(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2018년11월08일
(11) 등록번호 10-1917050
(24) 등록일자 2018년11월02일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G03F 7/20 (2006.01) *H01L 21/027* (2006.01)
(52) CPC특허분류
G03F 7/70725 (2013.01)
G03F 7/20 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2017-7018815(분할)
(22) 출원일자(국제) 2010년08월24일
심사청구일자 2017년08월02일
(85) 번역문제출일자 2017년07월06일
(65) 공개번호 10-2017-0083646
(43) 공개일자 2017년07월18일
(62) 원출원 특허 10-2016-7032579
원출원일자(국제) 2010년08월24일
심사청구일자 2016년12월21일
(86) 국제출원번호 PCT/JP2010/064663
(87) 국제공개번호 WO 2011/024985
국제공개일자 2011년03월03일
(30) 우선권주장
61/236,701 2009년08월25일 미국(US)
12/859,983 2010년08월20일 미국(US)
(56) 선행기술조사문헌
KR1020070085158 A
KR1020070109871 A
KR1020070095805 A

(73) 특허권자
가부시키가이샤 니콘
일본국 도쿄도 미나토쿠 고난 2쵸메 15반 3고
(72) 발명자
시바자키 유이치
일본국 도쿄도 미나토쿠 고난 2쵸메 15반 3고 가부시키가이샤 니콘 나이
(74) 대리인
특허법인코리아나

전체 청구항 수 : 총 21 항 심사관 : 곽중환

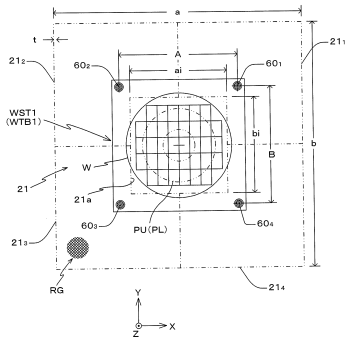
(54) 발명의 명칭 **노광 장치, 노광 방법, 및 디바이스 제조 방법**

(57) 요 약

노광 장치는 투영광학계 (PL) 바로 아래의 영역을 제외하는 웨이퍼 스테이지 (WST1) 의 이동 범위를 커버하는 스케일판 (21) 에, 웨이퍼 스테이지 (WST1) 상에 탑재된 4 개의 헤드 (60_1 ~ 60_4) 를 사용하여 계측 빔을 조사하는 것에 의해, 웨이퍼 스테이지 (WST1) 의 위치 정보를 계측하는 인코더 시스템을 구비하고 있다. 여기서, 헤드

(뒷면에 계속)

대 표 도 - 도2



(60_1 ~ 60_4) 의 배치 간격 (A, B) 는 각각 스케일판 (21) 의 개구의 폭 (ai, bi) 보다 크게 정해진다. 이것에 의해, 웨이퍼 스테이지의 위치에 따라 4 개의 헤드 중으로부터 스테일판에 대향하는 3 개의 헤드를 스위칭하여 사용하는 것에 의해, 웨이퍼 스테이지의 위치 정보를 계측하는 것이 가능하게 된다.

(52) CPC특허분류
G03F 7/70108 (2013.01)
G03F 7/70758 (2013.01)
G03F 7/70775 (2013.01)
G03F 7/70975 (2013.01)
H01L 21/027 (2013.01)

명 세 서

청구범위

청구항 1

투영 광학계를 통해 조명광으로 기판을 노광하는 노광 장치로서,

상기 기판을 지지하는 스테이지와,

상기 투영 광학계의 광축과 수직인 소정 면내에서 서로 직교하는 제 1, 제 2 방향을 포함한 6 자유도 방향에 관하여 상기 기판이 이동되도록 상기 스테이지를 이동하는 구동계와,

상기 스테이지에 구비되는 4 개의 헤드로서, 각각 반사 형 격자가 형성되는 4 개의 부분과, 상기 4 개의 부분으로 둘러싸인 개구를 갖는 스케일 부재에 대하여 그 하방에서 각각 계측빔을 조사하는 상기 4 개의 헤드를 가지며, 상기 6 자유도 방향에 관한 상기 스테이지의 위치정보를 계측하는 계측계와,

상기 계측계에서 계측되는 위치 정보에 기초하여 상기 구동계를 제어하는 제어계를 구비하고,

상기 스케일 부재는, 상기 투영 광학계가 상기 개구 내에 위치하도록 구비되고,

상기 기판의 노광 동작에 있어서 상기 스테이지가 이동되는 이동 영역은, 상기 4 개의 헤드 중 제 1 헤드를 제외한 제 2, 제 3, 제 4 헤드가 각각, 상기 4 개의 부분 중 제 1 부분을 제외한 제 2, 제 3, 제 4 부분과 대향하는 제 1 영역과, 상기 4 개의 헤드 중 상기 제 2 헤드를 제외한 상기 제 1, 제 3, 제 4 헤드가 각각, 상기 4 개의 부분 중 상기 제 2 부분을 제외한 상기 제 1, 제 3, 제 4 부분과 대향하는 제 2 영역과, 상기 4 개의 헤드 중 상기 제 3 헤드를 제외한 상기 제 1, 제 2, 제 4 헤드가 각각, 상기 4 개의 부분 중 상기 제 3 부분을 제외한 상기 제 1, 제 2, 제 4 부분과 대향하는 제 3 영역과, 상기 4 개의 헤드 중 상기 제 4 헤드를 제외한 상기 제 1, 제 2, 제 3 헤드 각각, 상기 4 개의 부분 중 상기 제 4 부분을 제외한 상기 제 1, 제 2, 제 3 부분과 대향하는 제 4 영역과, 상기 제 1, 제 2, 제 3, 제 4 헤드가 각각 상기 제 1, 제 2, 제 3, 제 4 부분과 대향하는 제 5 영역을 포함하고,

상기 제 1 영역은 상기 제 2, 제 3, 제 4 헤드에 의해 상기 스테이지의 위치 정보가 계측되고, 상기 제 2 영역에서는, 상기 제 1, 제 3, 제 4 헤드에 의해 상기 스테이지의 위치 정보가 계측되며, 상기 제 3 영역에서는, 상기 제 1, 제 2, 제 4 헤드에 의해 상기 스테이지의 위치 정보가 계측되고, 상기 제 4 영역에서는, 상기 제 1, 제 2, 제 3 헤드에 의해 상기 스테이지의 위치 정보가 계측되고, 상기 제 5 영역에서는, 상기 제 1, 제 2, 제 3, 제 4 헤드에 의해 상기 스테이지의 위치 정보가 계측되고,

상기 제어계는, 상기 노광 동작에 있어서, 상기 스테이지가 상기 제 1, 제 2, 제 3, 제 4 영역 중 1 개에서, 상기 제 5 영역을 통해 상기 제 1, 제 2, 제 3, 제 4 영역 중 상기 1 개의 영역과 상이한 영역으로 이동되도록 상기 구동계를 제어하고,

상기 제 5 영역에 있어서 상기 4 개의 헤드에 의해 상기 스테이지의 위치 정보가 계측되도록, 상기 스테이지가 상기 제 5 영역 내에 있는 동안, 상기 4 개의 헤드 중 상기 1 개의 영역에서 사용되는 3 개의 헤드와 상이한 다른 헤드가, 상기 4 개의 부분 중 상기 1 개의 영역에서 사용되는 3 개의 헤드가 각각 대향하는 3 개의 부분과 상이한 부분과 대향함과 함께, 상기 상이한 영역에 있어서, 상기 4 개의 헤드 중, 상기 1 개의 영역에서 사용되는 3 개의 헤드 중 1 개 대신에 상기 다른 헤드를 포함한 3 개의 헤드를 사용하여 상기 스테이지의 구동이 제어되는, 노광 장치.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 제어계는, 상기 제 5 영역에서 상기 4 개의 헤드에서 얻어진 위치 정보를 사용하여, 상기 스테이지의 구동 제어에 사용되는 보정 정보를 취득하고,

상기 보정 정보는, 상기 1 개의 영역에서 사용되는 3 개의 헤드에 의한 상기 스테이지의 구동 제어 대신에, 상기 상이한 영역에서 사용되는 3 개의 헤드에 의한 상기 스테이지의 구동 제어를 행하기 위해 사용되는, 노광 장

치.

청구항 3

제 2 항에 있어서,

상기 보정 정보는, 상기 제 5 영역에 있어서, 상기 1 개의 영역에서 사용되는 3 개의 헤드로 계측되는 위치 정보와, 상기 상이한 영역에서 사용되는 3 개의 헤드에 의해 계측되는 위치 정보에서 얻어지는, 상기 상이한 영역에 있어서 상기 다른 헤드를 사용하여 상기 스테이지의 구동을 제어하기 위한 정보를 포함하는, 노광 장치.

청구항 4

제 3 항에 있어서,

상기 4 개의 헤드는 각각, 상기 소정 면과 평행한 방향과 상기 소정 면과 직교하는 방향과의 2 방향에 관하여 상기 스테이지의 위치 정보를 계측 가능하며,

상기 다른 헤드에 의한 상기 스테이지의 구동 제어를 위한 정보는 상기 2 방향에 관하여 취득되는, 노광 장치.

청구항 5

제 4 항에 있어서,

상기 4 개의 부분은 각각 반사형 2 차원 격자가 형성됨과 함께, 상기 2 차원 격자가 상기 소정 면과 실질적으로 평행하도록 배치되는, 노광 장치.

청구항 6

제 5 항에 있어서,

상기 계측계는, 상기 4 개의 헤드에 각각 인접하여 배치되는 헤드를 갖는, 노광 장치.

청구항 7

제 1 항 내지 제 6 항 어느 한 항에 있어서,

상기 4 개의 헤드는, 상기 제 1 방향에 관하여 상기 4 개의 해드 중 2 개의 헤드의 간격이 상기 개구의 폭보다 크고, 또한 상기 제 2 방향에 관하여 상기 4 개의 헤드 중 2 개의 헤드의 간격이 상기 개구의 폭보다 크게 되도록 상기 스테이지에 배치되는, 노광 장치.

청구항 8

제 1 항 내지 제 6 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 투영 광학계에서 떨어져 배치되고, 상기 기판의 위치 정보를 검출하는 검출계와,

상기 4 개의 부분과 상이한, 각각 반사형 격자가 형성되는 4 개의 부분과, 상기 개구와 상이한 개구를 갖고, 상기 스케일 부재와 상이한 스케일 부재를 더 구비하고,

상기 상이한 스케일 부재는, 상기 검출계가 상기 상이한 개구 내에 위치하도록 상기 스케일 부재와 동일 평면 내에 배치되고,

상기 검출계에 의한 상기 기판의 검출 동작 중, 상기 계측계에 의해 상기 스테이지의 위치 정보가 계측되는, 노광 장치.

청구항 9

제 8 항에 있어서,

상기 조명광으로 조명된 마스크를 지지하는 마스크 스테이지와,

상기 마스크 스테이지의 위치 정보를 계측하는, 상기 계측계와 상이한 인코더 시스템을 더 구비하고,

상기 조명광에 대해 상기 마스크와 상기 기판을 각각 상대 이동하는 상기 기판의 주사 노광이 행하여지도록 상

기 마스크 스테이지 및 상기 스테이지의 구동이 제어되는, 노광 장치.

청구항 10

제 9 항에 있어서,

상기 4 개의 헤드와 상이한 4 개의 헤드를 갖고, 상기 스테이지와 상이한 스테이지를 더 구비하고,

상기 계측계는, 상기 상이한 4 개의 헤드 중 적어도 3 개에 의해, 상기 6 자유도 방향에 관한 상기 상이한 스테이지의 위치 정보를 계측하는, 노광 장치.

청구항 11

투영 광학계를 통해 조명광으로 기판을 노광하는 노광 방법으로서,

상기 투영 광학계의 광축과 수직인 소정 면내에서 서로 직교하는 제 1, 제 2 방향을 포함한 6 자유도 방향에 관하여 상기 기판이 이동되도록, 상기 기판을 지지하는 스테이지를 이동하는 것과,

상기 스테이지에 설치되는 4 개의 헤드로서, 각각 반사형 격자가 형성되는 4 개의 부분과, 상기 4 개의 부분으로 둘러싸인 개구를 갖는 스케일 부재에 대하여 그 하방에서 각각 계측빔을 조사하는 상기 4 개의 헤드를 갖는 계측계에 의해, 상기 6 자유도 방향에 관한 상기 스테이지의 위치 정보를 계측하는 것과,

상기 계측계에서 계측되는 위치 정보에 기초하여 상기 스테이지의 구동을 제어하는 것을 포함하고,

상기 스케일 부재는, 상기 투영 광학계가 상기 개구 내에 위치하도록 구비되고,

상기 기판의 노광 동작에 있어서 상기 스테이지가 이동되는 이동 영역은, 상기 4 개의 헤드 중 제 1 헤드를 제외한 제 2, 제 3, 제 4 헤드가 각각, 상기 4 개의 부분 중 제 1 부분을 제외한 제 2, 제 3, 제 4 부분과 대향하는 제 1 영역과, 상기 4 개의 헤드 중 상기 제 2 헤드를 제외한 상기 제 1, 제 3, 제 4 헤드가 각각, 상기 4 개의 부분 중 상기 제 2 부분을 제외한 상기 제 1, 제 3, 제 4 부분과 대향하는 제 2 영역과, 상기 4 개의 헤드 중 상기 제 3 헤드를 제외한 상기 제 1, 제 2, 제 4 헤드가 각각, 상기 4 개의 부분 중 상기 제 3 부분을 제외한 상기 제 1, 제 2, 제 4 부분과 대향하는 제 3 영역과, 상기 4 개의 헤드 중 상기 제 4 헤드를 제외한 상기 제 1, 제 2, 제 3 헤드 각각, 상기 4 개의 부분 중 상기 제 4 부분을 제외한 상기 제 1, 제 2, 제 3 부분과 대향하는 제 4 영역과, 상기 제 1, 제 2, 제 3, 제 4 헤드가 각각 상기 제 1, 제 2, 제 3, 제 4 부분과 대향하는 제 5 영역을 포함하고,

상기 제 1 영역에서는, 상기 제 2, 제 3, 제 4 헤드에 의해 상기 스테이지의 위치 정보가 계측되고, 상기 제 2 영역에서는, 상기 제 1, 제 3, 제 4 헤드에 의해 상기 스테이지의 위치 정보가 계측되며, 상기 제 3 영역에서는, 상기 제 1, 제 2, 제 4 헤드에 의해 상기 스테이지의 위치 정보가 계측되고, 상기 제 4 영역에서는, 상기 제 1, 제 2, 제 3 헤드에 의해 상기 스테이지의 위치 정보가 계측되고, 상기 제 5 영역에서는, 상기 제 1, 제 2, 제 3, 제 4 헤드에 의해 상기 스테이지의 위치 정보가 계측되는,

상기 노광 동작에 있어서, 상기 스테이지는, 상기 제 1, 제 2, 제 3, 제 4 영역 중 1 개에서, 상기 제 5 영역을 통해 상기 제 1, 제 2, 제 3, 제 4 영역 중 상기 1 개의 영역과 상이한 영역으로 이동되고,

상기 제 5 영역에서 상기 4 개의 헤드에 의해 상기 스테이지의 위치 정보가 계측되도록, 상기 스테이지가 상기 제 5 영역 내에 있는 동안, 상기 4 개의 헤드 중 상기 1 개의 영역에서 사용되는 3 개의 헤드와 상이한 다른 헤드가, 상기 4 개의 부분 중 상기 1 개의 영역에서 사용되는 3 개의 헤드가 각각 대향하는 3 개의 부분과 상이한 부분과 대향함과 함께, 상기 상이한 영역에 있어서, 상기 4 개의 헤드 중 상기 1 개의 영역에서 사용되는 3 개의 헤드 중 1 개 대신에 상기 다른 헤드를 포함한 3 개의 헤드를 사용하여 상기 스테이지의 구동이 제어되는, 노광 방법.

청구항 12

제 11 항에 있어서,

상기 제 5 영역에 있어서 상기 4 개의 헤드에서 얻어진 위치 정보를 사용하여, 상기 스테이지의 구동 제어에 사용되는 보정 정보가 취득되고

상기 보정 정보는, 상기 1 개의 영역에서 사용되는 3 개의 헤드에 의한 상기 스테이지의 구동 제어 대신에, 상

기 상이한 영역에서 사용되는 3 개의 헤드에 의한 상기 스테이지의 구동 제어를 행하기 위해 사용되는, 노광 방법.

청구항 13

제 12 항에 있어서,

상기 보정 정보는, 상기 제 5 영역에 있어서, 상기 1 개의 영역에서 사용되는 3 개의 헤드로 계측되는 위치 정보와, 상기 상이한 영역에서 사용되는 3 개의 헤드에 의해 계측되는 위치 정보에서 얻어지는, 상기 상이한 영역에 있어서 상기 다른 헤드를 사용하여 상기 스테이지의 구동을 제어하기 위한 정보를 포함하는, 노광 방법.

청구항 14

제 13 항에 있어서,

상기 4 개의 헤드는 각각, 상기 소정 면과 평행한 방향으로 상기 소정 면과 직교하는 방향의 2 방향에 관하여 상기 스테이지의 위치 정보를 계측하고

상기 다른 헤드에 의한 상기 스테이지의 구동 제어를 위한 정보는 상기 2 방향에 관하여 취득되는, 노광 방법.

청구항 15

제 14 항에 있어서,

상기 4 개의 부분은 각각 반사형 2 차원 격자가 형성됨과 함께, 상기 2 차원 격자가 상기 소정 면과 실질적으로 평행하도록 배치되는, 노광 방법.

청구항 16

제 15 항에 있어서,

상기 4 개의 헤드에 각각 인접하여 배치되는 헤드에 의해 상기 스테이지의 위치 정보가 계측되는, 노광 방법.

청구항 17

제 11 항 내지 제 16 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 4 개의 헤드는, 상기 제 1 방향에 관하여 상기 4 개의 헤드 중 2 개의 헤드의 간격이 상기 개구의 폭보다 크고, 상기 제 2 방향에 관하여 상기 4 개의 헤드 중 2 개의 헤드의 간격이 상기 개구의 폭보다 크게 되도록 상기 스테이지에 배치되는, 노광 방법.

청구항 18

제 11 항 내지 제 16 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 투영 광학계에서 떨어져 배치되는 검출계에 의해 상기 기판의 위치 정보가 검색되고

상기 4 개의 부분과 상이한, 각각 반사형 격자가 형성되는 4 개의 부분과, 상기 개구와 상이한 개구를 갖고, 상기 스케일 부재와 상이한 스케일 부재는, 상기 검출계가 상기 상이한 개구 내에 위치하도록 상기 스케일 부재와 동일 평면 내에 배치되고,

상기 검출계에 의한 상기 기판의 검출 동작 중, 상기 계측계에 의해 상기 스테이지의 위치 정보가 계측되는, 노광 방법.

청구항 19

제 18 항에 있어서,

상기 계측계와 상이한 인코더 시스템에 의해, 상기 조명광으로 조명된 마스크를 지지하는 마스크 스테이지의 위치 정보가 계측되고,

상기 조명광에 대해 상기 마스크와 상기 기판을 각각 상대 이동하는 상기 기판의 주사 노광이 행하여지도록 상기 마스크 스테이지 및 상기 스테이지의 구동이 제어되는, 노광 방법.

청구항 20

제 19 항에 있어서,

상기 4 개의 헤드와 상이한 4 개의 헤드를 갖고, 상기 스테이지와 상이한 스테이지에서 기판이 지지되고,

상기 상이한 4 개의 헤드 중 적어도 3 개에 의해, 상기 6 자유도 방향에 관한 상기 상이한 스테이지의 위치 정보가 계측되는, 노광 방법.

청구항 21

디바이스 제조 방법으로서,

제 11 항 내지 제 16 항 중 어느 한 항에 기재된 노광 방법을 사용하여 기판을 노광하는 것과,

노광된 상기 기판을 현상하는 것을 포함하는, 디바이스 제조 방법.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 노광 장치, 노광 방법, 및 디바이스 제조 방법에 관한 것으로서, 특히 반도체 디바이스와 같은 마이크로디바이스들 (전자 디바이스들) 을 제조하기 위해 리소그래피 공정에서 사용되는 노광 장치 및 노광 방법, 및 그 노광 방법을 사용하는 디바이스 제조 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 종래에, (집적 회로 등의) 반도체 디바이스 및 액정 표시 장치 등의 전자 디바이스 (마이크로디바이스) 를 제조하는 리소그래피 공정에 있어서, 스텝-앤드-리피트 방식에 의한 투영 노광 장치 (소위, 스텝퍼), 또는 스텝-앤드-스캔 방식에 의한 투영 노광 장치 ((스캐너라고도 칭해지는) 소위 스캐닝 스텝퍼) 등의 노광 장치가 주로 사용된다.

[0003] 이러한 종류의 노광 장치에서는, 반도체 디바이스의 고집적화에 의한 디바이스 패턴의 미세화에 따라, 높은 오버레이 정밀도 (정렬 정밀도) 에 대한 요구가 증가하고 있다. 따라서, 패턴이 형성되는 웨이퍼 또는 유리 플레이트 등과 같은 기판의 위치 측정에 있어서도 더욱 높은 정밀도에 대한 요구가 증가하고 있다.

[0004] 그러한 요건에 따르는 장치로서, 예를 들어 특허 문헌 1 에서는, 기판 테이블에 설치된 복수의 인코더형 센서 (인코더 헤드) 를 사용하는 위치 계측 시스템이 구비된 노광 장치가 제안되어 있다. 이러한 노광 장치에서, 인코더 헤드는 기판 테이블에 대향하여 배치된 스케일 상에 계측빔을 조사하고, 스케일로부터의 복귀빔을 수광함으로써 기판 테이블의 위치를 계측한다.

[0005] 그러나, 특허 문헌 1 에 기재된 위치 계측 시스템이 구비된 노광 장치에서는, 실제의 운용으로서는, 스케일과 대향하는 인코더 헤드는 기판 테이블의 위치에 따라 복수의 인코더 헤드로부터 스위칭되어야 한다. 또한, 사용되어야 하는 인코더 헤드를 스위칭할 때, 기판 테이블의 위치 계측 결과들의 연속성이 또한 보장되어야 한다.

선행기술문헌

특허문헌

[0006] (특허문헌 0001) 미국 특허 출원 제 2006/0227309 호

발명의 내용

해결하려는 과제

과제의 해결 수단

[0007] 본 발명은 상술된 정황 하에서 이루어진 것으로, 제 1 양태에 따르면, 물체 상에 매트릭스 형상으로 배치된 복수의 구획 영역들 상에 에너지 빔을 순차적으로 노광하여, 상기 복수의 구획 영역들의 각각에 패턴을 형성하는 제 1 노광 장치로서, 물체를 유지하여 소정 평면을 따라 이동하는 이동체; 상기 이동체에 제공된 복수의 헤드를 갖고, 상기 복수의 헤드 중, 상기 이동체에 대향하여 상기 소정 평면에 대략 평행으로 배치되고, 일부에 개구를 갖는 계측면에 계측 빔을 조사하고, 상기 계측면으로부터의 복귀빔을 수광하여 각각의 계측 방향에 관한 상기 이동체의 위치를 계측하는 소정 수의 헤드의 계측 결과에 기초하여, 상기 이동체의 위치 정보를 구하는 위치계측계; 상기 위치 계측계에 의해 구해진 상기 위치 정보에 기초하여 상기 이동체를 구동하며, 또한 상기 이동체의 위치에 따라 상기 이동체의 위치 정보의 산출에 사용되는 상기 소정 수의 헤드의 적어도 하나를 다른 헤드로 스위칭하는 제어계를 구비하고, 상기 복수의 헤드 중 상기 소정 평면 내의 제 1 방향으로 이간하는 2 개의 헤드의 이간 거리는, 상기 제 1 방향에 대한 상기 개구의 폭보다 큰, 제 1 노광장치가 제공된다.

[0008] 이러한 장치에 따르면, 이동체의 위치에 따라 복수의 인코더 헤드로부터 스케일에 대향하는 인코더 헤드를 스위칭하고 사용하여, 이동체의 위치 정보를 계측하는 것이 가능하게 된다.

[0009] 본 발명의 제 2 양태에 따르면, 물체 상의 복수의 구획 영역 상에 에너지 빔을 순차적으로 노광하여, 상기 복수의 구획 영역의 각각에 패턴을 형성하는 제 2 노광 장치로서, 물체를 유지하여 소정 평면을 따라 이동하는 이동체; 상기 이동체에 제공된 복수의 헤드를 갖고, 상기 복수의 헤드 중, 상기 이동체에 대향하여 상기 소정 평면에 대략 평행으로 배치되고, 일부에 계측 비유효영역을 갖는 계측면에 계측 빔을 조사하고, 상기 계측면으로부터의 복귀빔을 수광하여 각각의 계측 방향에 관한 상기 이동체의 위치를 계측하는 소정 수의 헤드의 계측 결과에 기초하여, 상기 이동체의 위치 정보를 구하는 위치계측계; 상기 위치 계측계에 의해 구해진 상기 위치 정보에 기초하여, 상기 이동체의 위치 정보의 산출에 사용되는 헤드를 스위칭하면서, 상기 이동체를 구동하는 제어계를 구비하고, 상기 복수의 헤드 중 상기 소정 평면내에서 소정 방향으로 이간하는 2 개의 헤드의 이간 거리는, 상기 소정방향에 대한 상기 계측 비유효영역의 사이즈를 고려하여 결정되는, 제 2 의 노광 장치가 제공된다.

