(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2010년04월28일
(11) 등록번호 10-0954762
(24) 등록일자 2010년04월19일

(51) Int. Cl.
H01L 21/027 (2006.01) *H01L 21/66* (2006.01)
G03F 9/02 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2007-0127150
(22) 출원일자 2007년12월07일
심사청구일자 2007년12월07일
(65) 공개번호 10-2008-0053232
(43) 공개일자 2008년06월12일
(30) 우선권주장
11/635,787 2006년12월08일 미국(US)
(56) 선행기술조사문헌
JP02069927 A
KR100697277 B1
US05202748 A1
KR100747144 B1
전체 청구항 수 : 총 15 항

(73) 특허권자
에이에스엠엘 네델란즈 비.브이.
네덜란드, 엔엘-5504 디알 벨드호펜, 데 룬 6501
(72) 발명자
후거스, 로날드 프란시스쿠스 헤어만
네덜란드 엔엘-5628 데엠 아인트호벤 파스베르글란 33
(74) 대리인
특허법인화우

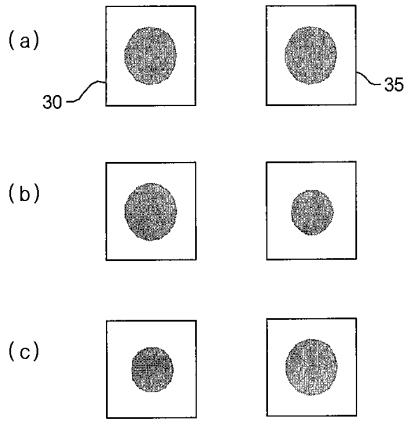
심사관 : 설관식

(54) 스케터로미터, 리소그래피 장치 및 포커스 분석 방법

(57) 요 약

기판이 스케터로미터의 초점면 내에 있는지를 검출하기 위해, 스케터로미터의 광학 시스템의 후초점면의 정면 및 후면에서 사전설정된 값 이상의 상기 방사선의 단면 영역이 검출된다. 후초점면의 정면 및 후면에서의 검출 위치들은, 기판이 스케터로미터의 초점면 내에 있는지를 단순한 비교에 의해 결정하도록, 바람직하게는 반사된 방사선의 경로를 따라 후초점면으로부터 같은 거리에 있어야 한다.

대 표 도 - 도6



특허청구의 범위

청구항 1

기판의 특성을 측정하는 스케터로미터(scatterometer)에 있어서:

- 방사선을 투영하도록 구성된 방사선 투영기;

- 상기 기판 상에 상기 방사선을 투영하도록 구성된 높은 개구수 렌즈(high numerical aperture lens);

- 제 1 사전결정된 값 이상의 세기를 갖는 상기 기판으로부터 반사된 방사선의 단면 영역(cross-sectional area)을 검출하도록 구성된 제 1 검출기; 및

- 제 2 사전설정된 값 이상의 세기를 갖는 상기 기판으로부터 반사된 방사선의 단면 영역을 검출하도록 구성된 제 2 검출기를 포함하고,

상기 높은 개구수 렌즈는 후초점면(back focal plane) 또는 전초점면(front focal plane)의 켤레(conjugate)를 향해 상기 기판으로부터 반사된 방사선을 투영하며, 상기 검출기들은 상기 제 1 검출기가 상기 높은 개구수 렌즈와 상기 높은 개구수 렌즈의 후초점면 사이에서 상기 높은 개구수 렌즈의 후초점면의 정면에 배치되고 상기 제 2 검출기가 상기 높은 개구수 렌즈의 후초점면의 후면에 배치되도록 배치되거나, 상기 검출기들은 상기 제 1 검출기가 상기 높은 개구수 렌즈와 상기 높은 개구수 렌즈의 전초점면의 켤레 사이에서 상기 높은 개구수 렌즈의 전초점면의 켤레의 정면에 배치되고 상기 제 2 검출기가 상기 높은 개구수 렌즈의 전초점면의 켤레의 후면에 배치되도록 배치되는 것을 특징으로 하는 스케터로미터.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 반사된 방사선의 각도 분해 스펙트럼(angle resolved spectrum)을 검출하도록 구성된 각도 검출기를 더 포함하는 스케터로미터.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 제 1 검출기 및 상기 제 2 검출기는 상기 반사된 방사선의 광학 경로를 따라 상기 후초점면 또는 상기 전초점면의 켤레로부터 같은 거리에 배치되는 것을 특징으로 하는 스케터로미터.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 제 1 검출기에 의해 검출되는 상기 제 1 사전설정된 값 이상의 세기를 갖는 상기 반사된 방사선의 단면 영역과 상기 제 2 검출기에 의해 검출되는 상기 제 2 사전설정된 값 이상의 세기를 갖는 상기 반사된 방사선의 단면 영역을 비교하는 비교기를 더 포함하는 스케터로미터.

청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 제 1 검출기를 향해 상기 반사된 방사선을 반사시키도록 구성된 제 1 반사기를 더 포함하는 스케터로미터.

청구항 6

제 5 항에 있어서,

상기 제 1 반사기는 부분 반사성 거울(partially reflective mirror)을 포함하는 것을 특징으로 하는 스케터로미터.

청구항 7

제 1 항에 있어서,

상기 제 2 검출기를 향해 상기 반사된 방사선을 반사시키도록 구성된 제 2 반사기를 더 포함하는 스케터로미터.

청구항 8

제 7 항에 있어서,

상기 제 2 반사기는 전체적으로 또는 부분적으로 반사성 거울을 포함하는 것을 특징으로 하는 스케터로미터.

청구항 9

제 1 항에 있어서,

상기 제 1 검출기는 복수의 제 1 서브(sub)-검출기들을 포함하는 것을 특징으로 하는 스케터로미터.

청구항 10

제 1 항에 있어서,

제 2 검출기는 복수의 제 2 서브-검출기들을 포함하는 것을 특징으로 하는 스케터로미터.

청구항 11

제 1 항에 있어서,

상기 제 1 사전설정된 값은 상기 제 2 사전설정된 값과 동일한 것을 특징으로 하는 스케터로미터.

청구항 12

제 1 항에 있어서,

상기 제 1 사전설정된 값은 상기 제 2 사전설정된 값보다 더 큰 것을 특징으로 하는 스케터로미터.

청구항 13

삭제

청구항 14

삭제

청구항 15

삭제

청구항 16

기판이 렌즈의 초점면 내에 있는지를 검출하는 포커스 분석 방법에 있어서:

- 방사선 투영기를 이용하여 높은 개구수 렌즈를 통해, 그리고 상기 기판 상에 방사선을 투영하는 단계;

- 상기 기판에 의해, 그리고 상기 높은 개구수 렌즈를 통해 반사되는 제 1 사전결정된 값 이상의 세기를 갖는 상기 방사선의 제 1 단면 영역을 검출하는 단계;

- 상기 기판에 의해, 그리고 상기 높은 개구수 렌즈를 통해 반사되는 제 2 사전결정된 값 이상의 세기를 갖는 상기 방사선의 제 2 단면 영역을 검출하는 단계를 포함하고,

상기 반사된 방사선 빔의 제 1 단면 영역을 검출하는 제 1 단계는 상기 높은 개구수 렌즈와 상기 높은 개구수 렌즈의 후초점면 또는 상기 높은 개구수 렌즈의 전초점면의 켤레 사이에서 상기 방사선 빔을 검출하고, 상기 반사된 방사선 빔의 제 2 단면 영역을 검출하는 단계는 상기 높은 개구수 렌즈의 후초점면 또는 상기 높은 개구수 렌즈의 전초점면의 켤레의 후면에서 반사된 방사선 빔을 각각 검출하는 것을 특징으로 하는 포커스 분석 방법.

청구항 17

제 16 항에 있어서,

상기 반사된 방사선의 제 1 단면 영역 및 상기 반사된 방사선의 제 2 단면 영역을 비교하는 단계를 더 포함하는 포커스 분석 방법.

청구항 18

제 16 항에 있어서,

상기 반사된 방사선의 스펙트럼의 각도들을 검출하는 단계를 더 포함하는 포커스 분석 방법.

