



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2016-0104066
(43) 공개일자 2016년09월02일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G03F 7/20 (2006.01) G06F 17/50 (2006.01)
- (52) CPC특허분류
G03F 7/706 (2013.01)
G03F 7/70625 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2016-7021014
- (22) 출원일자(국제) 2014년12월04일
심사청구일자 2016년07월29일
- (85) 번역문제출일자 2016년07월29일
- (86) 국제출원번호 PCT/EP2014/076542
- (87) 국제공개번호 WO 2015/101458
국제공개일자 2015년07월09일
- (30) 우선권주장
61/921,874 2013년12월30일 미국(US)

- (71) 출원인
에이에스엠엘 네델란즈 비.브이.
네덜란드 5500 아하 벨트호벤 피.오.박스 324
- (72) 발명자
첸, 광칭
미국 캘리포니아 95054 캘리포니아 산타 클라라
버튼 드라이브 4211
켄트, 에릭 리차드
미국 캘리포니아 95054 캘리포니아 산타 클라라
버튼 드라이브 4211
(뒷면에 계속)
- (74) 대리인
특허법인(유)화우

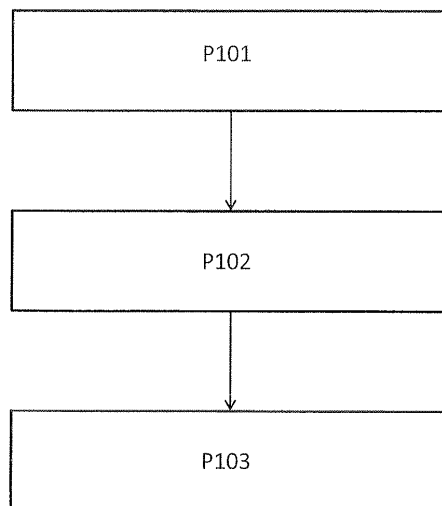
전체 청구항 수 : 총 15 항

(54) 발명의 명칭 메트롤로지 타겟의 디자인을 위한 장치 및 방법

(57) 요약

메트롤로지 타겟 디자인의 방법이 설명된다. 상기 방법은, 광학 수차에 대한, 메트롤로지 타겟 디자인에 대한 파라미터의 민감도를 결정하는 단계, 및 광학 시스템의 수차와 민감도의 곱에 기초하여 리소그래피 장치의 광학 시스템을 이용하여 노광되는 제품 디자인에 대한 파라미터에 관한 영향과, 메트롤로지 타겟 디자인에 대한 파라미터에 관한 영향 간의 차이를 결정하는 단계를 포함한다. 또한, 상기 방법은, 복수의 수차들의 각각의 수차에 대한, 메트롤로지 타겟 디자인에 대한 오버레이 오차의 민감도를 결정하는 단계, 및 광학 시스템의 각각의 수차들에 의해 곱해진 민감도들의 합에 기초하여 메트롤로지 타겟 디자인에 대한 파라미터에 관한 영향을 결정하는 단계를 포함한다. 파라미터는 오버레이 오차, 임계 치수 및 포커스일 수 있다. 수차는 노광 슬릿에 걸쳐 상이할 수 있지만, 민감도는 슬릿 위치에 실질적으로 독립적이다.

대표도 - 도8



(52) CPC특허분류

G03F 7/70633 (2013.01)

G03F 7/70641 (2013.01)

G03F 7/70683 (2013.01)

G06F 17/5009 (2013.01)

G06F 17/5068 (2013.01)

(72) 발명자

왕, 첸-시양

미국 캘리포니아 95054 캘리포니아 산타 클라라 버
튼 드라이브 4211

아담, 오메르 아부바커 오메르

네덜란드 엔엘-5500 아하 벨트호벤 피.오.박스 324

명세서

청구범위

청구항 1

메트로로지 타겟 디자인 방법에 있어서,

광학 수차에 대한, 메트로로지 타겟 디자인에 대한 파라미터의 민감도를 결정하는 단계; 및

리소그래피 장치의 광학 시스템을 이용하여 노광되는 제품 디자인에 대한 파라미터, 및 상기 광학 시스템의 각각의 수차와 상기 민감도의 곱(product)에 기초하여, 상기 메트로로지 타겟 디자인의 파라미터에 관한 영향을 결정하는 단계를 포함하는 메트로로지 타겟 디자인 방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

복수의 광학 수차들의 각각에 대한, 메트로로지 타겟 디자인에 대한 파라미터의 민감도를 결정하는 단계; 및

상기 제품 디자인에 대한 파라미터, 및 상기 광학 시스템의 각각의 수차들과 상기 민감도들의 곱에 기초하여, 상기 메트로로지 타겟 디자인의 파라미터에 관한 영향을 결정하는 단계를 포함하는 메트로로지 타겟 디자인 방법.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 리소그래피 장치의 상기 광학 시스템을 이용하여 노광되는 상기 제품 디자인에 대한 파라미터를 결정하는 단계를 더 포함하는 메트로로지 타겟 디자인 방법.

청구항 4

제 3 항에 있어서,

상기 광학 시스템을 이용하여 노광되는 상기 제품 디자인을 시뮬레이션함으로써 상기 제품 디자인에 대한 파라미터를 결정하는 단계를 더 포함하는 메트로로지 타겟 디자인 방법.

청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 민감도를 결정하는 단계는 리소그래피 모델을 이용하는 시뮬레이션에 의해 수행되는 메트로로지 타겟 디자인 방법.

청구항 6

제 1 항에 있어서,

상기 파라미터는 오버레이 오차를 포함하는 메트로로지 타겟 디자인 방법.

청구항 7

제 1 항에 있어서,

상기 영향을 결정하는 단계는, 상기 리소그래피 장치의 노광 슬릿의 복수의 위치들에 대하여, 상기 광학 시스템의 각각의 수차와 상기 민감도의 곱의 합산(summation)을 포함하는 메트로로지 타겟 디자인 방법.

청구항 8

제 1 항에 있어서,

상기 민감도는 광학 시스템 수차 변동들의 디자인 범위 내에서 선형인 것으로 간주되는 메트로로지 타겟 디자인 방법.

청구항 9

제 1 항에 있어서,

상기 메트로로지 타겟 디자인에 대한 파라미터와 상기 제품 디자인에 대한 파라미터 간에 최소 차이를 갖는 메트로로지 타겟 디자인을 식별하기 위해, 복수의 상이한 메트로로지 타겟 디자인들에 대하여 상기 결정을 수행하는 단계를 포함하는 메트로로지 타겟 디자인 방법.

청구항 10

메트로로지 타겟 디자인의 방법에 있어서,

복수의 수차들의 각각의 수차에 대한, 메트로로지 타겟 디자인의 오버레이 오차의 민감도를 결정하는 단계; 및 메트로로지 타겟을 노광시키는 리소그래피 장치의 광학 시스템의 각각의 수차들에 의해 곱해진 민감도들의 합에 기초하여, 상기 메트로로지 타겟 디자인의 오버레이 오차 영향을 결정하는 단계를 포함하는 메트로로지 타겟 디자인 방법.

청구항 11

제 10 항에 있어서,

상기 민감도들은 광학 시스템 수차 변동들의 디자인 범위 내에서 선형인 것으로 간주되는 메트로로지 타겟 디자인 방법.

청구항 12

제 10 항에 있어서,

상기 민감도를 결정하는 단계는 리소그래피 모델을 이용하는 시뮬레이션에 의해 수행되는 메트로로지 타겟 디자인 방법.

청구항 13

제 10 항에 있어서,

상기 광학 시스템을 이용하여 노광되는 제품 디자인의 오버레이 오차를 시뮬레이션하는 단계를 더 포함하는 메트로로지 타겟 디자인 방법.

청구항 14

제 10 항에 있어서,

상기 영향을 결정하는 단계는, 상기 리소그래피 장치의 노광 슬릿의 복수의 위치들에 대하여, 상기 광학 시스템의 각각의 수차들과 상기 민감도들의 곱의 합산을 포함하는 메트로로지 타겟 디자인 방법.

청구항 15

제 1 항 내지 제 10 항 중 어느 한 항에 따른 방법을 수행하도록 컴퓨터에 의해 실행가능한 명령어들을 포함하는 컴퓨터 판독가능한 매체.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 출원은 2013년 12월 30일에 출원된 미국 가출원 61/921,874의 이익을 주장하며, 이는 본 명세서에서 전문이 인용 참조된다.

[0002] 본 발명은, 예를 들어 리소그래피 기술에 의한 디바이스의 제조에 이용가능한 메트로로지 타겟의 하나 이상의

구조적 파라미터들을 결정하는 장치 및 방법, 그리고 리소그래피 기술을 이용하는 디바이스 제조 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0003] 리소그래피 장치는 기판 상으로, 통상적으로는 기판의 타겟부 상으로 원하는 패턴을 적용시키는 기계이다. 리소그래피 장치는, 예를 들어 집적 회로(IC)의 제조에 사용될 수 있다. 그 경우, 대안적으로 마스크 또는 레티클이라 칭하는 패턴링 디바이스가 IC의 개별 층에 형성될 회로 패턴을 생성하기 위해 사용될 수 있다. 이 패턴은 기판(예컨대, 실리콘 웨이퍼)의 (예를 들어, 다이의 일부분, 한 개 또는 수 개의 다이들을 포함하는) 타겟부 상으로 전사(transfer)될 수 있다. 패턴의 전사는 통상적으로 기판에 제공된 방사선-감응재(레지스트) 층 상으로의 이미징(imaging)을 통해 수행된다. 일반적으로, 단일 기판은 연속하여 패턴링되는 인접한 타겟부들의 네트워크를 포함할 것이다. 알려진 리소그래피 장치는, 한번에 타겟부 상으로 전체 패턴을 노광함으로써 각각의 타겟부가 조사(irradiate)되는, 소위 스테퍼들, 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 스캐너들을 포함한다. 또한, 기판 상으로 패턴을 임프린트(imprint)함으로써, 패턴링 디바이스로부터 기판으로 패턴을 전사할 수도 있다.

[0004] 리소그래피 공정들에서는, 예를 들어 공정 제어 및 검증을 위해, 생성된 구조체들의 측정을 자주 수행하는 것이 바람직하다. 구조체들의 하나 이상의 파라미터들, 예를 들어 기판 내에 또는 기판 상에 형성된 연속 층들 간의 오버레이 오차가 통상적으로 측정되거나 결정된다. 리소그래피 공정에서 형성된 마이크로 구조체들의 측정을 수행하기 위해 다양한 기술들이 존재한다. 흔히 임계 치수(CD)를 측정하는 데 사용되는 주사 전자 현미경(scanning electron microscope)을 포함하여 이러한 측정들을 수행하기 위한 다양한 툴들, 그리고 오버레이, 디바이스 내의 2 개의 층들의 정렬 정확성을 측정하기 위한 특수 툴들이 알려져 있다. 이러한 툴의 일 예시는 리소그래피 분야에서 사용하기 위해 개발된 스캐터로미터(scatterometer)이다. 이러한 디바이스는 기판 표면의 타겟 상으로 방사선 빔을 지향시키고, 전향된 방사선(redirected radiation)의 하나 이상의 특성들 - 예를 들어, 파장의 함수로서 단일 반사 각도에서의 세기; 반사된 각도의 함수로서 하나 이상의 파장들에서의 세기; 또는 반사된 각도의 함수로서 편광 - 을 측정하여 "스펙트럼"을 얻으며, 이 스펙트럼으로부터 타겟의 관심 특성(property of interest)이 결정될 수 있다. 관심 특성의 결정은, 다양한 기술들: 예를 들어, 주성분분석(principal component analysis), 라이브러리 검색, 유한 요소법(finite element methods) 또는 RCWA(rigorous coupled wave analysis)와 같은 반복적 접근에 의한 타겟 구조체의 재구성에 의해 수행될 수 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 예를 들어, 메트롤로지 타겟의 디자인을 위한 장치 및 방법을 제공하는 것이 바람직하다. 또한, 이로 제한되지는 않지만, 리소그래피 공정에서 오버레이 오차를 최소화하기 위해 이러한 장치 및 방법이 적용될 수 있다면 유익할 것이다.

과제의 해결 수단

[0006] 일 실시형태에서, 메트롤로지 타겟 디자인의 방법이 제공된다. 상기 방법은, 복수의 광학 수차들의 각각에 대한, 메트롤로지 타겟 디자인에 대한 파라미터의 민감도를 결정하는 단계, 리소그래피 장치의 광학 시스템을 이용하여 노광된 제품 디자인(product design)에 대한 파라미터를 결정하는 단계, 및 제품 디자인에 대한 파라미터, 및 광학 시스템의 각각의 수차들 중 하나 이상과 민감도의 곱(product)에 기초하여 메트롤로지 타겟 디자인의 파라미터에 관한 영향을 결정하는 단계를 포함한다.

[0007] 일 실시형태에서, 메트롤로지 타겟 디자인의 방법이 제공된다. 상기 방법은, 복수의 수차들의 각각에 대한, 메트롤로지 타겟 디자인에 대한 오버레이 오차의 민감도를 결정하는 단계, 및 메트롤로지 타겟을 노광시키는 리소그래피 장치의 광학 시스템의 각각의 수차들에 의해 곱해진 민감도들의 합에 기초하여 메트롤로지 타겟 디자인의 오버레이 오차 영향을 결정하는 단계를 포함한다.

도면의 간단한 설명

[0008] 이제, 첨부된 도면들을 참조하여, 단지 예시로만 실시예들을 설명할 것이다:

- 도 1은 리소그래피 장치의 일 실시예를 개략적으로 도시하는 도면;
- 도 2는 리소그래피 셀 또는 클러스터(lithographic cell or cluster)의 일 실시예를 개략적으로 도시하는 도면;
- 도 3은 스캐터로미터의 일 실시예를 개략적으로 도시하는 도면;
- 도 4는 스캐터로미터의 또 다른 실시예를 개략적으로 도시하는 도면;
- 도 5는 일 형태의 다수 격자 타겟 및 기관 상의 측정 스폿의 윤곽(outline)을 개략적으로 도시하는 도면;
- 도 6a 및 도 6b는 이상적인 것으로부터의 타겟의 변동, 예를 들어 두 가지 타입의 공정-유도 비대칭(process-induced asymmetry)의 일 예시를 나타내는 오버레이 타겟의 한 주기의 모델 구조체를 개략적으로 도시하는 도면;
- 도 7은 리소그래피 시뮬레이션 모델의 기능적 모듈들을 나타내는 예시적인 블록도;
- 도 8은 메트롤로지 타겟 디자인을 위한 공정을 개략적으로 도시하는 도면; 및
- 도 9는 메트롤로지 타겟 디자인을 위한 또 다른 공정을 개략적으로 도시하는 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0009] 실시예들을 더 상세히 설명하기 전에, 실시예들이 구현될 수 있는 예시적인 환경을 제시하는 것이 유익하다.
- [0010] 도 1은 리소그래피 장치(LA)를 개략적으로 도시한다. 상기 장치는:
 - [0011] - 방사선 빔(B)(예를 들어, DUV 방사선 또는 EUV 방사선)을 컨디셔닝(condition)하도록 구성된 조명 시스템(일루미네이터)(IL);
 - [0012] - 패터닝 디바이스(예를 들어, 마스크)(MA)를 지지하도록 구성되고, 소정 파라미터들에 따라 패터닝 디바이스를 정확히 위치시키도록 구성된 제 1 위치설정기(PM)에 연결된 지지 구조체(예를 들어, 마스크 테이블)(MT);
 - [0013] - 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)(WTa); 및
 - [0014] - 기관(W)의 (예를 들어, 하나 이상의 다이를 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.
- [0015] 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.
- [0016] 패터닝 디바이스 지지 구조체는 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 지지 구조체는 패터닝 디바이스를 유지하기 위해 기계적, 진공, 정전기, 또는 다른 클램핑 기술들을 이용할 수 있다. 패터닝 디바이스 지지 구조체는, 예를 들어 필요에 따라 고정되거나 이동가능할 수 있는 프레임 또는 테이블일 수 있다. 패터닝 디바이스 지지 구조체는, 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.
- [0017] 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 패턴이 위상-시프팅 피처(phase-shifting feature) 또는 소위 어시스트 피처(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.
- [0018] 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 거울

들은 거울 매트릭스에 의해 반사되는 방사선 빔에 패턴을 부여한다.

