



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2019-0114044  
(43) 공개일자 2019년10월08일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
G03F 7/20 (2006.01) G01N 21/956 (2006.01)  
H01L 21/027 (2006.01)
- (52) CPC특허분류  
G03F 7/70633 (2013.01)  
G01N 21/95607 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2019-7028810(분할)
- (22) 출원일자(국제) 2008년12월09일  
심사청구일자 없음
- (62) 원출원 특허 10-2019-7007314  
원출원일자(국제) 2008년12월09일  
심사청구일자 2019년04월09일
- (85) 번역문제출일자 2019년10월01일
- (86) 국제출원번호 PCT/NL2008/050785
- (87) 국제공개번호 WO 2009/078708  
국제공개일자 2009년06월25일
- (30) 우선권주장  
61/006,073 2007년12월17일 미국(US)

- (71) 출원인  
에이에스엠엘 네델란즈 비.브이.  
네덜란드 5500 아하 벨트호벤 피.오.박스 324
- (72) 발명자  
덴 보에프, 아리에 예프레이  
네덜란드 엔엘-5581 엔아 발레 아이켄란 18
- (74) 대리인  
특허법인(유)화우

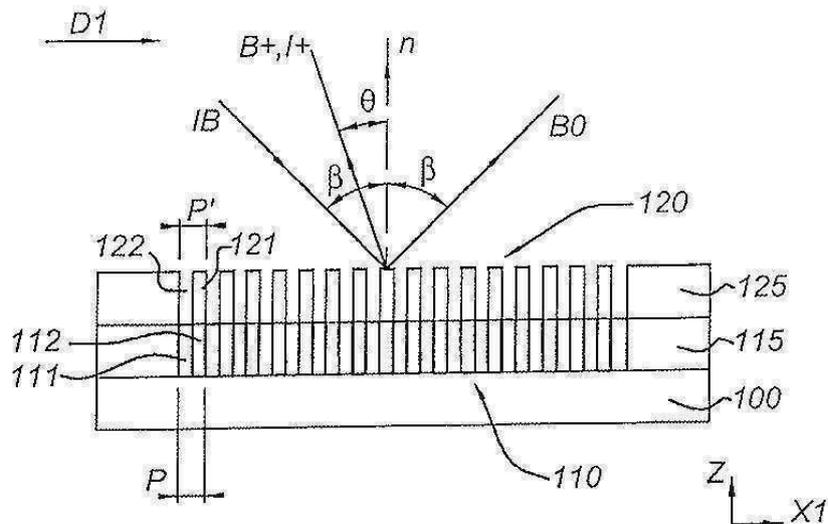
전체 청구항 수 : 총 1 항

(54) 발명의 명칭 회절 기반 오버레이 메트롤로지 툴 및 방법

(57) 요약

기판(100) 상의 제 1 격자(110)와 제 2 격자(120) 간의 오버레이 오차를 결정하는 방법이 제공되며, 상기 제 2 격자(120)는 상기 제 1 격자(110)의 최상부 상에 있고, 상기 제 2 격자(120)는 상기 제 1 격자(110)와 실질적으로 동일한 피치(P1)를 가지고, 상기 제 2 격자 및 상기 제 1 격자는 복합 격자(110, 120)를 형성하며, 상기 방법은, 상기 복합 격자(110, 120)를 상기 기판의 표면을 따르는 제 1 수평 방향(D1)을 따라 소정의 입사 각( $\beta$ )으로 조명하는 제 1 조명 빔(IB)을 제공하는 단계; 상기 복합 격자(110, 120)로부터 고차 회절 빔의 제 1 세기( $i+$ )를 측정하는 단계; 상기 복합 격자(110, 120)를 상기 기판의 표면을 따르는 제 2 수평 방향(D2)을 따라 소정의 입사 각( $-\beta$ )으로 조명하는 제 2 조명 빔을 제공하는 단계 - 제 2 수평 방향(D2)은 제 1 수평 방향(D1)과 대향됨 -; 및 상기 복합 격자(110, 120)로부터 고차 회절 빔의 제 2 세기( $i-$ )를 측정하는 단계를 포함한다.

대표도 - 도2a



(52) CPC특허분류

*G03F 7/20* (2013.01)

*G03F 7/7015* (2013.01)

*H01L 21/0274* (2013.01)

---

**명세서**

**청구범위**

**청구항 1**

기판의 표면 상의 제 1 패턴과 상기 제 1 패턴 상에 중첩되는(superimposed) 제 2 패턴 간의 오버레이 오차(overlay error)를 결정하기 위한 방법에 있어서,

상기 제 1 패턴은 제 1 격자를 포함하고, 상기 제 2 패턴은 상기 제 1 격자 위의 제 2 격자를 포함하며, 상기 제 2 격자는 상기 제 1 격자와 동일한 피치(pitch)를 갖고, 상기 제 2 격자 및 상기 제 1 격자는 복합 격자(composite grating)를 형성하며,

상기 방법은,

적어도 상기 복합 격자를 입사 각으로 조명하기 위한 제 1 조명 빔을 제공하는 단계 - 상기 제 1 조명 빔은 상기 기판의 표면을 따르는 제 1 수평 방향을 따르는 성분을 갖는 방향을 따라 전파되고, 상기 기판은 고정된 위치에 있음 -;

상기 복합 격자로부터 고차 회절 빔의 제 1 세기를 측정하는 단계;

적어도 상기 복합 격자를 상기 입사 각으로 조명하기 위한 제 2 조명 빔을 제공하는 단계 - 상기 제 2 조명 빔은 상기 기판의 표면을 따르는 제 2 수평 방향을 따르는 성분을 갖고, 상기 제 2 수평 방향은 상기 제 1 수평 방향과 반대되며, 상기 기판은 고정된 위치에 있음 - ;

상기 복합 격자로부터 고차 회절 빔의 제 2 세기를 측정하는 단계;

상기 제 1 조명 빔을 제공할 때, 전체 회절 차수의 빔들 중에서 상기 고차 회절 빔을 통과시키는 단계; 및

상기 제 2 조명 빔을 제공할 때, 전체 회절 차수의 빔들 중에서 상기 고차 회절 빔을 통과시키는 단계를 포함하는 오버레이 오차 결정 방법.

**발명의 설명**

**기술분야**

[0001] 관련 출원들에 대한 인용

[0002] 본 출원은 2007년 12월 17일에 출원되었고 본 명세서에 전문이 인용 참조되는 미국 가출원 61/006,073의 우선권을 주장한다.

[0003] 본 발명은 회절 기반 오버레이 메트롤로지 툴(diffraction based overlay metrology tool) 및 회절 기반 오버레이 메트롤로지의 방법에 관한 것이다.

**배경기술**

[0004] 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 생성하는데 사용될 수 있다. 이 패턴은 기판(예컨대, 실리콘 웨이퍼) 상의 (예를 들어, 1 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. 알려진 리소그래피 장치는, 한번에 타겟부 상으로 전체 패턴을 노광함으로써 각각의 타겟부가 조사(irradiate)되는 소위 스테퍼, 및 방사선 빔을 통해 주어진 방향("스캐닝"-방향)으로 패턴을 스캐닝하는 한편, 이 방향과 평행한 방향(같은 방향으로 평행한 방향) 또는 역-평행한 방향(반대 방향으로 평행한 방향)으로 기판을 동기적으로 스캐닝함으로써 각각의 타겟부가 조사되는 소위 스캐너를 포함한다. 또한, 기판 상에 패턴을 임프린트(imprint)함으로써, 패턴링 디바이스에서 기판으로 패턴을 전사할 수도 있다.

