(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2015년11월12일
(11) 등록번호 10-1568652
(24) 등록일자 2015년11월06일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 21/683 (2006.01) *H01L 21/027* (2006.01)
(21) 출원번호 10-2011-7022031
(22) 출원일자(국제) 2010년02월22일
심사청구일자 2015년02월23일
(85) 번역문제출일자 2011년09월21일
(65) 공개번호 10-2011-0120333
(43) 공개일자 2011년11월03일
(86) 국제출원번호 PCT/EP2010/052217
(87) 국제공개번호 WO 2010/094800
국제공개일자 2010년08월26일
(30) 우선권주장
61/154,411 2009년02월22일 미국(US)
61/306,199 2010년02월19일 미국(US)
(56) 선행기술조사문헌
US20090027649 A1
US20050284372 A1
JP2006339615 A
JP2005175016 A

(73) 특허권자
마퍼 리쏘그라피 아이피 비.브이.
네덜란드 엔엘-2628 엑스케이 델프트 컴퓨터라안 15
(72) 발명자
데 종, 헨릭 잔
네덜란드 엔엘-2531 에이에이 덴 헤이그 트로엘스트랙카데 21에이
(74) 대리인
특허법인 남앤드남

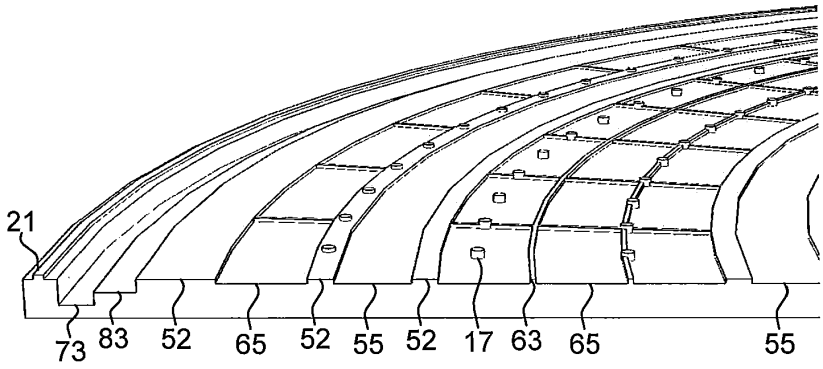
전체 청구항 수 : 총 21 항 심사관 : 김대웅

(54) 발명의 명칭 **기판 지지 구조, 클램프 제조 유닛, 및 리소그래피 시스템**

(57) 요 약

본 발명은 주위보다 더 낮은 압력을 가진 액체 클램핑층(11)에 의해 생성된 모세관력으로 기판(12)을 클램핑하기 위한 기판 지지 구조(13)를 개시한다. 상기 기판 지지 구조는 기판을 유지하기 위한 복수의 기판 지지 요소(17)를 구비한 표면(16)을 포함하고, 상기 표면은 클램핑 과정중 액체 클램핑층 내부에 미리결정된 모세관 유동을 유도하기 위한 상이한 모세관 퍼텐셜을 가진 부분(51,52;83)들을 더 포함한다.

대 표 도 - 도15c



명 세 서

청구범위

청구항 1

주위보다 낮은 압력을 가지며 외측 액체면(outer liquid surface)을 갖는 액체 클램핑층에 의해 생성되는 모세관력을 이용하여 기판을 클램핑하기 위한 기판 지지 구조로서,

상기 기판 지지 구조는 상기 기판을 유지하기 위한 복수의 기판 지지 요소를 구비한 표면을 포함하고, 상기 기판 지지 구조의 상기 표면은 모우트(moat)에 의해 둘러싸인(circumscribed) 주변부(perimeter)를 포함하고,

상기 기판 지지 구조는, 상기 기판 지지 구조의 상기 표면의 높은 모세관 퍼텐셜을 갖는 부분 내의 위치들에서의 증발 액체를 보충하기 위하여, 클램핑 과정중에 액체 클램핑층 내부에 소정의 모세관 유동을 유도하기 위한, 상이한 모세관 퍼텐셜을 갖는 표면 부분들을 추가로 포함하며,

적어도 상기 표면 부분들의 낮은 모세관 퍼텐셜을 갖는 부분은 채널의 형태를 가지고, 상기 채널은 소정의 위치로부터 상기 주변부를 따라 연장하며, 상기 채널은 상기 채널로부터 상기 액체 클램핑층의 주변(periphery)으로 모세관 유동을 유도하도록 배열되는,

기판 지지 구조.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 상이한 모세관 퍼텐셜을 갖는 표면 부분들은 클램핑 과정중에 상기 액체 클램핑층의 상기 주변(periphery)을 따라 하나 또는 복수의 소정의 위치에서 희생갭(sacrificial gap) 생성을 추가적으로 유도하는,

기판 지지 구조.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 기판 지지 구조의 상기 표면은, 상기 기판 지지 구조의 상기 표면의 상기 주변부의 하나 또는 복수의 소정의 위치에서 낮은 모세관 퍼텐셜을 갖는 표면 부분들을 포함하는 반면에, 상기 낮은 모세관 퍼텐셜을 갖는 표면 부분들을 제외한 상기 주변부의 다른 부분들은 높은 모세관 퍼텐셜을 갖는,

기판 지지 구조.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 기판 지지 요소들은 상호간의 피치를 가진 규칙적인 패턴으로 배열되고, 상기 채널의 폭은 상기 상호간의 피치보다 더 작은,

기판 지지 구조.

청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 채널은 만곡부(curved portion)를 포함하는,

기판 지지 구조.

청구항 6

제 1 항에 있어서,

상기 낮은 모세관 퍼텐셜을 갖는 표면 부분들의 적어도 일부는 하나 또는 복수의 채널의 형태를 갖는,

기판 지지 구조.

청구항 7

제 6 항에 있어서,

상기 하나 또는 복수의 채널의 표면 영역은 상기 기판 지지 구조의 표면의 25% 미만을 커버하는,

기판 지지 구조.

청구항 8

제 7 항에 있어서,

상기 하나 또는 복수의 채널의 표면 영역은 상기 기판 지지 구조의 표면 위에 균질하게 확산하는(homogeneously spread),

기판 지지 구조.

청구항 9

제 8 항에 있어서,

가장 낮은 모세관 퍼텐셜을 갖는 표면 부분들이 상기 표면의 상기 주변부에 제공되는,

기판 지지 구조.

청구항 10

제 9 항에 있어서,

상기 기판 지지 요소들의 상부 표면(top surface)의 높이 레벨과 상기 표면의 나머지 부분을 둘러싸는 가장 낮은 모세관 퍼텐셜을 갖는 표면 부분의 높이 레벨 사이의 높이 차이는, 상기 기판 지지 구조의 상기 표면의 나머지 부분 내의 낮은 모세관 퍼텐셜을 갖는 상기 표면 부분 상에 제공되는 상기 기판 지지 요소들의 높이의 2배와 동일한,

기판 지지 구조.

청구항 11

제 1 항에 있어서,

가장 낮은 모세관 퍼텐셜을 갖는 표면 부분들이 높은 모세관 퍼텐셜을 갖는 표면 부분들의 둘레(circumference)에 제공되는,

기판 지지 구조.

청구항 12

제 1 항에 있어서,

상기 상이한 모세관 퍼텐셜을 갖는 표면 부분들은 모세관 퍼텐셜의 차이를 제공하기 위하여 다른 높이 레벨들을 갖는,

기판 지지 구조.

