



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2019년03월19일
(11) 등록번호 10-1959945
(24) 등록일자 2019년03월13일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01J 37/317 (2006.01) G01B 11/14 (2006.01)
H01J 37/304 (2006.01) B82Y 10/00 (2017.01)
B82Y 40/00 (2017.01)
(21) 출원번호 10-2014-7035204
(22) 출원일자(국제) 2013년05월14일
심사청구일자 2018년05월14일
(85) 번역문제출일자 2014년12월15일
(65) 공개번호 10-2015-0013802
(43) 공개일자 2015년02월05일
(86) 국제출원번호 PCT/EP2013/059861
(87) 국제공개번호 WO 2013/171177
국제공개일자 2013년11월21일
(30) 우선권주장
61/646,430 2012년05월14일 미국(US)
(56) 선행기술조사문헌
KR1020130067252 A
JP2000208079A
KR1020080044349A
JP2005347054A

(73) 특허권자
마퍼 리쏘그래피 아이피 비.브이.
네덜란드 엔엘-2628 엑스케이 델프트 컴퓨터라안 15
(72) 발명자
세퍼, 폴 이즈머트
네덜란드 엔엘-2628 알엔 델프트 코르넬리스 트롬 프스트라아트 45
(74) 대리인
특허법인 남앤남

전체 청구항 수 : 총 17 항

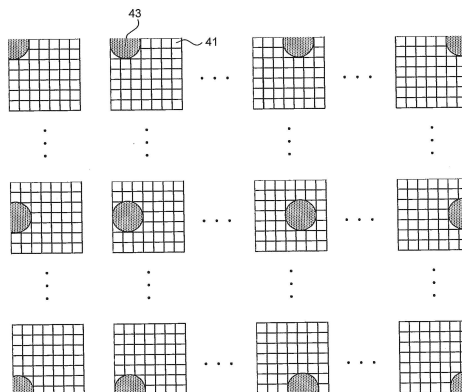
심사관 : 김상철

(54) 발명의 명칭 빔렛 위치를 결정하기 위한 방법 및 멀티 빔렛 노출 장치에서 2개의 빔렛들 간의 거리를 결정하기 위한 방법

(57) 요약

본 발명은 하전 입자 멀티-빔렛 노출 장치에서 빔렛 위치를 결정하기 위한 방법에 관한 것이다. 하전 입자 에너지를 광으로 변환하기 위한 변환 소자 및 감광성 검출기를 포함하는 센서가 상기 장치에 제공된다. 빔렛 차단 및 비-차단 영역들의 2D 패턴이 제공된 센서 표면 영역이 변환 소자에 제공된다. 방법은 측정들에 의해 생성된 2D 이미지를 기반으로 2D 패턴에 관하여 빔렛의 위치에 대해 복수의 측정들을 취하고, 이를 결정하는 것을 포함한다. 각각의 측정은 피처를 빔렛을 갖는 2D 패턴의 부분 상으로 노출하는 것 - 여기서 피처 위치는 각각의 측정에 대해 상이함 -, 비-차단 영역들을 통해 투과되는 광을 수용하는 것, 수용된 광을 광 세기 값으로 변환하는 것, 측정이 취해진 위치에 광 세기 값을 할당하는 것을 포함한다.

대표도 - 도4



명세서

청구범위

청구항 1

하전 입자 멀티-빔렛(beamlet) 노출 장치에서 하전 입자 빔렛의 빔렛 위치를 결정하기 위한 방법으로서,

상기 하전 입자 멀티-빔렛 노출 장치에는 하전 입자들의 에너지를 광으로 변환하기 위한 변환 소자 및 감광성 검출기를 포함하는 센서가 제공되고, 상기 변환 소자에는 빔렛 차단(blocking) 및 비-차단(non-blocking) 영역들의 2차원 패턴이 제공된 센서 표면 영역이 제공되며, 상기 방법은,

상기 하전 입자 빔렛을 이용하여 복수의 측정들을 취하는 단계 - 각각의 측정은,

하전 입자 빔렛으로 상기 2차원 패턴의 일부분 상에, 한 위치에서 2차원 피처를 노출하는 단계,

상기 2차원 패턴의 상기 비-차단 영역들을 통해 투과된, 상기 노출된 피처의 일부인 하전 입자들에 응답하여, 상기 변환 소자에 의해 생성된 광을 수광하는 단계, 및

상기 감광성 검출기에 의해, 수광된 광을 광 세기 값으로 변환하고, 상기 측정이 취해지는 위치에 상기 광 세기 값을 할당하는 단계

를 포함하고, 이때 상기 피처가 노출되는 위치는 각각의 측정마다 달라지고 상기 위치는 2차원 그리드(grid)를 형성함 - ; 및

상기 2차원 그리드 내의 서로 다른 위치들에서 상기 광 세기 값들에 의해 생성된 2차원 이미지에 기초하여, 상기 2차원 패턴에 대한 상기 하전 입자 빔렛의 위치를 결정하는 단계

를 포함하는,

방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 빔렛 차단 및 비-차단 영역들의 상기 2차원 패턴은, 비-차단 홀(hole)들이 제공된 차단 표면의 형태를 취하는,

방법.

청구항 3

제 2 항에 있어서,

상기 비-차단 홀들은 실질적으로 원형 형상을 갖는,

방법.

청구항 4

제 3 항에 있어서,

상기 비-차단 홀들은 상기 노출되는 피처의 크기와 동일한 크기를 갖는,

방법.

청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 빔렛 차단 및 비-차단 영역들의 2차원 패턴은, 차단 피처들이 제공된 비-차단 표면의 형태를 취하는,

방법.

청구항 6

제 5 항에 있어서,

상기 차단 피쳐들은 실질적으로 원형 형상을 갖는,

방법.

청구항 7

제 6 항에 있어서,

상기 차단 피쳐들은 상기 노출되는 피쳐의 크기와 동일한 크기를 갖는,

방법.

청구항 8

제 1 항에 있어서,

상기 노출되는 피쳐는 실질적으로 원형 형상을 갖는,

방법.

청구항 9

제 1 항에 있어서,

하전 입자 빔렛으로 상기 2차원 패턴의 일부분 상에 피쳐를 노출하는 단계는, 상기 2차원 패턴의 일부분 위에서 2차원 경로를 따라 상기 빔렛을 스캔하는 단계를 포함하며, 이 단계 동안에는 상기 하전 입자 빔렛이 스캔 경로의 미리 결정된 일부분 동안 활성이며,

각각의 측정마다 상기 피쳐가 노출되는 위치를 달리하는 것은 각각의 측정마다 상기 스캔 경로의 미리 결정된 일부분을 변경하는 것을 포함하는,

방법.

청구항 10

제 9 항에 있어서,

상기 스캔하는 단계는 정전기 편향에 의해 수행되는,

방법.

청구항 11

제 1 항에 있어서,

상기 하전 입자 빔렛의 위치를 결정하는 단계는, 2D 가우시안을 피팅(fitting)하는 단계를 포함하는,

방법.

청구항 12

프로세서에 의해 실행될 때, 제 1 항 내지 제 11 항 중 어느 한 항에 따라 하전 입자 멀티-빔렛 노출 장치에서 빔렛 위치를 결정하기 위한 방법을 수행하기 위한 컴퓨터 판독가능한 매체.

청구항 13

하전 입자 멀티-빔렛 노출 장치에서 2개의 하전 입자 빔렛들 간의 거리를 결정하기 위한 방법으로서,

상기 하전 입자 멀티-빔렛 노출 장치에는 하전 입자들의 에너지를 광으로 변환하기 위한 변환 소자 및 감광성 검출기를 포함하는 센서가 제공되고, 상기 변환 소자에는 빔렛 차단 및 비-차단 영역들의 2차원 패턴이 제공된

센서 표면 영역이 제공되며, 상기 방법은,

제 1 항 내지 제 11 항 중 어느 한 항에 따라 빔렛 위치를 결정하기 위한 방법을 수행하는 단계;

미리 결정된 거리에 걸쳐 상기 센서 표면의 평면과 실질적으로 평행한 방향으로 상기 2차원 패턴을 전사하는 단계;

추가 하전 입자 빔렛을 이용하여 복수의 측정들을 취하는 단계 - 각각의 측정은,

상기 추가 하전 입자 빔렛으로 상기 2차원 패턴의 일부분 상에 2차원 피처를 노출하는 단계 - 상기 추가 하전 입자 빔렛은, 상기 2차원 패턴이 전사된 상기 미리 결정된 거리와 동일한, 상기 하전 입자 빔렛으로부터의 이론상의 거리를 갖고, 상기 피처가 노출되는 위치는 각각의 측정마다 달리하고, 상기 위치들은 2차원 그리드를 형성함 - ;

2차원 패턴의 상기 비-차단 영역들을 통해 투과된 상기 노출된 피처의 일부인 하전 입자들에 응답하여, 상기 변환 소자에 의해 생성된 광을 수광하는 단계; 및

상기 감광성 검출기에 의해, 수광된 광을 추가 광 세기 값으로 변환하고, 상기 측정이 취해진 위치에 상기 추가 광 세기 값을 할당하는 단계를 포함함 - ; 및

상기 2차원 그리드 내의 서로 다른 위치들에서 상기 추가 광 세기 값들에 의해 생성된 2차원 이미지에 기초하여, 상기 2차원 패턴에 대한 상기 추가 하전 입자 빔렛의 위치를 결정하는 단계; 및

결정된 하전 입자 빔렛 위치, 결정된 추가 하전 입자 빔렛 위치 및 상기 미리 결정된 거리에 기초하여, 상기 하전 입자 빔렛과 상기 추가 빔렛 간의 실제 거리를 결정하는 단계를 포함하는,

방법.