- [0005] 리소그래피 프로세싱 동안, 기관 상의 연속하는 층들에서의 패턴들의 배치는 기관 상에서의 디바이스 피쳐들의 정확한 형성(definition)을 위해 가능한 한 정밀하게 이루어져야 하며, 상기 피쳐들 모두는 규정된 공차 내의 크기를 가져야 한다. 오버레이 오차(즉, 연속하는 층들 간의 부정합)는 기능적인 디바이스들을 생성하기 위해 잘-형성된 공차들 내에 있어야 한다.
- [0006] 이를 위하여, 패턴 최상부 상의 레지스트 층에 정의된 바와 같은 마스크 패턴과 기관 상의 패턴의 오버레이 오차를 결정하기 위해 오버레이 측정 모듈이 일반적으로 이용된다.
- [0007] 오버레이 측정 모듈은 통상적으로 광학기를 이용한 측정을 수행한다. 기관 상 패턴의 위치에 대한 레지스트 층 내의 마스크 패턴의 위치는 광 소스에 의하여 조명되는 광학 마커들로부터의 광학적 응답을 측정함으로써 결정된다. 광학 마커에 의하여 발생하는 신호는 센서 장치에 의하여 측정된다. 센서들의 출력을 이용하면 오버레이 오차가 유도될 수 있다. 통상적으로, 오버레이 오차가 측정되는 패턴들은 타겟부들 사이의 스크라이브 라인(scribe lane) 내에 배치된다.
- [0008] 오버레이 메트롤로지에 대한 2 가지 기본 개념이 알려져 있다.
- [0009] 첫 번째 개념은 이미지에 기반한 오버레이 오차의 측정에 관한 것이다. 기관 상의 패턴 이미지의 위치는 레지스트 층 내의 마스크 패턴의 위치와 비교된다. 이 비교로부터 오버레이 오차가 결정된다. 오버레이 오차 측정을 위한 예시적 구조체로는, 외측 박스의 위치에 대해 외측 박스 내의 내측 박스의 위치가 측정되는 소위 박스-인-박스 구조체(box-in-box structure)가 있다.
- [0010] 이미지 기반 오버레이 오차 측정은 진동에 민감하며 측정 동안의 포커스의 질에도 민감할 수 있다. 이러한 이유로, 이미지 기반 오버레이 오차 측정은 트랙 시스템 내에서와 같이 진동이 발생하는 환경에서는 정확도가 떨어진다. 또한, 이미지 기반 오버레이 오차 측정은 광학기의 수차에도 영향을 받기 쉬우며, 이는 측정의 정확도를 더욱 떨어뜨릴 수 있다.
- [0011] 두 번째 개념은 회절에 기반한 오버레이 오차의 측정에 관한 것이다. 기관 상의 패턴 층에는 제 1 격자가 배치되며, 레지스트 층에는 제 1 격자와 실질적으로 동일한 피치를 갖는 제 2 격자가 배치된다. 제 2 격자는 대체로 제 1 격자의 최상부 상에 배치된다. 서로 포개지는 제 1 격자와 제 2 격자에 의하여 생성되는 회절 패턴의 세기를 측정함으로써, 오버레이 오차에 대한 측정치가 얻어질 수 있다. 제 1 격자와 제 2 격자 사이에 몇몇 오버레이 오차가 존재하는 경우, 이는 회절 패턴으로부터 검출가능하다.
- [0012] 회절 기반 오버레이 오차 측정에서는, 제 1 격자와 제 2 격자 주위의 인접한 영역들로부터 반사되는 광이 회절 패턴의 세기 수위에 간섭을 일으키기 때문에 단지 제 1 격자와 제 2 격자만 조명될 수 있다. 하지만, 다이 내의 (그리고 반드시 스크라이브 라인 내에 있을 필요는 없는) 임계(critical) 구조체들 가까이에서 오버레이 오차를 측정하려는 경향이 나타나고 있다. 또한, 회로를 위한 보다 큰 가용 면적을 갖도록 하기 위해 격자들의 크기를 줄이고자 하는 요구가 존재한다. 격자 외측 영역의 조명을 피하기 위하여 제 1 격자와 제 2 격자 상에 입사되는 조명 빔의 단면을 축소시킴으로써 이러한 요구들이 어느 정도까지는 수용될 수 있다. 하지만, 조명 빔의 최소 단면은 기본적으로 물리법칙들(law of physics)에 의하여 제한(즉, 회절로 인해 제한)된다. 이후, 빔의 회절이 발생하는 단면의 크기는 회절 한계(diffraction limit)로 지칭될 것이다.

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

- [0013] 본 발명의 목적은 개선된 회절 기반 오버레이 오차 측정 시스템 및 방법을 제공하는 것이다.

**과제의 해결 수단**

- [0014] 본 발명의 일 실시형태에 따르면, 기관 표면 상의 제 1 패턴과 상기 제 1 패턴 상에 포개지는 제 2 패턴 간의 오버레이 오차를 결정하기 위한 방법이 제공되며, 상기 기관은 상기 제 1 패턴 내의 제 1 격자 및 상기 제 1 격자의 최상부 상의 제 1 격자를 포함하고, 상기 제 2 격자는 상기 제 1 격자와 실질적으로 동일한 피치를 가지고, 상기 제 2 격자 및 상기 제 1 격자는 제 1 복합 격자를 형성하며, 상기 방법은: 적어도 상기 제 1 복합 격자를, 상기 기관 - 상기 기관은 고정된 위치에 있음 - 의 표면을 따르는 제 1 수평 방향을 적어도 소정의 입사 각으로 조명하는 제 1 조명 빔을 제공하는 단계, 상기 제 1 복합 격자로부터 1차 회절 빔(first order diffracted beam)의 제 1 세기를 측정하는 단계; 적어도 상기 제 1 복합 격자를, 상기 기관의 표면을 따르는 제 2 수평 방향을 따라 소정의 입사 각으로 조명하는 제 2 조명 빔을 제공하는 단계 - 상기 제 2 수평 방향은 상기

제 1 수평 방향과 대향되며, 상기 기관은 고정된 위치에 있음 - , 및 상기 제 1 복합 격자로부터 -1차 회절 빔의 제 2 세기를 측정하는 단계를 포함한다.

- [0015] 본 발명의 일 실시형태에 따르면, 상기 방법은 상기 제 1 세기와 상기 제 2 세기 간의 세기 차를 결정하는 단계를 더 포함하며, 상기 세기 차는 상기 제 1 격자와 상기 제 2 격자 간의 오버레이 오차에 비례한다.
- [0016] 본 발명의 일 실시형태에 따르면, 상기 제 1 조명 빔 및 상기 제 2 조명 빔은 공통 조명 빔의 부분들이다.
- [0017] 본 발명의 일 실시형태에 따르면, 상기 공통 조명 빔은 환형 단면을 갖는다.
- [0018] 본 발명의 일 실시형태에 따르면, 상기 입사 각은 상기 기관의 표면에 대해 둔각이며, 상기 표면의 법선에 대한 1차 및 -1차 회절 빔의 회절 각은 입사 각보다 작다.
- [0019] 본 발명의 일 실시형태에 따르면, 상기 입사 각은 상기 기관의 표면에 대해 실질적으로 수직하고, 상기 방법은 상기 제 1 조명 빔을 상기 제 2 조명 빔으로서 이용하는 단계를 포함하며, 상기 제 1 복합 격자로부터 1차 회절 빔의 제 1 세기를 측정하는 단계 및 상기 제 1 복합 격자로부터 -1차 회절 빔의 제 2 세기를 측정하는 단계는 상기 제 1 조명 빔을 제공하는 동안 연속적으로 수행된다.
- [0020] 본 발명의 일 실시형태에 따르면, 상기 방법은: 상기 제 1 조명 빔을 제공하는 경우 1차 회절 차수가 아닌 회절 차수의 빔들을 차단하는 단계; 및 상기 제 2 조명 빔을 제공하는 경우 -1차 회절 차수가 아닌 회절 차수의 빔들을 차단하는 단계를 포함한다.
- [0021] 본 발명의 일 실시형태에 따르면, 복합 격자로부터 1차 회절 빔의 제 1 세기를 측정하는 단계는: 패턴 인식(pattern recognition)에 의하여 1차 회절 빔에 의해서만 얻어지는 복합 격자의 이미지를 검출하는 단계를 포함하고, 상기 복합 격자로부터 -1차 회절 빔에 의해서만 얻어지는 상기 복합 격자의 제 2 세기를 측정하는 단계는; 패턴 인식에 의하여 상기 -1차 회절 빔에 의해서만 얻어지는 상기 복합 격자의 이미지를 검출하는 단계를 포함한다.
- [0022] 본 발명의 일 실시형태에 따르면, 상기 방법은 상기 기관 상에 제 2 복합 격자를 제공하는 단계 - 상기 제 2 복합 격자는 상기 제 1 패턴 내의 제 3 격자 및 상기 제 3 격자의 최상부 상의 제 4 격자에 의하여 형성되고, 상기 제 3 격자 및 상기 제 4 격자는 상기 제 1 격자 및 상기 제 2 격자와 실질적으로 동일한 피치를 가지고, 상기 제 1 복합 격자는 격자 방향을 따르는 시프트 방향으로 제 1 시프트를 가지고 바이어싱되고(biased) 상기 제 2 복합 격자는 상기 격자 방향을 따르는 상기 시프트 방향으로 제 2 시프트를 가지고 바이어싱되며, 상기 제 1 시프트는 상기 제 2 시프트와는 상이함 - ; 상기 제 2 복합 격자를, 상기 기관 - 상기 기관은 고정된 위치에 있음 - 의 표면을 따르는 제 1 수평 방향을 따라 소정의 입사 각으로 조명하는 제 1 조명 빔을 제공하고, 상기 제 2 복합 격자로부터 1차 회절 빔의 제 1 세기를 측정하는 단계; 및 상기 제 2 복합 격자를, 상기 기관의 표면을 따르는 제 2 수평 방향을 따라 상기 입사 각으로 조명하는 제 2 조명 빔을 제공하고, 상기 제 2 복합 격자로부터 -1차 회절 빔의 제 2 세기를 측정하는 단계를 포함한다.
- [0023] 본 발명의 일 실시형태에 따르면, 기관의 표면 상의 제 1 패턴과 상기 제 1 패턴 상에 포개지는 제 2 패턴 간의 오버레이 오차를 결정하도록 구성되는 검출시스템이 제공되며, 상기 검출시스템은, 조명 소스, 복수의 렌즈, 어퍼처 스톱(aperture stop) 및 이미지 검출기를 포함하며, 상기 복수의 렌즈는 기관을 유지하기 위한 상기 기관의 위치와 상기 이미지 검출기 사이의 광학 경로를 따라 배치되며; 상기 기관은 상기 제 1 패턴 내의 제 1 격자 및 상기 제 1 격자의 최상부 상의 제 2 격자를 포함하고, 상기 제 2 격자는 상기 제 1 격자와 동일한 피치를 가지며, 상기 제 2 격자 및 상기 제 1 격자는 복합 격자를 형성하며; 상기 조명 소스는 상기 복합 격자를, 상기 기관의 표면을 따르는 제 1 수평 방향을 따라 소정의 입사 각으로 조명하는 제 1 조명 빔을 형성하도록 구성되고, 상기 기관은 상기 기관 위치에 있으며; 상기 이미지 검출기는 상기 복합 격자로부터 1차 회절 빔을 수용하도록 구성되며; 상기 조명 소스는 기관의 복합 격자를, 상기 기관의 표면을 따르는 제 2 수평 방향을 따라 소정의 입사 각으로 조명하는 제 2 조명 빔을 형성하도록 구성되고, 상기 제 2 수평 방향은 상기 제 1 수평 방향과 대향되고, 상기 기관은 상기 기관 위치에 있으며, 상기 이미지 검출기는 상기 복합 격자로부터 -1차 회절 빔을 수용하도록 구성된다.
- [0024] 본 발명의 일 실시형태에 따르면, 상술된 바와 같이 기관의 표면 상의 제 1 패턴과 상기 제 1 패턴 상에 포개지는 제 2 패턴 간의 오버레이 오차를 결정하기 위한 검출시스템을 포함하는 리소그래피 장치가 제공된다.