- [0019] 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.
- [0020] 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.
- [0021] 리소그래피 장치는 2 개(듀얼 스테이지) 이상의 테이블(예를 들어, 2 이상의 기관 테이블, 2 이상의 패턴링 디바이스 지지 구조체, 또는 기관 테이블 및 메트롤로지 테이블)을 갖는 형태로 구성될 수 있다. 이러한 "다수 스테이지" 기계에서는 추가 테이블이 병행하여 사용될 수 있으며, 또는 하나 이상의 테이블이 노광에 사용되고 있는 동안 하나 이상의 다른 테이블에서는 준비작업 단계들이 수행될 수 있다.
- [0022] 또한, 리소그래피 장치는 투영 시스템과 기관 사이의 공간을 채우기 위해서, 기관의 적어도 일부가 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.
- [0023] 도 1을 참조하면, 일루미네이터(IL)는 방사선 소스(SO)로부터 방사선 빔을 수용한다. 예를 들어, 소스가 엑시머 레이저(excimer laser)인 경우, 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, 소스는 리소그래피 장치의 통합부일 수 있다. 소스(SO) 및 일루미네이터(IL)는, 필요에 따라 빔 전달 시스템(BD)과 함께 방사선 시스템이라고도 칭해질 수 있다.
- [0024] 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.
- [0025] 방사선 빔(B)은 패턴링 디바이스 지지체(예를 들어, 마스크 테이블)(MT) 상에 유지되어 있는 패턴링 디바이스(예를 들어, 마스크)(MA) 상에 입사되며, 패턴링 디바이스에 의해 패턴링된다. 패턴링 디바이스(예를 들어, 마스크)(MA)를 가로질렀으면, 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(WTa)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 패턴링 디바이스(예를 들어, 마스크)(MA)를 정확히 위치시키는 데 사용될 수 있다. 일반적으로, 패턴링 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(WTa)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, 패턴링 디바이스 지지체(예를 들어, 마스크 테이블)(MT)는 단-행정 액추에이터에만 연결되거나 고정될 수 있다.
- [0026] 패턴링 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 있

지만, 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 하나 이상의 다이가 제공되는 상황들에서, 마스크 정렬 마크들은 다이들 사이에 위치될 수 있다. 또한, 디바이스 피쳐들 사이에서 다이들 내에 작은 정렬 마커들이 포함될 수도 있으며, 이 경우 마커들은 인접한 피쳐들과 상이한 여하한의 이미징 또는 공정 조건들을 필요로 하지 않고, 가능한 한 작은 것이 바람직하다. 정렬 마커들을 검출하는 정렬 시스템은 아래에서 더 설명된다.

[0027] 도시된 장치는 다음 모드들 중 적어도 하나에서 사용될 수 있다:

[0028] 1. 스텝 모드에서, 패터닝 디바이스 지지체(예를 들어, 마스크 테이블)(MT) 및 기관 테이블(WTa)은 기본적으로 정지 상태로 유지되는 한편, 방사선 빔에 부여된 전체 패턴은 한 번에 타겟부(C) 상에 투영된다[즉, 단일 정적 노광(single static exposure)]. 그 후, 기관 테이블(WTa)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.

[0029] 2. 스캔 모드에서, 패터닝 디바이스 지지체(예를 들어, 마스크 테이블)(MT) 및 기관 테이블(WTa)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(WTa)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.

[0030] 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(WTa)이 이동되거나 스캐닝된다. 이 모드에서는, 일반적으로 펄스화된 방사선 소스(pulsed radiation source)가 채택되며, 프로그램가능한 패터닝 디바이스는 기관 테이블(WTa)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.

[0031] 또한, 상술된 사용 모드들의 조합 및/또는 변형, 또는 완전히 다른 사용 모드들이 채택될 수도 있다.

[0032] 리소그래피 장치(LA)는 2 개의 테이블들(WTa, WTb)(예를 들어, 2 개의 기관 테이블들), 및 테이블들이 교환될 수 있는 2 개의 스테이션들 - 노광 스테이션 및 측정 스테이션 - 을 갖는 소위 듀얼 스테이지 타입으로 이루어진다. 예를 들어, 하나의 테이블 상의 기관이 노광 스테이션에서 노광되고 있는 동안, 또 다른 기관이 측정 스테이션에서 다른 기관 테이블 상으로 로딩(load)될 수 있고 다양한 준비작업 단계들이 수행될 수 있다. 준비작업 단계들은 레벨 센서(LS)를 이용하여 기관의 표면 제어를 맵핑(map)하는 단계, 및 정렬 센서(AS)를 이용하여 기관 상의 정렬 마커들의 위치를 측정하는 단계를 포함할 수 있고, 두 센서들은 기준 프레임(reference frame: RF)에 의해 지지된다. 위치 센서(IF)가 노광 스테이션뿐 아니라 측정 스테이션에 있는 동안 테이블의 위치를 측정할 수 없는 경우, 두 스테이션들에서 테이블의 위치들이 추적될 수 있도록 제 2 위치 센서가 제공될 수 있다. 또 다른 예시로서, 하나의 테이블 상의 기관이 노광 스테이션에서 노광되고 있는 동안, 기관이 없는 또 다른 테이블이 측정 스테이션에서 대기한다(이때, 선택적으로 측정 활동이 발생할 수 있음). 이 다른 테이블은 하나 이상의 측정 디바이스를 가지며, 선택적으로 다른 툴들(예를 들어, 세정 장치)을 가질 수 있다. 기관이 노광을 완료한 경우, 기관이 없는 테이블은 예를 들어 측정들을 수행하도록 노광 스테이션으로 이동하고, 기관을 갖는 테이블은 기관이 언로딩되고 또 다른 기관이 로딩되는 위치(예를 들어, 측정 스테이션)로 이동한다. 이 다수-테이블 구성들은 장치의 스루풋을 상당히 증가시킬 수 있다.

[0033] 도 2에 나타난 바와 같이, 리소그래피 장치(LA)는 때때로 리소셀(lithocell) 또는 리소클러스터라고도 칭하는 리소그래피 셀(LC)의 일부분을 형성하며, 이는 기관 상에 하나 이상의 전-노광(pre-exposure) 및 후-노광(post-exposure) 공정들을 수행하는 장치를 포함한다. 통상적으로, 이들은 레지스트 층을 증착시키는 하나 이상의 스핀 코터(spin coater: SC), 노광된 레지스트를 현상하는 하나 이상의 디벨로퍼(developer: DE), 하나 이상의 칠 플레이트(chill plate: CH) 및 하나 이상의 베이킹 플레이트(bake plate: BK)를 포함한다. 기관 핸들러 또는 로봇(RO)이 입력/출력 포트들(I/O1, I/O2)로부터 기관을 집어올리고, 기관을 상이한 공정 디바이스들 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.

[0034] 리소그래피 장치에 의해 노광되는 기관이 올바르게 일관성있게(consistently) 노광되기 위해서는, 후속한 층들 간의 오버레이 오차, 라인 두께, 임계 치수(CD) 등과 같은 하나 이상의 특성을 측정하도록 노광된 기관을 검사하는 것이 바람직하다. 오차가 검출되는 경우, 특히 검사가 동일한 बै치(batch)의 다른 기관이 여전히 노광되도록 충분히 빠르게 행해질 수 있다면, 하나 이상의 후속한 기관들의 노광에 대해 조정이 수행될 수 있다. 또한, 이미 노광된 기관들은 (수율을 개선하도록) 벗겨져서(strip) 재가공(rework)되거나, 폐기됨에 따라, 결점이 있다고 알려진 기관에 노광을 수행하는 것을 회피할 수 있다. 기관의 몇몇 타겟부들에만 결점이 있는 경우, 양호한 타겟부들 상에만 추가 노광이 수행될 수 있다. 또 다른 가능성은 오차를 보상하도록 후속한 공정 단계의 세팅을 구성하는 것이며, 예를 들어 트림 에칭 단계(trim etch step)의 시간이 리소그래피 공정 단계로부터 발생하는 기관-대-기관 CD 변동을 보상하도록 조정될 수 있다.

[0035] 검사 장치는 기관의 하나 이상의 특성을 결정하는 데 사용되며, 특히 상이한 기관들 또는 동일한 기관의 상이한 층들의 하나 이상의 특성이 층마다 및/또는 기관에 걸쳐 어떻게 변하는지를 결정하는 데 사용된다. 검사 장치는 리소그래피 장치(LA) 또는 리소셀(LC)에 통합될 수 있거나, 독립형 디바이스(stand-alone device)일 수 있다. 가장 신속한 측정들을 가능하게 하기 위해, 검사 장치는 노광 직후에 노광된 레지스트 층에서 하나 이상의 특성을 측정하는 것이 바람직하다. 하지만, 레지스트 내의 잠상(latent image)은 매우 낮은 콘트라스트(contrast)를 갖고 - 방사선에 노광된 레지스트의 부분과 노광되지 않은 레지스트의 부분 사이에 굴절률에 있어서 매우 작은 차이만 존재하고 - 모든 검사 장치가 잠상의 유용한 측정들을 수행하기에 충분한 민감도를 갖는 것은 아니다. 그러므로, 측정들은 통상적으로 노광된 기관 상에서 수행되는 제 1 단계이고 레지스트의 노광된 부분과 노광되지 않은 부분 간의 콘트라스트를 증가시키는 노광후 베이킹 단계(PEB) 이후에 수행될 수 있다. 이 단계에서, 레지스트 내의 이미지는 반-잠상(semi-latent)이라고 칭해질 수 있다. 또한, 현상된 레지스트 이미지 - 이때, 레지스트의 노광된 부분 또는 노광되지 않은 부분 중 하나는 제거되었음 - 의 측정들을 수행하는 것이 가능하고, 또는 에칭과 같은 패턴 전사 단계 이후에 수행하는 것이 가능하다. 후자의 가능성은 결점이 있는 기관의 재가공에 대한 가능성을 제한하지만, 예를 들어 공정 제어를 위해 여전히 유용한 정보를 제공할 수 있다.

[0036] 도 3은 스캐터로미터(SM1)의 일 실시예를 도시한다. 이는 기관(6) 상으로 방사선을 투영하는 광대역(백색 광) 방사선 투영기(2)를 포함한다. 반사된 방사선은 정반사된 방사선(specular reflected radiation)의 스펙트럼(10)(즉, 파장의 함수로서 세기의 측정)을 측정하는 분광계 검출기(spectrometer detector: 4)로 통과된다. 이 데이터로부터, 검출된 스펙트럼을 야기하는 프로파일 또는 구조체가, 예를 들어 RCWA(Rigorous Coupled Wave Analysis) 및 비-선형 회귀(non-linear regression)에 의해, 또는 도 3의 하단에 나타난 바와 같은 시뮬레이션된 스펙트럼들의 라이브러리와 비교함으로써, 처리 유닛(PU)에 의해 재구성될 수 있다. 일반적으로, 재구성을 위해 구조체의 일반적인 형태가 알려지며, 구조체가 만들어진 공정의 정보로부터 일부 파라미터들이 가정되어, 스캐터로메트리 데이터로부터 결정될 구조체의 몇몇 파라미터들만이 남게 된다. 이러한 스캐터로미터는 수직-입사(normal-incidence) 스캐터로미터 또는 경사-입사(oblique-incidence) 스캐터로미터로서 구성될 수 있다.

[0037] 스캐터로미터(SM2)의 또 다른 실시예가 도 4에 도시된다. 이 디바이스에서, 방사선 소스(2)에 의해 방출된 방사선은 렌즈 시스템(12)을 이용하여 간섭 필터(interference filter: 13) 및 편광기(polarizer: 17)를 통해 포커스되며, 부분 반사면(partially reflective surface: 16)에 의해 반사되고, 바람직하게는 적어도 0.9 또는 적어도 0.95인 높은 개구수(NA)를 갖는 현미경 대물 렌즈(15)를 통해 기관(W) 상으로 포커스된다. 침지 스캐터로미터는, 심지어 개구수가 1이 넘는 렌즈를 구비할 수도 있다. 그 후, 반사된 방사선은 산란 스펙트럼(scatter spectrum)이 검출되게 하기 위해서, 부분 반사면(16)을 통해 검출기(18)로 전달된다. 검출기는 렌즈(15)의 초점 길이에 존재하는 배면-영사된(back-projected) 퓨필 평면(11) 내에 위치될 수 있지만, 그 대신에 퓨필 평면이 보조 광학기(도시되지 않음)를 이용하여 검출기(18) 상에 재-이미징(re-image)될 수도 있다. 퓨필 평면은, 방사선의 반경방향 위치(radial position)가 입사각을 정의하고 각도 위치가 방사선의 방위각(azimuth angle)을 정의하는 평면이다. 검출기는, 바람직하게는 기관 타겟의 2-차원 각도 산란 스펙트럼(즉, 산란각의 함수로서 세기의 측정)이 측정될 수 있도록 2-차원 검출기이다. 검출기(18)는, 예를 들어 CCD 또는 CMOS 센서들의 어레이일 수 있으며, 예를 들어 프레임당 40 밀리초(millisecond)의 통합 시간(integration time)을 가질 수 있다.

[0038] 예를 들어, 입사 방사선의 세기를 측정하기 위해 기준 빔이 흔히 사용된다. 이를 위해, 방사선 빔이 부분 반사면(16)에 입사하는 경우, 그 일부분이 반사면을 통해 기준 빔으로서 기준 거울(14)을 향하여 전달된다. 그 후,

기준 빔은 동일한 검출기(18)의 상이한 부분 상으로 투영된다.

