



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2010년06월23일  
(11) 등록번호 10-0965616  
(24) 등록일자 2010년06월15일

(51) Int. Cl.  
H01L 21/027 (2006.01)  
(21) 출원번호 10-2008-0061391  
(22) 출원일자 2008년06월27일  
심사청구일자 2008년06월27일  
(65) 공개번호 10-2009-0003117  
(43) 공개일자 2009년01월09일  
(30) 우선권주장  
11/819,958 2007년06월29일 미국(US)  
(56) 선행기술조사문헌  
EP01637930 A2  
KR100699566 B1  
JP2006303196 A  
KR100825453 B1

(73) 특허권자  
에이에스엠엘 네델란즈 비.브이.  
네덜란드, 엔엘-5504 디알 벨드호펜, 데 룬 6501  
(72) 발명자  
모에스트, 베어라크  
네덜란드 엔엘-5627 요트테 아인트호벤 프란세반 449  
(74) 대리인  
특허법인화우

전체 청구항 수 : 총 12 항

심사관 : 설관식

(54) 투과 이미지 감지를 위한 디바이스 및 방법

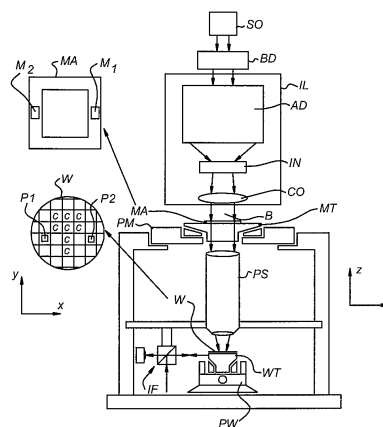
(57) 요약

리소그래피 노광 장치 내에서 에어리얼 이미지를 감지하는 투과 이미지 감지를 위한 디바이스는 투영 시스템의 이미지 측에 대상물 마크의 에어리얼 이미지를 형성하도록 배치된 투영 시스템을 포함한다. 또한, 상기 디바이스는 에어리얼 이미지의 전체 또는 일부분에 대응하는 피쳐들을 갖는 슬릿 패턴을 포함한 검출기를 포함한다. 슬릿 패턴은 에어리얼 이미지에 노광되도록 배치된다. 또한, 검출기는 슬릿 패턴에 의해 투과된 검출 방사선을 검출하도록 배치된다; 이때,

$$d < 0.85 \frac{\lambda}{NA} \text{ 이고,}$$

- d는 슬릿 패턴의 최소 피쳐의 치수를 나타내며,
- $\lambda$ 는 검출 방사선의 의도된 파장을 나타내고,
- NA(1 보다 큼)는 이미지 측의 개구수를 나타낸다.

대표도 - 도1



## 특허청구의 범위

### 청구항 1

리소그래피 노광 장치 내에서 에어리얼 이미지(aerial image)를 감지하는 투과 이미지 감지(transmission image sensing)를 위한 디바이스(TIS, TIS1, TIS2)에 있어서:

- 투영 시스템의 이미지 측(image side)에 대상물 마크(object mark)의 에어리얼 이미지(M1, M2, G0)를 형성하도록 배치된 투영 시스템(PS, 1)- 상기 이미지 측은 1 보다 큰 개구수(numerical aperture)를 가짐 -; 및
- 상기 에어리얼 이미지의 전체 또는 일부분에 대응하도록 배치된 피쳐들(D)을 갖는 슬릿 패턴(slit pattern: G1)을 포함한 검출기- 상기 슬릿 패턴은 상기 에어리얼 이미지에 노광되도록 배치되고, 또한 상기 검출기는 상기 슬릿 패턴에 의해 투과된 검출 방사선(PB)을 검출하도록 배치됨 -를 포함하며,

$$d < 0.85 \frac{\lambda}{NA} \text{ 이고,}$$

- d는 상기 슬릿 패턴의 최소 피쳐의 치수를 나타내며,
- $\lambda$ 는 상기 검출 방사선의 파장을 나타내고,
- NA는 상기 이미지 측의 개구수를 나타내는 것을 특징으로 하는 투과 이미지 감지 디바이스.

### 청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 파장( $\lambda$ )은 150 내지 200 nm의 파장인 것을 특징으로 하는 투과 이미지 감지 디바이스.

### 청구항 3

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

상기 슬릿 패턴(G1)은 단일 슬릿 패턴, 격리된 라인 패턴(isolated line pattern) 및 회절 격자를 포함한 패턴들의 그룹으로부터 선택된 패턴을 포함하는 것을 특징으로 하는 투과 이미지 감지 디바이스.

### 청구항 4

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

상기 대상물 마크(M1, M2, G0)는 단일 슬릿 패턴, 격리된 라인 패턴 및 회절 격자를 포함한 패턴들의 그룹으로부터 선택된 패턴을 포함하는 것을 특징으로 하는 투과 이미지 감지 디바이스.

### 청구항 5

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

상기 투영 시스템(PS)은 기관(W)을 노광하기 위해 상기 기관(W) 상에 노광 방사선의 패턴닝된 빔(B)을 투영하도록 배치되는 것을 특징으로 하는 투과 이미지 감지 디바이스.

### 청구항 6

제 1 항에 있어서,

상기 노광 방사선을 패턴닝하는 패턴닝 수단(MA)을 지지하도록 배치된 지지 구조체(MT)를 포함하고, 상기 대상물 마크는 상기 지지 구조체 또는 상기 패턴닝 수단 상에 제공되는 것을 특징으로 하는 투과 이미지 감지 디바이스.

### 청구항 7

에어리얼 이미지의 투과 이미지 감지를 위한 방법에 있어서:

- 검출 방사선(PB)을 제공하는 단계;
- 투영 시스템의 이미지 측 상에 대상물 마크(M1, M2, G0)의 에어리얼 이미지를 형성하기 위해 상기 검출 방사선 및 투영 시스템(PS)을 이용하는 단계- 상기 이미지 측은 1 보다 큰 개구수를 가짐 -;
- 슬릿 패턴(G1)을 상기 이미지에 노광하는 단계- 상기 슬릿 패턴은 상기 에어리얼 이미지의 전체 또는 일부분에 대응하는 피쳐들(D)을 가짐 -; 및
- 상기 슬릿 패턴에 의해 투과된 상기 검출 방사선을 검출하는 단계를 포함하며,

$$d < 0.85 \frac{\lambda}{NA} \text{ 이고,}$$

- d는 상기 에어리얼 이미지 내의 여하한 피쳐의 최소 치수를 나타내며,
- $\lambda$ 는 상기 검출 방사선의 파장을 나타내고,
- NA는 상기 이미지 측의 개구수를 나타내는 것을 특징으로 하는 투과 이미지 감지 방법.

#### 청구항 8

제 7 항에 있어서,

상기 검출 방사선(PB)을 제공하는 단계는 150 내지 200 nm의 파장을 갖는 검출 방사선을 제공하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 투과 이미지 감지 방법.

#### 청구항 9

제 7 항 또는 제 8 항에 있어서,

단일 슬릿 패턴, 격리된 라인 패턴 및 회절 격자를 포함한 패턴들의 그룹으로부터 선택된 패턴을 갖는 슬릿 패턴(G1)을 제공하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 투과 이미지 감지 방법.

#### 청구항 10

제 7 항 또는 제 8 항에 있어서,

상기 대상물 마크(M1, M2, G0)는 단일 슬릿 패턴, 격리된 라인 패턴 및 회절 격자를 포함한 패턴들의 그룹으로부터 선택된 패턴을 포함하는 것을 특징으로 하는 투과 이미지 감지 방법.

#### 청구항 11

제 7 항 또는 제 8 항에 있어서,

기관(W)을 노광하기 위해 상기 기관(W) 상에 노광 방사선의 패턴화된 빔(B)을 투영하도록 상기 투영 시스템(P)을 이용하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 투과 이미지 감지 방법.

#### 청구항 12

제 7 항에 있어서,

지지 구조체 상에 지지된 패턴닝 수단으로 상기 노광 방사선을 패턴닝하는 단계, 및 상기 지지 구조체 또는 상기 패턴닝 수단 상에 상기 대상물 마크를 제공하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 투과 이미지 감지 방법.

### 명세서

#### 발명의 상세한 설명

#### 기술 분야

본 발명은 투과 이미지 감지(transmission image sensing)를 위한 디바이스 및 투과 이미지 감지를 위한 방법에

[0001]

관한 것이다.