**도면의 간단한 설명**

- [0025] 이하, 대응되는 참조 부호들이 대응되는 부분들을 나타내는 개략적인 첨부 도면을 참조하여 본 발명의 실시예들이 단지 예시의 방법으로 설명될 것이다.
- 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 리소그래피 장치를 나타낸 도;
- 도 2a, 2b, 2c는 일 실시예에 따른 회절을 토대로 한 오버레이 오차 메트롤로지를 예시한 도;
- 도 3a, 3b는 각각 제 1 측정과 제 2 측정 동안의 본 발명의 일 실시예에 따른 회절 기반 오버레이 오차 검출 시스템을 나타낸 도;
- 도 4a는 오버레이 오차의 함수로서 -1차 회절 빔 및 1차 회절 빔의 세기의 예시적 측정치들을 예시한 도;
- 도 4b는 오버레이 오차의 함수로서 -1차 회절 빔과 1차 회절 빔 간의 세기의 차이를 예시한 도;
- 도 5는 본 발명에 따라 결정된 회절 기반 오버레이 오차와 이미지 기반 오버레이 오차 간의 상관관계를 나타낸 도이다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

- [0026] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 리소그래피 장치를 개략적으로 도시한다. 상기 장치는, 방사선 빔(B)(예를 들어, UV 방사선 또는 EUV 방사선)을 컨디셔닝(condition)하도록 구성된 조명 시스템(일루미네이터)(IL); 패터닝 디바이스(예를 들어, 마스크)(MA)를 지지하도록 구성되고, 소정 파라미터들에 따라 패터닝 디바이스를 정확히 위치시키도록 구성된 제 1 위치설정기(PM)에 연결된 패터닝 디바이스 지지체 또는 지지 구조체(예를 들어, 마스크 테이블)(MT); 기판(예를 들어, 레지스트-코팅된 웨이퍼)(W)을 유지하도록 구성되고, 소정 파라미터들에 따라 기판(W)을 정확히 위치시키도록 구성된 제 2 위치설정기(PW)에 연결된 기판 테이블(예를 들어, 웨이퍼 테이블)(WT); 및 기판(W)의 (예를 들어, 1 이상의 다이들 포함하는) 타겟부(C) 상으로 패터닝 디바이스(MA)에 의해 방사선 빔(B)에 부여된 패턴을 투영하도록 구성된 투영 시스템(예를 들어, 굴절 투영 렌즈 시스템)(PS)을 포함한다.
- [0027] 조명 시스템(IL)은 방사선을 지향, 성형, 또는 제어하기 위하여, 굴절, 반사, 자기, 전자기, 정전기 또는 다른 타입의 광학 구성요소들, 또는 여하한 그 조합과 같은 다양한 타입의 광학 구성요소들을 포함할 수 있다.
- [0028] 패터닝 디바이스 지지체 또는 지지 구조체는 패터닝 디바이스를 패터닝 디바이스의 방위, 리소그래피 장치의 디자인, 및 예를 들어 패터닝 디바이스가 진공 환경에서 유지되는지의 여부와 같은 다른 조건들에 의존하는 방식으로 패터닝 디바이스(MA)를 유지한다. 패터닝 디바이스 지지체 또는 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.
- [0029] 본 명세서에서 사용되는 "패터닝 디바이스"라는 용어는, 기판의 타겟부에 패턴을 생성하기 위해서, 방사선 빔의 단면에 패턴을 부여하는데 사용될 수 있는 여하한 디바이스를 언급하는 것으로 폭넓게 해석되어야 한다. 방사선 빔에 부여된 패턴은, 예를 들어 상기 패턴이 위상-시프팅 피쳐(phase-shifting feature)들 또는 소위 어시스트 피쳐(assist feature)들을 포함하는 경우, 기판의 타겟부 내의 원하는 패턴과 정확히 일치하지 않을 수도 있다는 데 유의하여야 한다. 일반적으로, 방사선 빔에 부여된 패턴은 집적 회로와 같이 타겟부에 생성될 디바이스 내의 특정 기능 층에 해당할 것이다.
- [0030] 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 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.
- [0031] 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 그들의 여하한 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.