[0010] 이러한 장치에 따르면, 2 개의 헤드 사이의 이간 거리가 소정 방향에 대한 계측 비유효영역의 사이즈를 적절히 고려하여 결정되기 때문에, 물체 상의 대상 구획영역에 패턴을 형성하기 위해 이동체가 소정 방향으로 등속 운동을 수행하는 동안, 헤드를 스위칭하지 않고 이동체의 위치 정보가 계측될 수 있다. 이에 따라, 양호한 정밀도로 패턴을 물체 상에 형성하는 것이 가능하게 된다.

[0011] 본 발명의 제 3 양태에 따르면, 물체 상에 매트릭스 형상으로 배치된 복수의 구획 영역들 상에 에너지 빔을 순차적으로 노광하여, 상기 복수의 구획 영역들의 각각에 패턴을 형성하는 제 3 노광 장치로서, 물체를 유지하여 소정 평면을 따라 이동하는 이동체; 상기 이동체에 제공된 복수의 헤드를 갖고, 상기 복수의 헤드 중, 상기 이동체에 대향하여 상기 소정 평면에 대략 평행으로 배치되고, 일부에 개구를 갖는 계측면에 계측 빔을 조사하고, 상기 계측면으로부터의 복귀빔을 수광하여 각각의 계측 방향에 관한 상기 이동체의 위치를 계측하는 소정 수의 헤드의 계측 결과에 기초하여, 상기 이동체의 위치 정보를 구하는 위치 계측계; 상기 위치 계측계에 의해 구해진 상기 위치 정보에 기초하여 상기 이동체를 구동하며, 또한 상기 이동체의 위치에 따라 상기 이동체의 위치 정보의 산출에 사용되는 상기 소정 수의 헤드의 적어도 하나를 다른 헤드로 스위칭하는 제어계를 구비하고, 상기 복수의 헤드 중의 제 1 헤드군과 그 제 1 헤드군과 적어도 1 개의 헤드가 다른 제 2 헤드군에 포함되는 헤드가 상기 계측면에 대향하는 제 1 영역 내에서, 상기 제 1 헤드군의 계측 결과에 기초하여 구해진 상기 이동체의 위치 정보에 기초하여, 상기 복수의 구획영역 중의 대상 구획 영역에 상기 패턴을 형성하기 위해 상기 소정 평면 내의 제 1 방향으로 상기 이동체에 대한 등속 이동이 수행된 후, 상기 제 1 영역으로부터 상기 제 2 헤드 군에 포함되는 헤드만이 상기 계측면에 대향하는 제 2 영역으로 이동하기 전에, 상기 이동체의 위치 정보의 산출에 이용되는 헤드가 상기 제 2 헤드군으로 스위칭되는, 제 3 노광장치가 제공된다.

[0012] 이러한 장치에 따르면, 물체상의 대상 구획 영역에 패턴을 형성하기 위해 이동체가 제 1 방향으로 등속 이동을 수행하는 동안, 헤드를 스위칭하지 않고 이동체의 위치정보를 계측하는 것이 가능하다. 이에 따라, 양호한 정밀도로 물체 상에 패턴을 형성하는 것이 가능해 진다.

[0013] 본 발명의 제 4 양태에 따르면, 물체상에 매트릭스 형상으로 배치된 복수의 구획영역이 에너지 빔으로 순차적으로 노광되어, 상기 복수의 구획 영역의 각각에 패턴을 형성하는 제 1 노광 방법으로서, 상기 물체를 유지하여 소정 평면을 따라 이동하는 이동체에 제공된 복수의 헤드 중, 상기 이동체에 대향하여 상기 소정 평면에 대략

평행하게 배치된 계측면에 계측빔을 조사하고, 상기 계측면으로부터의 복귀빔을 수광하여, 각각의 계측 방향에 관한 상기 이동체의 위치를 계측하는 소정 수의 헤드의 계측 결과에 기초하여 상기 이동체의 위치 정보를 구하는 것과; 상기 위치 정보에 기초하여 상기 복수의 구획영역 중의 대상 구획영역에 상기 패턴을 형성하기 위해, 상기 이동체를 상기 소정 평면 내의 제 1 방향으로 등속으로 이동시키는 것과; 상기 이동체가 등속으로 이동된 후, 상기 이동체의 위치에 따라 상기 이동체의 위치 정보의 산출에 사용되는 상기 소정 수의 헤드의 적어도 하나를 다른 헤드로 스위칭하는 것을 포함하는 제 1 노광 방법이 제공된다.

[0014] 이러한 방법에 따르면, 물체상의 대상 구획영역에 패턴을 형성하기 위해 이동체가 제 1 방향으로 등속 이동을 수행하는 동안, 헤드를 스위칭하지 않고 이동체의 위치 정보를 계측하는 것이 가능하다. 이에 따라, 양호한 정밀도로 물체상에 패턴을 형성하는 것이 가능하게 된다.

[0015] 본 발명의 제 5 양태에 따르면, 물체상에 매트릭스 형상으로 배치된 복수의 구획영역이 에너지 빔으로 순차적으로 노광되어, 상기 복수의 구획 영역의 각각에 패턴을 형성하는 제 2 노광 방법으로서, 상기 물체를 유지하여 소정 평면을 따라 이동하는 이동체에 제공된 복수의 헤드 중, 상기 이동체에 대향하여 상기 소정 평면에 대략 평행하게 배치된 계측면에 계측빔을 조사하고, 상기 계측면으로부터의 복귀빔을 수광하여, 각각의 계측 방향에 관한 상기 이동체의 위치를 계측하는 소정 수의 헤드의 계측 결과에 기초하여 상기 이동체의 위치 정보를 구하는 것과; 상기 구해진 위치 정보에 기초하여, 상기 복수의 구획영역 중의 대상 구획영역에 상기 패턴을 형성하기 위한 등속 이동의 개시점을 향해 상기 이동체를 스텝 구동하는 것과; 상기 스텝 구동 후, 상기 대상 구획 영역에 상기 패턴을 형성하기 위해 상기 소정 평면 내의 제 1 방향으로 상기 이동체가 등속 이동되기 전에, 상기 이동체의 위치에 따라 상기 이동체의 위치 정보의 산출에 사용되는 상기 소정 수의 헤드의 적어도 하나를 다른 헤드로 스위칭하는 것을 포함하는, 제 2 노광 방법이 제공된다.

[0016] 이러한 방법에 따르면, 물체상의 대상 구획 영역에 패턴을 형성하기 위해 이동체가 제1 방향으로 등속 이동을 수행하는 동안은, 헤드를 스위칭하지 않고 이동체의 위치 정보를 계측하는 것이 가능하다. 이에 따라, 양호한 정밀도로 물체 상에 패턴을 형성하는 것이 가능하게 된다.

[0017] 본 발명의 제 6 양태에 따르면, 물체상에 매트릭스 형상으로 배치된 복수의 구획영역이 에너지 빔으로 순차적으로 노광되어, 상기 복수의 구획 영역의 각각에 패턴을 형성하는 제 3 노광 방법으로서, 상기 물체를 유지하여 소정 평면을 따라 이동하는 이동체에 제공된 복수의 헤드 중의 제 1 헤드군과 상기 제 1 헤드군과 적어도 하나의 헤드가 다른 제 2 헤드군에 포함되는 헤드가 상기 소정 평면에 대략 평행하게 제공된 계측면에 대향하는 제 1 영역 내에서, 상기 제 1 헤드군의 계측 결과에 기초하여, 상기 이동체의 위치 정보를 구하고, 상기 위치 정보에 기초하여, 상기 복수의 구획 영역 중의 대상 구획영역에 상기 패턴을 형성하기 위해 상기 소정 평면 내의 제 1 방향으로 상기 이동체의 등속 이동을 수행하는 것과; 상기 등속 이동 후, 상기 이동체가 상기 제 1 영역으로부터 상기 제 2 헤드군에 포함되는 헤드만이 상기 계측면에 대향하는 제 2 영역으로 이동하기 전에, 상기 위치 정보의 산출에 사용되는 헤드를 상기 제 2 헤드군으로 스위칭하는 것을 포함하는 제3 노광 방법이 제공된다.

[0018] 이러한 방법에 따르면, 물체 상의 대상 구획 영역에 패턴을 형성하기 위해 이동체가 제 1 방향으로 등속 이동을 수행하는 동안, 헤드를 스위칭하지 않고 이동체의 위치 정보를 계측하는 것이 가능하다. 이에 따라, 양호한 정밀도로 물체상에 패턴을 형성하는 것이 가능하게 된다.

[0019] 본 발명의 제 7 양태에 따르면, 물체상에 매트릭스 형상으로 배치된 복수의 구획영역이 에너지 빔으로 순차적으로 노광되어, 상기 복수의 구획 영역의 각각에 패턴을 형성하는 제 4 노광 방법으로서, 상기 물체를 유지하여 소정 평면을 따라 이동하는 이동체에 제공된 복수의 헤드 중의 제 1 헤드군과 상기 제 1 헤드군과 적어도 하나의 헤드가 다른 제 2 헤드군에 포함되는 헤드가 상기 소정 평면에 대략 평행하게 제공된 계측면에 대향하는 제 1 영역 내에서, 상기 제 1 헤드군의 계측 결과에 기초하여, 상기 이동체의 위치 정보를 구하고, 상기 위치 정보에 기초하여, 상기 복수의 구획 영역 중의 대상 구획영역에 상기 패턴을 형성하기 위해 등속 이동의 개시점을 향하여 상기 이동체를 스텝 구동하는 것과; 상기 스텝 구동 후, 상기 이동체가 상기 대상 구획영역에 상기 패턴을 형성하기 위해 상기 개시점으로부터 상기 소정 평면 내의 제 1 방향으로 등속 이동되어, 상기 제 1 영역으로부터 상기 제 2 헤드군에 포함되는 헤드만이 상기 계측면에 대향하는 제 2 영역으로 이동하기 전에, 상기 위치 정보를 계측하기 위해 사용되는 헤드를 상기 제 2 헤드군으로 스위칭하는 것을 포함하는 제 4 노광 방법이 제공된다.

[0020] 이러한 방법에 따르면, 물체상의 대상 구획 영역에 패턴을 형성하기 위해 이동체가 제 1 방향으로 등속 이동을 수행하는 동안, 헤드를 스위칭하지 않고 이동체의 위치 정보를 계측하는 것이 가능하다. 이에 따라, 양호한 정밀도로 물체상에 패턴을 형성하는 것이 가능하게 된다.

[0021] 본 발명의 제 8 양태에 따르면, 물체상에 매트릭스 형상으로 배치된 복수의 구획영역을 에너지 빔으로 순차적으로 노광하여, 상기 복수의 구획 영역의 각각에 패턴을 형성하는 제 4 노광 장치로서, 물체를 유지하여 소정 평면을 따라 이동하는 이동체와; 상기 이동체에 제공된 복수의 헤드를 갖고, 상기 복수의 헤드 중, 상기 이동체에 대향하여 상기 소정 평면에 대략 평행으로 배치된 계측면에 계측빔을 조사하고, 상기 계측면으로부터의 복귀빔을 수광하여 각각의 계측방향에 관한 상기 이동체의 위치를 계측하는 소정 수의 헤드의 계측 결과에 기초하여 상기 이동체의 위치 정보를 구하는 위치 계측계와; 상기 위치 계측계에 의해 구해진 상기 위치 정보에 기초하여 상기 이동체를 구동하는 것과 함께 상기 복수의 구획영역 중의 대상 구획영역에 상기 패턴을 형성하기 위해, 상기 이동체가 상기 소정 평면 내에 제 1 방향으로 등속 이동을 수행할 때 이외의 때에, 상기 이동체의 위치 정보의 산출에 사용되는 상기 소정 수의 헤드의 적어도 하나를 다른 헤드로 스위칭하는 제어계를 구비하는 제 4 노광 장치가 제공된다.

[0022] 이러한 장치에 따르면, 물체상의 대상 구획 영역에 패턴을 형성하기 위해 이동체가 제 1 방향으로 등속 이동을 수행하는 동안, 헤드가 스위칭되지 않는다. 이에 따라, 양호한 정밀도로 물체상에 패턴을 형성하는 것이 가능하게 된다.

[0023] 본 발명의 제 9 양태에 따르면, 물체상에 매트릭스 형상으로 배치된 복수의 구획 영역을 에너지빔에 의해 순차적으로 노광하여, 상기 복수의 구획영역의 각각에 패턴을 형성하는 제 5 노광 방법으로서, 상기 물체를 유지하여 소정 평면을 따라 이동하는 이동체에 제공된 복수의 헤드 중, 상기 이동체에 대향하여 상기 소정 평면에 대략 평행으로 배치된 일부에 개구를 갖는 계측면에 계측빔을 조사하고, 상기 계측면으로부터의 복귀빔을 수광하여 각각의 계측 방향에 관한 상기 이동체의 위치를 계측하는 소정 수의 헤드의 계측 결과에 기초하여 상기 이동체의 위치 정보를 구하는 것과; 상기 대상 구획영역에 상기 패턴을 형성하기 위해 상기 소정 평면 내의 제1 방향으로 상기 이동체가 등속 이동을 수행하는 때 이외의 때에 상기 이동체의 위치에 따라 상기 이동체의 위치 정보의 산출에 이용되는 상기 소정수의 헤드의 적어도 하나를 다른 헤드로 스위칭하는 것을 포함하는 제 5 노광 방법이 제공된다.

[0024] 이러한 방법에 따르면, 물체상의 대상 구획 영역에 패턴을 형성하기 위해 이동체가 제 1 방향으로 등속 이동을 수행하는 동안, 헤드가 스위칭되지 않는다. 이에 따라, 양호한 정밀도로 물체상에 패턴을 형성하는 것이 가능하게 된다.

[0025] 본 발명의 제 10 양태에 따르면, 본 발명의 제 1 내지 제 5 노광 방법 중 어느 하나를 사용하여 물체 상에 패턴을 형성하는 것; 및 패턴이 형성된 물체를 현상하는 것을 포함하는, 디바이스 제조 방법이 제공된다.

도면의 간단한 설명

[0026] 도 1 은 일 실시형태에 관련된 노광 장치의 구성 (configuration) 을 개략적으로 나타내는 도면이다.

도 2 는 투영 광학계의 주위에 배치된 인코더 시스템의 구성을 나타내는 도면이다.

도 3 은 얼라인먼트계의 주위에 배치된 인코더 시스템의 구성을 나타내는 도면이다.

도 4 는 부분적으로 파쇄된 웨이퍼 스테이지의 확대도이다.

도 5 는 웨이퍼 스테이지 상의 인코더 헤드의 배치를 나타내는 도면이다.

도 6 은 도 1 의 노광 장치에서 스테이지 제어와 관련된 제어계의 주요 구성을 나타내는 블록도이다.

도 7 은 인코더 헤드 및 스케일판의 배치와 인코더 시스템의 계측 영역 사이의 관계를 나타내는 도면 (그의 1) 이다.

도 8 은 도 7 의 웨이퍼 (W_1) 의 확대도이다.

도 9 는 스텝-앤드-스캔 방식에 의한 노광 시 웨이퍼 상의 노광 중심의 이동 트랙을 나타내는 도면 (그의 1) 이다.

도 10 (A) 는 인코더 헤드의 스위칭 절차의 예를 나타내는 도면 (그의 1) 이고, 도 10 (B) 는 스위칭 전후의 웨이퍼 스테이지의 구동 속도의 시간적 변화를 나타내는 도면이며, 도 10 (C) 및 도 10 (D) 는 인코더 헤드의 스위칭 절차의 예를 나타내는 도면 (그의 2 및 3) 이다.

도 11 (A) 및 도 11 (B) 는 연결 연산 및 연결 처리를 설명하기 위해 사용되는 도면이다.

도 12 는 인코더 헤드를 스위칭할 때의 연결 처리의 개략 구성을 나타내는 도면이다.

도 13 은 인코더 헤드 및 스케일판의 배치와 인코더 시스템의 계측 영역 사이의 관계를 나타내는 도면 (그의 2) 이다.

도 14 는 도 13 의 웨이퍼 (W_2) 의 확대도이다.

도 15 는 스텝-앤드-스캔 방식에 의한 노광 시 웨이퍼 상의 노광 중심의 이동 트랙을 나타내는 도면 (그의 2) 이다.

도 16 (A) 내지 도 16 (C) 는 인코더 헤드의 스위칭 절차의 예를 나타내는 도면 (그의 4 및 6) 이다.

도 17 (A) 및 도 17 (B) 는 웨이퍼 스테이지의 가속에 수반되는 인코더 시스템의 계측 에러의 발생 원리를 설명하는데 사용되는 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0027] 본 발명의 실시형태가 도 1 내지 도 17 (B) 를 참조하여 이하에 설명된다.

[0028] 도 1 은 본 실시형태에 관련된 노광 장치 (100) 의 구성 (configuration) 을 개략적으로 나타낸다. 노광 장치 (100) 는 스텝-앤드-스캔 방식의 투영 노광 장치, 즉 소위 스캐너이다. 이후에 설명되는 바와 같이, 본 실시형태에서는 투영 광학계 (PL) 가 설치되어 있고, 이하의 설명에서 투영 광학계 (PL) 의 광축 (AX) 에 평행한 방향은 Z 축 방향으로서 설명되며, 레티클 및 웨이퍼가 상대적으로 스캐닝되는 Z 축 방향에 직교하는 평면내의 방향은 Y 축 방향으로 설명되고, Z 축 및 Y 축에 직교하는 방향은 X 축 방향으로서 설명되며, X 축, Y 축 및 Z 축 주위의 회전 (경사) 방향은 각각 θx, θy, 및 θz 방향으로서 설명된다.

[0029] 노광 장치 (100) 는 조명계 (10), 레티클 (R) 을 유지하는 레티클 스테이지 (RST), 투영 유닛 (PU), 웨이퍼 (W) 가 재치되는 웨이퍼 스테이지 (WST1 및 WST2) 를 포함하는 웨이퍼 스테이지 장치 (50), 이들 부품들에 대한 제어계 등이 구비된다.

[0030] 조명계 (10) 는, 예를 들어 미국 특허 출원 제 2003/0025890 호 등에 개시된 바와 같이, 광원, 광학 적분기 등을 포함하는 조도 균일화 광학계, 및 레티클 블라인드 등을 갖는 조명 광학계 (이들은 도시되지 않음) 를 포함한다. 조명계 (10) 는 실질적으로 균일한 조도를 갖는 조명 광 (노광 광) (IL) 에 의해 레티클 블라인드 (마스킹 시스템) 를 갖는 레티클 (R) 상에 설정되는 슬릿 형상 조명 영역 (IAR) 을 조명한다. 여기서, 일 예로서, (193 nm 의 파장을 갖는) ArF 엑시머 레이저 광이 조명 광 (IL) 으로서 사용된다.

[0031] 레티클 스테이지 (RST) 상에는, 그 패턴 면 (도 1 에 있어서의 하면) 상에 회로 패턴 등이 형성되는 레티클 (R) 이 예를 들어 진공 척킹에 의해 고정된다. 레티클 스테이지 (RST) 는 예를 들어 선형 모터 등을 포함하는 레티클 스테이지 구동계 (11) (도 1 에는 도시하지 않음, 도 6 참조) 에 의해 XY 평면 내에서 미세하게 구동가능하며, 레티클 스테이지 (RST) 는 또한 소정의 주사 속도로 주사 방향 (이 경우, 도 1 의 페이지 면에 직교하는 방향인 Y 축 방향) 으로 구동가능하다.

[0032] XY 평면 (이동 평면) 에서의 레티클 스테이지 (RST) 의 (θz 방향에서의 위치 정보 (θz 회전량) 를 포함하는) 위치 정보는 예를 들어 도 1 에 도시되는, 이동경 (15) (실제로는, Y 축 방향에 직교하는 반사면을 갖는 Y 이동경 (또는, 리트로 리플렉터) 과 X 축 방향에 직교하는 반사면을 갖는 X 이동경이 설치되어 있다) 에 계측빔을 조사하는 레티클 레이저 간섭계 (이하, "레티클 간섭계" 라 함) (16) 에 의해 예를 들어 0.25nm 정도의 분해능으로 항시 검출된다. 또한, 레티클 (R) 의 적어도 3 자유도 방향의 위치 정보를 계측하기 위해, 레티클 간섭계 (16) 대신, 또는 그것과 조합하여 예를 들면 미국 특허출원 공개 제 2007/0288121 호 등에 개시되어 있는 인코더 시스템을 사용하여도 좋다.

[0033] 투영 유닛 (PU) 은 도 1 의 레티클 스테이지 (RST) 아래 (-Z 측) 에 배치되고, 보디의 일부를 구성하는 메인 프레임 (메트롤로지 프레임) 에 의해 유지된다. 투영 유닛 (PU) 은 경통 (40) 및 경통 (40) 에 의해 유지된 복수의 광학 소자들로 구성된 투영 광학계 (PL) 를 갖는다. 투영 광학계 (PL) 로서는, 예를 들어, Z 축 방향에 평행한, 광학 축 (AX) 을 따라 배치된 복수의 광학 소자 (렌즈 엘리먼트) 로 구성되는 굴절광학계가 사용된다. 투영 광학계 (PL) 는 예를 들어 소정의 투영 배율 (예를 들어, 1/4 배, 1/5 배, 또는 1/8 배 등) 을 갖는 양측 텔레센트릭 굴절광학계이다. 따라서, 조명계 (10) 로부터의 조명광 (IL) 이 조명 영역 (IAR) 을 조명하는 경우, 투영 광학계 (PL) 의 제 1 면 (물체면) 과 패턴면이 거의 일치하도록 배치되는 레티클 (R) 을 통과한 조명광 (IL) 에 의해 투영 광학계 (PL) 를 통하여 그 조명 영역 (IAR) 내에 형성된 레티클 (R) 의 회로

패턴의 축소상 (회로 패턴의 일부의 축소상) 이 투영 광학계 (PL) 의 제2 면 (이미지면) 측에 배치되는, 표면에 레지스트 (감응제) 가 도포된 웨이퍼 (W) 상의, 상기 조명영역 (IAR) 에 공액인 영역 (노광 영역)(IA) 에 형성된다. 그리고, 레티클 스테이지 (RST) 와 웨이퍼 스테이지 (WST1 및 WST2) 의 동기 구동에 의해, 조명 영역 (IAR) (조명광 IL) 에 대해 레티클 (R) 을 주사 방향 (Y 축 방향) 으로 상대 이동시킴과 함께, 노광 영역 (IA) (조명광 IL) 에 대해 웨이퍼 (W) 를 주사 방향 (Y 축 방향) 으로 상대 이동시키는 것에 의해, 웨이퍼 (W) 상의 1 개의 쇼트 영역 (구획 영역) 의 주사 노광이 행해지고, 그 쇼트 영역에 레티클 (R) 의 패턴이 전사된다. 즉, 본 실시형태에서는 조명계 (10), 및 투영 광학계 (PL) 에 따라 웨이퍼 (W) 상에 레티클 (R) 의 패턴이 생성되고, 조명광 (IL) 에 의한 웨이퍼 (W) 상의 감응층 (레지스트 층) 의 노광에 의해 웨이퍼 (W) 상에 그 패턴이 형성된다.

[0034] 또, 메인 프레임은 종래에 사용되는 게이트형 프레임, 및 예를 들어 미국 특허출원 공개 제 2008/0068568 호 등에 개시된 행잉 지지형 (hanging support type) 프레임 중 하나일 수 있다.

[0035] 경통 (40) 의 -Z 측 단부 주위에는, 예를 들어, 경통 (40) 의 하단면과 실질적으로 동일면인 높이로, XY 평면에 평행하게 스케일판 (21) 이 배치된다. 본 실시형태에서는 도 2 에 도시된 바와 같이, 스케일판 (21) 은 예를 들어 4 개의 L 자 형상 부분 (부품) (21_1, 21_2, 21_3, 및 21_4) 으로 구성되며, 경통 (40) 의 -Z 단부가 예를 들어 중앙에 형성된 직사각형 개구 (21a) 내부에 삽입된다. 이 경우에, 스케일판 (21) 의 X 축 방향 및 Y 축 방향의 폭은 각각 a 및 b 이고, X 축 방향 및 Y 축 방향의 개구 (21a) 의 폭은 각각 ai 및 bi 이다.

[0036] 스케일판 (21) 으로부터 +X 방향으로 이간한 위치에는, 도 1 에 도시된 바와 같이, 스케일판 (21) 과 실질적으로 동일평면상에 스케일판 (21)이 배치되어 있다. 스케일판 (22) 은 또한 도 3 에 도시된 바와 같이, 예를 들어 4 개의 L 자 형상 부분 (부품) (22_1, 22_2, 22_3, 및 22_4) 으로 구성되며, 후술되는 얼라인먼트계 (ALG) 의 -Z 측 단부가 예를 들어 중앙에 형성된 직사각형 개구 (22a) 내부에 삽입된다. 스케일판 (22) 의 X 축 방향 및 Y 축 방향의 폭은 각각 a 및 b 이고, X 축 방향 및 Y 축 방향의 개구 (22a) 의 폭은 각각 ai 및 bi 이다. 또, 본 실시형태에서는, X 축 방향 및 Y 축 방향에서의 스케일판 (21 및 22) 및 개구 (21a 및 22a) 의 폭은 동일했지만, 그 폭이 반드시 동일해야 하는 것은 아니고, 그 폭은 X 축 방향 및 Y 축 방향 중 적어도 하나의 방향에서 다를 수도 있다.