## 배경 기술

- [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 경우, 대안적으로 마스크 또는 레티클이라 칭하는 패턴링 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 패턴링되는 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 패턴링 디바이스로부터 기판으로 패턴을 전사할 수도 있다.
- [0003] 리소그래피 장치를 이용한 디바이스 제조 방법들에서, 산출량(yield), 즉 올바르게 제조된 디바이스들의 비율에 있어서 중요한 인자는 이전에 형성된 층들에 관해 층들이 프린트되는 정확성이다. 이는 오버레이(overlay)라고 알려져 있으며, 오버레이 오차 허용범위(error budget)는 흔히 10 nm 이하이다. 이러한 정확성을 달성하기 위해, 기판은 높은 정확성으로 전사되도록 레티클 패턴에 정렬되어야 한다.
- [0004] 이미징 성능을 평가하고 최적화하기 위해, 기판 레벨에서 다수의 센서가 사용된다. 이들은 투과 이미지 센서(TIS)들을 포함할 수 있다. TIS는, 마스크(레티클) 레벨에서의 마스크 패턴의 투영된 에어리얼 이미지(aerial image)의 위치를 기판 레벨에서 측정하는데 사용되는 센서이다. 기판 레벨에서의 투영된 이미지는 노광 방사선의 파장에 비교할 수 있는 라인 폭을 갖는 라인 패턴일 수 있다. TIS는 그 밑에 광전지(photocell)를 갖는 투과 패턴(transmission pattern)을 이용하여 앞서 언급된 마크 패턴을 측정한다. 센서 데이터는 기판 테이블에 대한 레티클의 위치를 6 자유도, 즉 병진에 대한 3 자유도 및 회전에 대한 3 자유도로 측정하는데 사용될 수 있다. 또한, 투영된 마크 패턴의 확대 및 스케일링(scaling)이 측정될 수 있다. 작은 라인 폭을 이용하여, 센서는 수 개의 마스크 형태들(예를 들어, 바이너리 마스크, 위상-시프트 마스크)에 대해 수 개의 조명 세팅들, 예를 들어 환형, 다이폴의 패턴 위치들 및 영향들을 측정할 수 있다. 또한, TIS는 리소그래피 투영 장치와 같은 토폴의 광학 성능을 측정하는데 사용될 수도 있다. 상이한 투영된 이미지들과 조합한 상이한 조명 세팅들을 이용함으로써, 플루어 형상, 코마(coma), 구면수차(spherical aberration), 비점수차(astigmatism) 및 상면만곡(field curvature)과 같은 특성들이 측정될 수 있다.
- [0005] 더 높은 구성요소 밀도를 갖는 디바이스를 생성하기 위해 훨씬 더 작은 패턴들을 이미징하려는 끊임없는 요구와 함께, 오버레이 오차들을 감소시켜야 하는 문제가 존재하며, 이는 개선된 센서들에 대한 요구를 초래한다.

## 발명의 내용

- [0006] 기판 레벨에서의 센서에 높은 NA 시스템들, 즉 침지 리소그래피 장치에서 사용될 수 있는 높은 감도를 제공하는 것이 바람직하다.
- [0007] 이를 위해, 본 발명은 리소그래피 노광 장치 내에서 에어리얼 이미지를 감지하는 투과 이미지 감지를 위한 디바이스를 제공하고, 상기 디바이스는:
- [0008] - 투영 시스템의 이미지 측(image side)에 대상물 마크(object mark)의 에어리얼 이미지를 형성하도록 배치된 투영 시스템- 상기 이미지 측은 1 보다 큰 개구수(numerical aperture)를 가짐 -; 및
- [0009] - 에어리얼 이미지의 전체 또는 일부분에 대응하도록 배치된 피치들을 갖는 슬릿 패턴(slit pattern: G1)을 포함한 검출기- 상기 슬릿 패턴은 에어리얼 이미지에 노광되도록 배치되고, 상기 검출기는 또한 슬릿 패턴에 의해 투과된 검출 방사선을 검출하도록 배치됨 -를 포함하며,

$$d < 0.85 \frac{\lambda}{NA} \text{ 이고,}$$

[0010]

- [0011] - d는 슬릿 패턴의 최소 피치의 치수를 나타내며,

- [0012] -  $\lambda$ 는 검출 방사선의 의도된 파장을 나타내고,
- [0013] - NA는 이미지 측의 개구수를 나타낸다.
- [0014] 또한, 본 발명은 에어리얼 이미지의 투과 이미지 감지를 위한 방법을 제공하고, 이는:
- [0015] - 검출 방사선을 제공하는 단계;
- [0016] - 투영 시스템의 이미지 측 상에 대상물 마크의 에어리얼 이미지를 형성하기 위해 검출 방사선 및 투영 시스템을 이용하는 단계- 상기 이미지 측은 1 보다 큰 개구수를 가짐 -;
- [0017] - 슬릿 패턴을 상기 이미지에 노광하는 단계- 상기 슬릿 패턴은 에어리얼 이미지의 전체 또는 일부분에 대응하는 피쳐들을 가짐 -; 및
- [0018] - 슬릿 패턴에 의해 투과된 검출 방사선을 검출하는 단계를 포함하며,

[0019] 
$$d < 0.85 \frac{\lambda}{NA}$$
 이고,

- [0020] - d는 에어리얼 이미지 내의 여하한 피쳐의 최소 치수를 나타내며,
- [0021] -  $\lambda$ 는 검출 방사선의 파장을 나타내고,
- [0022] - NA는 이미지 측의 개구수를 나타낸다.

### 발명의 실시를 위한 구체적인 내용

- [0023] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 리소그래피 장치를 개략적으로 도시한다. 상기 장치는:
- [0024] - 방사선 빔(B)(예를 들어, UV 방사선 또는 EUV 방사선)을 컨디셔닝(condition)하도록 구성된 조명 시스템(일루미네이터)(IL);
- [0025] - 패턴링 디바이스(예를 들어, 마스크)(MA)를 지지하도록 구성되고, 소정 파라미터들에 따라 패턴링 디바이스를 정확히 위치시키도록 구성된 제 1 위치설정기(PM)에 연결된 지지 구조체(예를 들어, 마스크 테이블)(MT);
- [0026] - 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
- [0027] - 기판(W)의 (예를 들어, 1 이상의 다이들 포함하는) 타겟부(C) 상으로 패턴링 디바이스(MA)에 의해 방사선 빔(B)에 부여된 패턴을 투영하도록 구성된 투영 시스템(예를 들어, 굴절 투영 렌즈 시스템)(PS)을 포함한다.
- [0028] 조명 시스템은 방사선을 지향, 성형 또는 제어하기 위하여, 굴절, 반사, 자기, 전자기, 정전기 또는 다른 형태의 광학 구성요소들, 또는 여하한 그 조합과 같은 다양한 형태의 광학 구성요소들을 포함할 수 있다.
- [0029] 지지 구조체(MT)는 패턴링 디바이스(MA)를 지지, 즉 그 무게를 견딘다. 이는 패턴링 디바이스(MA)의 방위, 리소그래피 장치의 디자인, 및 예를 들어 패턴링 디바이스(MA)가 진공 환경에서 유지되는지의 여부와 같은 다른 조건들에 의존하는 방식으로 패턴링 디바이스(MA)를 유지한다. 지지 구조체(MT)는 패턴링 디바이스(MA)를 유지하기 위해 기계적, 진공, 정전기, 또는 다른 클램핑 기술들을 이용할 수 있다. 지지 구조체(MT)는, 예를 들어 필요에 따라 고정되거나 이동가능할 수 있는 프레임 또는 테이블일 수 있다. 지지 구조체(MT)는, 패턴링 디바이스(MA)가 예를 들어 투영 시스템(PS)에 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.
- [0030] 본 명세서에서 사용되는 "패터닝 디바이스"라는 용어는, 기판(W)의 타겟부(C)에 패턴을 생성하기 위해서, 방사선 빔의 단면에 패턴을 부여하는데 사용될 수 있는 여하한 디바이스를 언급하는 것으로 폭넓게 해석되어야 한다. 방사선 빔(B)에 부여된 패턴은, 예를 들어 상기 패턴이 위상-시프팅 피쳐(phase-shifting feature)들 또는 소위 어시스트 피쳐(assist feature)들을 포함하는 경우, 기판(W)의 타겟부(C) 내의 원하는 패턴과 정확히 일치하지 않을 수도 있다는 것을 유의하여야 한다. 일반적으로, 방사선 빔(B)에 부여된 패턴은 집적 회로와 같이 타겟부(C)에 생성될 디바이스 내의 특정 기능 층에 해당할 것이다.
- [0031] 패턴링 디바이스(MA)는 투과형 또는 반사형일 수 있다. 패턴링 디바이스(MA)의 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.

[0032] 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 것으로 폭넓게 해석되어야 한다. 본 명세서의 "투영 렌즈"라는 용어의 어떠한 사용도 "투영 시스템"이라는 좀 더 일반적인 용어와 동의어로 간주될 수 있다.

[0033] 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.

[0034] 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 단계가 수행될 수 있다.

[0035] 또한, 리소그래피 장치는 투영 시스템(PS)과 기관(W) 사이의 공간을 채우기 위해서, 기관(W)의 전체 또는 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 마스크(MA)와 투영 시스템(PS) 사이에도 적용될 수 있다. 침지 기술은 투영 시스템의 개구수를 증가시키는 기술로 당업계에 잘 알려져 있다. 본 명세서에서 사용되는 "침지"라는 용어는 기관과 같은 구조체가 액체 내에 담겨져야 함을 의미하는 것이라기보다는, 노광시 액체가 투영 시스템(PS)과 기관(W) 사이에 놓이기만 하면 된다는 것을 의미한다.

[0036] 도 1을 참조하면, 일루미네이터(IL)는 방사선 소스(SO)로부터 방사선 빔(B)을 수용한다. 예를 들어, 상기 소스(SO)가 엑시머 레이저(excimer laser)인 경우, 상기 소스(SO) 및 리소그래피 장치는 별도의 개체일 수 있다. 이러한 경우, 상기 소스(SO)는 리소그래피 장치의 일부분을 형성하는 것으로 간주되지 않으며, 상기 방사선 빔(B)은 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 상기 소스(SO)가 수은 램프인 경우, 상기 소스(SO)는 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.