청구항 19

삭제

청구항 20

삭제

청구항 21

삭제

명 세 서

발명의 상세한 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은, 예를 들어 리소그래피 기술에 의한 디바이스의 제조시에 이용가능한 검사 방법 및 리소그래피 기술을 이용하여 디바이스를 제조하는 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 리소그래피 장치는 기판 상에, 통상적으로는 기판의 타겟부 상에 원하는 패턴을 적용시키는 기계이다. 리소그래피 장치는, 예를 들어 집적 회로(IC)의 제조시에 사용될 수 있다. 그 상황에서, 대안적으로 마스크 또는 레티클이라 칭하는 패터닝 디바이스가 IC의 개별층 상에 형성될 회로 패턴을 생성하기 위해 사용될 수 있다. 이 패턴은 기판(예컨대, 실리콘 웨이퍼) 상의 (예를 들어, 한 개 또는 수 개의 다이의 부분을 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 패터닝되는 인접한 타겟부들의 네트워크를 포함할 것이다. 공지된 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 패터닝 디바이스로부터 기판으로 패턴을 전사할 수도 있다.

[0003] 기판의 정렬과 같은 기판의 특징들을 결정하기 위하여, 기판의 표면 예를 들어 정렬 타겟에 빔이 반사되고, 카메라 상에 반사된 빔의 이미지가 생성된다. 상기 빔이 기판에 반사된 전후에 상기 빔의 특성을 비교함으로써, 기판의 특성들이 결정될 수 있다. 이는, 예를 들어 알려진 기판 특성들과 연계된 알려진 측정들의 라이브러리(library) 내에 저장된 데이터와 반사된 빔을 비교함으로써 수행될 수 있다.

[0004] 패턴의 특징들을 검출하는 경우에는, 패턴이 광학기의 초점면 내에 있는지가 중요하다. 기판 상의 패턴이 초점이 맞는지를 결정하는 현재 방법은 EP 1 628 164에서 설명된 소위 "나이프 에지(knife edge)" 방법이다. 하지만, 이 방법은 복잡하고 복합부(complex part)들을 필요로 한다.

발명의 내용

[0005] [해결하고자 하는 과제]

기판의 초점이 맞는지를 검출하는 대안적인 방법 및 장치를 제공하는 것이 바람직하다.

[0006] [과제 해결 수단]

본 발명의 일 실시형태에 따르면, 기판의 특성을 측정하는 스케터로미터(scatterometer)가 제공되고, 상기 장치는:

[0007] - 방사선을 투영하도록 구성된 방사선 투영기;

[0008] - 상기 기판 상에 상기 방사선을 투영하도록 구성된 높은 개구수 렌즈(high numerical aperture lens);

[0009] - 제 1 사전결정된 값 이상의 세기를 갖는 상기 반사된 방사선의 단면 영역(cross-sectional area)을 검출하도록 구성된 제 1 검출기; 및

[0010] - 제 2 사전설정된 값 이상의 세기를 갖는 상기 반사된 방사선의 단면 영역을 검출하도록 구성된 제 2 검출기를 포함하며,

[0011] 상기 높은 개구수 렌즈는 후초점면(back focal plane) 또는 상기 높은 개구수 렌즈의 전초점면(front focal plane)의 켤레(conjugate)를 향해 상기 기판으로부터 반사된 방사선을 투영하고, 상기 검출기들은 상기 제 1 검출기가 상기 높은 개구수 렌즈와 상기 높은 개구수 렌즈의 후초점면 사이에서 상기 높은 개구수 렌즈의 후초점면의 정면에 배치되고 상기 제 2 검출기가 상기 높은 개구수 렌즈의 후초점면의 후면에 배치되도록 배치되거나, 상기 검출기들은 상기 제 1 검출기가 상기 높은 개구수 렌즈와 상기 높은 개구수 렌즈의 전초점면의 켤레 사이에서 상기 높은 개구수 렌즈의 전초점면의 켤레의 정면에 배치되고 상기 제 2 검출기가 상기 높은 개구수 렌즈의 전초점면의 켤레의 후면에 배치되도록 배치된다.

[0012] 본 발명의 또 다른 실시형태에 따르면, 리소그래피 기판의 표면의 높이를 측정하는 측정 장치가 제공되고, 상기 측정 장치는 방사선 빔을 발생시키도록 배치된 소스, 기판에 대해 방사선 빔의 초점면을 이동시키도록 배치된 이동가능한 대물 렌즈(objective lens), 기판으로부터 반사되는 포커스된 방사선을 통과시키도록 배치된 어퍼처(aperture), 및 어퍼처에 의해 통과된 방사선을 검출하도록 배치된 검출기를 포함한다.

[0013] 본 발명의 또 다른 실시형태에 따르면, 기판이 렌즈의 초점면 내에 있는지를 검출하는 포커스 분석 방법이 제공되고, 상기 방법은:

[0014] - 방사선 투영기를 이용하여 높은 개구수 렌즈를 통해 상기 기판 상에 방사선을 투영하는 단계;

[0015] - 상기 높은 개구수 렌즈를 통하고 상기 기판에 의해 반사되는 제 1 사전결정된 값 이상의 세기를 갖는 상기 방사선의 제 1 단면 영역을 검출하는 단계;

[0016] - 상기 높은 개구수 렌즈를 통하고 상기 기판에 의해 반사되는 제 2 사전결정된 값 이상의 세기를 갖는 상기 방사선의 제 2 단면 영역을 검출하는 단계를 포함하며,

[0017] 상기 반사된 방사선 빔의 제 1 단면 영역을 검출하는 제 1 단계는 상기 높은 개구수 렌즈와 상기 높은 개구수 렌즈의 후초점면 또는 상기 높은 개구수 렌즈의 전초점면의 켤레 사이에서 상기 방사선 빔을 검출하고, 상기 반사된 방사선 빔의 제 2 단면 영역을 검출하는 단계는 상기 높은 개구수 렌즈의 후초점면 또는 상기 높은 개구수 렌즈의 전초점면의 켤레의 후면에서 반사된 방사선 빔을 각각 검출한다.

[0018] 본 발명의 또 다른 실시형태에 따르면, 리소그래피 기판의 표면의 높이를 측정하는 방법이 제공되고, 상기 방법은 방사선 빔을 발생시키는 단계, 기판에 대해 방사선 빔의 초점면을 이동시키기 위해 이동가능한 대물 렌즈를 이용하는 단계, 포커스된 방사선을 통과시키도록 배치된 어퍼처를 통해 기판으로부터 반사된 방사선을 통과시키는 단계, 및 어퍼처에 의해 통과된 방사선을 검출하는 단계를 포함한다.

[0019] 본 발명의 또 다른 실시형태에 따르면, 앞서 설명된 포커스 제어 방법을 포함하는 디바이스 제조 방법이 제공된다.

[0020] 앞서 설명된 포커스 제어 방법은 제어 시스템을 이용하여 구현될 수 있다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

[0021] 도 1a는 리소그래피 장치를 개략적으로 도시한다. 상기 장치는:

[0022] - 방사선 빔(B)(예를 들어, UV 방사선 또는 EUV 방사선)을 컨디셔닝(condition)하도록 구성된 조명 시스템(일루미네이터)(IL);

[0023] - 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);

[0024] - 기판(예를 들어, 레지스트-코팅된 웨이퍼)(W)을 유지하도록 구성되고, 소정 파라미터들에 따라 기판을 정확히 위치시키도록 구성된 제 2 위치설정기(PW)에 연결된 기판 테이블(예를 들어, 웨이퍼 테이블)(WT); 및

[0025] - 기판(W)의 (예를 들어, 1 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)(PL)을 포함한다.

[0026] 조명 시스템은 방사선을 지향, 성형 또는 제어하기 위하여, 굴절, 반사, 자기, 전자기, 정전기 또는 다른 형태의 광학 구성요소들, 또는 여하한의 그 조합과 같은 다양한 형태의 광학 구성요소들을 포함할 수 있다.

