



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2016-0042008
(43) 공개일자 2016년04월18일

- | | |
|---|---|
| <p>(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G03F 7/20 (2006.01) G03F 1/72 (2012.01)
H01L 21/027 (2006.01) H01L 21/66 (2006.01)</p> <p>(52) CPC특허분류
G03F 7/70633 (2013.01)
G03F 1/72 (2013.01)</p> <p>(21) 출원번호 10-2016-7005967</p> <p>(22) 출원일자(국제) 2014년07월18일
심사청구일자 2016년03월04일</p> <p>(85) 번역문제출일자 2016년03월04일</p> <p>(86) 국제출원번호 PCT/EP2014/065461</p> <p>(87) 국제공개번호 WO 2015/018625
국제공개일자 2015년02월12일</p> <p>(30) 우선권주장
61/863,150 2013년08월07일 미국(US)
61/975,312 2014년04월04일 미국(US)</p> | <p>(71) 출원인
에이에스엠엘 네델란즈 비.브이.
네덜란드 5500 아하 벨트호벤 피.오.박스 324</p> <p>(72) 발명자
미들브룩스, 스코트 안데르손
네덜란드 엔엘-5500 아하 벨트호벤 피.오.박스 324
헤이펜, 닐스
네덜란드 엔엘-5500 아하 벨트호벤 피.오.박스 324
(뒷면에 계속)</p> <p>(74) 대리인
특허법인(유)화우</p> |
|---|---|

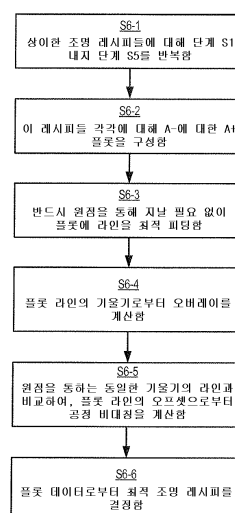
전체 청구항 수 : 총 32 항

(54) 발명의 명칭 메트롤로지 방법 및 장치, 리소그래피 시스템 및 디바이스 제조 방법

(57) 요약

리소그래피 공정의 파라미터를 측정하는 방법 및 연계된 검사 장치가 개시된다. 상기 방법은 복수의 상이한 조명 조건들을 이용하여 기판 상의 적어도 2 개의 타겟 구조체들을 측정하는 단계 -상기 타겟 구조체들은 의도적 오버레이 바이어스들을 가짐- 를 포함하여, 각각의 타겟 구조체에 대해 (i) 의도적 오버레이 바이어스, (ii) 타겟 구조체의 형성 시 오버레이 오차, 및 (iii) 여하한 피처 비대칭으로 인한 기여들을 포함하는 전체 비대칭을 나타내는 비대칭 측정을 얻는다. 한 타겟 구조체의 비대칭 측정들에 대한 또 다른 타겟 구조체의 비대칭 측정들의 평면 표현에 선형 회귀 모델을 피팅함으로써 비대칭 측정 데이터에 대해 회귀 분석이 수행되며, 선형 회귀 모델은 반드시 평면 표현의 원점을 통해 피팅되지는 않는다. 그 후, 오버레이 오차는 선형 회귀 모델에 의해 형성되는 기울기로부터 결정될 수 있다.

대표도 - 도7



(52) CPC특허분류

G03F 7/70508 (2013.01)

G03F 7/706 (2013.01)

H01L 21/0274 (2013.01)

H01L 22/12 (2013.01)

(72) 발명자

스밀데, 헨드릭 얀 히데

네덜란드 엔엘-5500 아하 벨트호브 벨트호벤 피.
오.박스 324

스트라이예르, 알렉산더

네덜란드 엔엘-5500 아하 벨트호벤 피.오.박스 324

반 데르 스하르, 마우리츠

네덜란드 엔엘-5500 아하 벨트호벤 피.오.박스 324

반 크라이, 마르쿠스 게라르두스 마르티누스 마리아

네덜란드 엔엘-5500 아하 벨트호벤 피.오.박스 324

명세서

청구범위

청구항 1

리소그래피 공정의 파라미터를 측정하는 방법에 있어서:

(a) 기판 상의 타겟 구조체들을 조명하는 단계 -상기 타겟 구조체들은 적어도 제 1 의도적 오버레이 바이어스(deliberate overlay bias)를 갖는 오버레이된 주기적 구조체(overlaid periodic structure)를 포함하는 제 1 타겟 구조체, 및 제 2 의도적 오버레이 바이어스를 갖는 오버레이된 주기적 구조체를 포함하는 제 2 타겟 구조체를 포함함- ; 및 각각의 타겟 구조체에 의해 산란되는 방사선을 검출하여, 각각의 타겟 구조체에 대해 (i) 상기 타겟 구조체에서의 의도적 오버레이 바이어스, (ii) 상기 타겟 구조체의 형성 시 리소그래피 공정에서의 오버레이 오차, 및 (iii) 상기 주기적 구조체들 중 1 이상에서의 피처 비대칭(feature asymmetry)으로 인한 기여들을 포함하는 전체 비대칭을 나타내는 비대칭 측정을 얻는 단계;

(b) 복수의 상이한 조명 조건들에 대해 단계(a)를 반복하여, 비대칭 측정 데이터를 얻는 단계;

(c) 상기 제 2 타겟 구조체의 비대칭 측정들에 대한 상기 제 1 타겟 구조체의 비대칭 측정들의 평면 표현(planar representation)에 선형 회귀 모델(linear regression model)을 피팅함으로써, 상기 비대칭 측정 데이터에 대한 회귀 분석을 수행하는 단계 -상기 선형 회귀 모델은 반드시 상기 평면 표현의 원점(origin)을 통해 피팅되지는 않음- ; 및

(d) 상기 선형 회귀 모델에 의해 형성되는 기울기(gradient)로부터 상기 오버레이 오차를 결정하는 단계를 포함하는 리소그래피 공정의 파라미터 측정 방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 선형 회귀 모델의 절편 항(intercept term)으로부터 상기 전체 비대칭 중 피처 비대칭으로 인한 기여를 결정하는 단계를 포함하는 리소그래피 공정의 파라미터 측정 방법.

청구항 3

제 2 항에 있어서,

상기 전체 비대칭 중 피처 비대칭으로 인한 결정된 기여의 함수인 오버레이 보정을 결정하는 단계; 및

상기 오버레이 보정을 이용하여 상기 오버레이 오차를 보정하는 단계를 포함하는 리소그래피 공정의 파라미터 측정 방법.

청구항 4

제 3 항에 있어서,

상기 기판 상의 복수의 상이한 위치들에 대해 오버레이 오차 측정들을 결정하기 위해 단계 (a) 내지 단계 (d)를 수행하는 단계 -각각의 위치에 대한 오버레이 오차 측정들은 TE 편광 방사선 및 TM 편광 방사선을 이용하여 얻어짐- ; 및

TE 편광 방사선을 이용하여 측정되는 경우에 측정된 오버레이 오차와 TM 편광 방사선을 이용하여 측정되는 경우에 측정된 오버레이 오차 간의 차이의 최소화를 수행함으로써 상기 오버레이 보정을 계산하는 단계를 포함하는 리소그래피 공정의 파라미터 측정 방법.

청구항 5

제 1 항 내지 제 4 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 비대칭 측정들에 피팅되는 상기 선형 회귀 모델은 상기 원점의 구역에 놓이는 비대칭 측정 데이터에만 피

팅되는 리소그래피 공정의 파라미터 측정 방법.

청구항 6

제 5 항에 있어서,

복수의 조명 조건들로부터, 피쳐 비대칭이 측정된 전체 비대칭에 대한 최소 기여를 하는 1 이상의 최적 조명 조건들을 식별하는 단계를 포함하고, 상기 최적 조명 조건들은 측정된 비대칭들이 오프셋 라인 또는 그 부근에 놓이는 조건들로부터 선택되며, 상기 오프셋 라인은 상기 선형 회귀 모델에 의해 형성되지만, 상기 원점 상에 놓이도록 0(zero) 절편 항을 갖는 라인인 리소그래피 공정의 파라미터 측정 방법.

청구항 7

제 6 항에 있어서,

상기 최적 조명 조건들은 상기 측정된 비대칭들이 상기 오프셋 라인 또는 그 부근에 놓이지 않는 측정된 비대칭들로부터 가장 멀리 있는 조건들로부터 선택되는 리소그래피 공정의 파라미터 측정 방법.

청구항 8

제 6 항 또는 제 7 항에 있어서,

상기 최적 조명 조건들 중 1 이상을 이용하여 상기 기관 상의 구조체들의 후속 측정들을 수행하는 단계를 포함하는 리소그래피 공정의 파라미터 측정 방법.

청구항 9

제 1 항 내지 제 8 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 제 1 의도적 오버레이 바이어스는 양(positive)의 오버레이 바이어스이고, 상기 제 2 의도적 오버레이 바이어스는 음(negative)의 오버레이 바이어스인 리소그래피 공정의 파라미터 측정 방법.

청구항 10

제 9 항에 있어서,

상기 제 1 의도적 오버레이 바이어스 및 상기 제 2 의도적 오버레이 바이어스는 동일한 크기(magnitude)로 이루어지는 리소그래피 공정의 파라미터 측정 방법.

청구항 11

제 1 항 내지 제 10 항 중 어느 한 항에 있어서,

단계 (d)는 피쳐 비대칭으로 인한 기여가 모든 오버레이 값들에 대해 일정하다는 가정으로 수행되는 리소그래피 공정의 파라미터 측정 방법.

청구항 12

제 1 항 내지 제 10 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 타겟 구조체들은 의도적 오버레이 바이어스를 갖지 않는 제 3 타겟 구조체를 포함하고, 상기 방법은 상기 제 1 타겟 구조체 및 상기 제 3 타겟 구조체에 대해 단계 (b)에서 얻어진 비대칭 측정들 간의 차이, 및 상기 제 2 타겟 구조체 및 상기 제 3 타겟 구조체에 대해 단계 (b)에서 얻어진 비대칭 측정들 간의 차이로부터 상대적 비대칭 측정들을 결정하는 단계를 포함하는 리소그래피 공정의 파라미터 측정 방법.

청구항 13

제 12 항에 있어서,

단계 (c)는 상기 제 2 타겟 구조체에 대한 비대칭 측정들과 상기 제 3 타겟 구조체에 대한 비대칭 측정들의 차이에 대한, 상기 제 1 타겟 구조체에 대한 비대칭 측정들과 상기 제 3 타겟 구조체에 대한 비대칭 측정들의 차이의 평면 표현에 선형 회귀 모델을 피팅하는 단계를 포함하는 리소그래피 공정의 파라미터 측정 방법.

청구항 14

제 12 항 또는 제 13 항에 있어서,

단계 (d)는 피쳐 비대칭으로 인한 기여가 모든 오버레이 값들에 대해 일정하다는 가정 없이 수행되는 리소그래피 공정의 파라미터 측정 방법.

청구항 15

제 1 항 내지 제 14 항 중 어느 한 항에 있어서,

기관 상에 상기 타겟 구조체들을 형성하기 위해 리소그래피 공정을 이용하는 초기 단계를 포함하는 리소그래피 공정의 파라미터 측정 방법.

청구항 16

리소그래피 공정의 파라미터를 측정하는 검사 장치에 있어서,

복수의 타겟 구조체들을 갖는 기관에 대한 지지체 -상기 타겟 구조체들은 적어도 제 1 의도적 오버레이 바이어스를 갖는 오버레이된 주기적 구조체를 포함하는 제 1 타겟 구조체, 및 제 2 의도적 오버레이 바이어스를 갖는 오버레이된 주기적 구조체를 포함하는 제 2 타겟 구조체를 포함함- ;

상기 타겟들을 조명하도록 작동가능하고, 각각의 타겟에 의해 산란되는 방사선을 검출하여, 각각의 타겟 구조체 및 복수의 상이한 조명 조건들에 대해 (i) 상기 타겟 구조체에서의 의도적 오버레이 바이어스, (ii) 상기 타겟 구조체의 형성 시 리소그래피 공정에서의 오버레이 오차, 및 (iii) 상기 주기적 구조체들 중 1 이상에서의 피쳐 비대칭으로 인한 기여들을 포함하는 전체 비대칭을 나타내는 비대칭 측정을 얻기 위한 광학 시스템; 및

상기 제 2 타겟 구조체의 비대칭 측정들에 대한 상기 제 1 타겟 구조체의 비대칭 측정들의 평면 표현에 선형 회귀 모델을 피팅함으로써 비대칭 측정 데이터에 대한 회귀 분석을 수행하고 -상기 선형 회귀 모델은 반드시 상기 평면 표현의 원점을 통해 피팅되지는 않음- ; 상기 선형 회귀 모델에 의해 형성되는 기울기로부터 상기 오버레이 오차를 결정하도록 배치되는 프로세서

를 포함하는 검사 장치.

청구항 17

제 16 항에 있어서,

상기 프로세서는 상기 선형 회귀 모델의 절편 항으로부터 상기 전체 비대칭 중 피쳐 비대칭으로 인한 기여를 결정하도록 작동가능한 검사 장치.

청구항 18

제 17 항에 있어서,

상기 전체 비대칭 중 피쳐 비대칭으로 인한 결정된 기여의 함수인 오버레이 보정을 결정하고;

상기 오버레이 보정을 이용하여 상기 오버레이 오차를 결정하도록 작동가능한 검사 장치.

청구항 19

제 18 항에 있어서,

상기 기관 상의 복수의 상이한 위치들에 대해 오버레이 오차 측정들을 결정하도록 단계 (a) 내지 단계 (d)를 수행하고 -각각의 위치에 대한 오버레이 오차 측정들은 TE 편광 방사선 및 TM 편광 방사선을 이용하여 얻어짐- ;

TE 편광 방사선을 이용하여 측정되는 경우에 측정된 오버레이 오차와 TM 편광 방사선을 이용하여 측정되는 경우에 측정된 오버레이 오차 간의 차이의 최소화를 수행함으로써 상기 오버레이 보정을 계산하도록 작동가능한 검사 장치.

청구항 20

제 16 항 내지 제 19 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 프로세서는 상기 원점의 구역에 놓이는 비대칭 측정 데이터에만 상기 선형 회귀 모델을 피팅하도록 작동가능한 검사 장치.

청구항 21

제 20 항에 있어서,

상기 프로세서는 복수의 조명 조건들로부터, 피쳐 비대칭이 측정된 전체 비대칭에 대한 최소 기여를 하는 1 이상의 최적 조명 조건들을 식별하도록 작동가능하고, 상기 최적 조명 조건들은 측정된 비대칭들이 오프셋 라인 또는 그 부근에 놓이는 조건들로부터 선택되며, 상기 오프셋 라인은 상기 선형 회귀 모델에 의해 형성되지만, 상기 원점 상에 놓이도록 0 절편 항을 갖는 라인인 검사 장치.

청구항 22

제 21 항에 있어서,

상기 프로세서는 상기 측정된 비대칭들이 상기 오프셋 라인 또는 그 부근에 놓이지 않는 측정된 비대칭들로부터 가장 멀리 있는 조건들로부터 상기 최적 조명 조건들을 선택하도록 작동가능한 검사 장치.

청구항 23

제 21 항 또는 제 22 항에 있어서,

상기 최적 조명 조건들 중 1 이상을 이용하여 상기 기관 상의 구조체들의 후속 측정들을 수행하도록 작동가능한 검사 장치.

청구항 24

제 16 항 내지 제 23 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 제 1 의도적 오버레이 바이어스는 양의 오버레이 바이어스이고, 상기 제 2 의도적 오버레이 바이어스는 음의 오버레이 바이어스인 검사 장치.

청구항 25

제 24 항에 있어서,

상기 제 1 의도적 오버레이 바이어스 및 상기 제 2 의도적 오버레이 바이어스는 동일한 크기로 이루어지는 검사 장치.