[0037] 상기 일루미네이터(IL)는 방사선 빔(B)의 각도 세기 분포를 조정하는 조정기(AD)를 포함할 수 있다. 일반적으로, 일루미네이터(IL)의 pupils 평면 내의 세기 분포의 적어도 외반경 및/또는 내반경 크기(통상적으로, 각각 외측- $\sigma$  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. 일루미네이터(IL)는 방사선 빔의 단면에 원하는 균일성(uniformity) 및 세기 분포를 갖기 위해, 방사선 빔(B)을 컨디셔닝하는데 사용될 수 있다.

[0038] 상기 방사선 빔(B)은 지지 구조체(예를 들어, 마스크 테이블(MT)) 상에 유지되어 있는 패턴링 디바이스(예를 들어, 마스크(MA)) 상에 입사되며, 패턴링 디바이스(MA)에 의해 패턴링된다. 상기 마스크(MA)를 가로질렀으면, 상기 방사선 빔(B)은 투영 시스템(PS)을 통과하여 기관(W)의 타겟부(C) 상에 상기 빔(B)을 포커스한다. 제 2 위치 설정기(PW) 및 위치 센서(IF)(예를 들어, 간섭계 디바이스, 리니어 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 또 다른 위치 센서(도 1에 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, 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, 마스크 테이블(MT)은 단-행정 액추에이터에만 연결되거나 고정될 수 있다. 마스크(MA) 및 기관(W)은 마스크 정렬 마크들(M1 및 M2) 및 기관 정렬 마크들(P1 및 P2)을 이용하여 정렬될 수 있다. 비록, 예시된 기관 정렬 마크들(P1 및 P2)은 지정된(dedicated) 타겟부들을 차지하고 있지만, 그들

은 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 마크들(M1 및 M2)은 다이들 사이에 위치될 수 있다.

[0039] 도시된 장치는 다음 모드들 중 1 이상에서 사용될 수 있다:

[0040] 1. 스텝 모드에서, 마스크 테이블(MT) 및 기판 테이블(WT)은 기본적으로 정지 상태로 유지되는 한편, 방사선 빔(B)에 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.

[0041] 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(PS)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.

[0042] 3. 또 다른 모드에서, 마스크 테이블(MT)은 프로그램가능한 패턴링 디바이스를 유지하여 기본적으로 정지된 상태로 유지되며, 방사선 빔(B)에 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 패턴링 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 패턴링 디바이스를 이용하는 마스크없는 리소그래피(maskless lithography)에 용이하게 적용될 수 있다.

[0043] 또한, 상술된 사용 모드들의 조합 및/또는 변형, 또는 완전히 다른 사용 모드들이 채택될 수도 있다.

[0044] 도 2는 도 1의 리소그래피 장치 내에 도시된 기판 테이블(WT)의 일 구성을 개략적으로 도시한다. 기판 테이블(WT) 상에는, 2 개의 고정된 마크(fixed mark: TIS1 및 TIS2)가 제공된다. 고정된 마크들(TIS1 및 TIS2)에는, 에어리얼 이미지를 통해 이미지 센서를 스캐닝함으로써 마스크(MA) 상의 대상물 마크의 에어리얼 이미지의 위치를 결정하는데 사용될 수 있는 이미지 센서가 통합되었다.

[0045] 그 결과, 마스크(MA) 상의 대상물 마크의 이미지와 고정된 마크들(TIS1 및 TIS2)의 상대 위치가 결정될 수 있다. 기판 테이블(WT)에 기판 마크들, 예를 들어 도 2에 도시된 기판 마크들(P1, P2, P3 및 P4)을 포함한 기판(W)이 제공되는 경우, 정렬 센서(도시되지 않음)는 사전에 기판 마크들(P1, P2, P3 및 P4)의 상대 위치들을 결정했을 수 있다. TIS1 및 TIS2 내의 이미지 센서들에 의해 측정된 마스크(MA) 상의 대상물 마크의 이미지와 고정된 마크들(TIS1 및 TIS2)의 상대 위치의 정보(knowledge)와 조합되는 정렬 센서에 의해 얻어진 기판 마크들(P1, P2, P3 및 P4)의 상대 위치들의 정보는, 기판(W)으로 하여금 높은 정확성으로 마스크(MA)의 투영된 이미지에 대한 여하한의 원하는 위치에 위치되게 한다.

[0046] 도 3은 투과 이미지 검출을 위한 디바이스(TIS)의 일 실시예, 예를 들어 도 2에 도시된 투과 이미지 센서(TIS1 또는 TIS2)를 개략적으로 도시한다. 이러한 디바이스는 당업계에 잘 알려져 있다. 투과 이미지 검출을 위한 디바이스(TIS)는 슬릿 패턴(G1) 및 포토 센서 디바이스(photo sensor device: PD)를 포함한다. 투과 이미지 검출을 위한 디바이스(TIS)는 기판 테이블(WT)에 면한 측면에서 투영 시스템(PS) 밑에 위치된다. 투과 이미지 검출을 위한 디바이스(TIS)는 대상물 마크(G0), 예를 들어 제 1 격자를 사용한다. 도 3에서, 대상물 마크(G0)는 마스크(MA) 상에 제공된다. 대안적으로, 대상물 마크(G0)는 마스크 테이블(MT) 상에 제공될 수 있다.

[0047] 대상물 마크(G0)는 투영 빔(PB)에 의한 조명시 투영 빔들의 단면 내에 패턴을 형성하도록 배치된다. 대상물 마크(G0)의 결과로서 투영 빔(PB)의 단면 내에 존재하는 패턴은 1 이상의 렌즈(1), 예를 들어 투영 시스템(PS) 내의 렌즈들을 통과한다. 이러한 투영 시스템(PS)의 광학 특성들은 대상물 마크(G0)의 에어리얼 이미지를 형성하게 한다.

[0048] 투과 이미지 검출을 위한 디바이스(TIS)는 대상물 마크(G0)의 에어리얼 이미지를 검출하도록 배치된다. 투과 이미지 검출을 위한 디바이스(TIS)는 투영 시스템(PS) 및 마스크(MA)의 위치에 대해 적어도 3 개의 방향, 예를 들어 3 개의 직교 방향(X, Y 및 Z)으로 이동할 수 있다. 이 3 개의 방향을 따라 스캐닝함으로써, 에어리얼 이미지의 세기가 투과 이미지 검출을 위한 디바이스(TIS)의 X, Y 및 Z-위치들의 함수로서 맵핑(map)될 수 있다. 결과적인 맵은 샘플링 위치(sampling location)들의 좌표, 및 각각의 샘플링 위치에서 샘플링된 세기를 포함하는 이

미지 맵(3D 맵)일 수 있다. 이 절차 동안, 에어리얼 이미지는 기관(W) 상에서의 마스크(MA) 내의 패턴의 노광시의 초점심도와는 다른 비교적 큰 초점심도를 이용하여 투영될 수 있다.

[0049] 대상물 마크(G0)의 임계 치수의 방위는 대응하는 슬릿 패턴(G1)의 임계 치수의 방위와 유사하다. 따라서, 대상물 마크가 제 1 방향, 예를 들어 X-방향으로 연장되고, 제 1 방향에 직교인 제 2 방향, 예를 들어 Y-방향으로 임계 치수를 갖는 경우, 대응하는 슬릿 패턴(G1)도 제 1 방향으로 연장되고, 제 2 방향으로 임계 치수를 갖는다.

[0050] 일반적으로, 슬릿 패턴(G1)은 투영 시스템(PS)의 이미지 평면에 근접한 평면 내에 위치된다. 가장 간단한 실시예에서, 슬릿 패턴(G1)은 슬릿 또는 정사각형 모양을 가질 수 있는 포토 센서 디바이스(PD) 위의 개구부(opening)이다. 또 다른 실시예에서, 개구부는 잘 정의된 에지(well-defined edge)를 갖는다.

[0051] 더 복잡한 실시예에서, 슬릿 패턴(G1)은 대상물 마크(G0)의 형상과 유사하다. 또한, 슬릿 패턴(G1)의 피쳐 크기들은 대상물 마크(G0)의 피쳐 크기들에 투영 시스템(PS)의 배율 인자(M)를 곱한 것과 실질적으로 같을 수 있다. 포토 센서 디바이스(PD) 위의 개구부 상에 패턴을 적용하는 것은, 포토 센서 디바이스(PD)의 감도를 개선할 수 있는 에지들의 개수를 증가시킨다.

[0052] 또 다른 실시예에서, 투과 이미지 검출을 위한 디바이스(TIS)는 2 이상의 슬릿 패턴(G1)을 포함할 수 있으며, 하나는 제 1 방향, 예를 들어 X-방향으로의 이미지 검출을 위해 배치되고, 또 하나는 제 1 방향에 직교인 제 2 방향, 예를 들어 Y-방향으로의 이미지 검출을 위해 배치된다. 이 실시예에서의 에어리얼 이미지는 X 및 Y 방향 모두에서 동시에 검출될 수 있다. 이 실시예에서, 마스크(MA) 내의 대상물 마크(G0)는 2 이상의 마크 요소들, 예를 들어 격자, 격리된 라인(isolated line) 또는 격리된 슬릿을 포함한다. 제 1 마크 요소는 제 1 방향, 예를 들어 X-방향으로의 이미지 생성을 위해 배치될 수 있으며, 이 이미지는 제 1 방향으로의 이미지 검출을 위해 배치된 슬릿 패턴(G1)의 일부분에 의해 수용될 것이다. 제 2 마크 요소는 그에 직교인 제 2 방향, 예를 들어 Y-방향으로의 이미지 생성을 위해 배치될 수 있으며, 이 이미지는 제 2 방향으로의 이미지 검출을 위해 배치된 슬릿 패턴(G1)의 일부분에 의해 수용될 것이다. 대상물 마크(G0)의 2 개의 마크 요소들에 의해 생성된 이미지들은 동시에 생성된다.