청구항 13

제 1 항에 있어서,

상기 상이한 모세관 퍼텐셜을 갖는 표면 부분들은 모세관 퍼텐셜의 차이를 제공하기 위해 상기 클램핑 액체에 대해 상이한 친화력(affinity)을 갖는,

기판 지지 구조.

청구항 14

제 13 항에 있어서,

상기 상이한 모세관 퍼텐셜을 갖는 표면 부분들은 모세관 퍼텐셜 차이를 제공하기 위해 상이한 표면 처리, 표면 재료 또는 표면 코팅을 갖는,

기판 지지 구조.

청구항 15

제 1 항에 있어서,

상기 기판 지지 구조가 상기 표면 주위의 액체를 제거하기 위한 액체 제거 시스템을 추가로 포함하는,

기판 지지 구조.

청구항 16

제 15 항에 있어서,

상기 액체 제거 시스템은 가스 분배 시스템을 포함하는,

기판 지지 구조.

청구항 17

제 16 항에 있어서,

상기 가스 분배 시스템은 가스를 제공하는 하나 또는 복수의 가스 유입구와 가스를 제거하는 하나 또는 복수의 가스 유출구를 포함하는,

기판 지지 구조.

청구항 18

제 16 항에 있어서,

상기 기판 지지 구조는 상기 기판 지지 구조의 표면을 둘러싸는 (circumscribing) 실링 구조를 추가로 포함하며, 이에 따라 상기 가스 분배 시스템에 의해 제공된 가스가 상기 기판 지지 구조의 표면과 상기 실링 구조 사이로 흐를 수 있는,

기판 지지 구조.

청구항 19

제 18 항에 있어서,

상기 실링 구조는 상기 복수의 기판 지지 요소의 높이 레벨에 대응하는 높이 레벨을 갖는,

기판 지지 구조.

청구항 20

제 18 항에 있어서,

상기 기판 지지 요소들은 상호간의 피치(mutual pitch)를 가진 규칙적인 패턴으로 배열되고, 상기 실링 구조 및 가장 근접한 기판 지지 요소 사이의 거리는 상기 상호간의 피치를 초과하는,

기판 지지 구조.

청구항 21

제 1 항에 있어서,

상기 외측 액체면은 오목한 형상을 갖는,

기판 지지 구조.

청구항 22

삭제

청구항 23

삭제

청구항 24

삭제

청구항 25

삭제

청구항 26

삭제

청구항 27

삭제

청구항 28

삭제

청구항 29

삭제

청구항 30

삭제

청구항 31

삭제

청구항 32

삭제

청구항 33

삭제

청구항 34

삭제

청구항 35

삭제

청구항 36

삭제

청구항 37

삭제

청구항 38

삭제

청구항 39

삭제

청구항 40

삭제

청구항 41

삭제

청구항 42

삭제

청구항 43

삭제

청구항 44

삭제

청구항 45

삭제

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 그 표면에 기판을 클램핑하기 위한 기판 지지 구조, 기판 지지 구조를 이용하도록 구성된 클램프 제조 유닛, 기판 지지 구조를 포함하는 리소그래피 시스템, 및 클램프 제조 유닛과 복수의 리소그래피 장치를 포함하는 배열구조에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 예를 들어, 웨이퍼인 기판을, 예를 들어, 웨이퍼 테이블인 기판 지지 구조에 클램핑하는 것은 반도체 산업에서, 특히 리소그래피 시스템에서 잘 알려져 있다. 그러한 리소그래피 시스템에서, 클램핑된 기판은 이온 또는 전자와 같은 하전입자 또는 입사 양성자에 노출됨으로써 패턴화된다. 클램핑은 기판 표면의 타겟부의 고정밀 패터닝의 실현을 가능하게 한다.

[0003] 클램핑 방법중 하나는 기판과 기판 지지 구조 사이의 공기를 흡입하는 것, 즉 그들 사이에 진공을 생성하는 것이다. 그러나, 클램핑된 기판이 진공 환경에서 프로세싱된다면, 이 방법은 효과적이지 않다. 예를 들면, 전자기계적 클램핑으로, 진공 환경에서 기판을 클램핑하기 위한 다양한 다른 해결책이 존재한다. 그러나, 이 해결책은, 클램핑을 위해 사용되는 전기장이 하전입자의 빔에 바람직하지 않은 영향을 미치기 때문에, 하전입자 리소그래피와 함께 사용하기에 적합하지 않다.

[0004] 리소그래피 시스템에서, 기판 지지 구조에 대한 기판의 클램핑은 노출 과정중 기판이 기판 지지 구조에 대해 적소에 유지되도록 이루어져야 한다. 아울러, 기판 상에서 방사선에 의해 유발된 열 부하가 효과적으로 제거됨으로써, 열수축 및 팽창이 사양 이내로 유지되도록, 기판과 기판 지지 구조 간의 열접촉이 이루어져야 한다. 이러한 열 제거는 기판 지지 구조 내의 열 소실 배열구조에 의해 이루어질 수 있으며, 예를 들어, 본 출원인에 의

해 출원된 국제특허출원 공개번호 제WO2008/013443호에 개시된 바와 같이 기판 지지 구조 표면과 열접촉하게 되는 열 흡수 재료에서의 상전이(phase transition)를 이용함으로써 이루어질 수 있다.

[0005] 기판을 유지하기 위해 정전기 클램프 어플리케이션에 일반적으로 사용되는 기판 지지 구조의 표면은 통상적으로 "마디(burls)"로 불리우는 복수의 범프를 갖는다. 기판과 이 마디들 사이의 접촉 영역은 제한된다. 따라서, 특히 열 소실 배열구조로 열을 이동시켜 제거하는 것이 바람직하다면, 기판으로부터 열 소실 배열구조로 열을 전달하는 것은 제한 요소가 될 수 있다.

[0006] 본 출원인에 의해 출원된 국제특허출원 공개번호 제WO2009/011574호는 액체층으로 기판을 클램핑하기 위한 기판 지지 구조를 가진 리소그래피 시스템을 개시하고 있다. 상기 액체층은 모세관력을 유도하도록 배열됨으로써, 기판이 기판 지지 구조의 표면 상에 클램핑되도록 한다. 한편으로는 기판의 표면에 다른 한편으로는 기판 지지 구조에 상기 액체가 접착함으로써, 원주상으로 연장하는 액체 표면을 생성하게 되고, 상기 액체 표면은 상기 2개의 표면 사이에서 오목하게 연장한다. 이렇게 형성된 오목한 액체 표면은, 기판 지지 구조 표면으로부터 기판을 제거하기 위한 힘이 가해져도, 그 형상을 유지하려는 경향이 있다.

[0007] 상기 액체층은 기판과 기판 지지 구조 표면 간의 열접촉을 향상시키는 목적을 수행할 수 있다. 이와 같이 향상된 열접촉은 기판이 과다하게 수축 또는 팽창하지 않고 더 높은 열 부하에 견딜 수 있도록 한다. 이는, 즉 시간당 웨이퍼 면에서 높은 처리량을 실현하는 것이 바람직한 리소그래피 시스템과 같은 응용분야에서 특히 중요하다. 그러한 응용분야에서, 웨이퍼는 상대적으로 높은 에너지 부하를 받게 되며, 이는 일반적으로 기판에 대한 높은 열 부하로 변환된다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0008] 그러나, 국제특허출원 공개번호 제WO2009/011574호에 개시된 바와 같이 액체 클램핑층을 이용한 기판 클램핑 메커니즘은, 예를 들어, 증발 및/또는 응축 프로세스로 인해, 단지 한정된 시간 주기 동안만 존재하게 된다. 많은 응용분야에 있어서, 더 긴 클램핑 시간 주기가 요구된다.