청구항 14

제 13 항에 있어서,

상기 추가 하전 입자 빔렛으로 상기 2차원 패턴의 일부분 상에 피처를 노출하는 단계는, 상기 2차원 패턴의 상기 일부분 위에서 2차원 경로를 따라 상기 빔렛을 스캔하는 단계를 포함하며, 이 단계 동안에는 상기 추가 하전 입자 빔렛이 스캔 경로의 미리 결정된 일부분 동안 활성화되며,

각각의 측정마다 상기 피처가 노출되는 위치를 달리하는 것은 각각의 측정마다 상기 스캔 경로의 미리 결정된 일부분을 변경하는 것을 포함하는,

방법.

청구항 15

제 14 항에 있어서,

상기 스캔하는 단계는 정전기 편향에 의해 수행되는,

방법.

청구항 16

제 14 항에 있어서,

상기 추가 하전 입자 빔렛의 위치를 결정하는 단계는 2D 가우시안을 피팅하는 단계를 포함하는,

방법.

청구항 17

프로세서에 의해 실행될 때, 제 13 항에 따라 하전 입자 멀티-빔렛 노출 장치에서 2개의 빔렛들 간의 실제 거리를 결정하기 위한 방법을 수행하기 위한 컴퓨터 판독가능한 매체.

발명의 설명

기술분야

[0001] 본 발명은 하전 입자 멀티-빔렛(multi-beamlet) 노출 장치에서 빔렛 위치를 결정하기 위한 방법에 관한 것이다. 본 발명은 추가로, 하전 입자 멀티-빔렛 노출 장치에서 2개의 빔렛들 간의 거리를 결정하기 위한 방법에 관한 것이다. 마지막으로, 본 발명은 프로세서에 의해 실행될 때, 전술된 방법들 중 하나를 수행하기 위한 컴퓨터 판독가능한 매체에 관한 것이다.

[0002] 패턴을 타겟 표면 상으로 전사하기 위해, 타겟 표면 위에서의 빔렛들의 이동과 결합하여 빔렛들의 제어가능한 차단(blocking)이 변조 정보에 따라 수행된다. 다수의 하전 입자 빔렛 리소그래피 시스템의 예는 U.S. 특허 번호 제6,958,804호에서 설명되고, 이 개시는 그 전체 내용이 인용에 의해 본원과 통합된다.

배경기술

[0003] 이러한 리소그래피 시스템들은 아주 많은 개수들의 빔렛들, 즉, 대략 10,000개 이상, 예를 들어, 13,000개를 가질 수 있다. 추가 설계들은 심지어, 대략 1,000,000개에 달하는 빔렛들을 예상한다. 현재의 전자 빔 리소그래피 시스템들이 고해상도에서 타겟 표면을 패터닝할 수 있게 하는 것이 일반적 목표이고, 일부 애플리케이션들은 100 nm 훨씬 아래의 피쳐 크기들의 임계 치수(critical dimension)를 갖는 패턴들을 이미징(image)할 수 있다.

[0004] 상업적으로 실행가능하게(viable) 될 이러한 다수의 빔렛의 고해상도 리소그래피 시스템들에 있어서, 이들은 낮은 에러 마진들을 충족시킬 필요가 있다. 따라서, 하전 입자 빔렛들의 각각의 하나의 위치가 정확하게 인지되고 제어되는 것이 중요하다. 그러나, 제조 허용오차들 및 열적 드리프트와 같은 다양한 환경들로 인하여, 이러한 위치들은 이들의 예상된 그리고 원하는 위치들로부터 벗어날 수 있는데, 이는 정확한 패터닝을 무효화시키는 그들의 이탈(deviating) 빔렛들을 만들어낼 수 있다.

[0005] 종래의 리소그래피 시스템들에서, 각각의 빔렛의 위치는 빔렛 위치의 빈번한 측정에 의해 결정된다. 빔렛 위치의 정보(knowledge)로, 빔렛은 정확한 위치로 시프트될 수 있다.

[0006] 공지된 빔렛 위치 교정 방법들은 일반적으로, 적어도 3개의 단계들: 빔렛의 위치가 측정되는 측정 단계, 빔렛의 측정된 위치가 그 빔렛의 원하는 예상된 위치와 비교되는 계산 단계 및 측정된 위치와 원하는 위치 간의 차가 보상되는 보상 단계를 포함한다. 보상은 리소그래피 시스템의 하드웨어에서 또는 소프트웨어에서 수행될 수 있다.

[0007] 타겟 표면 패터닝 정확도를 향상시키기 위해 조기에(early) 위치 교정을 허용하도록 리소그래피 시스템의 동작 동안 빔렛 위치를 결정하는 것이 바람직하다. 스루풋에 대한 부정적 효과들, 즉, 미리 결정된 기간의 시간 내에 패터닝될 수 있는 타겟 표면들의 개수를 제한하기 위해, 하전 입자 빔렛들의 위치를 측정하는 방법이 정확도 희생 없이 제한된 기간의 시간 내에 수행될 수 있는 것이 바람직하다.

[0008] 특히, 스루풋의 손실 없는 작은 치수들에 관한 산업의 계속 증가하는 요구들을 고려하면, 리소그래피 시스템들에서, 특히 높은 스루풋을 제공하도록 설계되는 많은 개수의 하전-입자 빔렛들을 포함하는 리소그래피 머신들에서, 빔렛 특성들의 측정을 위한 더 정확한 디바이스들 및/또는 기법들을 제공할 필요가 있다. 더 높은 정확도는 리소그래피 머신의 해상도를 증가시키는데 유리하다.

[0009] 특히, 예를 들어, 기록 실패들을 정정하기 위해 웨이퍼의 동일한 영역 상에 2개의 빔들을 기록하는 기법은, 스티칭(stitching)을 이용할 때 유리하다. 이 기법에 대해 빔 분리가 나노미터 정밀도로 인지될 필요가 있다.

[0010] 게다가, 빔렛들의 절대 위치를 인지할 필요가 있다. 특히, 절대 위치에 대한 이러한 정보는, 오버레이의 정확도, 즉, 미리 노출된 또는 그렇지 않으면 패터닝된 층에 관하여 동일한 층 내에서 다수의 프로세스들에 의해 제공된 연속 층들 또는 피쳐들의 정렬 정확도의 측정(measure)을 개선하는데 유리하다.

[0011] US-특허 출원 제2007/0057204호는 하전 입자 빔들의 위치를 결정하기 위한 방법을 설명한다. 이 방법에서, 복수의 하전 입자 빔들 내의 각각의 하전 입자 빔의 위치는 하전 입자 빔을 광 빔으로 변환하기 위한 컨버터, 및 포톤 리셉터(photon receptor)를 이용함으로써 측정된다. 선택적으로, 차단 엘리먼트는 컨버터의 표면에 제공된다.

[0012] 국제 출원 W02012/062931은 멀티-빔렛 노출 장치에서 2개의 빔렛들 간의 거리를 결정하기 위한 방법을 설명한다. 이 방법에서는, 빔렛 차단 및 비-차단(non-blocking) 영역들의 2차원 패턴이 제공된 센서 표면 영역이 제공되는 컨버터가 이용된다.

[0013] 전술된 특허 문서들에서 이용되는 기법들에서는, 충돌(impinging) 하전 입자 빔렛과 관련된 광 출력의 분석을 기초로 한다. 스캔이 수행되면, 차단 영역으로부터 비-차단 영역 쪽으로 하전 입자 빔렛을 이동시키거나 또는 비-차단 영역으로부터 차단 영역 쪽으로 하전 입자 빔렛을 이동시키는 것의 결과로서 광 출력 전하가 분석된다.