[0053] 예를 들어, 3D 맵의 형태로 앞서 언급된 맵핑을 이용함으로써, 투과 이미지 검출을 위한 디바이스(TIS)에 연결된 프로세서 또는 마이크로프로세서와 같은 연산 디바이스(computation device)가, 예를 들어 최소제곱법 피팅 방법(least squares fitting method)을 이용한 포물선 피트(parabolic fit)를 이용함으로써 에어리얼 이미지의 위치를 도출할 수 있다. 이러한 연산 디바이스는 프로세서, 예를 들어 제어 시스템과 같은 전용 처리 디바이스 또는 범용 컴퓨터 시스템 또는 다른 컴퓨터 시스템 내의 프로세서 또는 마이크로프로세서일 수 있으며, 이는 맵핑 및 연계된 연산을 수행하도록 프로그램될 수 있다.

[0054] 도 8은 에어리얼 이미지의 위치를 결정하고, 본 발명에 따른 방법들을 수행하기 위해 배치된 연산 디바이스, 예를 들어 프로세서의 일 예시를 제공한다.

[0055] 도 4a 및 도 4b는 도 3의 투과 이미지 검출을 위한 디바이스(TIS)에 의해 검출된 에어리얼 이미지의 예시적인 세기 분포를 각각 윤곽 플롯(contour plot) 및 3D 플롯으로 도시한다.

[0056] 도 4a의 윤곽 플롯은 수평 방향-포커스 평면, 예를 들어 X-Z 평면 또는 Y-Z 평면 내의 세기 분포를 나타낸다. 윤곽 플롯이 X-Z 평면에 대한 경우, 세기 분포는 고정된 Y-위치에 대해 주어지고, 윤곽 플롯이 Y-Z 평면에 대한 경우, 세기 분포는 고정된 X-위치에 대해 주어진다. 윤곽 플롯들은 다수의 상이한 Z-위치들에 대한 X-Y 표면 내의 상이한 위치들에서 슬릿 패턴(G1)의 이미지 세기를 모델링함으로써 컴파일(compile)된다. 스캔 경로들은 측정된 기관 테이블 위치들을 나타내는 점과 함께 실선으로 도시된다. X, Y 및 Z 위치들은 다른 방식에 의해, 예를 들어 간섭법(interferometry)에 의해 결정된다. 스캔 경로들로부터 알 수 있는 바와 같이, 직교 그리드 상에 있도록 의도되었던 측정 위치들은 어느 정도 랜덤인 것으로 보인다. 이는 시스템 내의 진동들로 인한 것이다.

[0057] 도 4b의 3D 플롯은 플롯의 z-축선을 따른 제 3 파라미터로서 투과 이미지 검출을 위한 디바이스(TIS)에 의해 측정된 세기를 플롯(plot)함에 의한 도 4a로부터의 데이터의 수정된 표현이다.

[0058] 도 4a 및 도 4b에 도시된 데이터로부터, 측정된 에어리얼 이미지의 형상을 모델에 피팅함으로써 정렬되는 위치가 도출될 수 있다. 전형적으로, 정렬되는 위치는 (도 4b에 도시된) 에어리얼 이미지 피크(peak)의 최상부(TOP)상의 포물선 피트에 의해 도출된다. 가우시안 피트(Gaussian fit) 또는 최소제곱법 피트와 같은 피팅 데이터에 대한 대안적인 방법들이 사용될 수도 있다.

- [0059] 대상물 마크(G0)의 에어리얼 이미지에 영향을 주는 한가지 인자는 소위 대상물 마크의 조명 프로파일, 즉 방사선이 대상물 마크(G0) 상에 입사하는 각도들의 프로파일이다. 가장 폭넓게 사용되는, "컨벤셔널(conventional)" 조명 구성에서, 마스크(MA)가 위치되는 투영 시스템(PS)의 대상물 평면의 푸리에 변환(Fourier transform)인 조명 시스템(IL) 내의 푸필 평면(PP)이라고 칭하는 평면(및 때로는 다수 평면들)이 존재한다. 잘 알려진 바와 같이, [정규화된 변수들( $\sigma_x$  및  $\sigma_y$ )을 이용하여 표현되는] 푸필 평면 내의 위치는 대상물 평면에서 각도( $\theta, \phi$ )로 전환(translate)된다. 그 결과, 푸필 평면 내의 세기 분포를 결정함으로써 대상물 마크(G0)의 조명의 각도 분포가 결정될 수 있다.
- [0060] 조명 프로파일들은, 통상적으로 푸필 평면 내의 세기 분포의 형상에 의해 언급되며: [흔히  $\sigma$ -세팅이라고 칭하는 푸필 필링 인자(pupil filling factor)에 의해 정의되는] 컨벤셔널 조명, (흔히  $\sigma_i$  및  $\sigma_o$ 라고 칭하는 내반경 및 외반경에 의해 정의되는) 환형 조명(annular illumination), 다이폴 조명(dipole illumination) 및 쿼드러폴 조명(quadrupole illumination)뿐만 아니라, 이것들과 더 복잡한 분포들의 조합들을 포함한다. 리소그래피 장치에는 통상의 패턴들을 이미징하기에 적절한 (조정가능한 파라미터들을 갖거나 갖지 않는) 표준 조명 프로파일들을 정의하는 디바이스들, 또는 특정한 패턴들에 대한 사용자 조명 프로파일(custom illumination profile)들을 정의하는 디바이스들이 제공될 수 있다. 본 발명은 조명 프로파일을 제어하거나 조정하는 1 이상의 디바이스를 갖는 어떠한 리소그래피 장치와도 사용될 수 있다.
- [0061] 도 5a, 도 5b 및 도 5c는 상이한 조명 세팅들, 즉 컨벤셔널 조명 세팅, 다이폴 조명 세팅 및 환형 조명 세팅에 대한 각각의 윤곽 플롯으로 투과 이미지 검출을 위한 디바이스(TIS)에 의해 검출된 에어리얼 이미지의 예시적인 모델링된 세기 분포들을 도시한다.
- [0062] 또한, 도 5a, 도 5b 및 도 5c의 윤곽 플롯들은 수평 방향-포커스 평면, 예를 들어 X-Z 평면 또는 Y-Z 평면 내의 세기 분포를 나타낸다.
- [0063] 나타낸 위치-의존적 모델링된 세기 데이터(position-dependent modeled intensity data)로부터, 기관 테이블(WT)의 좌표계에 대해 투영된 에어리얼 이미지의 최적 위치가 계산될 수 있다. 일 실시예에서, 이를 위해 유일(unique)한 위치가 계산될 수 있는 위치-의존적 모델링된 세기 데이터에 대해 함수가 피팅된다. 반드시 측정되거나 모델링된 최대 세기를 갖는 위치에 대응하는 것은 아닌 이 유일한 위치는, 그 경우더라도 에어리얼 이미지의 위치에 대해 나타내는 것으로 간주된다.
- [0064] 일 실시예에서, 신속하고 안정된 최적화를 지지하기 위해 피팅 계수(fitting coefficient)들의 개수가 제한된다. 일 실시예에서, 함수는 스케일가능(scaleable)하다. 이러한 경우, 상이한 조명 세팅들에서 동일한 함수가 사용될 수 있으며, 즉 함수는 상이한 에어리얼 이미지의 높이 및 폭을 제공하지만, 실질적으로 유사한 형상의 에어리얼 이미지를 제공한다.
- [0065] 쉽게 알 수 있는 바와 같이, 도 5a에 도시된 윤곽 플롯은 피트로 하여금 기관 테이블(WT)에 대한 마스크(MA)의 위치를 결정할 수 있게 한다. 즉, 정렬되는 경우( $X, Y = 0$ ), 세기 최대값은 최대 포커스( $Z = 0$ )에서 존재하며, 정렬되지 않는 경우( $X, Y \neq 0$ ), 세기는 최대 포커스( $Z = 0$ )에서 즉시 감소하거나, 다른 Z-위치들( $Z \neq 0$ )에서 더 빠르게 감소한다. 또한, 이러한 피트는 기관 테이블(WT)에 대한 마스크 테이블(MT)의 위치를 결정하는데 사용될 수도 있다.
- [0066] 도 5b에 도시된 바와 같이 다이폴 조명 세팅이 사용되는 경우, 피팅은 더 어려워진다. 이 세팅에서, 에어리얼 이미지는 실질적으로 상이한 형상을 갖는다. 도 5b에 도시된 경우 -100 및 100의 위치들에서, 최대 포커스( $Z = 0$ )에서의 2 개의 세기 최대값이 존재한다. 그러므로, 스케일링에 의해 피팅될 수 있는 함수를 적용하기에 불충분하다. 실제로, 도 5b에 도시된 에어리얼 이미지는 자체로 적당한 피트(decent fit)를 얻기 위해 이미 많은 계수들을 필요로 한다.
- [0067] 도 5b의 에어리얼 이미지의 형상은 최적 포커스로 정렬된 위치에서 상쇄 간섭에 의해 야기된다. 그 결과, 슬릿 패턴(G1)의 이미지의 소정 세기를 결정하는 경우, 마스크(MA) 또는 대안적으로 마스크 테이블(MT), 및 기관 테이블(WT)이 서로에 대해 어떻게 오정렬되는지가 불확실하다. 이는 Z-위치가 덜 최적화되는 경우에, 즉  $Z \neq 0$ 인 경우에 훨씬 더 어려워진다.
- [0068] 또한, 도 5c에 개략적으로 도시된 환형 조명 세팅을 사용하는 경우에도, 기관 테이블(WT)에 대한 마스크(MA)의 상대 위치를 결정하는 것이 수월하지 않다. 이 경우에는, 상대 위치들(수평 방향)의 범위가 슬릿 패턴(G1)을 통해 투과된 에어리얼 이미지의 측정된 세기를 피팅할 수 있으며, 즉 수평 축선을 따라 값들의 범위에 대해 회색

의 동일한 음영(shade)이 존재한다. 또한, 포커스 위치 값들의 범위에 대해 유사한 세기값이 발견될 수 있기 때문에, 상대 위치가 결정될 수 있더라도, 포커스 위치(수직 방향)는 불확실한 채로 유지된다.