과제의 해결 수단

[0009] 본 발명의 목적은 종래의 방법에서 경험한 문제점을 해소하는 기판 클램핑 방법을 제공하는 것이다. 이를 위하여, 본 발명은 주변보다 더 낮은 압력을 가진 액체 클램핑층에 의해 생성된 모세관력으로 기판을 클램핑하기 위한 기판 지지 구조를 제공하며, 상기 기판 지지 구조는 기판을 유지하기 위한 복수의 기판 지지 요소를 구비한 표면을 포함하고, 상기 표면은 클램핑 과정중 액체 클램핑층 내부에 미리결정된 모세관 유동을 유도하기 위한 상이한 모세관 퍼텐셜(potential)을 가진 부분들을 더 포함한다.

[0010] 상기 상이한 모세관 퍼텐셜을 가진 부분들은 클램핑 과정중 상기 액체 클램핑층의 둘레를 따라 하나 또는 그 이상의 미리결정된 위치에 희생갭(sacrificial gap) 생성을 더 유도할 수 있다. 상기 기판 지지 구조의 표면은 하나 또는 그 이상의 미리결정된 위치에서 상기 기판 지지 구조 표면의 둘레에 낮은 모세관 퍼텐셜을 가진 부분을 포함하는 반면, 대부분의 둘레는 높은 모세관 퍼텐셜을 갖는다. 낮은 모세관 퍼텐셜을 가진 표면 부분의 적어도 일부는 채널의 형태를 취할 수 있고, 상기 채널은 당해 채널로부터 상기 액체 클램핑층의 둘레로 모세관 유동을 유도하도록 배열될 수 있다.

[0011] 상기 기판 지지 요소는 상호간의 피치(mutual pitch)를 가진 규칙적인 패턴으로 배열될 수 있고, 상기 채널 폭은 상기 상호간의 피치보다 더 작다. 상기 채널은 만곡부를 포함할 수 있고, 상기 채널의 적어도 일부는 나선 형태 및/또는 구불구불한 형태를 취할 수 있다. 낮은 높이 레벨을 가진 상기 표면 부분의 적어도 일부는 만곡부를 포함할 수 있는 하나 또는 그 이상의 채널 형태를 취할 수 있고, 상기 채널의 적어도 일부는 나선 형태 및/또는 구불구불한 형태를 취할 수 있다. 상기 하나 또는 그 이상의 채널의 표면 영역은 상기 기판 지지 구조 표면의 25% 미만을 덮을 수 있고, 상기 기판 지지 구조 표면 위에 균질하게 확산될 수 있다.

[0012] 가장 낮은 모세관 퍼텐셜을 가진 상기 기판 지지 구조의 표면 부분은 상기 표면의 둘레에 제공될 수 있고, 가장 낮은 높이 레벨을 가진 표면 부분은 더 높은 높이 레벨을 가진 표면 부분의 둘레에 제공될 수 있다. 상기 표면은 복수의 구획을 형성하는 융기 구조를 구비할 수 있으며, 상기 융기 구조의 높이는 상기 기판 지지 요소의 높이보다 더 작을 수 있다.

상기 기판 지지 요소들의 상부 표면(top surface)의 높이 레벨과 상기 표면의 나머지 부분을 둘러싸는 가장 낮

은 모세관 퍼텐셜을 갖는 표면 부분의 높이 레벨 사이의 높이 차이는, 상기 기판 지지 구조의 상기 표면의 나머지 부분 내의 낮은 모세관 퍼텐셜을 갖는 상기 표면 부분 상에 제공되는 상기 기판 지지 요소들의 높이의 2배와 실질적으로 동일하게 구성될 수 있다.

[0013] 상이한 모세관 퍼텐셜을 가진 부분들은 모세관 퍼텐셜 차이를 제공하기 위해 상이한 높이 레벨을 가질 수 있다. 상기 상이한 모세관 퍼텐셜을 가진 부분들은 모세관 퍼텐셜 차이를 제공하기 위해 상기 클램핑 액체에 대한 상이한 친화력을 가질 수 있으며, 모세관 퍼텐셜 차이를 제공하기 위해 상이한 표면 처리, 표면 재료 또는 표면 코팅을 가질 수 있다.

[0014] 다른 양태에서, 본 발명은 액체 클램핑층에 의해 가해진 모세관력으로 기판을 클램핑하기 위한 기판 지지 구조를 제공하며, 상기 기판 지지 구조는 기판을 유지하기 위한 복수의 기판 지지 요소를 구비한 표면과, 복수의 구획을 형성하는 융기 구조를 포함한다. 상기 융기 구조의 높이는 상기 기판 지지 요소의 높이보다 작을 수 있다.

[0015] 상기 기판 지지 구조는 상기 표면 주위의 액체를 제거하기 위한 액체 제거 시스템을 더 포함할 수 있고, 상기 액체 제거 시스템은 가스 분배 시스템을 포함한다. 상기 가스 분배 시스템은 가스를 제공하는 적어도 하나의 가스 유입구와 가스를 제거하는 적어도 하나의 가스 유출구를 포함할 수 있고, 서로에 대해 등거리의 위치에 복수의 가스 유입구와 복수의 가스 유출구를 포함할 수 있다. 상기 기판 지지 구조는 상기 기판 지지 구조 표면을 제한하는 실링 구조를 더 포함할 수 있으며, 이에 따라 상기 가스 분배 시스템에 의해 제공된 가스가 상기 기판 지지 구조 표면과 상기 실링 구조 사이로 흐를 수 있다. 상기 실링 구조는 상기 복수의 기판 지지 요소의 높이 레벨에 대응하는 높이 레벨을 가질 수 있다. 상기 기판 지지 요소는 상호간의 피치를 가진 규칙적인 패턴으로 배열될 수 있고, 상기 실링 구조와 가장 근접한 기판 지지 요소 간의 거리는 상기 피치를 초과한다.

[0016] 상기 기판 지지 구조를 위한 액체층에 사용된 액체는 물을 포함할 수 있고, 상기 기판 지지 요소는 마디(burls) 형태를 취할 수 있다.

[0017] 또 다른 양태에서, 본 발명은 클램프 제조 유닛을 포함하고, 상기 유닛은 제어된 압력 환경을 제공하는 하우징, 상기 하우징에 대해 기판을 각각 로딩 및 언로딩하는 적어도 하나의 로드 포트(load port), 및 상기 하우징 내부로 기판을 이동시키는 기판 이송 유닛을 포함하고, 상기 클램프 제조 유닛은 이전 청구항 중 어느 한 항의 기판 지지 구조를 수용하도록 구성되며, 상기 클램프 제조 유닛은 액체 클램핑층으로 기판 지지 구조의 기판 지지 표면에 기판을 클램핑하도록 더 구성된다. 상기 클램프 제조 유닛은 기판 지지 구조 표면 상에 액체를 공급하기 위한 액체 공급기를 더 포함할 수 있다.

[0018] 다른 양태에서, 본 발명은 리소그래피 장치를 포함한 리소그래피 시스템을 포함하며, 상기 장치는 패턴화된 방사선 빔을 제공하는 방사선 시스템, 기판을 지지하는 기판 지지 구조 및 상기 패턴화된 방사선 빔을 기판의 타겟부에 투사하는 광학 시스템을 포함하고, 상기 기판 지지 구조는 전술한 형태이다. 상기 방사선 빔은 복수의 하전입자 빔렛(beamlets)으로 형성될 수 있고, 이는 전자 빔렛일 수 있다.