[0037] 본 실시형태에서, 스케일판 (21 및 22) 은 투영 유닛 (PU) 및 얼라인먼트계 (ALG) 를 지지하는 메인 프레임 (도시하지 않음) (메트롤로지 프레임) 으로부터 매달림에 의해 지지된다. 스케일판 (21 및 22) 의 하면 (-Z 측 상의 면) 에는, X 축을 기준으로 하는 45 도 방향 (Y 축을 기준으로 하는 -45 도 방향) 을 주기방향으로 하는 소정 피치, 예를 들면 1 ㎛ 의 격자와, X 축을 기준으로 하는 -45 도 방향 (Y 축을 기준으로 하는 -135 도 방향) 을 주기방향으로 하는 소정 피치, 예를 들면 1 ㎛ 의 격자로부터 이루어지는 반사형 2 차원 회절 격자 (RG) (도 2, 도 3 및 도 4 참조) 가 형성되어 있다. 단, 2 차원 회절 격자 (RG) 및 후술하는 인코더 헤드의 구성상, 스케일판 (21 및 22) 을 구성하는 부분 (21_1 ~ 21_4, 22_1, ~ 22_4) 의 각각의 외주부 근방에는 폭 (t) 의 비유효영역이 포함된다. 스케일판 (21 및 22) 의 2 차원 회절 격자 (RG) 는, 각각 적어도 노광 동작 시 및 얼라인먼트 (계측) 시에 있어서의 웨이퍼 스테이지 (WST1 및 WST2) 의 이동 범위를 커버한다.

[0038] 웨이퍼 스테이지 장치 (50) 는, 도 1 에 도시된 바와 같이, 바닥면 상에 복수 (예를 들면, 3 개 또는 4 개) 의 방진기구 (도시하지 않음) 에 의해 거의 수평으로 지지된 스테이지 베이스 (12), 스테이지 베이스 (12) 상에 배치된 웨이퍼 스테이지 (WST1 및 WST2), 웨이퍼 스테이지 (WST1 및 WST2) 를 구동하는 웨이퍼 스테이지 구동계 (27)(도 1 에는 일부만 도시, 도 6 참조) 및 웨이퍼 스테이지 (WST1 및 WST2) 의 위치를 계측하는 계측계 등을 구비하고 있다. 계측계는 도 6 에 도시된 바와 같이, 인코더 시스템 (70, 71) 및 웨이퍼 레이저 간섭계 시스템 (이하, 웨이퍼 간섭계 시스템으로 지칭함) (18) 등을 구비하고 있다. 또, 인코더 시스템 (70, 71) 및 웨이퍼 간섭계 시스템 (18) 에 대해서는 다시 후술한다. 단, 본 실시형태에서는 웨이퍼 간섭계 시스템 (18) 은 반드시 제공되어야 하는 것은 아니다.

[0039] 도 1 에 도시된 바와 같이, 스테이지 베이스 (12) 는 평판 형태를 갖는 부재로 이루지며, 그의 상면의 평탄도는 매우 높고, 웨이퍼 스테이지 (WST1 및 WST2) 가 이동할 때 안내면으로서 작용한다. 스테이지 베이스 (12) 내부에는, XY 2차원 방향의 행방향, 열방향으로서 매트릭스 형상으로 배치된 복수의 코일 (14a) 를포함하는 코일 유닛이 수용되어 있다.

[0040] 또, 부상에 의해 베이스를 지지하는 다른 베이스 부재가 스테이지 베이스 (12) 와는 별개로 제공될 수 있고, 스테이지 베이스 (12) 는 웨이퍼 스테이지 (WST1 및 WST2) 의 구동력의 반응력에 의해 운동량 보존의 법칙에 따라

이동하는 카운트 매스 (반응력 제거기) 로서 기능하도록 해도 된다.

[0041] 도 1 에 도시된 바와 같이, 웨이퍼 스테이지 (WST1) 는 스테이지 본체 (91), 및 스테이지 본체 (91) 위에 배치되고 Z 틸트 구동 기구 (도시하지 않음) 에 의해 스테이지 본체 (91) 에 대해 비접촉 방식으로 지지되는 웨이퍼 테이블 (WTB1) 을 갖는다. 이 경우, 웨이퍼 테이블 (WTB1) 은 Z 틸트 구동 기구에 의해, 전자력 등의 상향의 힘 (척력) 과, 자중을 포함하는 하향의 힘 (인력) 의 균형을 3 점에서 조정하는 것에 의해, 비접촉으로 지지되고, 또한 적어도 Z 축 방향, θx 방향, 및 θy 방향의 3 자유도 방향으로 미소 구동된다. 스테이지 본체 (91) 의 저부에는, 슬라이더부 (91a) 가 설치되어 있다. 슬라이더부 (91a) 는 XY 평면내에서 XY 2차원 배열된 복수의 자석으로부터 이루어지는 자석 유닛과, 그 자석 유닛을 수용하는 하우징과, 그 하우징의 저면의 주위에 설치된 복수의 에어 베어링을 갖는다. 자석 유닛은 전술한 코일 유닛과 함께 예를 들면 미국특허 제 5,196,745 호 등에 개시된 전자력 (로렌츠력) 구동에 의한 평면 모터 (30) 를 구성하고 있다. 또, 평면 모터 (30) 로서는 로렌츠력 구동방식에 한하지 않고 가변 자기저항구동 방식의 평면 모터를 사용하는 것도 가능하다.

[0042] 웨이퍼 스테이지 (WST1) 는, 상기 복수의 에어 베어링에 의해 스테이지 베이스 (12) 위에 소정의 클리어런스 (극간/간격/간극(갭)/공간거리), 예를 들면 수 ㎛ 정도의 클리어런스를 통해 부상 지지되고, 평면 모터 (30) 에 의해 X 축 방향, Y 축 방향, 및 θz 방향으로 구동된다. 따라서, 웨이퍼 테이블 (WTB1) (웨이퍼 (W)) 는, 스테이지 베이스 (12) 에 대해 6 자유도 방향 (X 축 방향, Y 축 방향, Z 축 방향, θx 방향, θy 방향, 및 θz 방향 (이하, X, Y, Z, θx, θy, θz) 으로 간단히 기술한다) 으로 구동 가능하다.

[0043] 본 실시형태에서는, 코일 유닛을 구성하는 각 코일 (14a) 에 공급되는 전류의 크기 및 방향이 주제어장치 (20) 에 의해 제어된다. 평면 모터 (30) 와, 전술한 Z 틸트 구동기구를 포함하여, 웨이퍼 스테이지 구동계 (27) 가 구성되어 있다. 또, 평면 모터 (30) 는 무빙 마그넷 방식을 사용하는 모터에 제한되지 않고, 무빙 코일 방식을 사용하는 모터일 수 있다. 또, 평면 모터 (30) 로서, 자기 부상 방식의 평면 모터를 사용할 수 있다. 이 경우, 전술한 에어 베이링을 형성할 필요가 없다. 또, 평면 모터 (30) 에 의해 웨이퍼 스테이지 (WST1) 를 6 자유도 방향으로 구동할 수 있다. 또, 웨이퍼 테이블 (WTB1) 을 X 방향, Y 방향, 및 θz 방향 중 적어도 하나의 방향으로 미동 가능하여도 좋다. 즉, 웨이퍼 스테이지 (WST1) 를 조미동 스테이지에 의해 구성하여도 좋다.

[0044] 웨이퍼 테이블 (WTB1) 상에는, 웨이퍼 (W) 가 웨이퍼 홀더 (도시하지 않음) 를 통해 재치되고, 예를 들어 진공 흡입 (또는 정전 흡착) 등의 척 기구 (도시하지 않음) 에 의해 고정된다. 도시되지는 않았지만, 웨이퍼 테이블 (WTB1) 의 대각선 중 하나상에는, 웨이퍼 홀더를 사이에 두고 제 1 기준 마크판 및 제 2 기준 마크판이 제공된다. 제 1 및 제 2 기준 마크판의 상면에는, 후술하는 한 쌍의 레티클 얼라인먼트계 (13A 및 13B) 및 얼라인먼트계 (ALG) 에 의해 검출되는 복수의 기준 마크가 각각 형성된다. 또, 제 1 및 제 2 기준 마크판 상의 복수의 기준 마크 사이의 위치 관계는 알려져 있는 것으로 한다.

[0045] 웨이퍼 스테이지 (WST2) 는 또한 웨이퍼 스테이지 (WST1) 와 유사한 방식으로 구성된다.

[0046] 인코더 시스템 (70, 71) 은 각각 투영 광학계 (PL) 바로 아래 영역을 포함하는 노광시 이동 영역과 얼라인먼트계 (ALG) 바로 아래의 영역을 포함하는 계측시 이동영역에 있어서의 웨이퍼 스테이지 (WST1 및 WST2) 의 6 자유도 방향 (X, Y, Z, θx, θy, θz) 의 위치 정보를 구한다 (계측한다). 이제, 인코더 시스템 (70, 71) 의 구성 등에 대하여 상술한다. 또, 노광시 이동영역 (제 1 이동 영역) 은, 투영 광학계 (PL) 를 통해 웨이퍼의 노광이 행해지는 노광 스테이션 (제 1 영역) 내에서, 노광 동작 중에 웨이퍼 스테이지가 이동되는 영역이고, 그 노광 동작은, 예를 들면 웨이퍼 상으로 패턴을 전사할 전체의 쇼트 영역의 노광 뿐아니라, 그 노광을 위한 준비동작 (예를 들면, 전술한 기준 마크의 검출) 등을 포함한다. 계측시 이동영역 (제 2 이동 영역) 은, 얼라인먼트계 (ALG) 에 의한 웨이퍼의 얼라인먼트 마크의 검출에 의해 그 위치 정보의 계측이 행해지는 계측 스테이션 (제 2 영역) 내에서 계측 동작 중에 웨이퍼 스테이지가 이동되는 영역이며, 그 계측 동작은, 예를 들면 웨이퍼의 복수의 얼라인먼트 마크의 검출뿐아니라, 얼라인먼트계 (ALG) 에 의한 기준 마크의 검출 (즉, Z 축 방향에 관한 웨이퍼의 위치 정보 (단차 정보) 의 계측) 등도 포함한다.

[0047] 각각 도 2 및 도 3 에 평면도로 도시된 바와 같이, 웨이퍼 테이블 (WTB1 및 WTB2) 에서는, 인코더 헤드 (이하, 적절히 헤드로 지칭함) (60_1 내지 60_4) 가 그 상면의 4 개의 코너의 각각에 배치된다. 이 경우, 헤드 (60_1 및 60_2) 사이의 X 축 방향으로의 이간 거리 및 헤드 (60_3 및 60_4) 사이의 X 축 방향으로의 이간 거리는 모두 A 이다. 또한, 헤드 (60_1 및 60_4) 사이의 Y 축 방향으로의 이간 거리 및 헤드 (60_2 및 60_3) 사이의 Y 축 방향

으로의 이간 거리는 모두 B 이다. 이들 이간 거리 (A 및 B) 는 스케일판 (21) 의 개구 (21a) 의 폭 (ai 및 bi) 보다 크다. 더욱 상세히 설명하면, 전술된 비유효 영역의 폭 (t) 를 고려하면, A ≥ ai+2t, B ≥ bi+2t 이다. 헤드 (60_1 내지 60_4) 는 각각 도 4 의 웨이퍼 테이블 (WTB1 및 WTB2) 에 형성된 Z 축 방향으로 소정 깊이의 구멍 내에 수용되며, 헤드 (60_1) 가 대표로서 취해진다.

[0048] 도 5 에 도시된 바와 같이, 헤드 (60_1) 는 X 축을 기준으로 하는 135 도 방향 (즉, X 축을 기준으로 하는 -45 도 방향) 및 Z 축 방향을 계측 방향으로 하는 2 차원 헤드이다. 유사하게, 헤드 (60_2 내지 60_4) 는, 각각 X 축을 기준으로 하는 225 도 방향 (즉, X 축을 기준으로 하는 45 도 방향) 및 Z 축 방향, X 축을 기준으로 하는 315 도 방향 (즉, X 축을 기준으로 하는 -45 도 방향) 및 Z 축 방향, X 축을 기준으로 하는 45 도 방향 및 Z 축 방향을 계측 방향으로 하는 2 차원 헤드이다. 헤드 (60_1 내지 60_4) 는 도 2 및 도 4 로부터 명확한 바와 같이, 각각 대향하는 스케일판 (21) 의 부분 (21_1 내지 21_4) 또는 스케일판 (22) 의 부분 (22_1 내지 22_4) 의 표면에 형성된 2 차원 회절 격자 (RG) 에 계측빔을 조사하고, 2 차원 회절 격자로부터 반사·회절빔을 수광하는 것에 의해, 각각의 계측 방향에 대한 웨이퍼 테이블 (WTB1 및 WTB2) (웨이퍼 스테이지 (WST1 및 WST2)) 의 위치를 계측한다. 이제, 헤드 (60_1 내지 60_4) 의 각각으로서, 예를 들면 미국특허 제 7,561,280 호에 개시된 변위 계측 센서 헤드와 유사한 구성의 센서 헤드를 사용하는 것이 가능하다.

[0049] 상술한 바와 같이 하여 구성된 헤드 (60_1 내지 60_4) 에서는, 계측빔의 공기 중에서의 광로 길이가 극히 짧기 때문에, 공기 요동의 영향이 대부분 무시될 수 있다. 그러나, 본 실시형태에서는, 광원 및 광검출기는 각 헤드의 외부, 구체적으로는, 스테이지 본체 (91) 의 내부 (또는 외부) 에 형성되고, 광학계만이 각 헤드의 내부에 형성되어 있다. 그래서, 광원 및 광검출기와, 광학계는 도시하지 않은 광 파이버를 통해 광학적으로 접속되어 있다. 웨이퍼 테이블 (WTB) (미동 스테이지) 의 위치 결정 정밀도를 향상시키기 위해, 스테이지 본체 (91) (조동 스테이지) 와 웨이퍼 테이블 (WTB) (미동 스테이지) 와의 사이 (이하, 조미동 스테이지 사이로 간단히 기술한다) 에, 레이저빔 등의 공중 전송이 수행될 수 있고, 또는 헤드를 스테이지 본체 (91) (조동 스테이지) 에 제공하여, 헤드에 의해 스테이지 본체 (91) (조동 스테이지) 의 위치를 계측하고, 또한 다른 센서로 조미동 스테이지의 상대 변위를 계측하는 구성이 사용될 수 있다.

[0050] 웨이퍼 스테이지 (WST1 및 WST2) 가 전술한 노광시 이동 영역 내에 위치할 때에는, 헤드 (60_1) 는 스케일판 (21) (의 부분 (21_1)) 에 계측빔 (계측광) 을 조사하고, 스케일판 (21) 의 표면 (하면) 에 형성된 X 축을 기준으로 하는 135 도 방향, 즉 X 축을 기준으로 하는 -45 도 방향 (이하, 간단히 -45 도 방향으로 칭한다) 을 주기 방향으로 하는 격자로부터의 회절빔을 수광하여, 웨이퍼 테이블 (WTB1 및 WTB2) 의 -45 도 방향 및 Z 축 방향의 위치를 계측하는 2 차원 인코더 (70_1, 71_1) (도 6 참조) 을 구성한다. 유사하게, 헤드 (60_2 내지 60_4) 는 각각 스케일판 (21) (의 부분 (21_2 내지 21_4)) 에 계측빔 (계측광) 을 조사하고, 스케일판 (21) 의 표면 (하면) 에 형성된 X 축을 기준으로 하는 225 도 방향, 즉 X 축을 기준으로 하는 +45 도 방향 (이하, 간단히 45 도 방향으로 칭한다), 315 도 방향, 즉 X 축을 기준으로 하는 -45 도 방향, 및 45 도 방향을 주기방향으로 하는 격자로부터의 회절빔을 수광하여, 웨이퍼 테이블 (WTB1 및 WTB2) 의 225 도 (45도) 방향 및 Z 축 방향의 위치, 315 도 (-45도) 방향 및 Z 축 방향의 위치, 및 45 도 방향 및 Z 축 방향의 위치를 계측하는 2 차원 인코더 (70_2 내지 70_4, 71_2 내지 71_4) (도 6 참조) 를 구성한다.

[0051] 또, 웨이퍼 스테이지 (WST1 및 WST2) 가 전술한 계측시 이동 영역 내에 위치할 때에는, 헤드 (60_1) 는 스케일판 (22) (의 부분 (22_1)) 에 계측빔 (계측광) 을 조사하고, 스케일판 (22) 의 표면 (하면) 에 형성된 135 도 방향 (-45 도 방향) 을 주기 방향으로 하는 격자로부터의 회절빔을 수광하여, 웨이퍼 테이블 (WTB1 및 WTB2) 의 135 도 방향 및 Z 축 방향의 위치를 계측하는 2 차원 인코더 (70_1, 71_1) (도 6 참조) 을 구성한다. 유사하게, 헤드 (60_2 내지 60_4) 는 각각 스케일판 (22) (의 부분 (22_2 내지 22_4)) 에 계측빔 (계측광) 을 조사하고, 스케일판 (22) 의 표면 (하면) 에 형성된 225 도 방향 (45 도 방향), 315 도 방향 (-45 도 방향), 및 45 도 방향을 주기방향으로 하는 격자로부터의 회절빔을 수광하여, 웨이퍼 테이블 (WTB1 및 WTB2) 의 225 도 방향 (45도 방향) 및 Z 축 방향의 위치, 315 도 방향 (-45도 방향) 방향 및 Z 축 방향의 위치, 및 45 도 방향 및 Z 축 방향의 위치를 각각 계측하는 2 차원 인코더 (70_2 내지 70_4, 71_2 내지 71_4) (도 6 참조) 를 구성한다.

[0052] 상술한 설명으로부터 알 수 있는 바와 같이, 본 실시형태에서는, 스케일판 (21, 22) 의 어느 쪽에 계측빔 (계측

광) 을 조사하는지, 즉 웨이퍼 스테이지 (WST1 및 WST2) 가 노광시 이동 영역 또는 계측시 이동 영역의 어느 것의 영역 내에 있는 지에 관계없이, 웨이퍼 스테이지 (WST1) 상의 헤드 (60_1 내지 60_4) 는 계측빔 (계측광) 을 조사하고 있는 스케일판과 함께, 각각 2 차원 인코더 (70_1 내지 70_4) 를 구성하고, 웨이퍼 스테이지 (WST2) 상의 헤드 (60_1 내지 60_4) 는, 계측빔 (계측광) 을 조사하고 있는 스케일판과 함께 2 차원 인코더 (71_1 내지 71_4) 를 구성한다.

[0053] 2차원 인코더 (이하, 적절히 인코더로 간단히 칭한다) (70_1 내지 70_4, 71_1 내지 71_4) 의 각각의 계측치는, 주제어장치 (20) (도 6 참조) 에 공급된다. 주제어장치 (20) 는, 2 차원 회절 격자 (RG) 가 형성된 스케일판 (21) (을 구성하는 부분 (21_1 내지 21_4)) 의 하면에 대향하는 적어도 3 개의 인코더 (즉, 유효한 계측치를 출력하는 적어도 3 개의 인코더) 의 계측치에 기초하여, 투영 광학계 (PL) 바로 아래의 영역을 포함하는 노광시 이동 영역 내에서의 웨이퍼 테이블 (WTB1, WTB2) 의 위치 정보를 구한다. 유사하게, 주제어장치 (20) 는 2 차원 회절 격자 (RG) 가 형성된 스케일판 (22) (을 구성하는 부분 (22_1 내지 22_4)) 의 하면에 대향하는 적어도 3 개의 인코더 (즉, 유효한 계측치를 출력하는 적어도 3 개의 인코더) 의 계측치에 기초하여 얼라인먼트계 (ALG) 바로 아래의 영역을 포함하는 계측시 이동 영역 내에서의 웨이퍼 테이블 (WTB1, WTB2) 의 위치 정보를 구한다.

[0054] 본 실시형태의 노광 장치 (100) 에서는, 웨이퍼 스테이지 (WST1 및 WST2)(웨이퍼 테이블 (WTB1, WTB2)) 의 위치는, 웨이퍼 간섭계 시스템 (18) (도 6 참조) 에 의해, 인코더 시스템 (70, 71) 과는 독립하여 계측가능하다. 웨이퍼 간섭계 시스템 (18) 의 계측 결과는 인코더 시스템 (70, 71) 의 계측치의 장기적 변동 (예를들면, 스케일의 경시적인 변형) 을 보정 (교정) 하는 경우, 또는 인코더 시스템 (70, 71) 의 출력 이상 시의 백업용 등으로 보조적으로 사용된다. 또, 웨이퍼 간섭계 시스템 (18) 의 상세는 생략한다.

[0055] 얼라인먼트계 (ALG) 는, 도 1 에 도시된 바와 같이, 투영 광학계 (PL) 의 +X 측에 소정 간격을 이격하여 배치된 오프 액시스 (off-axis) 방식의 얼라인먼트계이다. 본 실시형태에서는, 얼라인먼트계 (ALG) 로서, 일례로서 할로겐 램프 등의 브로드밴드 (광대역) 광으로 마크를 조명하고, 그 마크 화상을 화상 처리하는 것에 의해 마크 위치를 계측하는 화상 처리방식의 얼라인먼트 센서의 일종인 FIA (Field Image Alignment) 계가 사용되고 있다. 얼라인먼트계 (ALG) 로부터의 촬상 신호는 얼라인먼트 신호처리계 (도시하지 않음) 를 통해 주제어장치 (20) (도 6 참조) 에 공급된다.

[0056] 또, 얼라인먼트계 (ALG) 는 FIA 계에 제한되지 않고, 예를 들면 코히어런트인 검출광을 마크에 조사하고, 그 마크로부터 발생하는 산란광 또는 회절광을 검출하는, 또는 마크로부터 발생하는 2 개의 회절광 (예를 들면 동차수의 회절광, 또는 동 방향으로 회절하는 회절광) 을 간섭시켜 간섭광을 검출하는 얼라인먼트 센서를 단독으로 또는 적절히 조합하여 사용하는 것은 물론 가능하다. 얼라인먼트계 (ALG) 로서, 예를 들면 미국 특허출원 공개 제 2008/0088843 호 등에 개시되는 복수의 검출 영역을 갖는 얼라인먼트계를 채용하여도 좋다.

[0057] 또한, 본 실시형태의 노광 장치 (100) 에는, 얼라인먼트계 (ALG) 와 함께 계측 스테이션에 배치되고, 예를 들면 미국 특허 제 5,448,332 호 등에 개시되는 것과 유사한 구성의 경사 입사 방식의 다점 초점 위치 검출계 (이하, 다점 AF 계로 간단히 칭한다) AF (도 1 에는 도시하지 않음, 도 6 참조) 가 형성되어 있다. 다점 AF 계 (AF) 에 의한 계측 동작은 그 적어도 일부가 얼라인먼트계 (ALG) 에 의한 마크 검출 동작과 병행하여 행해지고, 전술한 인코더 시스템에 의해 그 계측 동작 중에 웨이퍼 테이블의 위치 정보가 또한 계측된다. 다점 AF 계 (AF) 의 검출 신호는 AF 신호 처리계 (도시하지 않음) 을 통해 주제어장치 (20) (도 6 참조) 에 공급된다 . 주제어장치 (20) 는 다점 AF계 (AF) 의 검출 신호와 전술한 인코더 시스템의 계측 정보에 기초하여 웨이퍼 (W) 표면의 Z 축 방향의 위치 정보 (단차 정보/요철 정보) 를 검출하고, 노광 동작에서는 사전 검출 정보와 전술한 인코더 시스템의 계측 정보 (Z축, θx 방향 및 θy 방향의 위치 정보) 에 기초하여 주사 노광 중의 웨이퍼 (W) 의 소위 포커스 레벨링 제어를 실행한다. 또, 노광 스테이션 내에서 투영 유닛 (PU) 의 근방에 다점 AF 계를 형성하고, 노광 동작시에 웨이퍼 표면의 표면 위치 정보 (요철 정보) 를 계측하면서 웨이퍼 테이블을 구동하여, 웨이퍼 (W) 의 소위 포커스 레벨링 제어를 실행할 수 있다.

[0058] 노광 장치 (100) 에서는, 또한, 레티클 (R) 의 상방에, 예를 들면, 미국특허 제 5,646,413 호 등에 개시된 노광 파장의 광을 사용한 TTR (Through The Reticle) 방식의 한 쌍의 레티클 얼라인먼트계 (13A, 13B)(도 1 에서는 도시하지 않음, 도 6 참조) 가 형성되어 있다. 레티클 얼라인먼트계 (13A, 13B) 의 검출 신호는 얼라인먼트 신호처리계 (도시하지 않음) 를 통해 주제어장치 (20) 에 공급된다. 또, 레티클 얼라인먼트계 대신에, 웨이퍼 스테이지 (WST) 상에 제공된 공간상 계측기 (도시하지 않음) 를 사용하여 레티클 얼라인먼트를 실행할 수 있

다.