청구항 26

제 16 항 내지 제 25 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 프로세서는 피쳐 비대칭으로 인한 기여가 모든 오버레이 값들에 대해 일정하다는 가정으로, 상기 선형 회귀 모델에 의해 형성되는 기울기로부터 상기 오버레이 오차를 결정하도록 작동가능한 검사 장치.

청구항 27

제 16 항 내지 제 25 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 타겟 구조체들은 의도적 오버레이 바이어스를 갖지 않는 제 3 타겟 구조체를 포함하고, 상기 프로세서는 상기 제 1 타겟 구조체 및 상기 제 3 타겟 구조체에 대한 비대칭 측정들 간의 차이, 및 상기 제 2 타겟 구조체 및 상기 제 3 타겟 구조체에 대한 비대칭 측정들 간의 차이로부터 상대적 비대칭 측정들을 결정하도록 작동가능한 검사 장치.

청구항 28

제 27 항에 있어서,

상기 프로세서는 상기 제 2 타겟 구조체에 대한 비대칭 측정들과 상기 제 3 타겟 구조체에 대한 비대칭 측정들

의 차이에 대한, 상기 제 1 타겟 구조체에 대한 비대칭 측정들과 상기 제 3 타겟 구조체에 대한 비대칭 측정들의 차이의 평면 표현에 선형 회귀 모델을 피팅하도록 작동가능한 검사 장치.

청구항 29

제 27 항 또는 제 28 항에 있어서,

상기 프로세서는 피쳐 비대칭으로 인한 기여가 모든 오버레이 값들에 대해 일정하다는 가정 없이, 상기 선형 회귀 모델에 의해 형성되는 기울기로부터 상기 오버레이 오차를 결정하도록 작동가능한 검사 장치.

청구항 30

리소그래피 장치에 있어서,

제 16 항 내지 제 29 항 중 어느 한 항에 따른 검사 장치를 포함하며,

리소그래피 공정을 이용하여 일련의 기관들에 디바이스 패턴을 적용하고;

상기 일련의 기관들 중 1 이상에 타겟 구조체들을 적용하며;

제 1 항 내지 제 15 항 중 어느 한 항에 따른 파라미터 측정 방법을 이용하여 상기 타겟 구조체의 오버레이 파라미터를 측정하고;

상기 파라미터 측정 방법의 결과에 따라 후속 기관들에 대해 상기 리소그래피 공정을 제어하도록 작동가능한 리소그래피 장치.

청구항 31

리소그래피 공정을 이용하여 일련의 기관들에 디바이스 패턴이 적용되는 디바이스들을 제조하는 방법에 있어서,

제 1 항 내지 제 15 항 중 어느 한 항에 따른 방법을 이용하여, 상기 기관들 중 적어도 하나에 상기 디바이스 패턴의 일부로서 또는 상기 디바이스 패턴 옆에 형성되는 적어도 하나의 주기적 구조체를 검사하는 단계; 및 검사 방법의 결과에 따라 후속 기관들에 대해 상기 리소그래피 공정을 제어하는 단계를 포함하는 디바이스 제조 방법.

청구항 32

컴퓨터 프로그램 제품에 있어서,

비대칭 데이터에 대해, 제 1 항 내지 제 15 항 중 어느 한 항에 따른 방법의 처리 단계들 (c) 및 (d)를 프로세서가 수행하게 하는 기계-판독가능한 명령어들을 포함하며, 상기 비대칭 데이터는:

복수의 상이한 조명 조건들 하에 기관 상의 타겟 구조체들을 조명하고 -상기 타겟 구조체들은 적어도 제 1 의도적 오버레이 바이어스를 갖는 오버레이된 주기적 구조체를 포함하는 제 1 타겟 구조체, 및 제 2 의도적 오버레이 바이어스를 갖는 오버레이된 주기적 구조체를 포함하는 제 2 타겟 구조체를 포함함- ;

각각의 타겟 구조체에 의해 산란되는 방사선을 검출하여, 각각의 타겟 구조체에 대해 (i) 상기 타겟 구조체에 서의 의도적 오버레이 바이어스, (ii) 상기 타겟 구조체의 형성 시 리소그래피 공정에서의 오버레이 오차, 및 (iii) 상기 주기적 구조체들 중 1 이상에서의 피쳐 비대칭으로 인한 기여들을 포함하는 전체 비대칭을 나타내는 비대칭 측정들을 얻음으로써 얻어지는 컴퓨터 프로그램 제품.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 출원은 2013년 8월 7일에 출원된 미국 가출원 61/863,150, 및 2014년 4월 4일에 출원된 미국 가출원 61/975,312의 이익을 주장하며, 이는 본 명세서에서 그 전문이 인용참조된다.

[0002] 본 발명은, 예를 들어 리소그래피 기술들에 의한 디바이스들의 제조 시에 이용가능한 메트롤로지 장치 및 방법들, 및 리소그래피 기술들을 이용하여 디바이스들을 제조하는 방법들에 관한 것이다.

배경 기술

- [0003] 리소그래피 장치는 기판 상에, 통상적으로는 기판의 타겟부 상에 원하는 패턴을 적용시키는 기계이다. 리소그래피 장치는, 예를 들어 집적 회로(IC)의 제조 시에 사용될 수 있다. 그 경우, 대안적으로 마스크 또는 레티클이라 칭하는 패턴닝 디바이스가 IC의 개별층 상에 형성될 회로 패턴을 생성하기 위해 사용될 수 있다. 이 패턴은 기판(예컨대, 실리콘 웨이퍼) 상의 (예를 들어, 다이의 부분, 한 개 또는 수 개의 다이를 포함하는) 타겟부 상으로 전사(transfer)될 수 있다. 패턴의 전사는 통상적으로 기판 상에 제공된 방사선-감응재(레지스트)층 상으로의 이미징(imaging)을 통해 수행된다. 일반적으로, 단일 기판은 연속하여 패턴닝되는 인접한 타겟부들의 네트워크를 포함할 것이다. 알려진 리소그래피 장치는, 한번에 타겟부 상으로 전체 패턴을 노광함으로써 각각의 타겟부가 조사(irradiate)되는 소위 스테퍼, 및 방사선 빔을 통해 주어진 방향("스캐닝"-방향)으로 패턴을 스캐닝하는 한편, 이 방향과 평행한 방향(같은 방향으로 평행한 방향) 또는 역-평행 방향(반대 방향으로 평행한 방향)으로 기판을 동기적으로 스캐닝함으로써 각각의 타겟부가 조사되는 소위 스캐너를 포함한다. 또한, 기판 상에 패턴을 임프린트(imprint)함으로써 패턴닝 디바이스로부터 기판으로 패턴을 전사할 수도 있다.
- [0004] 리소그래피 공정들에서는, 예를 들어 공정 제어 및 검증을 위해, 흔히 생성된 구조체들의 측정을 수행하는 것이 바람직하다. 이러한 측정들을 수행하는 다양한 툴들이 알려져 있으며, 임계 치수(CD)를 측정하는 데 흔히 사용되는 스캐닝 전자 현미경 및 오버레이, 즉 디바이스 내의 두 층들의 정렬 정확성을 측정하는 특수 툴들을 포함한다. 최근에는, 리소그래피 분야에서의 사용을 위해 다양한 형태의 스캐터로미터(scatterometer)들이 개발되었다. 이 디바이스들은 타겟 상으로 방사선 빔을 지향하고, 산란된 방사선의 1 이상의 특성 - 예를 들어, 파장의 함수로서 단일 반사 각도에서의 세기; 반사된 각도의 함수로서 1 이상의 파장에서의 세기; 또는 반사된 각도의 함수로서 편광(polarization) - 을 측정하여, 타겟의 관심 특성이 결정될 수 있는 "스펙트럼"을 얻는다. 관심 특성의 결정은 다양한 기술들: 예를 들어, 라이브러리 탐색; 주성분 분석; 및 RCWA(rigorous coupled wave analysis) 또는 유한 요소 방법들과 같은 반복 접근법들에 의한 타겟 구조체의 재구성에 의해 수행될 수 있다.
- [0005] 몇몇 스캐터로미터들에 의해 사용되는 타겟들은 비교적 큰 격자들, 예를 들어 $40\mu\text{m} \times 40\mu\text{m}$ 이며, 측정 빔은 격자보다 작은 스폿을 발생시킨다[즉, 격자가 언더필링(underfill)됨]. 이는 무한한 것으로서 간주될 수 있는 타겟의 수학적 재구성을 간소화한다. 하지만, 예를 들어 $10\mu\text{m} \times 10\mu\text{m}$ 이하까지 타겟들의 크기를 감소시켜서 이들이 스크라이브 레인(scribe lane)보다는 제품 피처(product feature)들 사이에 위치될 수 있기 위해, 격자가 측정 스폿보다 작게 만들어지는 메트롤로지가 제안되었다[즉, 격자가 오버필링(overfill)됨]. 통상적으로, 이러한 타겟들은 (정반사에 대응하는) 회절의 0차가 차단되고 고차들만이 처리되는 다크 필드 스캐터로메트리(dark field scatterometry)를 이용하여 측정된다. 회절 차수들의 다크-필드 검출을 이용한 회절-기반 오버레이는 더 작은 타겟들에 대한 오버레이 측정들을 가능하게 한다. 이 타겟들은 조명 스폿보다 작을 수 있고, 웨이퍼 상의 제품 구조체들에 의해 둘러싸일 수 있다. 하나의 이미지에서 다수 타겟들이 측정될 수 있다.
- [0006] 알려진 메트롤로지 기술에서, 오버레이 측정 결과들은 -1차 및 +1차 회절 세기들을 개별적으로 얻기 위해 조명 모드 또는 이미징 모드를 변화시키거나, 타겟을 회전시키면서, 소정 조건들 하에 타겟을 두 번 측정함으로써 얻어진다. 주어진 격자에 대한 이 세기들의 비교가 격자의 비대칭의 측정을 제공하며, 오버레이 격자에서의 비대칭이 오버레이 오차의 지표로서 사용될 수 있다.
- [0007] 알려진 다크-필드 이미지-기반 오버레이 측정들은 (일단 캘리브레이션되면) 신속하고 연산이 매우 단순하지만, 이들은 오버레이가 타겟 구조체에서의 비대칭의 유일한 원인이라는 가정에 의존한다. 또한, 오버레이된(overlaid) 격자들 중 하나 또는 둘 모두에서의 피처들의 비대칭과 같은 스택 내의 여하한 다른 비대칭이 1차에서 비대칭을 야기한다. 오버레이에 관련되지 않는 이 피처 비대칭은 분명히 오버레이 측정을 교란시켜, 부정확한 오버레이 결과를 제공한다. 오버레이 격자의 저부 격자에서의 피처 비대칭이 일반적인 형태의 피처 비대칭이다. 이는, 예를 들어 저부 격자가 처음에 형성된 후에 수행되는 화학적-기계적 연마(CMP)와 같은 웨이퍼 처리 단계들에서 비롯될 수 있다.
- [0008] 따라서, 당업자라면, 한편으로는 오버레이 측정들을 제공하지만 비대칭의 다른 원인들이 존재하는 경우에 부정확한 단순하고 신속한 측정 공정과, 다른 한편으로는 퓨필 이미지가 오버레이 격자 환경으로부터의 신호 기여로 오염되어 이 퓨필 이미지에 기초한 재구성을 방해하는 것을 회피하기 위해 통상적으로 큰, 언더필링되는 격자들의 여러 측정을 필요로 하고 연산 집약적인 더 통상적인 기술들 사이에서 선택하여야 한다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0009] 그러므로, 오버레이 측정들을 타겟 구조체 비대칭에 대한 피처 비대칭 기여들에 대해 더 건고하게 하고, 및/또

는 피쳐 비대칭에 의해 야기되는 타겟 구조체 비대칭에 대한 기여들을 [바이어스(bias)를 포함한] 오버레이에 의해 야기되는 것들과 구분하는 것이 바람직하다.

과제의 해결 수단

- [0010] 제 1 실시형태는 리소그래피 공정의 파라미터를 측정하는 방법을 제공하고, 상기 방법은: (a) 기판 상의 타겟 구조체들을 조명하는 단계 -타겟 구조체들은 적어도 제 1 의도적 오버레이 바이어스(deliberate overlay bias)를 갖는 오버레이된 주기적 구조체를 포함하는 제 1 타겟 구조체, 및 제 2 의도적 오버레이 바이어스를 갖는 오버레이된 주기적 구조체를 포함하는 제 2 타겟 구조체를 포함함- ; 및 각각의 타겟 구조체에 의해 산란되는 방사선을 검출하여, 각각의 타겟 구조체에 대해 (i) 타겟 구조체에서의 의도적 오버레이 바이어스, (ii) 타겟 구조체의 형성 시 리소그래피 공정에서의 오버레이 오차, 및 (iii) 주기적 구조체들 중 1 이상에서의 피쳐 비대칭으로 인한 기여들을 포함하는 전체 비대칭을 나타내는 비대칭 측정을 얻는 단계; (b) 복수의 상이한 조명 조건들에 대해 단계(a)를 반복하는 단계; (c) 제 2 타겟 구조체의 비대칭 측정들에 대한 제 1 타겟 구조체의 비대칭 측정들의 평면 표현(planar representation)에 선형 회귀 모델(linear regression model)을 피팅함으로써 단계(b)에서 얻어진 비대칭 측정 데이터에 대한 회귀 분석을 수행하는 단계 -선형 회귀 모델은 반드시 평면 표현의 원점(origin)을 통해 피팅되지는 않음- ; 및 (d) 선형 회귀 모델에 의해 설명되는 기울기(slope)로부터 오버레이 오차를 결정하는 단계를 포함한다.
- [0011] 또 다른 실시형태는 리소그래피 공정의 파라미터를 측정하는 검사 장치를 제공하고, 상기 장치는: 복수의 타겟 구조체들을 갖는 기판에 대한 지지체 -타겟 구조체들은 적어도 제 1 의도적 오버레이 바이어스를 갖는 오버레이된 주기적 구조체를 포함하는 제 1 타겟 구조체, 및 제 2 의도적 오버레이 바이어스를 갖는 오버레이된 주기적 구조체를 포함하는 제 2 타겟 구조체를 포함함- ; 타겟들을 조명하도록 작동가능하고, 각각의 타겟 구조체에 의해 산란되는 방사선을 검출하여, 각각의 타겟 구조체 및 복수의 상이한 조명 조건들에 대해 (i) 타겟 구조체에서의 의도적 오버레이 바이어스, (ii) 타겟 구조체의 형성 시 리소그래피 공정에서의 오버레이 오차, 및 (iii) 주기적 구조체들 중 1 이상에서의 피쳐 비대칭으로 인한 기여들을 포함하는 전체 비대칭을 나타내는 비대칭 측정을 얻기 위한 광학 시스템; 및 제 2 타겟 구조체의 비대칭 측정들에 대한 제 1 타겟 구조체의 비대칭 측정들의 평면 표현에 선형 회귀 모델을 피팅함으로써 비대칭 측정 데이터에 대한 회귀 분석을 수행하고 -선형 회귀 모델은 반드시 평면 표현의 원점을 통해 피팅되지는 않음- ; 선형 회귀 모델에 의해 설명되는 기울기로부터 오버레이 오차를 결정하도록 배치되는 프로세서를 포함한다.
- [0012] 또한, 또 다른 실시형태는 비대칭 데이터에 대한 앞서 설명된 바와 같은 제 1 실시형태에 따른 방법의 처리 단계들(c) 및 (d)를 프로세서가 수행하게 하는 기계-판독가능한 명령어들을 포함하는 컴퓨터 프로그램 제품을 제공하며, 상기 비대칭 데이터는 복수의 상이한 조명 조건들 하에 기판 상의 타겟 구조체들을 조명하고 -타겟 구조체들은 적어도 제 1 의도적 오버레이 바이어스를 갖는 오버레이된 주기적 구조체를 포함하는 제 1 타겟 구조체, 및 제 2 의도적 오버레이 바이어스를 갖는 오버레이된 주기적 구조체를 포함하는 제 2 타겟 구조체를 포함함- ; 각각의 타겟 구조체에 의해 산란되는 방사선을 검출하여, 각각의 타겟 구조체에 대해 (i) 타겟 구조체에서의 의도적 오버레이 바이어스, (ii) 타겟 구조체의 형성 시 리소그래피 공정에서의 오버레이 오차, 및 (iii) 주기적 구조체들 중 1 이상에서의 피쳐 비대칭으로 인한 기여들을 포함하는 전체 비대칭을 나타내는 비대칭 측정을 얻음으로써 얻어진다.
- [0013] 또한, 또 다른 실시형태는 앞서 설명된 바와 같은 검사 장치를 포함하는 리소그래피 장치를 제공하며, 이는 리소그래피 공정을 이용하여 일련의 기판들에 디바이스 패턴을 적용하고; 일련의 기판들 중 1 이상에 타겟 구조체들을 적용하며; 앞서 설명된 바와 같은 제 1 실시형태에 따른 방법을 이용하여 타겟 구조체의 오버레이 파라미터를 측정하고; 파라미터를 측정하는 방법의 결과에 따라 후속 기판들에 대한 리소그래피 공정을 제어하도록 작동가능하다.
- [0014] 또 다른 실시형태는 리소그래피 공정을 이용하여 일련의 기판들에 디바이스 패턴이 적용되는 디바이스들을 제조하는 방법을 제공하고, 상기 방법은 앞서 설명된 바와 같은 제 1 실시형태에 따른 방법을 이용하여, 기판들 중 적어도 하나의 디바이스 패턴의 일부로서 또는 디바이스 패턴 옆에 형성되는 적어도 하나의 주기적 구조체를 검사하는 단계; 및 검사 방법의 결과에 따라 후속 기판들에 대한 리소그래피 공정을 제어하는 단계를 포함한다.
- [0015] 첨부된 도면들을 참조하여, 본 발명의 다양한 실시예들의 구조 및 작동뿐만 아니라, 본 발명의 또 다른 특징들 및 장점들이 아래에서 상세하게 설명된다. 본 발명은 본 명세서에서 설명되는 특정한 실시예들에 제한되지 않는다는 것을 유의한다. 본 명세서에서, 이러한 실시예들은 단지 예시적인 목적으로만 제시된다. 당업자라면,

본 명세서에 포함되는 교시에 기초하여 추가적인 실시예들을 명백히 알 것이다.