[0019] 또 다른 양태에서, 본 발명은 모두 전술한 바와 같은 클램프 제조 유닛과 리소그래피 시스템을 포함한 배열구조를 포함하며, 상기 클램프 제조 유닛은 리소그래피 시스템을 위해 서비스하도록 구성된다.

[0020] 또 다른 양태에서, 본 발명은 기판을 기판 지지 구조에 클램핑하기 위한 방법을 포함하며, 상기 방법은 전술한 바와 같은 클램프 제조 유닛을 제공하는 단계, 상기 기판 지지 구조의 표면에 액체를 제공하여 액체층을 형성하는 단계, 상기 액체층 상에 기판을 위치시키는 단계, 및 상기 기판 지지 구조로부터 과다한 액체를 제거함으로써, 상기 기판과 상기 기판 지지 구조 사이에 클램핑층을 형성하는 단계를 포함한다.

[0021] 또 다른 양태에서, 본 발명은 패터닝을 위해 배열된 제 1 표면측(surface side)과, 주위보다 더 낮은 압력을 가진 액체 클램핑층에 의해 생성된 모세관력으로 기판 지지 구조에 클램핑되도록 배열된 제 2 표면측을 포함한 기판을 포함하고, 상기 제 2 표면측은 클램핑 과정중 액체 클램핑층 내부에 미리결정된 모세관 유동을 유도하기 위한 상이한 모세관 퍼텐셜을 가진 부분들을 포함한다.

[0022] 본 발명의 원리가 다양한 방식으로 실시될 수 있음은 명백할 것이다.

도면의 간단한 설명

[0023] 이하, 첨부도면에 도시된 실시예를 참조하여 본 발명의 다양한 양태를 보다 구체적으로 설명한다.

도 1은 2개의 실질적으로 평탄한 구조 사이의 클램핑층을 개략적으로 도시한 단면도이고,

도 2a는 클램핑층으로 기판을 클램핑하기에 적합한 기판 지지 구조를 도시한 단면도이며,

도 2b는 도 2a의 기판 지지 구조를 도시한 평면도이고,

도 3은 클램핑층의 외표면을 따른 증발 과정을 개략적으로 도시한 단면도이며,

도 4 및 도 5a는 기판 박리의 개념을 개략적으로 도시한 도면이고,

도 5b는 본 발명의 실시예의 개념을 개략적으로 도시한 도면이며,

도 6은 본 발명의 실시예에 따른 기판 지지 구조의 단면도이고,

도 7a 내지 도 7c는 도 6의 기판 지지 구조의 평면도로서, 리클램핑의 개념을 개략적으로 도시한 도면이며,

도 8a는 본 발명의 다른 실시예에 따른 기판 지지 구조의 평면도이고,

도 8b는 클램핑층이 제공된 도 8a의 기판 지지 구조의 평면도이며,

도 9는 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 기판 지지 구조의 평면도이고,

도 10a 및 도 10b는 진공 형성의 결과로서 공동 형성 및/또는 캐비테이션(cavitation)의 개념을 개략적으로 도시한 도면이며,

도 11은 본 발명의 실시예에 따른 공동 인클로저의 개념을 개략적으로 도시한 도면이고,

도 12는 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 기판 지지 구조의 평면도이며,

도 13a는 외부로의 증기 방출 개념을 개략적으로 도시한 도면이고,

도 13b는 도 13a와 비교하여 기판 지지 요소의 다른 배치 효과를 개략적으로 도시한 도면이며,

도 14a는 액체 클램핑층 이용한 기판 지지 구조에서의 응결을 개략적으로 도시한 도면이고,

도 14b 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 기판 지지 구조를 개략적으로 도시한 도면이며,

도 15a는 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 기판 지지 구조의 평면도이고,

도 15b는 도 15a의 기판 지지 구조의 일부를 도시한 단면도이며,

도 15c는 도 15a의 구조의 일부를 도시한 사시도이고,

도 16은 기판 지지 구조의 실시예와 함께 사용될 수 있는 기판 핸들링 및 노출 배열구조를 개략적으로 도시한 도면이며,

도 17은 로드록 챔버를 포함하는 다른 기판 핸들링 및 노출 배열구조를 개략적으로 도시한 도면이고,

도 18은 도 17의 기판 핸들링 및 노출 배열구조의 상세도이며,

도 19는 기판 지지 구조의 실시예와 함께 사용될 수 있는 다른 기판 핸들링 및 노출 배열구조를 개략적으로 도시한 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0024] 이하, 첨부도면을 참조하여 단지 예로서 개시된 본 발명의 다양한 실시예를 설명한다.

[0025] 도 1은 예를 들어 웨이퍼인 제 1 기판(2)과 예를 들어 웨이퍼 테이블과 같은 기판 지지 구조인 제 2 기판(3) 사이의 액체층(1)을 개략적으로 도시한 단면도이다. 리소그래피 프로세싱과 관련된 본 응용예에 사용하기에 적합한 액체는 물이다. 제 1 기판(2)과 제 2 기판(3)을 포함한 상기 배열구조는 도 1에 도시된 방식으로 액체층(1)("클램핑층(clamping layer)" 이라 함)에 의해 함께 클램핑되며, 이하 "클램프(clamp)"라 칭한다.

[0026] 상기 클램핑층의 두께가 일반적으로 매우 작기 때문에, 모세관력이 중요한 경우, 상기 클램핑층을 모세관층이라고도 칭할 수 있다. 상기 제 1 및 제 2 기판(2,3)은 실질적으로 평탄한 표면(5,6)을 각각 갖는다. 상기 제 1 및 제 2 기판(2,3)의 대향하는 표면(5,6) 사이의 공칭 거리를 높이(h)라 하였다. 상기 클램핑층(1)은 "메니스커스(meniscus)"라고도 불리는 외측 액체면(8)을 갖는데, 이는 제 1 기판(2) 및 제 2 기판(3)에 대한 액체의 접착성으로 인해 일반적으로 오목한 형상이다. 클램핑 액체로서 물이 사용된 경우, H_2O 분자의 쌍극자 배열구조로 인해 유발된 반 데르 발스의 힘은 분자들이 서로 끌어당기고(표면 장력), 다른 표면들에 부착(접착)되도록

한다.

[0027] "메니스커스 곡률"이라고도 불리는 상기 외측 액체면(8)의 오목한 정도(concaveness)는, 외측 액체면(8)과 제 1 기판(2)의 표면(5) 간의 접촉각과, 외측 액체면(8)과 제 2 기판(3)의 표면(6) 간의 접촉각에 따라 좌우된다. 각각의 접촉각은 클램핑층(1)에 사용된 액체뿐만 아니라 2개의 기판(2,3)의 물성에 따라 좌우된다. 더욱이, 메니스커스 곡률은 외측 액체면(8) 전체에 걸쳐 압력차를 제공한다. 큰 메니스커스 곡률, 즉 더 오목한 외표면은 더 큰 압력차를 제공한다. 실질적으로 평탄한 대향하는 표면으로 2개의 기판을 함께 고정하는 클램핑층이 국제특허출원 공개번호 제 WO2009/011574 호에 보다 구체적으로 개시되어 있으며, 이 국제특허출원은 인용에 의하여 그 전체가 본 명세서에 통합되었다.