[0014] 많은 애플리케이션들에 아주 유용하지만, 이 기법의 정확도는 컨버터 표면 상의 차단 피처 및/또는 차단/비-차단 패턴의 치수들, 즉, 피처 크기와 비교되는 빔렛의 스팟 크기에 의존한다. 스팟 크기가 피처 크기보다 훨씬 더 작으면, 빔렛의 정확한 위치를 발견하는 것은 시간 소모가 크다. 한편, 측정 결과들을 피팅(fit)하는 것이 어려울 것이기 때문에, 빔렛의 스팟 크기가 피처 크기에 비해 크면, 위치를 발견하기가 어렵다.

발명의 내용

[0015] 본 발명의 목적은 리소그래피 시스템과 같은 멀티-빔렛 노출 장치에서 2개의 빔렛들 간의 빔 분리 측정의 정확도를 개선하는 것과 관련된다. 이 목적을 위해, 본 발명은 하전 입자들의 에너지를 광으로 변환하기 위한 변환 소자 및 감광성 검출기를 포함하는 센서가 제공된 멀티-빔렛 노출 장치에서 2개의 하전 입자 빔렛들 간의 거리를 결정하기 위한 방법을 제공하고, 상기 변환 소자에는 빔렛 차단(blocking) 및 비-차단(non-blocking) 영역들의 2차원 패턴이 제공된 센서 표면 영역이 제공되고, 상기 방법은: 복수의 측정들을 취하는 단계 - 각각의 측정은: 피처를 하전 입자 빔렛을 갖는 2차원 패턴의 부분 상에 노출하는 단계 - 상기 피처가 노출되는 위치는 각각의 측정에 있어서 다르고, 상기 위치는 2차원 그리드(grid)를 형성함 - ; 하전 입자들이 2차원 패턴의 비-차단 영역들을 통해 투과(transmit)되어 노출되는 피처의 부분임에 응답하여 변환 소자에 의해 생성된 광을 수용하는 단계; 및 감광성 검출기에 의해, 수용된 광을 광 세기 값으로 변환하고, 측정이 취해진 위치에 광 세기 값을 할당하는 단계를 포함함 - ; 및 2차원 그리드 내의 서로 다른 위치들에서 광 세기 값들에 의해 생성된 2차원 이미지를 기반으로 2차원 패턴에 관하여 하전 입자 빔렛의 위치를 결정하는 단계를 포함한다. 하전 입자 빔렛의 스팟 크기를 이용하는 대신, 2차원 패턴의 부분 상에 피처를 노출하는 것은, 머지않아(at hand) 측정 및/또는 2차원 패턴에 대한 최적의 피처를 설계할 가능성을 열어둔다. 이것은 유지되는 동안 측정 유연성을 크게 개선하고, 일부 경우들에서, 심지어 측정 정확도를 개선한다.

도면의 간단한 설명

[0016] 본 발명의 특징들 및 이점들이 다음의 도면들을 참조하여 인식될 것이다.

도 1은 변환 소자를 이용하여 센서의 개념을 개략적으로 도시한다.

도 2a는 차단 구조가 제공된 변환 소자의 단면을 개략적으로 도시한다.

도 2b는 도 2a의 차단 구조에 대한 위치의 함수로써 투과되는 세기를 도시하는 그래프를 표현한다.

도 3a 및 도 3b는 2개의 서로 다른 2차원 차단 패턴들의 상면도를 개략적으로 도시한다.

도 4는 복수의 측정 배열들의 대표도를 개략적으로 도시한다.

도 5는 본 발명의 실시예들에서 이용될 수 있는 2차원 패턴의 예를 개략적으로 도시한다.

도 6은 복수의 빔렛들의 배열을 개략적으로 도시한다.

도 7은 복수의 어퍼처(aperture)들이 제공된 하전 입자 차단 층을 포함하는 2차원 패턴을 개략적으로 도시한다.

도 8은 본 발명의 실시예들에서 이용될 수 있는 하전 입자 멀티-빔렛 리소그래피 시스템을 개략적으로 도시한다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0017] 다음의 설명은, 단지 예로서 그리고 도면들을 참조하여 제공된 본 발명의 특정 실시예들의 설명이다.

[0018] 도 1은 하전 입자 멀티-빔렛 노출 장치에서 하나 이상의 하전 입자의 빔렛 위치를 결정하기 위한 센서의 동작을 개략적으로 도시한다. 센서는 변환 소자(1) 및 광 리셉터(light receptor)(5)를 포함한다. 변환 소자(1)에는 하전 입자 차단 영역들(8) 및 하전 입자 투과 영역들(7)(비-차단 영역들로 추가로 지칭됨)을 포함하는 패턴이 제공된다. 변환 소자(1)는 하전 입자들(2)을 수용하고, 이에 응답하여 포톤(photon)들(광(3)으로 추가로 지칭됨)을 생성하도록 배열된다. 광(3)은 하나 이상의 광학 엘리먼트들(11)에 의해 포톤 리셉터(photon receptor)(5) 쪽으로 지향될 수 있다. 포톤 리셉터(5)는 계산 유닛, 예를 들어, 컴퓨터(13)에 통신가능하게 커

플러징된다. 하나 이상의 하전 입자 빔렛들이 변환 소자(1) 상에서 충돌하는 경우, 하나 이상의 광 스팟들은 하전 입자 빔렛들의 패턴에 대응하는 패턴으로 형성된다. 그 다음, 광 스팟들은 포톤 리셉터(5)를 이용하여, 선택적으로 광학 시스템(11)을 통해 검출되고, 그 다음, 계산 유닛이 하나 이상의 하전 입자 빔렛들의 빔 위치를 결정할 수 있다.

[0019] 변환 소자(1)는 형광 엘리먼트, 예를 들어, 형광판(fluorescent screen) 또는 섬광 엘리먼트, 예를 들어, 도핑된 YAG(yttrium aluminum garnet) 재료의 기관의 형태를 취할 수 있다. 이하, 본 발명의 실시예들은 변환 소자(1)로서 이용되는 YAG-스크린을 이용하여 설명될 것이며, 여기서 YAG-스크린은 YAG(1)로 지칭될 수 있다.

[0020] 광 리셉터(5)는 복수의 다이오드들, CCD(charged coupled device) 카메라 또는 CMOS(complementary metal-oxide semiconductor) 카메라와 같은 임의의 적합한 감광성 검출기를 포함할 수 있다. 이하, 포톤 리셉터(5)는 카메라(5)로 지칭될 수 있다. 추가적으로, 본 발명의 실시예들이 다른 타입들의 하전 입자들에 관하여 이용될 수 있지만, 이하, 본 발명의 실시예들은 전자들을 참조하여 논의될 것이다.

[0021] 빔렛 크기가 나노미터 범위인 전자 빔렛 디바이스들, 예를 들어, 전자 마이크로스코프들, 전자 빔 리소그래피 장치들 및 전자 빔 패턴 생성기들에서, 변환 소자(1)에 의한 변환에 의해 생성되는 광의 직접적 관측은, 해상도가 변환 소자(1)의 파장에 의해 제한되므로 전자 빔렛의 위치와 같은 특성들의 결정을 가능하게 하기에는 불충분하다. 정확도를 개선하기 위해, 전자 빔렛은 날카로운 에지들(나이프 에지(knife edge)들)로 추가로 지칭됨)이 제공된 전자 차단 구조에 걸쳐 스캔될 수 있다. 나이프 에지가 제공된 변환 소자를 이용하는 센서의 예는, 특허 출원 US 2007/057204(이로써 그 전체 내용이 인용에 의해 포함됨)에서 설명된다.

[0022] 도 2a는 전자 차단 구조가 제공된 전자 빔렛 수용 표면을 포함하는 YAG(1)의 단면을 개략적으로 도시한다. 전자 차단 구조는, 전자들을 차단할 수 있는 층(18)이 제공된 전자 차단 영역들을 포함한다. 차단 층(18)은 금속층일 수 있다. 전자들을 차단하는데 적합한 금속은 텅스텐(tungsten)이다. 차단 영역들 사이에 비-차단 영역들이 있다. 전자 차단 구조의 비-차단 영역 상에 충돌하는 전자 빔(22)은 실제로, YAG의 평면 상의 코팅 또는 YAG(1)의 표면 상에 충돌한다.

[0023] 전자들을 차단하기 위한 위치들 내에서, 차단 층(18) 외에, 추가 층(21)이 존재할 수 있다. 추가 층(21)은 금속층일 수 있으며, 차단 층(18)의 에지 선명도(edge sharpness)를 증가시킬 목적으로 제공될 수 있다. 이것은 차단 층 에칭 프로세스에 대해 저항력있는 추가 층 재료를 선택함으로써 달성된다. 텅스텐이 차단 층 재료로서 선택될 때, 추가 층(21)에 적합한 재료는 크롬이다.

[0024] YAG(1)는 전도 코팅 층(20)으로 코팅될 수 있다. 이 코팅의 목적은 유입 하전 입자 빔렛들의 결과로서 YAG(1)의 충전을 방지하는 것이다. 코팅은 또한, 배경 방사 차단을 위해 이용될 수 있다. 코팅 층(20)에 적합한 재료들은 알루미늄 및 타타늄을 포함한다.

