



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2012-0020135
(43) 공개일자 2012년03월07일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 21/027 (2006.01) *G03F 7/20* (2006.01)
(21) 출원번호 10-2011-7028222
(22) 출원일자(국제) 2010년03월18일
심사청구일자 없음
(85) 번역문제출일자 2011년11월25일
(86) 국제출원번호 PCT/EP2010/053506
(87) 국제공개번호 WO 2010/124903
국제공개일자 2010년11월04일
(30) 우선권주장
61/172,886 2009년04월27일 미국(US)

(71) 출원인
에이에스엠엘 네델란즈 비.브이.
네델란드, 앤엘-5504 디알 벨드호펜, 데 룬 6501
(72) 발명자
스트리프케르크, 봄
네델란드 앤엘-5038 폐에 텔부르크 에스두른스트
라트 31
데 종, 로베르투스
네델란드 앤엘-5654 체익스 아인트호벤 타르티니
스트라트 43
(74) 대리인
특허법인화우

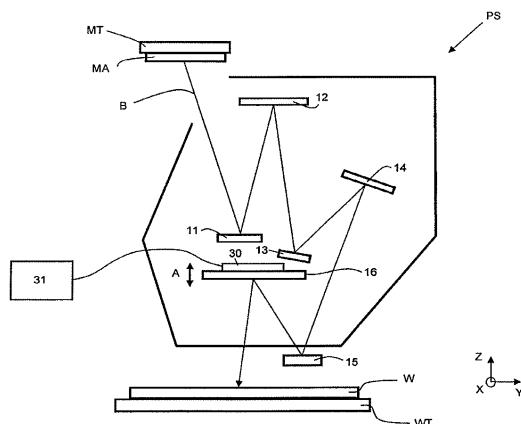
전체 청구항 수 : 총 36 항

(54) 발명의 명칭 리소그래피 장치 및 방법

(57) 요 약

복수의 거울들(12 내지 16)을 포함하는 투영 시스템(PS)을 갖는 EUV 리소그래피 장치를 이용하여 패터닝된 방사선 빔을 기판 상으로 투영하는 방법에 관한 것이다. 상기 방법은: 상기 투영 시스템(PS)의 최종 거울(16)을 상기 기판(W)의 표면에 실질적으로 수직인 방향으로 이동시키면서, 상기 패터닝된 방사선 빔을 기판(W) 상으로 투영하도록, 상기 투영 시스템(PS)을 사용하는 단계; 및 상기 거울의 이동으로 인해 상기 기판에 투영된 상기 패터닝된 방사선 빔의 원치않는 병진을 실질적으로 보상하도록, 상기 최종 거울(16)을 회전시키는 단계를 포함한다.

대 표 도 - 도2



특허청구의 범위

청구항 1

복수의 거울들을 포함하는 투영 시스템을 갖는 EUV 리소그래피 장치를 이용하여 패터닝된 방사선 빔을 기판 상으로 투영하는 방법에 있어서,

상기 투영 시스템의 최종 거울을 상기 기판의 표면에 실질적으로 수직인 방향으로 이동시키면서, 상기 패터닝된 방사선 빔을 기판 상으로 투영하도록 상기 투영 시스템을 사용하는 단계; 및

상기 거울의 이동으로 인해 상기 기판에 투영된 상기 패터닝된 방사선 빔의 원치않는 병진(unwanted translation)을 실질적으로 보상하도록, 상기 최종 거울을 회전시키는 단계를 포함하는 투영 방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 최종 거울의 회전은 상기 최종 거울의 이동과 동기화되는 투영 방법.

청구항 3

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

상기 리소그래피 장치는 스캐닝 이동으로 상기 투영 시스템에 대해 상기 기판을 이동시키는 스캐닝 장치이고, 상기 최종 거울의 회전은 상기 기판의 스캐닝 이동의 방향에 실질적으로 수직인 축을 중심으로 이루어지는 투영 방법.

청구항 4

제 1 항 내지 제 3 항 중 어느 한 항에 있어서,

노광 영역의 외측 부분에서의 방사선의 세기는 상기 노광 영역의 다른 부분들에서의 방사선의 세기보다 큰 투영 방법.

청구항 5

제 3 항에 있어서,

상기 기판의 스캐닝 이동의 속도는 시간 주기(T) 동안 상기 기판이 상기 패터닝 방사선 빔에 의해 정의된 노광 영역의 폭에 상응하는 거리를 이동하도록 되어 있고, 시간 주기(T) 동안 상기 최종 거울은 1 이상의 이동 사이클들을 통해 초기 위치로부터, 상기 초기 위치로부터 변위된 위치들로, 그리고 다시 상기 초기 위치로 이동하며, 상기 최종 거울은 상기 시간 주기(T)의 종료 시에 상기 초기 위치로 복귀되는 투영 방법.

청구항 6

제 3 항 또는 제 5 항에 있어서,

상기 기판의 스캐닝 이동의 속도는 시간 주기(T) 동안 상기 기판이 상기 패터닝 방사선 빔에 의해 정의된 노광 영역의 폭에 상응하는 거리를 이동하도록 되어 있고, 시간 주기(T) 동안 상기 최종 거울은 1 이상의 방위 사이클들을 통해 초기 방위로부터 회전된 방위로, 그리고 다시 상기 초기 방위로 이동하며, 상기 최종 거울은 상기 시간 주기(T)의 종료 시에 상기 초기 방위로 복귀되는 투영 방법.

청구항 7

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

상기 기판의 위치는 타겟부의 노광 시 상기 투영 시스템에 대해 고정되고, 상기 타겟부의 노광은 시간 주기(T)에 걸쳐 일어나며, 시간 주기(T) 동안 상기 최종 거울은 1 이상의 이동 사이클들을 통해 초기 위치로부터, 상기 초기 위치로부터 변위된 위치들로, 그리고 다시 상기 초기 위치로 이동하며, 상기 최종 거울은 상기 시간 주기

(T)의 종료 시에 상기 초기 위치로 복귀되는 투영 방법.

청구항 8

제 2 항 또는 제 7 항에 있어서,

상기 기판의 위치는 타겟부의 노광 시 상기 투영 시스템에 대해 고정되고, 상기 타겟부의 노광은 시간 주기(T)에 걸쳐 일어나며, 시간 주기(T) 동안 상기 최종 거울은 1 이상의 방위 사이클들을 통해 초기 방위로부터 회전된 방위로, 그리고 다시 상기 초기 방위로 이동하며, 상기 최종 거울은 상기 시간 주기(T)의 종료 시에 상기 초기 방위로 복귀되는 투영 방법.

청구항 9

제 5 항 또는 제 6 항에 있어서,

상기 최종 거울의 상기 초기 위치는 상기 최종 거울의 이동 사이클 동안 상기 최종 거울이 통과하는 일정 범위의 위치들 중 하나의 극단(extreme)에 있는 투영 방법.

청구항 10

제 1 항 내지 제 9 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 투영 시스템은 적어도 4 개의 거울들을 포함하는 투영 방법.

청구항 11

제 10 항에 있어서,

상기 투영 시스템은 6 개의 거울들을 포함하는 투영 방법.

청구항 12

복수의 거울들을 갖는 투영 시스템, 및 기판을 지지하도록 구성된 기판 테이블을 포함하는 EUV 리소그래피 장치에 있어서,

상기 투영 시스템의 최종 거울은 패터닝된 방사선 빔을 상기 기판 상으로 지향시키도록 배치되며,

상기 장치는 상기 투영 시스템의 상기 최종 거울을 상기 기판의 표면에 실질적으로 수직인 방향으로 이동시키도록 구성되고, 상기 거울의 이동으로 인해 상기 기판에 투영된 상기 패터닝된 방사선 빔의 원치않는 병진을 실질적으로 보상하는 방식으로 상기 최종 거울을 회전시키도록 구성된 액추에이터를 더 포함하는 EUV 리소그래피 장치.