[0069] 1 보다 큰, 특히 1.2 보다 큰 개구수를 갖는 투영 시스템을 갖는 리소그래피 시스템들에서, 대상물 마크(GO)의 특성들을 변화시킴으로써 더 좋은 결과들이 얻어질 수 있다는 것을 알게 되었다. 본 발명의 실시예들에서, d라

고도 칭하는 투영 시스템(PS)의 이미지 평면에서의 대상물 마크 에어리얼 이미지의 임계 치수는  $\frac{\lambda}{NA}$  의 0.85 배보다 더 작게 선택되며, 이때  $\lambda$ 는 대상물 마크(GO)를 조명하는데 사용되는 파장을 나타내고, NA는 투영 시스템(PS)의 개구수를 나타낸다.

[0070] 대상물 마크(GO)에 의해 형성된 회절 차수들의 진폭들은 싱크-함수(sinc-function)와 대응한다. 최적 정렬된 위치에서, 에어리얼 이미지 내의 모든 진폭들은 위상차를 갖지 않고 합산(sum)된다.

[0071]  $d > \frac{\lambda}{2NA}$  에 대해 조명 필드 내의 지점에서, 음의 진폭을 갖는 회절 차수들이 투영 시스템의 NA 내에서 발생한다. 그 결과, 상쇄 간섭이 일어나기 시작한다. 앞서 언급된 상쇄 간섭으로 인해, 세기에 있어서 국부적인 최대값들은 최적 정렬된 위치로부터 먼(away from) 에어리얼 이미지 내에 나타나는 한편, 최적 정렬된 위치에서는 국부적인 최소값이 나타날 수 있다. 앞서 언급된 국부적인 최소값이 더 극심해질수록, 최적 정렬된 위치가 결정될 수 있는 방식으로 에어리얼 이미지를 피팅하는 것이 더 어려워진다.

[0072]  $d = \frac{\lambda}{2NA}$  이고 그 미만에서는,  $\sigma = 1$  이더라도 상쇄 간섭이 일어나지 않을 것이다. 그러므로,  $d \leq \frac{\lambda}{2NA}$  에 대해서는 최적 정렬된 위치에서의 에어리얼 이미지 내에 국부적인 최소값이 결코 존재하지 않을 것이다.

[0073]  $\sigma < 1$ 에 대해서, 임계 치수(d)의 앞서 언급된 설명이 여전히 유지되지만,  $\frac{1}{\sigma_{avg}}$  만큼 더 영향을 받으며, 이때  $\sigma_{avg}$ 는 대상물 마크(GO) 상에 떨어지는 광의 평균 각도 분포이다. 다이폴 조명 세팅들에 대한 전형적인  $\sigma_{inner}$ , 즉 대상물 마크(GO) 상에 떨어지는 광의 최소 분포 각도는 0.7이며, 이는 다이폴 조명 세팅들에 대해 0.85의 전형적인  $\sigma_{avg}$ 를 유도한다. 환형 조명 세팅들에 대한 전형적인  $\sigma_{inner}$ 는 0.85인 한편, 환형 조명 세팅들에 대한 전형적인  $\sigma_{outer}$ , 즉 대상물 마크(GO) 상에 떨어지는 광의 최대 분포 각도는 0.97이다. 이는 환형 조명 세팅들에 대해 0.91의 전형적인  $\sigma_{avg}$ 를 유도한다. 앞서 언급된 것들과 다른 값들이 사용될 수 있다는 것을 이해하여야 한다. 예를 들어, 심지어  $\sigma_{inner} = 0.91$ 이고  $\sigma_{outer} = 0.98$ 과 같은 환형 조명 세팅들도 사용된다.

[0074]  $\sigma_{avg} < 1$ 에 대한 경우, 상쇄 간섭이 일어나기 시작하는 d에 대한 값이 더 커진다. 또한, 투과 이미지 검출을 위한 디바이스(TIS)와의 컨볼루션(convolution)으로 인해, 최적 정렬된 위치에서의 에어리얼 이미지 내의 작은 국

부적인 최소값이 보상될 수 있다는 것을 알게 되었다. 결과로서,  $\frac{\lambda}{NA}$  의 0.85 배 미만에서 유용한 결과들이 얻어질 수 있다는 것을 알게 되었다.

[0075] 이미지 평면에서의 대상물 마크의 에어리얼 이미지의 임계 치수(d)는, D라고도 칭하는 마스크(MA) 또는 대안적으로 마스크 테이블(MT) 상의 대상물 마크(GO)의 임계 치수에 대응한다. 임계 치수 D는 사전설정된 측정 방향으로 대상물 마크(GO) 내에 존재하는 최소 치수로서 정의된다. D와 d 간의 차이는 배율 인자(M)에 의해 주어지며, 이는 일반적으로 리소그래피 투영 장치 내에서 약 4 내지 5이다. 따라서, D는  $d \cdot M$ 이다. 그러므로, 대상물 마크가 길이 및 폭을 갖는 1 이상의 직사각형 구조체를 포함하는 경우- 상기 폭은 상기 길이보다 작음 -, 앞서 언급

$$D < 0.85 \left( \frac{\lambda}{NA} \right) \cdot M$$

된 조건은: 이 되고, 이때

- [0076] D는 직사각형 구조체의 폭을 나타내며;
- [0077]  $\lambda$ 는 리소그래피 투영 시스템에서 사용되는 파장을 나타내고;
- [0078] NA는 투영 시스템(PS)의 개구수를 나타내며;
- [0079] M은 리소그래피 투영 시스템에서 사용되는 투영 시스템(PS)의 배율 인자를 나타낸다.
- [0080] 본 발명의 실시예들에서 사용될 수 있는 대상물 마크들(G0)의 전형적인 형태들은 격리된 슬릿(도 6a), 격리된 라인(도 6b) 및 회절 격자(도 6c)를 포함한다.
- $$d = 0.85 \left( \frac{\lambda}{NA} \right)$$
- [0081] 실험들은, 약 까지 현재 사용되는 대상물 마크들(G0)에 대해 얻어진 결과들을 넘는 결과들이 얻어진다고 나타내었다. 전형적으로, 리소그래피 장치 내의 다이폴 조명 세팅들에서, 성능이 약 30 % 증가한다.
- [0082] 본 발명의 실시예들에 따른 d의 앞서 언급된 치수화(dimensioning)는 150 nm 내지 200 nm, 특히 157 nm 내지 193 nm의 파장들의 사용에 특히 적절하다.
- [0083] 본 발명의 실시예들에서 사용될 수 있는 슬릿 패턴들(G1)의 전형적인 형태들은 단일 슬릿(도 7a) 및 회절 격자(도 7b)를 포함한다.
- [0084] 앞서 언급된 바와 같이, 상이한 방위들에 대한 이미지 검출 능력을 얻기 위해 서로 인접한 상이한 대상물 마크들(G0) 및 슬릿 패턴들(G1)을 배치할 수 있다. 일 실시예에서, 제 1 대상물 마크(G0)는 제 1 방향, 예를 들어 X-방향으로 격리된 라인이며, 제 2 대상물 마크(G0)는 제 1 방향에 직교인 제 2 방향, 예를 들어 Y-방향으로 격리된 라인이다. 적절한 슬릿 패턴(G1)을 이용하여, 에어리얼 이미지들이 2 개의 상이한 방향에 대해 얻어질 수 있으며, 즉 대상물 마크(G0)가 제 1 방향 또는 제 2 방향으로 각각 배치되는 경우, 슬릿 패턴(G1)도 제 1 방향 또는 제 2 방향으로 각각 배치된다. 이는 단일 구성으로 상이한 다이폴 조명 방향들, 즉 X-방향으로의 다이폴 및 Y-방향으로의 다이폴에 대한 피트를 가능하게 한다.
- [0085] 투과 이미지 검출을 위한 디바이스(TIS)는 기관(W)의 레벨에 위치될 수 있으며, 특히 슬릿 패턴(G1)이 투영 시스템(PS)의 최종 요소로부터 기관(W)과 실질적으로 동일한 거리에 있도록 위치될 수 있다.
- [0086] 마스크(MA) 또는 대안적으로 마스크 테이블(MT)에 대해 기관(W)을 갖거나 갖지 않는 기관 테이블(WT)을 위치시키는데 투과 이미지 검출을 위한 디바이스(TIS)의 실시예들을 이용하여 얻어진 정보를 사용하기 위해, 도 8에 나타난 컴퓨터 조립체(computer assembly: 100) 내에서 프로세서(101)가 사용될 수 있다는 것을 이해하여야 한다. 컴퓨터 조립체(100)는 본 발명에 따른 조립체의 실시예들에서의 제어 유닛의 형태인 전용 컴퓨터일 수 있으며, 또는 대안적으로 리소그래피 투영 장치를 제어하는 중앙 컴퓨터일 수 있다. 프로세서(101)에 연결된 메모리(105)는 하드 디스크(111), ROM(Read Only Memory: 112), EEPROM(Electrically Erasable Programmable Read Only Memory: 113) 및/또는 RAM(Random Access Memory: 114)와 같은 다수의 메모리 구성요소들을 포함할 수 있다. 앞서 언급된 메모리 구성요소들 모두가 존재해야 하는 것은 아니다. 또한, 앞서 언급된 메모리 구성요소들은 물리적으로 프로세서(101)에, 또는 서로 가까이 있다. 그것들은 멀리 떨어져서 위치될 수 있다.
- [0087] 또한, 프로세서(101)는 어떠한 종류의 사용자 인터페이스, 예를 들어 키보드(115) 또는 마우스(116)에 연결될 수 있다. 또한, 터치-스크린(touch-screen), 트랙-볼(track-ball), 스피치 컨버터(speech converter) 또는 당업자에게 잘 알려져 있는 다른 인터페이스들이 사용될 수도 있다.
- [0088] 프로세서(101)는 판독 유닛(reading unit: 117)에 연결될 수 있으며, 이는 플로피 디스크(118) 또는 CDROM(119)과 같은 데이터 이동 매체로부터 데이터를 판독하고, 몇몇 상황들에서는 데이터 이동 매체 상에 데이터를 저장하도록 배치된다. 또한, DVD 또는 당업자에게 잘 알려져 있는 다른 데이터 이동 매체들이 사용될 수도 있다.
- [0089] 또한, 프로세서(101)는 종이에 출력 데이터를 프린트하는 프린터(120)에 연결될 수 있으며, 및/또는 디스플레이(121), 예를 들어 모니터 또는 LCD(Liquid Crystal Display), 또는 당업자에게 잘 알려져 있는 여하한 다른 형