[0027] 지지 구조체는 패터닝 디바이스를 지지, 즉 그 무게를 견딘다. 이는 패터닝 디바이스의 방위, 리소그래피 장치의 디자인, 및 예를 들어 패터닝 디바이스가 진공 환경에서 유지되는지의 여부와 같은 다른 조건들에 의존하는 방식으로 패터닝 디바이스를 유지한다. 지지 구조체는 패터닝 디바이스를 유지하기 위해 기계적, 진공, 정전기, 또는 다른 클램핑 기술들을 이용할 수 있다. 지지 구조체는, 예를 들어 필요에 따라 고정되거나 이동가능할 수 있는 프레임 또는 테이블일 수 있다. 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.

[0028] 본 명세서에서 사용되는 "패터닝 디바이스"라는 용어는, 기판의 타겟부에 패턴을 생성하기 위해서, 방사선 빔의 단면에 패턴을 부여하는데 사용될 수 있는 여하한의 디바이스를 언급하는 것으로 폭넓게 해석되어야 한다. 방사선 빔에 부여된 패턴은, 예를 들어 상기 패턴이 위상-시프팅 피처(phase-shifting feature)들 또는 소위 어시스트 피처(assist feature)들을 포함하는 경우, 기판의 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.

[0029] 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-시프트형 및 감쇠 위상-시프트형과 같은 마스크 타입뿐만 아니라, 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.

[0030] 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 여하한의 그 조합을 포함하는 여하한의 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.

[0031] 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.

[0032] 리소그래피 장치는 2 개(듀얼 스테이지) 이상의 기판 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 단계가 수행될 수 있다.

[0033] 또한, 리소그래피 장치는 투영 시스템과 기판 사이의 공간을 채우기 위해서, 기판의 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 개구수를 증가시키는 기술로 당업계에 잘 알려져 있다. 본 명세서에서 사용되는 "침지"라는 용어는 기판과 같은 구조체가 액체 내에 담그어져야 함을 의미하는 것이라기보다는, 노광시 액체가 투영 시스템과 기판 사이에 놓이기만 하면 된다는 것을 의미한다.

[0034] 도 1a를 참조하면, 일루미네이터(IL)는 방사선 소스(SO)로부터 방사선 빔을 수용한다. 예를 들어, 상기 소스가 엑시머 레이저(excimer laser)인 경우, 상기 소스 및 리소그래피 장치는 별도의 개체일 수 있다. 이러한 경우, 상기 소스는 리소그래피 장치의 일부분을 형성하는 것으로 간주되지 않으며, 상기 방사선 빔은 예를 들어 적절

한 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 상기 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 시스템이라고 칭해질 수 있다.

[0035] 상기 일루미네이터(IL)는 방사선 빔의 각도 세기 분포를 조정하는 조정기(AD)를 포함할 수 있다. 일반적으로, 일루미네이터의 퓨필 평면 내의 세기 분포의 적어도 외반경 및/또는 내반경 크기(통상적으로, 각각 외측-σ 및 내측-σ라 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 컨디셔닝하는데 사용될 수 있다.

[0036] 상기 방사선 빔(B)은 지지 구조체(예를 들어, 마스크 테이블(MT)) 상에 유지되어 있는 패터닝 디바이스(예를 들어, 마스크(MA)) 상에 입사되며, 패터닝 디바이스에 의해 패터닝된다. 상기 마스크(MA)를 가로질렀으면, 상기 방사선 빔(B)은 투영 시스템(PL)을 통과하여 기판(W)의 타겟부(C) 상에 상기 빔을 포커스한다. 제 2 위치설정기(PW) 및 위치 센서(IF)(예를 들어, 간섭계 디바이스, 리니어 인코더 또는 용량성 센서)의 도움으로, 기판 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 또 다른 위치 센서(도 1a에 명확히 도시되지 않음)는, 예를 들어 마스크 라이브러리(mask library)로부터의 기계적인 회수 후에, 또는 스캔하는 동안, 방사선 빔(B)의 경로에 대해 마스크(MA)를 정확히 위치시키는데 사용될 수 있다. 일반적으로, 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, 기판 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, 마스크 테이블(MT)은 단-행정 액추에이터에만 연결되거나 고정될 수 있다. 마스크(MA) 및 기판(W)은 마스크 정렬 마크들(M1 및 M2) 및 기판 정렬 마크들(P1 및 P2)을 이용하여 정렬될 수 있다. 비록, 예시된 기판 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 있다). 이와 유사하게, 마스크(MA) 상에 1 이상의 다이가 제공되는 상황들에서, 마스크 정렬 마크들은 다이들 사이에 위치될 수 있다.

[0037] 도시된 장치는 다음 모드들 중 1 이상에서 사용될 수 있다:

[0038] 1. 스텝 모드에서, 마스크 테이블(MT) 및 기판 테이블(WT)은 기본적으로 정지 상태로 유지되는 한편, 방사선 빔에 부여되는 전체 패턴은 한번에 타겟부(C) 상에 투영된다(즉, 단일 정적 노광(single static exposure)). 그 후, 기판 테이블(WT)은 상이한 타겟부(C)가 노광될 수 있도록 X 및/또는 Y 방향으로 시프트된다. 스텝 모드에서 노광 필드의 최대 크기는, 단일 정적 노광시에 이미징되는 타겟부(C)의 크기를 제한한다.

[0039] 2. 스캔 모드에서, 마스크 테이블(MT) 및 기판 테이블(WT)은 방사선 빔에 부여된 패턴이 타겟부(C) 상에 투영되는 동안에 동기적으로 스캐닝된다(즉, 단일 동적 노광(single dynamic exposure)). 마스크 테이블(MT)에 대한 기판 테이블(WT)의 속도 및 방향은 투영 시스템(PL)의 확대(축소) 및 이미지 반전 특성에 의하여 결정될 수 있다. 스캔 모드에서, 노광 필드의 최대 크기는 단일 동적 노광시 타겟부의 (스캐닝 되지 않는 방향으로의) 폭을 제한하는 반면, 스캐닝 동작의 길이는 타겟부의 (스캐닝 방향으로의) 높이를 결정한다.

[0040] 3. 또 다른 모드에서, 마스크 테이블(MT)은 프로그램가능한 패터닝 디바이스를 유지하여 기본적으로 정지된 상태로 유지되며, 방사선 빔에 부여된 패턴이 타겟부(C) 상에 투영되는 동안 기판 테이블(WT)이 이동되거나 스캐닝된다. 이 모드에서는, 일반적으로 펄스화된 방사선 소스(pulsed radiation source)가 채택되며, 프로그램가능한 패터닝 디바이스는 기판 테이블(WT)이 각각 이동한 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.

[0041] 또한, 상술된 사용 모드들의 조합 및/또는 변형, 또는 완전히 다른 사용 모드들이 채택될 수도 있다.

[0042] 도 1b에 도시된 바와 같이, (리소그래피 장치 제어 유닛(LACU)에 의해 제어되는) 리소그래피 장치(LA)는 때때로 리소셀(lithocell)(리소그래피 셀) 또는 클러스터(cluster)라고도 칭하는 리소그래피 셀(LC)의 일부분을 형성하며, 이는 기판 상에 전노광(pre-exposure) 및 후노광(post-exposure) 공정들을 수행하는 장치를 포함한다. 통상

적으로, 이들은 레지스트 층들을 증착시키는 스핀 코터(spin coater: SC), 노광된 레지스트를 현상하는 디벨로퍼(developer: DE), 칠 플레이트(chill plate: CH) 및 베이크 플레이트(bake plate: BK)를 포함한다. 기판 핸들러 또는 로봇(RO)은 입력/출력 포트들(I/O1, I/O2)로부터 기판들을 집어올리고, 상기 기판들을 상이한 공정 장치들 사이로 이동시키며, 상기 기판들을 리소그래피 장치의 로딩 베이(loading 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.

[0043] 리소그래피 장치에 의해 노광되는 기판들이 각각의 레지스트 층에 대해 일관성있게(consistently) 노광되도록 하기 위하여, 리소그래피 장치에 의해 보상되어야만 하는 정렬, 회전 등의 변화들이 존재하는지를 결정하기 위해 측정될 필요가 있는 기판의 소정 특성들이 존재한다. 기판들의 특성들, 그리고 특히 상이한 기판들 또는 동일한 기판의 상이한 층들의 특성들이 층에서 층으로 어떻게 변하는지를 결정하기 위해, 별도의 검사 장치가 사용된다.