- [0039] 가령 405 내지 790 nm의 범위, 또는 200 내지 300 nm와 같이 훨씬 낮은 범위에서 관심 파장(wavelength of interest)을 선택하기 위해, 하나 이상의 간섭 필터(13)가 이용될 수 있다. 간섭 필터(들)는 상이한 필터들의 세트를 포함하기보다는 튜닝가능(tunable)할 수 있다. 하나 이상의 간섭 필터 대신에, 또는 이에 추가하여 격자가 사용될 수 있다.
- [0040] 검출기(18)는 단파장(또는 협파장 범위)에서의 산란 방사선의 세기, 다수 파장들에서의 별도 세기, 또는 파장 범위에 걸쳐 통합된 세기를 측정할 수 있다. 또한, 검출기는 횡자기(transverse magnetic: TM)- 및 횡전기(transverse electric: TE)-편광 방사선의 세기, 및/또는 횡자기- 및 횡전기-편광 방사선 간의 위상차를 별도로 측정할 수 있다.
- [0041] 광대역 방사선 소스(2)(즉, 광범위한 방사선 주파수들 또는 파장들 - 및 이에 따른 컬러들을 갖는 방사선 소스)를 이용하는 것이 가능하며, 이는 큰 에텐뒤(etendue)를 제공하여 다수 파장들의 혼합(mixing)을 허용한다. 광대역에서의 복수의 파장들은, 바람직하게는 각각 $\delta \lambda$ 의 대역폭 및 적어도 $2\delta \lambda$ (즉, 파장 대역폭의 두 배)의 간격을 갖는다. 방사선의 수 개의 "소스들"은, 예를 들어 섬유 다발(fiber bundle)들을 이용하여 분할(split)되었던 연장된 방사선 소스의 상이한 부분들일 수 있다. 이러한 방식으로, 각도 분해된 산란 스펙트럼들이 다수 파장들에서 병렬로(in parallel) 측정될 수 있다. 2-D 스펙트럼보다 더 많은 정보를 포함하는 3-D 스펙트럼(파장 및 2 개의 상이한 각도들)이 측정될 수 있다. 이는 메트롤로지 공정 견고성(metrology process robustness)을 증가시키는 더 많은 정보가 측정되게 한다. 이는 본 명세서에서 그 전문이 인용 참조되는 미국 특허 출원 공개공보 US 2006-0066855에서 더 상세히 설명된다.
- [0042] 빔이 타겟에 의해 전향된 전후에 빔의 하나 이상의 특성을 비교함으로써, 기관의 하나 이상의 특성이 결정될 수 있다. 이는, 예를 들어 전향된 빔을 기관의 모델을 이용하여 계산된 이론적인 전향된 빔과 비교하고, 측정된 전향된 빔과 계산된 전향된 빔 간의 최적 피트(best fit)를 제공하는 모델을 탐색함으로써 수행될 수 있다. 통상적으로, 파라미터화된 일반적인 모델이 사용되고, 최적 매칭이 얻어질 때까지 모델의 파라미터들, 예를 들어 패턴의 폭, 높이 및 측벽 각도가 변화된다.
- [0043] 스캐터로미터의 두 가지 주 형태가 사용된다. 분광 스캐터로미터(spectroscopic scatterometer)는 기관 상으로 광대역 방사선 빔을 지향하고, 특정한 좁은 각도 범위로 산란되는 방사선의 스펙트럼(파장의 함수로서 세기)을 측정한다. 각도 분해된 스캐터로미터(angularly resolved scatterometer)는 단색 방사선 빔(monochromatic radiation beam)을 사용하고, 각도의 함수로서 산란된 방사선의 세기[또는 엘립소메트리 구성(ellipsometric configuration)의 경우, 위상차 및 세기 비(intensity ratio)]를 측정한다. 대안적으로, 상이한 파장들의 측정 신호들이 별도로 측정되고 분석 스테이지에서 조합될 수 있다. 동일한 기관으로부터 하나 이상의 스펙트럼을 발생시키기 위해 편광 방사선이 사용될 수 있다.
- [0044] 기관의 하나 이상의 파라미터를 결정하기 위해, 통상적으로 파장(분광 스캐터로미터) 또는 각도(각도 분해된 스캐터로미터)의 함수로서 전향된 빔에 의해 생성되는 측정된 스펙트럼과 기관의 모델로부터 생성되는 이론적 스펙트럼 사이에서 최적 매칭이 발견된다. 최적 매칭을 발견하기 위해, 조합될 수 있는 다양한 방법들이 존재한다. 예를 들어, 제 1 방법은 반복 탐색 방법이며, 이때 모델 파라미터들의 제 1 세트가 측정된 스펙트럼과 비교되는 제 1 스펙트럼을 계산하는 데 사용된다. 이후, 모델 파라미터들의 제 2 세트가 선택되며, 제 2 스펙트럼이 계산되고, 측정된 스펙트럼과 제 2 스펙트럼의 비교가 이루어진다. 이 단계들은 최적 매칭 스펙트럼을 제공하는 파라미터들의 세트를 발견하는 것을 목표로 반복된다. 통상적으로, 비교로부터의 정보가 파라미터들의 후속한 세트의 선택을 이끄는 데 사용된다. 이 공정은 반복 탐색 기술로서 알려져 있다. 최적 매칭을 제공하는 파라미터들의 세트를 갖는 모델이 측정된 기관의 최적 설명(best description)인 것으로 간주된다.
- [0045] 제 2 방법은 스펙트럼들의 라이브러리를 구성하는 것이며, 각각의 스펙트럼은 모델 파라미터들의 특정한 세트에 대응한다. 통상적으로 모델 파라미터들의 세트들은 기관 특성들의 모든 또는 거의 모든 가능한 변동들을 포함하도록 선택된다. 측정된 스펙트럼은 라이브러리 내의 스펙트럼들과 비교된다. 반복 탐색 방법과 유사하게, 최적 매칭을 제공하는 스펙트럼에 대응하는 파라미터들의 세트를 갖는 모델이 측정된 기관의 최적 설명인 것으로 간주된다. 이 라이브러리 탐색 기술에서 파라미터들의 최적 세트를 더 정확히 결정하기 위해 보간 기술(interpolation technique)들이 사용될 수 있다.
- [0046] 어느 방법에서도, 정확한 매칭을 가능하게 하기 위하여 계산된 스펙트럼에서의 충분한 데이터 지점들(파장들 및/또는 각도들), 통상적으로 각각의 스펙트럼에 대해 80 내지 800 개의 데이터 지점들 또는 그 이상이 사용되어

야 한다. 반복 방법을 이용하면, 각각의 파라미터 값에 대한 각각의 반복이 80 개 이상의 데이터 지점들에서의 계산을 수반할 것이다. 여기에 올바른 프로파일 파라미터들을 얻는 데 필요한 반복들의 수가 곱해진다. 따라서, 많은 계산들이 요구될 수 있다. 실제로, 이는 처리 속도 및 정확성 간의 타협을 초래한다. 라이브러리 접근법에서는, 라이브러리를 설정하는 데 필요한 시간과 정확성 사이에 유사한 타협이 존재한다.

[0047] 앞서 설명된 여하한 스캐터로미터들에서, 기관(W) 상의 타겟은 현상 이후에 바아(bar)들이 솔리드 레지스트 라인들로 형성되도록 프린트되는 격자일 수 있다. 대안적으로, 바아들은 기관 안으로 에칭될 수 있다. 타겟 패턴은 리소그래피 투영 장치에서 색수차(chromatic aberration), 오버레이, 도즈, 포커스 등과 같은 관심 파라미터에 민감하도록 선택되어, 관련 파라미터의 변동이 프린트된 타겟의 변동으로서 나타날 것이다. 예를 들어, 타겟 패턴은 리소그래피 투영 장치, 특히 투영 시스템(PL)에서 색수차 및 조명 대칭성에 민감할 수 있으며, 이러한 수차의 존재가 프린트된 타겟 패턴의 변동에서 드러날 것이다. 따라서, 프린트된 타겟 패턴의 스캐터로메트리 데이터가 타겟 패턴을 재구성하는 데 사용된다. 프린팅 단계 및/또는 다른 스캐터로메트리 공정들의 정보로부터, 라인 폭 및 형상과 같은 타겟 패턴의 파라미터들이 처리 유닛(PU)에 의해 수행되는 재구성 공정에 입력될 수 있다.

[0048] 본 명세서에서는 스캐터로미터의 실시예들이 설명되었지만, 다른 타입들의 메트롤로지 장치가 일 실시예에서 사용될 수 있다. 예를 들어, 본 명세서에서 그 전문이 인용 참조되는 미국 특허 출원 공개공보 2013-0308142에서 설명되는 바와 같은 다크 필드 메트롤로지 장치(dark field metrology apparatus)가 사용될 수 있다. 또한, 이러한 다른 타입들의 메트롤로지 장치는 스캐터로메트리와 완전히 상이한 기술을 이용할 수 있다.

[0049] 도 5는 알려진 실행에 따라 기관 상에 형성된 예시적인 복합(composite) 메트롤로지 타겟을 도시한다. 복합 타겟은 메트롤로지 장치의 조명 빔에 의해 형성된 측정 스폿(31) 내에 모두 있도록 함께 밀접하게 위치되는 4 개의 격자들(32, 33, 34, 35)을 포함한다. 따라서, 4 개의 격자들은 모두 동시에 조명되고, 동시에 센서(4, 18) 상에 이미징된다. 오버레이 측정에 사용된 예시에서, 격자들(32, 33, 34, 35)은 자체로 기관(W) 상에 형성된 반도체 디바이스의 상이한 층들에 패터닝되는 오버레이 격자(overlying grating)들에 의해 형성된 복합 격자들이다. 격자들(32, 33, 34, 35)은 상이하게 편향(bias)된 오버레이 오프셋들을 가져, 복합 격자들의 상이한 부분들이 형성되는 층들 간의 오버레이의 측정을 용이하게 할 수 있다. 또한, 격자들(32, 33, 34, 35)은 나타낸 바와 같이 입사 방사선을 X 및 Y 방향으로 회절시키도록 그 방위가 상이할 수 있다. 일 예시에서, 격자들(32 및 34)은 X-방향 격자들이며, 각각 +d, -d의 편향들을 갖는다. 이는 격자(32)가 오버레이 구성요소들을 갖고, 이들은 둘 다 이들의 공칭 위치(nominal position)들에 정확히 프린트되는 경우, 구성요소들 중 하나가 다른 하나에 대해 거리 d만큼 오프셋되도록 배치된다는 것을 의미한다. 격자(34)는 완벽히 프린트되는 경우에 제 1 격자 등과 반대 방향으로 d의 오프셋이 존재하도록 배치되는 구성요소들을 갖는다. 격자들(33 및 35)은 Y-방향 격자들이며, 각각 오프셋들 +d 및 -d를 갖는다. 4 개의 격자들이 예시되지만, 또 다른 실시예는 원하는 정확성을 얻기 위해 더 큰 매트릭스를 포함할 수 있다. 예를 들어, 3 x 3 어레이의 9 개의 복합 격자들이 -4d, -3d, -2d, -d, 0, +d, +2d, +3d, +4d 편향들을 가질 수 있다. 이 격자들의 개별 이미지들이 센서(4, 18)에 의해 포착되는 이미지에서 식별될 수 있다.

[0050] 본 명세서에서 설명되는 바와 같은 메트롤로지 타겟들은, 예를 들어 Yieldstar 독립형 또는 통합 메트롤로지 툴과 같은 메트롤로지 툴과의 사용을 위해 디자인된 오버레이 타겟들, 및/또는 통상적으로 TwinScan 리소그래피 시스템과 함께 사용되는 바와 같은 정렬 타겟들일 수 있으며, 둘 다 ASML로부터 이용가능하다.

[0051] 일반적으로, 이러한 시스템들과의 사용을 위한 메트롤로지 타겟들은 기관 상에 이미징될 특정 마이크로전자 디바이스에 대한 설계 사양을 충족하는 치수들로 기관 상에 프린트되어야 한다. 공정들이 진보된 공정 노드(advanced process nodes)에서 리소그래피 디바이스 이미징 분해능의 한계들을 계속 압박함에 따라, 디자인 규칙 및 공정 적합성(process compatibility) 요건들은 적절한 타겟들의 선택을 강조한다. 타겟들이 자체로 더 진보됨에 따라, 흔히 광 근접성 보정(optical proximity correction) 및 위상-시프트 패터닝 디바이스들과 같은 분해능 향상 기술(resolution enhancement technology)의 사용을 요구하여, 공정 디자인 규칙들 내에서의 타겟의 인쇄가능성(printability)은 덜 확실(certain)하게 된다. 결과로서, 제안된 메트롤로지 타겟 디자인이 테스트 및/또는 시뮬레이션을 거쳐, 인쇄가능성 및 검출능(detactability)의 관점에서부터 그 적절성 및/또는 실행가능성을 확인할 수 있다. 상업적 환경에서, 우수한 오버레이 마크 검출능은 낮은 총 측정 불확실성 및 짧은 이동-획득-이동 시간(move-acquire-move time)의 조합인 것으로 간주될 수 있는데, 이는 느린 획득이 생산 라인에 대한 총 스루풋에 유해하기 때문이다. 현대의 마이크로-회절-기반-오버레이 타겟들(micro-diffraction-based-overlay targets: μ DBO)은 일 측면이 약 10 μ m일 수 있으며, 이는 모니터 기관들과 관련하여 사용되는

바와 같은 40x160 μm^2 타겟들에 비해 본질적으로 낮은 검출 신호를 제공한다.

[0052] 추가적으로, 일단 앞선 기준을 충족하는 메트롤로지 타겟들이 선택되면, 에칭 및/또는 연마 공정들에 의해 유도되는 필름 두께 변동, 다양한 에칭 바이어스(etch bias), 및 지오메트리 비대칭들과 같은 공정 변동들에 대해 검출능이 변할 가능성이 존재한다. 그러므로, 다양한 공정 변동들에 대해 낮은 검출능 변동 및 낮은 오버레이/정렬 변동을 갖는 타겟을 선택하는 것이 유용할 수 있다. 마찬가지로, 이미징될 마이크로전자 디바이스를 생성하는 데 사용되어야 하는 특정한 기계의 핑거프린트(fingerprint)(예를 들어, 렌즈 수차를 포함한 프린팅 특성)가 일반적으로 메트롤로지 타겟들의 이미징 및 생성에 영향을 줄 것이다. 그러므로, 일부 패턴들이 특정 리소그래피 핑거프린트에 의해 다소 영향을 받을 것이기 때문에, 메트롤로지 타겟들이 핑거프린트 효과들에 저항적일 것을 보장하는 것이 유용할 수 있다.

[0053] 도 6a 및 도 6b는 이상적인 것으로부터의 타겟의 변동, 예를 들어 두 가지 타입의 공정-유도 비대칭의 일 예시를 나타내는 오버레이 타겟의 한 주기의 모델 구조체를 개략적으로 나타낸다. 도 6a를 참조하면, 기관(W)은 하부 격자(700)로 패턴닝되고, 이는 기관 층 내로 에칭된다. 하부 격자에 사용되는 에칭 공정은 에칭된 트렌치의 바닥(702)의 경사를 유도한다. 이 바닥 경사(floor tilt: FT)는 구조적 파라미터로서, 예를 들어 바닥(702)에 걸친 높이 감소(height drop)의 척도(measure)(nm 단위)로서 나타내어질 수 있다. BARC(하부 반사 방지 코팅) 층(704)이 상부 격자(706)의 패턴닝된 레지스트 피처를 지지한다. 이 예시에서, 상부 및 하부 격자 간의 정렬 오버레이 오차는, 상부 및 하부 격자 피처들의 중심이 동일한 측방향 위치에 있음에 따라 0이다. 하지만, 하부-층 공정-유도 비대칭, 즉 바닥 경사가 측정된 오버레이 오프셋에서 오차, 이 경우에 0이 아닌 오버레이 오프셋의 제곱을 초래한다. 도 6b는 측정된 오버레이 오프셋에서 오차를 초래할 수 있는 또 다른 타입의 하부-층 공정-유도 비대칭을 나타낸다. 이는 측벽 각도(side wall angle: SWA) 불균형(SWA_{un})이다. 도 6a의 피처들과 공통적인 피처들은 동일하게 표시된다. 여기에서, 하부 격자의 한 측벽(708)은 다른 측벽(710)과 상이한 기울기를 갖는다. 이 불균형은 구조적 파라미터로서, 예를 들어 기관의 평면에 대한 2 개의 측벽 각도들의 비로서 나타내어질 수 있다. 두 비대칭 파라미터들, 바닥 경사 및 SWA 불균형이 상부 및 하부 격자들 간의 "겉보기(apparent)" 오버레이 오차를 야기한다. 이 겉보기 오버레이 오차 외에, 상부 및 하부 격자들 사이에 측정될 "실제(real)" 오버레이 오차가 있다.