도면의 간단한 설명

[0016]

이하 첨부된 도면들을 참조하여, 단지 예시의 방식으로만 본 발명의 실시예들을 설명할 것이다:

도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 리소그래피 장치를 도시하는 도면;

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 리소그래피 셀 또는 클러스터를 도시하는 도면;

도 3a 내지 도 3d는 (a) 제 1 쌍의 조명 어퍼처들을 이용하여 본 발명의 실시예들에 따른 타겟들을 측정하는 데 사용되는 다크 필드 스캐터로미터의 개략적인 다이어그램, (b) 주어진 방향의 조명에 대한 타겟 격자의 상세한 회절 스펙트럼, (c) 회절 기반 오버레이 측정들을 위해 스캐터로미터를 이용함에 있어서 또 다른 조명 모드들을 제공하는 제 2 쌍의 조명 어퍼처들, 및 (d) 제 1 및 제 2 쌍의 어퍼처들을 조합한 제 3 쌍의 조명 어퍼처들을 포함하는 도면;

도 4는 알려진 형태의 다수 격자 타겟 및 기관 상의 측정 스폿의 윤곽(outline)을 도시하는 도면;

도 5는 도 3의 스캐터로미터에서 얻어진 도 4의 타겟의 이미지를 도시하는 도면;

도 6은 도 3의 스캐터로미터를 이용하고, 본 발명의 일 실시예를 형성하도록 구성가능한 오버레이 측정 방법의 단계들을 나타내는 흐름도;

도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른, 도 6의 흐름도의 단계 S6에서 확장된 흐름도;

도 8은 피처 비대칭을 갖지 않는 오버레이 격자들의 A-에 대한 A+의 플롯(plot);

도 9는 본 발명의 제 1 실시예를 예시하는, 피처 비대칭을 갖는 오버레이 격자들의 A-에 대한 A+의 플롯;

도 10a 및 도 10b는 피처 비대칭을 갖지 않는 오버레이 격자, 및 본 발명의 제 2 실시예를 예시하는 피처 비대칭을 갖는 오버레이 격자의 A-에 대한 A+의 플롯;

도 11은 피처 비대칭을 갖는 오버레이 격자의 오버레이에 대한 비대칭의 플롯;

도 12a는 큰 피처 비대칭을 갖는 오버레이 격자들의 A-에 대한 A+의 플롯;

도 12b는 본 발명의 제 3 실시예를 예시하는, 제 3 바이어스 및 큰 피처 비대칭을 포함하는 오버레이 격자의 A+-A0 대 A--A0의 플롯;

도 13은 본 발명의 제 3 실시예에서 사용될 수 있는 바이어스 방식을 갖는 복합 격자 구조체를 예시하는 도면;

도 14는 웨이퍼에 대한 오버레이의 그래픽 표현이고, 공정 비대칭에 대한 보정이 TE 및 TM 방사선으로 추산된 오버레이 간의 차이를 최소화한다는 것을 예시하는 도면;

도 14a 및 도 14b는 TE 방사선 및 TM 방사선을 각각 이용하여 웨이퍼에 걸쳐 수행된 보정되지 않은 오버레이 측정들의 표현들을 나타내는 도면;

도 14c는 도 14a 및 도 14b의 측정들 간의 차이들을 나타내는 도면;

도 14d 및 도 14e는 TE 방사선 및 TM 방사선을 각각 이용하여 웨이퍼에 걸쳐 수행되고, 본 발명의 일 실시예에 따라 보정된 오버레이 측정들의 표현들을 나타내는 도면; 및

도 14f는 도 14d 및 도 14e의 측정들 간의 차이들을 나타내는 도면이다.

동일한 참조 기호들이 대응하는 요소들을 전부 식별하는 도면들에 관련하여 아래에서 설명되는 상세한 설명으로부터 본 발명의 특징들 및 장점들이 더 분명해질 것이다. 도면들에서 동일한 참조 번호들은 일반적으로 동일하거나, 기능적으로 유사한, 및/또는 구조적으로 유사한 요소들을 나타낸다. 요소가 처음 나타나는 도면은 대응하는 참조 번호의 맨 앞자리 수(들)에 의해 나타내어진다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0017]

본 명세서는 본 발명의 특징들을 구체화하는 1 이상의 실시예들을 개시한다. 개시된 실시예(들)는 단지 본 발명을 예시한다. 개시된 실시예(들)에 본 발명의 범위가 제한되지는 않는다. 본 발명은 본 명세서에 첨부된 청구항들에 의해 정의된다.

- [0018] 본 명세서에서, "하나의 실시예", "일 실시예", "예시적인 실시예" 등으로 설명된 실시예(들) 및 이러한 언급들은, 설명된 실시예(들)가 특정한 특징, 구조 또는 특성을 포함할 수 있지만, 모든 실시예가 특정한 특징, 구조 또는 특성을 반드시 포함하는 것은 아닐 수 있음을 나타낸다. 또한, 이러한 어구들이 반드시 동일한 실시예를 칭하는 것은 아니다. 또한, 특정한 특징, 구조 또는 특성이 일 실시예와 관련하여 설명되는 경우, 다른 실시예들과 관련하여 이러한 특징, 구조 또는 특성을 초래하는 것은 명확하게 설명되든지 그렇지 않든지 당업자의 지식 내에 있음을 이해한다.
- [0019] 본 발명의 실시예들은 하드웨어, 펌웨어, 소프트웨어 또는 여하한 그 조합으로 구현될 수 있다. 또한, 본 발명의 실시예들은 기계-판독가능한 매체 상에 저장된 명령어들로서 구현될 수 있으며, 이는 1 이상의 프로세서에 의해 판독되고 실행될 수 있다. 기계-판독가능한 매체는 기계[예를 들어, 연산 디바이스(computing device)]에 의해 판독가능한 형태로 정보를 저장하거나 전송하는 여하한 메카니즘을 포함할 수 있다. 예를 들어, 기계-판독가능한 매체는 ROM(read only memory); RAM(random access memory); 자기 디스크 저장 매체; 광학 저장 매체; 플래시 메모리 디바이스들; 전기, 광학, 음향 또는 다른 형태의 전파 신호(propagated signal) 등을 포함할 수 있다. 또한, 펌웨어, 소프트웨어, 루틴(routine), 및 명령어들은 본 명세서에서 소정 동작을 수행하는 것으로서 설명될 수 있다. 하지만, 이러한 설명들은 단지 편의를 위한 것이며, 이러한 동작은 사실상 연산 디바이스, 프로세서, 제어기, 또는 펌웨어, 소프트웨어, 루틴, 명령어 등을 실행하는 다른 디바이스로부터 일어난다는 것을 이해하여야 한다.
- [0020] 본 발명의 실시예들을 더 상세히 설명하기 전에, 본 발명의 실시예들이 구현될 수 있는 예시적인 환경을 제시하는 것이 유익하다.
- [0021] 도 1은 리소그래피 장치(LA)를 개략적으로 도시한다. 상기 장치는 방사선 빔(B)(예를 들어, UV 방사선 또는 DUV 방사선)을 컨디셔닝(condition)하도록 구성된 조명 시스템(일루미네이터)(IL); 패터닝 디바이스(예를 들어, 마스크)(MA)를 지지하도록 구성되고, 소정 파라미터들에 따라 패터닝 디바이스를 정확히 위치시키도록 구성된 제 1 위치설정기(PM)에 연결된 패터닝 디바이스 지지체 또는 지지 구조체(예를 들어, 마스크 테이블)(MT); 기관(예를 들어, 레지스트-코팅된 웨이퍼)(W)을 유지하도록 구성되고, 소정 파라미터들에 따라 기관을 정확히 위치시키도록 구성된 제 2 위치설정기(PW)에 연결된 기관 테이블(예를 들어, 웨이퍼 테이블)(WT); 및 기관(W)의 (예를 들어, 1 이상의 다이들 포함하는) 타겟부(C) 상으로 패터닝 디바이스(MA)에 의해 방사선 빔(B)에 부여된 패턴을 투영하도록 구성된 투영 시스템(예를 들어, 굴절 투영 렌즈 시스템)(PS)을 포함한다.
- [0022] 조명 시스템은 방사선을 지향, 성형, 또는 제어하기 위하여, 굴절, 반사, 자기, 전자기, 정전기 또는 다른 타입의 광학 구성요소들, 또는 여하한 그 조합과 같은 다양한 타입들의 광학 구성요소들을 포함할 수 있다.
- [0023] 패터닝 디바이스 지지체는 패터닝 디바이스의 방위, 리소그래피 장치의 디자인, 및 예를 들어 패터닝 디바이스가 진공 환경에서 유지되는지의 여부와 같은 다른 조건들에 의존하는 방식으로 패터닝 디바이스를 유지한다. 패터닝 디바이스 지지체는 패터닝 디바이스를 유지하기 위해 기계적, 진공, 정전기, 또는 다른 클램핑 기술들을 이용할 수 있다. 패터닝 디바이스 지지체는, 예를 들어 필요에 따라 고정되거나 이동가능할 수 있는 프레임 또는 테이블일 수 있다. 패터닝 디바이스 지지체는, 패터닝 디바이스가 예를 들어 투영 시스템에 대해 원하는 위치에 있을 것을 보장할 수 있다. 본 명세서의 "레티클" 또는 "마스크"라는 용어의 어떠한 사용도 "패터닝 디바이스"라는 좀 더 일반적인 용어와 동의어로 간주될 수 있다.
- [0024] 본 명세서에서 사용되는 "패터닝 디바이스"라는 용어는, 기관의 타겟부에 패턴을 생성하기 위해서 방사선 빔의 단면에 패턴을 부여하는 데 사용될 수 있는 여하한 디바이스를 언급하는 것으로 폭넓게 해석되어야 한다. 방사선 빔에 부여된 패턴은, 예를 들어 상기 패턴이 위상-시프팅 피쳐(phase-shifting feature)들 또는 소위 어시스트 피쳐(assist feature)들을 포함하는 경우, 기관의 타겟부 내의 원하는 패턴과 정확히 일치하지 않을 수도 있다는 것을 유의하여야 한다. 일반적으로, 방사선 빔에 부여된 패턴은 집적 회로와 같이 타겟부에 생성될 디바이스 내의 특정 기능 층에 해당할 것이다.
- [0025] 패터닝 디바이스는 투과형 또는 반사형일 수 있다. 패터닝 디바이스의 예로는 마스크, 프로그램가능한 거울 어레이, 및 프로그램가능한 LCD 패널들을 포함한다. 마스크는 리소그래피 분야에서 잘 알려져 있으며, 바이너리(binary)형, 교번 위상-시프팅형 및 감쇠 위상-시프팅형과 같은 마스크 타입, 및 다양한 하이브리드(hybrid) 마스크 타입들을 포함한다. 프로그램가능한 거울 어레이의 일 예시는 작은 거울들의 매트릭스 구성을 채택하며, 그 각각은 입사하는 방사선 빔을 상이한 방향으로 반사시키도록 개별적으로 기울어질 수 있다. 기울어진 거울들은 거울 매트릭스에 의해 반사되는 방사선 빔에 패턴을 부여한다.