[0044] 기판(W) 표면의 특성들은 도 2에 도시된 것과 같은 스케터로미터와 같은 센서를 이용하여 결정될 수 있다. 스케터로미터는 기판(W) 상으로 방사선을 투영하는 광대역(백색 광) 방사선 투영기(2)를 포함한다. 반사된 방사선은 정반사된 방사선(specular reflected radiation)의 스펙트럼(10)(파장의 함수로서 세기)을 측정하는 분광계 검출기(spectrometer detector: 4)로 통과된다. 이 데이터로부터, 검출된 스펙트럼에 의해 생성된 프로파일 또는 구조체는, 예를 들어 RCWA(Rigorous Coupled Wave Analysis) 및 비-선형 회귀(non-linear regression)에 의해, 또는 도 2의 저부에 도시된 바와 같은 시뮬레이션된 스펙트럼들의 라이브러리와 비교함으로써 재구성될 수 있다. 일반적으로, 재구성을 위해 상기 구조체의 일반적인 형태가 공지되며, 상기 구조체가 만들어진 공정의 정보(knowledge)로부터 몇몇 파라미터들이 가정되어, 스케터로메트리 데이터로부터 결정될 구조체의 몇몇 파라미터들만이 남게 된다.

[0045] 스케터로미터는 수직-입사 스케터로미터 또는 경사-입사 스케터로미터일 수 있다. 또한, 파장들의 범위의 단일 각도에서 반사가 측정되기보다는, 단일 파장의 각도들의 범위에서 반사가 측정되는 스케터로메트리의 변형예들이 사용될 수도 있다.

[0046] 기판의 특성들을 측정하는 스케터로미터들은, 3에 도시된 바와 같이 높은 개구수 렌즈의 퓨필 평면(11)에서 복수의 각도들 및 파장들로 기판 표면(W)으로부터 반사된 각도-분해 스펙트럼의 특성들을 측정할 수 있다. 이러한 스케터로미터는 기판 상으로 방사선을 투영하는 방사선 투영기(2) 및 반사된 스펙트럼들을 검출하는 검출기(14)를 포함할 수 있다. 퓨필 평면은, 방사선의 방사 위치(radial position)가 입사각을 정의하고 그 각도 위치가 방사선의 방위각(azimuth angle)을 정의하는 평면이다. 검출기(14)는 높은 개구수 렌즈의 퓨필 평면에 배치된다. 개구수는 높으며, 바람직하게는 0.9 이상이고, 더 바람직하게는 0.95 이상일 수 있다. 침지 스케터로미터들은, 심지어 개구수가 1이 넘는 렌즈들을 구비할 수도 있다.

[0047] 몇몇 각도-분해 스케터로미터들은 산란광(scattered light)의 세기만을 측정한다. 하지만, 최근의 스케터로미터들은 수 개의 파장들이 각도들의 범위에서 동시에 측정되게 한다. 상이한 파장들 및 각도들에 대한 스케터로미터에 의해 측정된 특성들은, 횡자기(transverse magnetic)-편광 및 횡전기(transverse electric)-편광의 세기, 및 횡자기-편광 및 횡전기-편광 간의 위상차일 수 있다.

[0048] 광대역 광원(즉, 광 주파수들 또는 파장들, 및 이에 따른 컬러들의 광범위한 광원)을 이용할 수 있으며, 이는 넓은 너비를 제공하여 다수 파장들의 믹싱(mixing)을 허용한다. 광대역에서의 복수의 파장들은, 가령 δω의 대역폭 및 이에 따라 2δω(즉, 파장의 두 배) 이상의 간격을 각각 갖는 것이 바람직하다. 방사선의 수 개의 "소스"들은, 가령 섬유 다발(fiber bundle)을 이용하여 분할(split)된 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 측정된다. 이는 메트롤로지 프로세스 견고성(metrology process robustness)을 증가시키는 더 많은 정보가 측정되게 한다. 이는 EP 1,628,164 A에서 더 상세히 설명된다.

[0049] 도 3에는, 본 발명과 이용될 수 있는 스케터로미터가 도시되어 있다. 방사선 투영기(2)의 방사선은 렌즈 시스템(12)를 이용하여 간섭 필터(interference filter: 13) 및 편광기(17)를 통해 시준(collimate)되고, 부분 반사면(16)에 의해 반사되며, 현미경 대물 렌즈(15)를 통해 기판(W)상으로 포커스된다. 그 후, 방사선은 산란 스펙트럼(scatter spectrum)을 검출하기 위해서, 부분 반사면(16)을 통해 역 투영(back projected)된 퓨필 평면(11) 내의 CCD 검출기로 전달된다. 퓨필 평면(11)은 렌즈 시스템(15)의 초점 길이에 존재한다. 검출기 및 높은

개구수 렌즈는 퓨필 평면에 배치된다. 통상적으로, 높은-NA 렌즈의 퓨필 평면은 상기 렌즈 내부에 위치되기 때문에, 상기 퓨필 평면이 보조 광학기를 이용하여 재-이미징(re-image)될 수 있다.

[0050] 예를 들어, 입사 방사선의 세기를 측정하기 위해 기준 빔이 흔히 사용된다. 방사선 빔이 빔 스플리터(beam splitter: 16) 상에 입사하는 경우, 그 일부분은 빔 스플리터를 통해 기준 거울(14)을 향하여 전달된다. 그 후, 기준 빔이 동일한 CCD 검출기(18)의 상이한 부분 상으로 투영된다.

[0051] 반사기 방사선의 퓨필 평면은, 예를 들어 프레임당 40 밀리초(millisecond)의 통합 시간(integration time)으로 CCD 검출기 상에 이미징된다. 이러한 방식으로, 기판 타겟들의 2-차원 각도 산란 스펙트럼이 검출기 상에 이미징된다. 검출기는, 예를 들어 CCD 또는 CMOS 센서들의 어레이일 수 있다.

[0052] 가령 405 내지 790 nm의 범위, 또는 200 내지 300 nm와 같이 훨씬 낮은 범위에 해당하는 파장을 선택하기 위해, 간섭 필터(13)들의 일 세트가 이용될 수 있다. 간섭 필터는 상이한 필터들의 일 세트를 포함하기보다는 튜닝될(tunable) 수 있다. 간섭 필터들 대신에 격자가 사용될 수도 있다.

[0053] 상기 기판(W)은 현상 이후에 바아(bar)들이 실선의 레지스트 라인(solid resist line)들로 형성되도록 프린트되는 격자일 수 있다. 대안적으로, 상기 바아들은 기판 안으로 에칭될 수 있다. 이 패턴은 리소그래피 투영 장치, 특히 투영 시스템(PL) 내의 색수차(chromatic aberration)들 및 조명 대칭성에 민감하며, 이러한 수차들의 존재는 프린트된 격자의 변화로 나타날 것이다. 따라서, 프린트된 격자들의 스케터로메트리 데이터가 상기 격자들을 재구성하는데 사용된다. 프린팅 단계 및/또는 다른 스케터로메트리 공정들의 정보로부터, 라인 폭들 및 형상들과 같은 상기 격자들의 파라미터들이 재구성 공정에 입력될 수 있다.