- [0032] 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.
- [0033] 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.
- [0034] 또한, 리소그래피 장치는 투영 시스템과 기관 사이의 공간을 채우기 위해서, 기관의 전체 또는 일부분이 비교적 높은 굴절률을 갖는 액체, 예컨대 물로 덮일 수 있는 형태로도 구성될 수 있다. 또한, 침지 액체는 리소그래피 장치 내의 다른 공간들, 예를 들어 패터닝 디바이스(예를 들어, 마스크)와 투영 시스템 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 시스템과 기관 사이에 놓이기만 하면 된다는 것을 의미한다.
- [0035] 도 1을 참조하면, 일루미네이터(IL)는 방사선 소스(SO)로부터 방사선 빔을 수용한다. 예를 들어, 상기 소스가 엑시머 레이저(excimer laser)인 경우, 상기 소스(SO) 및 리소그래피 장치는 별도의 개체일 수 있다. 이러한 경우, 상기 소스는 리소그래피 장치의 일부분을 형성하는 것으로 간주되지 않으며, 상기 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 상기 소스가 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 시스템이라고도 칭해질 수 있다.
- [0036] 상기 일루미네이터(IL)는 방사선 빔의 각 세기 분포를 조정하는 조정기(AD)를 포함할 수 있다. 일반적으로, 일루미네이터(IL)의 필드 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 같은 다양한 다른 구성요소들을 포함할 수도 있다. 일루미네이터는 방사선 빔의 단면이 원하는 균일성(uniformity) 및 세기 분포를 갖도록 하기 위해, 방사선 빔을 컨디셔닝하는데 사용될 수 있다.
- [0037] 상기 방사선 빔(B)은 패터닝 디바이스 지지체 또는 지지 구조체(예를 들어, 마스크 테이블)(MT) 상에 유지되어 있는 패터닝 디바이스(예를 들어, 마스크)(MA) 상에 입사되며, 패터닝 디바이스(MA)에 의해 패터닝된다. 상기 패터닝 디바이스(예를 들어, 마스크)를 가로지른 상기 방사선 빔(B)은 투영 시스템(PS)을 통과하며, 상기 투영 시스템(PS)은 기관(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, 기관 테이블(WT)은 예를 들어 방사선 빔(B)의 경로 내에 상이한 타겟부(C)들을 위치시키도록 정확하게 이동될 수 있다. 이와 유사하게, 제 1 위치설정기(PM) 및 (도 1에 명확히 도시되지 않은) 또 다른 위치 센서는, 예를 들어 마스크 라이브러리(mask library)로부터의 기계적인 회수 후에, 또는 스캔하는 동안, 방사선 빔(B)의 경로에 대해 패터닝 디바이스(예를 들어, 마스크)(MA)를 정확히 위치시키는데 사용될 수 있다. 일반적으로, 패터닝 디바이스 지지체(예를 들어, 마스크 테이블)(MT)의 이동은 장-행정 모듈(long-stroke module: 개략 위치설정) 및 단-행정 모듈(short-stroke module: 미세 위치설정)의 도움으로 실현될 수 있으며, 이는 제 1 위치설정기(PM)의 일부분을 형성한다. 이와 유사하게, 기관 테이블(WT)의 이동은 장-행정 모듈 및 단-행정 모듈을 이용하여 실현될 수 있으며, 이는 제 2 위치설정기(PW)의 일부분을 형성한다. (스캐너와는 대조적으로) 스테퍼의 경우, 패터닝 디바이스 지지체(예를 들어, 마스크 테이블)(MT)는 단-행정 액추에이터에만 연결되거나 고정될 수 있다. 패터닝 디바이스(예를 들어, 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 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, 패터닝 디바이스(예를 들어, 마스크)(MA) 상에 1 이상의 다이가 제공되는 상황들에서, 마스크 정렬 마크들은 다이들 사이에 위치될 수 있다.
- [0038] 도시된 장치는 다음 모드들 중 적어도 1 이상에서 사용될 수 있다:
- [0039] 1. 스텝 모드에서, 패터닝 디바이스 지지체(예를 들어, 마스크 테이블)(MT) 및 기관 테이블(WT)은 기본적으로 정지 상태로 유지되는 한편, 방사선 빔에 부여된 전체 패턴은 한번에 타겟부(C) 상에 투영된다[즉, 단일 정적

노광(single static exposure)]. 그 후, 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.

- [0040] 2. 스캔 모드에서, 패터닝 디바이스 지지체(예를 들어, 마스크 테이블)(MT) 및 기판 테이블(WT)은 방사선 빔(B)에 부여된 패턴이 타겟부(C) 상에 투영되는 동안에 동기적으로 스캐닝된다[즉, 단일 동적 노광(single dynamic exposure)]. 지지 구조체(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 타겟부(C)의 (스캐닝 되지 않는 방향으로의) 폭을 제한하는 반면, 스캐닝 동작의 길이는 타겟부(C)의 (스캐닝 방향으로의) 높이를 결정한다.
- [0041] 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 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.
- [0042] 또한, 상술된 사용 모드들의 조합 및/또는 변형, 또는 완전히 다른 사용 모드들이 채택될 수도 있다.
- [0043] 도 2a, 2b, 2c는 일 실시예에 따른 회절 오버레이 메트롤로지에 사용될 수 있는 2 개의 오버래핑 격자들과 조명 빔 간의 상호작용을 예시하고 있다.
- [0044] 도 2a에는, 제로 오버레이 오차를 나타내는 복합 격자(110, 120)의 단면이 도시되어 있다.
- [0045] 기판(100) 상에는 제 1 격자(110) 및 제 2 격자(120)를 포함하는 복합 격자가 구성되어 있다. 제 1 격자(110)는 기판 재료에 패터닝되고 격자 방향(X1)을 따르는 제 1 주기 구조체(first periodic structure)를 포함한다.
- [0046] 일 실시예에서, 제 1 격자의 주기 구조체는 제 2 라인(112)들이 개재되는 복수의 제 1 라인(111)을 포함한다. 주기 구조체는 층(115) 내에 형성된다.
- [0047] 간명함을 위해서, 도 2a에는 단 하나의 제 1 라인(111)과 인접한 하나의 제 2 라인(112)에만 참조 부호가 표시되어 있다.
- [0048] 격자(110)의 피치(P)는 하나의 제 1 라인(111) 및 하나의 제 2 라인(112)의 폭과 같다.
- [0049] 당업자라면 이해할 수 있듯이, 제 2 라인(112)은 기판 재료와는 상이한 재료로 채워지는 제 1 라인들(111) 사이의 트렌치들로부터 형성될 수 있다. 예를 들어, 기판 재료는 실리콘이고 트렌치 재료는 실리콘 다이옥사이드 같은 유전체 또는 텅스텐이나 구리 같은 금속이다.
- [0050] 제 1 격자(110)의 최상부 상에는, 제 2 격자(120)가 존재한다. 제 2 격자는 제 2 주기 구조체로 이루어진다.
- [0051] 도시된 실시예에서, 제 2 주기 구조체는 격자 방향(X1)을 따라 트렌치(122)가 개재되는 복수의 라인(121)을 포함한다.
- [0052] 이 예시에서, 라인(121)은 제 1 격자(110)의 제 2 라인(112)들의 최상부 상에 위치된다. 제 2 격자(120)는 하나의 트렌치(122) 및 하나의 라인(121)의 폭과 같은 방향 X1으로의 피치(P')를 갖는다. 제 2 격자(120)의 피치(P')는 제 1 격자(110)의 피치(P)와 실질적으로 같아지도록 선택된다. 일 실시예에서, 제 2 격자(120)의 라인(121)은 제 1 격자(110)의 제 2 라인(112)과 실질적으로 같은 폭을 가질 수 있다.
- [0053] 대안적으로, 제 2 격자(120)의 라인(121)은 제 1 격자(110)의 제 1 라인(111)의 최상부 상에 배치될 수 있다.
- [0054] 제 2 격자는 레지스트 층(125) 내에 형성되는 패턴일 수 있다.
- [0055] 도 2a의 경우에, 제 1 격자(110) 및 제 2 격자(120)의 정렬은 완전무결하며, 부정합(mismatch)은 이상적으로 0 이다(이는 제로 오버레이 오차로 지칭될 것이다). 제 2 격자(120)의 라인(121)들은 제 1 격자(110)의 제 2 라

인(112)들과 완전히 정렬된다.

- [0056] 도 2a에는, 조명 빔(IB)과 복합 격자(110, 120) 간의 상호작용에 대한 실시예가 개략적으로 도시되어 있다.
- [0057] 이 실시예에서, 조명 빔(IB)은 격자 방향(X1)으로 둔각인 제 1 입사각( $\beta$ )으로 격자 구조체 상에 입사된다. 상기 입사각( $\beta$ )은 표면 법선(n)에 대해 취해진다. 조명 빔(IB)은 복합 격자(110, 120)에 의하여 산란되고 (scatter), 적어도 2 개의 1차 및 0차 회절 빔(B+ 및 B0)을 각각 형성한다. 각각, 1차 회절 빔(B+)은 [표면 법선(n)에 대해] 각도  $\theta$ 로 기관을 떠나며, 0차 회절 빔은 정반사되어 떠난다. 복합 격자(110, 120)의 피치(P) 및 조명 빔(IB)의 파장은 회절 조건을 충족시키도록 선택된다는 데 유의하여야 한다. 도 2a에서, 회절 차수 및 조명 빔은 하나의 평면 내에 있는 것으로 도시되었으나 이는 편의에 따른 것일 뿐이다. 또한, 본 발명의 일 실시예는 회절 빔들이 조명 빔과 같은 평면 내에 있지 않는 원추형 회절(conical diffraction)의 경우에도 적용 가능하다.
- [0058] 격자의 피치(P)( $P=P'$ )와 조명 빔(IB)의 파장의 비에 영향을 받아서, 고차 회절 빔들도 존재할 수 있으나 여기서는 무시하기로 한다.
- [0059] 도 2b에는 조명 빔(IB)의 둔각인 제 2 입사각에 대한, 도 2a의 복합 격자(110, 120)의 동일한 단면이 도시되어 있다.
- [0060] 도 2b에서, 조명 빔(IB)은 둔각인 제 2 입사각( $-\beta$ )으로 격자 구조체 상에 입사된다. 제 2 입사각( $-\beta$ )은 실질적으로 제 1 입사각과 같은 크기를 갖지만, 비교해보면 격자 방향(X1)을 따라 대향되는 방향으로 지향된다. 제 2 입사각( $-\beta$ )은 표면 법선(n)에 대해 취해진다.
- [0061] 조명 빔(IB)은 복합 격자(110, 120)에 의하여 산란되고, (적어도) 2 개의 (-)1차 및 0차 회절 빔(B-, B0)을 각각 형성하며, 상기 2 개의 회절 빔은 각각 각도( $-\theta$ )로 그리고 정반사로 기관을 떠난다.
- [0062] 회절 빔(B+)은 1차 회절 차수를 나타내며, 회절 빔(B-)은 -1차 회절 차수를 나타낸다. 제 1 격자 및 제 2 격자가 완전하게 정렬된다는 사실로 인하여, 복합 격자는 대칭이다 - 즉, 제 1 격자(110)의 제 2 라인(112)들은 복합 라인들(112, 121)로서 제 2 격자(120)의 라인(121)들과 일치한다 - . 복합 격자의 대칭의 결과로서, 회절 패턴 또한 대칭이다 - 즉, 1차 회절 빔(B+)의 세기(I+)는 -1차 회절 빔(B-)의 세기(I-)와 실질적으로 같다 - .