- [0026] 본 명세서에서 사용되는 "투영 시스템"이라는 용어는, 사용되는 노광 방사선에 대하여, 또는 침지 액체의 사용 또는 진공의 사용과 같은 다른 인자들에 대하여 적절하다면, 굴절, 반사, 카타디옵트릭(catadioptric), 자기, 전자기 및 정전기 광학 시스템, 또는 여하한 그 조합을 포함하는 여하한 타입의 투영 시스템을 내포하는 것으로서 폭넓게 해석되어야 한다. 본 명세서의 "투영 렌즈"라는 용어의 어떠한 사용도 "투영 시스템"이라는 좀 더 일반적인 용어와 동의어로 간주될 수 있다.
- [0027] 본 명세서에 도시된 바와 같이, 상기 장치는 (예를 들어, 투과 마스크를 채택하는) 투과형으로 구성된다. 대안적으로, 상기 장치는 (예를 들어, 앞서 언급된 바와 같은 타입의 프로그램가능한 거울 어레이를 채택하거나, 반사 마스크를 채택하는) 반사형으로 구성될 수 있다.
- [0028] 리소그래피 장치는 2 개(듀얼 스테이지) 이상의 기관 테이블(및/또는 2 이상의 마스크 테이블)을 갖는 형태로 구성될 수 있다. 이러한 "다수 스테이지" 기계에서는 추가 테이블이 병행하여 사용될 수 있으며, 또는 1 이상의 테이블이 노광에 사용되고 있는 동안 1 이상의 다른 테이블에서는 준비작업 단계들이 수행될 수 있다.
- [0029] 또한, 리소그래피 장치는 투영 시스템과 기관 사이의 공간을 채우기 위해서, 기관의 전체 또는 일부분이 비교적 높은 굴절률을 갖는 액체, 예컨대 물로 덮일 수 있는 형태로도 구성될 수 있다. 또한, 침지 액체는 리소그래피 장치 내의 다른 공간들, 예를 들어 마스크와 투영 시스템 사이에도 적용될 수 있다. 침지 기술은 투영 시스템의 개구수(numerical aperture)를 증가시키는 기술로 당업계에 잘 알려져 있다. 본 명세서에서 사용되는 "침지"라는 용어는 기관과 같은 구조체가 액체 내에 담겨야 함을 의미하는 것이라기보다는, 노광 시 액체가 투영 시스템과 기관 사이에 놓이기만 하면 된다는 것을 의미한다.
- [0030] 도 1을 참조하면, 일루미네이터(IL)는 방사선 소스(SO)로부터 방사선 빔을 수용한다. 예를 들어, 소스가 엑시머 레이저(excimer laser)인 경우, 상기 소스 및 리소그래피 장치는 별도의 개체일 수 있다. 이러한 경우, 소스는 리소그래피 장치의 일부분을 형성하는 것으로 간주되지 않으며, 방사선 빔은 예를 들어 적절한 지향 거울 및/또는 빔 익스팬더(beam expander)를 포함하는 빔 전달 시스템(BD)의 도움으로, 소스(SO)로부터 일루미네이터(IL)로 통과된다. 다른 경우, 예를 들어 소스가 수은 램프인 경우, 상기 소스는 리소그래피 장치의 통합부일 수 있다. 상기 소스(SO) 및 일루미네이터(IL)는, 필요에 따라 빔 전달 시스템(BD)과 함께 방사선 시스템이라고도 칭해질 수 있다.
- [0031] 일루미네이터(IL)는 방사선 빔의 각도 세기 분포를 조정하는 조정기(AD)를 포함할 수 있다. 일반적으로, 일루미네이터의 필드 평면 내의 세기 분포의 적어도 외반경 및/또는 내반경 크기(통상적으로, 각각 외측- σ 및 내측- $-\sigma$ 라 함)가 조정될 수 있다. 또한, 일루미네이터(IL)는 인티그레이터(IN) 및 콘덴서(CO)와 같이, 다양한 다른 구성요소들을 포함할 수도 있다. 일루미네이터는 방사선 빔의 단면에 원하는 균일성(uniformity) 및 세기 분포를 갖기 위해, 방사선 빔을 컨디셔닝하는 데 사용될 수 있다.
- [0032] 방사선 빔(B)은 패터닝 디바이스 지지체(예를 들어, 마스크 테이블)(MT) 상에 유지되어 있는 패터닝 디바이스(예를 들어, 마스크)(MA) 상에 입사되며, 패터닝 디바이스에 의해 패터닝된다. 상기 패터닝 디바이스(예를 들어, 마스크)(MA)를 가로질렀으면, 상기 방사선 빔(B)은 투영 시스템(PS)을 통과하며, 이는 기관(W)의 타겟부(C) 상에 상기 빔을 포커스한다. 제 2 위치설정기(PW) 및 위치 센서(IF)(예를 들어, 간섭계 디바이스, 리니어 인코더, 2-D 인코더 또는 용량성 센서)의 도움으로, 기관 테이블(WT)은 예를 들어 방사선 빔(B)의 경로 내에 상이한 타겟부(C)들을 위치시키도록 정확하게 이동될 수 있다. 이와 유사하게, 제 1 위치설정기(PM) 및 (도 1에 명확히 도시되지 않은) 또 다른 위치 센서는, 예를 들어 마스크 라이브러리(mask library)로부터의 기계적인 회수 후에, 또는 스캔하는 동안, 방사선 빔(B)의 경로에 대해 패터닝 디바이스(예를 들어, 마스크)(MA)를 정확히 위치시키는 데 사용될 수 있다. 일반적으로, 패터닝 디바이스 지지체(예를 들어, 마스크 테이블)(MT)의 이동은 장-행정 모듈(long-stroke module: 개략 위치설정) 및 단-행정 모듈(short-stroke module: 미세 위치설정)의 도움으로 실현될 수 있으며, 이는 제 1 위치설정기(PM)의 일부분을 형성한다. 이와 유사하게, 기관 테이블(WT)의 이동은 장-행정 모듈 및 단-행정 모듈을 이용하여 실현될 수 있으며, 이는 제 2 위치설정기(PW)의 일부분을 형성한다. (스캐너와는 대조적으로) 스테퍼의 경우, 패터닝 디바이스 지지체(예를 들어, 마스크 테이블)(MT)는 단-행정 액추에이터에만 연결되거나 고정될 수 있다.
- [0033] 패터닝 디바이스(예를 들어, 마스크)(MA) 및 기관(W)은 마스크 정렬 마크들(M1, M2) 및 기관 정렬 마크들(P1, P2)을 이용하여 정렬될 수 있다. 비록, 예시된 기관 정렬 마크들은 지정된(dedicated) 타겟부들을 차지하고 있지만, 그들은 타겟부들 사이의 공간들 내에 위치될 수도 있다[이들은 스크라이브-레인 정렬 마크(scribe-lane alignment mark)들로 알려져 있음]. 이와 유사하게, 패터닝 디바이스(예를 들어, 마스크)(MA) 상에 1 이상의 다이가 제공되는 상황들에서, 마스크 정렬 마크들은 다이들 사이에 위치될 수 있다. 또한, 디바이스 피쳐들 사

이에서 다이들 내에 작은 정렬 마커들이 포함될 수도 있으며, 이 경우 마커들은 인접한 피쳐들과 상이한 여하한 의 이미징 또는 공정 조건들을 필요로 하지 않고, 가능한 한 작은 것이 바람직하다. 정렬 마커들을 검출하는 정렬 시스템은 아래에서 더 설명된다.

[0034] 도시된 장치는 다음 모드들 중 적어도 1 이상에서 사용될 수 있다:

[0035] 1. 스텝 모드에서, 패터닝 디바이스 지지체(예를 들어, 마스크 테이블)(MT) 및 기관 테이블(WT)은 기본적으로 정지 상태로 유지되는 한편, 방사선 빔에 부여된 전체 패턴은 한번에 타겟부(C) 상에 투영된다[즉, 단일 정적 노광(single static exposure)]. 그 후, 기관 테이블(WT)은 상이한 타겟부(C)가 노광될 수 있도록 X 및/또는 Y 방향으로 시프트된다. 스텝 모드에서, 노광 필드의 최대 크기는 단일 정적 노광 시에 이미징되는 타겟부(C)의 크기를 제한한다.

[0036] 2. 스캔 모드에서, 패터닝 디바이스 지지체(예를 들어, 마스크 테이블)(MT) 및 기관 테이블(WT)은 방사선 빔에 부여된 패턴이 타겟부(C) 상에 투영되는 동안에 동기적으로 스캐닝된다[즉, 단일 동적 노광(single dynamic exposure)]. 패터닝 디바이스 지지체(예를 들어, 마스크 테이블)(MT)에 대한 기관 테이블(WT)의 속도 및 방향은 투영 시스템(PS)의 확대(축소) 및 이미지 반전 특성에 의하여 결정될 수 있다. 스캔 모드에서, 노광 필드의 최대 크기는 단일 동적 노광 시 타겟부의 (스캐닝 되지 않는 방향으로의) 폭을 제한하는 반면, 스캐닝 동작의 길이는 타겟부의 (스캐닝 방향으로의) 높이를 결정한다.

[0037] 3. 또 다른 모드에서, 패터닝 디바이스 지지체(예를 들어, 마스크 테이블)(MT)는 프로그램가능한 패터닝 디바이스를 유지하여 기본적으로 정지된 상태로 유지되며, 방사선 빔에 부여된 패턴이 타겟부(C) 상에 투영되는 동안 기관 테이블(WT)이 이동되거나 스캐닝된다. 이 모드에서는, 일반적으로 펄스화된 방사선 소스(pulsed radiation source)가 채택되며, 프로그램가능한 패터닝 디바이스는 기관 테이블(WT)의 매 이동 후, 또는 스캔 중에 계속되는 방사선 펄스 사이사이에 필요에 따라 업데이트된다. 이 작동 모드는 앞서 언급된 바와 같은 타입의 프로그램가능한 거울 어레이와 같은 프로그램가능한 패터닝 디바이스를 이용하는 마스크없는 리소그래피(maskless lithography)에 용이하게 적용될 수 있다.

[0038] 또한, 상술된 사용 모드들의 조합 및/또는 변형, 또는 완전히 다른 사용 모드들이 채택될 수도 있다.

[0039] 리소그래피 장치(LA)는 2 개의 기관 테이블들(WTa 및 WTb), 및 기관 테이블들이 교환될 수 있는 2 개의 스테이션들 - 노광 스테이션 및 측정 스테이션 - 을 갖는 소위 듀얼 스테이지 타입으로 이루어진다. 하나의 기관 테이블 상의 하나의 기관이 노광 스테이션에서 노광되고 있는 동안, 또 다른 기관이 측정 스테이션에서 다른 기관 테이블 상으로 로딩(load)되고 다양한 준비작업 단계들이 수행될 수 있다. 준비작업 단계들은 레벨 센서(LS)를 이용하여 기관의 표면 제어를 매핑(map)하는 단계, 및 정렬 센서(AS)를 이용하여 기관 상의 정렬 마커들의 위치를 측정하는 단계를 포함할 수 있다. 이는 상기 장치의 스루풋을 상당히 증가시킬 수 있다. 위치 센서(IF)가 노광 스테이션뿐 아니라 측정 스테이션에 있는 동안 기관 테이블의 위치를 측정할 수 없는 경우, 두 스테이션들에서 기관 테이블의 위치들이 추적될 수 있도록 제 2 위치 센서가 제공될 수 있다.

[0040] 도 2에 나타난 바와 같이, 리소그래피 장치(LA)는 때때로 리소셀(lithocell) 또는 클러스터라고도 칭하는 리소그래피 셀(LC)의 일부분을 형성하며, 이는 기관 상에 전-노광(pre-exposure) 및 후-노광(post-exposure) 공정들을 수행하는 장치를 포함한다. 이들은 레지스트 층들을 증착시키는 스핀 코터(spin coater: SC), 노광된 레지스트를 현상하는 디벨로퍼(developer: DE), 칠 플레이트(chill plate: CH) 및 베이킹 플레이트(bake plate: BK)를 포함한다. 기관 핸들러 또는 로봇(R0)이 입력/출력 포트들(I/O1, I/O2)로부터 기관들을 집어들고, 상기 기관들을 상이한 공정 장치들 사이에서 이동시킨 후, 리소그래피 장치의 로딩 베이(load bay: LB)로 전달한다. 흔히 집합적으로 트랙이라고도 하는 이러한 디바이스들은, 리소그래피 제어 유닛(LACU)을 통해 리소그래피 장치를 제어하는 감독 제어 시스템(supervisory control system: SCS)에 의해 자체 제어되는 트랙 제어 유닛(TCU)의 제어를 받는다. 따라서, 스루풋과 처리 효율성을 최대화하기 위해 상이한 장치가 작동될 수 있다.

[0041] 본 발명의 실시예들에서 사용하기에 적절한 마이크로 회절 기반 오버레이(micro diffraction based overlay: μ DBO) 메트롤로지 장치가 도 3a에 도시된다. 도 3b에는 타겟 격자(T) 및 회절된 광선(diffracted ray)들이 더 상세히 예시된다. μ DBO 메트롤로지 장치는 독립형 디바이스이거나, 예를 들어 측정 스테이션에서의 리소그래피 장치(LA) 또는 리소그래피 셀(LC)에 통합될 수 있다. 장치 전체에 걸쳐 수 개의 브랜치들을 갖는 광학 축선이 점선(O)으로 나타내어진다. 이 장치에서, 소스(S)(예를 들어, 제논 램프)에 의해 방출된 광이 렌즈들(12, 14) 및 대물 렌즈(16)를 포함한 광학 시스템에 의하여 빔 스플리터(15)를 통해 기관(W) 상으로 지향된다. 이 렌즈들은 4F 구성의 이중 시퀀스(double sequence)로 배치된다. 상이한 렌즈 구성이 여전히 검출기 상에 기관

이미지를 제공하는 것을 전제로 사용될 수 있으며, 동시에 공간-주파수 필터링을 위해 중간 퓨필-평면의 접근을 허용한다. 그러므로, 방사선이 기관 상에 입사하는 각도 범위는, 본 명세서에서 (컬레) 퓨필 평면이라고 칭하는 기관 평면의 공간 스펙트럼을 나타내는 평면 내의 공간 세기 분포를 정의함으로써 선택될 수 있다. 특히, 이는 대물 렌즈 퓨필 평면의 배면-투영된 이미지(back-projected image)인 평면에서 렌즈들(12 및 14) 사이에 적절한 형태의 어퍼처 플레이트(13)를 삽입함으로써 행해질 수 있다. 나타낸 예시에서, 어퍼처 플레이트(13)는 13N 및 13S로 표시된 상이한 형태들을 가지며, 상이한 조명 모드들이 선택되게 한다. 나타낸 예시에서의 조명 시스템은 오프-엑시스(off-axis) 조명 모드를 형성한다. 제 1 조명 모드에서는, 어퍼처 플레이트 13N이 단지 설명을 위해 '북'으로 지정된 방향으로부터 오프-엑시스를 제공한다. 제 2 조명 모드에서는, 어퍼처 플레이트 13S가 유사하지만 '남'으로 표시된 반대 방향으로부터의 조명을 제공하는 데 사용된다. 상이한 어퍼처들을 이용함으로써 다른 조명 모드들이 가능하다. 퓨필 평면의 나머지는 바람직하게는 어두운데(dark), 이는 바람직한 조명 모드 외의 여하한 불필요한 광이 바람직한 측정 신호들과 간섭할 것이기 때문이다.

[0042] 도 3b에 나타낸 바와 같이, 타겟 격자(T)가 대물 렌즈(16)의 광학 축선(O)에 수직인 기관(W)과 배치된다. 축선(O)을 벗어난 각도로부터 격자(T)에 입사하는 조명 광선(I)은 0차 광선[직선(0)] 및 2 개의 1차 광선들[1점쇄선(+1) 및 2점쇄선(-1)]을 발생시킨다. 오버필링되는 작은 타겟 격자를 이용하면, 이 광선들은 메트로로지 타겟 격자(T) 및 다른 피쳐들을 포함한 기관의 영역을 덮는 많은 평행 광선들 중 하나에 불과하다는 것을 기억하여야 한다. 플레이트(13) 내의 어퍼처가 (유용한 양의 광을 수용하는 데 필요한) 유한 폭을 갖기 때문에, 입사 광선들(I)은 사실상 다양한 각도들을 차지할 것이고, 회절된 광선들(0 및 +1/-1)은 확산(spread out)될 것이다. 작은 타겟의 점확산 함수(point spread function)에 따르면, 각각의 차수 +1 및 -1은 나타낸 바와 같은 단일의 이상적인 광선이 아니라, 다양한 각도들에 걸쳐 더 확산될 것이다. 격자 피쳐들 및 조명 각도들은, 대물 렌즈에 들어가는 1차 광선들이 중심 광학 축선과 밀접하게 정렬되도록 설계되거나 조정될 수 있다는 것을 유의한다. 도 3a 및 도 3b에 예시된 광선들은 순전히 다이어그램에서 이들이 더 쉽게 구별될 수 있도록 축선을 벗어나 도시된다.

[0043] 적어도 기관(W) 상의 타겟에 의해 회절된 0차 및 +1차가 대물 렌즈(16)에 의해 수집되고, 빔 스플리터(15)를 통해 다시 지향된다. 도 3a로 되돌아가면, 제 1 및 제 2 조명 모드들은 북(N) 및 남(S)으로 표시된 정반대의 어퍼처들을 지정함으로써 예시된다. 입사 광선(I)이 광학 축선의 북쪽으로부터인 경우, 즉 제 1 조명 모드가 어퍼처 플레이트 13N을 이용하여 적용되는 경우, +1(N)으로 표시되는 +1 회절 광선들이 대물 렌즈(16)에 들어간다. 대조적으로, 제 2 조명 모드가 어퍼처 플레이트 13S를 이용하여 적용되는 경우, [-1(S)로 표시된] -1 회절 광선들이 렌즈(16)에 들어가는 광선들이다.

[0044] 제 2 빔 스플리터(17)가 회절된 빔들을 2 개의 측정 브랜치들로 분할한다. 제 1 측정 브랜치에서는, 광학 시스템(18)이 0차 및 1차 회절 빔들을 이용하여 제 1 센서(19)(예를 들어, CCD 또는 CMOS 센서) 상에 타겟의 회절 스펙트럼(퓨필 평면 이미지)을 형성한다. 각각의 회절 차수가 센서 상의 상이한 지점을 타격하여, 이미지 처리가 차수들을 비교하고 대조하도록 할 수 있다. 센서(19)에 의해 포착된 퓨필 평면 이미지는 메트로로지 장치를 포커싱하고, 및/또는 1차 빔의 세기 측정들을 정규화하는 데 사용될 수 있다. 또한, 퓨필 평면 이미지는 본 발명의 대상이 아닌, 재구성과 같은 많은 측정을 위해 사용될 수 있다.