청구항 13

제 12 항에 있어서,

상기 액추에이터는 상기 최종 거울의 이동과 상기 최종 거울의 회전을 동기화하도록 구성되는 EUV 리소그래피 장치.

청구항 14

제 12 항 또는 제 13 항에 있어서,

상기 리소그래피 장치는 스캐닝 이동으로 상기 투영 시스템에 대해 상기 기판을 이동시키도록 배치된 스캐닝 장치이고, 상기 최종 거울의 회전은 상기 기판의 스캐닝 이동의 방향에 실질적으로 수직인 축을 중심으로 이루어지는 EUV 리소그래피 장치.

청구항 15

제 12 항 내지 제 14 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 액추에이터는 상기 최종 거울의 초기 위치가 상기 최종 거울의 이동 사이클 동안 상기 최종 거울이 통과하는 일정 범위의 위치들 중 하나의 극단에 있도록 구성되는 EUV 리소그래피 장치.

청구항 16

제 12 항 내지 제 15 항 중 어느 한 항에 있어서,
상기 투영 시스템은 적어도 4 개의 거울들을 포함하는 EUV 리소그래피 장치.

청구항 17

제 16 항에 있어서,
상기 투영 시스템은 6 개의 거울들을 포함하는 EUV 리소그래피 장치.

청구항 18

제 12 항 내지 제 17 항 중 어느 한 항에 있어서,
상기 액추에이터는 고주파 구성요소들 및 저주파 구성요소들을 포함하는 제어 시스템에 의해 제어되는 EUV 리소그래피 장치.

청구항 19

패터닝된 빔을 기판 상으로 투영하도록 투영 시스템 사용하는 단계; 및
상기 기판의 표면에 실질적으로 수직인 방향으로 상기 투영 시스템의 거울을 이동시키는 단계를 포함하고,
상기 거울의 회전은 상기 거울의 이동으로 인해 상기 기판에 상기 패터닝된 빔의 원치않는 병진을 실질적으로
보상하는 방법.

청구항 20

제 19 항에 있어서,
상기 거울의 이동과 상기 거울의 회전을 동기화하는 단계를 더 포함하는 방법.

청구항 21

제 19 항에 있어서,
상기 리소그래피 장치는 스캐닝 이동으로 상기 투영 시스템에 대해 상기 기판을 이동시키는 스캐닝 장치이고,
상기 최종 거울의 회전은 상기 기판의 스캐닝 이동의 방향에 실질적으로 수직인 축을 중심으로 이루어지는
방법.

청구항 22

제 19 항에 있어서,
노광 영역의 외측 부분들에서의 방사선의 세기는 상기 노광 영역의 다른 부분들에서의 방사선의 세기보다 큰 방
법.

청구항 23

제 22 항에 있어서,
상기 기판의 스캐닝 이동의 속도는 시간 주기(T) 동안 상기 기판이 상기 패터닝 빔에 의해 정의된 노광 영역의
폭에 상응하는 거리를 이동하도록 되어 있고;
시간 주기(T) 동안 상기 거울은 1 이상의 이동 사이클들을 통해 초기 위치로부터, 상기 초기 위치로부터 변위된
위치들로, 그리고 다시 상기 초기 위치로 이동하며, 상기 거울은 상기 시간 주기(T)의 종료 시에 상기 초기 위
치로 복귀되는 방법.

청구항 24

제 22 항에 있어서,

상기 기판의 스캐닝 이동의 속도는 시간 주기(T) 동안 상기 기판이 상기 패터닝 범에 의해 정의된 노광 영역의 폭에 상응하는 거리를 이동하도록 되어 있고;

시간 주기(T) 동안 상기 거울은 1 이상의 방위 사이클들을 통해 초기 방위로부터 회전된 방위로, 그리고 다시 상기 초기 방위로 이동하며, 상기 거울은 상기 시간 주기(T)의 종료 시에 상기 초기 방위로 복귀되는 방법.

청구항 25

제 19 항에 있어서,

상기 기판의 위치는 타겟부의 노광 시 상기 투영 시스템에 대해 고정되고;

상기 타겟부의 노광은 시간 주기(T)에 걸쳐 일어나며;

시간 주기(T) 동안 상기 거울은 1 이상의 이동 사이클들을 통해 초기 위치로부터, 상기 초기 위치로부터 변위된 위치들로, 그리고 다시 상기 초기 위치로 이동하며, 상기 거울은 상기 시간 주기(T)의 종료 시에 상기 초기 위치로 복귀되는 방법.

청구항 26

제 20 항에 있어서,

상기 기판의 위치는 타겟부의 노광 시 상기 투영 시스템에 대해 고정되고;

상기 타겟부의 노광은 시간 주기(T)에 걸쳐 일어나며;

시간 주기(T) 동안 상기 거울은 1 이상의 방위 사이클들을 통해 초기 방위로부터 회전된 방위로, 그리고 다시 상기 초기 방위로 이동하며, 상기 거울은 상기 시간 주기(T)의 종료 시에 상기 초기 방위로 복귀되는 방법.

청구항 27

제 23 항에 있어서,

상기 거울의 초기 위치는 상기 거울의 이동 사이클 동안 상기 거울이 통과하는 일정 범위의 위치들 중 하나의 극단에 있는 방법.

청구항 28

제 19 항에 있어서,

상기 투영 시스템은 적어도 4 개의 거울들을 포함하는 방법.

청구항 29

제 28 항에 있어서,

상기 투영 시스템은 6 개의 거울들을 포함하는 방법.

청구항 30

EUV 리소그래피 장치에 있어서,

복수의 거울들을 갖는 투영 시스템 - 하나는 최종 거울임 -;

기판을 지지하도록 구성된 기판 테이블; 및

액추에이터를 포함하고,

상기 복수의 거울들의 최종 거울은 패터닝된 범을 상기 기판 상으로 지향시키도록 배치되고,

상기 액추에이터는 상기 기판의 표면에 실질적으로 수직인 방향으로 상기 최종 거울을 이동시키고, 상기 최종 거울의 이동으로 인해 상기 기판에 상기 패터닝된 방사선 범의 원치않는 병진을 실질적으로 보상하는 방식으로 상기 최종 거울을 회전시키도록 구성되는 EUV 리소그래피 장치.

청구항 31

제 30 항에 있어서,

상기 액추에이터는 상기 최종 거울의 이동과 상기 최종 거울의 회전을 동기화하도록 구성되는 EUV 리소그래피 장치.

청구항 32

제 30 항에 있어서,

상기 리소그래피 장치는 스캐닝 이동으로 상기 투영 시스템에 대해 상기 기판을 이동시키도록 배치된 스캐닝 장치이고;

상기 최종 거울의 회전은 상기 기판의 스캐닝 이동의 방향에 실질적으로 수직인 축을 중심으로 이루어지는 EUV 리소그래피 장치.

청구항 33

제 30 항에 있어서,

상기 액추에이터는 상기 최종 거울의 초기 위치가 상기 최종 거울의 이동 사이를 동안 상기 최종 거울이 통과하는 일정 범위의 위치들 중 하나의 극단에 있도록 구성되는 EUV 리소그래피 장치.

청구항 34

제 30 항에 있어서,

상기 투영 시스템은 적어도 4 개의 거울들을 포함하는 EUV 리소그래피 장치.

청구항 35

제 34 항에 있어서,

상기 투영 시스템은 6 개의 거울들을 포함하는 EUV 리소그래피 장치.

청구항 36

제 30 항에 있어서,

상기 액추에이터는 고주파 구성요소들 및 저주파 구성요소들을 포함하는 제어 시스템에 의해 제어되는 EUV 리소그래피 장치.