[0028] 도 2a 및 도 2b는 도 1을 참조하여 설명한 바와 같은 방식으로 클램핑층(11)으로 기판(12)을 클램핑하기에 적합한 기판 지지 구조(13)를 개략적으로 도시한 단면도 및 평면도이다. 상기 기판 지지 구조(13)는 복수의 기판 지지 요소(17)를 구비한 표면(16)을 포함한다.

[0029] 상기 기판 지지 요소(17)들은 제 1 기판(2)과 제 2 기판(3) 사이의 거리를 규정하고 유지하도록 배열된다. 이들은 도 2a 및 도 2b에 도시된 바와 같이 마디(burls) 형태를 취할 수 있다. 추가적으로 또는 대안적으로, 복수의 스페이서, 예를 들어, 유리 입자, SiO_2 입자 등이 기판 지지 요소의 역할을 하도록 기판(16) 위에 균일하게 분산될 수 있다.

[0030] 상기 기판 지지 요소(17)들은 클램핑층(11)에 의해 가해진 클램핑력으로 인한 제 1 기판(2)의 변형을 저감하도록 배열될 수 있다. 이들이 존재함으로써, 예를 들어, 기판이 휘어지는 것을 방지할 수 있다. 더욱이, 상기 기판 지지 요소(17)들이 존재함으로써, 입자에 의한 오염이 기판(12)의 배면(15)에 미치는 영향을 저감할 수 있다.

[0031] 상기 기판 지지 요소(17)들의 피치(pitch)는 클램핑층의 클램핑력에 의해 유발된 최대 기판 변위(deflection)를 고려하여 설정된 필요조건에 기반을 둘 수 있다. 기판 지지 요소(17)당 접촉면은 가해진 클램핑 압력 하에서의 변형 및/또는 파괴를 견디기에 충분하다. 바람직하게, 접촉 요소의 엣지는 예를 들어 세척 작업중에 입자 오염의 가능성을 줄이기 위해 라운드 처리되어있다. 원형 접촉면적을 가진 마디의 일반적인 직경 값은 10 내지 500 마이크론의 범위이고, 예를 들어 200 마이크론이다. 복수의 마디의 일반적인 피치 값은 1 내지 5㎜ 범위이고, 예를 들어 3㎜이다.

[0032] 상기 기판 지지 요소(17)의 공칭 높이는 기판 지지 구조(13)의 표면(16)과 기판(12) 사이의 거리를 결정한다. 또한, 상기 공칭 높이는 얻을 수 있는 클램핑 압력에 영향을 준다. 일반적으로, 상기 기판 지지 요소(17)의 공칭 높이의 선택은 바람직한 클램핑 압력과 입자에 의한 상당한 왜곡 위험 간의 상충 문제(trade off)가 된다.

[0033] 낮은 높이는 일반적으로 얻을 수 있는 클램핑 압력을 증대시킨다. 높은 클램핑 압력은 일반적으로 클램프 안정성을 향상시킨다. 아울러, 낮은 공칭 높이는 클램핑층 두께를 줄이고, 그에 따라 기판(12)과 기판 지지 구조(13) 간의 열전달을 향상시킨다.

[0034] 한편, 진공 시스템 내에 유주성(遊走性) 입자가 많이 존재하지는 않지만, 기판 지지 구조 표면에 나타나면, 특히 그들의 크기가 기판 지지 요소(17)의 공칭 높이를 초과하는 경우, 심각한 국소적 불안정을 유발할 수 있다. 따라서, 높은 높이는 그와 같은 부정적 영향과 직면할 가능성을 줄인다.

[0035] 바람직한 클램핑 압력을 얻기 위해 변화될 수 있는 다른 변수들은 기판(12)의 물성, 기판 지지 구조(13)의 표면(16)의 물성, 상기 표면(16)의 표면적, 기판 지지 요소(17)의 형상과 갯수, 기판 지지 요소의 피치, 및 클램핑층(11)을 형성하기 위해 사용된 액체의 종류를 포함한다. 특수한 조치로서, 상기 기판 지지 구조(13) 및 상기 기판(12)의 접촉면 중 하나 또는 모두가, 클램핑층(11)을 형성하는 액체와 관련 접촉면 간의 접촉각에 영향을 주는 재료로 코팅되거나 표면 처리될 수 있다.

[0036] 상기 기판 지지 구조(13)의 표면(16)은 모우트(moat)(19) 또는 그와 유사한 구조에 의해 제한될 수 있다. 상기 모우트(19)는 클램프를 생성하는 과정에서 사용될 수 있다. 이 목적을 위하여, 상기 모우트(19)는 액체 조절 시스템 및/또는 가스 조절 시스템에 연결될 수 있다. 클램프를 생성하는 과정에서, 클램핑 액체의 공급, 과다한 액체의 제거 및 건식 가스의 분배를 포함한 하나 또는 그 이상의 작용이 상기 모우트(19)를 통해 수행된다. 바람직하게, 상기 가스 분배 작용은 과다한 클램핑 액체를 더 제거하여 클램프가 생성될 수 있도록 기판 지지 구조 표면의 외표면 둘레를 따라 건식 가스를 분배하는 것을 포함한다. 상기 가스 분배 작용에 사용하기에 적합한 건식 가스는 질소와, 아르곤 같은 불활성 가스를 포함한다.

[0037] 상기 액체 조절 시스템은 기판 지지 구조 표면에 액체를 공급하고, 및/또는 액체층 위에 기판이 위치된 후, 기판 아래의 액체를 제거하여 클램핑층을 형성할 수 있도록 구성될 수 있다. 도 2a 및 도 2b에 도시된 바와 같이 모우트를 이용한 액체 제거 시스템과 액체의 외부 공급을 이용한 클램핑층의 형성에 관한 세부사항이 미국 가특허출원번호 제61/154,411호에 개시되어 있으며, 상기 특허출원은 인용에 의하여 그 전체가 본 명세서에 통합되어 있다.

[0038] 결국, 상기 모우트(19)는 실링 구조(21)에 의해 제한될 수 있다. 상기 실링 구조(21)는 클램핑층(11)으로부터 주변으로, 예를 들어, 진공 챔버로의 증기 누설이 있다면, 이를 제한할 수 있다. 바람직하게, 상기 실링 구조(21)의 상부면은 복수의 기판 지지 요소(17)의 공칭 높이에 대응하는 높이 레벨을 갖는다. 이러한 배열은 진공 환경에서 특히 문제가 되는 증기 누설 억제의 효율을 증대시킨다.

[0039] 상기 실링 구조(21)는 예를 들어 바이턴(viton)이나 고무로 만들어진 O링과 같은 하나 또는 그 이상의 탄성 변형가능한 요소를 포함할 수 있다. 그러한 O링들은 O링의 상부면이 전술한 레벨로 설정되도록 줄어든 높이로 상기 기판 지지 구조(13)의 일부에 삽입될 수 있다. 상기 O링은 방사상 측면, 예를 들어 기판 지지 구조(13)의 중심을 향하고 있는 방사상 측면에 절개부를 구비할 수 있으며, 이에 따라, 상기 O링은 과도한 힘을 필요로 하지 않으면서도 증기의 누설을 억제하기에 충분할 정도로 기판 지지 구조(13)와 기판(12) 사이에서 압축될 수 있다. 대안적으로, 도 2a에 도시된 바와 같이, 상기 실링 구조(21)는 링 형상의 증기 제한 구조를 포함할 수 있다. 상기 링 형상의 증기 제한 구조는 클램핑 액체 표면을 향하고 있는 원주상의 개구를 밀폐한다.