[0025] 앞서 언급된 바와 같이, 전자 빔(22)의 위치를 결정하기 위해, 전자 빔(22)은 YAG(1) 상에 (도 2a에서는 X-방향으로 표시된 방향으로) 제공된 차단 구조 위에서 스캔될 수 있다. 이에 응답하여, YAG(1) 내에서 생성되는 광은 카메라에 의해 검출될 수 있다. 이러한 스캐닝 및 검출 동작의 예시적인 결과가 도 2b에 개략적으로 도시된다.

[0026] 도 2b는 변환 소자(1)의 표면 위에서 전자 빔(22)의 x-위치의 함수로써 변환 소자(1)에 의해 방출된 광의 세기를 표현하는 그래프를 도시한다. 전자 빔(22)이 비-차단 영역에 전체적으로 포지셔닝될 때 최대 응답이 관측되고, 전자 빔(22)이 차단 영역의 상부 상에 전체적으로 포지셔닝되면 최소 광이 생성된다. 나이프 에지의 크로싱은 광 세기의 가파른 변화를 초래한다.

[0027] 미리 결정된 방향으로의 전자 빔의 스캔 시, 전자 빔렛은 나이프 에지를 크로싱하면서 2가지 타입들의 상황들에 당면할 수 있다. 첫 번째 상황에서, 빔렛은 차단 영역으로부터 비-차단 영역으로의 트랜지션(transition)을 경험한다. 제2 상황에서, 빔렛은 비-차단 영역으로부터 차단 영역으로의 트랜지션을 경험한다.

[0028] 제1 상황에 대응하는 트랜지션 동안 당면되는 나이프 에지들은 제1 타입의 나이프 에지들로 지칭될 수 있다. 이와 유사하게, 제2 상황에 대응하는 트랜지션 동안 당면되는 나이프 에지들은 제2 타입의 나이프 에지들로 지칭될 수 있다. 따라서, 나이프 에지의 타입은 측정될 빔렛의 스캐닝 방향에 의존한다. "유사한 타입의 나이프 에지들"에 대해 참조가 이루어지면, 이것은 수반되는 모든 나이프 에지들이 제1 타입의 나이프 에지들에 관련되거나 제2 타입의 나이프 에지들에 관련된다는 것을 의미한다.

[0029] 변환 소자 표면의 전자-수용 표면 상에 제공된 나이프 에지 패턴의 정보는 빔 위치의 결정을 허용한다. 도 2b

에 도시된 바와 같이, 빔렛 위치는 x 방향으로 변환 소자의 표면에 걸쳐 빔렛을 스캔하고, 변환 소자에 의해 방출된 광의 세기가 최대 값으로부터 최소 값으로 또는 최소 값으로부터 최대 값으로 변화하는 위치를 측정함으로써 측정될 수 있다. 예를 들어, 세기가 최대 값으로부터 최소 값으로 변화할 때, 이것은 빔렛이 x 방향으로 비-차단 영역으로부터 차단 영역으로 트랜지션하여 나이프 에지 위에서 스캔된다는 것을 표시한다. 그러나, 빔렛이 어떤 나이프 에지에 로케이팅(locate)되어 있는지에 대한 불확실성이 존재할 수 있다.

[0030] 도 2b에 도시된 측정 및 빔렛 위치 측정들의 논의는 일반적으로, 수반되는 차단 및 비-차단 영역의 폭들보다 더 작은 치수들을 갖는 빔렛에 관련된다는 점이 주목된다. 이 치수들 및 폭들은 이용되고 있는 스캐닝 방향에 평행한 방향을 따라 취해진다.

[0031] 도 3a 및 도 3b는 본 발명의 일부 실시예들에서 이용될 수 있는 2개의 서로 다른 2차원 차단 패턴들의 상면도를 개략적으로 도시한다. 2차원 차단 패턴들 모두는 실질적으로 원형인 복수의 피쳐들을 포함한다. 도 3a에서, 원형 피쳐들은 투과성 표면의 상부 상의 차단 피쳐들인 반면, 도 3b의 2차원 차단 패턴은 복수의 실질적으로 원형 어퍼처들이 제공된 비-차단 층에 의해 형성된다. 바람직하게, 원형 피쳐들 간의 피치(pitch)는 도 10 및 도 11을 참조하여 논의될 바와 같이, 멀티-빔렛 노출 장치에서 제공되는 빔렛들의 피치에 대응한다.

[0032] 도 4는 복수의 측정 배열들의 대표도를 개략적으로 도시하는데, 각각의 측정 배열은 2차원 차단 패턴, 예를 들어, 도 3a 또는 도 3b에 도시된 바와 같은 차단 패턴의 선택된 부분 상에서 취해진 측정을 표현한다. 각각의 측정에서, 피쳐(43)가 하전 입자 빔렛에 노출된다. 피쳐를 노출하는 것은, 예를 들어, 빔렛을 턴온/턴오프함으로써 또는 빔렛을 이용하여 2차원 스캔을 실행하면서 빔렛이 통과하게 하거나 빔렛을 차단함으로써, 하전 입자 빔렛에 의해, 2차원 패턴이 형성된다는 것을 의미한다. 각각의 측정에 있어서, 피쳐가 노출되는 위치는 다르다. 서로 다른 측정 배열들에서의 피쳐의 위치들은 그리드 셀들(41)을 갖는 2차원 그리드의 형태를 개략적으로 취하는 도 4에서 2차원 그리드를 형성한다. 각각의 배열에서, 노출되는 피쳐(43)는 서로 다른 그리드 셀(41)에 중심을 둔다. 도 4에 도시된 예시적인 2차원 그리드는 $7 \times 7 = 49$ 개의 그리드 셀들(41)을 포함한다.

[0033] 예를 들어, 좌측 최상부 배열은, 2차원(7×7) 그리드에서의 제1 행 및 제1 열에 의해 형성된 그리드 셀(41)에 그 중심이 노출되어 있는 피쳐(43)를 도시한다. 이와 유사하게, 우측 최하부 배열은, 2차원(7×7) 그리드에서의 마지막 행 및 마지막 열에 의해 형성된 그리드 셀(41)에 그 중심이 노출되어 있는 피쳐(43)를 도시한다. 간략성을 위해, 모든 가능한 49개의 배열들이 도시되는 것이 아니라, 단지, 노출되는 피쳐 위치들이 2차원(7×7) 그리드에서 제1, 제4 또는 제7 행 및 제1, 제2, 제5 또는 제7 열에 의해 형성된 그리드 셀들(41)에 대응하는 배열들만이 도시된다.

[0034] 2차원 그리드는 센서 표면 영역 상에 제공된 빔렛 차단 및 비-차단 영역들의 2차원 패턴의 부분 상에 투영된다. 센서는 하전 입자들의 에너지를 광으로 변환하기 위한 변환 소자를 포함한다. 변환 소자에 의해 생성된 광은 2차원 패턴 내에서 비-차단 영역들을 통해 투과되는 하전 입자들에 응답하여 수용된다. 수용된 광은 CCD-카메라와 같은 감광성 검출기를 이용하여 광 세기 값으로 변환될 수 있다.

[0035] 각각의 측정에서, 광 세기 값은 수용된 광의 변환에 의해 유도된다. 그 다음, 광 세기 값은 노출되는 피쳐가 중심에 있었던 그리드 셀(41)에 할당된다. 그 결과, 이 예에서, $7 \times 7 = 49$ 개의 광 세기 값들이 획득될 수 있다.

[0036] 예를 들어, 도 4에 도시된 배열들을 생성하기 위해 서로 다른 위치들에서의 측정들을 취하는 것은 서로 다른 방식으로 달성될 수 있다. 하나의 방식은 측정들 사이에서 2차원 패턴을 이동시키는 것일 수 있다. 예를 들어, 도 4에서, 도 4의 좌측 상단 측정 배열(행 1, 열 1)로부터 시작하여, 2차원 패턴은, 단일 그리드 셀(41)의 폭에 대응하는 거리만큼 이동되어, 좌측 상단 측정 배열(즉, 2차원 그리드의 제1 행 및 제2 열에 의해 형성된 그리드 셀(41) 내에 중심을 둔 빔렛 투영을 갖는 측정 배열)에 인접한 측정 배열에 도달할 수 있다.

[0037] 서로 다른 위치들에서 측정들을 취하는 다른 방식은, 하나 이상의 정전기 편향기(electrostatic deflector)들을 이용하는 것에 의해 이루어진다. 취해질 다음 측정에 대한 원하는 그리드 셀 상에 빔렛이 중심을 두도록 측정들 사이에서 빔렛을 적합하게 편향시킴으로써, 2차원 이미지가 생성될 수 있다.