[0045] 제 2 측정 브랜치에서는, 광학 시스템(20, 22)이 센서(23)(예를 들어, CCD 또는 CMOS 센서) 상에 기관(W) 상의 타겟의 이미지를 형성한다. 제 2 측정 브랜치에서, 퓨필-평면에 대해 컬레인 평면에 어퍼처 스톱(aperture stop: 21)이 제공된다. 어퍼처 스톱(21)은, 센서(23) 상에 형성된 타겟의 이미지가 -1차 또는 +1차 빔으로부터만 형성되도록 0차 회절 빔을 차단하는 기능을 한다. 센서들(19 및 23)에 의해 포착된 이미지들은 이미지 프로세서 및 제어기(PU)로 출력되며, 이들의 기능은 수행되는 측정들의 특정 타입에 의존할 것이다. 본 명세서에서, '이미지'라는 용어는 넓은 의미로 사용된다는 것을 유의한다. 이러한 것으로서 격자 라인들의 이미지는 -1차 및 +1차 중 하나만이 존재하는 경우에 형성되지 않을 것이다.

[0046] 도 3에 나타낸 어퍼처 플레이트(13) 및 필드 스톱(field stop: 21)의 특정 형태들은 순전히 예시들이다. 본 발명의 또 다른 실시예에서, 타겟들의 온-엑시스(on-axis) 조명이 사용되고, 오프-엑시스 어퍼처를 갖는 어퍼처 스톱이 사용되어, 실질적으로 회절된 광의 단 하나의 1차를 센서로 통과시킨다. 다른 실시예들에서, 1차 빔 대신에, 또는 이에 추가하여 2차, 3차 및 고차 빔들(도 3에 도시되지 않음)이 측정에 사용될 수 있다.

[0047] 조명을 이 상이한 타입들의 측정에 적용가능하게 만들기 위해, 어퍼처 플레이트(13)는 디스크 주위에 형성되는 다수의 어퍼처 패턴들을 포함할 수 있으며, 이는 회전되어 제 자리에 원하는 패턴을 야기한다. 대안적으로 또는 추가적으로, 플레이트(13)들의 일 세트가 제공되고 교환(swap)되어 동일한 효과를 달성할 수 있다. 변형가

능한 거울 어레이 또는 투과형 공간 광 변조기와 같은 프로그램가능한 조명 디바이스가 사용될 수도 있다. 조명 모드를 조정하는 또 다른 방식으로서 이동 거울들 또는 프리즘들이 사용될 수 있다.

[0048] 단지 어퍼처 플레이트(13)에 관하여 설명된 바와 같이, 이미징을 위한 회절 차수들의 선택은 대안적으로 퓨필 스톱(21)을 변경함으로써, 또는 상이한 패턴을 갖는 퓨필 스톱으로 대신함으로써, 또는 고정된 필드 스톱을 프로그램가능한 공간 광 변조기로 대체함으로써 달성될 수 있다. 그 경우에, 측정 광학 시스템의 조명 측은 일정하게 유지될 수 있는 한편, 제 1 및 제 2 모드들을 갖는 것은 이미징 측이다. 그러므로, 본 발명에서는 효과적으로 세 가지 유형의 측정 방법들이 존재하며, 각각 그 자신의 장점들 및 단점들을 갖는다. 한 가지 방법에서, 조명 모드는 상이한 차수들을 측정하도록 변화된다. 또 다른 방법에서는, 이미징 모드가 변화된다. 세번째 방법에서는, 조명 및 이미징 모드들은 변화되지 않은 채로 유지되며, 타겟이 180 도 회전된다. 각각의 경우, 원하는 효과는 동일하며, 즉 타겟의 회절 스펙트럼에서 서로 대칭적으로 반대인 비-0차 회절 방사선의 제 1 및 제 2 부분들을 선택하는 것이다. 원칙적으로, 차수들의 원하는 선택은 조명 모드들 및 이미징 모드들을 동시에 변화시키는 것의 조합에 의해 얻어질 수 있지만, 이는 장점 없이 단점들을 야기할 가능성이 있으므로, 더 설명되지 않을 것이다.

[0049] 본 예시들에서 이미징을 위해 사용되는 광학 시스템은 필드 스톱(21)에 의해 제한되는 넓은 입구 퓨필(entrance pupil)을 갖지만, 다른 실시예들 또는 적용예들에서는 이미징 시스템 자체의 입구 퓨필 크기가 원하는 차수로 제한하도록 충분히 작을 수 있고, 이에 따라 필드 스톱의 역할도 한다. 상이한 어퍼처 플레이트들이 도 3c 및 도 3d에 도시되며, 이는 아래에서 더 설명되는 바와 같이 사용될 수 있다.

[0050] 통상적으로, 타겟 격자는 북-남 또는 동-서로 진행되는 격자 라인들로 정렬될 것이다. 다시 말해서, 격자는 기관(W)의 X 방향 또는 Y 방향으로 정렬될 것이다. 어퍼처 플레이트 13N 또는 13S는 한 방향으로(셋업에 의존하여 X 또는 Y) 방위되는 격자들을 측정하기 위해서만 사용될 수 있다는 것을 유의한다. 직교 격자의 측정을 위해서는, 90° 또는 270° 에 걸친 타겟의 회전이 시행될 수 있다. 하지만, 더 편리하게는, 동 또는 서로부터의 조명이 조명 광학기에 제공되며, 이는 도 3c에 나타난 어퍼처 플레이트 13E 또는 13W를 이용한다. 어퍼처 플레이트들(13N 내지 13W)은 개별적으로 형성되고 상호교환될 수 있으며, 또는 이들은 90, 180, 또는 270 도만큼 회전될 수 있는 단일 어퍼처 플레이트일 수 있다. 앞서 언급된 바와 같이, 도 3c에 예시된 오프-엑시스 어퍼처들은 조명 어퍼처 플레이트(13) 대신에 필드 스톱(21)에 제공될 수 있다. 그 경우, 조명은 온-엑시스일 것이다.

[0051] 도 3d는 제 1 및 제 2 쌍들의 조명 모드들을 조합하는 데 사용될 수 있는 제 3 쌍의 어퍼처 플레이트들을 나타낸다. 어퍼처 플레이트 13NW는 북쪽 및 동쪽에 어퍼처들을 갖는 한편, 어퍼처 플레이트 13SE는 남쪽 및 서쪽에 어퍼처들을 갖는다. 이 상이한 회절 신호들 간의 크로스토크(cross-talk)가 너무 크지 않다면, X 및 Y 격자들 모두의 측정들이 조명 모드를 변화시키지 않고 수행될 수 있다.

[0052] 도 4는 알려진 실행에 따라 기관 상에 형성된 복합 타겟(composite target)을 도시한다. 복합 타겟은 메트콜로지 장치의 조명 빔에 의해 형성된 측정 스폿(31) 내에 모두 있도록 함께 밀접하게 위치되는 4 개의 격자들(32 내지 35)을 포함한다. 따라서, 4 개의 격자들은 모두 동시에 조명되고, 동시에 센서들(19 및 23) 상에 이미징된다. 오버레이 측정에 관련된 예시에서, 격자들(32 내지 35)은 자체로 기관(W) 상에 형성된 반도체 디바이스의 상이한 층들에 패터닝되는 오버레이 격자(overlying grating)들에 의해 형성된 복합 격자들이다. 격자들(32 내지 35)은 상이하게 바이어스된 오버레이 오프셋들을 가져, 복합 격자들의 상이한 부분들이 형성되는 층들 간의 오버레이의 측정을 용이하게 할 수 있다. 또한, 격자들(32 내지 35)은 나타난 바와 같이 입사 방사선을 X 및 Y 방향으로 회절시키도록 그 방위가 상이할 수 있다. 일 예시에서, 격자들 32 및 34가 X-방향 격자들이며, 각각 +d, -d의 바이어스들을 갖는다. 이는 격자 32가 오버레이 구성요소들을 갖고, 이들은 둘 다 이들의 공칭 위치들에 정확히 프린트되는 경우, 구성요소들 중 하나가 다른 하나에 대해 거리 d만큼 오프셋되도록 배치된다는 것을 의미한다. 격자 34는 완벽히 프린트되는 경우에 제 1 격자 등과 반대 방향으로 d의 오프셋이 존재하도록 배치되는 구성요소들을 갖는다. 격자들 33 및 35는 Y-방향 격자들이며, 각각 오프셋들 +d 및 -d를 갖는다. 4 개의 격자들이 예시되지만, 또 다른 실시예는 원하는 정확성을 얻기 위해 더 많은 매트릭스를 필요로 할 수 있다. 예를 들어, 3 x 3 어레이의 9 개의 복합 격자들이 -4d, -3d, -2d, -d, 0, +d, +2d, +3d, +4d 바이어스들을 가질 수 있다. 이 격자들의 개별 이미지들이 센서(23)에 의해 포착되는 이미지에서 식별될 수 있다.

[0053] 도 5는 도 3d로부터의 어퍼처 플레이트들(13NW 또는 13SE)을 이용하는 도 3의 장치에서 도 4의 타겟을 이용하여 센서(23) 상에 형성되고 센서(23)에 의해 검출될 수 있는 이미지의 일 예시를 나타낸다. 퓨필 평면 이미지 센서(19)는 상이한 개별적 격자들(32 내지 35)을 분해할 수 없지만, 이미지 센서(23)는 그렇게 할 수 있다. 어두운 직사각형은 센서 상의 이미지의 필드를 나타내며, 이 안에서 기관 상의 조명된 스폿(31)은 대응하는 원형 영

역(41)으로 이미징된다. 이 안에서, 직사각형 영역들(42 내지 45)은 작은 타겟 격자들(32 내지 35)의 이미지들을 나타낸다. 격자들이 제품 영역들 내에 위치되는 경우, 제품 피쳐들도 이 이미지 필드의 주변부(periphery) 내에 보일 수 있다. 이미지 프로세서 및 제어기(PU)가 격자들(32 내지 35)의 개별 이미지들(42 내지 45)을 식별하기 위해 패턴 인식을 이용하여 이 이미지들을 처리한다. 이 방식에서, 이미지들은 센서 프레임 내의 특정한 위치에 매우 정밀하게 정렬될 필요가 없으며, 이는 전체적으로 측정 장치의 스루풋을 매우 개선시킨다. 하지만, 이미징 공정이 이미지 필드에 걸쳐 비-균일성을 갖는 경우에 정확한 정렬의 필요성이 남는다. 본 발명의 일 실시예에서, 4 개의 위치들(P1 내지 P4)이 식별되고, 격자들은 이 알려진 위치들과 가능한 한 많이 정렬된다.

[0054] 일단 격자들의 개별 이미지들이 식별되면, 그 개별적인 이미지들의 세기들은 예를 들어 식별된 영역들 내의 선택된 픽셀 세기 값들을 합산하거나 평균함으로써 측정될 수 있다. 이미지들의 세기들 및/또는 다른 특성들이 서로 비교될 수 있다. 이 결과들은 리소그래피 공정의 상이한 파라미터들을 측정하도록 조합될 수 있다. 오버레이 성능은 이러한 파라미터의 중요한 예시이며, 2 개의 리소그래피 층들의 측방향 정렬(lateral alignment)의 측정이다. 오버레이는 더 구체적으로, 예를 들어 저부 격자의 최상부의 중심과 대응하는 최상부 격자의 저부 간의 측방향 위치 차이로서 정의될 수 있다.

[0055] 다크 필드 메트롤로지의 예시들은 국제 특허 출원 WO 2009/078708 및 WO 2009/106279에서 찾아볼 수 있으며, 이 문서들은 본 명세서에서 그 전문이 인용참조된다. 기술의 추가 개발들이 특허 공개공보 US20110027704A, US20110043791A 및 US20120123581에서 설명되었다. 이 출원들 모두의 기재내용들도 본 명세서에서 인용참조된다.

[0056] 도 6은, 예를 들어 출원 WO 2011/012624에서 설명된 방법을 이용하여, 성분 격자들(32 내지 35)을 포함한 두 층들 간의 오버레이 오차가 +1차 및 -1차 다크 필드 이미지들의 세기들을 비교함으로써 드러나는 바와 같은 격자들의 비대칭을 통해 측정되는 방식을 예시한다. 단계 S1에서, 기관, 예를 들어 반도체 웨이퍼가 도 2의 리소그래피 셀을 통해 한 번 이상 처리되어, 오버레이 타겟들(32 내지 35)을 포함한 구조체를 생성한다. S2에서, 도 3의 메트롤로지 장치를 이용하여, 격자들(32 내지 35)의 이미지가 1차 회절 빔들 중 하나만(가령 -1)을 이용하여 얻어진다. 그 후, 메트롤로지 장치의 시야에서 기관(W)을 180° 만큼 회전시킴으로써, 또는 조명 모드를 변화시키거나, 이미징 모드를 변화시킴으로써, 다른 1차 회절 빔(+1)을 이용하는 격자들의 제 2 이미지가 얻어질 수 있다(단계 S3). 결과적으로, +1 회절 방사선은 제 2 이미지에서 포착된다.

[0057] 각각의 이미지에서 1차 회절 방사선 중 절반만을 포함함으로써, 본 명세서에서 언급되는 '이미지들'은 종래의 다크 필드 현미경 이미지들이 아니라는 것을 유의한다. 개별적인 격자 라인들은 분해되지 않을 것이다. 각각의 격자가 소정 세기 레벨의 영역에 의해 간단히 표현될 것이다. 단계 S4에서, 관심 구역(ROI)이 각각의 성분 격자의 이미지 내에서 신중하게 식별되고, 이로부터 세기 레벨들이 측정될 것이다. 이는, 특히 개별적인 격자 이미지들의 에지들 주위에서, 세기 값들이 레지스트 두께, 조성, 라인 형상과 같은 공정 변수들, 및 일반적으로 에지 효과들에 크게 의존할 수 있기 때문에 행해진다.

[0058] 각각의 개별적인 격자에 대한 ROI가 식별되고 그 세기가 측정되면, 그 후 격자 구조체의 비대칭 및 이에 따른 오버레이 오차가 결정될 수 있다. 이는 이미지 프로세서 및 제어기(PU)에 의해, 각각의 격자(32 내지 35)에 대한 +1차 및 -1차에 대해 얻어지는 세기 값들을 비교하여, 이들 세기의 여하한의 차이를 식별하는 단계 S5에서, 및 격자들의 오버레이 바이어스들의 정보로부터 타겟(T) 부근의 오버레이 오차를 결정하는 단계 S6에서 행해진다.

[0059] 앞서 언급된 종래 출원들에서, 앞서 언급된 기본적인 방법을 이용하여 오버레이 측정들의 질을 개선하는 다양한 기술들이 개시된다. 예를 들어, 이미지들 간의 세기 차이들은 상이한 측정들에 사용되는 광학 경로들의 차이들에 기인할 수 있으며, 순전히 타겟 내의 비대칭에만 기인하지는 않는다. 조명 소스(11)는 조명 스폿(31)의 세기 및/또는 위상이 균일하지 않도록 이루어질 수 있다. 예를 들어, 센서(23)의 이미지 필드에서의 타겟 이미지의 위치를 참조하여, 이러한 오차들을 최소화하도록 보정들이 결정되고 적용될 수 있다. 이 기술들은 종래 출원들에서 설명되며, 본 명세서에서는 더 상세히 설명되지 않을 것이다. 이들은 본 출원에 신규하게 개시된 기술들과 조합하여 사용될 수 있으며, 이는 이제 설명될 것이다.