[0040] 전술한 바와 같이, 상기 모우트(19)는 예를 들어 하나 또는 그 이상의 가스 유입구(23)와 하나 또는 그 이상의 가스 유출구(25)를 통해 가스 분배 시스템과 접촉될 수 있다. 실링 구조(21)가 존재한다면, 액체층을 구비한 기판 지지 구조 표면(16)과 실링 구조(21) 사이에 가스 유동이 형성될 수 있으며, 이에 따라 도 2b에 쇄선 화살표로 도시된 바와 같이 채널 유동이 형성된다.

[0041] 상기 하나 또는 그 이상의 가스 유입구(23)와 상기 하나 또는 그 이상의 가스 유출구(25)는 대칭적으로 모우트(21)를 따라 제공될 수 있다. 도 2b에 도시된 실시예에서, 2개의 가스 유입구(23)와 가스 유출구(25)가 존재한다. 상기 가스 유입구(23)와 가스 유출구(25)는, 2개의 가스 유입구(23)를 연결하여 형성된 제 1 가상선(27)과 2개의 가스 유출구(25)를 연결하여 형성된 제 2 가상선(29)이 서로에 대해 실질적으로 수직하도록, 배치될 수 있다.

[0042] 대부분의 도면에서, 모우트(19) 및/또는 실링 구조(21) 또는 이 구성요소들의 모든 등가물에는 참조번호가 부여되지 않았다. 명시적으로 도시하지 않았으나, 이 도면들에서의 클램프는 클램핑층으로부터 증발된 증기를 수용하기 위한 수단을 포함한다는 것을 이해하여야 한다. 클램핑층의 외표면과 진공 환경 간의 직접적인 접촉은 클램프의 수명을 심각하게 제한하게 될 것이다.

[0043] 도 3은 액체 클램핑층(1)에 의해 이루어지는 클램핑 작용중에 발생하는 증발 과정을 개략적으로 도시한 단면도이다. 액체층 계면에서의 이러한 증발, 즉, 오목한 액체 표면에서의 증발은 클램프의 안정성에 부정적인 영향을 미친다. 증발로 인하여, 외측 액체 표면(8)의 위치는 새로운 위치로 이동하여 외측 액체 표면(8')을 형성하게 된다. 이러한 이동의 결과로서, 액체 클램핑층(1)으로 덮인 표면적은 감소하게 되고, 이에 따라 기판(2,3)을 함께 클램핑하기 위해 사용되는 표면적이 감소하게 된다. 그 결과, 클램프의 안정성은 감소하게 된다. 상기 클램핑층(1)으로 덮인 표면적이 너무 낮아지게 되면, 클램프는 파괴될 수 있고, 기판(2,3)들은 더 이상 함께 유지되지 않는다.

[0044] 클램프 실패 원인을 시험하는 과정에서, 본 발명자들은 클램프의 파괴를 유도하는 주요 메커니즘중 하나는 "기판 박리"라 칭하는 메커니즘인 것을 확인하였다. 도 4는 기판 박리의 개념을 개략적으로 도시하고 있다. 이론에 얽매이지 않기를 바라며, 액체 클램핑층(11)의 외표면을 따라 불가피한 증발 편차로 인하여, 증발이 더 많이 이루어지는 지점에서, 기판(12)의 엣지가 기판 지지 구조(13)로부터 들어올려지기 시작한다고 여기진다. 그러한 리프팅 운동이 도 4의 화살표(41)로 개략적으로 표시되어 있다. 박리로 인하여, 증기는 액체 클램핑층(11)으로부터 더 쉽게 누설될 수 있다. 아울러, 상기 액체 클램핑층(11)의 외측 액체 표면(18)의 표면적이 감소하게 되며, 이는 증발 속도의 증가로 이어진다. 더욱이, 국소적인 박리는 박리가 일어난 영역으로부터 클램핑층(11)이 이동하도록 만든다. 이러한 이동은 클램핑 해제(unclamping)로 이어진다. 따라서, 국소적인 박리는 클램프의 수명을 현저하게 제한할 수 있다.

[0045] 전술한 바와 같이, 특히, 리소그래피 관련 응용예에서의 사용을 위하여, 클램프의 평균 수명을 연장하는 것이 바람직하다. 놀랍게도, 그러한 수명 연장은 기판 지지 구조의 일부가 상이한 모세관 퍼텐셜(capillary

potential)을 갖도록 유도함으로써 실현될 수 있다. 모세관 퍼텐셜은 모세관 압력으로 액체를 끌어당기는 퍼텐셜로 정의될 수 있다. 모세관 퍼텐셜이 높은 표면 부분은 클램핑 액체를 끌어당기고, 모세관 퍼텐셜이 더 낮은 표면 부분은 덜 끌어당긴다. 이러한 특성은, 증발하고 있는 액체가 중요한 위치에서 보충되는 것을 보장하기 위해 미리결정된 방향으로 클램핑 액체의 유동을 생성하기 위하여 이용될 수 있다.

[0046] 특히, 본 발명자들은 상이한 모세관 퍼텐셜을 가진 부분을 포함하는 표면이 제공된 기판 지지 구조가 평균적으로 더 긴 시간 주기 동안 지속하는 클램프를 도출할 수 있다는 것을 발견하였다. 클래핑층 내부에 예측가능한 모세관 유동이 생성되도록, 상이한 표면 부분들이 배열되어야 한다. 모세관 유동은, 모세관 퍼텐셜이 낮은 지점으로부터 모세관 퍼텐셜이 높은 지점, 특히 증발 속도가 높은 외표면의 지점으로 액체가 이동함으로써, 유도될 수 있다. 특수한 환경에 기초하여, 기판 지지 구조의 표면에 상이한 표면 부분을 적절하게 배치함으로써, 모세관 유동은 예측가능한 방향으로 향할 수 있다.

[0047] 표면 부분의 모세관 퍼텐셜은 다양한 방식으로 영향을 받을 수 있다. 본 명세서 전반에 걸쳐, 상이한 높이 레벨의 이용을 참조하여, 본 발명의 실시예를 설명하였다. 상이한 높이 레벨의 이용은 상이한 모세관 퍼텐셜을 가진 부분을 얻기 위한 강력한 방법이다. 낮은 높이 레벨을 가진 표면 부분은 기판과 표면 부분 사이에 상대적으로 두꺼운 클램핑 액체층을 수용하게 된다. 이 표면 부분의 모세관 퍼텐셜은 높은 높이 레벨과 상대적으로 얇은 클램핑 액체층을 가진 표면 부분에 비해 상대적으로 낮게 된다.

[0048] 표면 부분이 상이한 모세관 퍼텐셜을 갖도록 하는 다른 방법은, 표면 처리에 한정되지는 않지만, 각 표면 부분을 위해 상이한 재료를 선택하는 것과, 표면 부분에 하나 또는 그 이상의 코팅을 제공하는 것을 포함한다. 예를 들어, 물인 경우, 표면 부분이 실질적으로 친수성으로 만들어질 수 있고, 또는 표면 부분이 실질적으로 소수성으로 만들어질 수 있으며, 또는 양 기술이 조합될 수 있다. 이때, 표면에 제공된 물은 상대적으로 더 친수성인 표면 부분으로 끌어당겨지게 된다.