[0059] 도 6 은 노광 장치 (100) 에서의 스테이지 제어에 관련된 부분적으로 생략된 제어 시스템을 나타내는 블록도이다. 이러한 제어계는 주로 주제어장치 (20) 로 구성된다. 주제어장치 (20) 는 CPU (Central Processing Unit), ROM (Read Only Memory), RAM (Random Access Memory) 등으로 이루어지는 소위 마이크로컴퓨터 (또는 워크스테이션) 을 포함하고, 전체 장치에 대한 전체 제어를 갖는다.

[0060] 상술한 방식으로 구성된 노광 장치 (100) 에는, 디바이스의 제조시에, 주제어장치 (20) 에 의해, 웨이퍼가 로딩된 웨이퍼 스테이지 (WST1, WST2) 의 일방을 계측 스테이션 (계측시 이동영역) 내에서 이동하여, 얼라인먼트계 (ALG) 및 다점 AF 계에 의한 웨이퍼의 계측 동작이 실행된다. 즉, 계측시 이동영역 내에서 웨이퍼 스테이지 (WST1, WST2) 의 일방에 유지된 웨이퍼 (W) 에 대하여, 얼라인먼트계 (ALG) 를 사용한 마크 검출, 소위 웨이퍼 얼라인먼트 (예를 들면 미국특허 제 4,780, 617 호 등에 개시된 EGA (Enhanced Global Alignment) 등) 와, 다점 AF 계를 사용한 웨이퍼의 면 정보 (단차/요철 정보) 의 계측이 행해진다. 그러한 얼라인먼트 시에, 인코더 시스템 (70)(인코더 70_1 내지 70_4) 또는 인코더 시스템 (71)(인코더 71_1 내지 71_4) 은 웨이퍼 스테이지 (WST1, WST2) 의 6 자유도 방향 (X, Y, Z, θx, θy, θz) 의 위치 정보를 구한다 (계측한다).

[0061] 웨이퍼 얼라인먼트 등의 계측 동작 후, 일방의 웨이퍼 스테이지 (WST1 또는 WST2) 는 노광시 이동영역으로 이동하고, 주제어장치 (20) 는 레티클 얼라인먼트계 (13A, 13B), 웨이퍼 테이블 (WTB1 또는 WTB2) 상의 기준 마크판 (도시하지 않음) 등을 사용하여, 통상의 스캐닝 스텝퍼와 유사한 절차 (예를 들면, 미국특허 제 5, 646, 413 호 등에 개시된 절차) 로 레티클 얼라인먼트 등을 행한다.

[0062] 그 후, 주제어장치 (20) 는 웨이퍼 얼라인먼트 등의 계측 결과에 기초하여, 스텝-앤드-스캔 방식에 의한 노광 동작을 행하고, 웨이퍼 (W) 상의 복수의 쇼트 영역의 각각에 레티클 (R) 의 패턴이 전사된다. 스텝-앤드-스캔 방식에 의한 노광 동작은 레티클 스테이지 (RST) 와 웨이퍼 스테이지 (WST1 또는 WST2) 의 동기 이동을 행하는 주사 노광 동작과, 웨이퍼 스테이지 (WST1 또는 WST2) 를 쇼트 영역의 노광을 위한 가속 개시 위치로 이동시키는 쇼트간 이동 (스텝핑) 동작을 교호로 반복하는 것에 의해 행해진다. 노광 동작 시, 인코더 시스템 (70)(인코더 70_1 내지 70_4) 또는 인코더 시스템 (71)(인코더 71_1 내지 71_4) 은 일방의 웨이퍼 스테이지 (WST1 또는 WST2) 의 6 자유도 방향 (X, Y, Z, θx, θy, θz) 의 위치 정보를 구한다 (계측한다).

[0063] 또, 본 실시형태의 노광 장치 (100) 는, 2 개의 웨이퍼 스테이지 (WST1, WST2) 를 구비하고 있다. 따라서, 일방의 웨이퍼 스테이지, 예를 들면 웨이퍼 스테이지 (WST1) 상에 로드된 웨이퍼에 대해 스텝-앤드-스캔 방식의 노광을 행하는 것과 병행하여, 타방의 웨이퍼 스테이지 (WST2) 상에 재치된 웨이퍼에 대해 웨이퍼 얼라인먼트 등을 행하는 병행 처리 동작이 행해진다.

[0064] 본 실시형태의 노광 장치 (100) 에서는, 전술한 바와 같이, 주제어장치 (20) 는 노광시 이동영역 내 및 계측시 이동영역 내의 어느 것에 있어서도, 인코더 시스템 (70) (도 6 참조) 을 사용하여, 웨이퍼 스테이지 (WST1) 의 6 자유도 방향 (X, Y, Z, θx, θy, θz) 의 위치 정보를 구한다 (계측한다). 또, 주제어장치 (20) 는 노광시 이동영역 내 및 계측시 이동영역 내의 어느 것에 있어서도, 인코더 시스템 (71) (도 6 참조) 을 사용하여, 웨이퍼 스테이지 (WST2) 의 6 자유도 방향 (X, Y, Z, θx, θy, θz) 의 위치 정보를 구한다 (계측한다).

[0065] 이제, 인코더 시스템 (70, 71) 에 의한 XY 평면 내의 3 자유도 방향 (X 축 방향, Y 축 방향, 및 θz 방향 (X, Y, θz) 으로도 간단히 칭함) 의 위치 계측의 원리 등에 대하여 더욱 설명한다. 여기서는, 인코더 헤드 (60_1 내지 60_4) 또는 인코더 (70_1 내지 70_4) 의 계측 결과 또는 계측치는, 인코더 헤드 (60_1 내지 60_4) 또는 인코더 (70_1 내지 70_4) 의 Z 축 방향이 아닌 계측 방향의 계측 결과를 지칭한다.

[0066] 본 실시형태에서는, 전술한 바와 같은 인코더 헤드 (60_1 내지 60_4) 및 스케일판 (21) 의 구성 및 배치를 채용하는 것에 의해, 노광시 이동영역 내에서는 인코더 헤드 (60_1 내지 60_4) 중 적어도 3 개가, 항시, 스케일판 (21) (의 대응하는 부분 (21_1 내지 21_4)) 에 대향한다.

[0067] 도 7 및 도 13 에는, 웨이퍼 스테이지 (WST1) 상의 인코더 헤드 (60_1 내지 60_4) 및 스케일판 (21) 의 각 부분 (21_1 내지 21_4) 의 배치와 인코더 시스템 (70) 의 계측 영역 (A_0 내지 A_4) 의 관계가 도시되어 있다. 또, 웨이퍼 스테이지 (WST2) 는 웨이퍼 스테이지 (WST1) 와 유사하게 구성되어 있으므로, 여기서는 웨이퍼 스테이지 (WST1) 에 대해서만 설명한다.

[0068] 웨이퍼 스테이지 (WST1) 의 중심 (웨이퍼의 중심에 일치) 이, 노광시 이동영역 내에 위치하고, 또한 노광 중심 (노광 영역 (IA) 의 중심) (P) 에 대해 +X 측 및 +Y 측의 영역 (노광 중심 P 를 원점으로 하는 제 1 상한 내의 영역 (단, 영역 A_0 를 제외한다)) 인 제 1 영역 A_1 내에 위치하는 경우, 웨이퍼 스테이지 (WST1) 상의 헤드 (60_4, 60_1, 60_2) 가 각각 스케일판 (21) 의 부분 (21_4, 21_1, 21_2) 에 대향한다. 제 1 영역 A_1 내에서는, 헤드 (60_4, 60_1, 60_2) (인코더 (70_4, 70_1, 70_2)) 로부터 유효한 계측치가 주제어장치 (20) 로 전송된다. 또, 이하의 설명 중의 웨이퍼 스테이지 (WST1, WST2) 의 위치는, 그 웨이퍼 스테이지의 중심 (웨이퍼 중심에 일치) 의 위치를 지칭한다. 즉, 웨이퍼 스테이지 (WST1, WST2) 의 중심의 위치로 기술하는 대신, 웨이퍼 스테이지 (WST1, WST2) 의 위치로 기술한다.

[0069] 유사하게, 웨이퍼 스테이지 (WST1) 가 노광시 이동영역 내에 위치하고, 또한 노광 중심 (P) 에 대해 -X 측 및 +Y 측의 영역 (노광 중심 (P) 를 원점으로 하는 제 2 상한 내의 영역 (단, 영역 A_0 를 제외한다)) 인 제 2 영역 A_2 내에 위치하는 경우, 헤드 (60_1, 60_2, 60_3) 가 각각 스케일판 (21) 의 부분 (21_1, 21_2, 21_3) 에 대향한다. 웨이퍼 스테이지 (WST1) 가 노광시 이동영역 내에 위치하고, 또한 노광 중심 (P) 에 대해 -X 측 및 -Y 측의 영역 (노광 중심 (P) 를 원점으로 하는 제 3 상한 내의 영역 (단, 영역 A_0 를 제외한다)) 인 제 3 영역 A_3 내에 위치하는 경우, 헤드 (60_2, 60_3, 60_4) 가 각각 스케일판 (21) 의 부분 (21_2, 21_3, 21_4) 에 대향한다. 웨이퍼 스테이지 (WST1) 가 노광시 이동영역 내에 위치하고, 또한 노광 중심 (P) 에 대해 +X 측 및 -Y 측의 영역 (노광 중심 (P) 를 원점으로 하는 제 4 상한 내의 영역 (단, 영역 A_0 를 제외한다)) 인 제 4 영역 A_4 내에 위치하는 경우, 헤드 (60_3, 60_4, 60_1) 가 각각 스케일판 (21) 의 부분 (21_3, 21_4, 21_1) 에 대향한다.

[0070] 본 실시형태에서는, 전술한 인코더 헤드 (60_1 내지 60_4) 및 스케일판 (21) 의 구성 및 배치에 대한 조건 ($A \geq ai + 2t$, $B \geq bi + 2t$) 에 더하여, 웨이퍼 상의 패턴이 형성되는 쇼트 영역의 사이즈 (W, L) 을 고려하여, 조건 $A \geq ai + W + 2t$, $B \geq bi + L + 2t$ 를 더한다. 이 경우, W 및 L 은 각각 쇼트 영역의 X 축 방향 및 Y 축 방향의 폭이다. W 및 L 은 각각 주사 노광 구간의 거리 및 X 축 방향으로의 스텝핑의 거리와 같다. 이 조건에서는, 도 7 및 도 13 에 도시된 바와 같이, 웨이퍼 스테이지 (WST1) 가 노광 위치 (P) 를 중심으로 하는 + 자 형상의 영역 (A_0) (노광 중심 (P) 를 통과한 Y 축 방향을 길이방향으로 하는 폭 $A - ai - 2t$ 의 영역과 X 축 방향을 길이 방향을 하는 폭 $B - bi - 2t$ 의 영역을 포함하는 영역 (이하, 제 0 영역이라 칭한다)) 내에 위치하는 경우, 웨이퍼 스테이지 (WST1) 상의 전체 헤드 (60_1 내지 60_4) 가 스케일판 (21) (헤드에 대응하는 부분 (21_1 내지 21_4)) 에 대향한다. 따라서, 제 0 영역 (A_0) 내에서는, 전체 헤드 (60_1 내지 60_4) (인코더 (70_1 내지 70_4)) 로부터 유효한 계측치가 주제어장치 (20) 로 전송된다. 또, 본 실시형태에서는 상기 조건 ($A \geq ai + 2t$, $B \geq bi + 2t$) 에 더하여, 패턴이 형성되는 웨이퍼 상의 쇼트 영역의 사이즈 (W, L) 을 고려하여, 조건 $A \geq ai + W + 2t$, $B \geq bi + L + 2t$ 를 더하여도 좋다. 이 경우, W 및 L 은 각각 쇼트 영역의 X 축 방향 및 Y 축 방향의 폭이다. W 및 L 은 각각 주사 노광 구간의 거리 및 X 축 방향으로의 스텝핑의 거리와 같다.

[0071] 주제어장치 (20) 는, 헤드 (60_1 내지 60_4) (인코더 (70_1 내지 70_4)) 의 계측 결과에 기초하여, 웨이퍼 스테이지 (WST1) 의 XY 평면 내에서의 위치 (X, Y, θz) 를 산출한다. 이 경우, 인코더 (70_1 내지 70_4) 의 계측치 (각각 C_1 내지 C_4 로 표기한다) 는, 웨이퍼 스테이지 (WST1) 의 위치 (X, Y, θz) 에 대하여, 다음식 (1) 내지 (4) 와 같이 의존한다.

[0072] $C_1 = -(\cos\theta z + \sin\theta z) X/\sqrt{2}$

[0073] $+(\cos\theta z - \sin\theta z) Y/\sqrt{2} + \sqrt{2}p\sin\theta z \ \ldots (1)$

[0074] $C_2 = -(\cos\theta z - \sin\theta z) X/\sqrt{2}$

[0075] $-(\cos\theta z + \sin\theta z) Y/\sqrt{2} + \sqrt{2}p\sin\theta z \ \ldots (2)$

[0076] $C_3 = (\cos\theta z + \sin\theta z) X/\sqrt{2}$

[0077] $-(\cos\theta z - \sin\theta z) Y/\sqrt{2} + \sqrt{2}p\sin\theta z \ \ldots (3)$

[0078] $C_4 = (\cos\Theta z - \sin\Theta z)\, X/\sqrt{2}$

[0079] $+ (\cos\Theta z + \sin\Theta z)\, Y/\sqrt{2} + \sqrt{2}p\sin\Theta z \quad \ldots (4)$

[0080] 단, p 는 도 5 에 도시된 바와 같이, 웨이퍼 테이블 (WTB1 (WTB2)) 의 중심으로부터의 헤드의 X 축 및 Y 축 방향에 관한 거리이다.

[0081] 주제어장치 (20) 는 웨이퍼 스테이지 (WST1) 가 위치하는 영역 (A_0 내지 A_4) 에 따라 스케일판 (21) 에 대향하는 3 개의 헤드 (인코더) 를 특정하고, 그 3 개의 헤드의 계측치가 따르는 식을 상기 식 (1) 내지 (4) 로부터 선택하여 연립방정식을 형성하여, 3 개의 헤드 (인코더) 의 계측치를 사용하여 연립방정식을 푸는 것에 의해, 웨이퍼 스테이지 (WST1) 의 XY 평면 내에서의 위치 (X, Y, Θz) 를 산출한다. 예를 들면, 웨이퍼 스테이지 (WST1) 가 제 1 영역 (A_1) 내에 위치하는 경우, 주제어장치 (20) 는, 헤드 (60_1, 60_2, 60_4) (인코더 (70_1, 70_2, 70_4)) 의 계측치가 따르는 식 (1), (2) 및 (4) 로부터 연립방정식을 형성하여, 식 (1), (2), 및 (4) 각각의 좌변에 각 헤드의 계측치를 대입하여 연립방정식을 푼다.

[0082] 또, 웨이퍼 스테이지 (WST1) 가 제 0 영역 (A_0) 내에 위치하는 경우, 주제어장치 (20) 는 헤드 (60_1 내지 60_4) (인코더 (70_1 내지 70_4)) 로부터 임의로 3 개의 헤드를 선택할 수 있다. 예를 들면, 웨이퍼 스테이지 (WST1) 가 제 1 영역으로부터 제 0 영역으로 이동한 후에는, 제 1 영역에 대응하는 헤드 (60_1, 60_2, 60_4) (인코더 (70_1, 70_2, 70_4)) 가 선택되는 것이 바람직하다.

[0083] 주제어장치 (20) 는 위의 산출 결과 (X, Y, Θz) 에 기초하여, 노광시 이동영역 내에서 웨이퍼 스테이지 (WST1) 를 구동 (위치 제어) 한다.

[0084] 웨이퍼 스테이지 (WST1) 가 계측시 이동영역 내에 위치하는 경우, 주제어장치 (20) 는 인코더 시스템 (70) 을 사용하여 3 자유도 방향 (X, Y, Θz) 의 위치 정보를 계측한다. 여기서, 계측 원리 등은 노광 중심 (P) 이 얼라인먼트계 (ALG) 의 검출 중심으로, 그리고 스케일판 (21) (의 부분 (21_1 내지 21_4)) 이 스케일판 (22) (의 부분 (22_1 내지 22_4)) 으로 치환되는 것을 제외하고, 웨이퍼 스테이지 (WST1) 가 계측시 이동영역 내에 위치하는 경우와 동일하다.

[0085] 또, 주제어장치 (20) 는 웨이퍼 스테이지 (WST1, WST2) 의 위치에 따라, 스케일판 (21, 22) 에 대향하는 헤드 (60_1 내지 60_4) 중의 3 개를 적어도 1 개가 다른 3 개로 스위칭하여 사용한다. 이 경우, 인코더 헤드를 스위칭할 때에는, 예를 들면, 미국특허출원 공개 제 2008/0094592 호 등에 개시되어 있는 바와 같이, 웨이퍼 스테이지의 위치 계측 결과의 연속성을 보증하기 위한 연결 처리가 행해진다.

[0086] 이제, 스텝-앤드-스캔 방식의 노광 동작시에 있어서의 헤드 (60_1 내지 60_4) 의 스위칭과 연결 처리에 대해 더욱 설명한다.

[0087] 제 1 예로서, 도 7 에 도시된 웨이퍼 (W_1) 에 대한 노광 동작에 대해 설명한다. 이 경우, 웨이퍼 (W_1) 상에는, 일례로서, 도 8 에 확대하여 도시된 바와 같이, X 축 방향에 우수, Y 축 방향에 기수의 전 36 개의 쇼트 영역 (S_1 내지 S_{36}) 이 배열된다.

[0088] 웨이퍼 (W_1) 에 대해, 도 9 에 도시된 경로를 따라, 스텝-앤드-스캔 방식에 의한 노광이 행해진다. 또, 도 9 중의 경로는, 노광 중심 (노광 영역 (IA) 의 중심) (P) 가 각 쇼트 영역 상을 통과하는 궤적을 나타내는 것이다. 그 궤적 중의 실선부는 각 쇼트 영역의 주사 노광 시의 노광 중심 (P) 의 이동 궤적을 나타내고, 점선부 (파선부) 는 주사 방향 및 비주사방향의 인접 쇼트 영역 간에 있어서의 노광 중심 (P) 의 스텝 이동 궤적을 나타낸다. 또, 실제로는, 노광 중심 (P) 이 고정이고, 웨이퍼가 도 9 의 경로와 역방향으로 이동하지만, 본 명세서 중에서는, 설명의 편의상, 고정의 웨이퍼에 대해 노광 중심이 이동하는 것으로 하고 있다.

[0089] 본 실시형태의 노광 장치 (100) 에서는, 헤드 (60_1 내지 60_4) 중의 스케일판 (21) 에 대향하는 3 개가, 웨이퍼 스테이지 (WST1) 의 위치에 따라 스위칭하여, 사용된다. 따라서, 웨이퍼 스테이지 (WST1) 가 도 7 에 도시된 영역 (A_1 내지 A_4) 중 1 개의 영역으로부터 영역 (A_0) 을 통해 다른 영역으로 이동할 때, 사용하는 헤드가 스위칭된다. 따라서, 도 9 에는, 웨이퍼 (W_1) 상의 노광 중심 (P) 의 궤적에 중첩하여, 그 궤적 중의 노광 중

심 (P) 의 위치에 웨이퍼 스테이지 (WST1) 가 위치할 때 스케일판 (21) 에 대향하는 헤드의 세트에 대응하는 영역 (B_0 내지 B_4) 가 도시되어 있다.

[0090] 도 9 에 있어서의 영역 (B_0 내지 B_4) 은, 각각 도 7 에 있어서의 웨이퍼 스테이지 (WST1) 의 이동 영역 (A_0 내지 A_4) 에 대응한다. 예를 들면, 영역 (Bi) 내의 쇼트 영역의 주사 노광을 수행할 때, 또는 다음의 쇼트 영역으로의 스텝 이동을 수행할 때에는, 웨이퍼 스테이지 (WST1) 는 영역 (Ai) 내를 이동한다. 따라서, 노광 중심 (P) 이 영역 (B_1) 내에 위치할 때에는, 헤드 (60_4, 60_1, 60_2) 가 스케일판 (21) 에 대향한다. 유사하게, 노광 중심 (P) 이 영역 (B_2, B_3, B_4, 및 B_0) 내에 위치할 때에는, 각각 헤드 (60_1, 60_2, 60_3), 헤드 (60_2, 60_3, 60_4), 헤드 (60_3, 60_4, 60_1), 및 전체 헤드 (60_1 내지 60_4) 가 스케일판 (21) 에 대향한다.

[0091] 따라서, 쇼트 영역의 주사 노광 또는 쇼트 영역간의 스텝 이동에 의해, 노광 중심 (P) 이 도 9 에 도시된 궤적상을 이동하여, 노광 중심 (P) 이 영역 (B_1 내지 B_4) 중 1 개의 영역으로부터 영역 (B_0) 을 통해 다른 영역으로 이동할 때, 사용하는 헤드가 스위칭된다. 따라서, 도 9 중에는, 웨이퍼 (W_1) 에 대한 헤드의 스위칭의 발생 장소가 이중 원으로서 표시되어 있다.

[0092] 예를 들면, 먼저, 노광 중심 (P) 이 제 1 쇼트 영역 (S_1) 내지 제 3 쇼트 영역 (S_3) 을 노광 처리하여 영역 (B_1) 으로부터 영역 (B_0) 로 이동한 후, 원 (C_1) 내에 표시된 영역 (B_0) 내의 제 4 쇼트 영역 (S_4) 을 노광 처리하여 노광 중심 (P) 이 영역 (B_2) 내의 제 5 쇼트 영역 (S_5) 으로 스텝 이동할 때, 헤드의 스위칭 (제 1 스위칭) 이 발생한다. 이제, 전술한 바와 같이, 노광 중심 (P) 이 영역 (B_1, B_0, B_2) 내에 위치할 때에는, 각각 헤드 (60_4, 60_1, 60_2), 전체 헤드 (60_1 내지 60_4), 헤드 (60_1, 60_2, 60_3) 이 스케일판 (21) 에 대향한다. 따라서, 제 1 스위칭에서는, 헤드 (60_4, 60_1, 60_2) 로부터 헤드 (60_1, 60_2, 60_3) 으로, 사용하는 헤드가 스위칭된다.

[0093] 도 10 (A) 는 제 1 스위칭의 상세를 설명하기 위해 사용되는 도 9 의 원 (C_1) 내부의 확대도를 도시하고, 도 10 (B) 는 제 1 스위칭 전후에 있어서의 웨이퍼 스테이지 (WST1) 의 Y 축 방향에 관한 속도 (Vy) 의 시간 변화를 도시한다.

[0094] 주제어장치 (20) 는 제 3 쇼트 영역 (S_3) 을 노광 처리한 후, 헤드 (60_4, 60_1, 60_2) (인코더 (70_4, 70_1, 70_2)) 의 계측 결과에 기초하여 웨이퍼 스테이지 (WST1) 를 구동 (위치 제어) 하여, 노광 중심 (P) 을 제 4 쇼트 영역 (S_4) 의 노광을 위한 가속 개시 위치 (e4) 로 이동시킨다. 노광 중심 (P) 이 가속 개시위치 (e4) 에 도달하면, 주제어장치 (20) 는 웨이퍼 스테이지 (WST1)(웨이퍼 (W_1)) 과 레티클 스테이지 (RST) (레티클 (R)) 의 동기 이동을 개시한다. 즉, 주제어장치 (20) 는 웨이퍼 스테이지 (WST1) 를 가속 구동하고, 그것과 동시에 레티클 스테이지 (RST) 를 웨이퍼 스테이지 (WST1) 와 반대 방향 또한 웨이퍼 스테이지 (WST1) 의 속도의 투영 배율 (β) 의 역수배의 속도로, 웨이퍼 스테이지 (WST1) 의 움직임에 추종하여 구동한다. 도 10 (B) 에 도시된 바와 같이, 가속 개시 (시각 t4) 로부터 가속 시간 (Ta) 의 경과 후, 양 스테이지 (WST1, RST) 의 속도는 일정하게 된다.

[0095] 가속 종료 후, 노광 개시까지의 정정 시간 (Tb) 동안, 주제어장치 (20) 는 웨이퍼 (W_1) 와 레티클 (R) 사이의 변위 오차가 소정의 관계 (거의 영) 로 되기까지 레티클 스테이지 (RST) 가 웨이퍼 스테이지 (WST1) 를 추종하도록 레티클 스테이지 (RST) 를 구동한다.

[0096] 정정 시간 (Tb) 후, 주제어장치 (20) 는 헤드 (60_4, 60_1, 60_2) (인코더 (70_4, 70_1, 70_2)) 의 계측 결과에 기초하여 웨이퍼 스테이지 (WST1) 를 등속 구동한다. 이것에 의해, 노광 시간 (Tc) 동안, 도 10 (A) 에 도시된 바와 같이, 노광 영역 (IA) (노광 중심 (P)) 이 쇼트 영역 (S_4) 의 -Y 단으로부터 +Y 단까지 등속도로 이동하고, 쇼트 영역 (S_4) 이 주사 노광된다. 주사 노광 중, 웨이퍼 (W_1) 와 레티클 (R) 의 등속 동기 이동 상태가 유지된다.