**수학식 1**

[0063]  $I_+ = I_- = I_{+0}$

- [0064] 여기서,  $I_{+0}$ 은 대칭 복합 격자에 대한 1차 회절 빔의 세기를 나타낸다.
- [0065] 도 2c에는, 비-제로 오버레이 오차를 나타내는 복합 격자(110, 120)의 단면이 도시되어 있다. 제 2 격자(120)의 라인(121)들에는 제 1 격자의 제 2 라인(112)에 대한 오버레이 오차(오정렬)( $\epsilon$ )가 표시되어 있다. 결과적으로, 도 2c에 도시된 복합 격자는 비대칭이다 - 즉, 제 2 격자(120)의 라인(121)들은 제 1 격자(110)의 제 2 라인(112)들과 비교하여 거리  $\epsilon$ 만큼 시프트된다 - .
- [0066] 비대칭으로 인하여, 이 경우에는 둔각인 제 1 입사각( $\beta$ )으로 측정되는 1차 회절 빔(B+)의 세기(I+)가 둔각인 제 2 입사각( $-\beta$ )으로 측정된 -1차 회절 빔(B-)과 같지 않다.
- [0067] 작은 오버레이 오차들에 대하여, 회절 빔의 세기 변화는 오버레이 오차에 선형적으로 비례한다. 오버레이 오차( $\epsilon$ )의 함수로서 1차 회절 빔(B+)의 세기(I+)는 양호한 근사치(good approximation)를 갖는다.

**수학식 2**

[0068]  $I_+ = I_{+0} + K \times \epsilon$

- [0069] 여기서, K는 비례 인자(proportionality factor)이다.

[0070] -1차 회절 빔(B-)의 세기(I-)는 다음과 같이 근사화된다.

**수학식 3**

[0071] 
$$I- = I_{+0} - K \times \varepsilon$$

[0072] 차이  $\Delta I = I+ - I-$ 를 취함으로써, 오버레이 오차(ε)와 선형적으로 스케일링된(scales linearly) 신호가 얻어진다.

**수학식 4**

[0073] 
$$\Delta I = 2K \times \varepsilon$$

[0074] 비례 인자(K)에 대해서는 보다 상세히 후술될 것이다.

[0075] 추가 실시예에서, 오버레이 메트롤로지는 복합 격자(110, 120) 상에 각각 실질적으로 수직 입사하는 제 1 조명 빔(IB1) 및 제 2 조명 빔(IB2)의 이용을 포함할 수 있다. 당업자라면, 이러한 실시예에서 제 1 조명 빔(IB1) 및 제 2 조명 빔(IB2)이 일치하며 단일 조명 빔으로서 제공된다는 것을 이해하여야 한다. 제 1 조명 빔은 제 2 조명 빔으로서 사용될 수 있다. 또한, 조명 빔의 수직 입사 하에서는, 1차 회절 빔(B+) 및 -1차 회절 빔(B-)이 조성된다. 이들 빔들(B+, B-)의 세기는 도 2a 내지 2c와 수학식 1 내지 4를 참조하여 상술된 바와 같은 관계를 나타낸다. 이 실시예에서, 1차 및 -1차 회절 빔의 세기 차(ΔI)는 제 1 조명 빔을 이용하고 1차 및 -1차 회절 빔의 세기를 각각 연속적으로 측정함으로써 측정될 수 있다.

[0076] 도 3a은 복합 격자(110, 120)를 유지하는 기관의 제 1 측정에서 본 발명의 일 실시예에 따른 회절 기반 오버레이 오차 검출시스템(이후 검출시스템으로 지칭됨)(200)을 개략적으로 도시하고 있다. 검출시스템은 본 발명의 일 실시예에서 기관을 지지하도록 구성되는 지지체를 포함할 수 있다. 또한, 상기 지지체는 본 발명의 일 실시예에서 도 1의 리소그래피 장치의 기관테이블일 수 있다.

[0077] 검출시스템(200)은 복수의 렌즈, 이 실시예에서는 제 1, 제 2, 제 3 및 제 4 포지티브 렌즈(positive lens: L1, L2, L3, L4), 어퍼처 스톱(aperture stop; DF), 및 이미지 검출기(ID)를 포함한다.

[0078] 검출시스템(200) 내에는, 복합 격자(110, 120)가 둔각인 입사각으로 조명 빔(IB)에 의하여 조명될 수 있는 기관 위치로부터 복합 격자의 이미지가 이미지 검출기(ID) 상으로 투영될 수 있는 위치까지 연장되는 광학 축(OP)이 배치된다.

[0079] 예를 들어, 이미지 검출기(ID)는 CCD 카메라일 수 있다. 조명된 영역은 격자의 영역보다 크다. 다시 말해서, 그 주변 환경까지 조명된다. 이는 "오버필(overflow)"이라 지칭된다.

[0080] 광학 축(OP)을 따라, 복합 격자(110, 120)의 이미지가 검출시스템(200)의 이미지 검출기(ID) 상에 투영될 수 있는 방식으로 광학 축선 상에 각각의 중심을 갖는 제 1, 제 2, 제 3 및 제 4 포지티브 렌즈(L1, L2, L3, L4)가 배치된다.

[0081] 제 1 렌즈(L1)는 기관(100) 상의 복합 격자(110, 120)가 배치될 수 있는 기관 위치 위에 위치된다. 제 1 렌즈와 기관 위치 간의 거리는 제 1 렌즈(L1)의 초점 거리(f1)와 실질적으로 같다. 제 1 렌즈(L1)로부터의 소정 거리에는, 광학 축(OP)을 따라 제 2 및 제 3 렌즈(L2, L3)가 쌍으로 배치된다. 제 4 렌즈(L4)는 이미지 검출기(ID)의 투영 렌즈로서 배치된다. 제 3 렌즈(L3)와 제 4 렌즈(L4) 사이에는, 어퍼처 스톱(DF)이 배치된다.

[0082] 측정 동안, 복합 격자(110, 120)를 갖는 기관이 기관 위치에 배치된다. 복합 격자(110, 120)는 사전설정된 위치(Q로 표시됨)에 있다. 제 1 조명 빔(IB1)은 기관의 표면을 따르는 제 1 수평 방향(화살표 D1으로 표시됨)에서 둔각의 입사각 하에 비대칭 조명 모드로 사용된다. 예를 들어, 제 1 조명 빔은 기관의 표면을 따라 제 1 수평 방향을 따르는 구성요소를 갖는 방향을 따라 전파된다. 제 1 조명 빔(IB1)은 제 1 렌즈(L1)로 들어가서 제 1 렌즈를 통과한 후에 회절 각도(θ)의 1차 회절 차수 빔(B+)을 생성하는 각도로 복합 격자 상에 입사되는 방식으로 구성된다. 결과적으로, 1차 회절 차수 빔(B+)은 이후 기관의 표면에서 회절되며, 0차 회절 빔(B0)은 정반

사로(이 예시에서는 각도  $2\theta$ 로) 회절된다.