[0049] 도 5a는 기판 박리의 개념을 도시하고 있다. 이 경우에서, 기판은 우측이 들어올려지게 되고, 이에 따라 우측의 클램핑층(11)의 외표면이 확대된다. 기판(12)의 리프팅으로 인하여, 들어올려진 기판 영역 부근의 주변 진공 시스템으로 더 많은 증기가 누설된다. 더욱이, 기판 리프팅은 들어올려진 기판(12) 영역 부근의 외표면(22)의 신장을 유발한다. 이러한 신장은 메니스커스 곡률의 감소, 즉 덜 오목한 외표면을 유도한다. 전술한 바와 같이, 덜 오목한 외표면은 표면에서의 더 작은 압력차에 상응한다. 외표면을 따라 증기 압력이 거의 동일하게 유지되기 때문에, 클램핑층 내부에서 압력차가 발생한다. 도 5a에서, 우측 외표면에서 클램핑층 내부의 압력은 좌측 외표면에서 클램핑층 내부의 압력보다 더 높게 된다. 즉, 좌측 외표면에서의 모세관 퍼텐셜이 우측 외표면에서의 모세관 퍼텐셜보다 더 높으며, 그 결과, 백색 화살표로 개략적으로 표시한 바와 같이, 우측에서 좌측으로 클램핑층 내에 모세관 유동이 유도된다. 이 모세관 유동은 좌측의 외표면(18)이 그 본래 위치를 유지할 수 있도록 한다. 그렇지 않고, 좌측 외표면이 이미 수축하여 외표면(18')을 형성하였다면, 상기 모세관 유동은 외표면이 그 본래 위치로 복귀하도록 허용할 수 있다. 이러한 수축과 복귀 작용이 이중 화살표로 개략적으로 표시되어 있다. 도 5a의 클램프 우측에서, 모세관 유동은 클램핑층(11)의 외표면(22)이 화살표로 개략적으로 표시한 바와 같이 수축하도록 만든다. 기판(12) 아래의 액체가 제거됨으로써, 클램핑층(11)으로 덮인 영역이 감소한다. 우측에서의 클램핑력 부족은 기판(12) 엣지의 리프팅을 더 심하게 만들고, 이는 클램프를 더 열화시켜 결국 클램프 실패로 이어지게 할 수 있다.

[0050] 도 5b는 본 발명의 여러가지 실시예에 활용되는 개념을 개략적으로 도시하고 있다. 본 발명자들은 상이한 높이 레벨을 가진 부분을 포함하는 표면을 갖도록 기판 지지 구조(13)를 형성함으로써 메니스커스 곡률에서의 유사한 차이가 유도될 수 있음을 인식하였다. 도 5b에서, 요소(45)는 나머지 표면들과 비교하여 상승된 높이 레벨을 가진 기판 지지 구조 표면의 일부를 나타낸다.

[0051] 평형 상태에서, 좌측과 우측의 메니스커스는 실질적으로 동일한 곡률을 갖는다. 증발의 결과로서, 양측의 외표면(18)은 약간 후퇴할 수 있다. 쉽게 알 수 있는 바와 같이, 요소(15)에 의해 덮인 영역 내의 위치에서 기판(12)과 기판 지지 구조(13) 사이의 액체 클램핑층(11)의 높이는 요소(45)에 의해 덮이지 않은 위치에서 액체 클램핑층(11)의 높이보다 더 작다. 좌측 외표면(18)의 수축은 메니스커스 높이의 감소와 그 곡률의 증가로 이어진다. 우측에서, 외표면의 수축은 메니스커스의 크기와 형상에 큰 영향을 주지 않는다. 그 결과, 도 5a를 참조하여 설명한 바와 유사한 방식으로 모세관 유동이 유도된다(백색 화살표로 표시함). 모세관 유동은 좌측 클램핑층 둘레에서 액체의 보충을 가능하게 함으로써, 외표면(18)은 그 위치로 되돌아오는 반면, 우측 외표면은 위치(22)로부터 더 내측의 위치로 후퇴하게 된다.

[0052] 도 6은 본 발명의 실시예에 따라 기판(12)을 지지하는 기판 지지 구조(13)의 단면도이다. 도 6의 기판 지지 구

조(13)는 원주상의 림(41)을 포함한다. 상기 원주상의 림(41)은 기판 지지 구조(13)와 기판(12) 사이에 작은 거리를 제공한다. 도 1에서 높이(h)로 표시된 상기 기판 지지 구조(13)와 기판(12) 사이의 공칭 거리는 일반적으로 3 내지 10 마이크론이다. 상기 원주상의 림(41)과 기판(12) 사이의 거리는 일반적으로 500㎚ 내지 1.5 마이크론의 범위 내에 있다. 바람직하게, 상기 원주상의 림(41)은 기판 지지 구조(13)의 표면(16)에 제공된 접촉 요소의 공칭 높이보다 더 작은 1 마이크론 미만의 높이를 갖는다.

[0053] 이론에 얽매이지 않기를 바라며, 상기 원주상의 림(41)은, 클램핑층을 구비한 기판 지지 구조의 평면도인 도 7a 내지 도 7c를 참조하여 설명하는 방식으로 기판 박리를 제한하는 것으로 여겨진다. 도 6을 참조하여 원주상의 림(41)의 존재에 대해 기술하였으나, 그러한 원주상의 림(41)의 사용이 이 실시예에 한정되는 것은 아니다.

[0054] 먼저, 외표면(8)으로부터 액체가 증발함에 따라, 외표면은 원주상의 림(41)과 기판(12) 사이의 작은 갭 속으로 후퇴하게 된다. 불균일한 증발로 인하여, 외표면(8)은 도 7a에 개략적으로 도시된 바와 같이 국소적으로 더 내측으로 후퇴할 수 있다. 상기 원주상의 림(51)과 기판(12) 사이의 작은 갭에서의 압력차는 주요 클램핑 영역에서의 압력차보다 훨씬 더 크며, 예를 들어 각각 1 bar 대 200 mbar가 된다. 즉, 상기 원주상의 림(41)에서의 모세관 퍼텐셜은 주요 클램핑 영역에서의 모세관 퍼텐셜보다 더 높다. 상기 외표면(8)이 증발로 인해 원주상의 림(41)의 내측면에 도달하면, 상기 표면은 기판(12)과 기판 지지 구조(13) 사이의 큰 거리를 만나게 된다. 이 영역에서의 낮은 압력차는 도 7b에 개략적으로 도시된 바와 같이 원주상의 림(41)과 기판(12) 사이의 갭으로 소량의 액체가 흐르도록 한다. 이 흐름은 원주상의 림(41)과 기판(12) 사이의 갭이 도 7c에 도시된 바와 같이 완전히 충진될 때까지 계속된다. 주요 클램핑 영역에는 공동(void)이 남게 된다. 상기 공동은 액체층으로 완전히 둘러싸인다. 효과적으로, 증발로 인해 소실된 모세관 클램핑 영역이 내측으로 이동한 것이다. 외측 모세관 표면은 동일한 위치에 남아 있다. 따라서, 기판 엣지가 쉽게 박리되지 않고, 클램프 수명이 연장된다.

[0055] 도 8a는 본 발명의 실시예에 따른 기판 지지 구조의 표면(16)을 개략적으로 도시한 평면도이다. 명료함을 위하여, 예를 들어, 다른 도면들에는 도시된 모우트 및/또는 실링 구조 등, 존재할 수도 있는 일부 부가적인 구조들을 도 8a에 도시하지 않았다. 본 실시예에서, 상기 표면의 2개의 상이한 높이 레벨을 가진 부분들을 포함한다. 제 1 높이 레벨을 가진 표면 부분은 빗금 영역(좌측 상단으로부터 우측 하단으로 해칭함)으로 표시되었으며, 이를 제 1 부분(51)이라 한다. 제 2 높이 레벨을 가진 표면 부분은 빗금치지 않은 영역으로 표시되었으며, 이를 제 2 부분(52)이라 한다.