[0097] 노광 종료 후, 등속도 오버 스캔 시간 (후정정시간) (Td) 동안, 웨이퍼 스테이지 (WST1) 는 등속도로 이동한다. 이 이동 동안에, 도 10 (A) 에 도시된 바와 같이, 노광 중심 (P) 는 쇼트 영역 (S_4) 의 +Y 측의 제 1 스위칭 위치 (P_1) 을 등속도로 통과한다. 그 때, 주제어장치 (20) 는 헤드 (60_4, 60_1, 60_2) (인코더 (70_4, 70_1,

70_2)) 로부터 헤드 (60_1, 60_2, 60_3) (인코더 (70_1, 70_2, 70_3)) 로, 사용하는 헤드를 스위칭한다. 이제, 주제어장치 (20) 는 스위칭 전후에 웨이퍼 스테이지 (WST1) 의 위치의 계측 결과의 연속성을 보장하기 위해, 연결 처리를 실행한다. 즉, 주제어장치 (20) 는 헤드 (60_1, 60_2, 60_3) 의 계측치로부터 구해진 웨이퍼 스테이지 (WST1) 의 위치의 계측 결과 (X', Y', θz') 가 헤드 (60_4, 60_1, 60_2) 의 계측치로부터 얻어진 웨이퍼 스테이지 (WST1) 의 계측 결과 (X, Y, θz) 에 일치하도록, 스위칭 후에 새롭게 사용하는 헤드 (60_3) 의 계측치 (C_3) 를 리세트한다. 이 연결 처리의 상세는 후술한다.

[0098] 스위칭 후, 감속 오버 스캔 시간 (Te) 동안, 주제어장치 (20) 는 헤드 (60_1, 60_2, 60_3) (인코더 (70_1, 70_2, 70_3)) 의 계측 결과에 기초하여 웨이퍼 스테이지 (WST1) 를 감속 구동한다. 동시에, 레티클 스테이지 (RST) 도 감속시킨다. 또, 감속 오버 스캔 시간 (Te) 에 있어서는, 웨이퍼 스테이지 (WST1) 는 Y 축 방향으로의 이동과 병행하여 X 축 방향으로도 이동된다. 이것에 의해, 노광 중심 (P) 이 쇼트 영역 (S_4) 의 +Y 단으로부터 U 자 형상의 궤적을 그리며, 영역 (B_2) 내의 다음의 쇼트 영역 (S_5) 을 향하여 스텝 이동한다.

[0099] 주제어장치 (20) 는 웨이퍼 스테이지 (WST1) 의 감속 종료 후, 계속, 상술한 바와 같이, 그러나 웨이퍼 스테이지 (WST1) 와 레티클 스테이지 (RST) 를 각각 역방향으로 구동하여 다음의 쇼트 영역 (S_5) 를 노광한다.

[0100] 인코더 시스템 (70(71)) 의 계측 결과에는 스케일의 제조 오차 등에 기인하는 계측 오차가 포함된다.

[0101] 이제, 이하의 설명에서는, 헤드의 스위칭 및 연결 처리의 원리를 간단히 설명하기 위해 4 개의 헤드를 추상적으로 Enc1, Enc2, Enc3, Enc4 로 표기하는 것으로 한다.

[0102] 도 11 (A) 는 Enc1, Enc2, 및 Enc3 로부터 Enc2, Enc3, 및 Enc4 로의 헤드 (인코더) 의 스위칭 전후에, 인코더 (Enc1, Enc2, Enc3) 의 계측치로부터 산출되는 웨이퍼 스테이지 (WST1) 의 위치 좌표 (X, Y, θz) 와 인코더 (Enc2, Enc3, Enc4) 의 계측치로부터 산출되는 웨이퍼 스테이지 (WST1) 의 위치 좌표 (X', Y', θz') 와의 시간 변화 (의 궤적) 를 도시한다. 스케일의 제조 오차 등에 기인하는 계측 오차에 의해, 웨이퍼 스테이지 (WST1) 의 위치의 계측 결과의 궤적은 미세하게 요동한다. 따라서, 미국 특허출원 공개 제 2008/0094592 호 등에 개시되어 있는 바와 같은 단순한 연결 처리에서는, 그의 계측 오차까지 취입하여 새롭게 사용되는 인코더 (Enc4) 의 계측치 (이 경우, 헤드 (60_4) 의 계측치 (C_4)) 가 리세트된다. 본 실시형태에서는, 그러한 상황이 발생하지 않도록 하는 연결 처리를 채용하고 있다.

[0103] 다음에, 본 실시형태의 노광 장치 (100) 에서 행해지는 연결 처리의 원리를 설명한다. 본 실시형태에서는, 웨이퍼 스테이지 (WST1) 의 위치 좌표는, 주제어장치 (20) 에 의해, 예를 들면, 96μsec 의 시간 간격으로 제어되고 있다. 각각의 제어 샘플링 간격으로, 위치 서보 제어계 (주제어장치 (20) 의 일부) 가, 웨이퍼 스테이지 (WST1) 의 현재 위치를 갱신하고, 목표 위치에 스테이지를 위치 결정하기 위해 추력 지령치 등을 연산하고, 그 결과를 웨이퍼 스테이지 구동계 (27) 에 출력한다. 전술한 바와 같이, 웨이퍼 스테이지 (WST1) 의 현재 위치는 인코더 시스템 (70) 을 구성하는 헤드 (60_1 내지 60_4) (인코더 (70_1 내지 70_4)) 중의 3 개의 계측치를 사용하여 산출된다. 이들 헤드 (인코더) 의 계측치는 제어 샘플링 간격보다 훨신 짧은 시간 간격 (계측 샘플링 간격) 으로 감시되고 있다.

[0104] 도 12 는 인코더 시스템 (70) 의 계측 결과에 기초하여 웨이퍼 스테이지 (WST) 의 구동 (위치 제어), 헤드 (60_1 내지 60_4) (인코더 (70_1 내지 70_4)) 의 스위칭, 및 그 스위칭에 수반하는 연결 처리의 개략을 도시하고 있다.

도 12 중의 참조 부호 (CSCK) 는 웨이퍼 스테이지 (WST1) 의 위치 제어의 샘플링 클록 (제어 클록) 의 발생 타이밍을 나타내고, 참조 부호 (MSCK) 는 인코더의 계측의 샘플링 클록 (계측 클록) 의 발생 타이밍을 나타낸다.

[0105] 주제어장치 (20) 는 제어 클록 (CSCK) 마다, 인코더 시스템 (70) (을 구성하는 4 개의 인코더 (Enc1, Enc2, Enc3, Enc4)) 의 계측치를 감시한다.

[0106] 제 1 스위칭 시에는, 인코더 (Enc1, Enc2, Enc3, Enc4) 는 각각 헤드 (60_4, 60_1, 60_2, 60_3) (인코더 (70_4, 70_1, 70_2, 70_3)) 에 대응한다.

[0107] 제어 클록 시에는, 주제어장치 (20) 는 제 1 제어 클록 시와 같이, 인코더 (Enc1, Enc2, Enc3) 의 계측치에 대응하는 식 (1) 내지 식 (3) 으로 이루어지는 연립방정식을 사용하여 웨이퍼 스테이지 (WST1) 의 위치 좌표 (X,

Y, θz) 를 산출하는 것과 함께, 스위칭 후에 사용하는 인코더 (Enc2, Enc3, Enc4) 의 계측치를 사용하여 웨이퍼 스테이지 (WST1) 의 위치 좌표 (X', Y', θz') 를 산출한다.

[0108] 주제어장치 (20) 는 쇼트 영역 (S_4) 의 주사 노광 (노광 시간 (Tc)) 의 종료까지, 인코더 (Enc1, Enc2, Enc3) 의 계측치로부터 산출되는 스테이지 위치 좌표 (X, Y, θz) 를 서보 제어용 스테이지 좌표로서 웨이퍼 스테이지 구동계 (27) 에 출력하여, 웨이퍼 스테이지 (WST1) 를 구동한다. 노광 종료 후, 등속도 오버 스캔 시간 (후정정시간) (Td) 동안의 제 3 제어 클록 시에, 주제어장치 (20) 는 인코더 (Enc1, Enc2, Enc3) 로부터 인코더 (Enc2, Enc3, Enc4) 로 스위칭한다.

[0109] 도 11 (A) 에 도시된 바와 같이, 스케일의 제조 오차 등에 기인하는 계측 오차에 의해, 단순한 연결 처리에서는, 계산되는 스테이지 위치 좌표의 연결성이 만족되지 않는다. 따라서, 주제어장치 (20) 는 쇼트 영역 (S_4) 에 대한 주사 노광, 즉 도 10 (A) 에 도시된 주사 노광 구간의 일부 (Q1) 에 대해 웨이퍼 스테이지 (WST1) 를 등속 구동하는 것과 병행하여, 제어 클록 (CSCK) 마다 연결 처리를 위한 전처리 (연결 연산이라고도 칭한다) 를 실행한다. 즉, 주제어장치 (20) 는 도 12 에 도시된 바와 같이, 위치 좌표 (X, Y, θz) 와 위치 좌표 (X', Y', θz') 의 차분을 구하고, 또 소정의 클록수 (K) 에 대하여 차분의 이동 평균 MA_K {(X, Y, θz) - (X', Y', θz')} 를 구하여, 좌표 오프셋 (O) 으로서 유지한다. 도 12 에서, 이동 평균의 연산이 참조 부호 (MA_K) 로서 표시되어 있다.

[0110] 또, 위치 좌표 (X, Y, θz) 와 위치 좌표 (X', Y', θz') 의 각각에 대하여 소정의 클록 수 (K) 에 대해 이동 평균 MA_K (X, Y, θz) 와 MA_K (X', Y', θz') 를 구하고, 이들의 차 MA_K (X, Y, θz) - MA_K (X', Y', θz') 를 좌표 오프셋 (O) 으로서 유지할 수 있다.

[0111] 주제어장치 (20) 는 스위칭의 경우에 연결 처리를 실행한다. 즉, 주제어장치 (20) 는 직전의 제어 클록 시 (이 경우, 제 2 제어 클록 시) 에 인코더 (Enc1, Enc2, Enc3) 의 계측치에 의해 산출된 웨이퍼 스테이지 (WST1) 의 위치 좌표 (X, Y, θz) 와 일치하도록, 제 3 제어 클록 시에, 인코더 (Enc2, Enc3, Enc4) 의 계측치로부터 산출된 웨이퍼 스테이지 (WST1) 의 위치 좌표 (X', Y', θz') 에, 직전의 제 2 제어 클록 시에 유지된 좌표 오프셋 (O) 를 더한다. 오프셋 소거가 적용된 위치 좌표 {(X', Y', θz') + O} 를 인코더 (Enc4) 의 계측치가 따르는 식 (1) 내지 (4) 중 하나에 대입하여, 인코더 (Enc4) 의 계측치를 산출하고, 그것을 인코더 (Enc4) 의 계측치로서 세트한다. 도 12 는 이러한 연결 처리를 기호 (CH) 로서 나타낸다.

[0112] 위의 연결 처리를 행할 때, 좌표 오프셋 (O) 의 값이 가장 최근의 소정 클록수에 대하여 충분히 안정한 것을 확인해야 한다. 또, 전술한 바와 같이, 스케일의 제조 오차 등에 기인하는 계측 오차에 의해 인코더 시스템 (70) 의 계측치로 부터 산출된 웨이퍼 스테이지 (WST1) 의 위치 좌표 (X, Y, θz) 는 진정한 위치에 대해 미세하게 요동한다. 따라서, 인코더 (Enc1, Enc2, Enc3) 의 계측치로부터 산출된 웨이퍼 스테이지 (WST1) 의 위치 좌표 (X, Y, θz) 와 인코더 (Enc2, Enc3, Enc4) 의 계측치로부터 산출된 웨이퍼 스테이지 (WST1) 의 위치 좌표 (X', Y', θz') 간의 차가 충분히 안정한 좌표 오프셋 (O) 과 일치 또는 거의 일치하는 타이밍 (클록 발생시) 에서 연결 처리를 행하여야 한다.

[0113] 이상의 연결 처리에 의해, 도 11 (B) 에 도시된 바와 같이, 스위칭 전후에서 산출된 웨이퍼 스테이지의 위치 좌표의 연결성이 보장된다.

[0114] 또, 연결 처리는 상기와 같이, 스위칭 후의 헤드의 계측치를 보정하는 경우에 제한되지 않고, 그러한 다른 처리도 채용될 수 있다. 예를 들면, 그 계측 오차를 오프셋으로서 웨이퍼 스테이지의 현재 위치 또는 목표 위치에 오프셋을 더하여, 웨이퍼 스테이지를 구동 (위치 제어) 하거나, 혹은 그 계측 오차만큼만 레티클 위치를 보정하는 등 다른 수법을 적용하여도 좋다.

[0115] 스위칭 후, 도 12 에 있어서의 제 4 제어 클록 시 이후, 주제어장치 (20) 은, 인코더 (Enc2, Enc3, Enc4) 의 계측치로부터 산출되는 위치 좌표 (X', Y', θz') 를 서보 제어용 스테이지 좌표로서 웨이퍼 스테이지 구동계 (27) 에 출력하여, 웨이퍼 스테이지 (WST1) 을 구동 제어한다.

[0116] 또, 상술한 제 1 스위칭에서는, 영역 (B_0) 내의 제 4 쇼트 영역 (S_4) 을 주사 노광한 후, 영역 (B_2) 내의 제 5 쇼트 영역 (S_5) 으로 스텝 이동하기 전에, 사용하는 헤드를 스위칭했다. 이제, 도 7 에 도시된 웨이퍼 (W1) 상의 쇼트 영역의 배열에서는, 도 9 에 도시된 바와 같이 영역 (B_0) 내에 제 3 쇼트 영역 (S_3) 도 포함되어 있다. 따라서, 도 10 (C) 에 도시된 바와 같이, 영역 (B_0) 내의 제 3 쇼트 영역 (S_3) 을 주사 노광한 후,

제 4 쇼트 영역 (S_4) 로 스텝 이동하기 전에, 사용하는 헤드를 스위칭하는 것도 가능하다. 이 경우, 쇼트 영역 (S_3) 에 대한 주사 노광 구간의 일부 (Q_1') 에 대하여 웨이퍼 스테이지 (WST1) 를 등속 구동하는 것과 병행하여 상술한 연결 연산을 행하여, 제 3 쇼트 영역 (S_3) 을 주사 노광한 후, 웨이퍼 스테이지 (WST1) 가 제 3 쇼트 영역 (S_3) 의 -Y 측의 스위칭 발생 위치 (P_1') 를 등속도로 통과할 때, 사용하는 헤드를 헤드 (60_4, 60_1, 60_2) 로부터 헤드 (60_1, 60_2, 60_3) 로 스위칭한다. 그 때, 주제어장치 (20) 는, 스위칭 전후를 통하여 웨이퍼 스테이지 (WST1) 의 위치의 계측 결과의 연속성을 보장하기 위해, 연결 처리, 즉 스위칭 후에 새롭게 사용하는 헤드 (60_3) 의 계측치 (C3) 를 연결 연산에 의해 구해진 좌표 오프셋 (O) 을 사용하여 리셋한다.

[0117] 상술한 제 1 스위칭과 유사하게, 노광 중심 (P) 이 제 7 쇼트 영역 (S_7) 내지 제 10 쇼트 영역 (S_{10}) 을 노광 처리하여 영역 (B_2) 로부터 영역 (B_0) 로 이동한 후, 영역 (B_0) 내의 제 11 쇼트 영역 (S_{11}) 을 노광 처리하여 영역 (B_1) 내의 제 12 쇼트 영역 (S_{12}) 으로 노광 중심 (P) 이 스텝 이동할 때, 헤드의 스위칭 (제 2 스위칭) 이 발생한다. 이 경우, 헤드 (60_1, 60_2, 60_3) 로부터 헤드 (60_4, 60_1, 60_2) 로, 사용하는 헤드가 스위칭된다.

[0118] 다음에, 웨이퍼 (W1) 상의 Y 축 방향의 중앙에 X 축 방향과 나란한 제 15 쇼트 영역 (S_{15}) 내지 제 22 쇼트 영역 (S_{22}) 을 스텝-앤드-스캔 노광할 때, 노광 중심 (P) 이, 영역 (B_0) 을 통해 영역 (B_1, B_4) 간 또는 영역 (B_2, B_3) 간을 이동한다. 여기서, 헤드의 스위칭 (제 3 내지 제 11 스위칭) 이 발생한다. 노광 중심 (P) 이 영역 (B_0) 을 통하여, 영역 (B_1, B_4) 간을 이동할 때는, 헤드 (60_4, 60_1, 60_2) 와 헤드 (60_3, 60_4, 60_1) 사이에서, 노광 중심 (P) 이 영역 (B_2, B_3) 간을 이동할 때는 헤드 (60_1, 60_2, 60_3) 와 헤드 (60_2, 60_3, 60_4) 사이에서, 사용하는 헤드가 스위칭된다.

[0119] 도 10 (D) 는 제 3 내지 제 11 스위칭을 대표하여 제 8 및 제 9 스위칭의 상세를 설명하기 위한 도 9 중의 원 (C_2) 내부의 확대도를 도시한다. 도 10 (D) 로부터 알 수 있는 바와 같이, 제 20 쇼트 영역 (S_{20}) 및 제 21 쇼트 영역 (S_{21}) (및 다른 쇼트 영역들; 제 15 쇼트 영역 (S_{15}) 내지 제 19 쇼트 영역 (S_{19}), 및 제 22 쇼트 영역 (S_{22})) 은, 영역 (B_0) 내에 위치한다. 노광 중심 (P) 의 궤적은, 영역 (B_0) 을 넘어, 영역 (B_2, B_3) 으로 퍼진다. 즉, 노광 중심 (P) 은 영역 (B_0) 을 넘어 영역 (B_2, B_3) 간을 왕복한다.

[0120] 주제어장치 (20) 는, 제 19 쇼트 영역 (S_{19}) 을 노광 처리한 후, 헤드 (60_2, 60_3, 60_4) (인코더 (70_2, 70_3, 70_4)) 의 계측 결과에 기초하여 웨이퍼 스테이지 (WST1) 를 구동 (위치 제어) 하여, 노광 중심 (P) 을 도 10 (D) 에 있어서 파선으로 나타나는 U 자 형상의 경로를 따라, 제 20 쇼트 영역 (S_{20}) 을 향하여 스텝 이동시킨다.

[0121] 스텝 이동의 도중에, 노광 중심 (P) 이 가속 개시 위치에 도달하면, 주제어장치 (20) 는, 웨이퍼 스테이지 (WST1) (웨이퍼 (W1)) 와 레티클 스테이지 (RST) (레티클 (R)) 의 가속 (동기 구동) 을 개시한다. 가속 개시로부터 가속 시간 (Ta) 의 경과 후, 양 스테이지 (WST1, RST) 의 속도는 일정하게 된다.

[0122] 또, 정정 시간 (Tb) 의 후의 노광 시간 (Tc) 동안, 주제어장치 (20) 는 헤드 (60_2, 60_3, 60_4) (인코더 (70_2, 70_3, 70_4)) 의 계측 결과에 기초하여 웨이퍼 스테이지 (WST1) 를 등속 구동한다. 이것에 의해, 노광 중심 (P) 이 도 10 (D) 에 있어서 실선을 사용하여 나타낸 직선 경로 (주사 노광 경로) 를 따라 등속 이동한다. 즉, 노광 영역 (IA) (노광 중심 (P)) 이 쇼트 영역 (S_{20}) 의 +Y 단으로부터 -Y 단까지 등속도로 이동하고, 쇼트 영역 (S_{20}) 이 주사 노광된다.

[0123] 주제어장치 (20) 는 위의 쇼트 영역 (S_{20}) 의 주사 노광과 병행하여, 엄밀하게는 쇼트 영역 (S_{20}) 에 대한 주사 노광 경로의 일부 (Q_2) 에 대해 웨이퍼 스테이지 (WST1) 를 등속 구동하는 것과 병행하여 전술한 연결 연산을 행한다. 주제어장치 (20) 는 제 20 쇼트 영역 (S_{20}) 을 주사 노광한 후, 웨이퍼 스테이지 (WST1) 가 제 20 쇼트 영역 (S_{20}) 의 -Y 측의 스위칭 발생 위치 (P_2) 를 등속도로 통과할 때, 사용하는 헤드를 헤드 (60_2, 60_3, 60_4) 로부터 헤드 (60_1, 60_2, 60_3) 로 스위칭한다. 여기서, 주제어장치 (20) 는 스위칭 전후를 통해 웨이퍼 스테이지 (WST1) 의 위치의 계측 결과의 연속성을 보장하기 위해, 전술한 연결 처리, 즉 스위칭 후에 새롭게 사

용하는 헤드 (60_1) 의 계측치 (C_1) 를 연결 연산에 의해 구해진 좌표 오프셋 (O) 를 사용하여 리셋한다.

[0124] 스위칭 후, 주제어장치 (20) 는 헤드 (60_1, 60_2, 60_3)(인코더 (70_1, 70_2, 70_3)) 의 계측 결과에 기초하여 웨이퍼 스테이지 (WST1) 를 구동 (위치 제어) 하여, 다음의 쇼트 영역 (S_{21}) 을 향하여 스텝 이동시킨다. 여기서, 노광 중심 (P) 은 쇼트 영역 (S_{20}) 의 -Y 단으로부터 U 자 형상의 궤적을 그리며, 일단 영역 (B_2) 로 퇴출하고, 다시 영역 (B_0) 으로 돌아가, 다음의 쇼트 영역 (S_{20}) 을 향하여 이동한다.

[0125] 스텝 이동의 도중에, 노광 중심 (P) 이 가속 개시 위치에 도달하면, 주제어장치 (20) 는 웨이퍼 스테이지 (WST1) (웨이퍼 (W_1)) 와 레티클 스테이지 (RST) (레티클 (R)) 의 가속 (동기 구동) 을 개시한다.

[0126] 그 후, 가속 개시로부터 가속 시간 (Ta) 및 정정 시간 (Tb) 의 경과 후, 주제어장치 (20) 는 헤드 (60_1, 60_2, 60_3)(인코더 (70_1, 70_2, 70_3)) 의 계측 결과에 기초하여, 웨이퍼 스테이지 (WST1) 를 도 10 (D) 중에 실선으로 나타낸 직선 경로 (주사 노광 경로) 를 따라 등속 구동한다. 이것에 의해, 노광 영역 (IA) (노광 중심 (P)) 이 쇼트 영역 (S_{21}) 의 -Y 단으로부터 +Y 단까지 등속도로 이동하고, 쇼트 영역 (S_{21}) 이 주사 노광된다.

[0127] 주제어장치 (20) 는 위의 쇼트 영역 (S_{21}) 의 주사 노광과 병행하여, 엄밀하게는 쇼트 영역 (S_{21}) 에 대한 주사 노광 경로의 일부 (Q_3) 에 대해 웨이퍼 스테이지 (WST1) 를 등속 구동하는 것과 병행하여 전술한 연결 연산을 행한다. 주제어장치 (20) 는 제 21 쇼트 영역 (S_{21}) 을 주사 노광한 후, 웨이퍼 스테이지 (WST1) 가 제 21 쇼트 영역 (S_{21}) 의 +Y 측의 스위칭 발생 위치 (P_3) 를 등속도로 통과할 때, 사용하는 헤드를 헤드 (60_1, 60_2, 60_3) 로부터 헤드 (60_2, 60_3, 60_4) 로 스위칭한다. 여기서, 주제어장치 (20) 는 스위칭의 전후를 통해 웨이퍼 스테이지 (WST1) 의 위치의 계측 결과의 연결성을 보장하기 위해 전술한 연결 처리, 즉 스위칭 후에 새롭게 사용하는 헤드 (60_4) 의 계측치 (C_4) 를 연결 연산에 의해 구해진 좌표 오프셋 (O) 을 사용하여 리셋한다.

[0128] 스위칭 후, 주제어장치 (20) 는 헤드 (60_2, 60_3, 60_4)(인코더 (70_2, 70_3, 70_4)) 의 계측 결과에 기초하여 웨이퍼 스테이지 (WST1) 를 구동 (위치 제어) 하여, 다음의 쇼트 영역 (S_{22}) 을 향하여 스텝 이동시킨다. 여기서, 노광 중심 (P) 은 쇼트 영역 (S_{21}) 의 +Y 단으로부터 U 자 형상의 궤적을 그리며, 일단 영역 (B_3) 로 퇴출하고, 다시 영역 (B_0) 으로 돌아가, 다음의 쇼트 영역 (S_{22}) 을 향하여 이동한다.