[0054] 따라서, 일 실시예에서, 제안된 타겟 디자인들 중 하나 이상의 적절성 및/또는 실행가능성을 확인하기 위해서는 다양한 메트롤로지 타겟 디자인들을 시뮬레이션하는 것이 바람직하다.

[0055] 리소그래피 및 메트롤로지 타겟들을 수반하는 제조 공정을 시뮬레이션하는 시스템에서, 주요 제조 시스템 구성요소들 및/또는 공정들은, 예를 들어 도 7에 예시된 바와 같은 다양한 기능적 모듈들에 의해 설명될 수 있다. 도 7을 참조하면, 기능적 모듈들은 메트롤로지 타겟(및/또는 마이크로전자 디바이스) 디자인 패턴을 정의하는 디자인 레이아웃 모듈(71); 패턴닝 디바이스 패턴이 타겟 디자인에 기초하여 어떻게 다각형들로 레이아웃되는지를 정의하는 패턴닝 디바이스 레이아웃 모듈(72); 시뮬레이션 공정 동안 이용될 픽셀레이팅된(pixelated) 및 연속-톤 패턴닝 디바이스의 물리적 특성들을 모델링하는 패턴닝 디바이스 모델 모듈(73); 리소그래피 시스템의 광학 구성요소들의 성능을 정의하는 광학 모델 모듈(74); 주어진 공정에서 이용되는 레지스트의 성능을 정의하는 레지스트 모델 모듈(75); 후-레지스트 현상 공정들(예를 들어, 에칭)의 성능을 정의하는 공정 모델 모듈(76); 및 메트롤로지 타겟과 함께 사용되는 메트롤로지 시스템의 성능, 및 이에 따른 메트롤로지 시스템과 함께 사용되는 경우 메트롤로지 타겟의 성능을 정의하는 메트롤로지 모듈(77)을 포함할 수 있다. 시뮬레이션 모듈들 중 하나 이상의 결과, 예를 들어 예측된 윤곽 및 CD는 결과 모듈(78)에서 제공된다.

[0056] 조명 및 투영 광학기들의 특성들은 광학 모델 모듈(74)에서 포착되고, 이는 NA-시그마(σ) 세팅들 및 여하한 특정 조명 소스 형상을 포함하지만 이로 제한되지는 않으며, 이때 σ (또는 시그마)는 일루미네이터의 외반경 크기이다. 또한, 기관 상에 코팅된 포토-레지스트 층의 광학 특성들 -- 즉, 굴절률, 필름 두께, 전파 및 편광 효과들 -- 도 광학 모델 모듈(74)의 일부로서 포착될 수 있는 반면, 레지스트 모델 모듈(75)은 예를 들어 기관 상에 형성되는 레지스트 피처들의 윤곽들을 예측하기 위해 레지스트 노광, 노광후 베이킹(PEB) 및 현상 동안 일어나는 화학적 공정들의 효과들을 나타낸다. 패턴닝 디바이스 모델 모듈(73)은 타겟 디자인 피처들이 어떻게 패턴닝 디바이스의 패턴으로 레이아웃되는지를 포착하며, 예를 들어 미국 특허 7,587,704에 설명된 바와 같은 패턴닝 디바이스의 상세한 물리적 특성들의 표현을 포함할 수 있다. 시뮬레이션의 목적은, 예를 들어 이후 타겟 디자인에 대해 비교될 수 있는 에지 배치(edge placement) 및 임계 치수(CD)들을 정확히 예측하는 것이다. 타겟 디자인은 일반적으로 전(pre)-OPC 패턴닝 디바이스 레이아웃으로서 정의되며, GDSII 또는 OASIS와 같은 표준화된 디지털 파일 포맷으로 제공될 것이다.

- [0057] 일반적으로, 광학 및 레지스트 모델 간의 연결은 레지스트 층 내의 시뮬레이션된 에어리얼 이미지 세기이며, 이는 기관 상으로의 방사선의 투영, 레지스트 계면에서의 굴절, 및 레지스트 필름 스택에서의 다중 반사들로부터 발생한다. 방사선 세기 분포(에어리얼 이미지 세기)는 광자들의 흡수에 의해 잠재적인 "레지스트 이미지"가 되며, 이는 확산 공정들 및 다양한 로딩 효과들에 의해 더 수정된다. 풀-칩 어플리케이션(full-chip application)들을 위해 충분히 빠른 효율적인 시뮬레이션 방법들은 2-차원 에어리얼(및 레지스트) 이미지에 의해 레지스트 스택 내의 실제적인 3-차원 세기 분포를 근사화한다(approximate).
- [0058] 따라서, 모델 공식화(model formulation)는 전체 공정의 알려진 물리적 및 화학적 성질의 - 전부는 아니더라도 - 대부분을 설명하고, 모델 파라미터들의 각각은 바람직하게는 별개의 물리적 또는 화학적 효과에 대응한다. 따라서, 모델 공식화는 전체 제조 공정을 시뮬레이션하기 위해 모델이 얼마나 잘 사용될 수 있는지에 대한 상한(upper bound)을 설정한다. 하지만, 때때로 모델 파라미터들은 측정 및 관독 오차들로부터 부정확할 수 있으며, 시스템 내에 다른 미비점(imperfection)들이 존재할 수 있다. 모델 파라미터들의 정밀한 캘리브레이션으로, 매우 정확한 시뮬레이션들이 수행될 수 있다.
- [0059] 제조 공정 시, 다양한 공정 파라미터들의 변동들은 제품 디자인을 충실하게 반영할 수 있는 적합한 타겟의 디자인에 상당한 영향을 준다. 이러한 공정 파라미터들은 (에칭 또는 현상 공정에 의해 결정되는) 측벽 각도, (디바이스 층 또는 레지스트 층의) 굴절률, (디바이스 층 또는 레지스트 층의) 두께, 입사 방사선의 주파수, 에칭 깊이, 바닥 경사, 방사선 소스에 대한 흡광 계수, (레지스트 층 또는 디바이스 층에 대한) 코팅 비대칭, 화학-기계 연마 공정 동안의 침식의 변동 등을 포함한다(단, 이로 제한되지 않음).
- [0060] 메트롤로지 타겟 디자인은, 예를 들어 타겟 계수(target coefficient: TC), 스택 민감도(stack sensitivity: SS), 오버레이 영향(overlay impact: OV) 등과 같은 다양한 파라미터들에 의해 특성화될 수 있다. 스택 민감도는 타겟(예를 들어, 격자) 층들 사이의 회절로 인한 오버레이의 변화에 따른 세기의 변화를 측정한다. 타겟 계수는 측정 시스템으로부터의 잡음을 측정하고, 메트롤로지 타겟에 대한 신호-대-잡음 비의 등가물로서 여겨질 수 있다. 또한, 타겟 계수는 광자 잡음에 대한 스택 민감도의 비로서 여겨질 수도 있다. 오버레이 영향은 타겟 디자인의 함수로서 오버레이 오차의 변화를 측정한다.
- [0061] 상기에 언급된 바와 같이, 특정 메트롤로지 타겟 디자인의 선택에 영향을 주거나 정의할 수 있는 다양한 모델 파라미터들이 존재할 수 있다. 예를 들어, 메트롤로지 타겟 디자인의 피치의 임계 치수, 피치 등과 같은 특정 타겟 디자인에 대해 하나 이상의 지오메트리 치수(geometric dimension)들이 정의될 수 있다.
- [0062] 모델 파라미터들 중 하나는 기관으로 메트롤로지 타겟 디자인을 전사하는 데 사용되는 시스템의 광학 수차일 수 있고; 메트롤로지 타겟(및/또는, 예를 들어 전자 디바이스 패턴)을 이미징하는 데 사용되는 투영 시스템(PL)은 비-균일한 광학 전달 함수(optical transfer function)를 가질 수 있으며, 이는 기관(W)에 이미징되는 패턴에 영향을 수 있다. 이러한 파라미터가 표현될 수 있는 다양한 방식들이 존재한다. 광학 모델에 대해, 수차를 정의하는 편리한 방식은 제르니케 다항식(Zernike polynomial)의 세트를 통해 달성된다. 제르니케 다항식은 단위 원(unit circle)에 정의된 직교 다항식의 세트를 형성한다. 본 발명에서, 제르니케는 메트롤로지 타겟들을 설계하는 방법론에 대한 비-제한적인 예시로서 사용된다. 하지만, 본 명세서에 설명되는 디자인 방법론은 유사한 특성들을 갖는 여타의 수차 기반(aberration basis)으로 확대될 수 있음을 유의한다.
- [0063] 일 실시예에서, 편광되지 않은 방사선에 대해, 수차 효과들이 2 개의 스칼라 맵(scalar map)들에 의해 매우 잘 설명될 수 있으며, 스칼라 맵들은 투영 시스템(PL)을 빠져나가는 방사선의 상대 위상(수차) 및 투과[아포다이제이션(apodization)]을 이의 퓨필 평면에서 위치의 함수로서 나타낸다. 투과 맵 및 상대 위상 맵이라고도 칭해질 수 있는 이러한 스칼라 맵들은 기저 함수들의 완전한 세트의 선형 조합으로서 표현될 수 있다. 각각의 스칼라 맵의 결정은 이러한 표현에서 계수들을 결정하는 것을 수반할 수 있다. 제르니케 다항식이 단위 원 상에서 직교하기 때문에, 각각의 제르니케 다항식과 측정된 스칼라 맵의 내적(inner product)을 계산하고, 이어서 이를 그 제르니케 다항식의 놈(norm)의 제곱으로 나눔으로써, 제르니케 계수들이 결정될 수 있다.
- [0064] 본 명세서에 개시된 방법론은 하나 이상의 제르니케들에 대한 디자인 파라미터의 민감도에 기초하여 메트롤로지 타겟을 디자인하는 접근법을 제공한다. 배경으로서, 제르니케 항, 홉킨스 이론(Hopkins theory) 및 투과 교차 계수(transmission cross coefficient: TCC)로서 표현되는 수차가 여기서 간명하게 설명된다. 에어리얼 이미지(AI)는 다음과 같이 표현될 수 있고:

$$\begin{aligned}
 AI(x, y) &= \sum_{k_1, k_2} \left| A(k_1, k_2) \sum_{k_1', k_2'} M(k_1' - k_1, k_2' - k_2) L(k_1', k_2') \exp(-jk_1'x - jk_2'y) \right|^2 \\
 &= \sum_{k_1, k_2} \left[A(k_1, k_2)^2 \left[\sum_{k_1', k_2'} \sum_{k_1'', k_2''} M(k_1' - k_1, k_2' - k_2) L(k_1', k_2') M^*(k_1'' - k_1, k_2'' - k_2) L^*(k_1'', k_2'') \exp(-j(k_1' - k_1'')x - j(k_2' - k_2'')y) \right] \right] \\
 &= \sum_{k_1', k_2', k_1'', k_2''} \left[\sum_{k_1, k_2} A(k_1, k_2)^2 L(k_1 + k_1', k_2 + k_2') L^*(k_1 + k_1'', k_2 + k_2'') \right] \\
 &= \sum_{k_1', k_2', k_1'', k_2''} \left[TCC_{k_1', k_2', k_1'', k_2''} M(k_1', k_2') M^*(k_1'', k_2'') \exp(-j(k_1' - k_1'')x - j(k_2' - k_2'')y) \right]
 \end{aligned}$$

[0065]

[0066]

[0067]

여기서, $TCC_{k_1', k_2', k_1'', k_2''} \equiv \sum_{k_1, k_2} A(k_1, k_2)^2 L(k_1 + k_1', k_2 + k_2') L^*(k_1 + k_1'', k_2 + k_2'')$

여기서, $AI(x, y)$ 는 공간 도메인에서의 에어리얼 이미지이고, $A(k_1, k_2)$ 는 소스 퓨필 평면 상의 지점 k 로부터의 소스 진폭이며, $L(k_1, k_2)$ 는 본 명세서에서 "퓨필 이미지"라고도 칭해지는 광학 시스템 퓨필 평면 상의 지점 (k_1, k_2) 에 대한 투영 광학기 진폭 및 위상 함수이다. 공간 도메인의 투영 광학기 함수는 위치의 함수로서 투영 광학기를 통과하는 방사선에 대해 투영 광학기에 의해 야기된 왜곡(예를 들어, 진폭, 위상 또는 둘 모두의 왜곡)을 나타낸다. $M(k_1, k_2)$ 는 공간 주파수 도메인의 패터닝 디바이스 함수(즉, 디자인 레이아웃 함수)이고, 푸리에 변환(Fourier transform)에 의해 공간 도메인의 패터닝 디바이스 함수로부터 얻어질 수 있다. 공간 도메인의 패터닝 디바이스 함수는 위치의 함수로서 패터닝 디바이스를 통과하는 방사선에 대해 패터닝 디바이스에 의해 야기된 왜곡들(예를 들어, 진폭, 위상 또는 둘 모두의 왜곡)을 나타낸다. 더 자세한 내용은, 예를 들어 미국 특허 7,587,704에서 찾을 수 있으며, 이는 본 명세서에서 전문이 인용 참조된다. 공간 도메인의 함수는 공간 주파수 도메인의 대응하는 함수로 변환될 수 있고, 푸리에 함수에 의해 그 역도 가능하다. 여기서, x 및 k 는 둘 다 벡터이다. 또한, 주어진 예시에서, 상기의 방정식들이 스칼라 이미징 모델로부터 도출되고, 또한 이 공식은 벡터 이미징 모델로 확대될 수 있으며, TE 및 TM 또는 다른 편광된 방사선 성분들이 따로 더해짐을 유의한다.

[0068]

$TCC_{k_1', k_2', k_1'', k_2''}$ 는 행렬로서 나타내어질 수 있고, 이는 패터닝 디바이스를 제외한 리소그래피 투영 장치의 광학 특성들을 포함한다. 또한, TCC 행렬은 에르미트(Hermitian)임을 유의한다, 즉 $TCC_{k_1', k_2', k_1'', k_2''} = TCC_{k_1'', k_2'', k_1', k_2'}^*$.

[0069]

상기의 수학적식들을 이용하는 에어리얼 이미지의 연산은 $TCC_{k_1', k_2', k_1'', k_2''}$ 의 우세한 고유값(dominant eigenvalue)들이 사용되는 경우에만 단순화될 수 있다. 구체적으로, $TCC_{k_1', k_2', k_1'', k_2''}$ 가 대각선화되고(diagonalized), 가장 큰 R 고유값들이 보유되는 경우, $TCC_{k_1', k_2', k_1'', k_2''}$ 는 다음과 같이 근사화될 수 있다:

[0070]

$$TCC_{k_1', k_2', k_1'', k_2''} \approx \sum_{r=1}^R \lambda_r \phi_r(k_1', k_2') \phi_r^*(k_1'', k_2'')$$

[0071]

여기서, $\lambda_r (r=1, \dots, R)$ 은 R 가장 큰 고유값들이고, ϕ_r 은 고유값 λ_r 에 대응하는 고유벡터이다.