[0060] 이 방법에 따른 오버레이 측정들은, 측정된 비대칭이 격자 층들 간의 실제 오버레이 시프트에만 비례한다고 가정한다. 하지만, 이는 측정된 비대칭이 격자들의 생성 시 발생하는 피쳐 비대칭 효과들에 의해서도 영향을 받기 때문에 반드시 그렇지는 않다. 이 피쳐 비대칭 효과들은 측벽 각도 비대칭 및 바닥-경사(floor-tilt)를 포함하고, 1차 비대칭-기반 오버레이 측정을 교란시킨다. 이는 측정에 대한 바이어스, 및 이에 따라 부정확한 오

버레이 측정을 유도할 것이다.

- [0061] 도 7은 음으로 바이어스된(negatively biased) 격자의 비대칭(A-)의 함수로서 양으로 바이어스된(positively biased) 격자의 비대칭(A+)을 결정함으로써, 회절-기반 오버레이 측정들(DBO 및 μ DBO)을 분석하기 위해 A+ 대 A- 회귀(A+ versus A- regression)를 이용하도록 도 6의 흐름도의 단계 S6을 구성하는 흐름도이다. 단계S6-1에서, 다수의 상이한 측정된 플롯 픽셀들 및/또는 다수의 상이한 파장-편광 조합들에 대해(즉, 다수의 상이한 조명 조건들 또는 조명 "레시피(recipe)들"에 대해) A+ 및 A-가 결정된다. 이후, 단계 S6-2에서, A+의 결정된 값들은 A-의 결정된 값들에 대해 플롯이 구성되어, 오버레이를 산출한다.
- [0062] 도 8은 단지 존재하는 비대칭이 바이어스 및 오버레이로 인한 비대칭이도록 피쳐 비대칭을 갖지 않는 오버레이 격자들의 A-에 대한 A+의 플롯이다. 이 경우, A+ 및 A- 간의 관계는 원점을 통하는 직선 상에 놓인다. 현저하게, 모든 측정된 파장-편광 조합들이 이 라인 상에 놓인다. 이 라인의 기울기는 오버레이에 관련된다. 도면은 4 개의 라인들을 나타낸다:
- [0063] OV=0으로 표시된 점선은 0 오버레이를 나타내는 라인이며, -1의 기울기를 갖는다;
- [0064] OV→∞으로 표시된 점선은 오버레이가 무한대로 접근함을 나타내는 +1의 기울기를 갖는 라인이다;
- [0065] OV<0으로 표시된 직선은 0보다 작은 오버레이를 나타내는 -1보다 작은 기울기를 갖는 라인이다; 및
- [0066] OV>0으로 표시된 직선은 0보다 큰 오버레이를 나타내는 -1보다 큰 기울기를 갖는 라인이다.
- [0067] 추가적으로, +d와 같은 오버레이가 y-축을 따라 플롯 라인을 유도하고; -d와 같은 오버레이가 x-축을 따라 플롯 라인을 유도함을 알 수 있으며, 이때 d는 격자 바이어스이다.
- [0068] A+ 대(versus) A- 회귀를 사용하는 것이 제안되며, 이는:
- [0069] 데이터 세트를 통해 피팅된 라인의 기울기의 결정에 의해, 피쳐 비대칭으로 인한 기여가 없을 때 올바른 오버레이를 측정하고 -라인은 반드시 원점을 통해 피팅되지는 않음- ;
- [0070] 원점으로부터의 라인의 오프셋을 통해[즉, 절편 항(intercept term)으로부터] 웨이퍼에 걸친 피쳐 비대칭의 분석을 가능하게 하고;
- [0071] 피쳐 비대칭에 최소로 민감한 파장-편광 조합(들)의 선택에 의해 조명 레시피-최적화를 수행하기 위한 것이다.
- [0072] 도 9는 단계 S6-2에서 플롯이 구성될 수 있는 이 실시형태들 중 처음 2 개를 예시하는 A-에 대한 A+의 플롯이다. 앞서 설명된 알려진 방법에 따르면, 데이터 포인트들(930)이 원점을 통하는 라인(900)과 피팅될 것이다. 하지만, 이 실시예에서, 데이터 포인트들은 최적 피팅(best fit) 방법(예를 들어, 최소제곱법)에 따라 필연적으로 원점을 통하지 않는 라인(910)에 의해 피팅된다(단계 S6-3). 이 방식에서, 오버레이는 여전히 라인(910)의 기울기로부터 계산될 수 있다(단계 S6-4); 라인 910이 라인 920과 평행하다는 것을 알 수 있으며, 라인 920은 피쳐 비대칭을 갖지 않는 동일한 측정된 구조체에 대해 나타낸다. 라인 920(라인은 라인 910과 동일한 기울기를 갖지만 원점을 통해 플롯이 구성됨)으로부터의 라인 910의 오프셋인 라인 910의 축 절편은 정량적으로 피쳐 비대칭의 효과를 나타낸다(단계 S6-5).
- [0073] d, 타겟의 2 개의 대칭적으로 바이어스된 격자들의 오버레이-바이어스, 및 기울기, 라인 910의 기울기를 이용하면, 오버레이는 도 9로부터 다음과 같이(비대칭과 오버레이 간의 선형화된 관계로) 계산될 수 있다:
- [0074]
$$overlay = d \cdot \frac{slope + 1}{slope - 1} \quad (\text{수학식 1})$$
- [0075] 피쳐-주기적 사인-관계(pitch-periodic sine-relation)에 대해, 오버레이는 이와 유사하게 다음과 같이 이해될 수 있다:
- [0076]
$$overlay = \frac{pitch}{2\pi} \operatorname{atan} \left\{ \frac{slope + 1}{slope - 1} \cdot \tan \left(\frac{2\pi \cdot d}{pitch} \right) \right\} \quad (\text{수학식 2})$$
- [0077] 이때, 피치는 격자 피치이다.
- [0078] 도 10a는 피쳐 비대칭을 갖지 않는 격자들에 대한, 상이한 편광-파장 조합들의 (시뮬레이션된) 데이터의 A-에 대한 A+의 플롯이다. 모든 데이터가 앞서 설명된 바와 같이 동일한 라인 상에 피팅됨을 알 수 있다. 도 10b는 도 10a의 플롯과 유사하지만, 피쳐 비대칭, 구체적으로는 0.5 nm 바닥-경사가 존재하는 플롯을 나타낸다. 두

경우들에서, 원으로 표시된 데이터가 TE 방사선을 나타내고, X로 표시된 데이터가 TM 방사선을 나타낸다. 여기에서 볼 수는 없지만, 라인을 따르는 위치가 (주어진 편광에 대한) 파장에 의해 크게 결정되어, 더 짧은 (자색) 파장들이 라인의 상단(A+=6 내지 8)에서 발견되기 쉽고, 더 긴 (적색) 파장들이 라인의 하단에서 발견되기 쉽다.

[0079] 도 10b로부터, 선형 관계로부터의 파장- 및 편광-의존적 편차가 원점 주위의 구역(1000)에서 관찰됨을 알 수 있다. 0.5 nm 바닥-경사의 이 예시에서, 오버레이 감도는 TE 편광에 대해 최소이다. 또한, 최대 K-값[오버레이와 비대칭 간의 비례 인자(proportionality factor)], 즉 오버레이에 대한 최대 감도를 갖는 데이터가 쉽게 식별될 수도 있으며, 이는 여전히 원점으로부터 가장 먼 선형 관계를 나타내는 데이터(1010)이다. 이 예시에서의 데이터(1010)는 단파장(자색) 구역 내의 방사선에 대한 것이다. 결과적으로, 이와 같은 플롯은 격자를 측정하는 경우에 오버레이에 가장 민감하고 피쳐 비대칭에 가장 덜 의존적인 데이터(1010)를 산출하는 최적 조명 레시피의 선택(선택적인 단계 S6-6)을 허용한다.

[0080] 실제 오버레이 레시피 최적화에서는, 웨이퍼에 걸친 다수의 측정들이 상이한 색들 및 편광들에 대해 수행되어, 웨이퍼들 상의(예를 들어, 예지에서의) 모든 가능한 피쳐 비대칭들이 고려되도록 해야 한다. 일단 최적 레시피가 선택되면, 측정들은 이 단일 파장-편광-어퍼처 조합으로 수행될 수 있다.

[0081] 단일 파장-편광-어퍼처 조합들 중 어느 것도 충분한 피쳐 비대칭 견고성을 제공하고 있지 않다면, 앞서 설명된 A+ 대 A- 회귀 분석과 조합된 이 방법을 이용하여 2 또는 3 개의 세팅들의 조합을 식별하는 것이 가능할 수 있다. 이는 각각의 개별적인 세팅이 데이터 엔트리들의 클라우드를 산출하고, 2 내지 3 개의 세팅들을 통하는 라인이 비-0 축선 차단(non-zero axis cut-off)을 나타내는 경우일 수 있다; 이러한 라인의 기울기는 여전히 비교적 비대칭 견고한 오버레이 데이터를 산출할 것이다. 이를 위해, 2 또는 3 개의 세팅들이 실제 오버레이 측정들을 위해 필요하다.

[0082] 도 11은 피쳐 비대칭이 비대칭(A) 대 오버레이(OV)의 그래프 상에 플롯 구성된 데이터에서 수직 오프셋(K0)을 유도하는 것을 나타낸다. 라인 1100이 비대칭을 갖지 않는 격자 구조체에 대한 데이터를 피팅하고, 라인 1110이 약간의 비대칭을 갖는 격자 구조체에 대한 데이터를 피팅한다. $A = K1 \sin(OV)$ 을 나타낼 수 있다.

[0083] 매우 큰 피쳐 비대칭들에 대해, 본 명세서에서 설명된 방법들은 라인으로부터의 상당한 편차들을 나타낸다. 이는 도 12a에 예시되며, 이는 큰 피쳐 비대칭을 갖는 격자들에 대한 A+ 대 A- 플롯 상의 시뮬레이션 데이터를 나타낸다(유의: K0는 이 모델에서 퓨필에 걸쳐 일정함). 알 수 있는 바와 같이, 데이터 포인트들은 모두 라인에 가깝거나 놓이지는 않으며, 이는 데이터에 대한 피팅을 매우 어렵게 만든다.

[0084] 이에 대응하기 위해, 앞선 방법들에 추가하여, 제 3 격자(또는 격자 쌍)가 사용되어 격자 구조체가 3 개의 상이한 바이어스들을 갖는 격자들을 포함하도록 할 수 있다. 특정 실시예에서는, +d 및 -d 격자들에 추가하여 어떠한 바이어스도 갖지 않는 격자가 제공된다. 이는 상대적 비대칭의 추출을 가능하게 하며, 이는 A+-A0 대 A--A0의 그래프 상에 플롯 구성될 수 있고(도 12b), 이때 A0는 0-바이어스된 격자의 비대칭이다. 결과적인 데이터는 피쳐 비대칭에 훨씬 덜 민감하며(모든 데이터 포인트들이 본질적으로 동일한 라인 상에 놓임), 이는 큰 피쳐 비대칭의 존재 시에도 오버레이의 추출을 가능하게 한다는 것을 알 수 있다. K0는 이 실시예에서 퓨필에 걸쳐 변하도록 허용된다는 것을 유의하여야 한다. 이러한 측정들은 피쳐 비대칭이 스택 내에 존재하는지를 결정하는데 사용될 수 있다. 이 방법을 이용하여, 비대칭(A)은 다음과 같이 계산될 수 있다:

[0085]
$$A = K0 + K1 \sin(OV)$$

[0086] 이는 2-바이어스 예시에 비해, 다음의 오차 감소를 유도한다:

[0087]
$$\frac{2K_0d}{A_{-d} - A_{+d}}$$

[0088] 이 방법에 적절한 격자 구조체가 도 13에 예시된다. 이는 음의 바이어스(-d)를 갖는 2 개의 상호 수직인 격자들, 0의 바이어스를 갖는 2 개의 상호 수직인 격자들, 및 양의 바이어스(+d)를 갖는 2 개의 상호 수직인 격자들을 포함한다. 이러한 격자 구조체는 μ DBO 타겟들에 사용되는 바와 같은 작은 타겟 디자인에 직접 적용가능하다.

[0089] 이 방법은 본 명세서에 설명된 다른 것들과 조합될 수 있다. 예를 들어, 실험적으로 가장 덜 민감한 파장 및 편광을 선택하는 레시피 최적화에 의해 공정-비대칭 감도가 감소될 수 있다.

- [0090] 요약하면, 제 1 바이어스 비대칭 대 제 2 바이어스 비대칭 회귀를 이용하는 오버레이 분석- 및 레시피-선택 방법은:
- [0091] 최소 '퓨필-시그마'의 분석[예를 들어, 최소 제곱(least-squares)의 의미에서 라인 상에 최적 피팅되는 레시피 세팅];
- [0092] 처리-비대칭 감도의 분석(선형 의존성이 없는 경우, 또는 원점에 대한 이 라인의 오프셋);
- [0093] '선형' 및 'ATAN' 모델의 퓨필에 걸친 모델-일관성의 테스트; 및
- [0094] 웨이퍼에 걸친 처리 비대칭의 분석을 포함할 수 있다.
- [0095] 또한, 제안된 레시피 선택 및 오버레이 분석 방법은 여하한 스택 정보가 수행될 필요가 없다는 것을 유의하여야 한다.
- [0096] 퓨필-기반 분석에 대해, 본 명세서에서 설명된 방법들은 올바르게는 K-값(오버레이와 비대칭 간의 비례 인자)이 부호를 변화시키는 데이터 포인트들을 포함한다. 이는 잠재적으로 우수한 측정을 위해 이용가능한 레시피-세팅들의 범위를 확장하고, (예를 들어) 선형성-범위와 같은 다른 파라미터들에 기초한 선택을 가능하게 한다.
- [0097] 이상, 도 9에 나타난 바와 같은 회귀 라인(regressed line: 910)의 기울기로부터 오버레이가 추산될 수 있음이 설명되었다. 스택 내의 피쳐 비대칭은 이 회귀 라인을 원점으로부터 시프트되게 한다. 회귀 라인의 이 시프트가 효과적으로 피쳐 비대칭을 관찰한다.
- [0098] 또한, 이 측정된 비대칭 시프트를 이용함으로써 웨이퍼에 걸쳐 추산된 오버레이를 보정하는 것이 제안된다. 웨이퍼 측정들이 주어지면, 추산된 오버레이와 측정된 비대칭 시프트 간의 공분산(covariance)은 웨이퍼에 걸친 이 두 측정들 간의 상관관계가 존재함을 명백히 나타낸다. 따라서, 측정된 비대칭 시프트의 함수로서 웨이퍼에 걸쳐 추산된 오버레이를 보정하는 것이 제안된다. 최적 보정을 발견하기 위해, TE 편광 방사선으로 추산된 오버레이와 TM 편광 방사선으로 추산된 오버레이 간의 차이를 최소화하는 최소화(예를 들어, 최소제곱과 같은 선형 최소화)가 셋업될 수 있다.
- [0099] 이러한 방법은 다음 단계들을 포함할 수 있다:
- [0100] TE 편광 방사선 및 TM 편광 방사선을 둘 다(개별적으로) 이용하여 웨이퍼 상의 다수 위치들에서 상기 방법의 단계 S6-1 내지 단계 S6-5를 수행하는 단계. 이 측정들의 결과로서, 각각의 웨이퍼 위치에서의 오버레이(라인 기울기) 및 공정 비대칭(라인 오프셋)에 대한 추산들이 TE 편광 방사선 및 TM 편광 방사선 둘 모두에 대해 얻어질 것이다.
- [0101] 측정된 공정 비대칭의 함수로서 웨이퍼에 걸친 추산된 오버레이에 대한 보정을 발견하기 위해 앞선 단계에서 추산된 TE 편광 방사선으로 추산된 오버레이와 TM 편광 방사선으로 추산된 오버레이 간의 차이를 최소화하는 단계.
- [0102] 도 14는 설명된 바와 같은 공정 비대칭에 대한 보정들이 TE 및 TM 방사선으로 추산된 오버레이 간의 차이를 최소화한다는 것을 예시한다. 도 14a 및 도 14b는 TE 방사선 및 TM 방사선을 각각 이용하여 웨이퍼에 걸쳐 수행된 보정되지 않은 오버레이 측정들의 표현들을 나타낸다. 도 14c는 도 14a 및 도 14b의 측정들 간의 차이이다. 도 14d 및 도 14e는 TE 방사선 및 TM 방사선을 각각 이용하여 웨이퍼에 걸쳐 수행되고; 이 실시예에 따라 보정된 오버레이 측정들의 표현들을 나타낸다. 도 14f는 도 14d 및 도 14e의 측정들 간의 차이이다. TE 오버레이 측정들과 TM 오버레이 측정들 간의 차이는 보정되지 않은 오버레이 측정들에 대한 것보다 보정된 오버레이 측정들에 대해 더 작다는 것을 명백히 알 수 있다.
- [0103] 이 방법의 효력의 추가 증거로, 오버레이가 3 개의 개별 파장 TE/TM 측정 쌍들에 대응하는 3 개의 개별 데이터 세트들에 걸쳐 독립적으로 계산되었다. 이 3 개의 세트들 간의 추산된 오버레이의 차이들이 고려되었다. 개별 파장들 및 편광들로 측정된 오버레이 차이의 RMS가 x 및 y 방향 모두에 대해 0.2 nm 개선되어, 정확성에 있어서 70 % 개선을 유도하였음이 관찰되었다.
- [0104] 또한, 본 명세서에 기재된 기술들은 표준 타겟들이라고도 칭해지는 큰 스케터로미터 타겟들에 적용될 수 있음을 주목한다. 예를 들어, 도 3의 장치를 이용하여, 이 더 큰 타겟들에서의 오버레이는 다크-필드 이미징 브랜치 및 센서(23)에서 수행된 측정들 대신에, 또는 이에 추가하여 퓨필 이미지 센서(19)를 이용한 각도-분해 스케터로메트리(angle-resolved scatterometry)에 의해 측정될 수 있다.