태의 디스플레이 상에 출력 데이터를 나타내도록 구성될 수 있다.

- [0090] 프로세서(101)는 입력/출력(I/O)을 담당하는 송신기/수신기(123)에 의해 통신 네트워크(122), 예를 들어 PSTN(public switched telephone network), LAN(local area network), WAN(wide area network) 등에 연결될 수 있다. 프로세서(101)는 통신 네트워크(122)를 통해 다른 통신 시스템들과 통신하도록 배치될 수 있다. 본 발명의 일 실시예에서, 통신 네트워크(122)를 통해 외부 컴퓨터들(도시되지 않음), 예를 들어 조작자들의 개인용 컴퓨터들이 프로세서(101)로 로그(log)할 수 있다.
- [0091] 프로세서(101)는 독립 시스템(independent system)으로서, 또는 병렬로 작동하는 다수의 처리 유닛들로서 구현될 수 있으며, 각각의 처리 유닛은 더 큰 프로그램의 서브-작업들을 실행하도록 배치된다. 또한, 처리 유닛들은 수 개의 서브처리 유닛들을 갖는 1 이상의 주 처리 유닛들로 나누어질 수 있다. 프로세서(101)의 몇몇 처리 유닛들은 심지어 다른 처리 유닛들과 멀리 떨어져서 위치될 수도 있으며, 통신 네트워크(122)를 통해 통신한다.
- [0092] 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 것이다. 본 명세서에서 언급되는 기판은 노광 전후에, 예를 들어 트랙(전형적으로, 기판에 레지스트 층을 도포하고 노광된 레지스트를 현상하는 톨), 메트몰로지 톨 및/또는 검사 톨에서 처리될 수 있다. 적용가능하다면, 이러한 기판 처리 톨과 다른 기판 처리 톨에 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.
- [0093] 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)방사선을 포함하는 모든 형태의 전자기 방사선을 포괄한다.
- [0094] 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.
- [0095] 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.
- [0096] 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

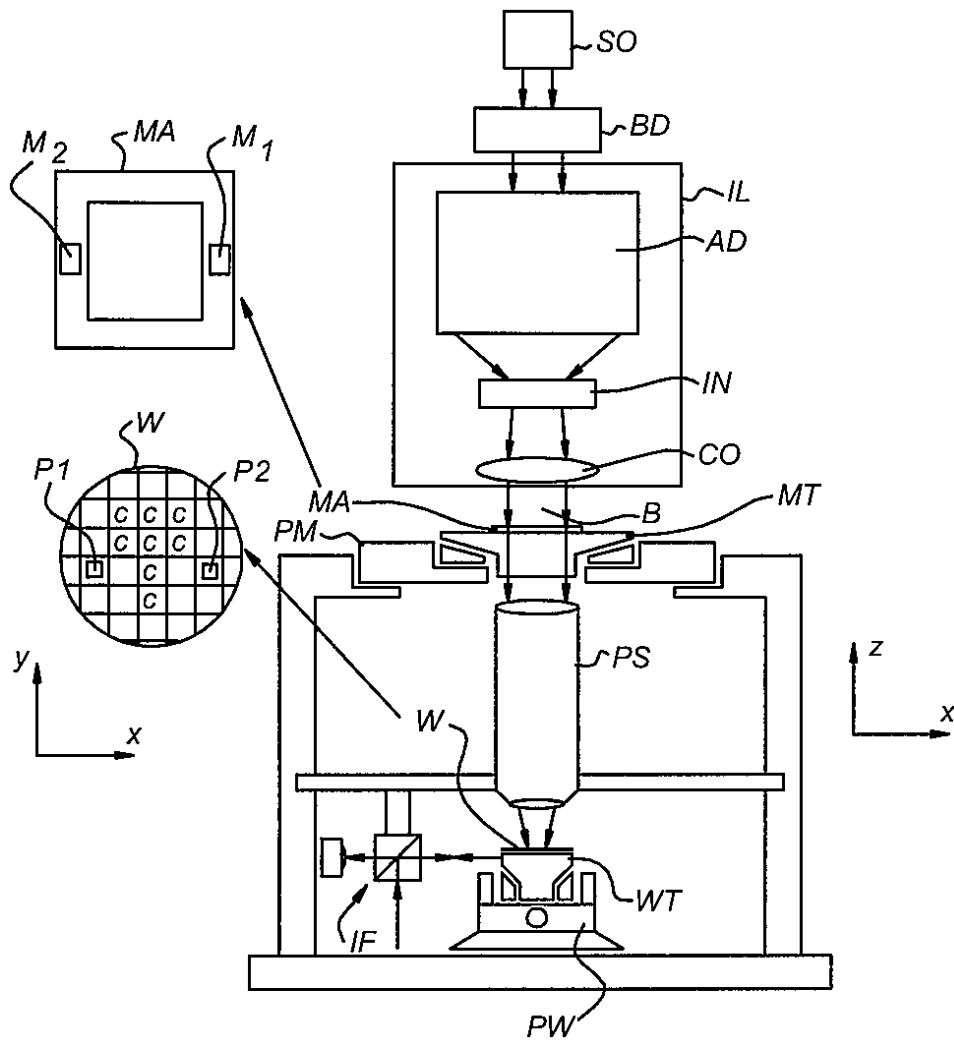
- [0097] 이하 대응하는 참조 부호들이 대응하는 부분들을 나타내는 첨부된 개략적인 도면들을 참조하여, 단지 예시의 방식으로 본 발명의 실시예들을 설명할 것이다:
- [0098] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 리소그래피 장치를 도시하는 도면;
- [0099] 도 2는 도 1의 리소그래피 장치 내에 도시된 기판 테이블의 일 구성을 개략적으로 도시하는 도면;
- [0100] 도 3은 투과 이미지 검출을 위한 디바이스를 개략적으로 도시하는 도면;
- [0101] 도 4a 및 도 4b는 도 3의 투과 이미지 검출을 위한 디바이스에 의해 검출된 에어리얼 이미지의 예시적인 세기 분포를 각각 윤곽 플롯(contour plot) 및 3D 플롯으로 도시하는 도면;
- [0102] 도 5a, 도 5b 및 도 5c는 도 3의 투과 이미지 검출을 위한 디바이스에 의해 검출된 에어리얼 이미지의 예시적인 모델링된 세기 분포들을 도시하는 도면;
- [0103] 도 6a, 도 6b 및 도 6c는 본 발명의 제 1, 제 2 및 제 3 실시예들에 따른 투과 이미지 검출을 위한 디바이스에 의해 사용될 수 있는 대상물 마크들을 각각 개략적으로 도시하는 도면;
- [0104] 도 7a 및 도 7b는 본 발명의 실시예들에 따른 투과 이미지 검출을 위한 디바이스에서 사용하는 슬릿 패턴들을

