx = k9*x*y$ 로 나타나는 K9 파라미터, $dy = k10*y*x$ 로 나타나는 K10 파라미터, $dx = k11*y^2$ 로 나타나는 K11 파라미터가 더 있을 수 있다.
- [0048] 도 4c를 참조하면, 오버레이 파라미터들 중 3차(3rd order) 파라미터에 해당하는 파라미터들을 예시하고 있다. 구체적으로, 왼쪽의 K13 파라미터는 제1 방향(x 방향)의 양쪽으로, 위치의 세제곱에 비례하는 크기로 발생한 오버레이 에러에 관련된 파라미터이고, 오른쪽의 K14 파라미터는 제2 방향(y 방향)의 양쪽으로 위치의 세제곱에 비례하는 크기로 발생한 오버레이 에러에 관련된 파라미터를 의미할 수 있다. 그에 따라, K13 파라미터는, $dx = k13*x^3$ 의 형태로 나타나고, K14 파라미터는, $dy = k14*y^3$ 의 형태로 나타날 수 있다.
- [0049] K13 및 K14 파라미터 이외의 3차 파라미터들로 $dx = k15*x^2*y$ 로 나타나는 K15 파라미터, $dy = k16*y^2*x$ 로 나타나는 K16 파라미터, $dx = k17*x*y^2$ 로 나타나는 K17 파라미터, $dy = k18*y*x^2$ 로 나타나는 K18 파라미터, $dx = k19*y^3$ 로 나타나는 K19 파라미터, 및 $dy = k20*x^3$ 로 나타나는 K20 파라미터가 더 있을 수 있다.
- [0050] 한편, ArFi 노광 장치에서, 모든 오버레이 파라미터들은 물리적인 작동에 의해 보정할 수 있다. 한편, EUV 노광 장치에서도 대부분의 오버레이 파라미터들은 ArFi 노광 장치와 유사하게 물리적인 작동을 통해 보정할 수 있다. 그러나 EUV 노광 장치에서, K13 파라미터의 경우는, 진술한 바와 같이, EUV 노광 장치와 ArFi 노광 장치의 하드웨어적인 차이에 기인하여 물리적인 작동을 통해서 보정이 거의 불가능하다.
- [0051] 도 5a 및 도 5b는 오버레이 에러의 RK12 파라미터를 설명하기 위한 벡터 표시도 및 그래프이다. 도 5b의 그래프에서 x 축은 위치(Pos.)를 나타내고, y축은 오버레이 에러(Err)를 나타내고 단위는 상대적인 크기만을 보여주는 임의의 단위(arbitrary unit: a.u.)이다.
- [0052] 도 5a 및 도 5b를 참조하면, 도 5a에서 벡터(50)의 크기와 방향은 오버레이 에러의 크기와 방향을 의미할 수 있다. 그에 따라, 제1 방향(x 방향)으로 중심에서 멀어질수록 RK12 파라미터에 관련한 오버레이 에러의 크기가 제2 방향(y 방향)으로 커짐을 알 수 있다. 또한, RK12 파라미터에 관련한 오버레이 에러의 크기는 제1 방향(x 방향)의 위치에 대해 제2 방향(y 방향)으로 2차원적으로 커질 수 있다. 즉, RK12 파라미터에 관련된 제2 방향(y 방향)으로의 오버레이 에러의 크기는 제1 방향(x 방향)의 위치의 제곱에 비례하여 커질 수 있다.

- [0053] 도 5b는 RK12 파라미터에 관련한 오버레이 에러의 크기가 위치에 대해 2차원적으로 커지는 것을 그래프 형태로 보여준다. 참고로, 도 5a의 직사각형(S)은 노광 공정에서, 하나의 샷에 대응하는 형태일 수 있다. 따라서, 하나의 샷 내에서 양쪽 변에 해당하는 부분에서 제2 방향(y 방향)으로의 오버레이 에러가 최대가 되고, 인접하는 다음 샷들에서 오버레이 에러의 형태는 실질적으로 동일한 형태로 반복될 수 있다.
- [0054] 도 6a 및 도 6b는 오버레이 에러의 RK13 파라미터를 설명하기 위한 벡터 표시도 및 그래프이다. 도 6b의 그래프에서 x 축은 위치(Pos.)를 나타내고, y축은 오버레이 에러(Err)를 나타내고 단위는 상대적인 크기만을 보여주는 임의 단위이다.
- [0055] 도 6a 및 도 6b를 참조하면, 도 6a에서 벡터(55)의 크기와 방향은 오버레이 에러의 크기와 방향을 의미할 수 있다. 그에 따라, 제1 방향(x 방향)으로 중심에서 멀어질수록 RK13 파라미터에 관련한 오버레이 에러의 크기가 커짐을 알 수 있다. 또한, RK13 파라미터에 관련한 오버레이 에러의 크기는 제1 방향(x 방향)의 위치에 대해 제1 방향(x 방향)으로 3차원적으로 커질 수 있다. 즉, RK13 파라미터에 관련된 제1 방향(x 방향)으로의 오버레이 에러의 크기는 제1 방향(x 방향)의 위치의 세제곱에 비례하여 커질 수 있다.
- [0056] 도 6b는 RK13 파라미터에 관련한 오버레이 에러의 크기가 위치에 대해 3차원적으로 커지는 것을 그래프 형태로 보여준다. 도 5a 및 도 5b의 설명 부분에서 설명한 바와 같이, 도 6a의 직사각형(S)은 노광 공정에서, 하나의 샷에 대응하는 형태일 수 있고, 하나의 샷 내에서 양쪽 변에 해당하는 부분에서 오버레이 에러가 최대가 될 수 있다. 또한, 인접하는 다음 샷들에서 실질적으로 동일한 형태로 반복될 수 있다.
- [0057] 도 7a 내지 도 7d는 본 발명의 일 실시예에 따른 EUV 노광 장치를 이용하여 오버레이 에러의 RK13 파라미터를 보정하는 원리를 설명하기 위한 그래프들이다. 도 1 및 도 2를 함께 참조하여 설명하고, 도 1 및 도 2의 설명 부분에서 이미 설명한 내용은 간단히 설명하거나 생략한다.
- [0058] 도 7a 내지 도 7d를 참조하면, 도 7a는 앞서 도 5b와 도 6b의 그래프를 좀더 단순화한 그래프로서, 각각 RK12 파라미터와 RK13 파라미터에 관련된 오버레이 에러를 보여주는 그래프이다. 한편, 도 7b는 x-y-z 3차원 공간에서의 곡선 슬릿 형태의 EUV 광을 보여주고 있다. 여기서, 제2 방향(y 방향)은 EUV 노광 공정에서의 스캔 방향이고, 제1 방향(x 방향)은 제2 방향(y 방향)에 수직하는 방향이다. 또한, 제3 방향(z 방향)은 EUV 노광 대상(W)의 상면의 법선 방향에 해당하며, x-y 평면에 수직한 방향일 수 있다.
- [0059] 한편, x-y 평면은 흡수층 패턴이 형성된 EUV 마스크(M)의 하면에 대응할 수 있다. 그에 따라, EUV 광원(110)으로부터의 EUV 광은 제1 광학계(120)를 거쳐 곡선 슬릿 형태로 EUV 마스크(M)의 하면, 즉, 도 7b의 x-y 평면 상의 해칭된 부분에 입사될 수 있다. 그에 따라, 해칭된 부분에 도시된 곡선 슬릿 형태가 EUV 광(Le)에 해당할 수 있다.
- [0060] 일반적으로 RK12 파라미터에 관련된 오버레이 에러를 보정(이하, 간단하게 'RK12 파라미터 보정'이라 한다)하기 위해서, 곡선의 화살표로 도시된 바와 같이, x축을 기준으로 하여 EUV 마스크(M)를 회전하는 방법이 이용될 수 있다. 좀더 정확하게 얘기하면, EUV 마스크(M)가 배치된 마스크 스테이지(140)를 마스크 스테이지 컨트롤러(162)를 통해 회전하여 EUV 마스크(M)를 회전시킴으로써, RK12 파라미터에 관련된 오버레이 에러를 보정할 수 있다.
- [0061] 그러나 EUV 노광 장치(100)의 비-텔리센트리시티(non-telecentricity) 특성, 및 EUV 마스크(M) 상에 입사하는 곡선 슬릿 형태의 EUV 광에 기인하여, x축을 기준으로 한 회전에서, EUV 광의 제3 방향(z 방향)의 성분에 변화가 생길 경우, 제2 방향(y 방향)의 성분뿐만 아니라 제1 방향(x 방향)의 성분도 변화가 발생하게 된다. 도 7c는 그러한 과정을 보여주는 그래프로서, x축을 기준으로 하여 EUV 마스크(M)를 회전시킬 때, 곡선 슬릿 형태의 EUV 광의 제1 방향(x 방향)과 제2 방향(y 방향)의 성분이 동시에 변화됨은 보여주고 있다. 도 7c에서, x축을 기준으로 한 EUV 마스크(M)를 회전을 통해, 곡선 슬릿 형태의 EUV 광이 y 방향으로 중심 부분이 낮아지고 외곽 양쪽 부분이 위로 올라가는 형태로 변경되고 있는데, 실시예에 따라, 반대 형태로 변경될 수도 있다. 예, x축을 기준으로 한 EUV 마스크(M)를 회전을 통해, 곡선 슬릿 형태의 EUV 광이 y 방향으로 중심 부분이 높아지고 외곽 양쪽 부분이 아래로 내려가는 형태로 변경될 수도 있다.
- [0062] 결국, RK12 파라미터 보정을 위해, x축을 기준으로 하여 EUV 마스크(M)를 회전시키는 경우, 제1 방향(x 방향)에 관련된 기생 파라미터들로서 오버레이 파라미터들에 보정이 발생할 수 있다. 예컨대, RK12 파라미터 보정에 의해 기생 파라미터로서의 RK3 파라미터나 RK13 파라미터 등에 보정이 발생할 수 있다.
- [0063] 오버레이 파라미터들 간에 서로 미치는 영향 관계를 상관관계라고 할 때, RK12 파라미터와 RK13 파라미터 간의