[0072]

실제 리소그래피 투영 장치에서, 제르니케 계수 z_n 에 대해,

[0073]

$TCC_{k_1', k_2', k_1'', k_2''}$ 가 다음과 같이 잘 근사화될 수 있으며:

[0074]

$$TCC_{k_1', k_2', k_1'', k_2''}(z_n) \approx TCC_{k_1', k_2', k_1'', k_2''}(z_{n0}) + a_{TCC, n, k_1', k_2', k_1'', k_2''}(z_n - z_{n0}) + b_{TCC, n, k_1', k_2', k_1'', k_2''}(z_n - z_{n0})^2$$

[0075]

$TCC_{k_1', k_2', k_1'', k_2''}(z_{n0})$, $a_{TCC, n, k_1', k_2', k_1'', k_2''}$, 및 $b_{TCC, n, k_1', k_2', k_1'', k_2''}$ 는 z_n 으로부터 독립적이다.

[0076]

그러므로, 일단 $TCC_{k_1', k_2', k_1'', k_2''}(z_{n0})$, $a_{TCC, n, k_1', k_2', k_1'', k_2''}$, 및 $b_{TCC, n, k_1', k_2', k_1'', k_2''}$ 가 연산되면, z_n 의 함수로서 $TCC_{k_1', k_2', k_1'', k_2''}(z_n)$ 가

알려진다. $TCC_{k_1, k_2, k_1', k_2'}(z_{n0})$ 는 공칭 조건 $z_n = z_{n0}$ 으로부터 직접적으로 계산될 수 있다. 계수 $a_{TCC, n, k_1, k_2, k_1', k_2'}$ 및 $b_{TCC, n, k_1, k_2, k_1', k_2'}$ 가 z_n 의 알려진 값들의 세트로부터 피팅될(fitted) 수 있거나, 편도함수로서 도출될 수 있고, 이의 세부사항은 공통적으로 수여된(commonly assigned) 미국 특허 출원 공개공보 2009-0157360에서 찾을 수 있으며, 이의 내용은 본 명세서에서 전문이 인용 참조된다.

[0077] 일단, $TCC_{k_1, k_2, k_1', k_2'}(z_{n0})$, $a_{TCC, n, k_1, k_2, k_1', k_2'}$, 및 $b_{TCC, n, k_1, k_2, k_1', k_2'}$ 가 연산되면, z_n 에 대한 전개를 이용하여 에어리얼 이미지(AI)의 연산이 더욱 간단해질 수 있다:

[0078]
$$AI(z_n) \approx AI(z_{n0}) + a_{I, n}(z_n - z_{n0}) + b_{I, n}(z_n - z_{n0})^2$$

[0079] $AI(z_{n0})$, $a_{I, n}$, 및 $b_{I, n}$ 이 의사-에어리얼 이미지(pseudo-aerial image)라고 칭해질 수 있고, 이는 패턴닝 디바이스 이미지로부터 그리고 $TCC_{k_1, k_2, k_1', k_2'}(z_{n0})$, $a_{TCC, n, k_1, k_2, k_1', k_2'}$, 및 $b_{TCC, n, k_1, k_2, k_1', k_2'}$ 로부터 각각 연산될 수 있음을 유의한다. 또한, 이러한 의사-에어리얼 이미지들은 모두 z_n 에 독립적임을 유의한다.

[0080] 퓨필 이미지 $L(k_1, k_2)$ 및 $A(k_1, k_2)$ 를 갖는 광학기에 대해, 결과적인 TCC는 다음과 같다:

[0081]
$$TCC_{k_1, k_2, k_1', k_2'} = \sum_{k_1, k_2} [A(k_1, k_2)^2 L(k_1 + k_1', k_2 + k_2') L^*(k_1 + k_1'', k_2 + k_2'')]]$$

[0082] 제르니케 계수 z_n 로, 퓨필 이미지는 다음과 같이 표현된다:

[0083]
$$L(k_1, k_2) = L_0(k_1, k_2) \exp(j(z_n - z_{n0}) P_n(k_1, k_2))$$
 ,

[0084] 여기서, $L_0(k_1, k_2)$ 는 $z_n = z_{n0}$ 에 대한 공칭 퓨필 이미지이고, $P_n(k_1, k_2)$ 는 z_n 에 대응하는 커널 이미지(kernel image)(또는 제르니케 다항식)이다. 표기를 단순화하기 위해, 일반성을 잃지 않고, $z_{n0} = 0$, 즉 $L(k_1, k_2) = L_0(k_1, k_2) \exp(jz_n P_n(k_1, k_2))$ 임을 가정한다. 당업자라면, 모든 설명이 0이 아닌 z_{n0} 에 대해 유효함을 이해할 것이다. 또한, 공칭 조건은 모두 $z_{n0} = 0$ 이도록 설정되어, 따라서 $L_0(k_1, k_2)$ 가 디포커스(defocus)를 가질 수 있음을 제외하고는 수차가 없다고 가정한다. 그 결과로서, $L_0(k_1, k_2)$ 는, 부연하면 어느 2 개의 주파수 쌍들 (k'_1, k'_2) 및 (k''_1, k''_2) 에 대해 회전 대칭이고, $k_1'^2 + k_2'^2 = k_1''^2 + k_2''^2$ 일 때마다, $L_0(k'_1, k'_2) = L_0(k''_1, k''_2)$.

[0085] TCC 피팅 프로세스는 테일러 전개(Taylor expansion)로서 나타내어질 수 있고, 여기서,

[0086]
$$TCC_{k_1, k_2, k_1', k_2'}(z_n) = TCC_{k_1, k_2, k_1', k_2'}(z_n = 0) + \left. \frac{\partial TCC_{k_1, k_2, k_1', k_2'}}{\partial z_n} \right|_{z_n=0} z_n + \frac{1}{2} \left. \frac{\partial^2 TCC_{k_1, k_2, k_1', k_2'}}{\partial z_n^2} \right|_{z_n=0} z_n^2$$

[0087] 이는 다음을 암시한다:

$$\begin{aligned}
 a_{TCC, n, k_1, k_2, k_1', k_2'} &= \left. \frac{\partial TCC_{k_1, k_2, k_1', k_2'}}{\partial z_n} \right|_{z_n=0} \\
 &= \frac{\partial}{\partial z_n} \left(\sum_{k_1, k_2} \left[A(k_1, k_2)^2 L(k_1 + k_1', k_2 + k_2') L'(k_1 + k_1', k_2 + k_2') \right] \right) \Big|_{z_n=0} \\
 &= \frac{\partial}{\partial z_n} \left(\sum_{k_1, k_2} \left[A(k_1, k_2)^2 L_0(k_1 + k_1', k_2 + k_2') L_0'(k_1 + k_1', k_2 + k_2') \exp(jz_n(P_n(k_1 + k_1', k_2 + k_2') - P_n(k_1 + k_1', k_2 + k_2'))) \right] \right) \Big|_{z_n=0} \\
 &= \frac{\partial}{\partial z_n} \left(\sum_{k_1, k_2} \left[A(k_1, k_2)^2 L_0(k_1 + k_1', k_2 + k_2') L_0''(k_1 + k_1', k_2 + k_2') \exp(jz_n(P_n(k_1 + k_1', k_2 + k_2') - P_n(k_1 + k_1', k_2 + k_2'))) \right] \right) \Big|_{z_n=0} \\
 &= \sum_{k_1, k_2} \left[j(P_n(k_1 + k_1', k_2 + k_2') - P_n(k_1 + k_1', k_2 + k_2')) A(k_1, k_2)^2 L_0(k_1 + k_1', k_2 + k_2') L_0''(k_1 + k_1', k_2 + k_2') \right] \\
 b_{TCC, n, k_1, k_2, k_1', k_2'} &= \left. \frac{1}{2} \frac{\partial^2 TCC_{k_1, k_2, k_1', k_2'}}{\partial z_n^2} \right|_{z_n=0} \\
 &= \frac{1}{2} \frac{\partial^2}{\partial z_n^2} \left(\sum_{k_1, k_2} \left[A(k_1, k_2)^2 L(k_1 + k_1', k_2 + k_2') L'(k_1 + k_1', k_2 + k_2') \right] \right) \Big|_{z_n=0} \\
 &= \frac{1}{2} \frac{\partial^2}{\partial z_n^2} \left(\sum_{k_1, k_2} \left[A(k_1, k_2)^2 L_0(k_1 + k_1', k_2 + k_2') L_0''(k_1 + k_1', k_2 + k_2') \exp(jz_n(P_n(k_1 + k_1', k_2 + k_2') - P_n(k_1 + k_1', k_2 + k_2'))) \right] \right) \Big|_{z_n=0} \\
 &= -\frac{1}{2} \sum_{k_1, k_2} \left[(P_n(k_1 + k_1', k_2 + k_2') - P_n(k_1 + k_1', k_2 + k_2'))^2 A(k_1, k_2)^2 L_0(k_1 + k_1', k_2 + k_2') L_0''(k_1 + k_1', k_2 + k_2') \right]
 \end{aligned}$$

[0088]

[0089]

본 명세서에서 전문이 인용 참조되는 미국 특허 출원 공개공보 2013-0014065에서, 투영 리소그래피 시스템을 통해 이미징되는 테스트 패턴들의 세트를 디자인하는 방법이 개시되고, 테스트 패턴들의 세트는 투영 리소그래피 시스템의 사전정의된 파면 수차 항(wavefront aberration term)과 관련된 리소그래피 응답 파라미터를 포함하며, 사전정의된 파면 수차 항은 파면 수차의 특성을 수학적으로 나타내고, 상기 방법은: a) 사전정의된 파면 수차 항의 함수로서 리소그래피 응답 파라미터의 근사화로서 수학적 급수 전개를 생성하는 단계; b) 수학적 급수 전개로부터 선택된 전개 항들의 세트를 선택하는 단계; c) 선택된 전개 항들을 포함하는 비용 함수를 생성하는 단계; 및 d) 선택되지 않은 전개 항들의 적어도 일부분을 실질적으로 0으로 제약하면서, 테스트 패턴들의 세트의 파라미터를 정의하도록 비용 함수를 해결하는 단계를 포함한다. 투영 리소그래피 시스템을 통해 이미징되는 테스트 패턴들의 세트는 사전정의된 파면 수차 항의 변동에 관한 사전정의된 응답을 생성하기 위해 상기의 방법에 따라 디자인될 수 있고, 사전정의된 응답은 실질적으로 선형이다.

[0090]

메트롤로지 타겟 디자인은, 예를 들어 타겟 계수(TC), 스택 민감도(SS), 오버레이 영향(OV) 또는 이와 유사한 것과 같은 다양한 파라미터들에 의해 특성화될 수 있다. 스택 민감도는 타겟(예를 들어, 격자) 층들 사이의 회절로 인해 오버레이가 변함에 따라 신호의 세기가 얼마나 많이 변하는지의 측정으로서 이해될 수 있다. 타겟 계수는 측정 시스템에 의한 광자 수집의 변동들의 결과로서 특정 측정 시간 동안의 신호-대-잡음 비의 측정으로서 이해될 수 있다. 일 실시예에서, 타겟 계수는 광자 잡음에 대한 스택 민감도의 비로서 여겨질 수도 있다; 즉, 신호(즉, 스택 민감도)가 광자 잡음의 측정으로 나누어져 타겟 계수를 결정할 수 있다. 오버레이 영향은 타겟 디자인의 함수로서 오버레이 오차의 변화를 측정한다.

[0091]

주어진 광학 시스템에서, 더 구체적으로는 주어진 리소그래피 장치에 대해, 리소그래피 장치의 다양한 광학 요소들로부터 발생하는 광학 수차는, 리소그래피 장치를 이용하여 메트롤로지 타겟을 노광할 때, 또한 리소그래피 장치를 이용하여 제품(예를 들어, 디바이스) 패턴을 노광할 때, 리소그래피 장치의 이미징 슬릿에 걸쳐 상이한 위치들 i 에 대해 변동할 수 있다. 리소그래피 장치 수차 변동들의 정상 범위 내에서, 메트롤로지 타겟을 특성화하는 특정 파라미터 par 의 변동이, 예를 들어 다음과 같이 리소그래피 장치의 이미징 슬릿에 걸쳐 특정 위치 i 에서 제르니케 z_n 에 선형 의존적인 것으로 고려될 수 있음이 발견되었으며:

[0092]

$$\partial par = \sum_n z_n(i) \cdot \frac{\partial par}{\partial z_n} \quad (1)$$

[0093]

여기서, $\frac{\partial par}{\partial z_n}$ 는 특정 제르니케 z_n 에 대한 파라미터의 민감도로서 고려될 수 있다. 또한, 특정 제르니케 z_n 에 대한 파라미터의 민감도가 리소그래피 장치 및 슬릿 위치에 실질적으로 독립적임이 발견되었다. 따라서, 하나

이상의 제르니케 z_n 에 대한 민감도 $\frac{\partial par}{\partial z_n}$ 를 결정하고, 상이한 슬릿 위치들 및/또는 상이한 리소그래피 장치들(예를 들어, 상이한 수차 값들 및/또는 상이한 수차 프로파일들)에 대하여 이러한 민감도들을 이용하는 것이 가능하다.

[0094] 다양한 실시예들에서, 하나 이상의 파라미터들의 민감도가 측정되거나 시뮬레이션될 수 있다. 예를 들어, 일 실시예에서는 민감도를 결정하기 위해 수차 섭동(aberration perturbation) ["미앤더(meander)"] 실험들이 수행될 수 있다. 일 예시로서, 기관 노광 시, 리소그래피 장치 내의 투영 시스템은 약간 가열될 수 있어, 투영 시스템의 하나 이상의 광학 요소들의 변형 및 이에 따른 광학 수차를 유발할 수 있다. 리소그래피 장치는 이러한 수차를 감소시키기 위해 제어 메커니즘들을 가질 수 있다. 하지만, 제어가 스위치 오프(switch off)되는 경우, 수차는, 예를 들어 제품 패턴들 내에 그리고 메트롤로지 타겟들 내에 측정가능한 오버레이 오차를 유발하기에 충분히 클 것으로 예상된다. 수차의 양은 리소그래피 장치 내의 센서에 의해 측정되거나 결정될 수 있고, 관심 파라미터(예를 들어, 오버레이) 또한 측정되거나 결정될 수 있다. 따라서, 수차들에 대한 파라미터(예를 들어, 오버레이)의 민감도가 계산될 수 있다. 유사하게, 민감도는 리소그래피 모델(예를 들어 모듈들 71 내지 75 중 하나 이상) 및 메트롤로지 모델을 이용하여 시뮬레이션될 수 있다. 예를 들어, 프로파일을 얻기 위해 특정한 양(예를 들어, 수 mm) 또는 특정한 작은 비율(예를 들어, 1 내지 5%)에 대해 수차 변동되는 모든 적절한 제르니케 수차에 대해 리소그래피 모델을 이용함으로써 시뮬레이션이 수행될 수 있고, 프로파일은 메트롤로지 시뮬레이션에 제공되어, 수차의 변동에 대한 적용가능한 파라미터, 예를 들어 오버레이의 변동을 제공하고, 이에 따라 민감도를 산출한다.