개략적으로 도시하는 도면; 및

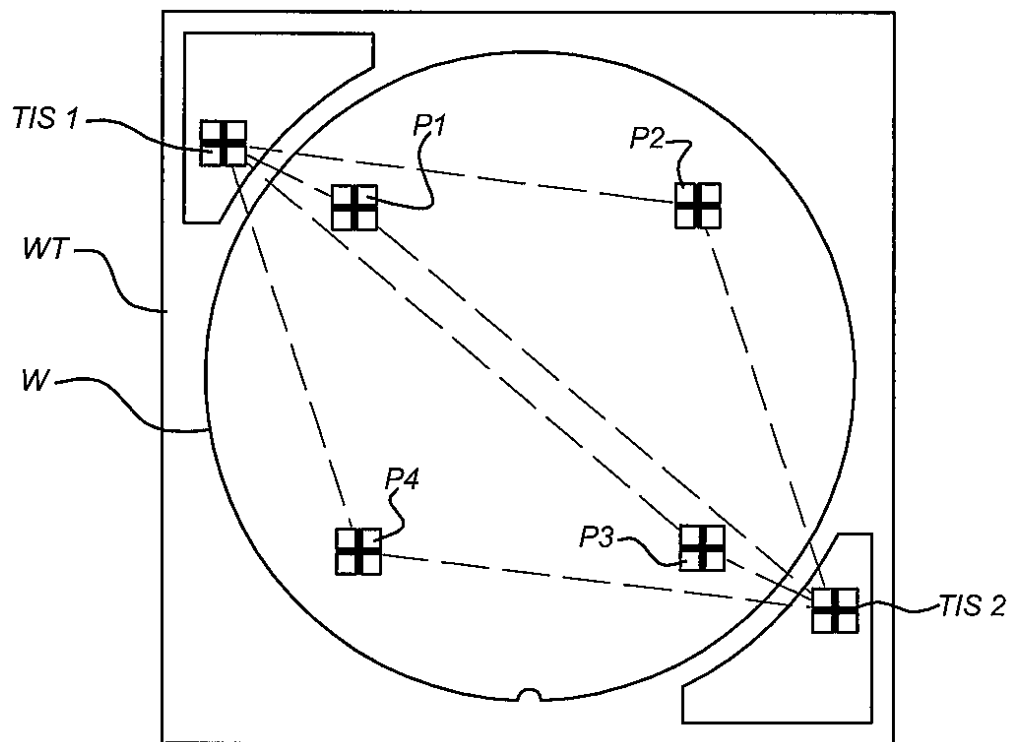
[0105] 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 조립체에 의해 사용될 수 있는 컴퓨터 조립체의 일 실시예를 나타내는 도면이다.