[0038] 측정을 취하는 또 다른 방식은 노출 장치의 기록 방식을 이용하는 것이다. 통상적으로, 기록 방식은 미리 결정된 경로를 따른, 표면 위에서의 빔렛들의 이동을 포함한다. 빔렛을 변조함으로써(온 또는 오프), 패턴은 표면 상에 기록된다. 빔렛 이동은 하나 이상의 정전기 편향기들에 의한 타겟 표면 및/또는 편향 이동에 관한 빔의 기계적 이동을 포함할 수 있다. 스캔 경로의 일부 동안 빔렛이 2차원 패턴을 노출하게 허용하면서 2차원 패턴 위에서 2차원 경로를 따라 빔렛을 스캔함으로써, 측정이 취해질 수 있다. 이러한 스캐닝이 반복적으로 실행되면, 2차원 패턴이 노출되는 스캔 경로 부분은 각각의 측정에 대해 다르지만, 도 4에 도시된 바와 같은 측정 배열

열들의 시퀀스가 형성되고, 그리드 위치의 함수로써 세기 값들의 2차원 이미지가 생성될 수 있다.

- [0039] 도 5는 2차원 그리드가 투영될 수 있는 2차원 패턴의 예를 개략적으로 도시한다. 이 특정 예에서, 2차원 패턴은 비-차단 원형 영역(52)(어퍼처(52)로 추가로 지칭됨)을 포함하는 차단 층(51)에 의해 형성된다. 이러한 2차원 패턴을 이용하여, 감광성 검출기에 의해 수용된 광 세기는 어퍼처(52) 및 하전 입자 빔렛(43)이 상호 간에 정렬되는 측정 위치에서 최대 세기 값에 도달한다. 도 5의 2차원 패턴이, 도 4에 도시되고 도 4를 참조하여 설명된 바와 같이, 복수의 측정들에 이용되고, 빔렛의 위치가 완벽히 예상된 것이라면, 2차원 그리드에서 제4 행 및 제4 열에 의해 형성된 그리드 셀(41)에 대응하는 위치에서 투영된 빔렛(43)에 대해 최대 세기 값이 획득된다. 결국, 이 그리드 셀은 어퍼처(52)의 상단 상에 완전히 속할(fall) 것이다. 그러나, 빔렛이 약간 서로 다른 위치에 있다면, 서로 다른 위치에 있는 투영된 빔렛(43)에 대해 최대 세기가 획득될 수 있다.
- [0040] 바람직하게, 어퍼처들(52)은 센서 표면 상의 노출 동안 빔렛(43)의 예상된 투영 크기와 동일한 크기를 갖는다. 이러한 유사한 크기는, 측정의 민감도를 증가시키는데, 이는 상호 간의 완벽한 정렬 위치로부터의 작은 이탈이 이미 검출된 광 세기 값의 구별가능한 감소를 야기하기 때문이다.
- [0041] 2차원 패턴 상에서 취해지는 복수의 측정들은 그리드 위치의 함수로써 광 세기를 보여주는 2차원 이미지의 생성을 가능하게 한다. 이제, 서브-그리드 셀 정확도를 갖는 어퍼처(52)에 관하여 빔렛(43)의 실제 위치를 획득하기 위해, 피팅 알고리즘이 결과적인 2차원 이미지에 적용될 수 있다. 이러한 피팅 알고리즘은 2차원(2D) 가우스를 2차원 이미지 상으로 피팅하는 것을 포함할 수 있다. 발명자들은, 그 상호 간의 정렬 범위의 함수로써 센서 표면 상에 실질적으로 원형인 빔렛 투영을 갖는 실질적으로 원형인 어퍼처의 컨볼루션이 2D 가우스를 많이 닮았다는 것을 인지하였다.
- [0042] 본 발명의 실시예들은 단일 피쳐, 즉, 어퍼처(52)를 갖는 2차원 패턴 및 단일 빔렛(43)을 참조하여 설명되었다. 그러나, 본 발명의 일부 실시예들은 또한, 복수의 빔렛들의 빔렛 위치를 결정하는데 이용될 수 있다. 이러한 경우, 2차원 패턴은 어퍼처들과 같은 복수의 피쳐들을 포함할 수 있고, 각각의 빔렛은 서로 다른 피쳐에 관하여 측정된다.
- [0043] 도 6은 복수의 빔렛들(61, 62)의 배열을 개략적으로 도시한다. 도 7은 하전 입자 차단 층(72)에서 복수의 어퍼처들(71)의 2차원 패턴(70)을 개략적으로 도시한다. 도 7의 2차원 패턴(70)에서 어퍼처들(71) 상에서 투영된 2차원 그리드들에 관련하여 도 4를 참조하여 논의된 바와 같이, 측정들을 수행함으로써 도트 표면(dotted surface)에 의해 개략적으로 표시된 빔렛들(61)의 위치들이 결정된다.
- [0044] 도 6은 단지 선택된 빔렛들(61)만이 측정 방법으로 처리되는 것을 표시하지만, 또한 요컨대(thus), 현재 선택되지 않은 빔렛들(62)을 포함하는 모든 빔렛들(61, 62)을 이용하는 것이 가능하다. 그러나, 측정 방법에서 빔렛들(61)의 선택을 이용하는 것은 각각의 선택된 빔렛의 위치를 결정하는데 프로세싱 전력이 덜 요구된다는 이점을 갖는다. 게다가, 특히, 빔렛들 사이의 피치 P가 아주 작으면, 예를 들어, 50 nm 미만이면, 충분히 정확한 2차원 패턴을 제조하는 것은 비교적 복잡하고 비용이 많이 든다. "피치"라는 표현은 미리 결정된 방향, 일반적으로 멀티-빔렛 노출 장치의 기계적 스캔 방향에 실질적으로 직각인 방향으로 2개의 인접한 빔렛들 간의 공칭 거리(nominal distance)를 의미하는 것이 이해될 것이다. 2차원 패턴의 제조 요건들을 감소시키는 것은 측정의 참여를 위해 모든 각각의 다른 빔렛(61)을 선택함으로써 달성될 수 있다. 그 다음, 다른 빔렛들(62)의 위치들은, 예를 들어, 이웃하는 선택된 빔렛들(61)의 측정된 위치들에 적용된 보간 기법들을 이용함으로써, 추정될 수 있다.
- [0045] 게다가, 복수의 빔렛들(61)의 병렬 측정(parallel measurement)은 빔렛들(61)이 일부분인 서브빔의 위치의 결정을 야기할 수 있다. 병렬로 다수의 측정들의 이용은 서브빔 위치 측정의 신호 대 잡음비를 증가시킨다.
- [0046] 이론상으로, 다중 빔렛 노출 시스템에서의 빔렛들은 공지된 설계에 따라 이격된다. 결과적으로, 설계 내에서의 개별 빔렛들 간의, 예를 들어, 가설적으로 완전한 시스템의 x 및 y 좌표들로서 정의된 공칭 벡터 거리가 인지된다. 이 정보는 스티칭(stitching)을 제어하는데 이용될 수 있다. 그러나, 실제적 제한들로 인하여, 빔렛들 간의 실제 벡터 거리는 공칭 벡터 거리와 동일하지 않다. 결과적으로, 소위 스티칭 에러들이 발생할 수 있다. 스티칭 에러는 빔렛 패턴링 표면의 공칭 위치와 실제 위치 사이의 벡터 이탈로서 정의될 수 있다.
- [0047] 위에서 논의된 측정 방법들은 추가로, 변환 소자의 하전 입자 수용 표면의 표면 평면에서 제1 빔렛과 제2 빔렛 간의 실제 벡터 거리를 결정하는데 이용될 수 있다. 게다가, 2개의 빔렛들 간의 공칭 벡터 거리로부터의 이탈이 유도될 수 있다. 2개의 빔렛들 간의 실제 벡터 거리를 결정하는 것, 또는 추가적으로 또는 대안적으로, 2개의 빔렛들 간의 공칭 벡터 거리로부터의 이탈을 결정하는 것은 각각의 빔렛들을 이용하여 멀티-빔렛 노출 장치

내에 타겟 표면을 노출하는 것으로부터 발생하는 스티칭 에러를 예측하는데 유용할 수 있다. 실제 벡터 거리가 인지되면, 제어 데이터는, 이 빔렛들에 관하여 공칭 벡터 거리를 측정된 실제 벡터 거리로 대체함으로써 보정될 수 있다. 공칭 벡터 거리로부터의 이탈이 인지되면, 각각의 빔렛들 중 적어도 하나의 빔렛의 제어 데이터를 보정함으로써 적절한 보상이 준비(arrange)될 수 있다.