- [0083] 1차 회절 빔(B+) 및 0차 회절 빔(B0)은 제 1 렌즈(L1)를 통과한다. 복합 격자는 제 1 렌즈(L1)의 초점 거리(F1)에 있기 때문에, 1차 및 0차 회절 빔(B+, B0)은 제 1 렌즈(L1)를 통과한 후에 평행하게 지향된다.
- [0084] 다음으로, 1차 및 0차 회절 빔(B+, B0)은 제 2 렌즈(L2)를 통과한다. 1차 회절 빔(B+)은 광학 축과 실질적으로 일치하고 제 2 렌즈(L2)의 중심을 통과한다. 0차 회절 빔(B0)은 제 2 렌즈(L2)를 축을 이탈하여(off-axis) 통과하고, 통과 후에는 제 2 렌즈(L2)의 초점을 통하여 지향된다.
- [0085] 제 3 렌즈(L3)는 제 2 렌즈(L2)의 초점(F2)과 일치하는 초점(F3)으로 배치된다.
- [0086] 1차 회절 빔(B+)은 제 3 렌즈의 광학 축과 일치하고 제 3 렌즈(L3)의 중심을 통과하며 계속해서 광학 축 상에 있다. 0차 회절 빔(B0)은 제 3 렌즈를 축을 이탈하여 통과한다. 제 2 렌즈 및 제 3 렌즈의 초점들(F2, F3)이 일치한다는 사실로 인하여, 0차 회절 빔은 제 3 렌즈(L3)를 통과한 후에 광학 축과 실질적으로 평행하게 된다.
- [0087] 제 3 렌즈(L3) 다음에는 광학 축 상에 어퍼처 스톱(DF)이 위치되며 0차 회절 차수를 차단하도록 구성된다. 어퍼처 스톱(DF)은 광학 축(OP) 상의 1차 회절 빔(B+)은 통과시키고 0차 회절 빔(B0)은 차단시킨다. 이러한 방식으로, 카메라의 이미지가 1차 회절 차수에 의해서만 형성되고 0차 회절 차수에 의해서는 형성되지 않는다. 이 이미징 모드는 통상적으로 "다크-필드(dark-field)" 이미징이라 지칭된다. 어퍼처 스톱(DF)은 0차 회절 빔(B0)을 차단하고 1차 회절 빔(B+)은 통과시키는 폭을 갖도록 구성된다.
- [0088] 결과적으로, 단지 1차 또는 -1차 회절 차수만을 이용하여 CCD 카메라에 복합 격자의 이미지가 형성된다. 그 다음, 당업자에게 알려진 적합한 이미지 프로세싱 및 패턴 인식 알고리즘이 복합 격자 주위의 제품 구조체들(product structures)로부터 복합 격자를 식별하는 데 이용될 수 있다. 어퍼처 스톱의 적용은 회절 한계보다 큰 단면 크기를 갖는 조명 빔을 이용할 수 있게 하는 한편, 격자의 크기는 회절 한계에 의해 나타나는 것보다 작을 수 있다.
- [0089] 마지막으로, 1차 회절 빔(B+)은 제 4 렌즈(L4)를 통과하며, 이는 이미지 검출기(ID) 상에 1차 회절 빔(B+)을 이미징하기 위해 배치된다.
- [0090] 이러한 방식으로, 1차 회절 빔(B+)로부터 생성된 복합 격자(110, 120)의 이미지가 이미지 검출기(ID) 상에 투영된다. 이미지는 하나의 고차(1차) 회절 차수에 의해서만 형성되기 때문에, 이미지는 개별 격자 라인들의 변조(modulation)를 나타내지 않는다.
- [0091] 1차 회절 차수는 표면에 대해 정확히 직각을 이룰 필요는 없다는 데 유의하여야 한다. 1차 회절 차수는 (어떠한 다른 차수들이 어퍼처 스톱을 지나가지 않고) 어퍼처 스톱에 의해 투과되는 한 웨이퍼 표면과 어떠한 각도도 이룰 수 있다.
- [0092] 이미지 검출기 상에 기록된(registered) 복합 격자(110, 120)의 이미지로부터, 세기(I+)가 결정될 수 있다. 격자의 이미지의 정밀한 배치는 패턴 인식 알고리즘을 이용하여, 예를 들어 에지 검출에 의해 결정될 수 있다.
- [0093] 도 3b는 복합 격자(110, 120)를 유지하는 기관의 제 2 측정에 있어서의, 본 발명의 일 실시예에 따른 회절 기반 오버레이 오차 검출시스템을 개략적으로 도시하고 있다.
- [0094] 도 3b에서 앞의 도면들에 도시된 것과 같은 참조 부호를 갖는 개체는 대응되는 개체들을 나타낸다.
- [0095] 제 2 측정에서, 복합 격자(110, 120)는 도 3a에 도시된 바와 같이 제 1 측정 동안 이용되는 것처럼 제 1 수평 방향(D1)과 대향되는 제 2 수평 방향(화살표 D2로 표시됨)으로 제 2 조명 빔(IB2)에 의하여 비대칭으로 조명된다. 예를 들어, 제 2 조명 빔은 기관의 표면을 따르는 제 1 수평 방향을 따른 구성요소를 갖는 방향을 따라 전파된다. 복합 격자는 제 1 측정 동안과 같은 사전설정된 위치(Q)에서 유지된다.
- [0096] 이러한 조건들 하에서, -1차 회절 빔(B-)은 이후 기관의 표면과 직각으로 회절되며 0차 회절 빔(B0)은 각도  $\theta$ 로 회절된다. 어퍼처 스톱(DF)은 0차 회절 빔(B0)을 차단시키고 -1차 회절 빔(B-)은 통과시키는 폭을 갖도록 구성된다.
- [0097] 결과적으로, 제 2 측정 동안 -1차 회절 빔(B-)으로부터 생성된 복합 격자(110, 120)의 이미지가 이미지 검출기(ID) 상에 투영된다. 이미지 검출기(ID) 상에 기록된 복합 격자(110, 120)의 이미지로부터, 세기(I-)가 결정될 수 있다. 또한, 세기의 측정이 수행되어야 하는 CCD 상의 영역을 식별하는 데 패턴 인식 기술이 이용될 수 있다.

다.

- [0098] 상이한 실시예에서는, 조명 빔이 실질적으로 수직한 입사를 갖는다는 데 유의하여야 한다. 당업자라면 이해할 수 있듯이, 이 실시예는 상이하지만, 제 1 예시에서는 1차 회절 빔만을 통과시키고 제 2 예시에서는 -1차 회절 빔만을 통과시킨다는 점에서 기능적으로는 동등한 조명/검출 레이아웃을 이용할 수 있다.
- [0099] 또한, 둔각의 입사를 필요로 하지 않지만, 둔각의 입사는 보다 작은 피치를 갖는 격자들을 이용할 수 있기 때문에 바람직할 수도 있다는 점에 유의하여야 한다.
- [0100] 상술된 바와 같이, 1차 회절 빔(B+)의 세기(I+)와 -1차 회절 빔(B-)의 세기(I-)의 차이는 수학식 4에 따른 오버레이 오차( $\epsilon$ )에 비례한다. 비례 인자(K)는 프로세싱 조건들, 조명 빔의 파장, 회절 각 및 편광에 영향을 받는다. 당업자라면 이해할 수 있듯이, 프로세스, 파장, 회절 각 및 편광의 주어진 조합에 대하여, 비례 인자의 캘리브레이션(calibration)을 수행하는 것이 바람직하다.
- [0101] 본 발명의 일 실시예에서, 비례 인자(K)는 기판 상의 2 개의 바이어스 복합 격자(biased composite grating)의 오버레이 오차( $\epsilon$ )를 결정함으로써 캘리브레이트된다. 각각의 바이어스 복합 격자는 제 1 격자(110)와 제 2 격자(120) 사이에 각각의 사전설정된 잠재적 시프트(built-in shift)를 갖는다. 2 개의 바이어스 격자들은 기판 상에서 서로에 대해 고정된 위치에 있다.
- [0102] 제 1 바이어스 복합 격자는 격자 방향(X1)을 따르는 시프트 방향으로 제 1 잠재적 시프트(+d)를 갖는다. 제 2 바이어스 복합 격자는 격자 방향(X1)을 따라 제 1 잠재적 시프트와 같지만 부호는 반대인 제 2 잠재적 시프트(-d)를 갖는다.
- [0103] 오버레이 오차( $\epsilon$ )의 경우에, 제 1 바이어스 복합 격자는 총 오버레이 오차  $\epsilon + d$ 를 나타내며, 제 2 바이어스 복합 격자는 총 오버레이 오차  $\epsilon - d$ 를 나타낸다.
- [0104] 제 1 바이어스 복합 격자의 1차 및 -1차 회절 차수 간의 세기 차( $\Delta I1$ )와 제 2 바이어스 복합 격자의 1차 및 -1차 회절 차수 간의 세기 차( $\Delta I2$ )는,
- [0105] 제 1 바이어스 복합 격자에 대해서는 다음과 같이 주어지며,

**수학식 5**

[0106] 
$$\Delta I1 = K \times (\epsilon + d)$$

[0107] 제 2 바이어스 복합 격자에 대해서는 다음과 같이 주어진다.

**수학식 6**

[0108] 
$$\Delta I2 = K \times (\epsilon - d)$$

[0109] K를 소거하면,

**수학식 7**

[0110] 
$$\epsilon = d \frac{\Delta I1 + \Delta I2}{\Delta I1 - \Delta I2}$$

[0111] 이 된다.