[0054] 도 4a는 높은 개구수 렌즈(15) 및 포커싱 렌즈(21)를 통해 방사선이 투영되는 본 발명에 따른 일 구성을 도시한다. 그 후, 상기 방사선은 제 1 검출기(30) 및 제 2 검출기(31) 상으로 투영된다. 아래에 설명되는 바와 같이, 검출기는 사전설정된 세기 레벨들 이상의 방사선의 양(또는 단면 영역)을 검출한다. 검출기는 1 이상의 포토다이오드(photodiode), CCD 또는 CMOS일 수 있다. 하지만, 이 실시예에서 검출기들은 방사선이 검출기들을 통해, 그리고 또 다른 광학 요소들 상으로 투과되도록 전체적으로 또는 부분적으로 투과성이다. 검출기들은 광학 경로를 따라 높은 개구수 렌즈(15)의 후초점면(BFP)으로부터 같은 거리에 배치되거나, 도 4b에 나타낸 바와 같이 기판면의 켤레로부터 등거리에 배치되는 것이 바람직하다. 검출기들 사이에 투과 손실(transmissive loss)들이 없다고 가정하면, 기판이 초점이 맞는 경우 사전설정된 세기 레벨들 이상의 방사선의 단면 영역(스폿 크기)은 도 6a에 나타낸 바와 같이 두 검출기들에서 동일할 것이며, 기판의 초점 여부를 결정하기 위해 단순한 비교기가 사용될 수 있다. 하지만, 기판이 개구수 렌즈로부터 너무 먼 경우 스폿 크기는 도 6b에 나타낸 바와 같이 제 2 검출기보다 제 1 검출기에서 더 클 것이다. 반대로, 기판이 높은 개구수 렌즈에 가까워서 초점이 안 맞는 경우에는 도 6c에 나타낸 바와 같이 제 2 검출기에서의 스폿 크기가 제 1 검출기에서의 스폿 크기보다 더 클 것이다.

[0055] 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 대안적인 구성이 도 4b에 도시되어 있다. 이 실시예에서는, 높은 개구수 렌즈 이후에 투영 빔(PB)의 경로 내에 부분 투과성 거울(partially transmissive mirror: 22)이 배치된다. 부분 투과성 거울(22)은 제 1 검출기(30) 및 제 2 검출기(31)와 함께 포커싱 렌즈(21)를 포함하는 포커스 브랜치(focus branch)를 향해 방사선의 일부분을 편향(deflect)시킨다. 이 실시예에서, 제 1 검출기(30) 및 제 2 검출기(31)는 켤레 기판면(높은 개구수 렌즈의 전초점면의 켤레)의 양쪽에, 바람직하게는 같은 거리에 배치된다. 그러므로, 제 2 검출기는 부분적으로 투과성이지 않아도 된다. 투과성 거울의 대안예로서, 빔 스플리터가 사용될 수도 있다.

[0056] 제 1 및 제 2 검출기들 상에서 측정되는 사전설정된 세기 레벨들은 동일하지 않을 수 있다. 예를 들어, 제 1 및 제 2 검출기들 사이에서 투과 손실들이 존재하는 경우, 그 이상으로 방사선이 측정되는 사전설정된 세기 레벨은 제 2 검출기보다 제 1 검출기에 대해 더 클 수 있다. 필요한 사전설정된 세기 레벨들을 결정하기 위해 약간의 캘리브레이션(calibration)이 요구될 수 있다.

[0057] 이 예시는 제 1 검출기(30) 및 제 2 검출기(31)를 갖지만, 각각의 제 1 검출기 및 제 2 검출기는 도 7a 및 도 7b에 나타낸 바와 같이 복수의 서브(sub)-검출기들로 나누어질 수 있다. 도 7a는 복수의 제 1 서브-검출기들(32, 33 및 34)로 나누어진 제 1 검출기를 도시하고, 도 7b는 복수의 제 2 서브-검출기들(37, 38 및 39)로 나누어진 제 2 검출기를 도시한다. 이때, 포커스 영역은 다음과 같이 주어진다:

[0058] $(I_{32} + I_{34} + I_{38}) - (I_{33} + I_{37} + I_{39})$

[0059] 이때, I_{32}는 서브-검출기 32 상에 입사한 제 1 사전설정된 세기 레벨 이상의 방사선의 양이고, I_{37}은 서브-검출

기 37 상에 입사한 제 2 사전설정된 세기 레벨 이상의 방사선의 양 등이다.

[0060] 도 7a 및 도 7b는 수평 방향을 따라 서브-검출기들로 나누어진 제 1 및 제 2 검출기들을 도시하지만, 검출기들은 여하한의 다수 방식으로 서브-검출기들로 나누어질 수 있다. 예를 들어, 도 8은 수직 방향을 따라 서브-검출기들(42, 43 및 44)로 나누어진 검출기를 도시한다. 도 9는 그리드 구성(grid arrangement)으로 서브-검출기들(51 내지 59)로 나누어진 검출기를 도시하고, 도 10은 동심원(concentric circle)으로 서브-검출기들(62, 63 및 64)로 나누어진 검출기를 도시한다.

[0061] 도 5는 도 4에 나타낸 검출기들의 구성에 대해 대안적인 구성을 도시한다. 이 실시예에서는, 검출기들 상에 방사선을 투영하기 위해 거울들이 사용된다. 부분 반사성 거울(partially reflective mirror)은 방사선의 일부분이 제 1 검출기(30) 상으로 통과하게 하는 한편, 남은 방사선은 제 2 검출기(35) 상으로 방사선의 전체 또는 일부분을 편향시키는 제 2 거울(36)을 향하게 한다. 제 2 거울(36)은 완전 반사성(fully reflective)이거나 부분 반사성일 수 있으며, 제 2 검출기는 방사선으로 하여금 또 다른 광학기들로 투영되게 하도록 투과성일 수 있다. 다시, 검출기들은 방사선의 경로를 따라 높은 개구수 렌즈(15)의 후초점면(BFP)으로부터 같은 거리에 배치되거나, 기판면의 컬레로부터 같은 거리에 배치되는 것이 바람직하다.

[0062] 검출기들은 방사선의 경로를 따라 높은 개구수 렌즈(15)의 후초점면 또는 기판면의 컬레면로부터 같은 거리에 배치되는 것이 바람직하지만, 반드시 그럴 필요는 없다. 검출기들이 후초점면 또는 기판면의 컬레로부터 같은 거리에 있지 않은 경우, 단순한 비교보다는 계산들로 인해 검출기들 상에서의 상대 스폿 크기들이 기판의 초점이 맞거나 맞지 않는지 나타낸다고 결정할 수 있다.

[0063] 이 방법은 종래의 다른 포커스 검출 방법들과 관련하여 사용될 수 있다. 예를 들어, 상이한 포커스 검출 방법들은 상이한 광학 브랜치들을 사용할 수 있다.

[0064] 본 발명의 대안적인 실시예가 도 11에 도시되며, 이는 기판(W)의 최상부 표면의 높이(즉, z-방향으로의 위치)를 모니터링하는데 사용될 수 있는 측정 장치를 개략적으로 나타낸다. 높이는, 예를 들어 기준 평면(도시되지 않음)에 대해 측정되거나, 상기 장치의 대물 렌즈(106)에 대해 측정될 수 있다.

[0065] 상기 장치는 방사선 빔을 제공하는 방사선 소스(102)를 포함한다. 방사선 소스는, 예를 들어 레이저(예를 들어, 다이오드 레이저)일 수 있다. 방사선 소스가 반드시 레이저일 필요는 없으며; 여하한의 적절한 소스가 사용될 수 있다. 광대역 방사선 소스가 사용될 수 있다. 상이한 파장들에서 작동하는 다수 방사선 소스들이 사용될 수 있다.

[0066] 또한, 상기 장치는 방사선 소스로부터 초점면(FP)으로 방사선을 포커스하도록 배치된 한 쌍의 렌즈(104 및 106)를 포함한다. 이 렌즈들 중 두번째는 기판(W)에 인접하여 위치되기 때문에 본 명세서에서 대물 렌즈(106)로서 언급될 수 있다.

[0067] 대물 렌즈(106)는 대물 렌즈를 (양방향 화살표로 나타낸 바와 같이) z-방향으로 이동시키도록 구성되는 액추에이터(actuator: 107)에 연결된다. 따라서, 대물 렌즈(106)의 초점면(FP)도 (양방향 화살표로 나타낸 바와 같이) z-방향으로 이동된다.

[0068] 렌즈들 사이에 위치된 초점면에는 어퍼처(108)가 제공된다. 어퍼처는 방사선 빔의 공간 필터링(spatial filtering)을 제공한다. 즉, 어퍼처는 방사선 빔으로부터 수차들을 제거한다. 어퍼처가 반드시 제공되는 것은 아니다(방사선 빔의 세기 프로파일은 어퍼처가 사용될 필요없이 충분히 훌륭할 수 있다). 어퍼처는 방사선 소스(102)가 레이저인 경우에 가장 효과적이다.