도면

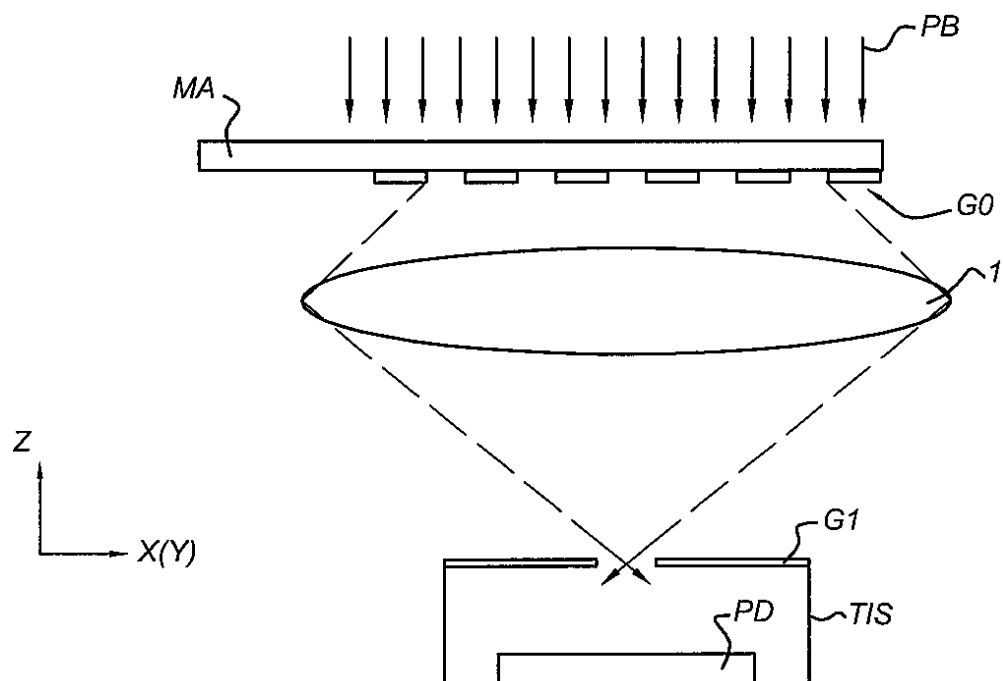
도면1



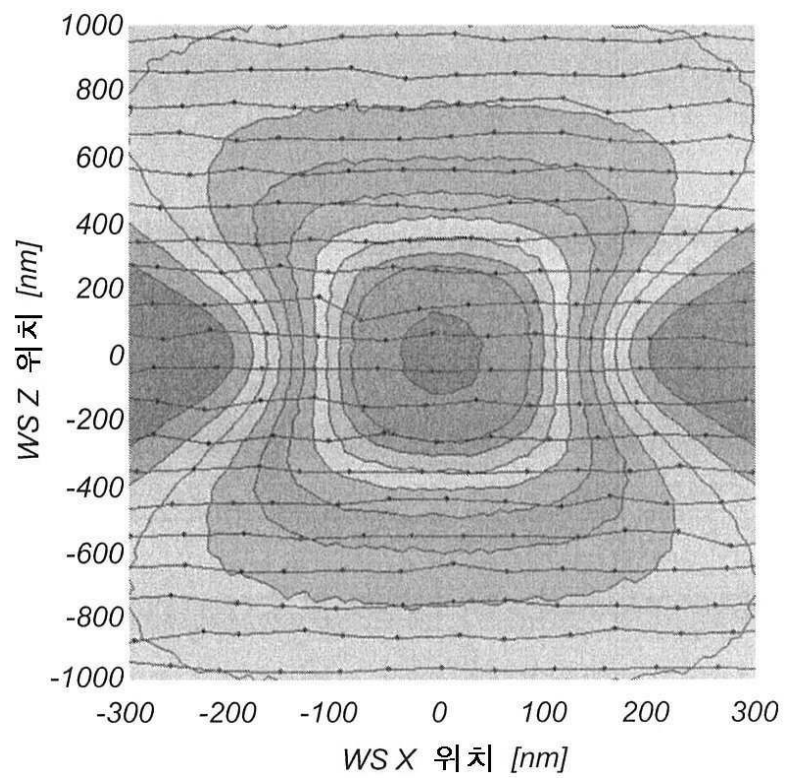
도면2



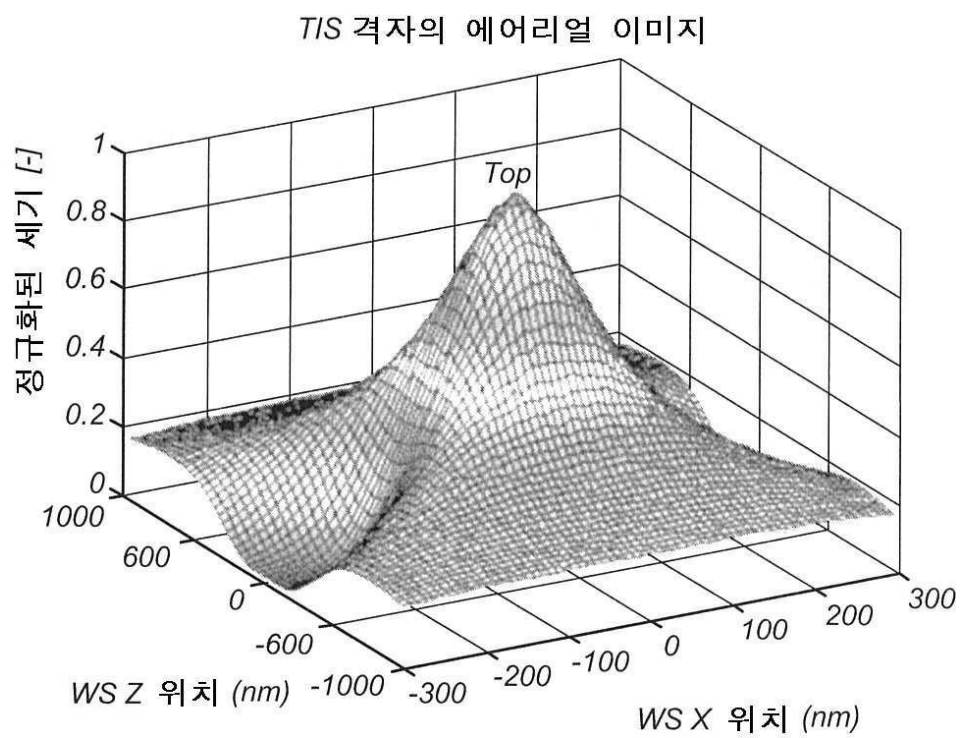
도면3



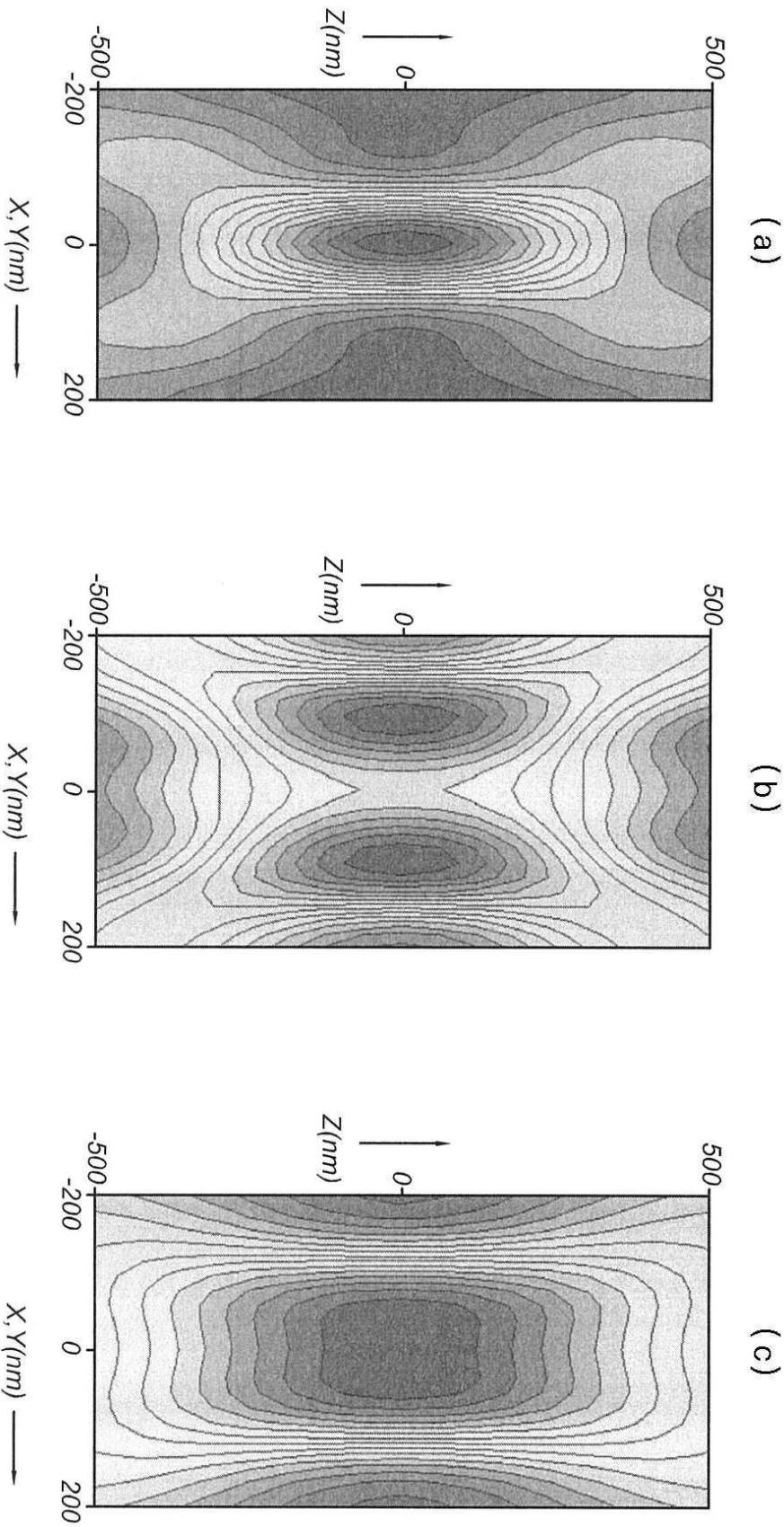
도면4a



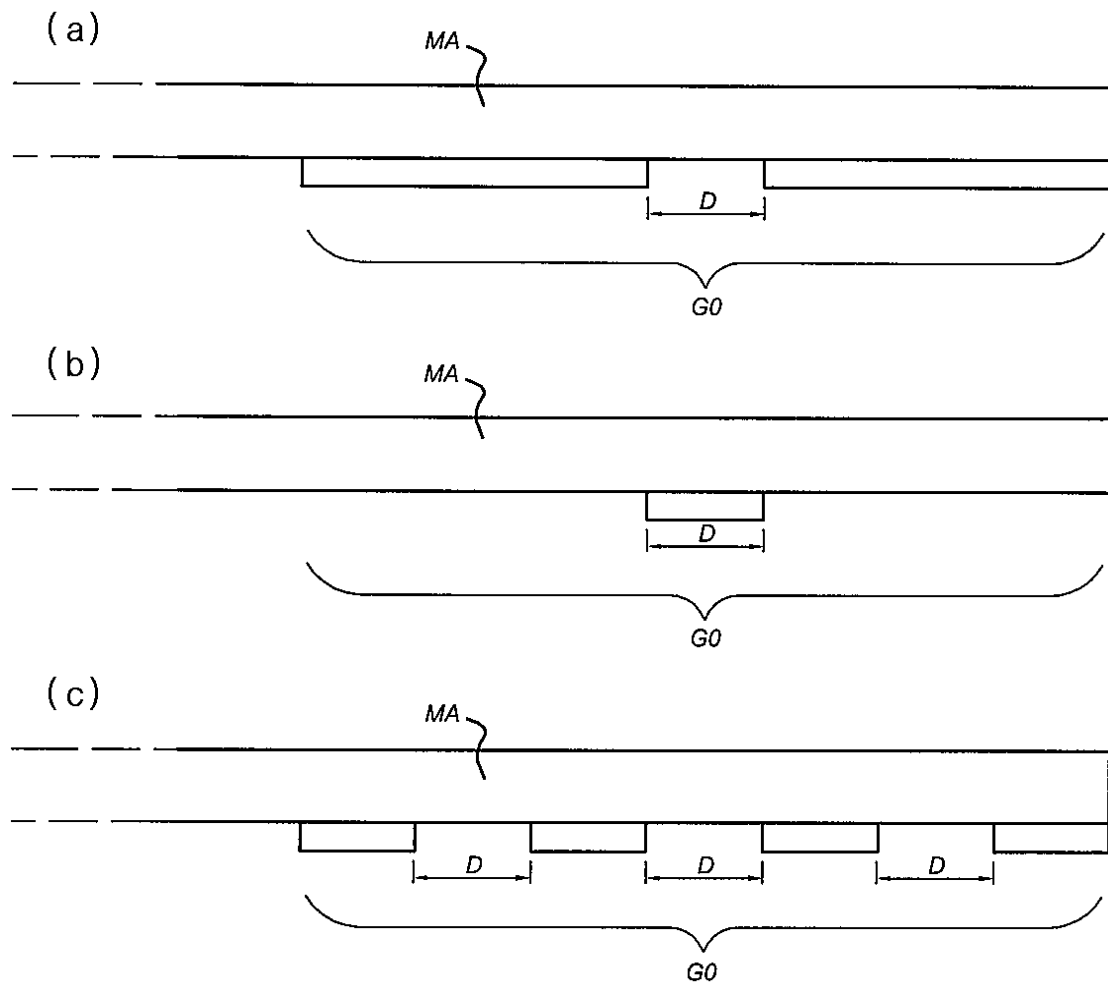
도면4b



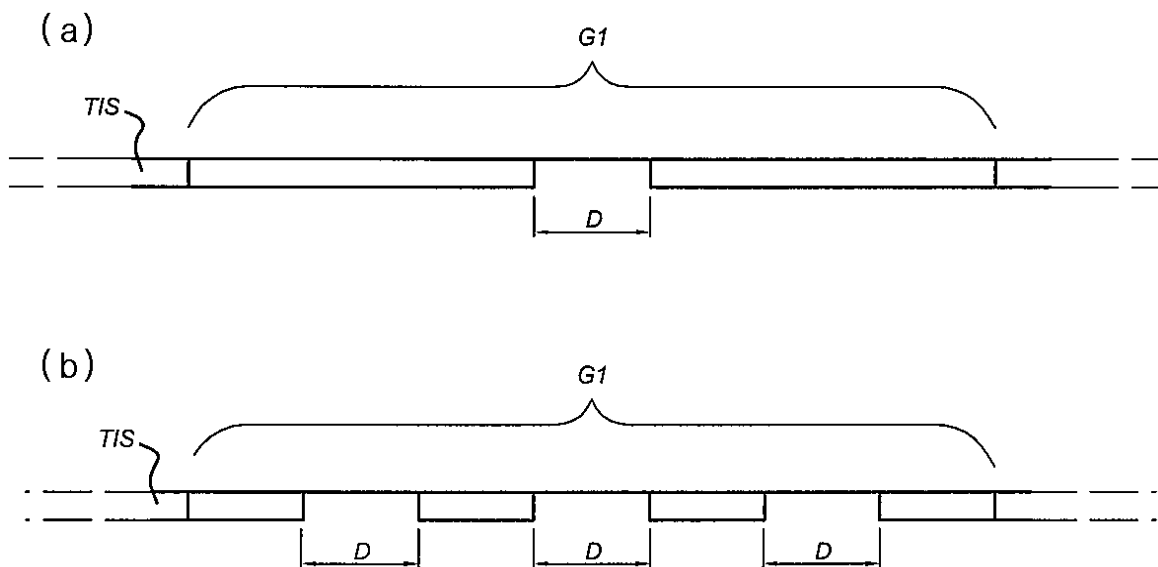
도면5



도면6



도면7



도면8