- [0048] 제1 빔렛과 제2 빔렛 간의 실제 벡터 거리를 결정하기 위한 방법의 실시예들은 다음을 포함할 수 있다. 먼저, 제1 빔렛의 빔렛 위치는 하전 입자 멀티-빔렛 노출 장치에서 빔렛 위치를 결정하기 위한 전술된 방법의 실시예를 이용하여 결정된다. 그 다음, 2차원 패턴은 미리 결정된 벡터 거리 위에서 센서 표면 평면과 실질적으로 평행한 방향으로 전사된다. 미리 결정된 벡터 거리는 센서의 하전 입자 수용 표면의 표면 평면에서 미리 결정된 방향의 미리 결정된 거리로 정의된다. 미리 결정된 거리는 일반적으로, 제1 빔렛과 제2 빔렛 간의 이론상 거리에 대응한다. 이와 유사하게, 미리 결정된 방향은 일반적으로, 제1 빔렛으로부터 시작하여 제2 빔렛이 예상될 방향에 대응한다.
- [0049] 통상적으로, 2차원 패턴을 전사하는 것은 제1 빔렛 및 제2 빔렛에 의한 2차원 패턴의 노출을 배열하기 위한 가장 쉬운 방식이다. 그러나, 미리 결정된 벡터 거리 위에서 제2 빔렛을 전사하는 것 또는 서로에 관하여 2차원 패턴과 빔렛들 사이에서의 상대적 이동을 허용하는 것이 또한 실현가능할 수 있다.
- [0050] 그 다음, 제2 빔렛의 빔렛 위치는 하전 입자 멀티-빔렛 노출 장치에서 빔렛 위치를 결정하기 위한 전술된 방법의 실시예를 이용하여 결정된다. 그래서, 복수의 측정들이 서로 다른 위치들에서 취해지는데, 여기서 측정 위치들은 2차원 그리드를 형성하고, 각각의 측정은, 제2 빔렛에 2차원 패턴의 부분을 노출하는 것, 하전 입자들이 2차원 패턴의 비-차단 영역들을 통해 투과되는 제2 빔렛의 부분임에 응답하여 변환 소자에 의해 생성된 광을 수용하는 것, 및 감광성 검출기에 의해, 수용된 광을 추가 광 세기 값으로 변환하는 것을 포함한다. 그 다음, 제2 빔렛의 위치는 2차원 그리드 내에서의 서로 다른 위치들에서 추가 광 세기 값들에 의해 생성된 추가 2차원 이미지를 기반으로 2차원 패턴에 관하여 결정된다.
- [0051] 마지막으로, 제1 빔렛과 제2 빔렛 간의 실제 거리는 제1 빔렛의 결정된 빔렛 위치, 제2 빔렛의 결정된 빔렛 위치 및 미리 결정된 벡터 거리를 기반으로 결정된다.
- [0052] 다시, 2개의 빔렛들 간의 실제 거리의 결정과 더불어, 이러한 결정은 복수의 빔렛들 내에서 다수의 빔렛 페어들에 대해 병렬로 수행될 수 있다. 이러한 병렬 측정은 수행되고 있는 측정들의 신호 대 잡음비를 개선할 것이다.
- [0053] 도 8은 하전 입자 멀티-빔렛 리소그래피 시스템(80)의 실시예의 단순화된 개략적 도면을 도시한다. 리소그래피 시스템(80)은 적합하게, 복수의 빔렛들을 생성하는 빔렛 생성기, 변조 빔렛들을 형성하기 위해 빔렛들을 패터닝하는 빔렛 변조기, 및 변조 빔렛들을 타겟의 표면 상으로 투영하기 위한 빔렛 프로젝터를 포함한다.
- [0054] 빔렛 생성기는 통상적으로, 소스 및 적어도 하나의 빔 스플리터(splitter)를 포함한다. 도 8의 소스는, 실질적으로 균질한 확장 하전 입자 빔(84)을 생성하도록 배열된 하전 입자 소스(83)이다. 이하, 리소그래피 시스템의 동작은 전자 빔(84)을 생성하도록 배열된 전자 소스(83)를 참조하여 논의될 것이다.
- [0055] 도 8에서, 전자 소스(83)로부터의 전자 빔(84)은 전자 빔(84)을 콜리메이팅(collimate)하기 위한 콜리메이터 렌즈(85)를 통과한다. 콜리메이터 렌즈(85)는 임의의 타입의 콜리메이팅 광학 시스템일 수 있다. 후속적으로, 전자 빔(84)은 빔 스플리터, 도 8의 실시예에서는 어퍼처 어레이(aperture array)(86) 상에 충돌한다(impinge). 어퍼처 어레이(86)는 바람직하게, 스루-홀들을 갖는 플레이트(plate)를 포함한다. 어퍼처 어레이(86)는 빔(84)의 일부를 차단하도록 배열된다. 추가적으로, 복수의 병렬 전자 빔렛들(87)을 생성하기 위해, 어레이(86)는 복수의 빔렛들(87)이 통과되게 허용한다.
- [0056] 더 많거나 더 적은 빔렛들이 생성되는 것이 물론 가능하더라도, 도 8의 리소그래피 시스템(80)은 많은 개수의 빔렛들(87), 바람직하게 약 10,000개 내지 약 1,000,000개의 빔렛들을 생성한다. 전자 빔(84)으로부터 서브빔들을 생성하기 위해 그리고 서브빔으로부터 전자 빔렛들(87)을 생성하기 위해, 제2 어퍼처 어레이가 시스템에서 부가될 수 있다. 이는, 추가 다운스트림으로 서브빔들의 조작을 허용하고, 이는 특히 시스템의 빔렛들의 개수가 5,000개 이상일 때 시스템 동작에 유익한 것으로 드러난다.
- [0057] 빔렛 변조기는 통상적으로, 복수의 블랭커들의 어레이지먼트를 포함하는 빔렛 블랭커 어레이(89)를 포함한다. 통상적으로, 빔렛 블랭커 어레이(89)는 빔렛 정지 어레이(90)와 협력한다. 블랭커들은 전자 빔렛들(87) 중 하나 이상을 편향시킬 수 있다. 본 발명의 실시예들에서, 블랭커들은 더욱 구체적으로, 제1 전극, 제2 전극 및 어퍼처가 제공된 정전기 편향기들이다. 그 다음, 전극들은 어퍼처 양단에 전기장을 생성시키기 위해 상기 어퍼

처의 반대 면들 상에 위치된다. 일반적으로, 제2 전극은 접지 전극, 즉, 접지 전위에 연결된 전극이다. 블랭커 어레이(89)의 평면 내에서 전자 빔들(87)을 포커싱하기 위해, 리소그래피 시스템은 콘덴서 렌즈 어레이(condenser lens array)를 더 포함할 수 있다.

[0058] 도 8의 실시예에서, 빔렛 정지 어레이(90)는 빔렛들이 통과되게 허용하기 위한 어퍼처들의 어레이를 포함한다. 그 기본 형태의 빔렛 정지 어레이(90)는, 스루-홀들, 즉 다른 형상들이 또한 이용될 수 있더라도 통상적으로 둥근 홀들이 제공된 기판을 포함한다. 빔렛 블랭커 어레이(89) 및 빔렛 정지 어레이(90)는, 빔렛들(87)을 차단하거나 통과되게 하기 위해 함께 동작한다. 일부 실시예들에서, 빔렛 정지 어레이(90)의 어퍼처들은 빔렛 블랭커 어레이(89)에 있는 정전기 편향기들의 어퍼처들과 정렬된다. 빔렛 블랭커 어레이(89)가 빔렛을 편향시키면, 상기 빔렛은 빔렛 정지 어레이(90)에 있는 대응하는 어퍼처를 통과하지 않을 것이다. 대신에, 상기 빔렛은 빔렛 차단 어레이(90)의 기판에 의해 차단될 것이다. 빔렛 블랭커 어레이(89)가 빔렛을 편향시키지 않으면, 상기 빔렛은 빔렛 정지 어레이(90)에 있는 대응하는 어퍼처를 통과할 것이다. 일부 대안적인 실시예들에서, 빔렛 블랭커 어레이(89)와 빔렛 정지 어레이(90) 사이의 협력은, 블랭커 어레이(89)에서의 편향기에 의한 빔렛의 편향이, 빔렛 정지 어레이(90)에서의 대응하는 어퍼처를 통한 상기 빔렛의 통과를 야기하고, 반면에 비-편향이 빔렛 정지 어레이(90)의 기판에 의한 봉쇄를 야기하도록 이루어진다.

[0059] 빔렛 변조기는 제어 유닛(100)에 의해 제공된 입력에 기초하여 패턴을 빔렛들(87)에 추가하도록 배열된다. 제어 유닛(100)은 시스템의 나머지로 부터 원격으로, 예를 들어, 클린 룸(clean room)의 내부 부품의 밖에 위치될 수 있다. 제어 시스템(100)은 액추에이터 시스템(96)에 추가로 연결될 수 있다. 액추에이터 시스템은 전자-광학 칼럼(column), 즉, 타겟 포지셔닝 시스템(104) 및 도 8에서 점선(98)으로 표현된 빔렛들을 생성 및 투영하기 위한 리소그래피 시스템(80)의 컴포넌트들의 상대적 이동을 실행하도록 배열된다.