명세서

기술 분야

[0001]

본 발명은 리소그래피 장치 및 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002]

리소그래피 장치는 기판 상에 원하는 패턴을 적용시키는 기계이다. 리소그래피 장치는, 예를 들어 집적 회로(IC)의 제조시에 사용될 수 있다. 그 경우, 대안적으로 마스크 또는 레티클이라 칭하는 패터닝 디바이스가 IC의 개별 층에 형성될 회로 패턴을 생성하기 위해 사용될 수 있다. 이 패턴은 기판(예컨대, 실리콘 웨이퍼)의 (예를 들어, 다이의 일부분, 한 개 또는 수 개의 다이들을 포함하는) 타겟부 상으로 전사(transfer)될 수 있다. 패턴의 전사는, 통상적으로 기판에 제공된 방사선-감응재(레지스트) 층 상으로의 이미징(imaging)을 통해 수행된다. 일반적으로, 단일 기판은 연속하여 패터닝되는 인접한 타겟부들의 네트워크를 포함할 것이다. 기판 상으로의 패턴의 이미징은 복수의 렌즈들 또는 거울들을 포함할 수 있는 투영 시스템에 의해 수행된다.

[0003]

리소그래피는 IC 및 다른 디바이스들 및/또는 구조체들을 제조하는데 있어서 핵심 단계들 중 하나로서 널리 인식되어 있다. 하지만, 리소그래피를 이용하여 만들어진 퍼처들의 치수들이 더 작아짐에 따라, 리소그래피는 소형 IC 또는 다른 디바이스들 및/또는 구조체들이 제조될 수 있게 하는 더 결정적인 인자가 되고 있다.

[0004] 패턴 프린팅의 한계들의 이론적 추정은 수학식 (1)로 나타낸 바와 같은 분해능(resolution)에 대한 레일리 기준(Rayleigh criterion)에 의해 설명될 수 있다:

$$CD = k_1 \lambda / NA_{PS} \quad (1)$$

[0006] 여기서, λ 는 사용되는 방사선의 파장이고, NA_{PS} 는 패턴을 프린트하는데 사용되는 투영 시스템의 개구수(numerical aperture)이며, k_1 은 레일리 상수라고도 칭하는 공정 의존성 조정 인자이고, CD는 프린트된 피처의 피처 크기(또는 임계 치수)이다. 수학식 (1)에 따르면, 피처들의 프린트가능한 최소 크기의 감소는 세 가지 방식으로, 즉 노광 파장 λ 를 단축시키거나, 개구수 NA_{PS} 를 증가시키거나, k_1 의 값을 감소시킴으로써 얻어질 수 있다.

[0007] 노광 파장을 단축시키고, 이에 따라 프린트가능한 최소 크기를 감소시키기 위해, 리소그래피 장치에 극자외(EUV) 방사선 소스를 사용하는 것이 제안되었다. EUV 방사선 소스는 약 13.5 nm의 방사선 파장을 출력하도록 구성된다. 따라서, EUV 방사선 소스는 작은 피처들의 프린팅을 달성하는데 있어서 상당히 좋은 수단이 될 수 있다.

[0008] EUV 리소그래피 장치의 투영 시스템에 의해 제공된 초점심도(focus depth)는 매우 작을 수 있다. 또한, 투영 시스템의 개구수가 증가함에 따라, 초점심도는 감소한다[초점심도는 $1/(NA_{PS})^2$ 에 비례한다].

발명의 내용

해결하려는 과제

[0009] 더 큰 유효 초점심도를 제공할 수 있는 EUV 리소그래피 장치 및 방법을 제공하는 것이 바람직하다.

과제의 해결 수단

[0010] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 복수의 거울들을 포함하는 투영 시스템을 갖는 EUV 리소그래피 장치를 이용하여 패터닝된 방사선 빔을 기판 상으로 투영하는 방법이 제공되며, 상기 방법은: 상기 투영 시스템의 최종 거울을 상기 기판의 표면에 실질적으로 수직인 방향으로 이동시키면서, 상기 패터닝된 방사선 빔을 기판 상으로 투영하도록, 상기 투영 시스템을 사용하는 단계; 및 상기 거울의 이동으로 인해 상기 기판에 투영된 상기 패터닝된 방사선 빔의 원치않는 병진(unwanted translation)을 실질적으로 보상하도록, 상기 최종 거울을 회전시키는 단계를 포함한다.

[0011] 본 발명의 또 다른 실시예에 따르면, 복수의 거울들을 갖는 투영 시스템, 및 기판을 지지하도록 구성된 기판 테이블을 포함하는 EUV 리소그래피 장치가 제공된다. 상기 투영 시스템의 최종 거울은 패터닝된 방사선 빔을 상기 기판 상으로 지향시키도록 배치된다. 상기 장치는 상기 투영 시스템의 상기 최종 거울을 상기 기판의 표면에 실질적으로 수직인 방향으로 이동시키도록 구성되고, 상기 거울의 이동으로 인해 상기 기판에 투영된 상기 패터닝된 방사선 빔의 원치않는 병진을 실질적으로 보상하는 방식으로 상기 최종 거울을 회전시키도록 구성된 액추에이터를 더 포함한다.

[0012] 본 발명의 다양한 실시예들의 구조 및 작동뿐만 아니라, 본 발명의 또 다른 특징들 및 장점들이 첨부한 도면들을 참조하여 아래에 자세히 설명된다. 본 발명은 여기에 설명된 특정 실시예들로 제한되지 않음을 유의한다. 이러한 실시예들은 본 명세서에서 단지 예시의 목적으로만 제시된다. 관련 기술(들)의 당업자라면, 본 명세서에 담긴 기술적 내용에 기초하여 추가 실시예들이 행해질 수 있음을 알 수 있을 것이다.

도면의 간단한 설명

[0013] 본 명세서에 통합되며 명세서의 일부분을 형성하는 첨부된 도면들은 본 발명을 예시하며, 또한 설명과 함께 본 발명의 원리들을 설명하고, 관련 기술(들)의 당업자가 본 발명을 실시 및 이용할 수 있게 하는 역할을 한다.

도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 리소그래피 장치를 개략적으로 도시하는 도면;

도 2는 도 1의 리소그래피 장치의 더 자세한 개략도;

도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 리소그래피 장치에 의해 조명된 노광 영역을 개략적으로 도시하는 도면;

도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 리소그래피 장치의 거울의 이동을 개략적으로 도시하는 도면; 및
도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 리소그래피 장치의 제어 시스템을 개략적으로 도시하는 도면이다.

본 발명의 특징들 및 장점들은 도면들과 연계될 때 아래에 설명된 상세한 설명을 더 잘 이해할 수 있을 것이며, 동일한 참조 부호들은 전반에 걸쳐 대응하는 요소들과 동일하게 취급된다. 도면들에서, 동일한 참조 번호들은 일반적으로 동일한, 기능적으로 유사한, 및/또는 구조적으로 유사한 요소들을 나타낸다. 요소가 가장 먼저 나타난 도면은 대응하는 참조 번호의 맨 앞자리 수(들)에 의해 나타내어진다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0014]

본 명세서는 본 발명의 특징들을 통합한 1 이상의 실시예들을 개시한다. 개시된 실시예(들)는 단지 본 발명을 예시할 뿐이다. 본 발명의 범위는 개시된 실시예(들)로 제한되지 않는다. 본 발명은 본 명세서에 첨부된 청구 항들에 의해 정의된다.

[0015]

설명된 실시예(들), 및 본 명세서에서 "하나의 실시예", "일 실시예", "예시적인 실시예" 등의 언급은, 설명된 실시예(들)가 특정한 특징, 구조 또는 특성을 포함할 수 있지만, 모든 실시예가 특정한 특징, 구조 또는 특성을 반드시 포함하는 것은 아닐 수 있음을 나타낸다. 또한, 이러한 어구들이 반드시 동일한 실시예를 칭하는 것은 아니다. 또한, 특정한 특징, 구조 또는 특성이 일 실시예와 관련하여 설명될 때, 이는 명시적으로 설명되는지 여부에 관계없이 다른 실시예들과 관련하여 이러한 모양, 구조 또는 특성을 달성하기 위해 당업자의 지식 내에 있음을 이해한다.