[0112] 일 실시예에서, 제 1 바이어스 복합 격자 및 제 2 바이어스 복합 격자는 도 3a, 3b에 도시된 바와 같이 검출시스템에 의해 동시에 측정될 수 있다. 이미지 검출기(ID)는 제 1 바이어스 복합 격자로부터의 이미지 및 제 2 바이어스 복합 격자로부터의 이미지를 동시에 기록한다. 이미지 프로세싱 소프트웨어를 이용함으로써, 제 1 바

이어스 복합 격자의 이미지의 세기 및 제 2 바이어스 복합 격자의 세기는 개별적으로 결정될 수 있다. 오버레이 오차( $\epsilon$ )는 수학적 5 내지 수학적 7을 이용하여 계산될 수 있다.

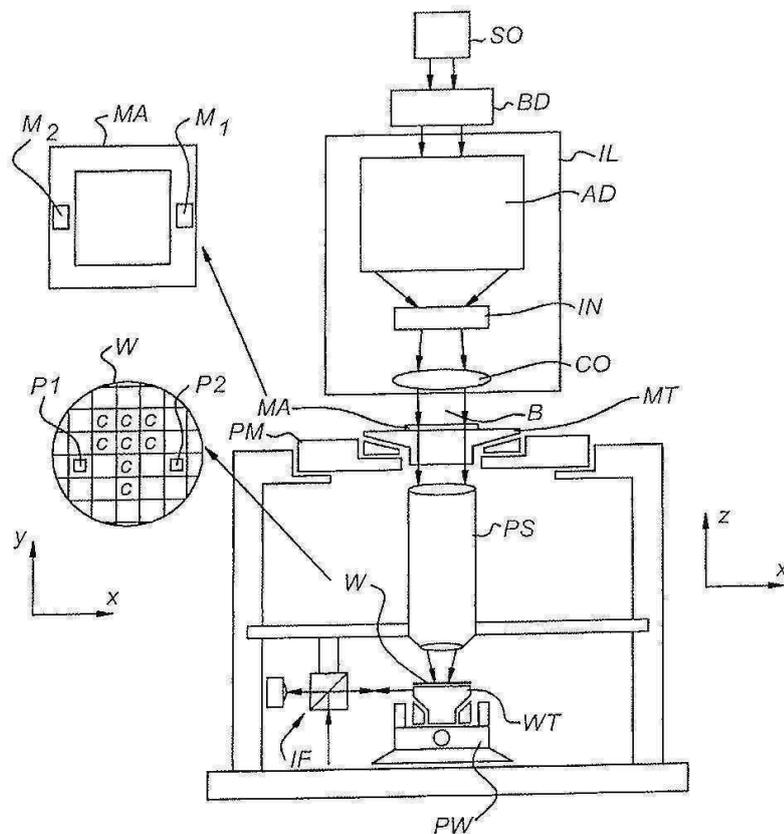
- [0113] 제 1 조명 빔(IB1) 및 제 2 조명 빔(IB2) 각각은 스침각 입사(grazing incidence) 하에 있기 때문에, 복합 격자(들) 외측의 표면 구역들(즉, 제품 영역)에서 반사되어 나가는 광은 제 1, 제 2, 제 3 및 제 4 렌즈(L1, L2, L3, L4)로 이루어진 시스템을 통해 이미지 검출기(ID)에 도달하기는 쉽지 않다. 본 발명의 일 실시예에서, 제 1 조명 빔(IB1) 및/또는 제 2 조명 빔(IB2)은 격자 외측의 표면에서 반사되어 나가는 광과 복합 격자에 의하여 회절되는 광 간에 간섭을 야기하지 않고 기판 상의 복합 격자(110, 120)보다 큰 단면을 가질 수도 있다.
- [0114] 복합 격자와 상기 복합 격자가 내장된(embedded) 주변의 제품 영역 간의 급격한 전이(sharp transition)를 가능하게 하기 때문에 어퍼처 스톱(DF)의 개구수의 큰 값이 바람직하다. 동시에, 어퍼처 스톱(DF)은 0차 회절 빔(B0)을 차단하도록 구성되기 때문에, 어퍼처 스톱(DF)의 개구수는 충분한 0차 회절 빔의 억제와 제품 영역으로부터의 반사로 인한 충분히 낮은 크로스-토크(cross-talk) 간의 절충점이 얻어지는 상한을 갖는다. 이러한 접근법은 대략  $10 \times 10 \mu\text{m}^2$ 의 크기로 된 복합 격자의 이용이 가능하도록 실행될 수 있다.
- [0115] 모델링 소프트웨어는 크로스-토크가 더욱 최소화될 수 있는 제품 영역 및 내장형 복합 격자(들)의 레이아웃을 연산할 수 있다는 데 유의하여야 한다. 이러한 접근법은 대략  $4 \times 4 \mu\text{m}^2$ 의 크기를 갖는 내장형 복합 격자들을 설계할 수 있게 한다.
- [0116] 일 실시예에서, 어퍼처 스톱(DF)의 개구수는 대략 0.7인 한편, 제 1 렌즈의 개구수는 대략 0.95이다.
- [0117] 도 4a는 바이어스 격자 상의 시프트(d)의 함수로서 -1차 및 1차 회절 빔의 세기의 예시적 측정치들을 예시하고 있다.
- [0118] 도 4a에는, 피치  $P = 660 \text{ nm}$ 를 갖는 복합 격자 및 조명 빔의 파장  $\lambda = 700 \text{ nm}$ 에 대하여, 시프트 d를 갖는 1차 회절 빔(B+)의 세기(I+) 및 -1차 회절 빔(B-)의 세기(I-)의 변화가 도시되어 있다. 0 nm에 가까운 시프트들에 대한 세기(I+, I-)의 변화는 실질적으로 선형인 것으로 관측된다.
- [0119] 도 4b는 도시된 바와 같이 바이어스 격자 상의 시프트(d)의 함수로서 -1차 및 1차 회절 빔 간의 세기의 차이를 예시하고 있다. 0 nm에 가까운 시프트들에 대한 세기차( $\Delta I$ )의 변화는 실질적으로 선형인 것으로 관측된다.
- [0120] 도 5는 본 발명에 따라 결정된 바와 같은 이미지 기반 오버레이 오차와 회절 기반 오버레이 오차 간의 상관관계를 도시하고 있다.
- [0121] 다수의 예시에 대하여, 회절 기반 오버레이 오차 메트롤로지에 의하여 측정되는 것과 같은 바이어스 복합 격자들의 시프트(d) 또한 이미지 기반 오버레이 오차 메트롤로지에 의하여 측정된다. 도 5에는, (수직방향 축을 따르는) 회절에 의하여 측정되는 오버레이와 (수평방향 축을 따르는) 이미지 기반의 방법에 의하여 측정되는 오버레이의 상관관계가 도시되어 있다. 데이터의 선형 핏(linear fit)은 실선으로 예시되어 있다. 상기 방법들의 오차 내에서, 실선의 계수는 1(unity)이다. 상관관계 계수는 0.99 보다 크다.
- [0122] 상술된 바와 같은 조명 빔(IB)은 단일 빔이라는 데 유의하여야 한다. 대안적으로, 조명 빔은 이의 단면으로 반환형(half an annulus)의 형상을 가질 수 있다. 그 경우에, 하나의 이분된 환형 빔에 의하여 도 3a의 비대칭 조명이 이행되는 한편, 다른 하나의 이분된 환형 빔에 의하여 도 3b에 도시된 것과 같은 반대 방향으로부터의 비대칭 조명이 이행될 수 있다.
- [0123] 조명 빔(IB)은 단색 램프(monochromatic lamp) 또는 레이저 소스와 같은 광 소스에 의하여 생성될 수 있다. 측정에 이용할 수 있는 시간이 짧은 경우에는 상대적으로 큰 세기를 갖는 레이저 소스가 이용될 수 있다.
- [0124] 본 명세서에서는, IC 제조에 있어서 리소그래피 장치의 특정 사용예에 대하여 언급되었지만, 본 명세서에 기술된 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. 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 이해하여야 한다. 본 명세서에서 언급되는 기판은 노광 전후에, 예를 들어 트랙(전형적으로, 기판에 레지스트 층을 도포하고 노광된 레지스트를 현상하는 톨), 메트롤로지 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 처리

된 층들을 포함한 기판을 칭하는 것일 수도 있다.