[0069] 어퍼처 밑에는 빔 스플리터(110)가 위치되고, 기판(W)으로부터 반사되고 및/또는 회절된 방사선을 검출기(112)를 향해 지향하도록 구성된다. 어퍼처 114는 제 2 렌즈(106)의 초점면에 위치된다. 어퍼처의 직경은 어퍼처의 평면에서의 방사선 빔의 직경과 매칭(match)될 수 있다. 어퍼처는 기판(W)의 최상면이 대물 렌즈(106)의 초점면(FP)에 위치되는 경우, 실질적으로 모든 방사선 빔이 어퍼처를 통과하도록 충분히 커야 한다. 다시 말하면, 어퍼처 직경은 기판의 상부면 상으로 방사선 빔이 포커스되는 경우에 방사선 빔의 직경과 실질적으로 동일할 수 있다.

[0070] 제 3 렌즈(116)는 검출기(112) 상에 방사선을 포커스한다. 검출기는, 예를 들어 포토다이오드일 수 있다. 검출기(112)로부터의 출력은 제어기(118)로 통과될 수 있다.

[0071] 사용시, 방사선 소스(102)에 의해 방출된 방사선은 대물 렌즈(106)에 의해 초점면(FP) 상으로 포커스된다. 대물 렌즈는 기판(W)을 향해, 그리고 기판(W)으로부터 멀리(즉, z-방향) 이동되어, 초점면이 기판과 정렬되도록 기판

위로부터 기판 아래까지 이동된다. 상기 소스(102) 및 렌즈(104 및 106)는 방사선 빔이 기판 상에 포커스되는 경우의 그 직경(즉, 빔 스폿의 직경)이 스케터로미터(스케터로미터는 도 3에 관하여 앞서 설명됨)에 의해 사용된 방사선 빔의 직경과 동일하도록 구성될 수 있다. 상기 직경들이 반드시 동일해야 하는 것은 아니다. 상기 직경들은, 예를 들어 매그니튜드의 하나의 차수(one order of magnitude)까지 다를 수 있다.

[0072] 초점면(FP)의 이동은, 방사선이 기판(W) 상의 지점에 항상 포커스되지는 않는다는 것을 의미한다. 그 대신에, 초점면이 기판 위에 있는 경우, 기판 상에 입사하는 방사선은 디포커스(defocus)된다. 이 디포커싱은 초점면이 기판을 향해 이동함에 따라 감소된다. 방사선은 초점면이 기판과 정렬되는 경우에 포커스된다. 그 후, 초점면이 기판 아래로 이동하는 경우에 방사선은 다시 디포커스된다.

[0073] 기판(W)으로부터 반사되거나 회절되는 방사선은 빔 스플리터(110)를 통해 어퍼처(114)로 통과된다. 어퍼처는 대물 렌즈(106)의 초점면에 위치된다. 어퍼처를 통과하는 방사선의 세기는, 대물 렌즈에 의해 기판 상에 방사선이 포커스되었던 정도에 의존할 것이다. 예를 들어, 기판 상에 입사한 방사선이 디포커스되는 경우, 기판 상에 입사한 방사선이 포커스되었던 경우보다 적은 세기의 방사선이 어퍼처를 통과할 것이다.

[0074] 제 3 렌즈(116)는 어퍼처(114)를 통과한 방사선을 검출기(112) 상에 포커스한다. 그러므로, 검출기(112)로부터의 출력은 기판(W)의 상부면이 대물 렌즈(106)의 초점면(FP)과 정렬되는 경우를 나타낸다. 이는 대물 렌즈(106)(또는 동일한 다른 기준 평면)에 대한 기판(W)의 상부면의 높이(즉, z-방향으로의 위치)를 모니터링하는데 사용될 수 있다.

[0075] 도 11에서 기판은 평탄한 것으로서 도시되지만, 기판은 기판 상에 제공된 층(예를 들어, 패터닝된 층)들로부터 나타나는 몇몇 표면 구조를 갖기 쉽다. 상이한 층들이 상이한 특성들을 가질 수 있으며, 상기 층들 중 몇몇은 반-투명(semi-transparent)일 수 있다. 도 11에 나타낸 장치는 이 층들을 포함하는 기판의 상부면의 높이의 측정을 제공한다. 이는 스케터로미터의 방사선 빔이 기판의 상부면 상에 올바르게 포커스되게 함으로써 (예를 들어, 도 3에 나타낸) 스케터로미터의 최적 작동이 달성되게 하기 때문에 유용한 측정이다.

[0076] 일단 기판(W)의 상부면의 높이가 결정되면, 스케터로미터(도 3 참조)에 의해 사용된 방사선 빔이 기판의 상부면 상에 올바르게 포커스될 수 있다. 제어기(118)는 검출기(112)의 출력에 기초하여 적절한 양만큼 z-방향으로 기판(W)을 이동시킴으로써 이를 달성할 수 있다. 이는, 예를 들어 기판이 놓여있는 기판 테이블(도시되지 않음)을 이동시킴으로써 행해질 수 있다.

[0077] 대안적으로(또는 추가적으로), 제어기(118)는 스케터로미터의 초점면을 이동시키도록 구성될 수 있다. 이는, 예를 들어 스케터로미터의 대물 렌즈(15)를 이동시킴으로써 달성될 수 있다.

[0078] 도 11에 나타낸 장치에 의해 수행되는 기판 높이 측정은 스케터로미터에 의해 측정되는 기판 위치로부터 떨어진 사전설정된 거리인 기판 위치에서 수행될 수 있다. 기판은 측정 장치 및 스케터로미터 밑에서 스캐닝 동작으로 (즉, y-방향으로) 이동될 수 있으며, 일어난 기판 높이 측정과 일어난 스케터로미터 측정 시간 사이에 사전설정된 시간이 경과할 것이다. 기판 높이의 측정과 기판(또는 스케터로미터의 대물 렌즈)의 여하한의 요구 이동 사이에는 대응하는 시간 지연이 도입될 수 있다.

[0079] 대안적으로, 도 11에 나타낸 측정 장치는 도 3에 나타낸 스케터로미터와 조합되어, 예를 들어 둘 모두가 단일 대물 렌즈(대물 렌즈 15)를 공유할 수 있다. 이것이 행해지는 경우, 기판 높이의 측정과 기판(또는 스케터로미터의 대물 렌즈)의 여하한의 요구 이동 사이에는 시간 지연이 요구되지 않는다.

[0080] 기판 높이를 측정하는 경우, 제어기(118)는 z-방향으로 일어나는 기판(W)의 여하한의 측정을 고려할 수 있다.

[0081] 도 11의 설명에서, '높이'라는 용어는 z-방향으로의 기판(W)의 상부면의 위치를 언급하는데 사용되었다. 하지만, 기판이 반드시 수평인 것은 아니므로, 기판의 표면이 반드시 위쪽을 향하는 것은 아니다(예를 들어, 기판은 수직으로 방위될 수 있다). 그러므로, 높이라는 용어는 기판의 표면에 실질적으로 평행인 기준 평면에 대한 기판의 표면의 위치를 의미하는 것으로 이해하여야 한다. 이 기준 표면은 반드시 z-방향에 수직으로 놓여야 하는 것은 아니다.

[0082] 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 "기판" 또는 "타겟부"라는 좀 더 일반적인 용어와 동의어로 간주될 수도 있음을 이해할 것이

다. 본 명세서에서 언급되는 기판은 노광 전후에, 예를 들어 트랙(전형적으로, 기판에 레지스트 층을 도포하고 노광된 레지스트를 현상하는 툴), 메트롤로지 툴 및/또는 검사 툴에서 처리될 수 있다. 적용가능하다면, 이러한 기판 처리 툴과 다른 기판 처리 툴에 본 명세서의 기재 내용이 적용될 수 있다. 또한, 예를 들어 다층 IC를 생성하기 위하여 기판이 한번 이상 처리될 수 있으므로, 본 명세서에 사용되는 기판이라는 용어는 이미 여러번 처리된 층들을 포함한 기판을 칭할 수도 있다.