상관관계는, x축을 기준으로 한 EUV 마스크(M)의 회전을 통한 RK12 파라미터의 보정 값과 그에 따라 발생하는 기생 파라미터인 RK13 파라미터의 보정 값 간의 비율인 1:K로 나타나고, K는 -0.25 내지 -0.45일 수 있다.

[0064] RK13 파라미터의 보정 값은 도 7d의 왼쪽 그래프와 같이 x 방향의 위치(Pos.)에 따라, 1 사분면과 3 사분면으로 에러(Err)의 절대값이 커지면, (+) 부호를 가지며, 도 7d의 오른쪽 그래프와 같이 x 방향의 위치(Pos.)에 따라 2 사분면과 4 사분면으로 에러(Err)의 절대값이 커지면, (-) 부호를 가질 수 있다. 한편, 도시하지 않았지만, RK12 파라미터의 보정 값은 아래로 볼록한 구조일 때, (+) 부호를 가지며, 위로 볼록한 구조를 가질 때, (-) 부호를 가질 수 있다.

[0065] 구체적인 예를 들어 설명하면, 하기 [표 1]과 같이, RK12 파라미터에 대해, 입력(Input)으로 x축을 기준으로 한 EUV 마스크(M)의 회전을 통해 1 정도의 보정을 수행한다고 할 때, 제1 출력(Output1)으로서 RK12 파라미터에 대한 1.02 정도의 보정이 수행될 수 있다. 이와 같이, 입력과 출력 간의 차이를 셋겟(setget) 정확도라 하는데, EUV 노광 장치에서의 스테이지를 이동시키는 액추에이터(actuator)의 문제로 인해 셋겟 정확도는 100%가 될 수는 없다.

표 1

[0067]

Input	Output1	Output2	Output3
1* $RK12$	$RK12:1.02*RK12$	$RK3:0.21*RK12$	$RK13:-0.35.02*RK12$

[0069] 한편, 제2 출력(Output1)으로서 RK3 파라미터에 대한 0.21 정도의 보정과, 제3 출력(Output3)으로서 RK13 파라미터에 대한 -0.35 정도의 보정이 발생함을 알 수 있다. 전술한 바와 같이, RK3 파라미터와 RK13 파라미터는 RK12 파라미터를 보정할 때 발생하는 기생 파라미터에 해당할 수 있다.

[0070] 참고로, x축을 기준으로 한 EUV 마스크(M)의 회전을 통해, RK12 파라미터와 RK13 파라미터 간 상관관계를 좀더 구체적인 수치를 가지고 설명하면, RK12 파라미터에 대해서 x축을 기준으로 한 EUV 마스크(M)의 회전을 통해 $1cm^2$ 당 3nm 정도의 오버레이 에러를 보정한다고 할 때, RK13 파라미터에 대해서, $1cm^2$ 당 -1nm 정도의 오버레이 에러가 보정될 수 있다.

[0071] 본 실시예의 EUV 노광 장치(100)는 RK12 파라미터와 RK13 파라미터 간의 상관관계를 이용하여, RK12 파라미터를 보정함으로써, 기생 파라미터로서의 RK13 파라미터를 보정할 수 있다. 그에 따라, 본 실시예의 EUV 노광 장치(100)는 기존에 보정 불가의 오버레이 파라미터로 분류된 RK13 파라미터를 실질적으로 보정할 수 있다. 덧붙여, RK13 파라미터는 x 방향의 오버레이 에러에 관련되고 공정 마진이 매우 작다. 따라서, RK13 파라미터를 직접 제어하여 보정하는 것은 현재의 EUV 노광 장치(100)에는 불가능하다. 그에 반해, RK12 파라미터는 y 방향의 오버레이 에러에 관련되고 공정 마진이 크다. 따라서, RK12 파라미터를 직접 제어하여 보정을 용이하게 수행할 수 있고, 또한, 그러한 공정 마진 내에서 RK12 파라미터를 보정함으로써, RK13를 간접적으로 보정할 수 있다.