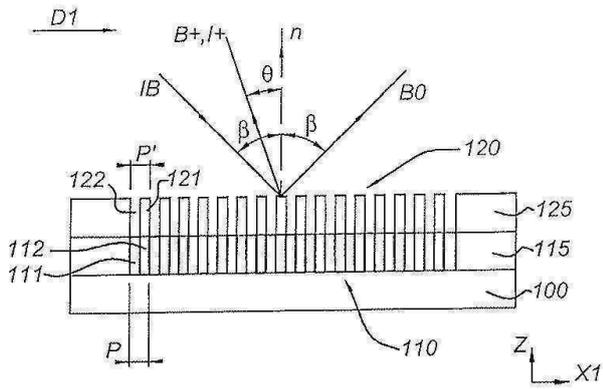
- [0125] 이상, 광학 리소그래피와 관련하여 본 발명의 실시예들의 특정 사용예를 언급하였지만, 본 발명은 다른 적용예들, 예를 들어 임프린트 리소그래피에 사용될 수 있으며, 본 명세서가 허용한다면 광학 리소그래피로 제한되지 않는다는 것을 이해하여야 한다. 임프린트 리소그래피에서, 패터닝 디바이스 내의 토포그래피(topography)는 기판 상에 생성된 패턴을 정의한다. 패터닝 디바이스의 토포그래피는 전자기 방사선, 열, 압력 또는 그 조합을 인가함으로써 레지스트가 경화되는 기판에 공급된 레지스트 층으로 가압될 수 있다. 패터닝 디바이스는 레지스트로부터 떨어져 나가며, 이는 레지스트가 경화된 후에 그 안에 패턴이 남게 한다.
- [0126] 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, X-선 및 (예를 들어, 5 내지 20 nm 범위 내의 파장을 갖는) 극자외(EUV)방사선을 포함하는 모든 형태의 전자기 방사선을 포괄한다.
- [0127] 본 명세서가 허용하는 "렌즈"라는 용어는, 굴절, 반사, 자기, 전자기 및 정전기 광학 구성요소들을 포함하는 다양한 형태의 광학 구성요소들 중 어느 하나 또는 그들의 조합으로 지칭할 수 있다.
- [0128] 이상, 본 발명의 특정 실시예가 설명되었지만, 본 발명은 설명된 것과는 다르게 실시될 수도 있다는 것을 이해하여야 한다. 예를 들어, 본 발명은 앞서 개시된 바와 같은 방법을 구현하는 기계-관독가능한 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.
- [0129] 상기 서술내용은 예시에 지나지 않으며, 제한하려는 것이 아니다. 따라서, 후속 청구항들의 범위를 벗어나지 않는, 상술된 본 발명에 대한 수정들이 가해질 수도 있다는 것을 이해하여야 한다.

**도면**

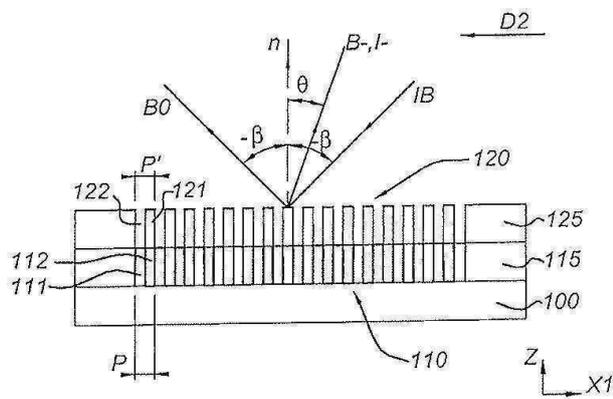
**도면1**



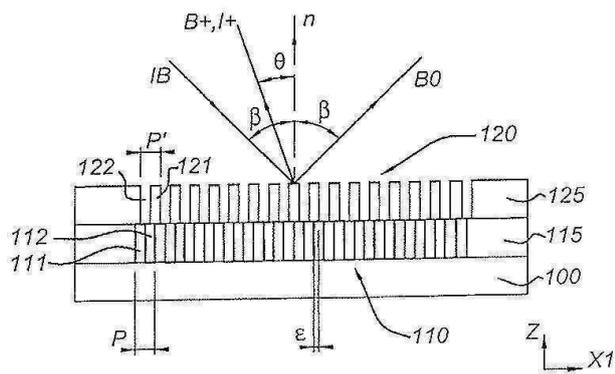
도면2a



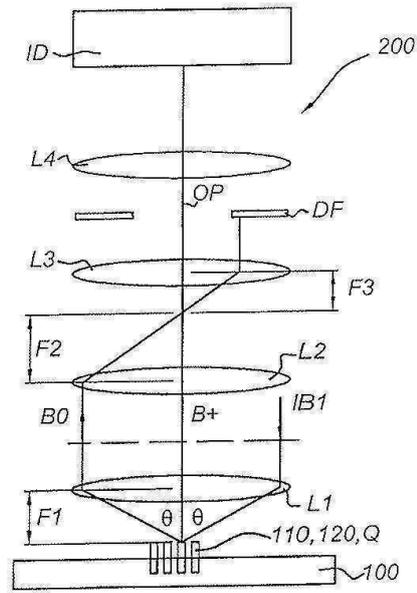
도면2b



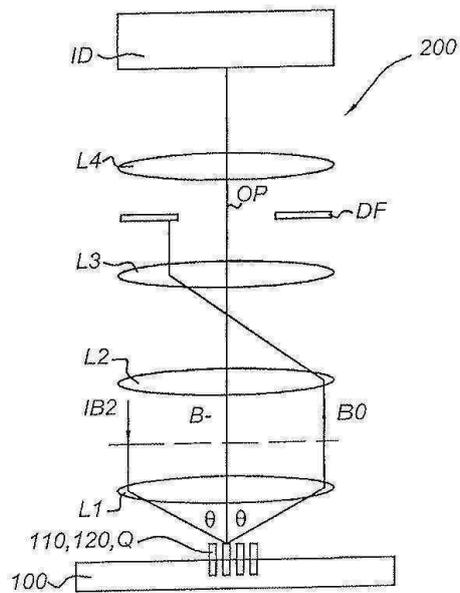
도면2c



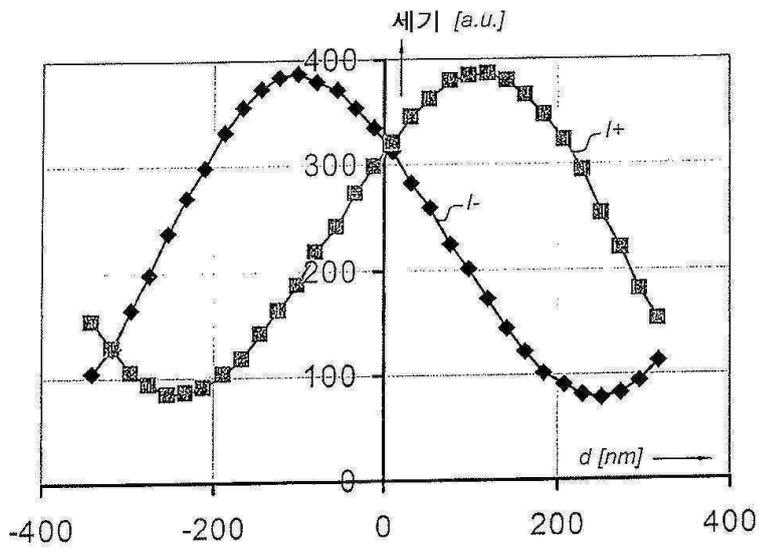
도면3a



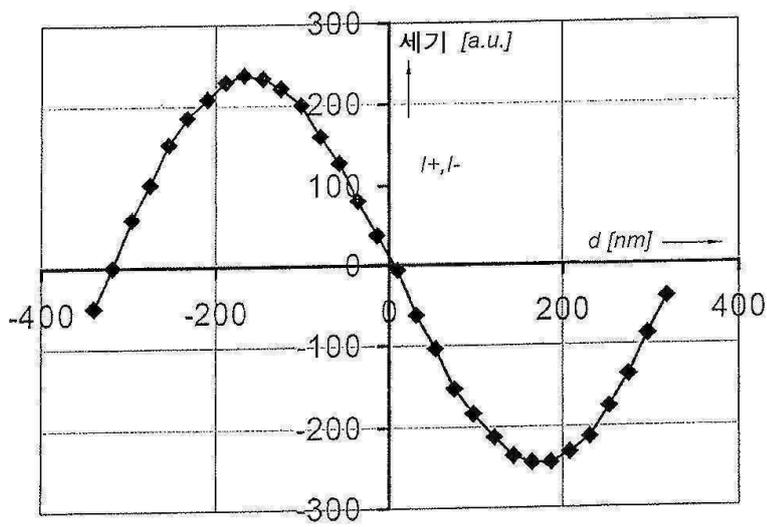
도면3b



도면4a



도면4b



도면5