[0129] 다음에, 노광 중심 (P) 이 제 23 쇼트 영역 (S_{23}) 내지 제 26 쇼트 영역 (S_{26}) 을 노광 처리하여 영역 (B_3) 으로부터 영역 (B_0) 로 이동한 후, 영역 (B_0) 내의 제 27 쇼트 영역 (S_{27}) 을 노광 처리하여 영역 (B_4) 내의 제 28 쇼트 영역 (S_{28}) 으로 노광 중심 (P) 이 스텝 이동할 때, 헤드의 스위칭 (제 12 스위칭) 이 발생한다. 이 경우, 헤드 (60_2, 60_3, 60_4) 로부터 헤드 (60_3, 60_4, 60_1) 로, 사용하는 헤드가 스위칭된다. 그 상세는, 전술한 제 1 스위칭과 유사하다.

[0130] 유사하게, 노광 중심 (P) 이 제 31 쇼트 영역 (S_{31}) 내지 제 33 쇼트 영역 (S_{33}) 을 노광 처리하여 영역 (B_4) 으로부터 영역 (B_0) 로 이동한 후, 영역 (B_0) 내의 제 34 쇼트 영역 (S_{34}) 을 노광 처리하여 영역 (B_3) 내의 제 35 쇼트 영역 (S_{35}) 으로 노광 중심 (P) 이 스텝 이동할 때, 헤드의 스위칭 (제 13 스위칭) 이 발생한다. 이 경우, 헤드 (60_3, 60_4, 60_1) 로부터 헤드 (60_2, 60_3, 60_4) 로, 사용하는 헤드가 스위칭된다. 그 상세는, 전술한 제 1 스위칭과 유사하다.

[0131] 상술한 헤드의 스위칭 절차 및 연결 처리에 의해, 스텝-앤드-스캔 방식의 노광 동작에 있어서, 웨이퍼 상의 각 쇼트 영역을 주사 노광하는 도중에 헤드의 스위칭이 발생하는 것이 아니므로, 충분한 패턴의 중첩 정밀도가 유지되어, 안정한 웨이퍼의 노광 처리가 실현된다. 또, 주사 노광 중, 웨이퍼 스테이지 (WST1 (WST2)) 가 등속 이동하고 있는 사이에 연결 연산을 행하고, 그 결과를 사용하여 주사 노광 직후에 연결 처리 및 헤드의 스위칭을 행하기 때문에, 헤드의 스위칭 전후를 통해 웨이퍼 스테이지의 위치 계측 결과의 연결성이 보장된다.

[0132] 다음에, 제 2 예로서, 도 13 에 나타낸 웨이퍼 (W_2) 에 대한 노광 동작에 대해 설명한다. 여기서, 웨이퍼 (W_2) 상에는 도 14 에 확대하여 나타낸 바와 같이, X 축 방향으로 기수, Y 축 방향으로 우수의 전체 38 개의 쇼

트 영역 (S_1 ~ S_{38}) 이 배열되어 있다.

[0133] 웨이퍼 (W_2) 에 대해, 도 15 에 나타낸 경로를 따라, 스텝-앤드-스캔 방식의 노광이 행해진다. 도 15 중, 경로에 중첩하여, 그 경로 중의 노광 중심 (P) 의 위치에 웨이퍼 스테이지 (WST1) 가 위치할 때에 스케일판 (21) 에 대향하는 헤드의 세트에 대응하는 영역 (B_0 ~ B_4) 과 헤드의 스위칭의 발생 장소가 표시되어 있다. 도 15 의 표기는 도 9 의 표기와 유사하다.

[0134] 먼저, 노광 중심 (P) 이 제 1 쇼트 영역 (S_1) 을 노광 처리하여 영역 (B_1) 으로부터 영역 (B_0) 으로 이동한 후, 영역 (B_0) 내의 제 2 쇼트 영역 (S_2) 을 노광 처리하여 영역 (B_2) 내의 제 3 쇼트 영역 (S_3) 으로 노광 중심 (P) 이 스텝 이동할 때, 헤드의 스위칭 (제 1 스위칭) 이 발생한다. 이제, 전술한 바와 같이, 노광 중심 (P) 이 영역 (B_1, B_0, B_2) 내에 위치할 때에는, 각각 헤드 (60_4, 60_1, 60_2), 전체 헤드 (60_1 ~ 60_4), 헤드 (60_1, 60_2, 60_3) 가 스케일판 (21) 에 대향한다. 따라서, 제 1 스위칭에서는 헤드 (60_4, 60_1, 60_2) 로부터 헤드 (60_1, 60_2, 60_3) 으로, 사용하는 헤드가 스위칭된다. 그 상세는 전술한 제 1 예에 있어서의 웨이퍼 (W_1) 에 대한 제 1 스위칭과 유사하다.

[0135] 상술한 제 1 스위칭과 유사하게, 노광 중심 (P) 이 제 4 쇼트 영역 (S_4) 내지 제 6 쇼트 영역 (S_6) 을 노광 처리하여 영역 (B_2) 으로부터 영역 (B_0) 로 이동한 후, 영역 (B_0) 내의 제 7 쇼트 영역 (S_7) 을 노광 처리하여 영역 (B_1) 내의 제 8 쇼트 영역 (S_8) 으로 노광 중심 (P) 이 스텝 이동할 때, 헤드의 스위칭 (제 2 스위칭) 이 발생한다. 이 경우, 헤드 (60_1, 60_2, 60_3) 로부터 헤드 (60_4, 60_1, 60_2) 로, 사용하는 헤드가 스위칭된다.

[0136] 다음에, 웨이퍼 (W_2) 상의 Y 축 방향의 중앙 (제 3 행째) 에 X 축 방향으로 나란한 제 11 쇼트 영역 (S_{11}) 내지 제 19 쇼트 영역 (S_{19}) 을 스텝-앤드-스캔 노광 할 때, 노광 중심 (P) 이 영역 (B_0) 을 통해 영역 (B_1 , B_4) 사이 또는 영역 (B_2 , B_3) 사이를 이동한다. 여기서, 헤드의 스위칭 (제 3 내지 제 10 스위칭) 이 발생한다. 유사하게, 제 4 행째에 X 축 방향으로 나란한 제 20 쇼트 영역 (S_{20}) 내지 제 28 쇼트 영역 (S_{28}) 을 스텝-앤드-스캔 노광할 때, 노광 중심 (P) 이 영역 (B_0) 을 통해 영역 (B_1 , B_4) 사이 또는 영역 (B_2 , B_3) 사이를 이동한다. 여기서, 헤드의 스위칭 (제 11 내지 제 18 스위칭) 이 발생한다. 노광 중심 (P) 이 영역 (B_0) 을 통해 영역 (B_1 , B_4) 사이를 이동할 때에는, 헤드 (60_4, 60_1, 60_2) 와 헤드 (60_3, 60_4, 60_1) 의 사이에서, 노광 중심 (P) 이 영역 (B_2 , B_3) 사이를 이동할 때에는, 헤드 (60_1, 60_2, 60_3) 와 헤드 (60_2, 60_3, 60_4) 사이에서, 사용하는 헤드가 스위칭된다.

[0137] 도 16 (A) 는 제 3 내지 제 18 스위칭을 대표하여, 제 3 및 제 4 스위칭의 상세를 설명하기 위한 도 15 중의 원 (C_3) 내부의 확대도를 나타낸다. 도 16 (A) 로부터 알 수 있는 바와 같이, 제 11 쇼트 영역 (S_{11}) 및 제 12 쇼트 영역 (S_{12}) 은, 영역 (B_0) 과 영역 (B_1) 의 경계 상에 위치한다. 노광 중심 (P) 의 궤적은 영역 (B_0) 을 넘어 영역 (B_1 , B_4) 로 퍼진다. 즉, 노광 중심 (P) 은 영역 (B_0) 을 넘어 영역 (B_1, B_4) 간을 왕복한다.

[0138] 이 예에서는, 노광 대상의 쇼트 영역이 영역 (B_0) 내에 완전히 포함되지 않기 때문에, 제 3 및 제 4 스위칭의 상세 절차는, 전술한 웨이퍼 (W_1) 에 대한 제 8 및 제 9 스위칭의 상세 절차와 다소 상이하다. 따라서, 상이점에 중점을 두어 제 3 및 제 4 스위칭의 상세를 설명한다.

[0139] 주제어장치 (20) 는 제 10 쇼트 영역 (S_{10}) 을 노광 처리한 후, 헤드 (60_4, 60_1, 60_2) (인코더 (70_4, 70_1, 70_2)) 의 계측 결과에 기초하여 웨이퍼 스테이지 (WST1) 를 구동 (위치 제어) 하여, 노광 중심 (P) 을 도 15 에 있어서의 파선으로 나타내는 경로를 따라, 제 11 쇼트 영역 (S_{11}) 의 노광을 위한 가속 개시 위치를 향해 스텝 이동시킨다.

[0140] 스텝 이동 후, 주제어장치 (20) 는 웨이퍼 스테이지 (WST1) (웨이퍼 (W_1)) 와 레티클 스테이지 (RST) (레티클 (R)) 의 가속 동기 구동을 개시한다. 가속 개시로부터 가속 시간 (Ta) 의 경과 후, 양 스테이지 (WST1, RST) 의 속도는 일정하게 된다.

[0141] 또, 정정시간 (Tb) 후의 노광 시간 (Tc) 동안, 주제어장치 (20) 는 헤드 (60_4, 60_1, 60_2) (인코더 (70_4, 70_1, 70_2)) 의 계측 결과에 기초하여 웨이퍼 스테이지 (WST1) 를 등속 구동한다. 이것에 의해, 노광 중심 (P) 이 도 16 (A) 중에 실선으로 나타내는 직선 경로 (주사 노광 경로) 를 따라 등속 이동한다. 즉, 노광 영역 (IA) (노광 중심 (P)) 이 쇼트 영역 (S_{11}) 의 -Y 단으로부터 +Y 단까지 등속도로 이동하고, 쇼트 영역 (S_{11}) 이 주사 노광된다.

[0142] 주제어장치 (20) 는 전술한 웨이퍼 (W1) 에 대한 제 8 및 제 9 스위칭과 유사하게, 전술한 쇼트 영역 (S_{11}) 의 주사 노광과 병행하여, 엄밀하게는 쇼트 영역 (S_{11}) 에 대한 주사 노광 경로의 일부 (Q_5) 에 대해 웨이퍼 스테이지 (WST1) 를 등속 구동하는 것과 병행하여 전술한 연결 연산을 행한다. 주제어장치 (20) 는 제 11 쇼트 영역 (S_{11}) 을 주사 노광한 후, 웨이퍼 스테이지 (WST1) 가 제 11 쇼트 영역 (S_{11}) 의 +Y 측의 스위칭 발생 위치 (P_5) 를 등속도로 통과할 때, 사용하는 헤드를 헤드 (60_4, 60_1, 60_2) 로부터 헤드 (60_3, 60_4, 60_1) 로 스위칭한다 (제 3 스위칭). 여기서, 주제어장치 (20) 는 스위칭 전후를 통해 웨이퍼 스테이지 (WST1) 의 위치의 계측 결과의 연속성을 보장하기 위해, 전술한 연결 처리, 즉 스위칭 후에 새롭게 사용하는 헤드 (60_3) 의 계측치 (C3) 를 연결 연산에 의해 구해진 좌표 오프셋 (O) 을 사용하여 리셋한다.

[0143] 스위칭 후, 주제어장치 (20) 는 헤드 (60_3, 60_4, 60_1) (인코더 (70_3, 70_4, 70_1)) 의 계측 결과에 기초하여 웨이퍼 스테이지 (WST1) 를 구동 (위치 제어) 하여, 다음의 쇼트 영역 (S_{12}) 을 향해 스텝 이동시킨다. 여기서, 노광 중심 (P) 은 쇼트 영역 (S_{11}) 의 +Y 단으로부터 U 자 형상의 궤적을 그리며, 일단 영역 (B_4) 으로 퇴출하고, 다시 영역 (B_0) 으로 돌아가, 다음의 쇼트 영역 (S_{12}) 을 향해 이동한다.

[0144] 스텝 이동의 도중에, 노광 중심 (P) 이 가속 개시 위치에 도달하면, 쇼트 영역 (S_{12}) 을 노광 처리하기 위해, 주제어장치 (20) 는 웨이퍼 스테이지 (WST1) (웨이퍼 (W1) 와 레티클 스테이지 (RST) (레티클 (R)) 의 가속 (동기 구동) 을 개시한다. 그러나, 쇼트 영역 (S_{12}) 은 영역 (B_0) 과 영역 (B_1) 의 경계 상에 위치하기 때문에, 제 12 쇼트 영역 (S_{12}) 을 주사 노광하는 도중에 헤드를 스위칭할 필요가 발생한다. 따라서, 제 4 스위칭에서는 제 12 쇼트 영역 (S_{12}) 을 주사 노광하기 전에 사용하는 헤드를 헤드 (60_3, 60_4, 60_1) 로부터 헤드 (60_4, 60_1, 60_2) 로 스위칭한다.

[0145] 제 4 스위칭에서는, 주제어장치 (20) 는 스위칭 이전에, 노광 중심 (P) 이 U 자 형상의 경로를 따라 쇼트 영역 (S_{11}) 으로부터 쇼트 영역 (S_{12}) 으로 스텝 이동하는 동안에, 노광 중심 (P) 이 정정 시간 (Tb) 중에 통과하는 일부의 짧은 직선 구간 (Q_6) 에 대해 웨이퍼 스테이지 (WST1) 를 등속 구동하는 것과 병행하여, 전술한 연결 연산을 행한다. 주제어장치 (20) 는 제 12 쇼트 영역 (S_{12}) 을 주사 노광하기 전, 웨이퍼 스테이지 (WST1) 가 제 12 쇼트 영역 (S_{12}) 의 +Y 측의 스위칭 발생 위치 (P6) 를 등속도로 통과할 때, 사용하는 헤드를 헤드 (60_3, 60_4, 60_1) 로부터 헤드 (60_4, 60_1, 60_2) 로 스위칭한다. 여기서, 주제어장치 (20) 는 스위칭의 전후를 통해 웨이퍼 스테이지 (WST1) 의 위치의 계측 결과의 연속성을 보장하기 위해 전술한 연결 처리, 즉 스위칭 후에 새롭게 사용하는 헤드 (60_2) 의 계측치 (C_2) 를 연결 연산에 의해 구해진 좌표 오프셋 (O) 을 이용하여 리셋한다.

[0146] 스위칭 후, 주제어장치 (20) 는 헤드 (60_4, 60_1, 60_2) (인코더 (70_4, 70_1, 70) 의 계측 결과에 따라, 웨이퍼 스테이지 (WST1) 를 도 16 (A) 중에 실선으로 나타내는 직선 경로 (주사 노광 경로) 를 따라 등속 이동한다. 이것에 의해, 노광 영역 (IA) (노광 중심 (P)) 이 쇼트 영역 (S_{12}) 의 +Y 단으로부터 -Y 단까지 등속도로 이동하여, 쇼트 영역 (S_{12}) 이 주사 노광된다.

[0147] 그러나, 정정 시간 (Tb) 중의 연결 연산에서는, 웨이퍼 스테이지 (WST1) 가 등속도로 구동되는 거리 (직선 구간 (Q_6) 의 거리) 가 짧기 때문에, 충분히 안정한 좌표 오프셋 (O) 이 얻어지지 않을 수도 있다.

[0148] 이러한 사태의 발생을 미연에 방지하기 위해, 연결 연산을 위한 시간을 충분히 확보하기 (충분히 안정한 좌표 오프셋 (O) 을 얻기) 위한 제 1 의 방법으로서, 웨이퍼 스테이지 (WST1) 가 가속되는 동안에, 즉 도 16 (A) 에 있어서 노광 중심 (P) 이 U 자 형상의 경로를 따라 쇼트 영역 (S_{12}) 을 향해 스텝 이동하는 도중, 가속 시간

(T_a) (또는 감속 오버스캔 시간 (T_e) 과 가속 시간 (T_a)) 중에 통과하는 충분히 긴 곡선 구간 (Q_6') 에 대해 웨이퍼 스테이지 (WST1) 를 구동하는 것과 병행하여, 전술한 연결 연산을 행하는 것이 고려된다. 그러나, 이 때, 웨이퍼 스테이지 (WST1) 는 가속되기 때문에, 인코더 시스템 (70) 에 의한 스테이지 위치 계측에 오차가 발생할 수 있다.

[0149] 즉, 도 17 (A) 에 나타내는 바와 같이, 본 실시형태의 인코더 시스템 (70) 에서는, 웨이퍼 스테이지 (WST1) 에 탑재된 헤드 (60_1) 에 대향하는 스케일판 (21 (22)) 에, Z 축에 평행하게 헤드 (60_1) 로부터 계측 빔이 조사된다. 그러나, 웨이퍼 스테이지 (WST1) 에, 예를 들면 도 17(b) 중에 화살표로 표시되는 방향 (-X 방향) 의 가속도가 적용되면, 인코더 헤드 (60_1) 의 설치 위치가 웨이퍼 스테이지 (WST1) 에 대하여 상대적으로 +X 방향으로 시프트하며, 설치 자세가 θy 방향으로 기운다. 이것에 의해, 계측빔이 기울고, 설계 상의 조사점으로부터 시프트된 스케일판 (21 (22)) 상의 점에 조사되어, 계측 오차가 발생한다.

[0150] 따라서, 가속 시간 중에도 연결 연산을 행하는 경우가 있는 것을 고려하여, 미리 웨이퍼 스테이지 (WST1 (WST2)) 의 가속도와 인코더 시스템 (70 (71)) 의 계측 오차의 관계를 실측하여, 노광 장치의 가동 중, 그의 실측 데이터를 사용하여 인코더 시스템 (70 (71)) 의 계측 결과를 보정하는 것으로 하여도 된다. 또는, 웨이퍼 스테이지 (WST1 (WST2)) 에 헤드 (60_1 ~ 60_4) 의 위치와 기울기를 측정하는 측정기를 제공하고, 측정기의 측정 결과에 기초하여 헤드 (60_1 ~ 60_4) 의 계측치를 보정하는 것으로 해도 된다.

[0151] 연결 연산을 위한 시간을 충분히 확보하기 위한 제 2 의 방법으로서, 도 16 (B) 에 나타내는 바와 같이, 스텝 경로에 중복 구간 (Q6'') 을 제공하여 웨이퍼 스테이지 (WST1) 가 등속 이동하는 구간 (즉, 도 16 (A) 에 있어서의 구간 (Q_6)) 을 신장하여, 그 구간을 웨이퍼 스테이지 (WST1) 가 등속도로 구동되는 동안에 연결 연산이 행해질 수 있다.

[0152] 연결 연산을 위한 시간을 충분히 확보하기 위한 제 3 의 방법으로서, 전술한 인코더 헤드 (60_1 ~ 60_4) 및 스케일판 (21) 의 구성 및 배치에 대한 조건 ($B \geq bi + L + 2t$) 에, U 자 형상의 스텝 구간의 Y 축 방향의 거리 (La) 를 또한 고려하여 조건 ($B \geq bi + 2La + 2t$) 을 더하는 (즉, 조건 ($B \geq bi + Max(L, 2La) + 2t$) 로 변경) 것이 고려된다.

[0153] 도 16 (C) 는 도 15 중의 원 (C_4) 의 내부의 확대도를 도시한다. 그러나, 도 16 (C) 에서는 상기 조건 ($B \geq bi + Max(L, 2La) + 2t$) 을 따라, 영역 ($B_0$) 가 Y 축 방향으로 확대된다. 도 16 (C) 의 경우, U 자 형상의 스텝 구간이 영역 (B_0) 내에 완전히 포함되기 때문에, 쇼트 영역 (S_{19}) 을 노광한 후, 웨이퍼가 쇼트 영역 (S_{20}) 을 향하여 Y 방향으로 스텝핑할 때만, 헤드 스위칭 (도 15에 있어서의 제 10 스위칭) 을 요구하고, 제 3 ~ 9 스위칭 및 제 11 ~ 18 스위칭이 더 이상 필요하지 않게 된다.

[0154] 또, 조건 ($B \geq bi + Max(L, 2La) + 2t$) 은, 웨이퍼 ($W_2$) 와 같이 Y 축 방향으로 우수의 쇼트 영역이 배열된 쇼트 배열에만 적용될 있는 것이 아니고, 임의의 쇼트 배열에 대해 적용하는 것이 가능하다.

[0155] 다음에, 노광 중심 (P) 이 제 29 쇼트 영역 (S_{29}) 내지 제 31 쇼트 영역 (S_{31}) 을 노광 처리하여 영역 (B_4) 으로부터 영역 (B_0) 으로 이동한 후, 영역 (B_0) 내의 제 32 쇼트 영역 (S_{32}) 을 노광 처리하여 영역 (B_3) 내의 제 33 쇼트 영역 (S_{33}) 으로 노광 중심 (P) 이 스텝 이동할 때, 헤드의 스위칭 (제 19 스위칭) 이 발생한다. 여기서는, 헤드 (60_3, 60_4, 60_1) 로부터 헤드 (60_2, 60_3, 60_4) 로, 사용하는 헤드가 스위칭된다. 그 상세는 전술한 제 1 스위칭과 유사하다.

[0156] 유사하게, 노광 중심 (P) 이 제 36 쇼트 영역 (S_{36}) 을 노광 처리하여 영역 (B_3) 으로부터 영역 (B_0) 으로 이동한 후, 영역 (B_0) 내의 제 37 쇼트 영역 (S_{37}) 을 노광 처리하여 영역 (B_4) 내의 제 38 쇼트 영역 (S_{38}) 으로 노광 중심 (P) 이 스텝 이동할 때, 헤드의 스위칭 (제 20 스위칭) 이 발생한다. 여기서는, 헤드 (60_2, 60_3, 60_4) 로부터 헤드 (60_3, 60_4, 60_1) 로, 사용하는 헤드가 스위칭된다. 그 상세도 전술한 제 1 스위칭과 유사하다.

[0157] 상술한 스위칭 절차 및 연결 처리에 의해, 스텝-앤드-스캔 방식의 노광 동작에 있어서, 웨이퍼 상의 각 쇼트 영역을 주사 노광하는 동안에 헤드의 스위칭이 발생하는 것이 아니므로, 충분한 중첩 정밀도가 유지되어, 안정한

웨이퍼의 노광 처리가 실현될 수 있다. 또, 주제어장치 (20) 는 주사 노광 중 웨이퍼 스테이지 (WST1 (WST2)) 가 등속 이동하고 있는 동안에 연결 연산을 행하고, 그 결과를 사용하여 주사 노광 직후에 연결 처리 및 헤드의 교환을 행한다. 또는, 주제어장치 (20) 는 스텝 이동 중, 웨이퍼 스테이지 (WST1 (WST2)) 가 등속 이동하고 있는 동안에 연결 연산을 행하고, 또는 가속 이동하고 있는 동안에 가속도 보정을 하면서 연결 연산을 행하고, 그 결과를 사용하여 주사 노광 직전에 연결 처리 및 헤드의 스위칭을 행한다. 이것에 의해, 스위칭 전후에 웨이퍼 스테이지의 위치 계측 결과의 연속성이 보장된다.

[0158] 다음에, 인코더 시스템 (70, 71) 에 의한 3 자유도 방향 (Z, θx, θy) 의 위치 계측의 원리 등에 대해 더욱 설명한다. 여기서는, 인코더 헤드 (60_1 ~ 60_4) 또는 인코더 (70_1 ~ 70_4) 의 계측 결과 또는 계측치는, 인코더 헤드 (60_1 ~ 60_4) 또는 인코더 (70_1 ~ 70_4) 의 Z 축 방향의 계측 결과를 의미한다.

[0159] 본 실시형태에서는, 전술한 바와 같은 인코더 헤드 (60_1 ~ 60_4) 및 스케일판 (21) 의 구성 및 배치를 채용한 것에 의해, 노광시 이동 영역 내에서는, 웨이퍼 스테이지 (WST1 (WST2)) 가 위치하는 영역 (A_0 ~ A_4) 에 따라, 인코더 헤드 (60_1 ~ 60_4) 중의 적어도 3 개가 스케일판 (21) (의 대응하는 부분 (21_1 ~ 21_4) 에 대향한다. 스케일판 (21) 에 대향하는 헤드 (인코더) 로부터 유효한 계측치가 주제어장치 (20) 에 전송된다.

[0160] 주제어장치 (20) 는 인코더 (70_1 ~ 70_4) 의 계측 결과에 기초하여, 웨이퍼 스테이지 (WST1 (WST2)) 의 위치 (Z, θx, θy) 를 산출한다. 여기서, 인코더 (70_1 ~ 70_4) 의 Z 축 방향에 관한 계측치 (전술한 Z 축 방향이 아닌 계측 방향, 즉 XY 평면 내의 1 축 방향에 대한 계측치 (C_1 ~ C_4) 와 구별하여, 각각, D_1 ~ D_4 로 표기한다) 는 웨이퍼 스테이지 (WST1 (WST2)) 의 위치 (Z, θx, θy) 에 다음식 (5) ~ (8) 과 같이 의존한다.

[0161] $D_1 = -p\tan\theta y + p\tan\theta x + Z$ … (5)

[0162] $D_2 = p\tan\theta y + p\tan\theta x + Z$ … (6)

[0163] $D_3 = p\tan\theta y - p\tan\theta x + Z$ … (7)

[0164] $D_4 = -p\tan\theta y - p\tan\theta x + Z$ … (8)

[0165] 단, p 는 웨이퍼 테이블 (WTB1 (WTB2)) 의 중심으로부터의 헤드의 X 축 및 Y 축 방향에 관한 거리 (도 5 참조) 이다.