[0016]

본 발명의 실시예들은 하드웨어, 펌웨어(firmware), 소프트웨어, 또는 이의 여하한의 조합으로 구현될 수 있다. 또한, 본 발명의 실시예들은 1 이상의 프로세서들에 의해 판독 및 실행될 수 있는 기계-판독가능한 매체에 저장된 명령어들로서 구현될 수 있다. 기계-판독가능한 매체는 기계(예를 들어, 컴퓨팅 디바이스)에 의해 판독가능한 형태로 정보를 저장하거나 전송하는 여하한의 메커니즘을 포함할 수 있다. 예를 들어, 기계-판독가능한 매체는 ROM(read only memory); RAM(random access memory); 자기 디스크 저장 매체; 광학 저장 매체; 플래시 메모리 디바이스; 전기적, 광학적, 음향적 또는 다른 형태의 전파 신호[예를 들어, 반송파(carrier wave), 적외 신호, 디지털 신호 등] 등을 포함할 수 있다. 더욱이, 펌웨어, 소프트웨어, 루틴, 명령어들은 본 명세서에서 소정 작업을 수행하는 것으로서 설명될 수 있다. 하지만, 이러한 설명들은 단지 편의를 위한 것이며, 이러한 작업들은 실제로 컴퓨팅 디바이스; 프로세서; 제어기; 또는 펌웨어, 소프트웨어, 루틴, 명령어 등을 실행하는 다른 디바이스들에 기인한다는 것을 이해하여야 한다.

[0017]

하지만, 이러한 실시예들을 보다 자세히 설명하기에 앞서, 본 발명의 실시예들이 구현될 수 있는 예시적인 환경을 제시하는 것이 유익하다.

[0018]

도 1은 본 발명을 구현하는 리소그래피 장치(2)를 개략적으로 도시한다. 상기 장치(2)는 방사선 빔(B)[예를 들어, 극자외(EUV) 방사선]을 컨디셔닝하도록 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 지지 구조체(예를 들어, 마스크 테이블)(MT); 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 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, 반사 투영 렌즈 시스템)(PS)을 포함한다.

[0019]

조명 시스템은 방사선을 지향, 성형, 또는 제어하기 위하여, 굴절, 반사, 자기, 전자기, 정전기 또는 다른 타입의 광학 구성요소들, 또는 이의 여하한의 조합과 같은 다양한 타입들의 광학 구성요소들을 포함할 수 있다. 대부분의 EUV 리소그래피 장치에서, 조명 시스템은 주로 반사 광학 구성요소들로 형성된다.

[0020]

지지 구조체는 패터닝 디바이스를 지지한다, 즉 그 무게를 견딘다. 이는 패터닝 디바이스의 방위, 리소그래피 장치(2)의 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 이동 가능할 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.

- [0021] 본 명세서에서 사용되는 "페터닝 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 피쳐(phase-shifting feature)들 또는 소위 어시스트 피쳐(assist feature)들을 포함하는 경우, 기판의 타겟부의 원하는 패턴과 정확히 일치하지 않을 수도 있다는 것을 유의하여야 한다. 일반적으로, 방사선 빔에 부여된 패턴은 점적 회로와 같이 타겟부에 생성될 디바이스 내의 특정 기능 층에 대응할 것이다.
- [0022] 패터닝 디바이스들의 예시로는 마스크 및 프로그램가능한 거울 어레이를 포함한다. 마스크는 리소그래피 분야에서 잘 알려져 있으며, 통상적으로 EUV 방사선 리소그래피 장치에서는 반사형일 것이다. 프로그램가능한 거울 어레이의 일 예시는 작은 거울들의 매트릭스 구성을 채택하며, 그 각각은 입사하는 방사선 빔을 상이한 방향으로 반사시키도록 개별적으로 기울여질 수 있다. 기울어진 거울들은 거울 매트릭스에 의해 반사되는 방사선 빔에 패턴을 부여한다.
- [0023] 본 명세서에 도시된 바와 같이, 상기 장치(2)는 (예를 들어, 반사 마스크를 채택하는) 반사형으로 구성된다.
- [0024] 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.
- [0025] 도 1을 참조하면, 일루미네이터(IL)는 컬렉터 조립체/방사선 소스(SO)를 이용하여 방사선 방출 지점으로부터 방사선 빔을 수용한다. 상기 소스 및 리소그래피 장치는 별도의 개체일 수 있다. 이러한 경우, 컬렉터 조립체는 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, 컬렉터 조립체(SO)로부터 일루미네이터(IL)로 통과된다. 다른 경우, 상기 소스는 리소그래피 장치의 통합부일 수 있다. 방사선 생성기를 포함하는 컬렉터 조립체(SO) 및 일루미네이터(IL)는, 필요에 따라 빔 전달 시스템과 함께 방사선 시스템이라고 칭해질 수 있다.
- [0026] 상기 일루미네이터(IL)는 방사선 빔의 각도 세기 분포를 조정하는 조정기를 포함할 수 있다. 일반적으로, 일루미네이터의 퓨필 평면 내의 세기 분포의 적어도 외반경 및/또는 내반경 크기(통상적으로, 각각 외측- σ 및 내측- σ 라 함)가 조정될 수 있다. 또한, 일루미네이터(IL)는 인티그레이터(integrator) 및 콘덴서와 같이, 다양한 다른 구성요소들을 포함할 수도 있다. 일루미네이터(IL)는 방사선 빔(B)의 단면에 원하는 균일성 및 세기 분포를 갖기 위해, 방사선 빔(B)을 컨디셔닝하는데 사용될 수 있다.
- [0027] 방사선 빔(B)은 지지 구조체(예를 들어, 마스크 테이블)(MT)에 유지되어 있는 패터닝 디바이스(예를 들어, 마스크)(MA) 상에 입사되며, 패터닝 디바이스에 의해 패터닝된다. 마스크(MA)를 가로질렀으면, 상기 방사선 빔(B)은 투영 시스템(PS)을 통과하여 기판(W)의 타겟부(C) 상에 상기 빔을 포커스한다. 제 2 위치설정기(PW) 및 위치 센서(IF2)[예를 들어, 간접계 디바이스, 리니어 인코더(linear encoder) 또는 용량성 센서]의 도움으로, 기판 테이블(WT)은 예를 들어 방사선 빔(B)의 경로에 상이한 타겟부(C)들을 위치시키도록 정확하게 이동될 수 있다. 이와 유사하게, 제 1 위치설정기(PM) 및 또 다른 위치 센서(IF1)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(개략 위치설정) 및 단-행정 모듈(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 달리) 스테파의 경우, 마스크 테이블(MT)은 단-행정 액추에이터에만 연결되거나 고정될 수 있다. 마스크(MA) 및 기판(W)은 마스크 정렬 마크들(M1, M2) 및 기판 정렬 마크들(P1, P2)을 이용하여 정렬될 수 있다. 비록, 예시된 기판 정렬 마크들은 지정된(dedicated) 타겟부들을 차지하고 있지만, 그것들은 타겟부들 사이의 공간들 내에 위치될 수도 있다[이들은 스크라이브-레인 정렬 마크(scribe-lane alignment mark)들로 알려져 있다]. 이와 유사하게, 마스크(MA)에 1 이상의 다이가 제공되는 상황들에서, 마스크 정렬 마크들은 다이들 사이에 위치될 수 있다.
- [0028] 본 발명의 일 실시예에 따른 검출기(D)가 기판 테이블(WT)에 제공된다. 상기 검출기는 아래에 자세히 설명된다.
- [0029] 도시된 장치(2)는 다음 모드들 중 적어도 하나에 사용될 수 있다:
- [0030] 1. 스텝 모드에서, 마스크 테이블(MT) 및 기판 테이블(WT)은 본질적으로 정지 상태로 유지되는 한편, 방사선 빔

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 기판의 평면에서 시프트된다. 스텝 모드에서, 노광 필드의 최대 크기는 단일 정적 노광시에 이미징되는 타겟부(C)의 크기를 제한한다.