[0072] 한편, RK12 파라미터 자체의 보정과 기생 파라미터인 RK13 파라미터를 간접적으로 보정하는 과정은 한 번에 이루어지지 않고 여러 번의 피드백 과정을 통해 이루어질 수 있다. 다시 말해서, RK13 파라미터를 최적으로 보정하기 위해서 여러 번의 RK12 파라미터의 보정이 수행될 수 있다.

[0073] 도 8a 및 도 8b는 본 발명의 일 실시예들에 따른 EUV 노광 장치를 이용한 오버레이 보정 방법의 과정을 개략적으로 보여주는 흐름도들이다. 도 1 및 2를 함께 참조하여 설명하고, 도 1 및 2의 설명 부분에서 이미 설명한 내용은 간단히 설명하거나 생략한다.

[0074] 도 8a를 참조하면, 본 실시예의 노광 장치를 이용한 오버레이 보정 방법(이하, 간단히 '오버레이 보정 방법'이라 한다)은, 먼저, 제1 오버레이 파라미터에 대한 데이터를 획득한다(S110). 제1 오버레이 파라미터는, 예컨대, EUV 노광 장치에서 보정 불가로 분류된 RK13 파라미터일 수 있다. 제1 오버레이 파라미터에 대한 데이터는 결국, EUV 노광 공정이 수행된 EUV 노광 대상(W), 예컨대 웨이퍼에서 RK13 파라미터에 관련된 오버레이 에러에 관련된 데이터를 의미할 수 있다. 이러한 제1 오버레이 파라미터에 대한 데이터는 측정 장치(180)를 통해 데이터 획득부(168)에서 획득할 수 있다. 한편, 제1 오버레이 파라미터에 대한 데이터는 측정 장치(180)를 통해 ADI 또는 ACI 데이터로서 획득될 수 있다.

- [0075] 다음, 제1 오버레이 파라미터와 제2 오버레이 파라미터 간의 상관관계에 기초하여 제2 오버레이 파라미터의 보정 값을 계산한다(S120). 제2 오버레이 파라미터의 보정 값은, 전술한 바와 같이, 얼라인먼트 컨트롤러(166a)에서 계산할 수 있다. 또한, 제1 오버레이 파라미터와 제2 오버레이 파라미터 간의 상관관계는, 제2 오버레이 파라미터의 보정 값과 제1 오버레이 파라미터의 보정 값 간의 비율을 의미하며, 본 실시예의 오버레이 보정 방법에서, 상관관계는 1:K로 나타나고, K는 -0.25 내지 -0.45 정도일 수 있다.
- [0076] 좀더 구체적인 예를 들어 설명하면, K가 -0.35라고 하고, 앞서 데이터 획득부(168)에서 획득한 제1 오버레이 파라미터에 대한 데이터에 기초하여, 요구되는 제1 오버레이 파라미터의 보정 값이 1이라고 하면, 상관관계에 기초하여 제2 오버레이 파라미터의 보정 값은 $1/(-0.35)=2.86$ 이 계산될 수 있다.
- [0077] 이후, 다음 랫(lot)에 대한 EUV 노광 공정을 위해, 계산된 제2 오버레이 파라미터의 보정 값을 피드백한다(S130). 여기서, 랫은 노광 공정에 대한 공정 조건들이 제어된 후, 동일 공정 조건으로 노광 공정이 수행되는 웨이퍼의 공정 수량 단위를 의미한다. 즉, 얼라인먼트 컨트롤러(166a)에서 계산된 제2 오버레이 파라미터의 보정 값은 피드백부(166b)로 전달된 후, 피드백부(166b)를 통해 마스크 스테이지 컨트롤러(162)로 피드백될 수 있다.
- [0078] 마지막으로, 다음 랫에 대한 EUV 노광 공정에서, 제2 오버레이 파라미터의 보정을 수행하고, 그에 따라, 기생 파라미터인 제1 오버레이 파라미터를 보정한다(S140). 좀더 구체적으로 설명하면, 마스크 스테이지 컨트롤러(162)가 제2 오버레이 파라미터의 보정 값에 기초하여 마스크 스테이지(140)의 이동을 제어한다. 예컨대, RK12 파라미터의 보정을 위해 마스크 스테이지 컨트롤러(162)가 제2 오버레이 파라미터의 보정 값에 기초하여 x축을 기준으로 하여 마스크 스테이지(140)의 회전을 제어한다. 이후 다음 랫에 대한 EUV 노광 공정이 수행됨으로써, 제2 오버레이 파라미터, 즉, RK12 파라미터에 대한 보정이 수행되고, 그에 따라, 기생 파라미터인 제1 오버레이 파라미터, 즉 RK13 파라미터에 대한 보정이 수행될 수 있다.
- [0079] 도 8b를 참조하면, 본 실시예의 오버레이 보정 방법은 도 8a의 오버레이 보정 방법과 유사하나 피드백의 반복을 위한 단계들을 더 포함한다는 측면에서, 도 8a의 오버레이 보정 방법과 다를 수 있다. 구체적으로, 본 실시예의 오버레이 보정 방법은 제1 오버레이 파라미터에 대한 데이터를 획득하는 단계(S110), 제 오버레이 파라미터의 보정 값을 계산하는 단계(S120), 제2 오버레이 파라미터의 보정 값을 피드백하는 단계(S130), 및 제2 오버레이 파라미터의 보정을 통해 제1 오버레이 파라미터를 보정하는 단계(S140)를 순차적으로 수행한다. 여기서, 제1 오버레이 파라미터는 RK13 파라미터일 수 있고, 제2 오버레이 파라미터는 RK12 파라미터일 수 있고, 각 단계에 대해서는 도 8a의 설명 부분에서 설명한 바와 같다.
- [0080] 이후, 제1 오버레이 파라미터의 보정이 적정한지 판단한다(S150). 다시 말해서, 제2 오버레이 파라미터의 보정을 통해 발생한 제1 오버레이 파라미터의 보정 정도가 요구되는 범위 내인지 판단한다. 한편, 제1 오버레이 파라미터의 보정이 적정한지 판단하는 단계에서, 제2 오버레이 파라미터의 보정의 적절성도 함께 판단할 수 있다.
- [0081] 제1 오버레이 파라미터의 보정이 적정한 경우(Yes), 본 실시예의 오버레이 보정 방법을 종료한다.
- [0082] 제1 오버레이 파라미터의 보정이 적정하지 않는 경우(No), 원인을 분석하고, 제2 오버레이 파라미터의 보정 값을 다시 계산한다(S160). 제2 오버레이 파라미터의 보정 값의 계산은 전술한 원인을 고려하여 제1 오버레이 파라미터와 제2 오버레이 파라미터 간의 상관관계로부터 구할 수 있다. 이후, 제2 오버레이 파라미터의 보정 값을 피드백하는 단계(S130)로 이행하여, 제1 오버레이 파라미터의 보정이 적정할 때까지 해당 단계들을 반복한다.
- [0083] 도 9a 및 도 9b는 본 발명의 일 실시예에 따른 EUV 노광 장치를 이용한 반도체 소자 제조방법의 과정을 개략적으로 보여주는 흐름도들이다. 도 1 및 도 2를 함께 참조하여 설명하고, 도 8a 및 도 8b의 설명 부분에서 이미 설명한 내용은 간단히 설명하거나 생략한다.
- [0084] 도 9a를 참조하면, 본 발명의 일 실시예의 EUV 노광 장치를 이용한 반도체 소자 제조방법(이하, 간단히 '반도체 소자 제조방법'이라 한다)은, 제1 오버레이 파라미터에 대한 데이터를 획득하는 단계(S210), 제 오버레이 파라미터의 보정 값을 계산하는 단계(S220), 및 제2 오버레이 파라미터의 보정 값을 피드백하는 단계(S230)를 순차적으로 수행한다. 여기서, 제1 오버레이 파라미터는 RK13 파라미터일 수 있고, 제2 오버레이 파라미터는 RK12 파라미터일 수 있고, 각 단계에 대해서는 도 8a의 설명 부분에서 설명한 바와 같다.
- [0085] 이후, 웨이퍼에 대한 EUV 노광 공정을 수행한다(S240). 웨이퍼에 대한 EUV 노광 공정은 EUV 광을 제1 광학계(120)를 통해 곡선 슬릿 형태로 EUV 마스크(M)에 입사시키고, EUV 마스크(M)에서 반사된 EUV 광을 제2 광학계(130)를 통해 EUV 노광 대상(W), 즉 웨이퍼에 투사하는 과정을 의미할 수 있다. 여기서, EUV 광은 웨이퍼 상의