[0083] 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 기판 상에 생성된 패턴을 정의한다. 패터닝 디바이스의 토포그래피는 전자기 방사선, 열, 압력 또는 그 조합을 인가함으로써 레지스트가 경화되는 기판에 공급된 레지스트 층으로 가압될 수 있다. 패터닝 디바이스는 레지스트가 경화된 후에 그 안에 패턴을 남기는 레지스트로부터 이동된다.

[0084] 본 명세서에서 사용된 "방사선" 및 "빔"이라는 용어는 (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) 방사선뿐만 아니라, 이온 빔 또는 전자 빔과 같은 입자 빔을 포함하는 모든 형태의 전자기 방사선을 포괄한다.

[0085] 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.

[0086] 이상, 본 발명의 특정 실시예가 설명되었지만 본 발명은 설명된 것과 다르게 실시될 수 있다는 것을 이해할 것이다. 예를 들어, 본 발명은 앞서 개시된 바와 같은 방법을 구현하는 기계-판독가능한 명령어의 1 이상의 시퀀스를 포함하는 컴퓨터 프로그램, 또는 이러한 컴퓨터 프로그램이 저장되어 있는 데이터 저장 매체(예를 들어, 반도체 메모리, 자기 또는 광학 디스크)의 형태를 취할 수 있다.

[0087] 상기 서술내용은 예시를 위한 것이지, 제한하려는 것이 아니다. 따라서, 당업자라면, 아래에 설명되는 청구항들의 범위를 벗어나지 않고 서술된 본 발명에 대한 변형예가 행해질 수도 있음을 이해할 것이다.

도면의 간단한 설명

[0088] 이하 대응하는 참조 부호들이 대응하는 부분들을 나타내는 첨부된 개략적인 도면들을 참조하여, 단지 예시의 방식으로만 본 발명의 실시예들을 설명할 것이다:

[0089] 도 1a는 리소그래피 장치를 도시하는 도면;

[0090] 도 1b는 리소그래피 셀 또는 클러스터를 도시하는 도면;

[0091] 도 2는 스케터로미터를 도시하는 도면;

[0092] 도 3은 높은-NA 렌즈의 퓨필 평면에서 각도 분해 스펙트럼(angle resolved spectrum)을 측정하는 일반적인 작동 원리를 도시하는 도면;

[0093] 도 4a 및 도 4b는 본 발명에 따른 구성들을 도시하는 도면;

[0094] 도 5는 본 발명에 따른 대안적인 구성을 도시하는 도면;

[0095] 도 6a 내지 도 6c는 기판의 초점이 맞는 경우와 초점이 맞지 않는 경우에 검출기들 상에서 검출된 방사선의 패턴들을 도시하는 도면;

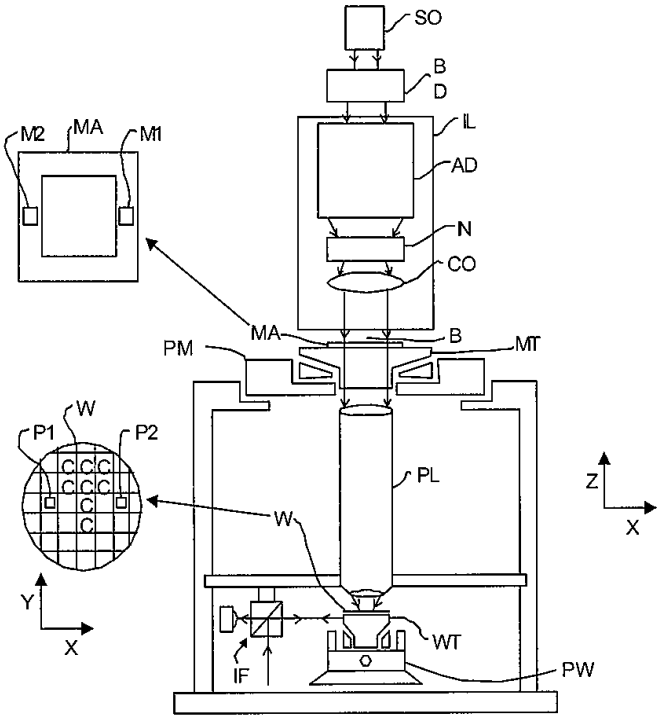
[0096] 도 7a 및 도 7b는 본 발명에 따른 검출기들을 도시하는 도면;

[0097] 도 8 내지 도 10은 본 발명에 따른 대안적인 검출기들을 도시하는 도면; 및

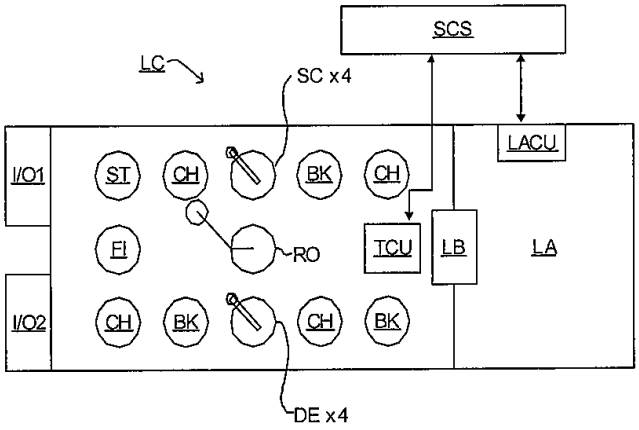
[0098] 도 11은 본 발명의 대안적인 실시예를 도시하는 도면이다.