[0060] 광섬유들을 이용하여, 패턴 데이터를 홀딩하는 변조 광 빔들(94)이 빔렛 블랭커 어레이(89)에 투과(transmit)된다. 더 구체적으로, 광섬유 어레이(95)의 광섬유 엔드 부분으로부터의 변조 광 빔들(94)은, 예를 들어, 하나 이상의 렌즈들(97)을 이용함으로써, 빔렛 블랭커 어레이(89) 상에 위치된 대응하는 감광성 엘리먼트들 상에 투영된다. 감광성 엘리먼트들은, 광 신호를 서로 다른 타입의 신호, 예를 들어, 전기 신호로 변환하도록 배열될 수 있다. 변조 광 빔(94)은, 대응하는 감광성 엘리먼트에 커플링되는 하나 이상의 블랭커들을 제어하기 위한 패턴 데이터의 부분을 전달한다. 일부 실시예들에서, 광 빔(94)은, 적어도 부분적으로, 광학 도파관(optical waveguide)에 의해 감광성 엘리먼트들 쪽으로 전달될 수 있다.

[0061] 빔렛 변조기에서 나오는 변조 빔렛들은 빔렛 프로젝터에 의해 타겟(93)의 타겟 표면 상에 스팟으로서 투영된다. 빔렛 프로젝터는 통상적으로, 타겟 표면 위에서 변조 빔렛들을 스캔하기 위한 스캐닝 편향기, 및 변조 빔렛들을 타겟 표면 상으로 포커싱하기 위한 투영 렌즈 시스템을 포함한다. 이러한 화합물(compound)들은 싱글 엔드 모듈 내에 존재할 수 있다.

[0062] 이러한 엔드 모듈은 바람직하게 삽입가능한, 교체가능한 유닛으로서 구성된다. 따라서, 엔드 모듈은 편향기 어레이(91) 및 투영 렌즈 어레이(92)를 포함할 수 있다. 또한, 삽입가능한, 교체가능한 유닛은 또한 빔렛 변조기에 대해 위에서 논의된 바와 같은 빔렛 정지 어레이(90)를 포함할 수 있다. 엔드 모듈을 떠난 이후, 빔렛들(87)은 타겟 평면에 포지셔닝된 타겟 표면 상에 충돌한다. 리소그래피 애플리케이션들에 대해, 타겟(93)은 보통, 하전-입자 감지 층 또는 레지스트 층이 제공된 웨이퍼를 포함한다.

[0063] 편향기 어레이(91)는, 빔렛 정지 어레이(90)를 통과한 각각의 빔렛(87)을 편향시키도록 배열된 스캐닝 편향기 어레이의 형태를 취할 수 있다. 편향기 어레이(91)는, 비교적 작은 구동 전압들의 인가를 가능케하는 복수의 정전기 편향기들을 포함할 수 있다. 편향기 어레이(91)가 투영 렌즈 어레이(92)의 업스트림으로 도시되더라도, 편향기 어레이(91)는 또한 투영 렌즈 어레이(92)와 타겟 표면 사이에 포지셔닝될 수 있다.

[0064] 투영 렌즈 어레이(92)는, 편향기 어레이(91)에 의한 편향 이전에 또는 이후에, 빔렛들(87)을 포커싱하도록 배열된다. 바람직하게, 포커싱은 지름이 약 10 내지 30 나노미터인 기하학적 스팟 크기를 야기한다. 이러한 바람직한 실시예에서, 투영 렌즈 어레이(92)는 바람직하게, 약 100 내지 500회, 가장 바람직하게는, 예를 들어, 300 내지 500회 범위에서 가능한 한 많이 축소화를 제공하도록 배열된다. 이러한 바람직한 실시예에서, 투영 렌즈 어레이(92)는 유리하게, 타겟 표면에 근접하게 위치될 수 있다.

[0065] 보통, 타겟 표면은 기판 위에 레지스트 필름을 포함한다. 레지스트 필름의 부분들은, 하전 입자들, 즉 전자들의 빔렛들의 적용에 의해 화학적으로 변형될 것이다. 그의 결과로서, 필름의 조사된 부분이 현상액에서 다소 용해성이 있을 것이어서, 웨이퍼 상에 레지스트 패턴이 야기된다. 웨이퍼 상의 레지스트 패턴은 후속하여, 기

저 층으로, 즉 반도체 제조 기술분야에서 알려진 바와 같은 구현, 에칭 및/또는 증착 단계들에 의해 전사될 수 있다.

[0066] 도 8에 도시된 시스템에서, 빔렛 위치를 결정하기 위해 서로 다른 위치들에서 측정들을 취하는 것은 하나 이상의 서로 다른 기법들을 이용함으로써 달성될 수 있다.

[0067] 첫 번째 가능성은 측정들 중에(in between) 2차원 패턴을 이동한다는 것이다. 도 8에서, 타겟 포지셔닝 시스템(104) 상에 2차원 패턴이 제공될 수 있다. 제어 시스템(100)의 제어 하에 액추에이터 시스템(96)을 이용하여 타겟 포지셔닝 시스템(104)을 이동시킴으로써, 2차원 패턴은 정확한 방식으로 대체될 수 있다.

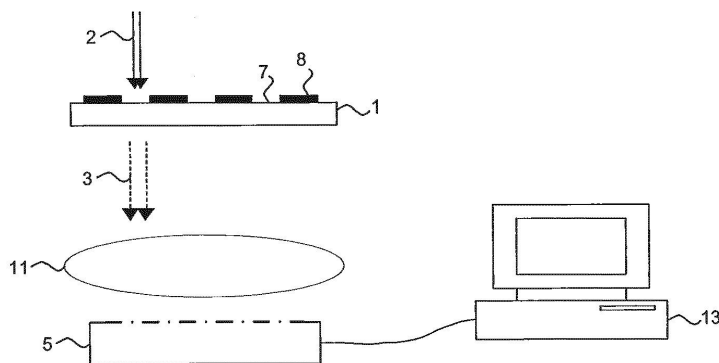
[0068] 2차원 패턴의 전술된 변위(displacement)와 결합될 수 있는 제2 옵션은 하나 이상의 정전기 편향기들의 이용이다. 그 다음, 서로 다른 위치들에서 측정들을 취하는 것은 빔렛을 적합하게 편향시킴으로써 달성될 수 있는데, 이 위치는 측정들 중에 결정될 것이다. 이러한 정전기 편향기들은 이미, 다른 목적들을 위해 하전 입자 멀티-빔렛 노출 장치에 존재할 수 있는데, 예를 들어, 하나 이상의 편향기들은 도 8의 시스템(80) 내의 편향기 어레이(91)의 일부분일 수 있다. 대안적으로, 하나 이상의 정전기 편향기들은 노출 장치에서 빔렛 위치를 결정하기 위해 제공된다.

[0069] 빔렛 위치를 결정하기 위해 서로 다른 위치들에서 측정들을 취하기 위한 또 다른 방식은 빔렛이 스캔 경로의 부분 동안 2차원 패턴을 노출하게 허용하면서 2차원 패턴 위에서 2차원 경로를 따라 빔렛을 스캔하는 것이다. 2차원 그리드(grid)에서 서로 다른 부분들을 형성하기 위해, 각각의 측정 동안, 2차원 패턴이 노출되는 스캔 경로 부분이 다르다.

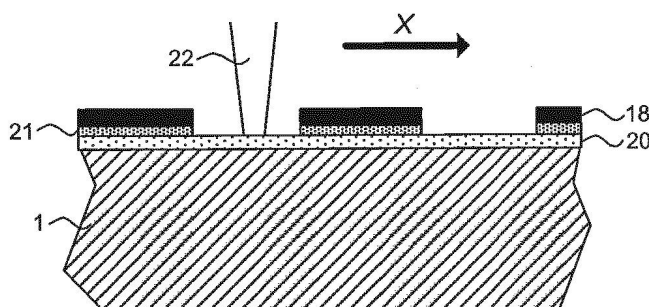
[0070] 본 발명은 위에서 논의된 특정 실시예들을 참조하여 설명되었다. 이러한 실시예들이 당해 기술 분야의 당업자들에게 잘 알려진 대안적 형태들 및 다양한 수정들을 허용가능하다는 것이 인지될 것이다. 본 발명의 사상 및 범위로부터 벗어나지 않고 본 명세서에 설명된 구조들 및 기법들에 위에서 설명된 수정들과 더불어 추가된 수정들이 이루어질 수 있다. 따라서, 특정 실시예들이 설명되었지만, 이들은 단지 예들일뿐이며, 첨부된 청구항들에서 정의되는 본 발명의 범위에 제한되지 않는다.