포토리지스트(Photo-Resist: PR)에 투사될 수 있다. 또한, 웨이퍼에 대한 EUV 노광 공정은, PR에 대한 현상 공정 및 세정 공정 등을 수행하여 PR 패턴을 형성하는 것을 포함할 수 있다.

[0086] 한편, 웨이퍼에 대한 EUV 노광 공정을 수행하는 단계(S240)는 도 8a의 제2 오버레이 파라미터의 보정을 통해 제1 오버레이 파라미터를 보정하는 단계와 실질적으로 동일할 수 있다. 다만, 이후의 단계와의 연관성을 강조하기 위하여 웨이퍼에 대한 용어가 포함되도록 표현을 달리한 것이다. 그에 따라, 웨이퍼에 대한 EUV 노광 공정을 수행하는 단계(S240)는 제2 오버레이 파라미터의 보정을 통해 제1 오버레이 파라미터를 보정하는 과정을 포함할 수 있다.

[0087] 웨이퍼에 대한 EUV 노광 공정을 수행하는 단계(S240) 후에, 웨이퍼에 대한 패터닝을 수행한다(S250). 웨이퍼에 대한 패터닝은 PR 패턴을 마스크로 하여, 식각 공정을 통해, 웨이퍼 상에 패턴을 형성하는 과정을 의미할 수 있다. 웨이퍼 상의 패턴은, 결국, EUV 마스크(M)의 흡수층 패턴이 노광 공정과 식각 공정을 통해 웨이퍼로 전사된 것으로 볼 수 있다.

[0088] 이후, 웨이퍼에 대한 후속 반도체 공정을 수행한다(S260). 후속 반도체 공정은 다양한 공정들을 포함할 수 있다. 예컨대, 후속 반도체 공정은 증착 공정, 식각 공정, 이온 공정, 세정 공정 등을 포함할 수 있다. 또한, 후속 반도체 공정은 상기 웨이퍼를 각각의 반도체 칩으로 개별화하는 싱글레이션 공정, 반도체 칩들을 테스트하는 테스트 공정, 및 반도체 칩을 패키징하는 패키징 공정을 포함할 수 있다. 웨이퍼에 대한 후속 반도체 공정을 통해 반도체 소자가 완성될 수 있다.

[0089] 도 9b를 참조하면, 본 실시예의 반도체 소자 제조방법은, 도 9a의 반도체 소자 제조방법과 유사하나, 피드백의 반복을 위한 단계들을 더 포함한다는 측면에서, 도 9a의 반도체 소자 제조방법과 다를 수 있다. 구체적으로, 본 실시예의 반도체 소자 제조방법은 제1 오버레이 파라미터에 대한 데이터를 획득하는 단계(S210), 제1 오버레이 파라미터의 보정 값을 계산하는 단계(S220), 제2 오버레이 파라미터의 보정 값을 피드백하는 단계(S230), 및 웨이퍼에 대한 EUV 노광 공정을 수행하는 단계(S240)를 순차적으로 수행한다. 여기서, 제1 오버레이 파라미터는 RK13 파라미터일 수 있고, 제2 오버레이 파라미터는 RK12 파라미터일 수 있고, 각 단계에 대해서는 도 9a의 설명 부분에서 설명한 바와 같다.

[0090] 이후, 제1 오버레이 파라미터의 보정이 적절한지 판단한다(S242). 다시 말해서, 제2 오버레이 파라미터의 보정을 통해 발생한 제1 오버레이 파라미터의 보정 정도가 요구되는 범위 내인지 판단한다. 한편, 제1 오버레이 파라미터의 보정이 적절한지 판단하는 단계에서, 제2 오버레이 파라미터의 보정의 적절성도 판단할 수 있다.

[0091] 제1 오버레이 파라미터의 보정이 적절한 경우(Yes), 웨이퍼에 대한 패터닝을 수행하는 단계(S250) 및 웨이퍼에 대한 후속 반도체 공정을 수행하는 단계(S260)를 순차적으로 수행하여, 본 실시예의 반도체 소자 제조방법을 종료한다.