도면

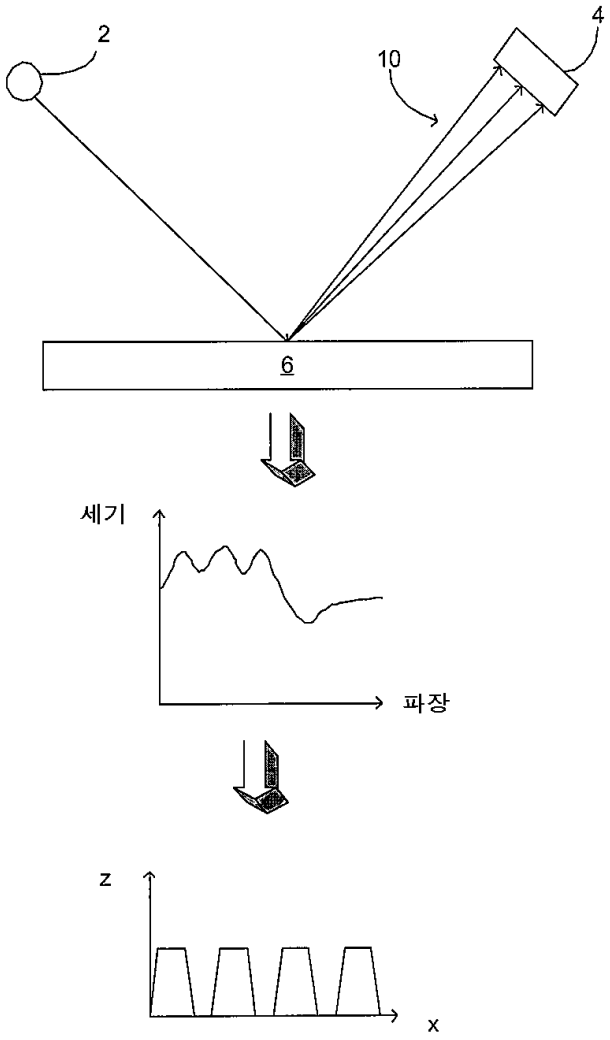
도면1a


SO
B
D
IL
AD
N
CO
M2
MA
M1
MA
B
MT
PM
W
P1
P2
PL
Z
X
W
Y
X
WT
IF
PW

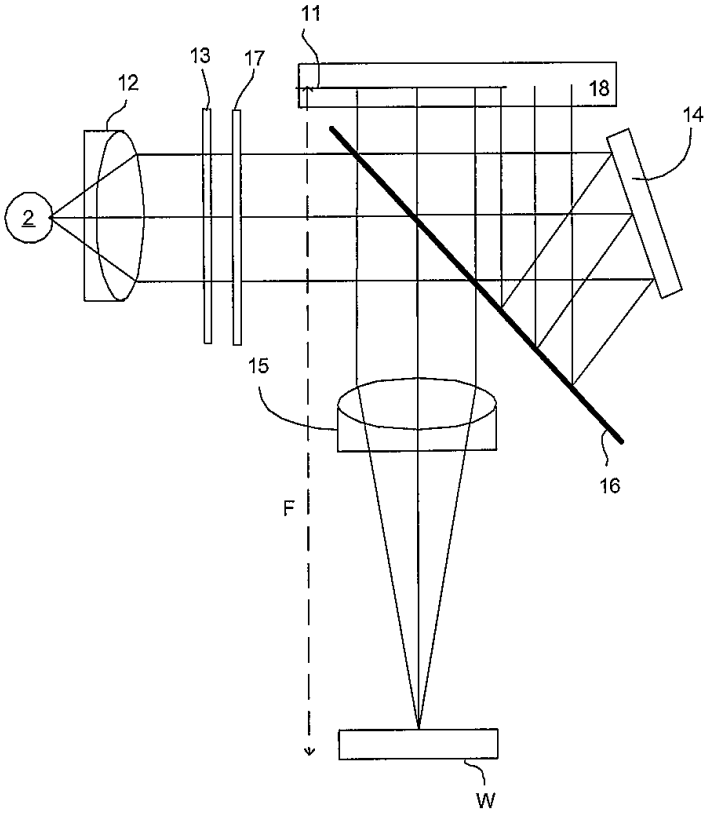
도면1b


SCS
LC
SC x4
LACU
I/O1
ST
CH
BK
CH
FI
RO
TCU
LB
LA
I/O2
CH
BK
CH
BK
DE x4

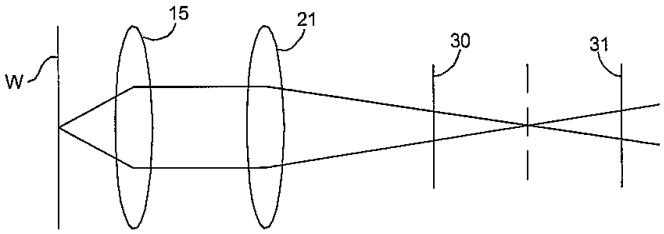
도면2



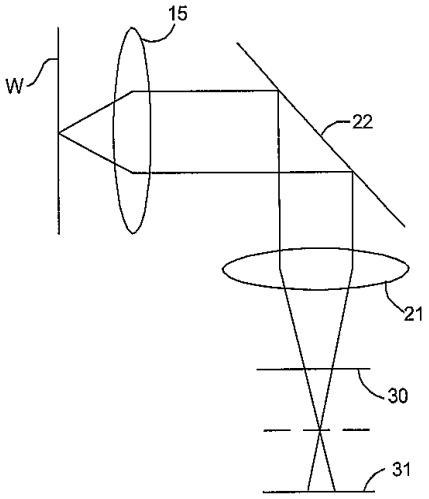
도면3



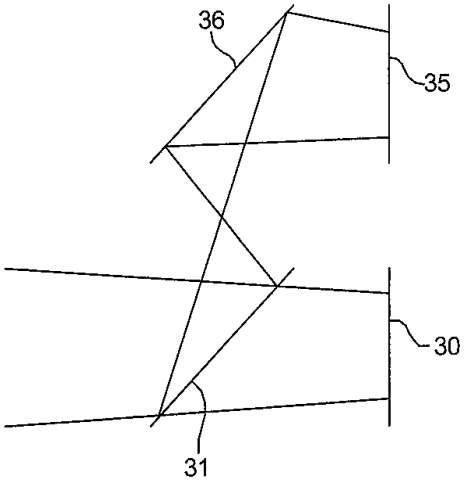
도면4a



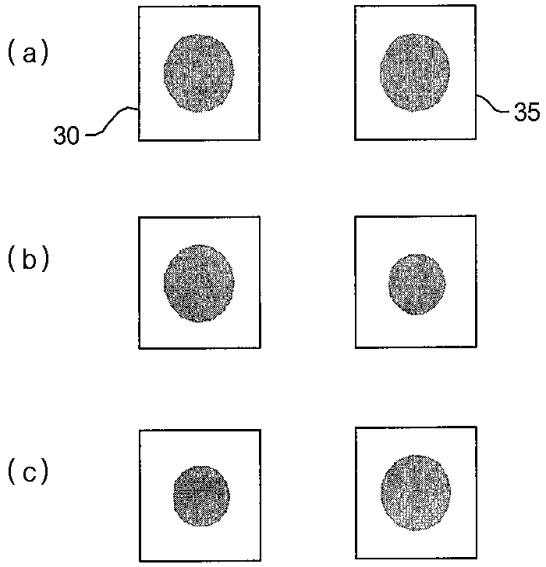
도면4b



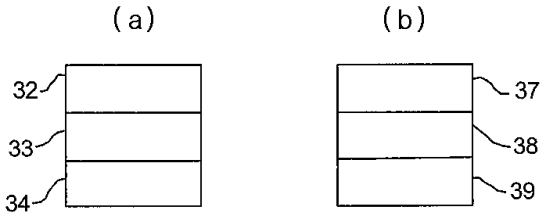
도면5



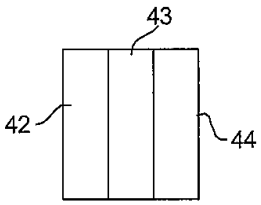
도면6



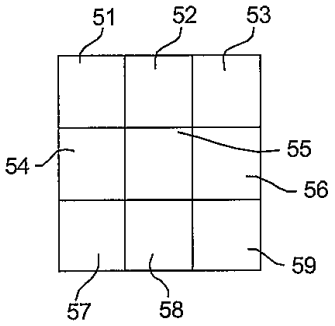
도면7



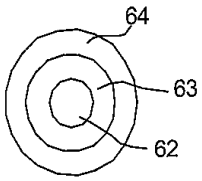
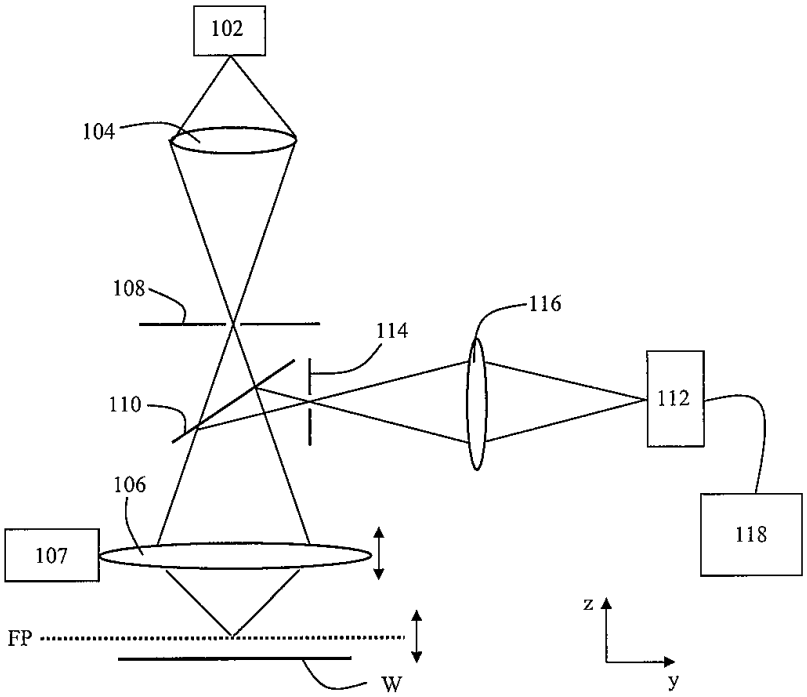
도면8



도면9



도면10



도면11