[0031] 2. 스캔 모드에서, 마스크 테이블(MT) 및 기판 테이블(WT)은 방사선 빔에 부여된 패턴이 타겟부(C) 상으로 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.

[0032] 3. 또 다른 모드에서, 마스크 테이블(MT)은 프로그램가능한 패터닝 디바이스를 유지하여 본질적으로 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.

[0033] 또한, 상술된 사용 모드들의 조합 및/또는 변형, 또는 완전히 다른 사용 모드들이 채택될 수도 있다.

[0034] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 투영 시스템(PS)을 더 자세히 나타낸다. 투영 시스템(PS)은 패터닝 디바이스(MA)로부터 기판(W) 상으로 패터닝된 방사선 빔(B)을 투영하도록 배치된 6 개의 거울들(11 내지 16)을 포함한다.

[0035] 데카르트 좌표(Cartesian coordinate)가 도 2에(또한, 이후의 도면들에) 나타나 있다. 이해를 쉽게 하기 위해, z-방향은 수직 상향(vertically upwards)이고, x 및 y 방향들은 수평인 것으로 고려될 수 있다. 하지만, 데카르트 좌표는 이로 제한되지 않으며, 여하한의 적절한 방향으로 방위설정될(oriented) 수 있다.

[0036] 이 예시에서, 투영 시스템(PS)의 제 1 거울(11)은 방사선 빔(B)을 수용하고, 상기 방사선 빔을 투영 시스템의 제 2 거울(12)을 향해 대각선 위쪽으로(diagonally upwards) 지향시키도록 배치된다. 제 2 거울(12)은 상기 방사선 빔(B)을 제 2 거울(12)에 인접하게 배치된 제 3 거울(13)을 향해 대각선 아래쪽으로(diagonally downwards) 지향시키도록 배치된다. 제 3 거울(13)은 상기 방사선 빔(B)을 제 4 거울(14)을 향해 대각선 위쪽으로 지향시키도록 배치된다. 제 4 거울(14)은 상기 방사선 빔(B)을 제 5 거울(15)을 향해 대각선 아래쪽으로 지향시키도록 배치된다. 제 5 거울(15)은 상기 방사선 빔(B)을 제 6 거울(16)을 향해 대각선 위쪽으로 지향시키도록 배치된다. 제 6 거울은 상기 방사선 빔을 기판(W) 상으로 지향시키도록 배치된다.

[0037] 일 예시에서는, 상기 거울들(11 내지 16) 중 1 이상이 곡면화될(curved) 수 있다. 예를 들어, 제 6 거울(16)이 오목할 수 있다. 제 6 거울(16)의 곡률 반경(radius of curvature)은 투영 시스템(PS)의 개구수에, 및/또는 제 6 거울과 기판(W) 사이의 거리에 비례할 수 있다. 제 6 거울(16)의 직경은 제 6 거울과 기판(W) 사이의 거리와 연계될(linked) 수 있다(더 긴 거리는 더 긴 직경을 유도한다).

[0038] 이 예시에서, 투영 시스템(PS)의 거울들(11 내지 16)의 조합된 효과는 기판(W)에 패터닝 디바이스(MA)의 이미지를 형성하는 것이다. 기판(W)에 형성된 이미지는 패터닝 디바이스(MA)의 패턴과 정확히 일치하지 않을 수도 있다. 예를 들어, 패터닝 디바이스(MA)는 소위 어시스트 피쳐들을 포함할 수 있고, 이는 기판(W)에 패턴 피쳐들을 형성하는데 도움을 주며, 기판에서는 보이지 않는다.

[0039] 일 실시예에서, 제 6 거울(16)은 기판(W) 상으로 패턴의 투영 시 z-방향으로 작동될 수 있도록 구성된다. 제 6 거울(16)의 이동은 양방향 화살표 A로 나타나 있다. 기판(W) 상으로 패턴의 투영 시 제 6 거울(16)을 z-방향으로 이동시키면, 투영 시스템(PS)의 유효 초점심도가 증가된다.

[0040] 기판 테이블을 경사지게 함으로써[경사는 기판 테이블의 스캐닝 방향에 대해 횡방향인(transverse) 축을 중심으로 남], 종래의 (비-EUV) 리소그래피 장치의 투영 시스템의 초점심도를 증가시키는 것이 알려져 있다. 이 경사는 노광 방사선이 z-방향으로 다수의 지점들에서 기판에 입사하도록 유도하는 효과를 가지며, 따라서 유효 초점심도의 증가를 제공한다. 이러한 방식으로 기판 테이블을 경사지게 하는 것은 기판에 패턴이 형성되는 정확성을 그다지 감소시키지 않는다. 이는 리소그래피 장치에 의해 조명되는 노광 영역의 형상이 경사 축에 대해 대칭이기 때문이다('노광 영역'이라는 용어는 방사선 빔에 의해 조명되는 기판의 영역을 일컫는다).