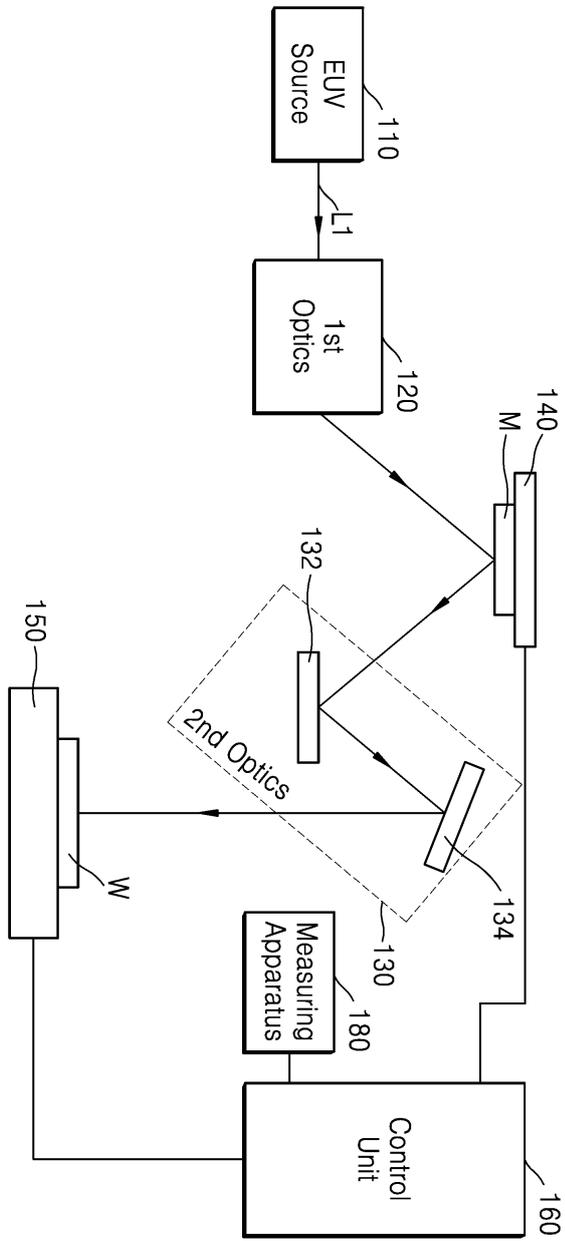
[0092] 제1 오버레이 파라미터의 보정이 적절하지 않는 경우(No), 원인을 분석하고, 제2 오버레이 파라미터의 보정 값을 다시 계산한다(S244). 제2 오버레이 파라미터의 보정 값의 계산은 전술한 원인을 고려하여 제1 오버레이 파라미터와 제2 오버레이 파라미터 간의 상관관계로부터 구할 수 있다. 이후, 제2 오버레이 파라미터의 보정 값을 피드백하는 단계(S230)로 이행하여, 제1 오버레이 파라미터의 보정이 적절할 때까지 해당 단계들을 반복한다.

[0093] 지금까지, 본 발명을 도면에 도시된 실시예를 참고로 설명하였으나 이는 예시적인 것에 불과하며, 본 기술 분야의 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 타 실시예가 가능하다는 점을 이해할 것이다. 따라서 본 발명의 진정한 기술적 보호 범위는 첨부된 특허청구범위의 기술적 사상에 의해 정해져야 할 것이다.

부호의 설명

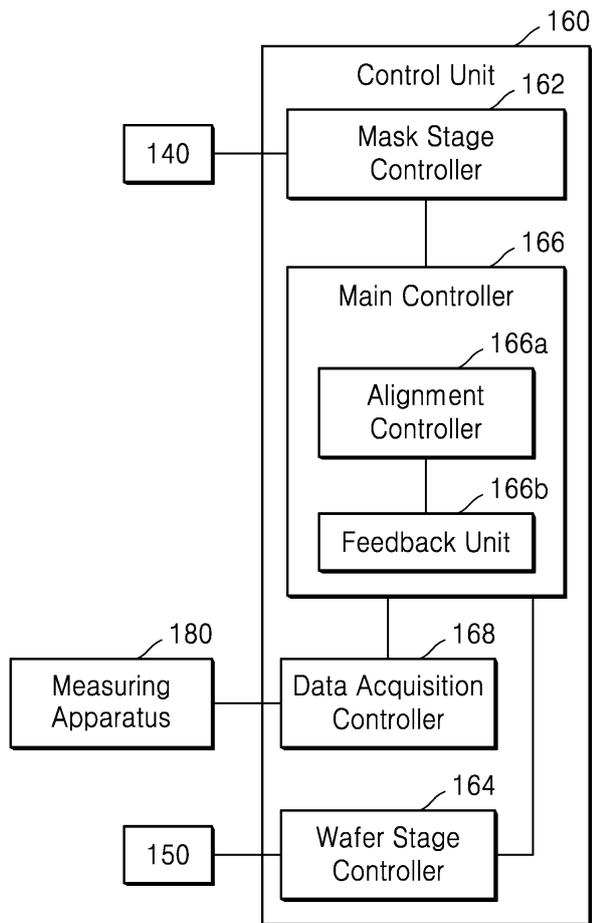
[0095] 100: EUV 노광 장치, 110: EUV 광원, 120: 제1 광학계, 130: 제2 광학계, 132, 134: 제1, 제2 미러, 140: 마스크 스테이지, 150: 웨이퍼 스테이지, 160: 제어부, 162: 마스크 스테이지 컨트롤러, 164: 웨이퍼 스테이지 컨트롤러, 166: 메인 컨트롤러, 166a: 얼라인먼트 컨트롤러, 166b: 피드백부, 168: 데이터 획득부, 180: 측정 장치