도면

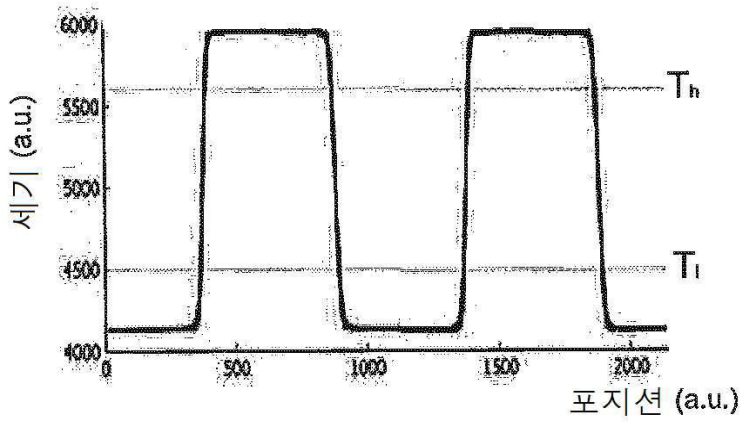
도면1



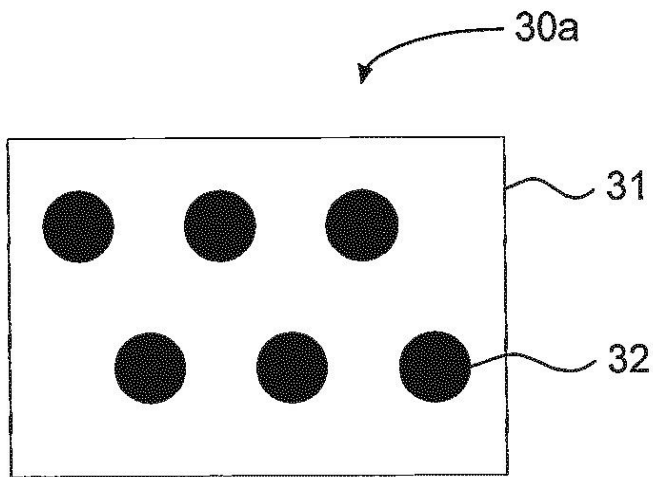
도면2a



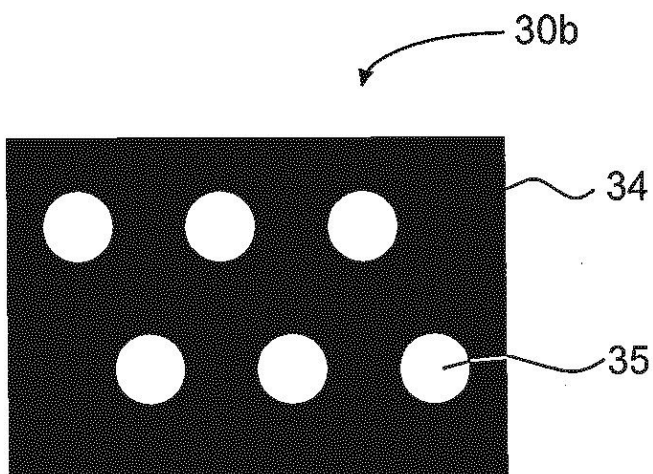
도면2b



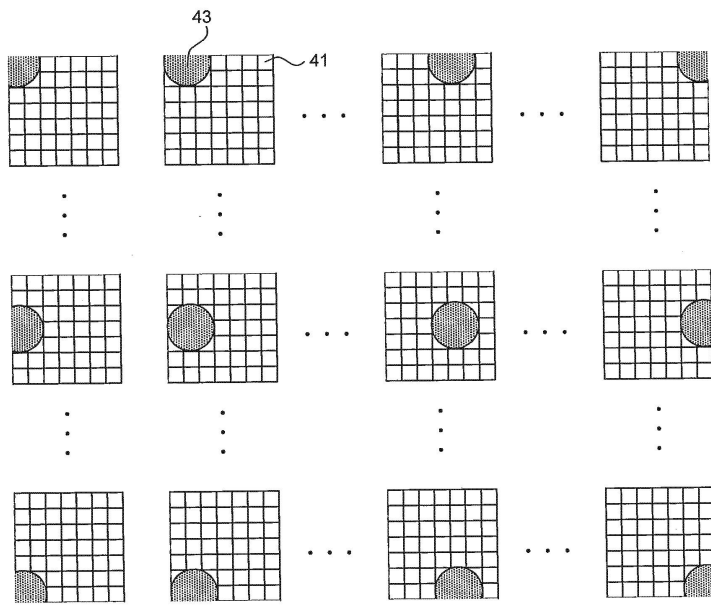
도면3a



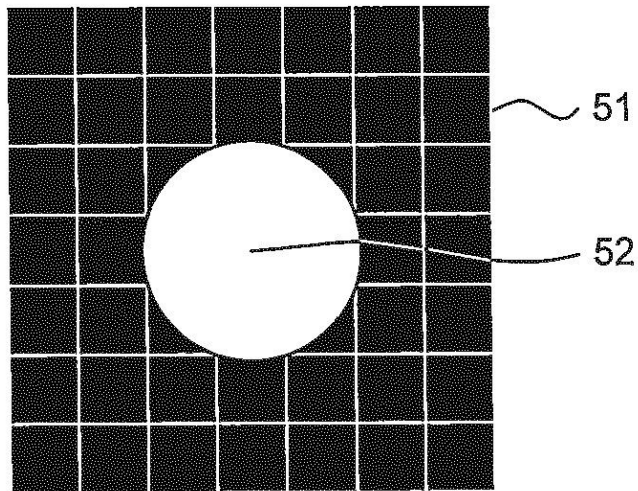
도면3b



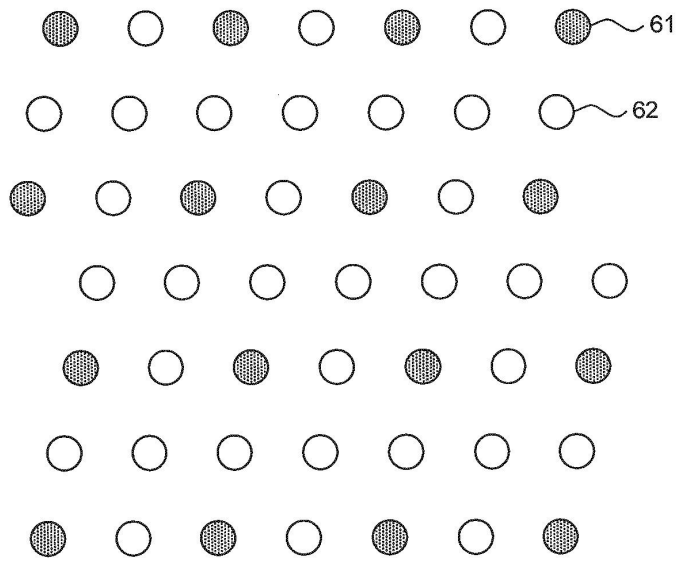
도면4



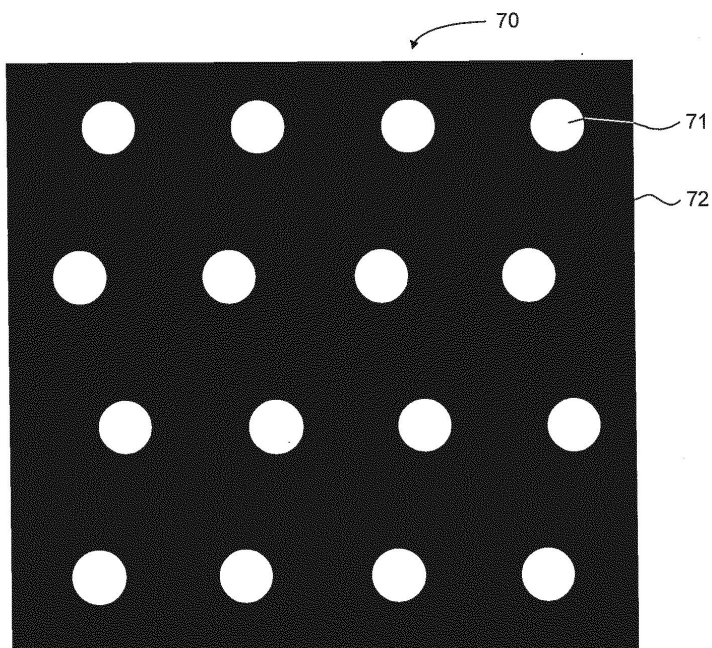
도면5



도면6



도면7



도면8