- [0041] 도 2를 참조하면, 본 발명의 실시예의 EUV 리소그래피 장치의 기판 테이블(WT)의 스캐닝 방향은 y-방향일 수 있다. 노광 영역은 x-방향으로 연장되는 축을 중심으로 비대칭인 형상을 가질 수 있다. 이 비대칭의 결과로, 기판 테이블(WT)의 경사는 기판(W) 상으로 패턴이 투영되는 정확성을 상당히 감소시킬 것이다. 본 발명의 실시예는 완전히 다른 접근법을 이용하여[즉, 제 6 거울(16)의 z-방향으로의 이동을 통해] 투영 시스템(PS)의 초점심도를 증가시킴으로써 이러한 문제를 해결한다.
- [0042] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 투영 시스템(PS)의 노광 영역(20)의 일 예시를 개략적으로 도시한다. 이 예시에서, 노광 영역(20)은 곡면 형상을 갖는다. 도 3으로부터, 노광 영역(20)은 x-방향으로 연장되는 축을 중심으로 비대칭임을 알 수 있다. 노광 영역(20)의 폭은 D로 나타나 있다.
- [0043] 일 예시에서, 리소그래피 장치의 작동 시, 기판 테이블(WT)(도 2 참조)은 스캐닝 동작으로 y-방향으로 이동된다 ["스캐닝 동작"이라는 용어는 일정 속도(steady speed)로 동작하는 것을 의미하는 것으로 의도된다]. 이는 도 3에 화살표 S로 나타나 있다. 이 스캐닝 동작의 결과로, 노광 영역(20)은 기판의 표면 전체를 이동한다. 예를 들어, 노광 영역은 변위된 노광 영역(20a)으로 나타낸 바와 같이 기판에 대해 거리 D만큼 이동할 수 있다.
- [0044] 일 예시에서, 제 6 거울(16)은 기판(W)이 거리 D만큼 이동하는데[즉, 노광 영역(20)의 폭과 같은 거리만큼 이동하는데] 소요되는 시간 동안 이동 사이클(cycle of movement)을 통해 z-방향으로 이동하도록 구성될 수 있다. '이동 사이클'이라는 용어는 제 6 거울(16)이 일정 범위의 위치들을 통해 시작 지점으로부터 z-방향으로 이동하고, 다시 시작 지점으로 이동함을 의미하는 것으로 의도된다.
- [0045] 제 6 거울(16)은 기판(W)이 거리 D만큼 이동하는데 소요되는 시간 동안 복수의 이동 사이클들을 통해 z-방향으로 이동하도록 구성될 수 있다. 사이클들의 수는, 예를 들어 2 개, 6 개, 12 개의 사이클들, 또는 여하한의 다른 적합한 수일 수 있다.
- [0046] 일 예시에서, 제 6 거울(16)의 z-위치는 사인곡선 프로파일(sinusoidal profile)을 따를 수 있다. 제 6 거울의 이동은 이동 사이클의 상부(top) 또는 하부(bottom)에 있는 z-위치에서 시작할 수 있다. 이는 제 6 거울(16)을 순간적으로(instantaneously) 특정 속력으로 가속시킬 필요성을 회피할 수 있다(이동 사이클의 상부 또는 하부에서의 거울의 시작 속력은 0이다).
- [0047] 일 예시에서, z-방향으로의 제 6 거울(16)의 이동은 기판(W) 상으로 투영되는 이미지의 y-방향으로의 원치않는 병진(노광 영역의 y-방향 병진에 기인함)을 유발할 수 있다. 예를 들어, z-방향으로 약 100 nm만큼 제 6 거울(16)의 구동은 y-방향으로 약 14 nm만큼 이미지의 원치않는 병진을 유발할 수 있다. 이미지의 원치않는 y-방향 병진을 제거(또는 상당히 감소)하기 위해, 제 6 거울(16)은 z-방향으로 이동함과 동시에 약간의 회전을 거치도록 구성될 수 있다. 이 회전은 x-방향으로 연장되는 축을 중심으로 이루어질 수 있다. 이 회전은 이미지의 원치않는 y-방향 병진을 실질적으로 보상하도록 구성될 수 있어, 이미지의 순 y-방향 병진(net y-direction translation)이 존재하지 않는다(또는 이미지의 y-방향 병진의 양을 상당히 감소시킨다). 회전 및 z-방향 이동은 결합됨(coupled) 수 있다. 이는 $Ry=Az$ 로서 표현될 수 있으며, 여기서 Ry 는 x-축 주위로 그리고 y-축에 대한 제 6 거울의 회전이고, z 는 중간 위치(intermediate position)에 대한 제 6 거울의 z-방향 변위이며, A 는 상수이다.
- [0048] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따라, x-방향으로 연장되는 축을 중심으로 한 제 6 거울의 경사와 함께, z-방향으로 제 6 거울(16)의 이동을 개략적으로 나타낸다. 이 예시에서, 제 6 거울은 제 6 거울의 이동 사이클의 상부에 있는 초기 지점(16a)에서 시작한다. 제 6 거울은 y-축에 대해 각도 a 로 경사진다. 제 6 거울은 중간 위치(16b)를 통해, 제 6 거울의 이동 사이클의 하부에 있는 하부 위치(16c)로 하향 이동한다. 중간 위치(16b)에서, 제 6 거울의 경사 각도는 0이다(즉, y-축에 대해 경사가 존재하지 않는다). 하부 위치(16c)에서, 제 6 거울은 y-축에 대해 각도 $-a$ 로 경사진다.
- [0049] 상기 거울은 상부 위치(16a)로 복귀됨에 따라, z-방향으로의 이동 사이클을 완료하며, 경사 방위(tilt orientation)들의 사이클을 완료한다. '경사 방위들의 사이클'이라는 용어는 제 6 거울(16)이 시작 방위로부터, 경사들의 범위를 통해, 다시 시작 방위로 이동함을 의미하는 것으로 의도된다.
- [0050] 일 예시에서, 제 6 거울(16)은 기판(W)이 거리 D만큼 이동하는데[즉, 노광 영역(20)의 폭과 같은 거리만큼 이동하는데] 소요되는 시간 동안 경사 방위들의 사이클을 통과하도록 구성될 수 있다. 제 6 거울(16)은 기판(W)이 거리 D만큼 이동하는데 소요되는 시간 동안 경사 방위의 복수의 사이클들을 통해 이동하도록 구성될 수 있다. 사이클들의 수는, 예를 들어 12 개의 사이클들, 또는 여하한의 다른 적합한 수일 수 있다.

- [0051] 다시 도 3을 참조하면, z-방향으로의 제 6 거울(16)의 이동으로 인해 노광 영역(20)의 외측 부분들(21)에서 이미지의 일부 원치않는 확대(some unwanted magnification)가 발생할 수 있다. 예를 들어, 이미지의 원치않는 확대를 유도하는 x-축을 따른 확대의 확대 오차가 존재할 수 있다. 확대 오차는 제 6 거울(16)의 z-이동에 비례할 수 있다. 이러한 원치않는 확대의 영향은 노광 시 패턴 이미지의 x-방향을 따른 페이딩 현상(fading)이다. 결과적인 콘트라스트 손실(resulting contrast loss)은 이후 프린트된 퍼처들의 임계 치수 오차를 유발할 수 있다. 이러한 원치않는 확대의 영향은 노광 영역(20)으로 전달되는 방사선의 세기를 조정함으로써 보상될 수 있다. 예를 들어, 노광 영역의 외측 부분들(21)에서의 방사선의 세기는 노광 영역의 중심에서의 방사선의 세기보다 높을 수 있다. 이러한 방사선 세기의 증가는 원치않는 확대의 영향을 상쇄시킨다[예를 들어, 노광 영역의 외측 부분들(21)에서의 임계 치수를 감소시킨다].
- [0052] 일 예시에서, 노광 영역(21)으로 전달되는 방사선의 세기는 방사선 빔에 불투명한 평거(opaque finger)들을 도입함에 따라, 특정 공간 위치들에서 방사선 빔의 세기를 감소시킴으로써 조정될 수 있다. 불투명한 평거들은, 예를 들어 패터닝 디바이스(MA)에 가깝게 투영 시스템(PS)의 외부에 위치될 수 있다. 일 실시예에서는, 노광 영역(20)의 외측 부분들(21)에 노광 영역의 다른 부분들보다 높은 세기를 갖는 방사선을 제공하기 위해, 불투명한 평거들을 이용하여 노광 영역의 다른 부분들에서의 방사선의 세기가 감소된다.
- [0053] 일 예시에서, 제 6 거울(16)은, 예를 들어 약 200 nm의 이동 범위(예를 들어, 중심 위치의 양 측면으로 약 100 nm)를 통해 작동될 수 있다. 제 6 거울의 경사는 제 6 거울의 z-방향 이동의 100 nm마다 약 15 nm만큼(예를 들어, 총 30 nm만큼) y-방향으로의 이미지의 병진을 보상하기에 충분할 수 있다. 제 6 거울의 경사는, 예를 들어 100 nm z-방향 이동마다 약 10 nrad(예를 들어, 중심 위치의 양 측면으로 약 10 nrad만큼)일 수 있다.
- [0054] 기판 테이블(WT)의 스캔 속도는 예를 들어 약 250 mm/s일 수 있으며, 노광 영역(20)의 폭(D)은 예를 들어 약 1.4 mm일 수 있다. 따라서, 기판 테이블(WT)이 거리 D를 이동하는데 소요되는 시간은 약 5.6 ms일 것이다. z-방향으로의 제 6 거울(16)의 이동 사이클, 및 대응하는 경사의 사이클은 약 5.6 ms로 일어날 수 있다. 이는 약 178 Hz의 주파수에 상응한다.
- [0055] 일 예시에서, 제 6 거울(16)의 위치 및 방위는 제어 시스템(31)에 의해 제어될 수 있는 액추에이터(30)에 의해 조정될 수 있다. 제어 시스템(31)은 저주파 구성요소들 및 고주파 구성요소들을 포함할 수 있다. 저주파 구성요소들은, 예를 들어 투영 시스템(PS)의 느리게 변동하는 광학 특성을 보정하는 방식으로 제 6 거울(16)을 이동시키는데 사용될 수 있다. 고주파 구성요소들은 제 6 거울(16)을 z-방향으로 이동시키고, 앞서 설명된 방식으로 x-축을 중심으로 상기 거울을 회전시키는데 사용될 수 있다.
- [0056] 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 제어 시스템(31)의 일 예시를 도시한다. 제어 시스템(31)의 저주파 구성요소들은 짧은 점선(LF)으로 둘러싸여 있으며, 고주파 구성요소들은 긴 점선(HF)으로 둘러싸여 있다.
- [0057] 이 예시에서, 저주파 구성요소들은 제 1 설정점 생성기(setpoint generator: 100) 및 제 1 피드-포워드 제어기(102)를 포함한다. 고주파 구성요소들(HF)은 제 2 설정점 생성기(103) 및 제 2 피드-포워드 제어기(104)를 포함한다. 두 설정점 생성기들(100, 103)은 제 6 거울(16)에 연결된 피드백 제어기(101)에 입력값을 제공한다.
- [0058] 이 예시에서, 사용 시 제 1 및 제 2 설정점 생성기들(101, 103)의 조합된 위치 출력값들(p_{SPG} , p_{FD})은 제 6 거울(16)의 실제 위치 규정(actual position pact)과 비교되고, 그 차이(ε)는 피드백 제어기(101)로 전달된다. 이에 따라, 피드백 제어기(101)는 제 6 거울(16)의 위치를 조정하는데 사용되는 출력값(F_{FB})을 생성한다.
- [0059] 일 예시에서, 제 1 설정점 생성기(100)의 가속 프로파일 출력값(a_{SPG})은 제 1 피드-포워드 제어기(102)에 의해 사용되어, 위치 조정 출력값을 생성한다. 제 2 설정점 생성기(103)의 가속 프로파일 출력값(a_{FD})은 제 2 피드-포워드 제어기(104)에 의해 사용되어, 추가 위치 조정 출력값을 생성한다. 이러한 출력값들은 조합되고, 피드백 제어기(101)로부터 나온 출력값에 더해져, 제 6 거울(16)의 위치를 조정하는 조합된 출력값을 제공한다.
- [0060] 일 실시예에서, 제 6 거울은 정지 중심 위치(at-rest central position: 도 4에서 위치 16b)를 갖는다. 제 1 설정점 생성기(100) 및 피드-포워드 제어기(102)는, 예를 들어 제 6 거울을 중심 위치에서 약 100 nm 위의 위치(도 4에서 위치 16a)로 이동시키는 출력 신호들을 제공한다. 이 위치(16a)는 제 6 거울(16)의 초기 위치이다. 제 2 설정점 생성기(103) 및 피드-포워드 제어기(104)는, 예를 들어 제 6 거울을 중심 위치에서 약 200 nm 아래의 위치(도 4에서 위치 16c)로 이동시키고, 다시 초기 위치로 이동시키는 출력 신호들을 제공하며, 예를 들어 주파수는 178 Hz이다. 또한, 제 2 설정점 생성기(103) 및 피드-포워드 제어기(104)는 제 6 거울이 대응하는 주파수에서 x-축에 대해 원하는 각도로 경사지게 한다.