도면
도면1

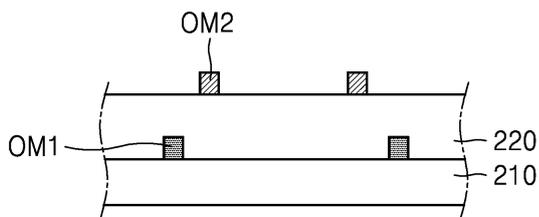


100

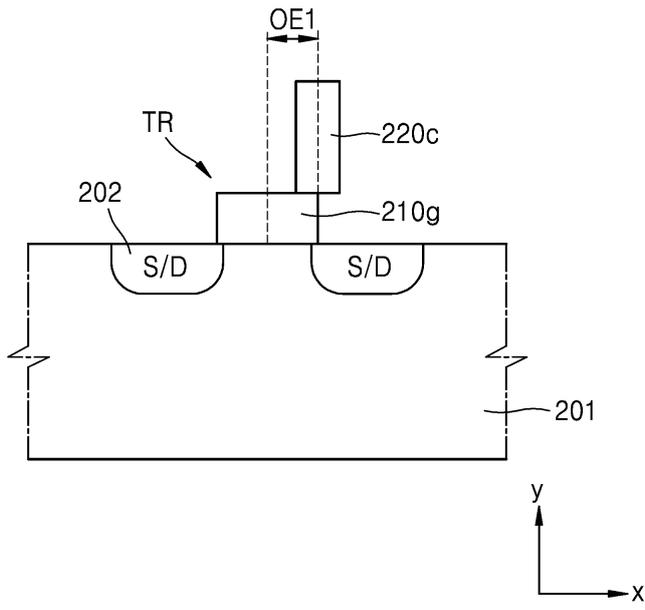
도면2



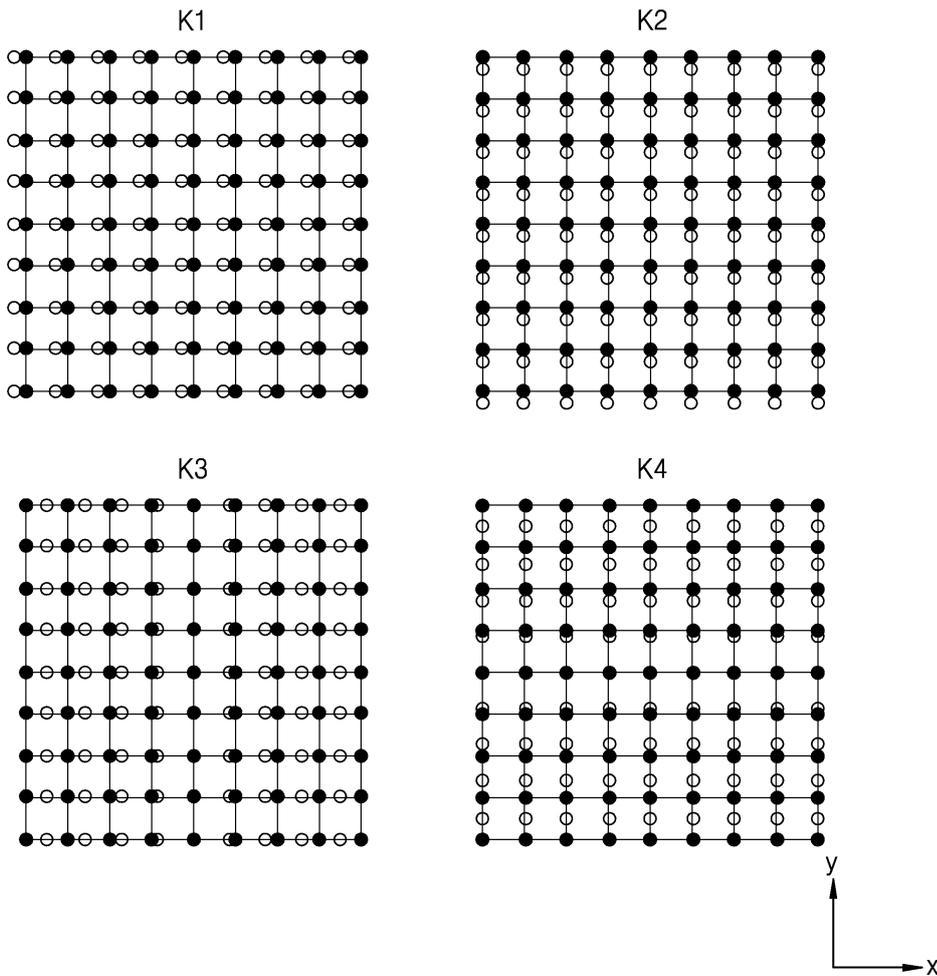
도면3a



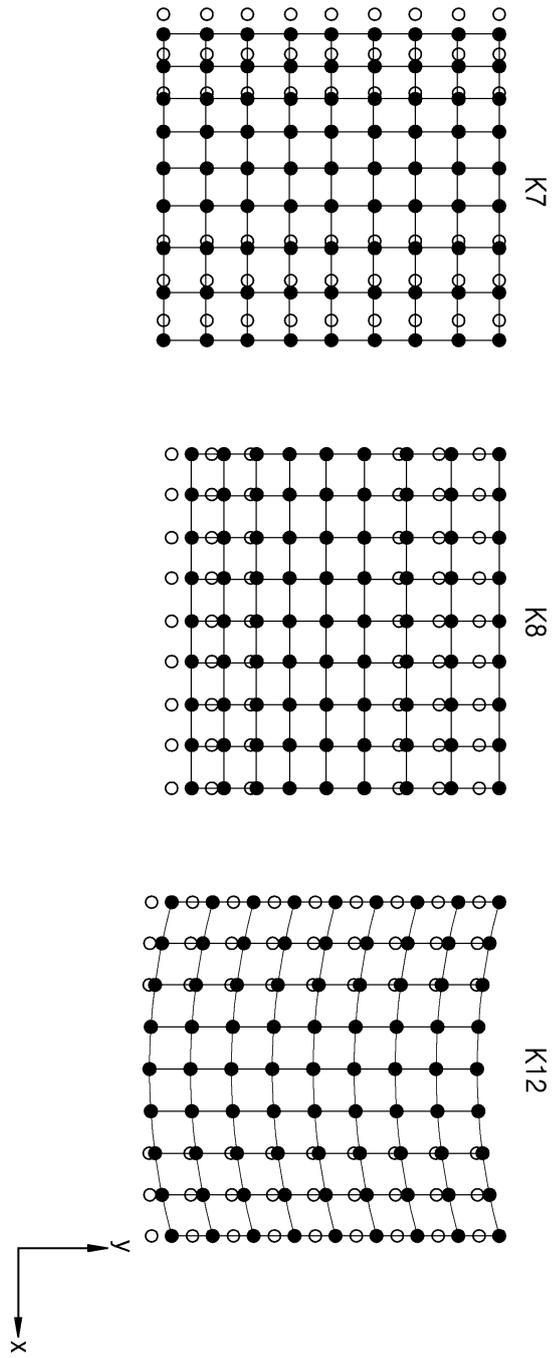
도면3b



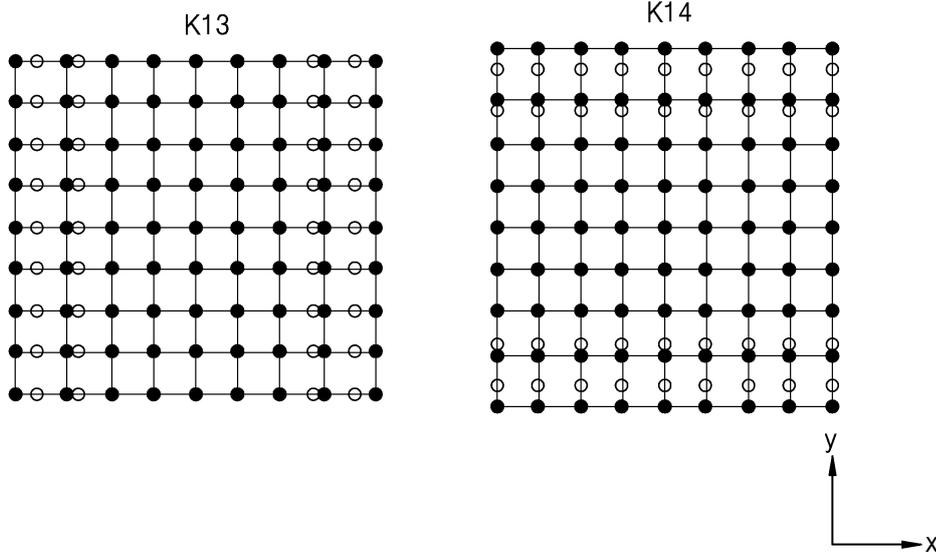
도면4a



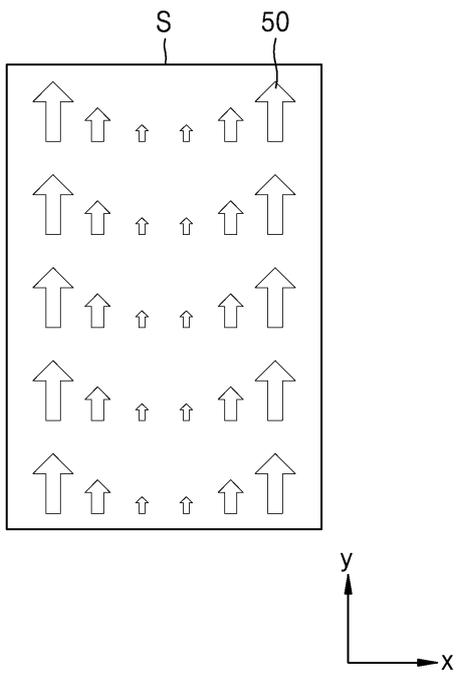