[0095] 또한, 일반적으로, 메트롤로지 타겟 디자인의 목적은, 특정 리소그래피 장치에 의해 노광될 때 특정 제품(예를 들어, 디바이스) 디자인에 대한 관심 파라미터의 변동을 정확히 시뮬레이션하는 타겟을 디자인하는 것이다. 다시 말해, 일 실시예에서, 특정 리소그래피 장치를 이용하여 노광되는 특정 타겟 디자인에 대해, 최적의 타겟 디자인은 제품 디자인에 대한 관심 파라미터 par_p 의 변동과, 메트롤로지 타겟 디자인에 대한 관심 파라미터 par_t 의 변동 간의 차이를 최소화하는 것일 수 있다. 따라서, 일 실시예에서, 광학 수차들에 관한 이러한 차이는 수학적 (1)을 이용함으로써 민감도를 이용하여 계산될 수 있고, 다음과 같다:

$$\Delta par = \sqrt{\sum_i (par_p(i) - \sum_n z_n(i) \cdot \frac{\partial par_t}{\partial z_n})^2} \quad (2)$$

[0097] 일 실시예에서, 제품 디자인에 대한 관심 파라미터 par_p (예를 들어, 오버레이)는 메트롤로지 타겟을 생성하는 데 사용되는 광학 시스템을 이용하여 리소그래피 모델(예를 들어, 모듈들 71 내지 75 중 하나 이상)을 이용하는 시뮬레이션에 의해 결정될 수 있다. 관심 파라미터는 특정 슬릿 위치들에 대해 결정될 수 있거나, 전체 슬릿에 대해 결정될 수 있다[또한, 예를 들어 수학적 (2)에 사용하기 위해 슬릿에 걸쳐 선택적으로 평균화될 수 있다]. 적용가능하다면 적절한 센서 및/또는 실험 셋업을 이용하여 관심 파라미터가 측정될 수 있다.

[0098] 도 8은 메트롤로지 타겟을 디자인하는 방법을 개략적으로 도시한다. 상기 방법은 블록 P101에서 복수의 광학 수차들 중 하나 이상에 대한 메트롤로지 타겟에 대한 관심 파라미터의 민감도를 결정하는 단계, 블록 P102에서 리소그래피 장치의 광학 시스템을 이용하여 노광되는 제품 디자인에 대한 관심 파라미터를 결정하는 단계, 및 블록 P103에서 민감도 및 제품 디자인에 대한 파라미터에 기초하여 관심 파라미터에 관한 영향을 결정하는 단계를 포함한다. 일 실시예에서, 민감도에 기초하여 관심 파라미터에 관한 영향을 결정하는 단계는 광학 시스템의 각각의 수차들 중 하나 이상 및 민감도의 곱에 기초하여 영향을 결정하는 단계를 포함한다. 일 실시예에서, 각각의 수차들 중 하나 이상의 값들은 리소그래피 장치의 이미징 슬릿에 걸쳐 다양한 측정 위치들 i 에 있을 수 있다. 일 실시예에서, 특정 수차 타입에 대한 관심 파라미터의 민감도는 리소그래피 장치의 광학 수차 변동들의 디자인 범위 내에서 선형인 것으로 간주된다.

[0099] 따라서, 리소그래피 장치의 노광 슬릿에 걸친 광학 수차의 변동의 영향은, 예를 들어 수학적 (1) 및/또는 (2)를 이용하여 슬릿에 걸친 광학 시스템의 각각의 수차 값과 민감도의 곱의 합산(summation)을 이용하여 결정될 수 있다.

[0100] 일 실시예에서, 관심 파라미터는 오버레이 오차일 수 있다. 일 실시예에서, 복수의 광학 수차들의 각각은 제르니케 다항식에 의해 나타내어진다.

[0101] 따라서, 일 실시예에서는, 복수의 상이한 메트롤로지 타겟 디자인들이 본 명세서에 설명된 방법을 이용하여 메트롤로지 타겟 디자인의 하나 이상의 파라미터들에 관한 영향을 결정하도록 평가될 수 있어, 타겟 디자인에 대

한 파라미터의 영향과 제품(디바이스) 디자인에 대한 파라미터의 영향 간에 최소 차이를 갖는 메트롤로지 타겟 디자인을 식별할 수 있다. 따라서, 유익하게 일 실시예에서는, 하나 이상의 광학 수차 타입들에 대한 하나 이상의 파라미터들의 민감도가 초기에 또한 선택적으로 한번만 시뮬레이션될 수 있으며, 예를 들어 하나 이상의 광학 수차 타입들에 대한 하나 이상의 파라미터들의 민감도가 복수의 메트롤로지 타겟 디자인들의 각각에 대해 시뮬레이션될 수 있다. 이후, 메트롤로지 디자인들의 각각의 하나 이상의 파라미터들이 제품 디자인의 파라미터(들)에 대해 평가될 수 있어, 그 제품 디자인에 대한 메트롤로지 타겟의 적합성을 결정할 수 있다. 이에 따라, 민감도를 재-결정해야 하거나 메트롤로지 타겟 디자인들에 대한 새로운 시뮬레이션을 수행할 필요없이 상이한 제품 디자인들이 평가될 수 있다. 유사하게, 슬릿 내의 여하한 상이한 지점에 대한 상이한 수차 값들이 평가될 수 있고, 및/또는 수차 타입들의 상이한 조합들이 평가될 수 있으며, 각각은 민감도를 재-결정해야 하거나 메트롤로지 타겟 디자인들에 대한 새로운 시뮬레이션을 수행할 필요가 없다. 따라서, 예를 들어 리소그래피 및 메트롤로지 시뮬레이션은 슬릿 수차 프로파일 내의 각 지점에 대해 반복될 필요가 없을 수 있으며, 유사하게 리소그래피 및 메트롤로지 시뮬레이션은 (예를 들어 상이한 리소그래피 장치에 대해) 수차 프로파일이 변화될 때 반복될 필요가 없을 수 있다. 민감도의 선형 관계는 새로운 수차 프로파일 및/또는 수차 값들의 비교적 단순한 사양(specification)이 메트롤로지 타겟 디자인에 대한 파라미터에 대한 수차 변동의 영향을 결정하게 한다.

[0102] 복수의 메트롤로지 타겟 디자인들은 하나 이상의 파라미터들에 관한 영향의 값에 따라 등급화(rank)될 수 있다. 이러한 등급화는 리소그래피 모델의 사용자가 최고 등급의 디자인은 아닐 수 있지만 사용자의 제조 공정에 더 적합한 특정 디자인을 선택하게 할 수 있다. 일 실시예에서, 파라미터가 오버레이인 경우, 적합한 메트롤로지 타겟 디자인은 오버레이에 관한 10 nm 이하의 영향, 예를 들어 7 nm 이하의 영향, 5 nm 이하의 영향, 또는 3 nm 이하의 영향을 갖는 것일 수 있다.

[0103] 도 9는 메트롤로지 타겟을 디자인하는 또 다른 방법을 개략적으로 도시한다. 상기 방법은 블록 P201에서 복수의 수차 타입들 중 하나 이상에 대한 메트롤로지 타겟 디자인의 오버레이 오차의 민감도를 결정하는 단계를 포함한다. 일 실시예에서, 복수의 광학 수차들의 각각은 제르니케 다항식에 의해 나타내어진다. 블록 202에서, 상기 방법은 메트롤로지 타겟을 노광시키기 위해 리소그래피 장치의 광학 시스템의 각각의 수차 값에 의해 곱해진 민감도에 기초하여 메트롤로지 타겟 디자인의 오버레이 오차 영향을 결정하는 단계를 더 포함한다. 일 실시예에서, 메트롤로지 타겟 디자인의 오버레이 오차 영향은 메트롤로지 타겟을 노광시키기 위해 리소그래피 장치의 광학 시스템의 각각의 수차 값들에 의해 곱해진 복수의 수차 타입들의 민감도들의 합에 기초한다.

[0104] 일 실시예에서, 메트롤로지 타겟 디자인의 오버레이 오차의 민감도(들)는 광학 수차 변동들의 디자인 범위 내에서 선형인 것으로 간주된다.

[0105] 이후, 광학 시스템의 복수의 수차들에 대한 각각의 수차와 민감도의 곱의 합산을 이용하여, 예를 들어 다음의 식을 이용하여, 리소그래피 장치의 노광 슬릿에 걸친 광학 수차들의 변동의 오버레이 오차에 관한 영향이 결정될 수 있다:

$$\Delta ov = \sqrt{\sum_i (ov_p(i) - \sum_n z_n(i) \cdot \frac{\partial ov_i}{\partial z_n})^2} \quad (3)$$

[0107] 여기서, $ov_p(i)$ 는 노광 슬릿 위치 i 에서의 제품 디자인에 대한 오버레이 오차이고, $ov_i(i)$ 는 노광 슬릿 위치 i 에서의 타겟 디자인에 대한 오버레이 오차이다. Δov 의 가능한 작은 값은 최소 오버레이 영향을 나타낸다. 일 실시예에서, 적합한 메트롤로지 타겟 디자인은 10 nm 이하, 예를 들어 7 nm 이하, 5 nm 이하, 또는 3 nm 이하인 Δov 의 값을 갖는 것일 수 있다.

[0108] 일 실시예에서, $ov_p(i)$ 는 특정 노광 슬릿 위치 i 에 대해 결정되지 않을 수 있다. 더 정확하게는, $ov_p(i)$ 는 노광 슬릿에 걸친 평균 값일 수 있다[또한, 이에 따라 노광 슬릿에 걸친 전체 값에 대해 수학적 (3)에서 슬릿에 걸쳐 더해질 수 있다].

[0109] 일 실시예에서, Δov 는 메트롤로지 타겟 디자인의 예시적인 성능 표시자(performance indicator)이다. 다른 성능 표시자들이 공식화될 수 있다. 예를 들어, $ov_p(i)$ 를 생략함으로써 수학적 (3)으로부터 성능 표시자가 공식화될 수 있다.

[0110] 따라서, 일 실시예에서는, 복수의 상이한 메트롤로지 타겟 디자인들이 본 명세서에 설명된 방법을 이용하여 메트롤로지 타겟 디자인의 오버레이 오차에 관한 영향을 결정하도록 평가될 수 있어, 타겟 디자인의 오버레이 오

차에 관한 영향과 제품(디바이스) 디자인의 오버레이 오차에 관한 영향 간에 최소 차이를 갖는 메트롤로지 타겟 디자인을 식별할 수 있다.

- [0111] 복수의 메트롤로지 타겟 디자인들은 하나 이상의 파라미터들에 관한 영향의 값에 따라 등급화될 수 있다. 이러한 등급화는 사용자가 최고 등급의 디자인은 아닐 수 있지만 사용자의 제조 공정에 더 적합한 특정 디자인을 선택하게 할 수 있다. 일 실시예에서, 파라미터가 오버레이인 경우, 적합한 메트롤로지 타겟 디자인은 오버레이에 관한 10 nm 이하의 영향, 예를 들어 7 nm 이하의 영향, 5 nm 이하의 영향, 또는 3 nm 이하의 영향을 갖는 것일 수 있다.
- [0112] 일 실시예에서, 민감도들 중 하나 이상은 다른 민감도들과 상이하게 가중(weight)될 수 있다. 예를 들어, 특정 제르니케에 대한 민감도는 다른 특정 제르니케에 대한 민감도보다 더 많이 가중될 수 있다. 일 실시예에서, 특정 제르니케 민감도들은 결정되거나 평가되지 않을 수 있다. 예를 들어, 구면 제르니케(spherical Zernike)는 어떠한 오버레이 영향도 갖지 않을 수 있으며, 이에 따라 그 결정 또는 평가가 필수적이지 않을 수 있다. 또한, 특정 메트롤로지 타겟 디자인에 따라, 특정 방향(예를 들어, X 또는 Y 방향)으로 제르니케 대칭이 결정되거나 평가되지 않을 수 있는데, 이는 특정 메트롤로지 타겟 디자인에 대하여 그 특정 방향으로 오버레이 오차를 갖지 않을 수 있기 때문이다.
- [0113] 본 명세서에서는 제르니케 항들이 방법론을 입증하기 위한 주요 예시로서 사용되지만, 이 방법은 수차들의 다른 표현들 또는 심지어 다른 리소그래피 파라미터들, 예를 들어 비선형 CD 응답에 기여할 수 있는 pupils 피트 파라미터(pupil fit parameter)에 대해 일반화될 수 있다.
- [0114] 요약하면, 특정 제품 디자인에 대한 효과적인 메트롤로지 타겟의 더 신속한 결정을 가능하게 하는 기술이 제공될 수 있다. 수차들에 대한 타겟 민감도가 수차들에 대한 제품 민감도/거동(behavior)과 매칭되도록 하는 것이 바람직하다. 이들이 매칭되는 경우, 타겟은 제품에 대한 더 양호한 예측자(predictor)이다. 문제는, 다수의 타겟 디자인들에 대해 길고 복잡한 리소그래피 및 메트롤로지 시뮬레이션들을 여러 번 진행한다는 것이다(또한, 이후, 예를 들어 상이한 틀에서 수차들이 변화되는 경우 이를 모두 다시 수행한다는 것이다). 타겟을 디자인함에 있어서, 각각의 제르니케(하나 이상의 제르니케 z_n 에 대한 $\frac{\partial par}{\partial z_n}$)에 대한 메트롤로지 타겟 파라미터(예를 들어, 타겟 오버레이) 민감도가 리소그래피 장치 수차 변동들의 범위 내에서 일반적으로 선형임이 발견되었다. 따라서, 타겟에 대해 한 번만 시뮬레이션하여, 각각의 제르니케에 대한 파라미터 민감도를 결정할 수 있다. 이후, 타겟의 파라미터(예를 들어, 오버레이) 영향은 특정 제르니케 양(예를 들어, 특정 틀의 슬릿 내의 복수의 위치들 각각에서의 제르니케 양)에 의해 곱해진 제르니케 민감도들의 합으로서 계산될 수 있다. 이는 타겟의 성능 표시자를 산출하기 위해 (예를 들어, 슬릿 내의 동일한 복수의 위치들의 각각에서의) 제품의 파라미터(예를 들어, 오버레이)와 조합될 수 있다. 이 공정은 복수의 타겟 디자인에 대해 반복될 수 있으며, 이후 최적 성능 표시자 값을 갖는 타겟 디자인이 (이 기준에 대한) 최적 매칭이다.
- [0115] 일 실시예에서, 메트롤로지 타겟 디자인은 메트롤로지 타겟 디자인이 광학 수차 파라미터에 대해 제품 디자인과 유사한 민감도를 갖는지 여부를 결정하도록 평가될 수 있어, 타겟을 측정할 때 제품 디자인에 대해 최적 예측이 이루어질 수 있다.
- [0116] 따라서, 앞서 설명된 바와 같이, 광학 수차 파라미터에 대한 메트롤로지 타겟 디자인 및 제품 디자인을 특성화하는 파라미터의 반응도(responsiveness) 또는 민감도(즉, 광학 수차 파라미터의 값의 변화에 대한 파라미터 값의 변화의 척도)가 측정되거나 시뮬레이션될 수 있다. 일 실시예에서, 민감도는 수차 타입마다 측정되거나 시뮬레이션될 수 있다.
- [0117] 이후, 복수의 메트롤로지 타겟 디자인들은 민감도의 측면에서 제품 디자인과 매칭되는 메트롤로지 타겟 디자인을 발견하도록 평가될 수 있다. 이러한 매칭은 특정 수차에 대해 또는 수차들의 세트에 대해 특정적일 수 있다. 따라서, 하나 이상의 수차들에 대한 이들의 민감도들에 따른 메트롤로지 타겟 디자인들의 컬렉션(collection)이 제공될(예를 들어, 시뮬레이션으로부터 결정될) 수 있고, 이로부터 의도한 메트롤로지 타겟 디자인을 선택할 수 있다. (예를 들어, 시뮬레이션에 의해) 결정된 수차들의 특정 세트에 대한 제품 디자인의 민감도를 가지고, 이후 컬렉션으로부터 메트롤로지 타겟 디자인이 식별될 수 있으며, 이는 (예를 들어, 단일 수차에 대해 또는 복수의 수차들에 대해) 제품 디자인의 민감도와 매칭된다.
- [0118] 본 명세서에 설명된 타겟 구조체들은 측정을 위해 특정적으로 디자인되고 형성되는 메트롤로지 타겟들이지만, 다른 실시예들에서는 기관 상에 형성된 디바이스들의 기능적 부분들인 타겟들에 대해 특성들이 측정될 수 있다.