- [0061] 일 예시에서, 기판(W)의 타겟부(C)(도 1 참조)의 노광이 시작되기 전에, 제 6 거울은 초기 위치(16a)로 이동된다. 기판의 타겟부의 노광이 시작될 때, 도 4에 도시된 위치들의 사이클을 통해 제 6 거울의 이동이 시작된다.
- [0062] 일 예시에서, 고주파 구성요소들(103, 104)은 특정 주파수에서 작동하도록 배치될 수 있다. 기판 테이블(WT)이 노광 영역(20)의 폭에 대응하는 거리(도 3 참조)를 이동하는데 소요되는 시간 동안, 주파수는 예를 들어 1 이상의 이동 사이클들을 제공할 수 있다. 특정 주파수에서 고주파 구성요소들(103, 104)을 작동시키는 것은, 제 6 거울의 다른 자유도로의 이동의 크로스-토크(cross-talk)를 결정할 수 있고, 이를 보상할 수 있는 장점을 제공할 수 있다[크로스-토크는 제 6 거울의 유한 질량(finite mass)에 기인할 수 있다].
- [0063] 고주파 시스템(HF)의 작동 주파수는 변동할 수 있다. 예를 들어, 이는 기판들 상으로 상이한 패턴들의 투영을 위해 상이할 수 있다. 예를 들어, 제 1 패턴을 투영할 때, 기판 테이블(WT)의 제 1 스캔 속도가 사용될 수 있으며, 제 2 패턴을 투영할 때, 기판 테이블(WT)의 상이한 제 2 스캔 속도가 사용될 수 있다. 이와 유사하게, 제 1 및 제 2 패턴들을 투영할 때, 노광 영역(20)의 폭이 상이할 수 있다. 제 6 거울의 이동 및 경사가 노광 영역의 폭과 동일한 기판 이동에 대응하는 사이클들에서 일어나도록, 고주파 구성요소들(103, 104)의 작동 주파수가 조정될 수 있다. 고주파 시스템의 작동 주파수가 변화되는 경우, 크로스-토크의 보상 또한 이에 따라 수 정될 수 있다.
- [0064] 상기의 설명에서, 제 6 거울(16)의 이동은 z-방향으로 이루어지는 것으로 설명되었다. "z-방향"이라는 용어는 기판(W)의 표면에 실질적으로 수직인 방향을 의미하는 것으로 이해될 수 있다.
- [0065] 상기의 설명에서, 제 6 거울(16)의 회전은 x-축을 중심으로 이루어지는 것으로 설명되었다. "x-축"이라는 용어는 기판 테이블(WT)의 스캐닝 동작 방향에 실질적으로 수직인 축을 의미하는 것으로 이해될 수 있다.
- [0066] 다른 거울들(11 내지 15) 중 하나를 이동시킴으로써 투영 시스템(PS)에 의해 제공된 유효 초점 심도를 증가시킬 수 있지만, 이러한 거울들 중 1 이상의 이동은 기판 상으로 투영된 이미지의 실질적인 왜곡 또는 실질적으로 원치않는 병진을 유발할 수 있다. 그러므로, 일 실시예에서 제 6 거울(16)의 이동이 선호된다.
- [0067] 본 발명의 앞서 설명된 실시예는 6 개의 거울들(11 내지 16)을 포함하는 투영 시스템에 관한 것이다. 하지만, 투영 시스템은 여하한의 다른 적절한 수의 거울들을 포함할 수 있다. 예를 들어, 투영 시스템은 4 개 이상의 거울들을 포함할 수 있다. 투영 시스템은 8 개 이하의 거울들을 포함할 수 있다. 각각의 경우에서, 이는 복수의 거울들의 최종 거울(즉, 기판 상으로 패턴을 지향시키는 거울)이며, 이는 z-방향으로 이동되고 회전된다.
- [0068] 본 발명의 앞서 설명된 실시예는 스캔 모드로 작동하는 리소그래피 장치에 관한 것이다[방사선 범에 부여된 패턴이 타겟부(C) 상으로 투영되는 동안, 마스크 테이블(MT) 및 기판 테이블(WT)이 동기적으로 스캐닝된다]. 하지만, 본 발명의 실시예들은 스텝 모드로 작동하는 리소그래피 장치에도 사용될 수 있다[방사선 범에 부여된 전체 패턴이 한 번에 타겟부(C) 상으로 투영되는 동안, 마스크 테이블(MT) 및 기판 테이블(WT)이 본질적으로 정지 상태로 유지된다]. 이것이 그 경우인 경우, 리소그래피 장치는 도 2에 도시된 것과 유사한 투영 시스템(PS)을 가질 수 있다. 제 6 거울(16)은 z-방향으로 이동할 수 있으며, [기판(W) 상으로 투영되는 이미지의 y-방향으로의 원치않는 병진을 보상하기 위해] x-방향으로 연장되는 축을 중심으로 회전할 수 있다. 제 6 거울의 회전은 제 6 거울의 z-방향 이동과 동기화될 수 있다. 제 6 거울(16)은 타겟부(C)가 노광되는데 소요되는 시간 동안 복수의 이동 사이클들을 통해 z-방향으로 이동하도록 구성될 수 있다. 이와 유사하게, 제 6 거울(16)은 타겟부(C)가 노광되는데 소요되는 시간 동안 복수의 회전 사이클들을 통해 이동하도록 구성될 수 있다. 사이클들의 수는, 예를 들어 2 개, 6 개, 12 개의 사이클들, 또는 여하한의 다른 적합한 수일 수 있다.
- [0069] 상기의 설명에서, EUV라는 용어는 극자외 방사선을 일컫도록 의도된다. 리소그래피 장치에서 극자외 방사선은 흔히 약 13.5 nm로 중심잡히며(centered), 극자외 방사선이라는 용어는 다른 광장들(예를 들어, 5 내지 20 nm 범위의 광장들)을 포함할 수 있다.
- [0070] 본 명세서에서는, 집적 회로의 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.
- [0071] 결론
- [0072] 요약 및 초록 부분(Summary and Abstract sections)이 아닌, 발명의 상세한 설명 부분(Detailed Description