도면4b



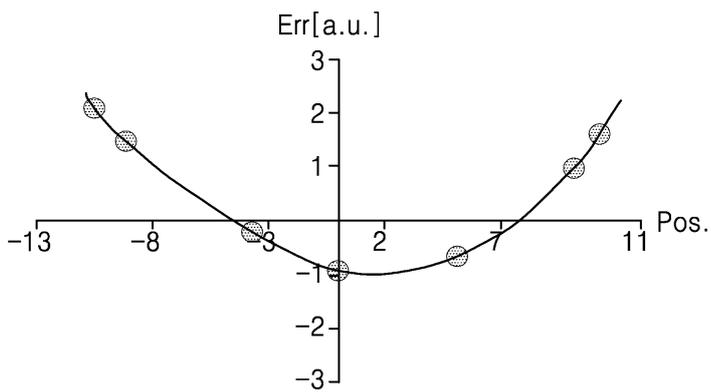
도면4c



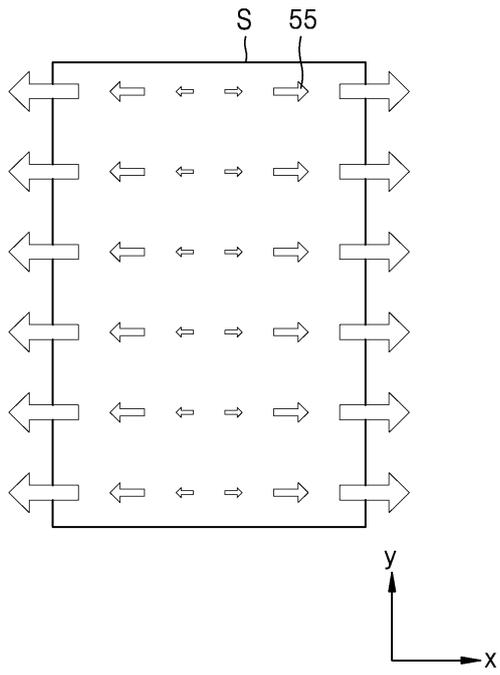
도면5a



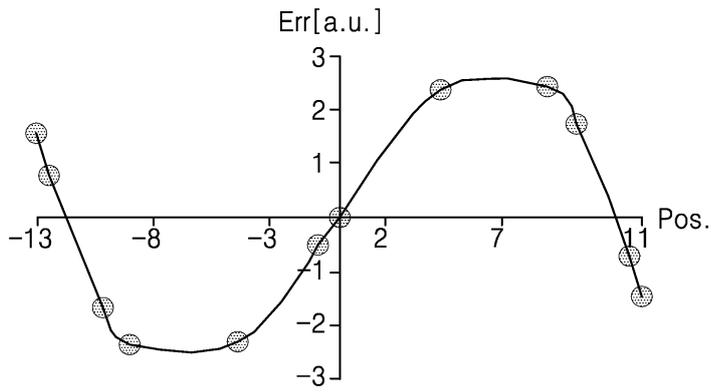
도면5b



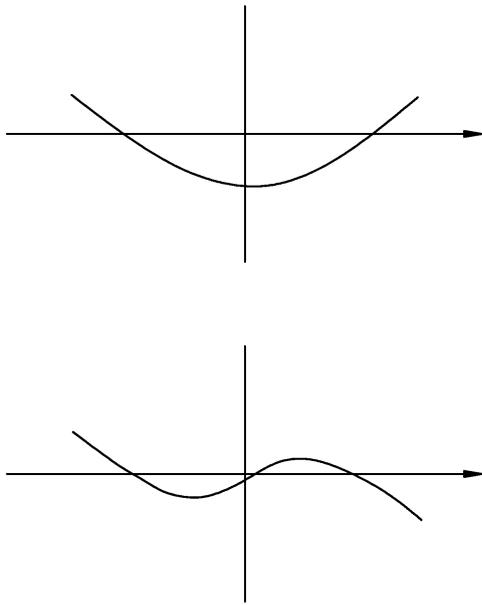
도면6a



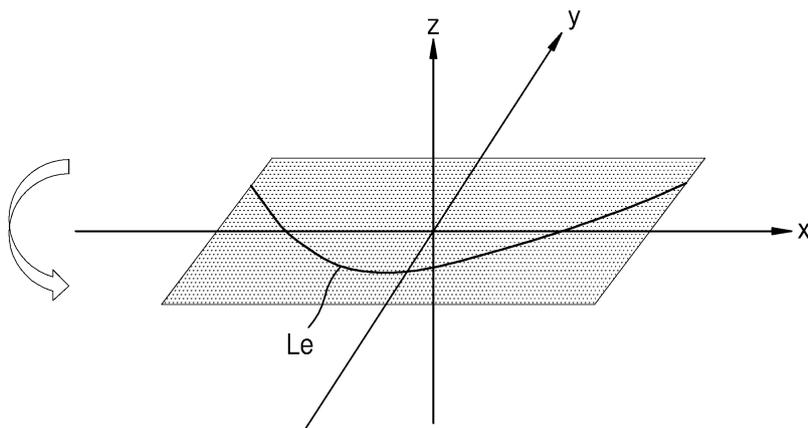
도면6b



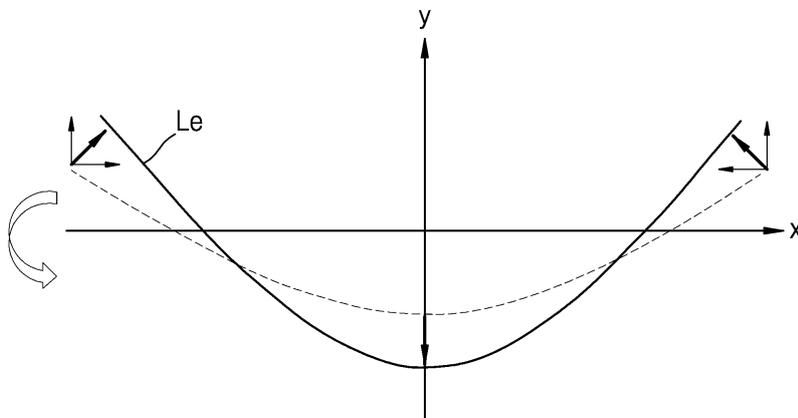