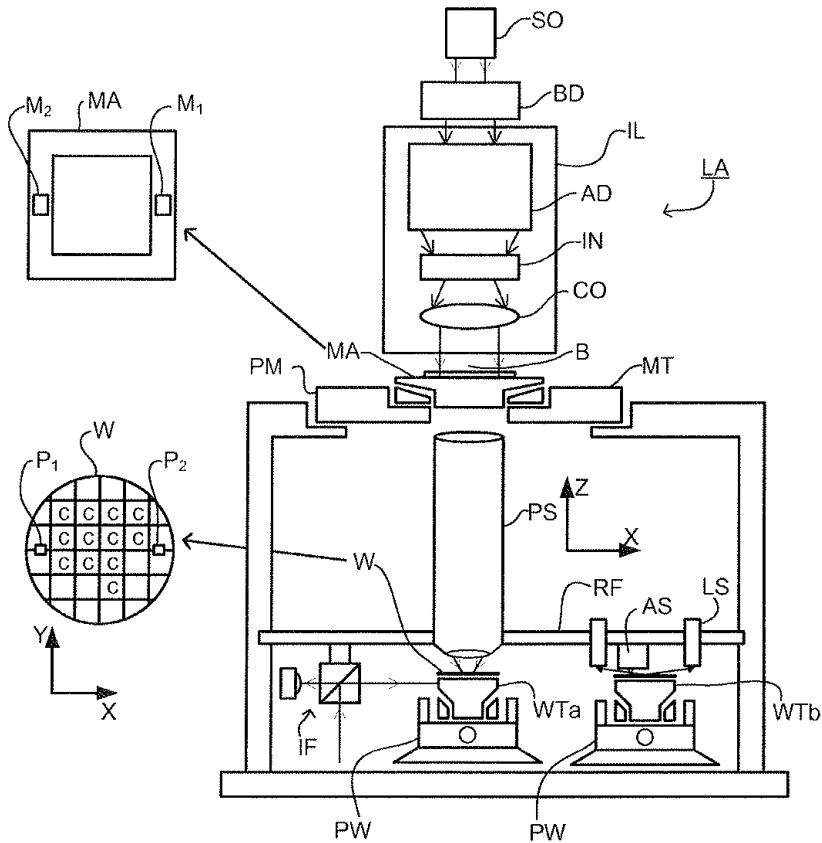
- [0105] 또한, 이 제안에서의 타겟들은 저부 격자 비대칭(BGA)을 고려하지 않은 표준 오버레이 계산 방법들('선형'- 및 'ATAN'-방법)이 측정으로부터 적용되게 한다.
- [0106] 앞서 설명된 타겟 구조체들이 명확하게 측정을 위해 설계되고 형성된 메트롤로지 타겟들이지만, 다른 실시예들에서는 특성들이 기관 상에 형성된 디바이스들의 기능적 부분들인 타겟들 상에서 측정될 수 있다. 많은 디바이스들은 규칙적인, 격자-형 구조체들을 갖는다. 본 명세서에서 사용된 바와 같은 '타겟 격자' 및 '타겟 구조체'라는 용어들은 구조체가 수행되는 측정에 대해 명확하게 제공될 것을 요구하지 않는다.
- [0107] 기관들 및 패터닝 디바이스들 상에 실현된 바와 같은 타겟들의 물리적 격자 구조체들과 관련하여, 일 실시예는 리소그래피 공정에 관한 정보를 얻기 위해 기관 상의 타겟들을 측정하고 및/또는 측정들을 분석하는 방법들을 설명하는 기계-판독가능한 명령어들의 1 이상의 시퀀스를 포함한 컴퓨터 프로그램을 포함할 수 있다. 이 컴퓨터 프로그램은, 예를 들어 도 2의 제어 유닛(LACU) 및/또는 도 3의 장치 내의 유닛(PU) 내에서 실행될 수 있다. 또한, 이러한 컴퓨터 프로그램이 저장되어 있는 데이터 저장 매체(예를 들어, 반도체 메모리, 자기 또는 광학 디스크)가 제공될 수 있다. 예를 들어, 도 3에 나타난 타입의 기존 메트롤로지 장치가 이미 생산중 및/또는 사용중인 경우, 본 발명은 업데이트된 컴퓨터 프로그램 제품들의 제공에 의해 구현될 수 있으며, 이는 프로세서가 변형된 단계 S6(단계 S6-1 내지 단계 S6-6 포함)을 수행하고, 이에 따라 피쳐 비대칭에 대한 감소된 감도로 오버레이 오차를 계산하게 한다. 선택적으로, 상기 프로그램은 적절한 복수의 타겟 구조체들에 대한 비대칭의 측정을 위해 단계 S2 내지 단계 S5를 수행하기 위하여, 광학 시스템, 기관 지지체 등을 제어하도록 배치될 수 있다.
- [0108] 이상, 광학 리소그래피와 관련하여 본 발명의 실시예들의 특정 사용예를 언급하였지만, 본 발명은 다른 적용예들, 예를 들어 임프린트 리소그래피에 사용될 수 있으며, 본 명세서가 허용한다면 광학 리소그래피로 제한되지 않는다는 것을 이해할 것이다. 임프린트 리소그래피에서, 패터닝 디바이스 내의 토포그래피(topography)는 기관 상에 생성된 패턴을 정의한다. 패터닝 디바이스의 토포그래피는 전자기 방사선, 열, 압력 또는 그 조합을 인가함으로써 레지스트가 경화되는 기관에 공급된 레지스트 층으로 가압될 수 있다. 패터닝 디바이스는 레지스트가 경화된 후에 그 안에 패턴을 남기는 레지스트로부터 이동된다.
- [0109] 본 명세서에서 사용된 "방사선" 및 "빔"이라는 용어는 이온 빔 또는 전자 빔과 같은 입자 빔뿐만 아니라, (예를 들어, 365, 355, 248, 193, 157 또는 126 nm, 또는 그 정도의 파장을 갖는) 자외(UV) 방사선 및 (예를 들어, 5 내지 20 nm 범위 내의 파장을 갖는) 극자외(EUV) 방사선을 포함하는 모든 형태의 전자기 방사선을 포괄한다.
- [0110] 본 명세서가 허용하는 "렌즈"라는 용어는, 굴절, 반사, 자기, 전자기 및 정전기 광학 구성요소들을 포함하는 다양한 형태의 광학 구성요소들 중 어느 하나 또는 그 조합으로 언급될 수 있다.
- [0111] 특정 실시예들의 앞선 설명은, 당업계의 지식을 적용함으로써, 다양한 적용들에 대해 본 발명의 일반적인 개념을 벗어나지 않고 지나친 실험 없이 이러한 특정 실시예들을 쉽게 변형하고, 및/또는 응용할 수 있도록 본 발명의 일반적인 성질을 전부 드러낼 것이다. 그러므로, 이러한 응용에 및 변형예들은 본 명세서에 나타난 교시 및 안내에 기초하여, 기재된 실시예들의 균등물의 의미 및 범위 내에 있도록 의도된다. 본 명세서에서, 어구 또는 전문 용어는 예시에 의한 설명을 위한 것이며 제한하려는 것이 아니므로, 당업자라면 본 명세서의 전문 용어 또는 어구가 교시 및 안내를 고려하여 해석되어야 한다는 것을 이해하여야 한다.
- [0112] 본 발명의 범위와 폭은 상술된 예시적인 실시예들 중 어느 것에 의해서도 제한되지 않아야 하며, 다음의 청구항 및 그 균등물에 따라서만 정의되어야 한다.
- [0113] 본 명세서의 요약 및 초록 부분(Summary and Abstract sections)이 아닌, 발명의 상세한 설명 부분(Detailed Description section)이 청구항을 해석하는 데 사용되도록 의도된다는 것을 이해하여야 한다. 요약 및 초록 부분은 1 이상을 설명할 수 있지만, 발명자(들)에 의해 의도(contemplate)된 본 발명의 모든 예시적인 실시예를 설명하지는 않으므로, 어떠한 방식으로든 본 발명 및 첨부된 청구항을 제한하지는 않는다.
- [0114] 이상, 본 발명은 명시된 기능들 및 그 관계들의 구현을 예시하는 기능 구성 블록(functional building block)들의 도움으로 설명되었다. 본 명세서에서, 이 기능 구성 블록들의 경계들은 설명의 편의를 위해 임의로 정의되었다. 명시된 기능들 및 그 관계들이 적절히 수행되는 한, 대안적인 경계들이 정의될 수 있다.
- [0115] 특정 실시예들의 앞선 설명은, 당업계의 지식을 적용함으로써, 다양한 적용들에 대해 본 발명의 일반적인 개념을 벗어나지 않고 지나친 실험 없이 이러한 특정 실시예들을 쉽게 변형하고, 및/또는 응용할 수 있도록 본 발명의 일반적인 성질을 전부 드러낼 것이다. 그러므로, 이러한 응용에 및 변형예들은 본 명세서에 나타난 교시 및

안내에 기초하여, 기재된 실시예들의 균등물의 의미 및 범위 내에 있도록 의도된다. 본 명세서에서, 어구 또는 전문 용어는 설명을 위한 것이며 제한하려는 것이 아니므로, 당업자라면 본 명세서의 전문 용어 또는 어구가 교시 및 안내를 고려하여 해석되어야 한다는 것을 이해하여야 한다.

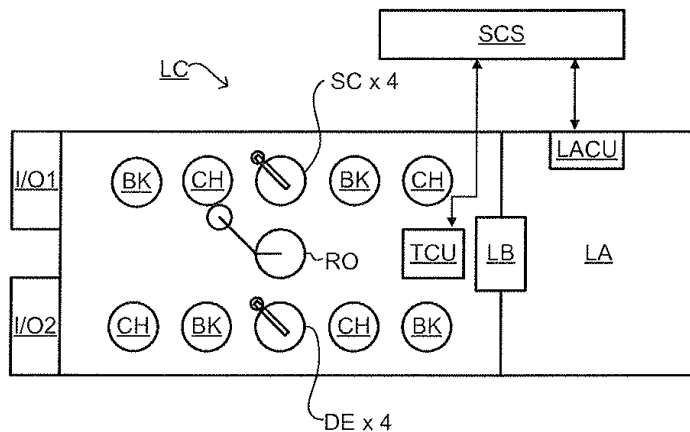
[0116] 본 발명의 범위와 폭은 상술된 예시적인 실시예들 중 어느 것에 의해서도 제한되지 않아야 하며, 다음의 청구항 및 그 균등물에 따라서만 정의되어야 한다.