[0166] 주제어장치 (20) 는 웨이퍼 스테이지 (WST1 (WST2)) 가 위치하는 영역 (A_0 ~ A_4) 에 따라 3 개의 헤드 (인코더) 의 계측치가 따르는 식을 위의 식 (5) ~ (8) 로부터 선택하고, 선택한 3 개의 식으로부터 구성되는 연립방정식에 3 개의 헤드 (인코더) 의 계측치를 대입하여 푸는 것에 의해, 웨이퍼 스테이지 (WST1 (WST2)) 의 위치 (Z, θx, θy) 를 산출한다. 예를 들면, 웨이퍼 스테이지 (WST1 (WST2)) 가 제 1 영역 (A_1) 내에 위치하는 경우, 주제어장치 (20) 는 헤드 (60_1, 60_2, 60_4) (인코더 (70_1, 70_2, 70_4)) (또는 헤드 (60_1, 60_2, 60_4) (인코더 (71_1, 71_2, 71_4)))의 계측치가 따르는 식 (5), (6), 및 (8) 로부터 연립방정식을 형성하고, 식 (5), (6), 및 (8) 각각의 좌변에 계측치를 대입하여 푼다.

[0167] 또, 웨이퍼 스테이지 (WST1 (WST2)) 가 제 0 영역 (A_0) 내에 위치하는 경우, 헤드 (60_1 ~ 60_4) (인코더 (70_1 ~ 70_4)) (헤드 (60_1 ~ 60_4) (인코더 (71_1 ~ 71_4)))로부터 임의로 3 개의 헤드를 선택하고, 선택한 3 개의 헤드의 계측치가 따르는 식으로부터 형성되는 연립방정식을 사용할 수 있다.

[0168] 주제어장치 (20) 는 위의 산출 결과 (Z, θx, θy) 와 전술한 단차 정보 (포커스 맵핑 데이터) 에 기초하여, 노광시 이동영역 내에서 웨이퍼 스테이지 (WST1 (또는 WST2)) 를 포커스 레벨링 제어한다.

[0169] 웨이퍼 스테이지 (WST1 (WST2)) 가 계측시 이동영역 내에 위치하는 경우, 주제어장치 (20) 는 인코더 시스템 (70 또는 71) 을 사용하여 3 자유도 방향 (Z, θx, θy) 의 위치 정보를 계측한다. 여기서, 계측 원리 등은 노광 중심이 얼라인먼트계 (ALG) 의 검출 중심으로, 스케일판 (21) (의 부분 (21_1 ~ 21_4)) 이 스케일판 (22) (의 부분 (22_1 ~ 22_4)) 으로 치환되는 점을 제외하고, 웨이퍼 스테이지 (WST1) 가 전술한 노광시 이동영역 내에 위치하는 경우와 동일하다. 주제어장치 (20) 는 인코더 시스템 (70 또는 71) 의 계측 결과에 기초하여, 웨

이퍼 스테이지 (WST1 (WST2)) 를 포커스 레벨링 제어한다. 또, 계측시 이동영역 (계측 스테이션) 에서는 포커스 레벨링을 반드시 행해야할 필요는 없다. 즉, 마크 위치 및 단차 정보 (포커스 맵핑 데이터) 가 미리 취득되어야 하고, 그 단차 정보로부터 단차 정보 취득시 (계측시) 의 웨이퍼 스테이지의 Z 틸트분을 공제하는 것에 의해, 웨이퍼 스테이지의 기준면의 단차 정보, 예를 들면 상면을 기준으로 하는 단차 정보를 얻어야 한다.

그리고, 노광시에는, 그 단차 정보와 웨이퍼 스테이지 (의 기준면) 의 3 자유도 방향 (Z, θx, θy) 의 위치 정보에 기초하여, 포커스 레벨링이 가능하게 된다.

[0170] 또, 주제어장치 (20) 는 웨이퍼 스테이지 (WST1, WST2) 의 위치에 따라, 스케일판 (21, 22) 에 대향하는 헤드 (60_1 ~ 60_4) 중의 3 개를, 적어도 1 개가 다른 3 개로 스위칭하여 사용한다. 여기서, 인코더 헤드를 스위칭할 때에는, 웨이퍼 스테이지 (WST1 (또는 WST2)) 의 위치의 계측 결과의 연속성을 보증하기 위해, 전술한 것과 유사한 연결 처리가 행해진다.

[0171] 이상 상세하게 설명한 바와 같이, 본 실시형태의 노광 장치 (100) 에는, 투영 광학계 (PL) (얼라인먼트계 (ALG)) 바로 아래의 영역을 제외하는 웨이퍼 스테이지 (WST1 및 WST2) 의 이동 범위를 커버하는 스케일판 (21) 에, 웨이퍼 스테이지 (WST1 및 WST2) 에 탑재된 4 개의 헤드 (60_1 ~ 60_4) 로부터 계측빔을 조사하는 것에 의해, 웨이퍼 스테이지 (WST1 및 WST2) 의 6 자유도 (X, Y, Z, θx, θy, θz) 방향의 위치 정보를 계측하는 인코더 시스템 (70, 71) 이 제공된다. 그리고, 헤드 (60_1 ~ 60_4) 의 배치 간격 (A, B) 는 각각 스케일판 (21, 22) 의 개구의 폭 (ai, bi) 보다도 크게 설정된다. 이것에 의해, 웨이퍼 스테이지 (WST1 및 WST2) 의 위치에 따라 4 개의 헤드 (60_1 ~ 60_4) 로부터 스케일판 (21, 22) 에 대향하는 3 개의 헤드를 스위칭하여 사용하는 것에 의해, 웨이퍼 스테이지 (WST1 및 WST2) 의 위치 정보를 구하는 (계측하는) 것이 가능하다.

[0172] 또, 본 실시형태의 노광 장치 (100) 에서는, 헤드 (60_1 ~ 60_4) 의 배치 간격 (A, B) 은 각각 스케일판 (21, 22) 의 개구의 폭 (ai, bi) 과 쇼트 영역의 폭 (W, L) 의 합보다 크게 설정되어 있다. 이것에 의해, 웨이퍼를 노광하기 위해 웨이퍼를 유지하는 웨이퍼 스테이지 (WST1, WST2) 를 주사 구동 (등속) 하는 동안, 헤드 (60_1 ~ 60_4) 를 스위칭하지 않고, 웨이퍼 스테이지 (WST1, WST2) 의 위치 정보를 얻는 것이 가능하다. 따라서, 양호한 정밀도로 패턴을 웨이퍼 상에 형성하는 것이 가능하고, 특히 제 2 층째 이후의 노광시에는 중첩 정밀도를 고정밀도로 유지하는 것이 가능하게 된다.

[0173] 또, 본 실시형태의 노광 장치 (100) 에서는, 4 개의 헤드 (60_1 ~ 60_4) 에 의해 계측되는 웨이퍼 스테이지 (WST1, WST2) 의 위치 정보의 계측 결과를 사용하는 것에 의해, 웨이퍼 상의 대상 쇼트 영역을 노광하기 위해, 웨이퍼를 유지하는 웨이퍼 스테이지 (WST1, WST2) 가 주사 구동 (등속) 되고, 구동 후 웨이퍼 스테이지 (WST1, WST2) 의 위치에 따라 4 개의 헤드 (60_1 ~ 60_4) 가운데 위치 정보를 계측하기 위해 사용되는 3 개 1 세트의 헤드 세트가 (다른 헤드를 적어도 1 개 포함하는) 별개의 헤드 세트로 스위칭된다. 또한, 위치 정보의 계측 결과를 사용하는 것에 의해, 웨이퍼 스테이지 (WST1, WST2) 가 대상 쇼트 영역에 대한 주사 구동 (등속) 의 개시점을 향해 스텝 구동되고, 스텝 이동 후, 웨이퍼 스테이지 (WST1, WST2) 가 대상 쇼트 영역을 노광하기 위해 주사 구동 (등속) 되기 전에, 4 개의 헤드 (60_1 ~ 60_4) 가운데 위치 정보를 계측하기 위해 사용되는 헤드 세트가 웨이퍼 스테이지 (WST1 및 WST2) 의 위치에 따라 (다른 헤드를 포함하는) 별개의 헤드 세트로 스위칭된다. 이것에 의해, 웨이퍼를 노광하기 위해, 웨이퍼를 유지하는 웨이퍼 스테이지 (WST1, WST2) 를 주사 구동 (등속) 하는 동안, 헤드 (60_1 ~ 60_4) 를 스위칭하지 않고 웨이퍼 스테이지 (WST1, WST2) 의 위치 정보를 얻는 것이 가능하다.

따라서, 정밀도 좋게 패턴을 웨이퍼 상에 형성하는 것이 가능하고, 특히 제 2 층째 이후의 노광시에는 중첩 정밀도를 높은 정밀도로 유지하는 것이 가능하게 된다.

[0174] 또, 상기 실시형태에서는, 웨이퍼 테이블 상면의 4 코너 헤드에 각각 근접하여 적어도 1 개의 보조 헤드가 제공될 수 있고, 메인의 헤드에 계측 이상이 발생한 경우, 근접하는 보조 헤드로 스위칭하여 계측을 계속할 수 있다. 이러한 동작 시에, 보조 헤드에 대하여서도 전술의 배치 조건을 적용할 수도 있다.

[0175] 또, 상기 실시형태에서는, 스케일판 (21, 22) 의 부분 (21_1 ~ 21_4, 22_1, 22_4) 의 각각의 하면에 2 차원 회절 격자 (RG) 가 형성된 경우에 대해 예시했지만, 이것에 제한되지 않고, 대응하는 인코더 헤드 (60_1 ~ 60_4) 의 계측 방향 (XY 평면 내에서의 1 축 방향) 만을 주기 방향으로 하는 1 차원 회절 격자가 형성된 경우에 있어서도, 상기 실시형태는 적용가능하다.

[0176] 또, 상기 실시형태에서는, 각 헤드 (60_1 ~ 60_4) (인코더 70_1 ~ 70_4) 로서, XY 평면 내의 1 축 방향과 Z 축 방향을 계측 방향으로 하는 2 차원 인코더가 채용된 경우에 대해 예시했지만, 이것에 제한되지 않고, XY 평면 내의 1 축 방향을 계측 방향으로 하는 1 차원 인코더와 Z 축 방향을 계측 방향으로 하는 1 차원 인코더 (또는 비인코더 방식의 면 위치 센서 등) 를 채용하여도 된다. 또는, XY 평면 내에서 서로 직교하는 2 축 방향을 계측 방향으로 하는 2 차원 인코더를 채용하는 것도 가능하다. 또, X 축, Y 축 및 Z 축 방향의 3 방향을 계측 방향으로 하는 3 차원 인코더 (3 DOF 센서) 가 채용될 수도 있다.

[0177] 또, 상기 실시형태에서는, 노광 장치가 스캐닝 스텝퍼인 경우에 대해 설명했지만, 그것에 제한되지 않고, 스텝퍼 등의 정지형 노광 장치에 상기 실시형태를 적용하여도 된다. 스텝퍼의 경우에도, 노광 대상의 물체가 탑재된 스테이지의 위치를 인코더로 계측하는 것에 의해, 간섭계에 의해 스테이지의 위치를 계측하는 경우와 달리, 공기 요동에 기인하는 위치 계측 오차의 발생을 대략 영으로 하는 것이 가능하고, 인코더의 계측치에 기초하여 스테이지를 고정밀도로 위치 결정하는 것이 가능하게 되고, 결과적으로 고정밀도로 레티클 패턴을 웨이퍼 상으로의 전사하는 것이 가능하다. 또, 쇼트 영역과 쇼트 영역을 합성하는 스텝-앤드-스티치 방식의 투영 노광 장치에도 상기 실시형태를 적용하는 것이 가능하다. 또, 예를 들면, 미국 특허 제 6, 590, 634 호, 미국 특허 제 5, 969, 441 호, 미국 특허 제 6, 208, 407 호 등에 개시되어 있는 바와 같이 복수의 웨이퍼 스테이지를 구비한 멀티스테이지형의 노광 장치에 상기 실시형태를 적용하여도 된다. 또, 예를 들면, 미국 특허출원공개 제 2007/0211235 호 및 미국 특허출원공개 제 2007/0127006 호 등에 개시되어 있는 바와 같이 웨이퍼 스테이지와는 별개로 계측 부재 (예를 들면, 기준 마크, 및/또는 센서 등) 를 포함하는 계측 스테이지를 구비하는 노광 장치에 상기 실시형태를 적용하여도 된다,

[0178] 또, 상기 실시형태의 노광 장치를 예를 들면 국제 공개 제 99/49504 호, 미국 특허출원공개 제 2005/0259234 호 등에 개시된 것과 같이, 액침형으로 하여도 된다.

[0179] 또, 상기 실시형태의 노광 장치에 있어서의 투영광학계의 배율은 축소계 뿐아니라 등배계 및 확대계 중 어느 것이어도 되며, 투영광학계 (PL) 는 굴절계 뿐아니라 반사계 및 반사굴절계 중 어느 것이어도 되며, 그 투영 상은 도립상 및 정립상 중 어느 것이어도 된다.

[0180] 또, 조명광 (IL) 은, ArF 엑시머 레이저광 (파장 193 nm) 에 제한되지 않고, KrF 엑시머 레이저광 (파장 248 nm) 등의 자외광이나, F2 레이저광 (파장 157 nm) 등의 진공 자외광이어도 된다. 예를 들면, 미국 특허 제 7, 023, 610 호에 개시되어 있는 바와 같이, 진공 자외광으로서 DFB 반도체 레이저 또는 파이버 레이저에 의해 방출되는 적외역, 또는 가시역의 단일 파장 레이저빔을, 예를 들면 에르븀 (또는 에르븀과 이테르븀의 양방) 이 도프된 파이버 증폭기로 증폭하고, 비선형 광학 결정을 사용하여 자외광으로 파장을 변환하여 얻은 고조파를 사용하여도 된다.

[0181] 또, 상기 실시형태에 있어서는, 광투과성의 기판상에 소정의 차광 패턴 (또는 위상 패턴 또는 감광 패턴) 을 형성한 광투과형 마스크 (레티클) 을 사용했다. 그러나, 이 레티클 대신에, 예를 들면 미국 특허 제 6, 778, 257 호 명세서에 개시되어 있는 바와 같이, 노광할 패턴의 전자 데이터에 따라, 투광 패턴, 반사 패턴, 또는 발광 패턴을 형성하는 전자 마스크 (가변 성형 마스크, 액티브 마스크, 또는 이미지 생성기라고도 불리며, 예를 들면 비발광형 화상 표시 소자 (공간 광 변조기) 의 일종인 DMD (Digital Micromirror Device) 등을 포함함) 를 사용하여도 된다. 이러한 가변 성형 마스크를 사용하는 경우에는, 웨이퍼, 유리판 등이 탑재되는 스테이지가 가변 성형 마스크에 대해 주사되기 때문에, 그 스테이지의 위치를 인코더를 사용하여 계측하는 것에 의해 상기 실시형태와 동등한 효과를 얻는 것이 가능하다.

[0182] 또, 예를 들면 국제 공개 제 2001/035168 호에 개시되어 있는 바와 같이, 가섭 줄무늬를 웨이퍼 (W) 상에 형성하는 것에 의해, 웨이퍼 (W) 상에 라인-앤드-스페이스 패턴을 형성하는 노광 장치 (리소그래피 시스템) 에도 상기 실시형태를 적용하는 것이 가능하다.

[0183] 또, 예를 들면 미국 특허 제 6, 611, 316 호에 개시되어 있는 바와 같이, 2 개의 레티클 패턴을 투영광학계를 통해 웨이퍼 상에 합성하고, 1 회의 스캔 노광에 의해 웨이퍼 상의 1 개의 쇼트 영역을 거의 동시에 이중 노광하는 노광 장치에도 상기 실시형태를 적용하는 것이 가능하다.

[0184] 또, 상기 실시형태에서 패턴을 형성할 물체 (에너지 빔이 조사되는 노광 대상의 물체) 는 웨이퍼에 한정되는 것이 아니고, 유리 플레이트, 세라믹 기판, 필름 부재, 또는 마스크 블랭크 등 다른 물체이어도 된다.

[0185] 노광 장치의 적용은 반도체 디바이스 제조용의 노광 장치에 한정되는 것이 아니고, 예를 들면, 사각형의 유리 플레이트에 액정 표시 소자 패턴을 전사하는 액정 디바이스 제조용의 노광 장치나, 유기 EL, 박막 자기 헤드,

촬상 소자 (CCD 등), 마이크로 머신 및 DNA 칩을 제조하기 위한 노광 장치에도 널리 적용가능하다. 또, 반도체 소자 등의 마이크로 디바이스 제조용의 노광 장치 뿐아니라, 광노광장치, EUV 노광 장치, X 선 노광 장치, 및 전자선 노광 장치 등에서 사용되는 레티클 또는 마스크를 제조하기 위해, 유리 플레이트 또는 실리콘 웨이퍼 등에 회로 패턴을 전사하는 노광 장치에도 상기 실시형태를 적용가능하다.

[0186] 또, 노광 장치 등에 관련하여 이제까지 명세서에서 인용된 모든 공보들, 공개된 PCT 국제 공보들, 미국 특허출원 및 미국 특허의 개시들이 여기에 참조로서 각각 포함된다.

[0187] 또, 반도체 등의 전자 디바이스는 디바이스의 기능/성능 설계를 행하는 단계, 이 설계 단계에 기초한 레티클을 제작하는 단계, 실리콘 재료로부터 웨이퍼를 제작하는 단계, 상기 실시형태의 노광 장치로, 마스크에 형성된 패턴을 웨이퍼 등의 물체상에 전사하는 리소그래피 단계, 노광된 웨이퍼 (물체) 를 현상하는 현상 단계, 레지스트가 잔존하고 있는 영역 이외의 영역의 노출 부재를 에칭에 의해 제거하는 에칭 단계, 에칭이 완료되어 더이상 필요하지 않은 레지스트를 제거하는 레지스트 제거 단계, 디바이스 조립단계 (다이싱 공정, 본딩 공정, 패키징 공정을 포함), 검사 단계 등을 통해 제조된다. 이 경우, 리소그래피 단계에서, 상기 실시형태의 노광 장치 및 노광 방법이 사용되므로, 고집적도의 디바이스를 수율 좋게 제조하는 것이 가능하다.

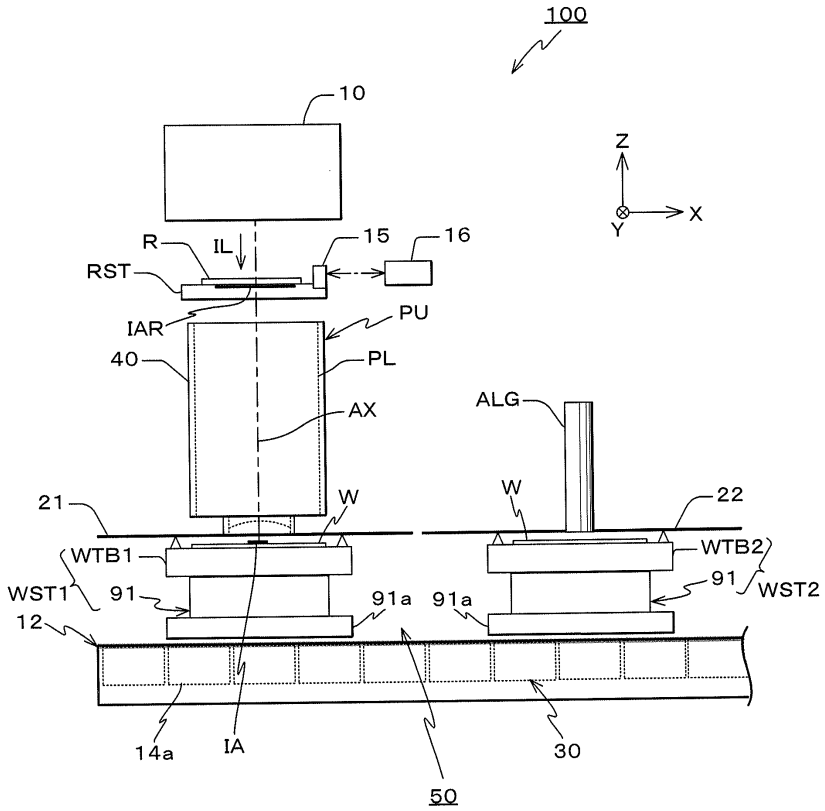
[0188] 또, 상기 실시형태의 노광 장치 (패턴 형성 장치) 는, 본원 청구의 범위에 기재된 각 구성 요소를 포함하는 각종 서브시스템을 소정의 기계적 정밀도, 전기적 정밀도, 광학적 정밀도를 유지하도록 조립하는 것에 의해 제조된다. 이들 각종 정밀도를 확보하기 위해, 이 조립 전후에는, 각종 광학계에 대하여는 광학적 정밀도를 달성하기 위한 조정, 각종 기계계에 대하여는 기계적 정밀도를 달성하기 위한 조정, 각종 전기계에 대하여는 전기적 정밀도를 달성하기 위한 조정이 행해진다. 각종 서브 시스템으로부터 노광 장치로의 조립 공정은 각종 서브시스템 상호의 기계적 접속, 전기 회로의 배선 접속, 기압 회로의 배관 접속 등이 포함된다. 이 각종 서브시스템으로부터 노광 장치로의 조립 공정 전에, 각 서브시스템 개개의 조립 공정이 행해지는 것은 말할 것도 없다. 각종 서브시스템의 노광 장치로의 조립 공정이 종료하면, 총합 조정이 행해지고, 노광 장치 전체로서의 각종 정밀도가 확보된다. 또, 노광 장치의 제조는 온도 및 클린도 등이 제어 된 클린 룸에서 행해지는 것이 바람직하다.

산업상 이용가능성

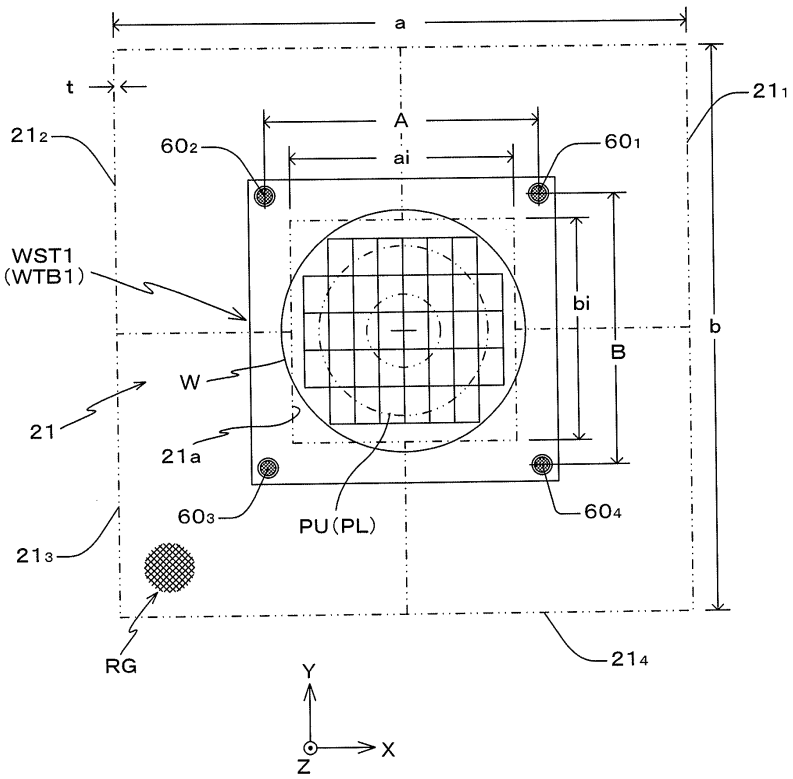
[0189] 이상 설명한 바와 같이, 본 발명의 노광 장치 및 노광 방법은, 물체를 노광하는 것에 적합하다. 또, 본 발명의 디바이스 제조방법은, 반도체 소자 및 액정 표시 소자 등의 전자 디바이스를 제조하는 것에 적합하다.