section)이 청구항을 해석하는데 사용되도록 의도된다는 것을 이해하여야 한다. 요약 및 초록 부분은 1 이상을 설명할 수 있지만, 발명자(들)에 의해 의도(contemplate)된 본 발명의 모든 예시적인 실시예를 설명하지는 않으므로, 어떠한 방식으로도 본 발명 및 첨부된 청구항을 제한하지는 않는다.

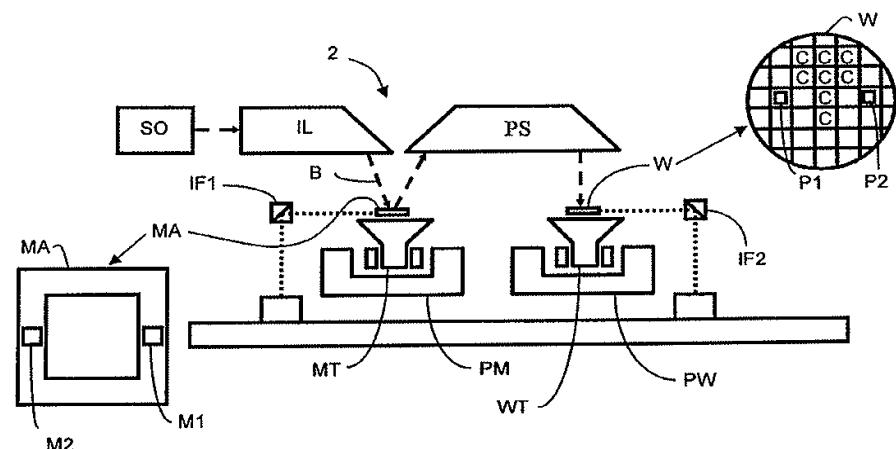
[0073] 이상, 본 발명은 특정화된 기능들 및 그 관계들의 구현을 예시하는 기능 구성 요소(functional building block)들의 도움으로 설명되었다. 본 명세서에서, 이 기능 구성 요소들의 경계들은 설명의 편의를 위해 임의로 정의되었다. 특정화된 기능들 및 그 관계들이 적절히 수행되는 한, 대안적인 경계들이 정의될 수 있다.

[0074] 특정 실시예들의 앞선 설명은, 당업계의 지식을 적용함으로써, 다양한 적용들을 위해 본 발명의 일반적인 개념을 벗어나지 않고 지나친 실험 없이 이러한 특정 실시예들을 쉽게 변형하고, 및/또는 적합하게 할 수 있도록 본 발명의 일반적인 성질을 전부 드러낼 것이다. 그러므로, 이러한 응용예 및 변형예들은 본 명세서에 나타낸 기술내용 및 안내에 기초하여, 개시된 실시예들의 균등물의 의미 및 범위 내에 있도록 의도된다. 본 명세서에서, 어구 또는 전문 용어는 설명을 위한 것이며 제한하려는 것이 아니므로, 당업자라면 본 명세서의 전문 용어 또는 어구가 기술내용 및 안내를 고려하여 해석되어야 한다는 것을 이해하여야 한다.

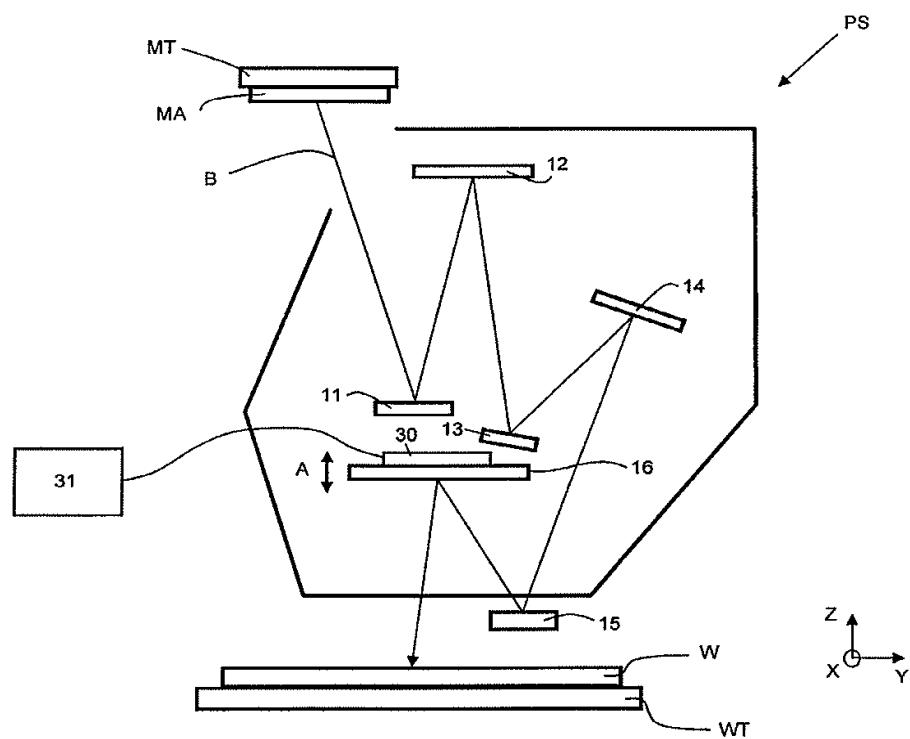
[0075] 본 발명의 범위와 폭은 상술된 예시적인 실시예들 중 어느 것에 의해서도 제한되지 않아야 하며, 다음의 청구항 및 그 균등물에 따라서만 정의되어야 한다.

도면

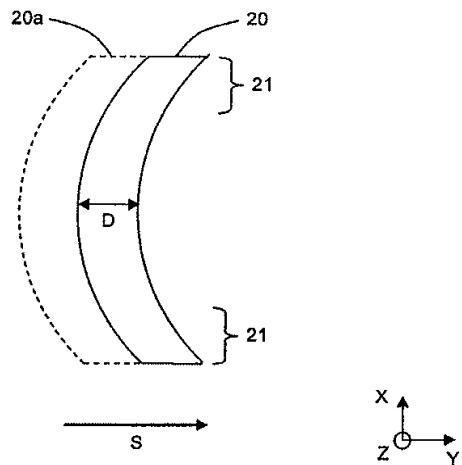
도면1



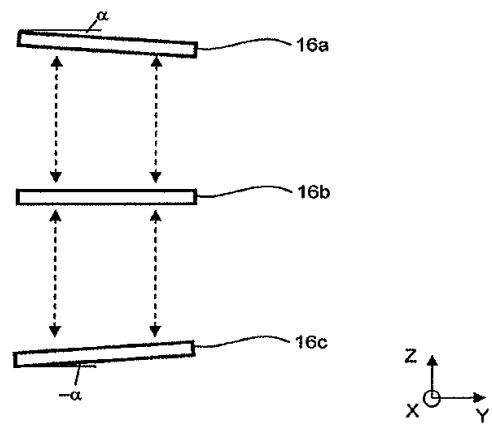
도면2



도면3



도면4



도면5