도면

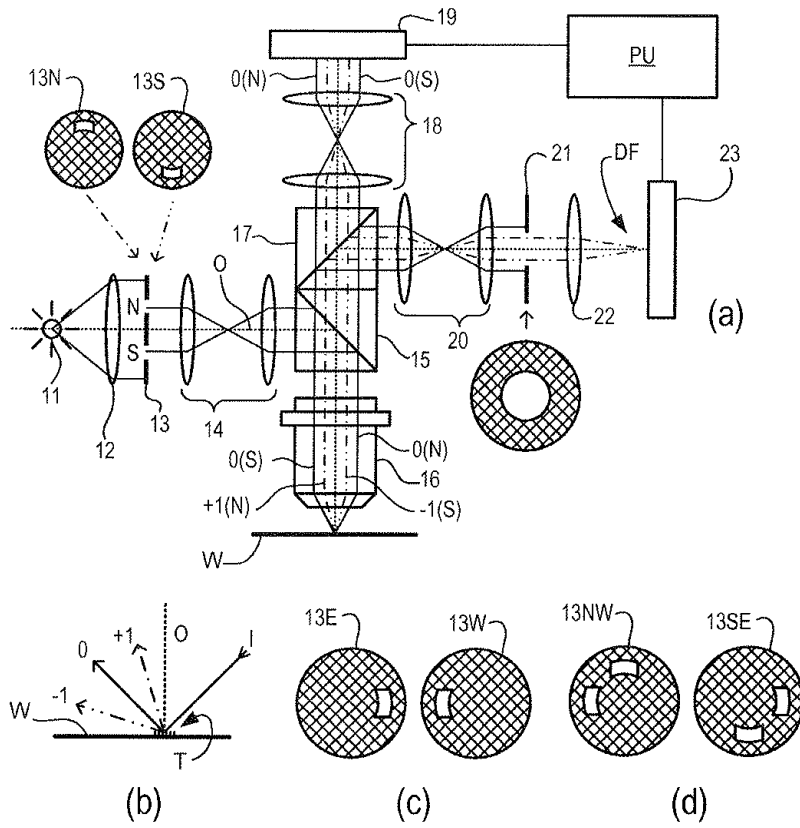
도면1



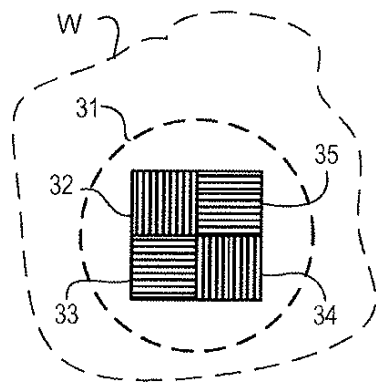
도면2



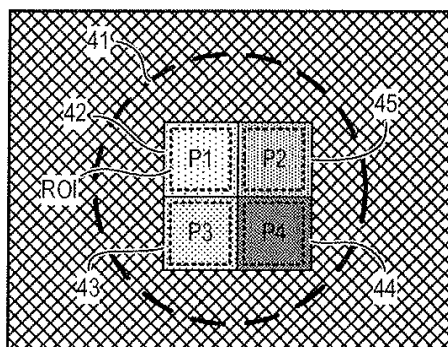
도면3



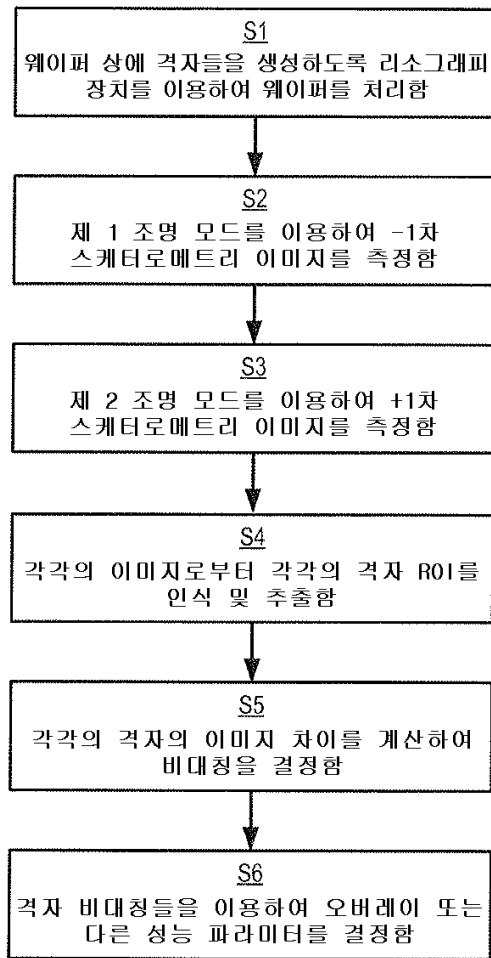
도면4



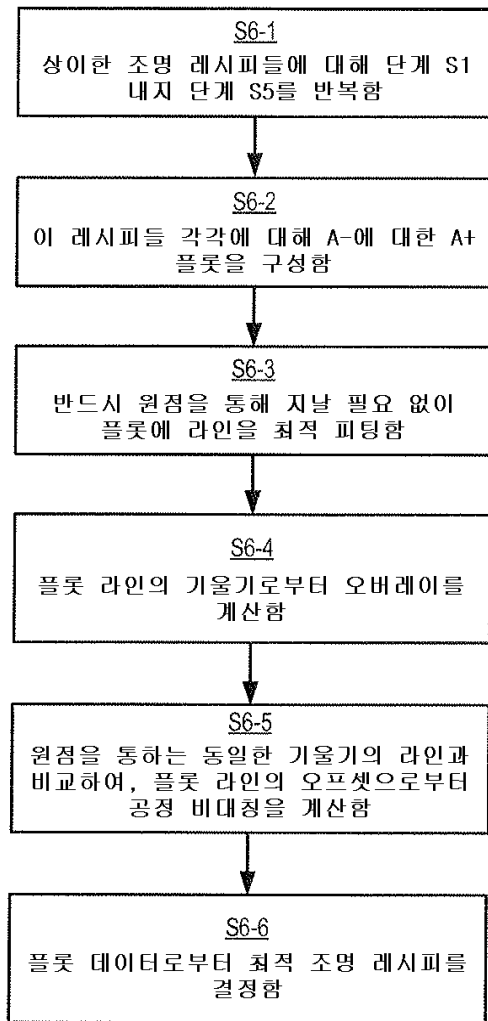
도면5



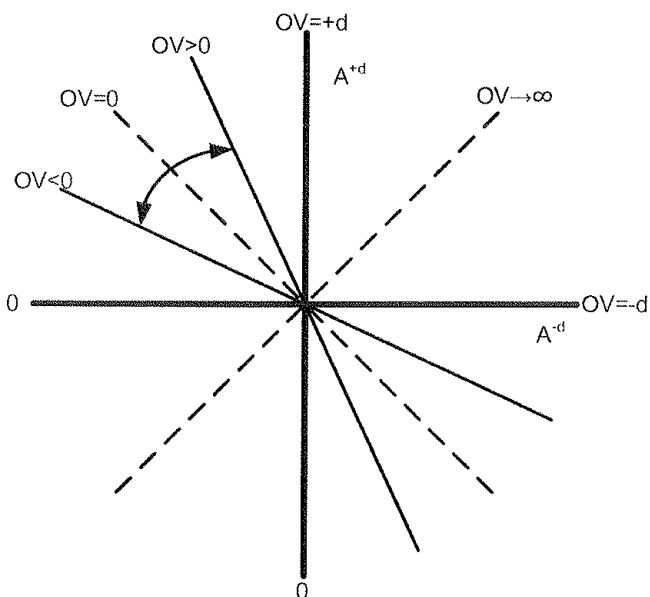
도면6



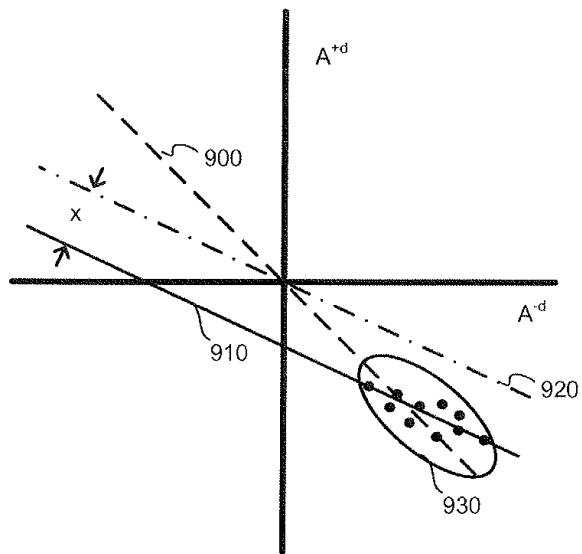
도면7



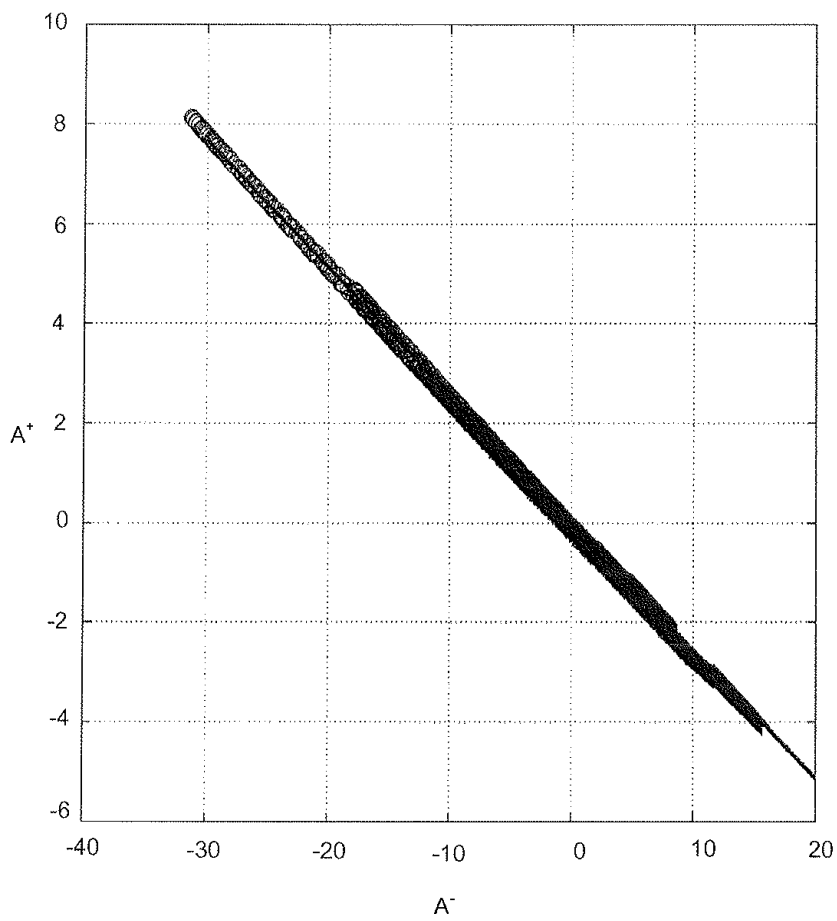
도면8



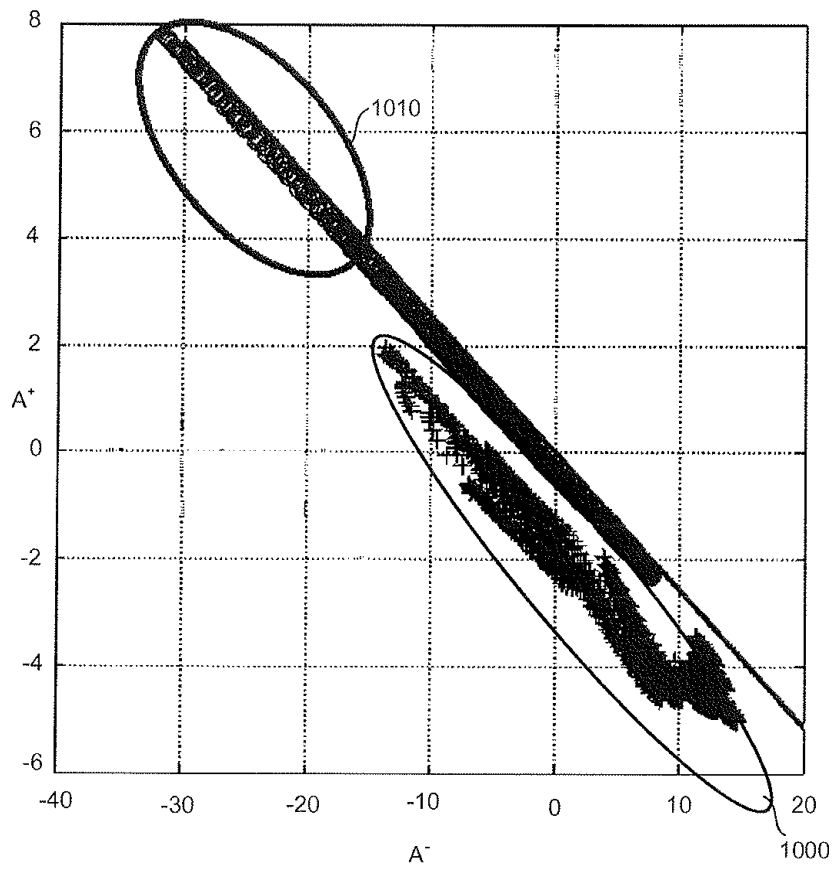
도면9



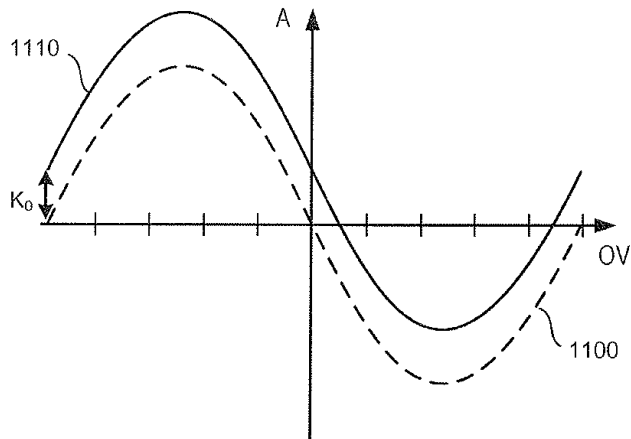
도면10a



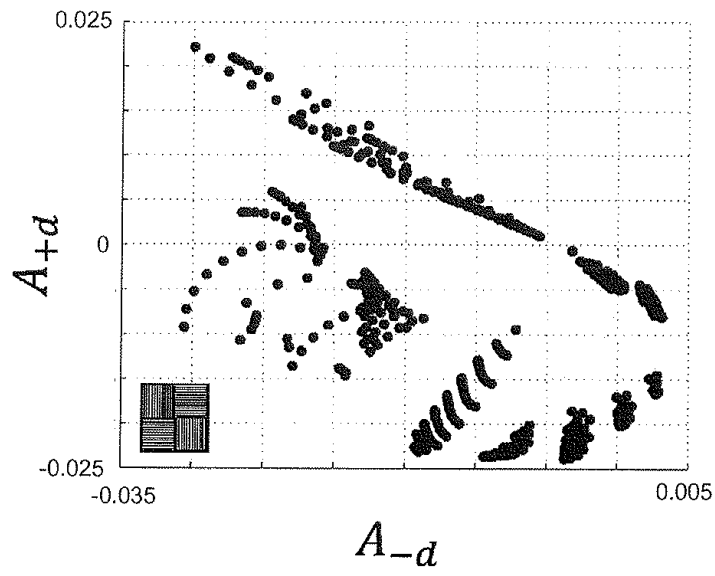
도면10b



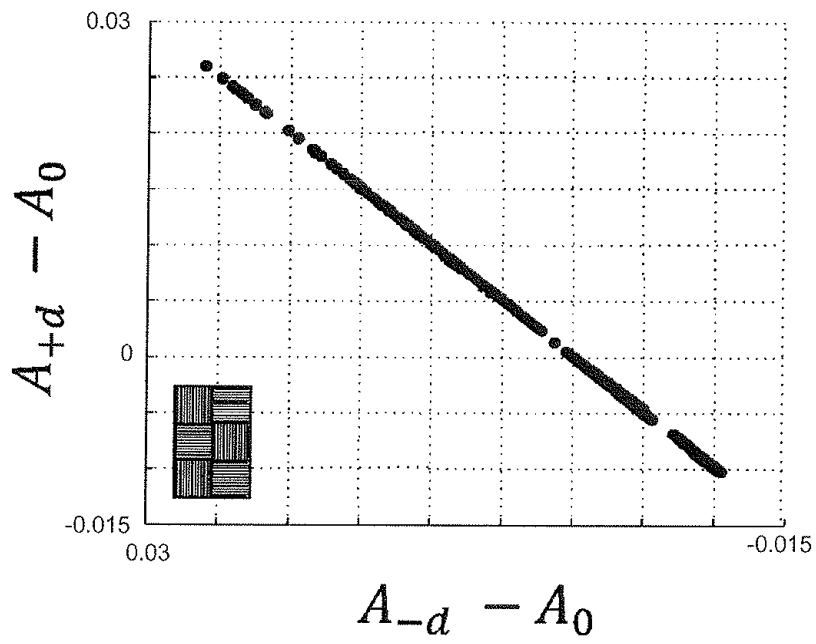
도면11



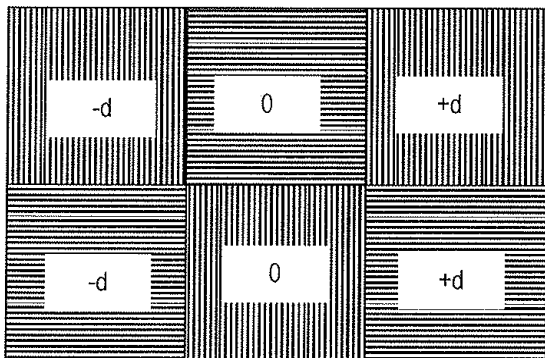
도면12a



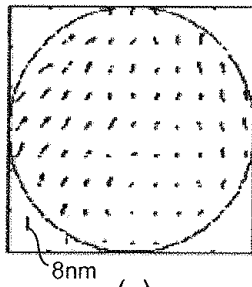
도면12b



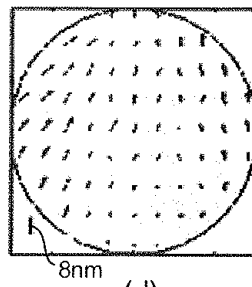
도면13



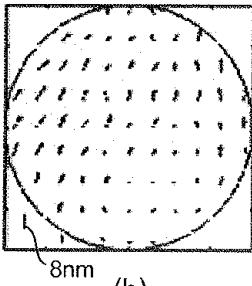
도면14



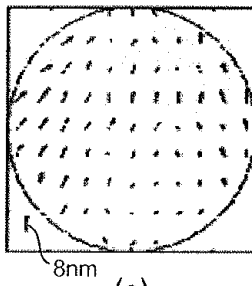
(a)



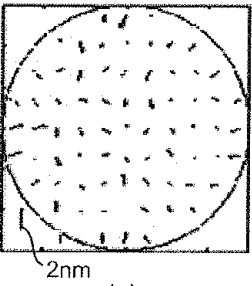
(d)



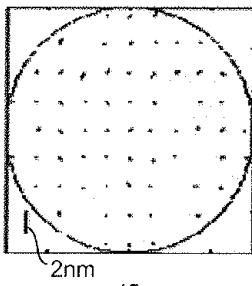
(b)



(e)



(c)



(f)