도면

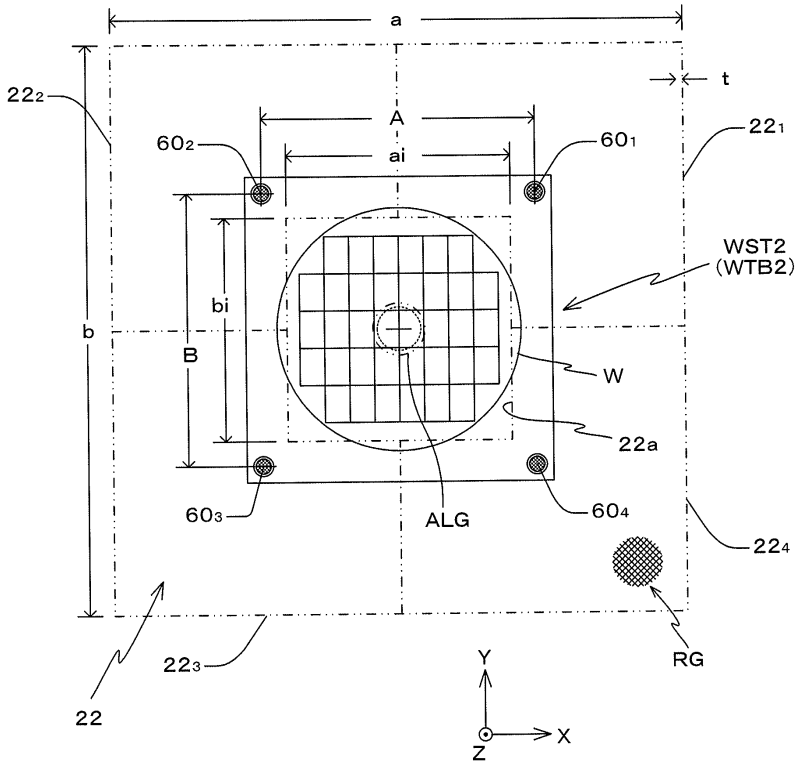
도면1


100
10
Z
X
Y
R
IL
15
16
RST
IAR
PU
40
PL
AX
ALG
21
W
W
22
WTB1
WTB2
WST1
91
91a
91a
91
WST2
12
14a
IA
30
50

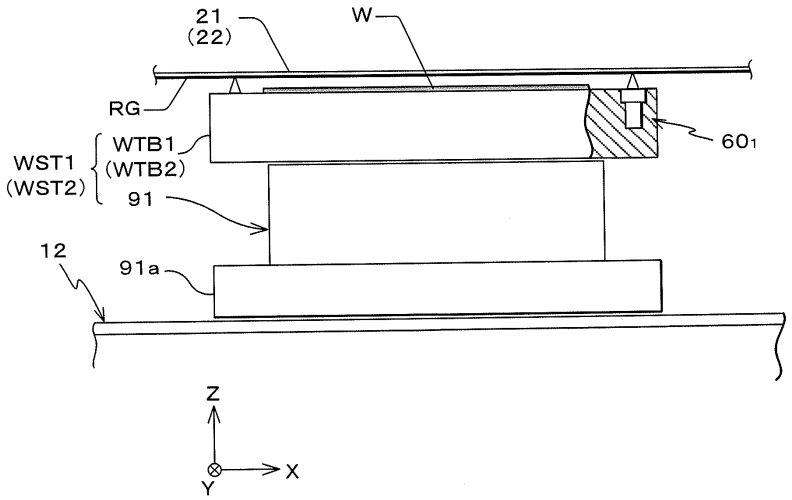
도면2


a
t
A
ai
21_1
21_2
60_2
60_1
WST1
(WTB1)
bi
b
B
W
21
21a
60_3
PU(PL)
60_4
21_3
RG
21_4
Y
X
Z

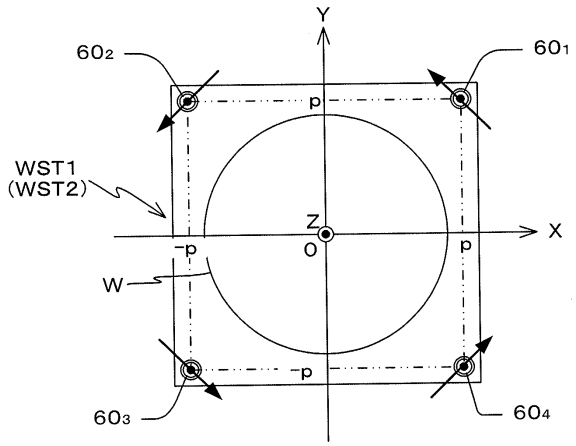
도면3


a
t
22_2
A
ai
60_2
60_1
22_1
WST2
(WTB2)
bi
b
B
W
22a
60_3
ALG
60_4
22_4
RG
22_3
22
Y
X
Z

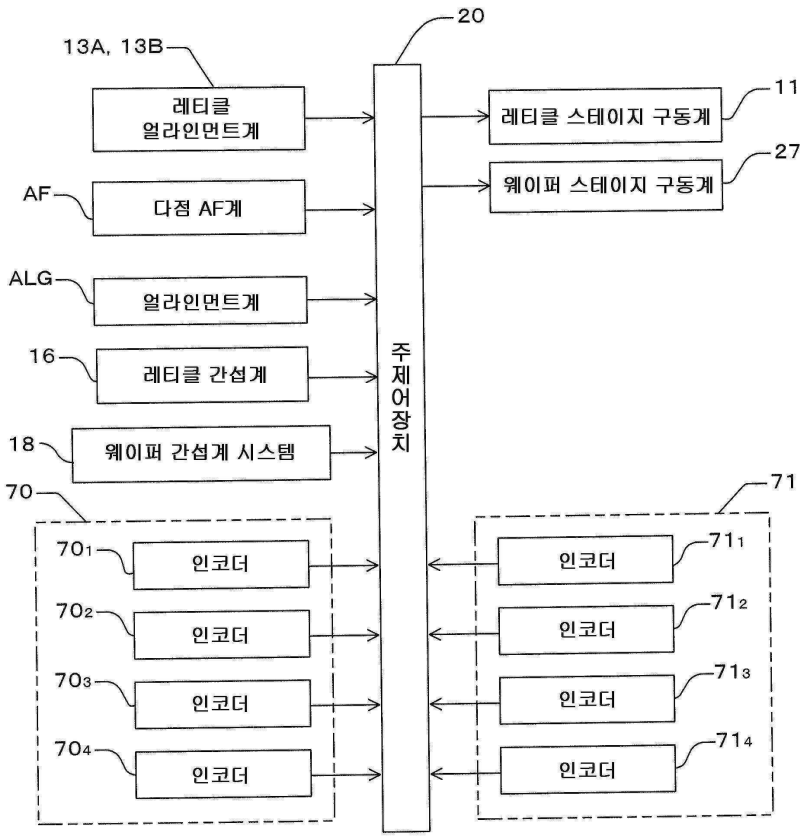
도면4


21
(22)
W
RG
WST1
(WST2)
WTB1
(WTB2)
91
60_1
12
91a
Z
X
Y

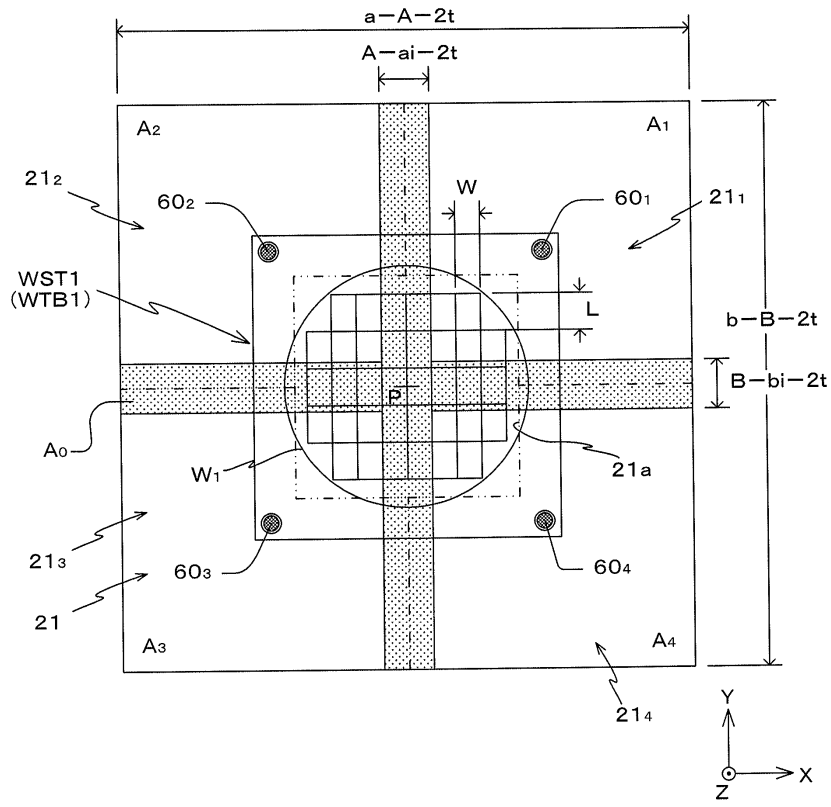
도면5


Y
60_2
60_1
p
WST1
(WST2)
Z
O
X
-p
p
W
-p
60_3
60_4

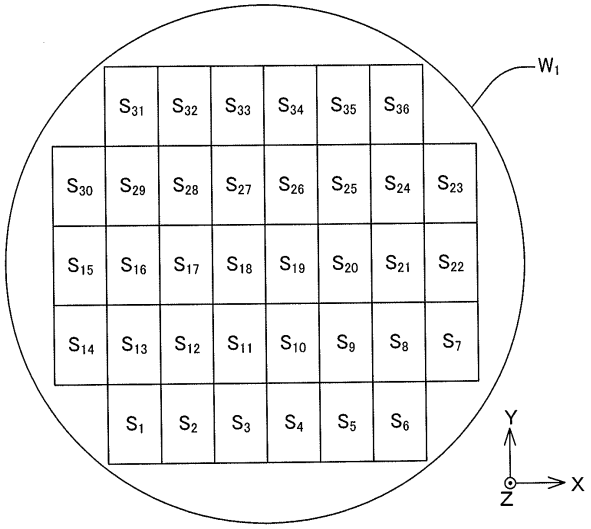
도면6


20
13A, 13B
레티클
얼라인먼트계
11
레티클 스테이지 구동계
27
웨이퍼 스테이지 구동계
AF
다점 AF계
ALG
얼라인먼트계
16
레티클 간섭계
18
웨이퍼 간섭계 시스템
주제어장치
70
71
70_1
인코더
70_2
인코더
70_3
인코더
70_4
인코더
71_1
인코더
71_2
인코더
71_3
인코더
71_4
인코더

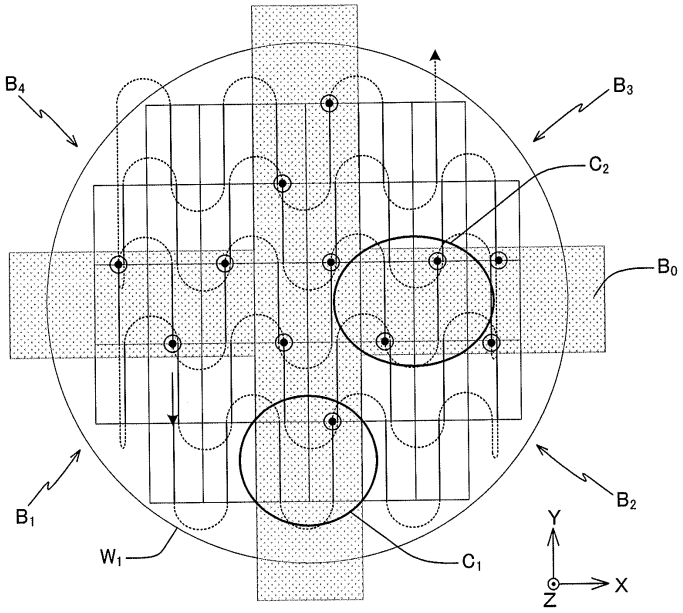
도면7


a−A−2t
A−ai−2t
A2
A1
212
602
W
601
211
WST1
(WTB1)
L
b−B−2t
B−bi−2t
P
A0
W1
21a
213
603
604
21
A3
A4
214
Y
X
Z

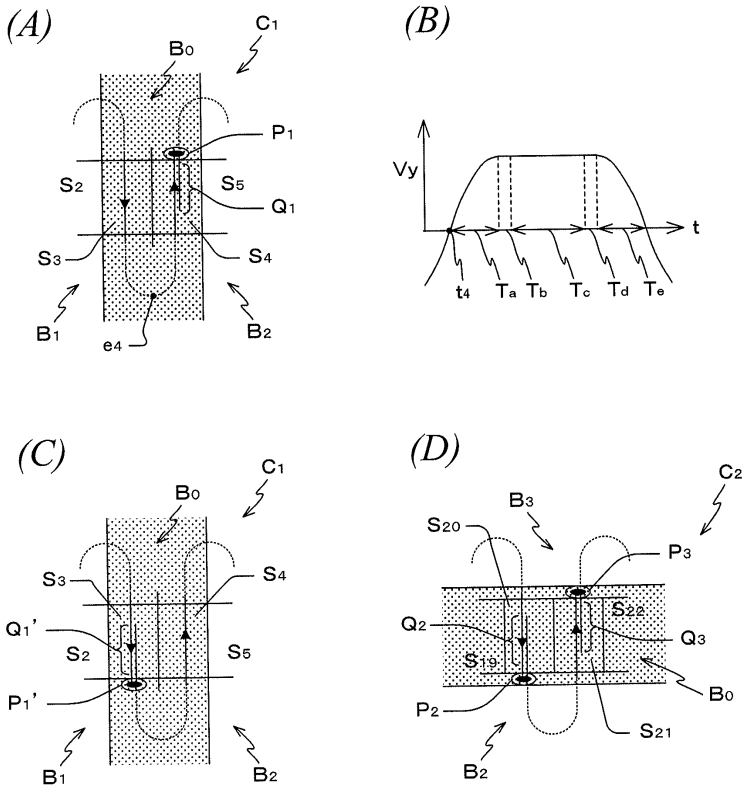
도면8


W1
S31 S32 S33 S34 S35 S36
S30 S29 S28 S27 S26 S25 S24 S23
S15 S16 S17 S18 S19 S20 S21 S22
S14 S13 S12 S11 S10 S9 S8 S7
S1 S2 S3 S4 S5 S6
Y
X
Z

도면9

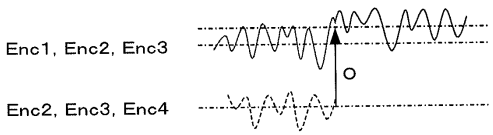

B4
B3
C2
B0
B1
B2
W1
C1
Y
X
Z

도면10

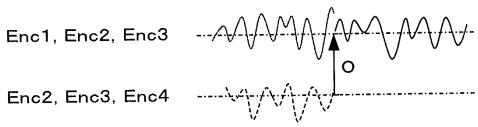

(A)
C1
B0
P1
S2
S5
Q1
S3
S4
B1
B2
e4
(B)
Vy
t
t4
Ta
Tb
Tc
Td
Te
(C)
C1
B0
S3
S4
Q1'
S2
S5
P1'
B1
B2
(D)
C2
B3
S20
P3
S22
Q2
Q3
S19
B0
P2
S21
B2

도면11

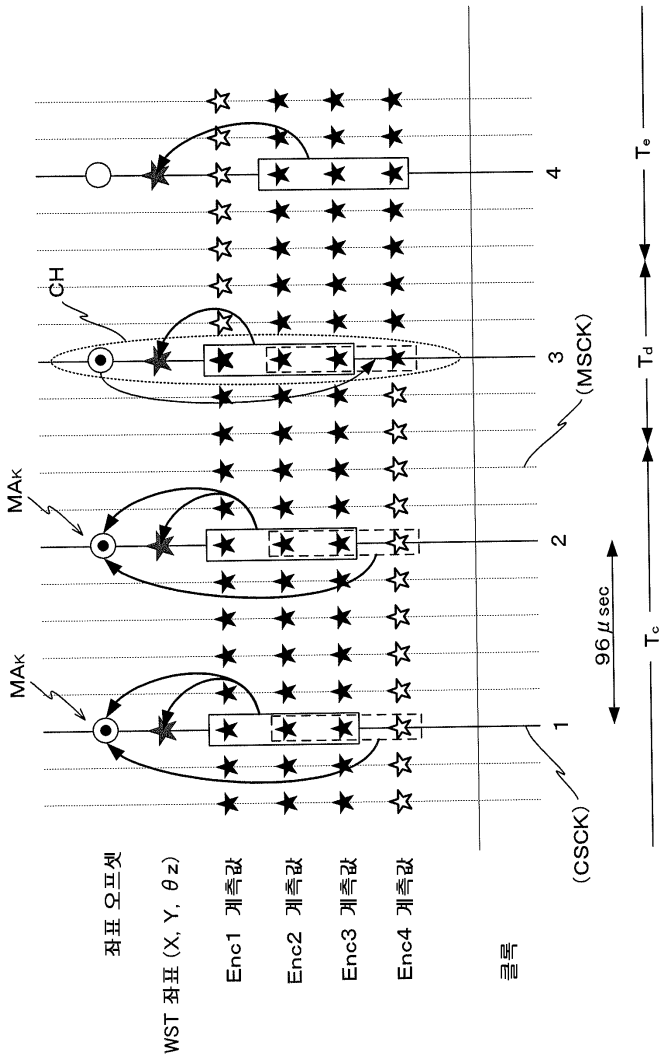
(A)


Enc1, Enc2, Enc3
Enc2, Enc3, Enc4
O

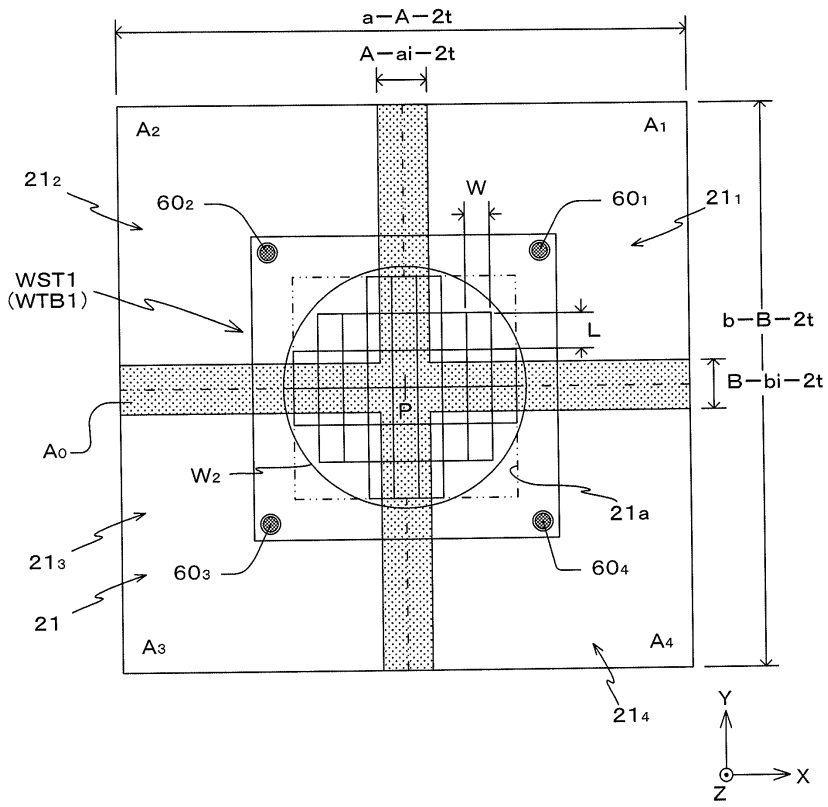
(B)


Enc1, Enc2, Enc3
Enc2, Enc3, Enc4
O

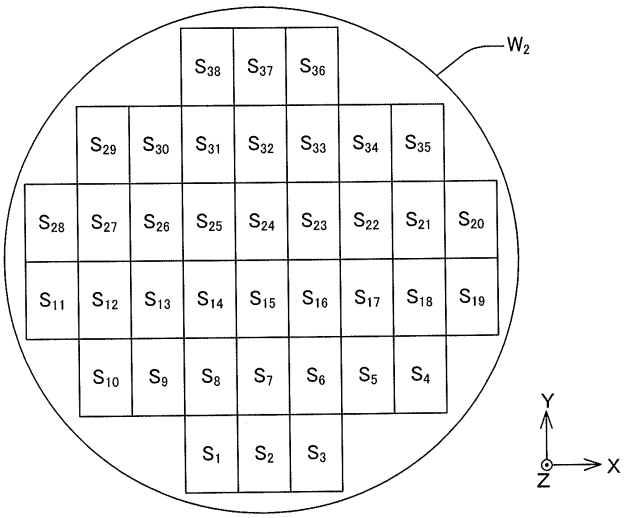
도면12


CH
MAK
MAK
4
3
2
1
(MSCK)
(CSCK)
96 μsec
Te
Td
Tc
좌표 오프셋
WST 좌표 (X, Y, θz)
Enc1 계측값
Enc2 계측값
Enc3 계측값
Enc4 계측값
클록

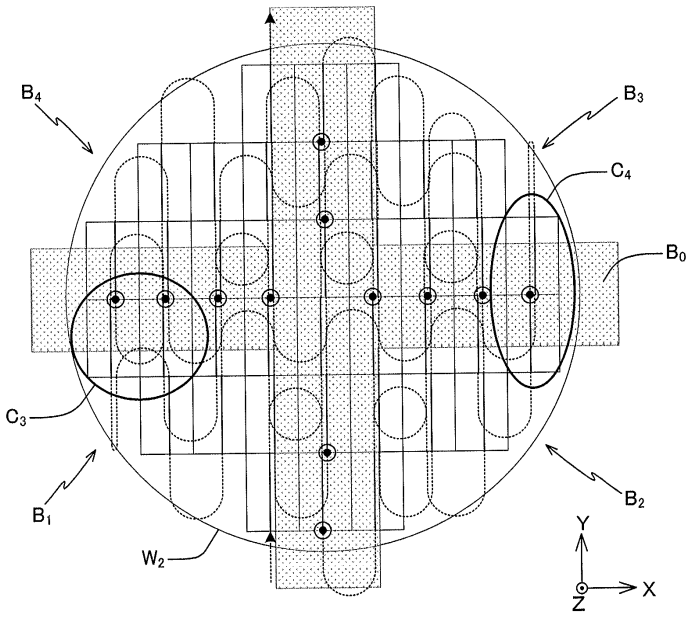
도면13


a−A−2t
A−ai−2t
A2
A1
212
602
W
601
211
WST1
(WTB1)
L
b−B−2t
B−bi−2t
A0
P
W2
21a
213
603
604
21
A3
A4
214
Y
X
Z

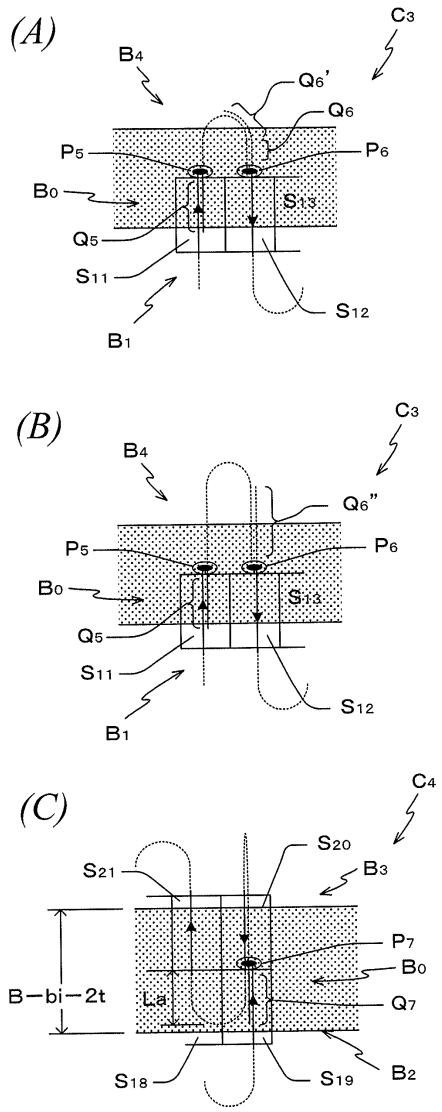
도면14


W2
S38 S37 S36
S29 S30 S31 S32 S33 S34 S35
S28 S27 S26 S25 S24 S23 S22 S21 S20
S11 S12 S13 S14 S15 S16 S17 S18 S19
S10 S9 S8 S7 S6 S5 S4
S1 S2 S3
Y
X
Z

도면15

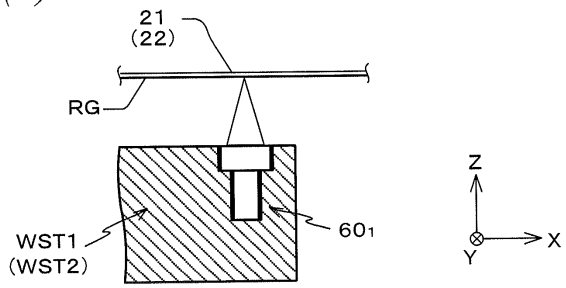
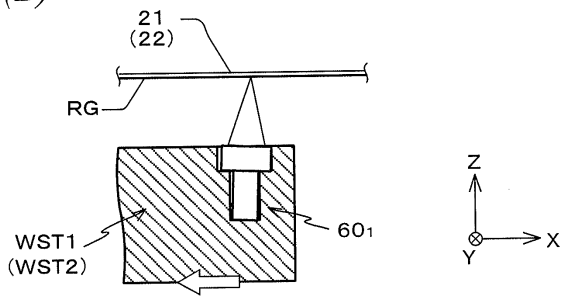


도면16


(A)
C3
B4
Q6'
Q6
P5
P6
B0
S13
Q5
S11
S12
B1
(B)
C3
B4
Q6"
P5
P6
B0
S13
Q5
S11
S12
B1
(C)
C4
S20
S21
B3
P7
B0
B−bi−2t
La
Q7
B2
S18
S19

도면17

(A)



(B)