도면7a



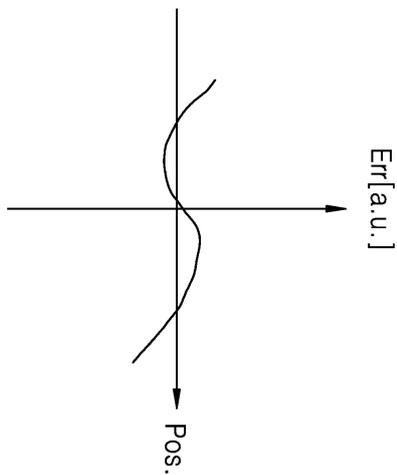
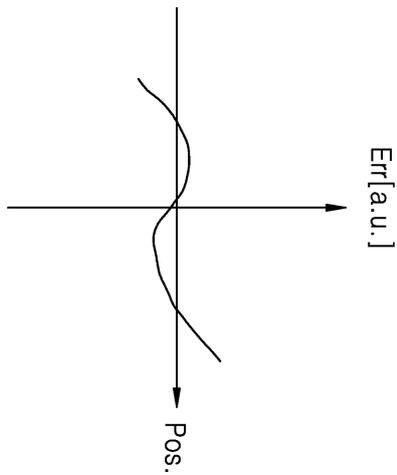
도면7b



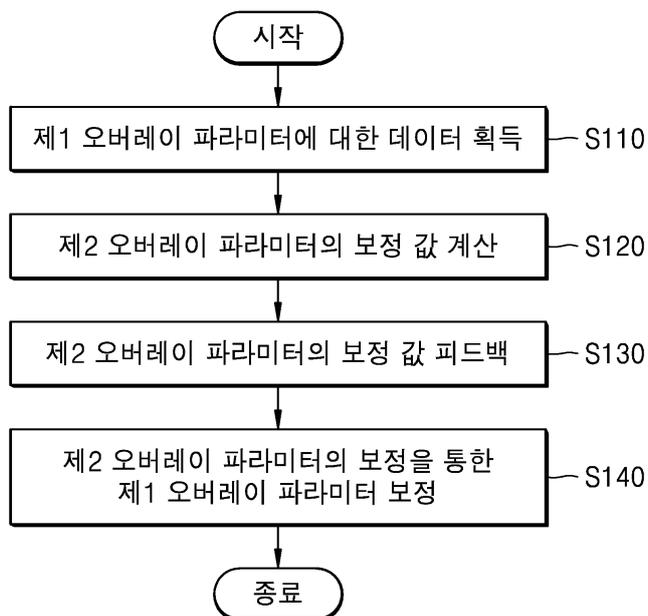
도면7c



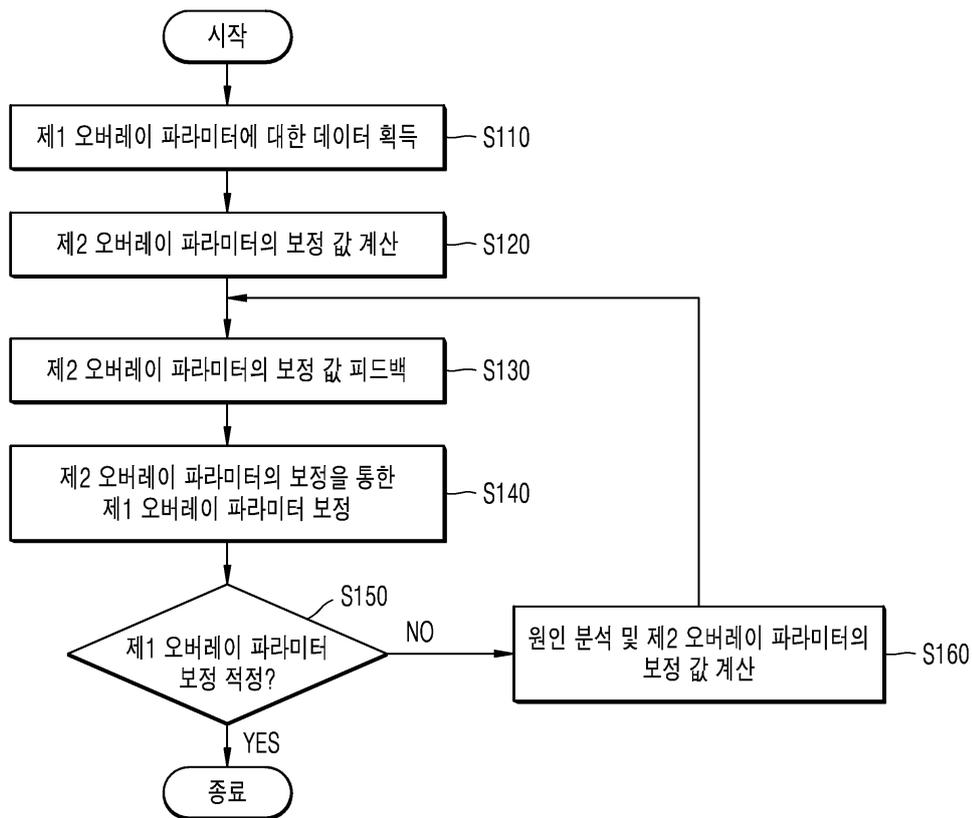
도면7d



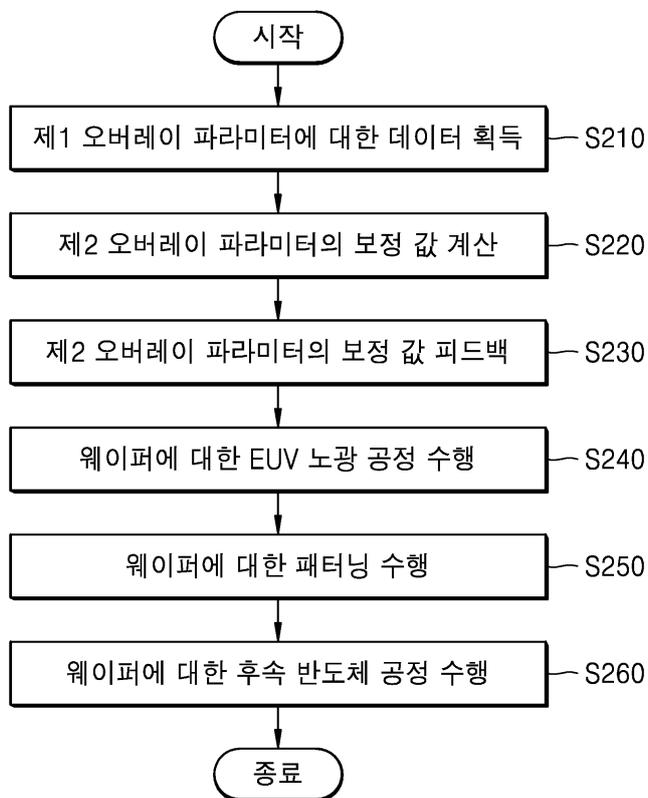
도면8a



도면8b



도면9a



도면9b