많은 디바이스들이 규칙적인 격자-형 구조체들을 갖는다. 본 명세서에서 사용된 바와 같은 '타겟', '타겟 격자' 및 '타겟 구조체'라는 용어들은, 구조체가 수행되는 측정을 위해 특정적으로 제공되었음을 요구하지 않는다.

- [0119] 격자들의 형태인 오버레이 타겟들이 설명되었지만, 일 실시예에서 박스-인-박스(box-in-box) 이미지 기반 오버레이 타겟들과 같은 다른 타겟 타입들이 사용될 수 있다.
- [0120] 오버레이를 결정하기 위한 메트롤로지 타겟들이 주로 설명되었지만, 메트롤로지 타겟들은 대안적으로 또는 추가적으로 포커스, 도즈 등과 같은 하나 이상의 다른 특성을 결정하는 데 사용될 수 있다.
- [0121] 일 실시예에 따른 메트롤로지 타겟들은 픽셀-기반 데이터 구조 또는 다각형-기반 데이터 구조와 같은 데이터 구조를 이용하여 정의될 수 있다. 다각형-기반 데이터 구조는, 예를 들어 GDSII 데이터 포맷들을 이용하여 설명될 수 있고, 이들은 오히려 칩 제조 산업에서 일반적이다. 여전히, 여하한의 적절한 데이터 구조 또는 데이터 포맷이 실시예들의 범위를 벗어나지 않고 사용될 수 있다. 메트롤로지 타겟들은 데이터베이스에 저장될 수 있고, 이로부터 사용자가 특정 반도체 처리 단계에서 사용하기 위해 필요한 메트롤로지 타겟을 선택할 수 있다. 이러한 데이터베이스는 실시예들에 따라 디자인되거나 선택되는 단일 메트롤로지 타겟 또는 복수의 메트롤로지 타겟들을 포함할 수 있다. 또한, 데이터베이스는 복수의 메트롤로지 타겟들을 포함할 수 있고, 데이터베이스는 복수의 메트롤로지 타겟들 각각에 대해 추가적인 정보를 포함한다. 또한, 이 추가적인 정보는, 예를 들어 특정한 리소그래피 공정 단계에 대한 메트롤로지 타겟의 적합성 또는 품질에 관한 정보를 포함할 수 있으며, 심지어 상이한 리소그래피 공정 단계들에 대한 단일 메트롤로지 타겟의 적합성 및/또는 품질을 포함할 수 있다. 메트롤로지 타겟의 적합성 및/또는 품질은 각각 적합성 값 및/또는 품질 값으로, 또는 특정한 리소그래피 공정 단계에 사용될 메트롤로지 타겟의 선택 공정 또는 디자인 공정 동안 사용될 수 있는 여하한의 다른 값으로 표현될 수 있다.
- [0122] 일 실시예에서, 컴퓨터 관독가능한 매체는 원격 시스템 또는 원격 컴퓨터로부터 컴퓨터 관독가능한 매체로의 연결을 이용하여 방법 단계들 중 적어도 일부를 구현하는 명령어들을 포함할 수 있다. 이러한 연결은, 예를 들어 보안 네트워크에 걸쳐, 또는 월드-와이드-웹(인터넷)에 걸친 (보안) 연결을 통해 생성될 수 있다. 이 실시예에서, 사용자들은 예를 들어 원격 위치로부터 로그인할 수 있어, 메트롤로지 타겟 디자인의 적합성 및/또는 품질을 결정하기 위해 컴퓨터 관독가능한 매체를 이용할 수 있다. 메트롤로지 타겟 디자인의 제안된 파라미터 또는 파라미터들은 원격 컴퓨터에 의해(또는 파라미터에 관한 메트롤로지 타겟 디자인의 영향을 결정하거나, 메트롤로지 타겟 디자인의 적합성을 결정하는 시스템에 메트롤로지 타겟 디자인을 제공하기 위해 원격 컴퓨터를 이용하는 조작자에 의해) 제공될 수 있다. 이에 따라, 제안된 메트롤로지 타겟 디자인은, 예를 들어 모델들을 이용하여 시뮬레이션될 수 있고, 시뮬레이션 공정 또는 결정 공정 동안 사용되는 모델들과 비교하여 상이한 단체 또는 회사에 의해 소유될 수 있다. 후속하여, 메트롤로지 타겟 품질을 평가하기 위한 결과적인 결정된 영향은, 예를 들어 사용되는 시뮬레이션 파라미터들 또는 메트롤로지 타겟 디자인에 대한 제안된 파라미터들을 액세스(excess)하는 어떠한 잔여 세부사항들도 남기지 않고 원격 컴퓨터에 다시 제공될 수 있다. 이러한 실시예에서, 고객은 그 원격 위치에서 소프트웨어의 복사본(copy)을 갖거나 소프트웨어를 소유하지 않고 개별적으로 제안된 메트롤로지 타겟 디자인들의 평가 또는 디자인을 실행하는 옵션을 취득할 수 있다. 이러한 옵션은, 예를 들어 사용자 동의에 의해 얻을 수 있다. 이러한 사용자 동의의 이점은, 시뮬레이션들에서 사용되는 모델들이 항상 여하한의 소프트웨어를 로컬 업데이트(locally update)할 필요 없이 이용가능한 가장 최근 및/또는 가장 상세한 모델들일 수 있다는 것일 수 있다. 또한, 모델 시뮬레이션 및 메트롤로지 타겟 디자인의 제안된 파라미터들 또는 메트롤로지 타겟 제안을 분리함으로써, 처리에 사용되는 상이한 층들 또는 디자인된 마커들의 세부사항들이 두 회사들에 의해 공유되지 않아도 된다.
- [0123] 기관들 및 패터닝 디바이스들 상에 실현되는 바와 같은 타겟들의 물리적 격자 구조체들과 관련하여, 일 실시예는 타겟을 디자인하고, 기관 상에 타겟을 생성하며, 기관 상의 타겟을 측정하고, 및/또는 리소그래피 공정에 관한 정보를 얻도록 측정들을 분석하는 방법을 구현하는 기계-관독가능한 명령어들의 하나 이상의 시퀀스를 포함한 컴퓨터 프로그램을 포함할 수 있다. 이 컴퓨터 프로그램은 예를 들어 도 2의 제어 유닛(LACU) 및/또는 도 3 및 도 4의 장치의 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 1 내지 도 4에 나타난 타입의 기존 장치가 이미 생산 중 및/또는 사용 중인 경우, 장치의 프로세서가 본 명세서에 설명된 바와 같은 방법을 수행하게 하는 업데이트된 컴퓨터 프로그램 제품들의 제공에 의해 일 실시예가 구현될 수 있다.
- [0124] 본 발명의 일 실시예는 본 명세서에 개시된 바와 같은 방법을 구현하는 기계-관독가능한 명령어들의 하나 이상

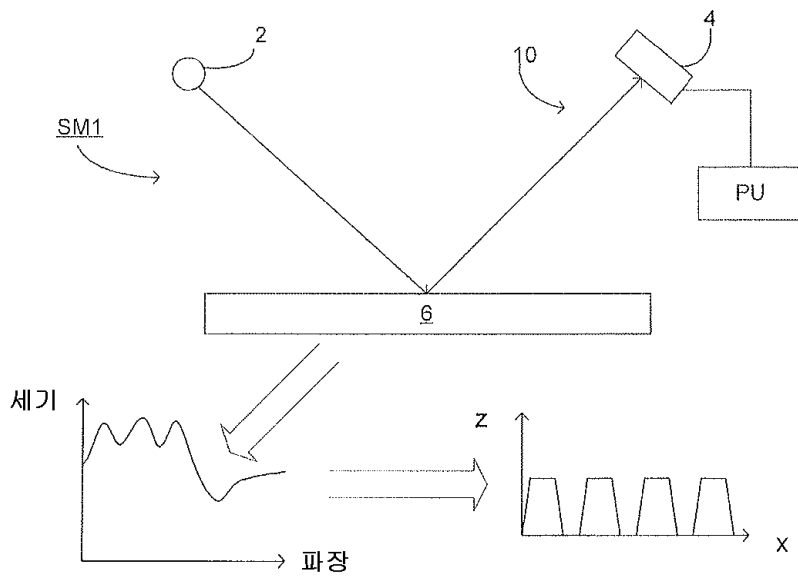
의 시퀀스를 포함한 컴퓨터 프로그램, 또는 이러한 컴퓨터 프로그램이 저장되어 있는 데이터 저장 매체(예를 들어, 반도체 메모리, 자기 또는 광학 디스크)의 형태를 취할 수 있다. 또한, 기계 판독가능한 명령어는 2 이상의 컴퓨터 프로그램들로 구현될 수 있다. 2 이상의 컴퓨터 프로그램들은 하나 이상의 상이한 메모리 및/또는 데이터 저장 매체에 저장될 수 있다.

- [0125] 본 명세서에서 설명되는 여하한의 제어기들은 각각 또는 조합하여, 하나 이상의 컴퓨터 프로그램이 리소그래피 장치의 적어도 하나의 구성요소 내에 위치되는 하나 이상의 컴퓨터 프로세서에 의해 판독되는 경우에 작동가능할 수 있다. 제어기들은 각각 또는 조합하여, 신호들을 수신, 처리 및 송신하는 여하한의 적절한 구성을 가질 수 있다. 하나 이상의 프로세서가 제어기들 중 적어도 하나와 통신하도록 구성된다. 예를 들어, 각각의 제어기가 앞서 설명된 방법들에 대한 기계-판독가능한 명령어들을 포함하는 컴퓨터 프로그램들을 실행하는 하나 이상의 프로세서를 포함할 수 있다. 제어기들은 이러한 컴퓨터 프로그램들을 저장하는 데이터 저장 매체, 및/또는 이러한 매체를 수용하는 하드웨어를 포함할 수 있다. 이에 따라, 제어기(들)는 하나 이상의 컴퓨터 프로그램의 기계 판독가능한 명령어들에 따라 작동할 수 있다.
- [0126] 본 발명은 다음의 조항(clause)들을 이용하여 더 설명될 수 있다:
- [0127] 1. 메트롤로지 타겟 디자인의 방법에서, 상기 방법은:
- [0128] 광학 수차에 대한, 메트롤로지 타겟 디자인에 대한 파라미터의 민감도를 결정하는 단계; 및
- [0129] 리소그래피 장치의 광학 시스템을 이용하여 노광된 제품 디자인에 대한 파라미터, 및 광학 시스템의 각각의 수차와 민감도의 곱에 기초하여, 메트롤로지 타겟 디자인의 파라미터에 관한 영향을 결정하는 단계를 포함한다.
- [0130] 2. 조항 1의 방법에서, 복수의 광학 수차들의 각각에 대한, 메트롤로지 타겟 디자인에 대한 파라미터의 민감도를 결정하는 단계, 및 제품 디자인에 대한 파라미터, 및 광학 시스템의 각각의 수차들과 민감도들의 곱에 기초하여, 메트롤로지 타겟 디자인의 파라미터에 관한 영향을 결정하는 단계를 포함한다.
- [0131] 3. 조항 1 또는 2의 방법에서, 리소그래피 장치의 광학 시스템을 이용하여 노광된 제품 디자인에 대한 파라미터를 결정하는 단계를 더 포함한다.
- [0132] 4. 조항 3의 방법에서, 광학 시스템을 이용하여 노광되는 제품 디자인을 시뮬레이션함으로써 제품 디자인에 대한 파라미터를 결정하는 단계를 더 포함한다.
- [0133] 5. 조항 1 내지 4 중 어느 하나의 방법에서, 민감도를 결정하는 단계는 리소그래피 모델을 이용하는 시뮬레이션에 의해 수행된다.
- [0134] 6. 조항 1 내지 5 중 어느 하나의 방법에서, 파라미터는 오버레이 오차를 포함한다.
- [0135] 7. 조항 1 내지 6 중 어느 하나의 방법에서, 광학 수차는 제르니케 다항식을 포함한다.
- [0136] 8. 조항 1 내지 7 중 어느 하나의 방법에서, 영향을 결정하는 단계는 리소그래피 장치의 노광 슬릿의 복수의 위치들에 대하여, 광학 시스템의 각각의 수차와 민감도의 곱의 합산을 포함한다.
- [0137] 9. 조항 1 내지 8 중 어느 하나의 방법에서, 민감도는 광학 시스템 수차 변동들의 디자인 범위 내에서 선형인 것으로 간주된다.
- [0138] 10. 조항 1 내지 9 중 어느 하나의 방법에서, 메트롤로지 타겟 디자인에 대한 파라미터와 제품 디자인에 대한 파라미터 간에 최소 차이를 갖는 메트롤로지 타겟 디자인을 식별하기 위해 복수의 상이한 메트롤로지 타겟 디자인들에 대하여 상기 결정을 수행하는 단계를 포함한다.
- [0139] 11. 메트롤로지 타겟 디자인의 방법에서, 상기 방법은:
- [0140] 복수의 수차들의 각각의 수차에 대한, 메트롤로지 타겟 디자인의 오버레이 오차의 민감도를 결정하는 단계; 및
- [0141] 메트롤로지 타겟을 노광시키는 리소그래피 장치의 광학 시스템의 각각의 수차들에 의해 곱해진 민감도들의 합에 기초하여 메트롤로지 타겟 디자인의 오버레이 오차 영향을 결정하는 단계를 포함한다.
- [0142] 12. 조항 11의 방법에서, 수차들은 각각 제르니케 다항식을 포함한다.
- [0143] 13. 조항 11 또는 12의 방법에서, 민감도들은 광학 시스템 수차 변동들의 디자인 범위 내에서 선형인 것으로 간주된다.

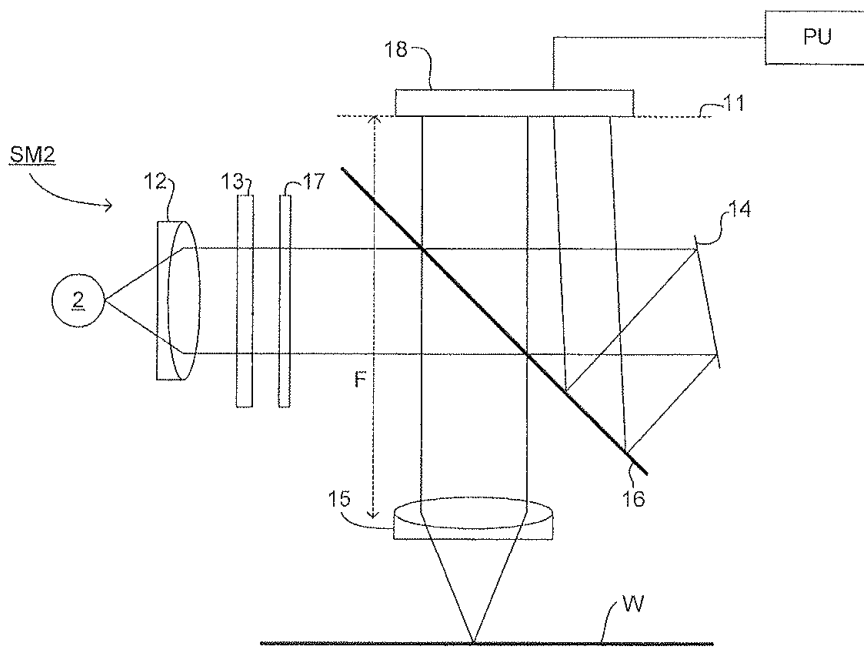
- [0144] 14. 조항 11 내지 제 13 중 어느 하나의 방법에서, 민감도를 결정하는 단계는 리소그래피 모델을 이용하는 시뮬레이션에 의해 수행된다.
- [0145] 15. 조항 11 내지 제 14 중 어느 하나의 방법에서, 광학 시스템을 이용하여 노광되는 제품 디자인의 오버레이 오차를 시뮬레이션하는 단계를 더 포함한다.
- [0146] 16. 조항 11 내지 제 15 중 어느 하나의 방법에서, 영향을 결정하는 단계는 리소그래피 장치의 노광 슬릿의 복수의 위치들에 대하여, 광학 시스템의 각각의 수차들과 민감도들의 곱의 합산을 포함한다.
- [0147] 17. 컴퓨터 판독가능한 매체에서, 컴퓨터 판독가능한 매체는 조항 1 내지 16 중 어느 하나에 따른 방법을 수행하도록 컴퓨터에 의해 실행가능한 명령어들을 포함한다.
- [0148] 18. 조항 17의 컴퓨터 판독가능한 매체에서, 명령어들은 원격 컴퓨터로부터 컴퓨터 프로그램가능한 매체로의 연결을 이용하여 방법 단계들 중 적어도 일부를 구현하는(activate) 명령어들을 더 포함한다.
- [0149] 19. 조항 18의 컴퓨터 판독가능한 매체에서, 원격 컴퓨터와의 연결은 보안 연결이다.
- [0150] 20. 조항 18 또는 19의 컴퓨터 판독가능한 매체에서, 메트롤로지 타겟 디자인의 파라미터는 원격 컴퓨터에 의해 제공된다.
- [0151] 21. 조항 20의 컴퓨터 판독가능한 매체에서, 상기 방법은 메트롤로지 디자인의 파라미터에 관한 영향을 원격 컴퓨터로 다시 제공하도록 더 구성된다.
- [0152] 22. 기관 상에 사용하기 위한 메트롤로지 타겟 디자인의 시스템에서, 상기 시스템은:
- [0153] 처리 유닛을 포함하고, 상기 처리 유닛은:
- [0154] 광학 수차에 대한, 메트롤로지 타겟 디자인에 대한 파라미터의 민감도를 결정하고, 및
- [0155] 리소그래피 장치의 광학 시스템을 이용하여 노광된 제품 디자인에 대한 파라미터, 및 광학 시스템의 각각의 수차와 민감도의 곱에 기초하여, 메트롤로지 타겟 디자인의 파라미터에 관한 영향을 결정하도록 구성되고 배치된다.
- [0156] 23. 조항 22의 시스템에서, 시스템은 원격 시스템과 통신하는 네트워크로의 연결을 포함한다.
- [0157] 24. 조항 23의 시스템에서, 원격 시스템은 시스템에 메트롤로지 타겟 디자인에 대한 파라미터를 제공하도록 구성된다.
- [0158] 25. 조항 23 또는 24의 시스템에서, 시스템은 메트롤로지 타겟 디자인의 파라미터에 관한 영향을 원격 시스템으로 다시 전송하기 위해 원격 시스템으로의 연결을 이용하도록 구성된다.
- [0159] 26. 메트롤로지 측정 시스템을 이용하여 측정되도록 구성된 메트롤로지 타겟에서, 메트롤로지 타겟은 조항 1 내지 16 중 어느 하나의 방법에 의해 또는 조항 17 내지 21 중 어느 하나의 컴퓨터 판독가능한 매체에 의해 디자인되거나 선택된다.
- [0160] 27. 조항 26의 메트롤로지 타겟에서, 메트롤로지 측정 시스템은 회절 기반 측정 시스템을 포함한다.
- [0161] 28. 메트롤로지 측정 시스템에서, 메트롤로지 측정 시스템은 조항 1 내지 16 중 어느 하나의 방법에 의해 또는 조항 17 내지 21 중 어느 하나의 컴퓨터 판독가능한 매체에 의해 디자인되거나 선택된 메트롤로지 타겟을 이용한다.
- [0162] 29. 메트롤로지 측정 시스템에서, 메트롤로지 측정 시스템은 조항 1 내지 16 중 어느 하나의 방법에 의해 또는 조항 17 내지 21 중 어느 하나의 컴퓨터 판독가능한 매체에 의해 디자인되거나 선택된 메트롤로지 타겟을 측정하도록 구성된다.
- [0163] 30. 기관에서, 기관은 조항 1 내지 16 중 어느 하나의 방법에 의해 또는 조항 17 내지 21 중 어느 하나의 컴퓨터 판독가능한 매체에 의해 디자인되거나 선택된 메트롤로지 타겟을 포함한다.
- [0164] 31. 조항 30의 기관에서, 기관은 집적 회로 층들의 적어도 일부를 포함하는 웨이퍼이다.
- [0165] 32. 리소그래피 이미징 장치에서, 리소그래피 이미징 장치는 조항 1 내지 16 중 어느 하나의 방법에 의해 또는 조항 17 내지 21 중 어느 하나의 컴퓨터 판독가능한 매체에 의해 디자인되거나 선택된 메트롤로지 타겟을 이미징하도록 구성된다.

- [0166] 33. 리소그래피 이미징 장치에서, 리소그래피 이미징 장치는 조항 26 또는 27에 따라 메트롤로지 타겟을 이미징 하도록 구성된다.
- [0167] 34. 데이터 구조체에서, 데이터 구조체는 조항 1 내지 16 중 어느 하나의 방법에 의해 또는 조항 17 내지 21 중 어느 하나의 컴퓨터 판독가능한 매체에 의해 디자인되거나 선택된 메트롤로지 타겟을 나타낸다.
- [0168] 35. 데이터 구조체에서, 데이터 구조체는 조항 26 또는 27에 따른 메트롤로지 타겟을 나타낸다.
- [0169] 36. 데이터베이스에서, 데이터베이스는 조항 1 내지 16 중 어느 하나의 방법에 의해 또는 조항 17 내지 21 중 어느 하나의 컴퓨터 판독가능한 매체에 의해 디자인되거나 선택된 메트롤로지 타겟을 포함한다.
- [0170] 37. 조항 36의 데이터베이스에서, 데이터베이스는 복수의 메트롤로지 타겟들을 포함하고, 각각은 조항 1 내지 16 중 어느 하나의 방법에 의해 또는 조항 17 내지 21 중 어느 하나의 컴퓨터 판독가능한 매체에 의해 디자인되거나 선택된다.
- [0171] 38. 데이터베이스에서, 데이터베이스는 조항 34 또는 35에 따른 데이터 구조체를 포함한다.
- [0172] 39. 조항 38의 데이터베이스에서, 데이터베이스는 복수의 데이터 구조체들을 포함하고, 각각은 조항 1 내지 16 중 어느 하나의 방법에 의해 또는 조항 17 내지 21 중 어느 하나의 컴퓨터 판독가능한 매체에 의해 디자인되거나 선택된 메트롤로지 타겟을 나타낸다.
- [0173] 40. 조항 36 내지 39 중 어느 하나의 데이터베이스에서, 데이터베이스는 메트롤로지 타겟 디자인과 연계된 적합도 값(suitability value)을 포함하고, 적합도 값은 리소그래피 공정 단계에 대한 메트롤로지 타겟 디자인의 적합도를 나타낸다.
- [0174] 41. 데이터 캐리어에서, 데이터 캐리어는 조항 34 또는 35에 따른 데이터 구조체를 포함하고, 및/또는 조항 36 내지 40 중 어느 하나의 데이터베이스를 포함한다.
- [0175] 42. 조항 26 또는 27에 따른 메트롤로지 타겟의 이용에서, 메트롤로지 타겟은 기관 상의 하나의 층에 대한 다른 층의 위치설정을 결정하고, 및/또는 리소그래피 이미징 장치의 투영 광학기에 대한 기관 상의 층의 정렬을 결정하며, 및/또는 기관 상의 구조체의 임계 치수를 결정하는데 사용된다.
- [0176] 이상, 광학 리소그래피와 관련하여 본 발명의 실시예들의 특정 사용예를 언급하였지만, 본 발명의 실시예는 다른 적용예들, 예를 들어 임프린트 리소그래피에 사용될 수 있으며, 본 명세서가 허용한다면 광학 리소그래피로 제한되지 않는다는 것을 이해할 것이다. 임프린트 리소그래피에서, 패터닝 디바이스의 토포그래피(topography)는 기관에 생성되는 패턴을 정의한다. 패터닝 디바이스의 토포그래피는 전자기 방사선, 열, 압력 또는 그 조합을 인가함으로써 레지스트가 경화되는 기관에 공급된 레지스트 층으로 가압될 수 있다. 패터닝 디바이스는 레지스트로부터 이동되고, 레지스트가 경화된 후에 그 안에 패턴을 남긴다.
- [0177] 또한, 본 명세서에서는 IC 제조에 있어서 리소그래피 장치의 특정 사용예에 대하여 언급되지만, 본 명세서에 서술된 리소그래피 장치는 집적 광학 시스템, 자기 도메인 메모리용 안내 및 검출 패턴, 평판 디스플레이(flat-panel display), 액정 디스플레이(LCD), 박막 자기 헤드 등의 제조와 같이 다른 적용예들을 가질 수도 있음을 이해하여야 한다. 당업자라면, 이러한 대안적인 적용예와 관련하여, 본 명세서의 "웨이퍼" 또는 "다이"라는 용어의 어떠한 사용도 각각 "기관" 또는 "타겟부"라는 좀 더 일반적인 용어와 동의어로 간주될 수도 있음을 이해할 것이다. 본 명세서에서 언급되는 기관은 노광 전후에, 예를 들어 트랙(전형적으로, 기관에 레지스트 층을 도포하고 노광된 레지스트를 현상하는 툴), 메트롤로지 툴 및/또는 검사 툴에서 처리될 수 있다. 적용가능하다면, 이러한 기관 처리 툴과 다른 기관 처리 툴에 본 명세서의 기재내용이 적용될 수 있다. 또한, 예를 들어 다층 IC를 생성하기 위하여 기관이 한 번 이상 처리될 수 있으므로, 본 명세서에 사용되는 기관이라는 용어는 이미 여러 번 처리된 층들을 포함한 기관을 칭할 수도 있다.
- [0178] 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.
- [0179] 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.
- [0180] 앞선 서술내용은 예시를 위한 것이지, 제한하려는 것이 아니다. 따라서, 당업자라면 아래에 설명되는 청구항들의 범위를 벗어나지 않고 서술된 본 발명에 대한 변형예가 행해질 수 있다는 것을 분명히 알 것이다. 예를 들

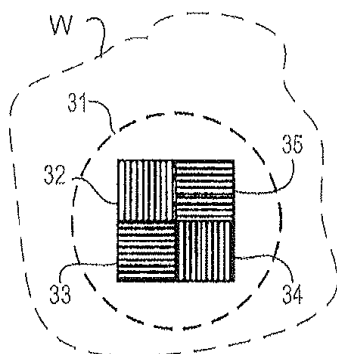
도면3



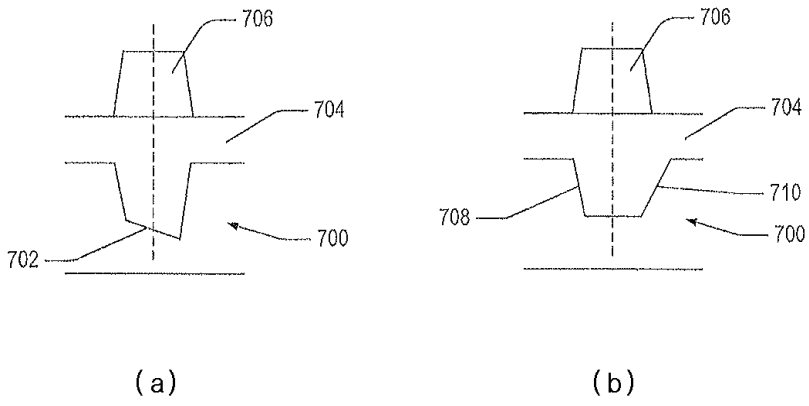
도면4



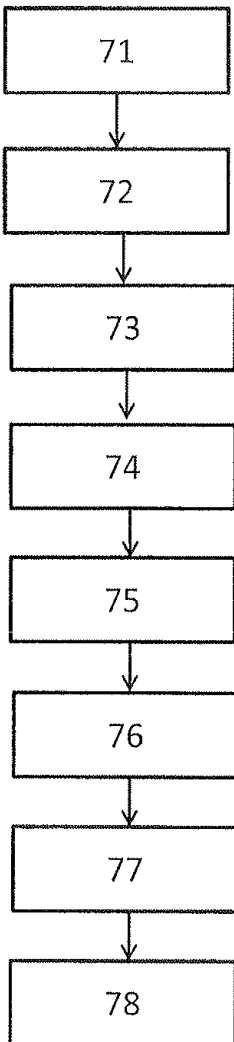
도면5



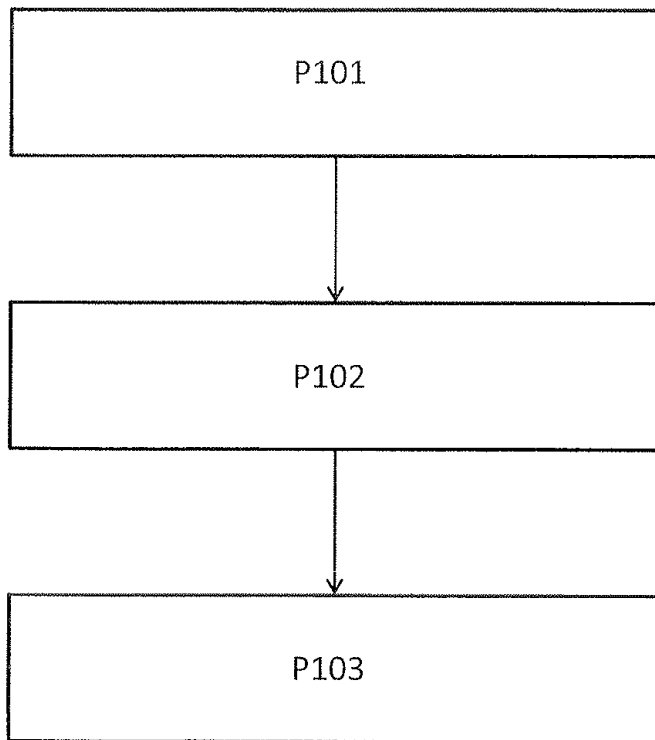
도면6



도면7



도면8



도면9