[0056] 제 1 부분(51)의 높이 레벨은 제 2 부분(52)의 높이 레벨보다 더 낮다. 액체 클램핑층이 기판 지지 구조 표면(16) 상부에 형성되면, 제 2 부분(52)의 상부에서 액체 클램핑 층의 두께는 제 1 부분(51)의 상부에서 그 두께보다 작을 것이며, 각각 예를 들어 2 내지 4 마이크론, 바람직하게는 3 마이크론 대(對) 3 내지 10 마이크론, 바람직하게는 5 마이크론이 될 것이다.

[0057] 도 8b는 (좌측 하단으로부터 우측 상단으로 해칭하여 빗금 프로파일로 개략적으로 표시한) 클램핑 액체층으로 덮인 도 8a의 기판 지지 구조 표면(16)을 개략적으로 도시한 평면도이다. 명료함을 위하여, 기판은 도시하지 않았다. 상기 액체 클램핑층의 외표면은 더 높은 높이 레벨을 가진 기판 지지 구조 표면(16)의 일부, 즉 제 2 부분(52)과 대부분 접촉한다. 그러나, 단일의 위치, 즉 참조번호 54로 표시된 위치에서, 상기 외표면은 더 낮은 높이 레벨을 가진 표면(16)의 일부, 즉 제 1 부분(51)과 접촉하고 있다. 도 5b를 참조하여 설명한 바와 같이, 외표면의 수축은 이 갭 위치에서 집중되며, 이를 희생갭(sacrificial gap)이라 한다.

[0058] 도 8b에서, 상기 외표면은 대형 흑색 화살표 방향으로 수축하고 있다. 도 5a 및 도 5b를 참조하여 설명한 바와 같이, (도 8b에서 백색 화살표로 개략적으로 도시된)모세관 유동이 클램핑층 내부로 유도된다. 상기 모세관 유동은 제 2 부분(52)과 접촉하고 있는 액체 클램핑층의 외표면에 대한 액체의 공급을 가능하게 하고, 제 2 부분(52)과 접촉하고 있는 둘레에서의 증발(소형 흑색 화살표)로 인한 클램핑 액체층의 외표면의 수축을 제한하게 된다.

[0059] 제 1 부분(51)의 높이 레벨과 제 2 부분(52)의 높이 레벨 간의 높이차로 인하여, 유동 저항이 모세관 압력차에 의해 극복될 수 있다. 아울러, 제 2 부분(52)과 접촉하고 있는 클램핑층의 둘레에서 외표면의 수축을 방지하기 위하여, 모세관 유동의 유속은 클램핑층의 외표면에서 클램핑 액체의 증발 속도와 보조를 맞추도록 설정될 수 있다.

[0060] 미리결정된 특수한 위치, 즉 제 1 부분(51)과 접촉하고 있는 외표면의 위치에서, 외표면의 수축을 허용하고, 나머지 외표면, 즉 제 2 부분(52)과 접촉하고 있는 외표면의 위치로부터 클램핑 액체의 증발을 보상함으로써, 액체 클램핑층의 외표면 대부분이 클램핑 프로세스 과정중에 적소에 유지된다. 그 결과, 클램프 수명이 연장될

수 있다.

[0061] 제 1 부분(51)과 제 2 부분(52)의 분포 디자인뿐만 아니라, 하나 또는 그 이상의 희생갭(54)의 위치 및 갯수는 클램프 수명을 어느 정도까지 연장할 수 있을 것인지를 결정할 수 있다. 도 8a 및 도 8b에 도시된 디자인은 낮은 높이 레벨을 가진 기판 지지 구조 표면의 둘레를 따라 단일의 위치를 도시하고 있으며, 즉 희생갭을 형성하기 위한 단일의 옵션을 도시하고 있다. 단일의 희생갭을 통해 클램핑층의 외표면의 수축이 이루어지는 시간을 늘리기 위하여, 제 1 부분(51)은 채널(55)의 형태를 취한 부분을 포함한다. 바람직하게, 그러한 채널의 폭은 기판 지지 요소, 예를 들어, 마디들의 피치보다 더 작다. 예를 들어, 마디의 피치가 약 3㎜이면, 채널의 폭은 약 0.5 내지 3㎜, 예를 들어 1.5㎜가 된다.

[0062] 클램프의 수명을 더 연장하기 위하여, 상기 채널은 만곡부를 더 포함한다. 또 다른 실시예에서, 상기 채널은 나선 형태를 취할 수 있으며, 그 예가 도 9에 개략적으로 도시되어 있다. 그러한 채널의 길이는 매우 길 수 있다. 예를 들어, 기판의 직경이 300㎜이고, 액체 클램핑층 내에서 허용가능한 공동 면적이 전체 면적의 20%인 경우, 채널 폭이 1.5㎜인 채널은 그 길이가 6000㎜에 도달할 수 있다. 이와 같이 긴 채널 길이는 클램핑층 외표면의 미리결정된 특수한 위치에서 증발이 발생하는 시간 주기를 증대시킨다.

[0063] 도 8a 및 도 8b의 실시예에서, 채널은 미리결정된 위치(54)로부터 높이 레벨이 낮은 둘레를 따라 연장한다. 상기 미리결정된 위치(54)는 클램핑층의 외표면이 처음 생성된 상태 그대로 채널과 접촉하도록 배치된다.

[0064] 도 9의 실시예에서의 채널은 기판 지지 구조 표면의 둘레에서 시작하지 않고, 그로부터 방사상으로 약간 내측의 위치에서 시작한다. 이러한 위치는 액체 클램핑층이 안정될 수 있도록 함으로써, 그 외표면도 역시 기판 지지 구조 표면의 둘레로부터 약간 방사상으로 거리를 두고 위치되도록 한다. 그 결과, 엣지 효과뿐만 아니라, 후술하는 응축과 관련된 영향이 저감될 수 있다.

[0065] 도 8a 및 도 8b가 단일의 희생갭을 구비한 표면을 가진 실시예를 도시하고 있지만, 다중의 희생갭이 생성될 수 있도록 하는 기판 지지 구조의 표면 디자인도 가능하다. 더 많은 희생갭의 생성, 예를 들어 클램핑층의 외표면 둘레를 따라 서로로부터 등간격으로 이격된 3개의 희생갭의 생성은 액체가 공급되는 클래핑층의 외표면을 따른 위치들과 수축하는 표면의 위치 사이의 모세관 유동 거리를 감소시킨다. 그 결과, 액체 클램핑층의 외표면이 이 위치들에서 제자리를 유지하도록, 제 2 부분(52)의 상부에 위치된 외표면에 액체를 재공급하기 위한 모세관 유동을 유도하기 위해 필요한 구동력이 저감될 수 있다.

[0066] 2개의 상이한 높이 레벨을 포함하는 표면을 가진 기판 지지 구조를 모델링하는 실험은, 액체 클램핑층의 전체 면적의 25% 미만, 바람직하게는 20% 미만을 덮고 있는 표면 영역에 대한 하나 또는 그 이상의 채널과 관련된 낮은 높이 레벨을 가진 표면 부분의 비율을 한정하는 것이 유리하다는 것을 보여준다. 상기 하나 또는 그 이상의 채널이 더 많은 공간을 덮는다면, 상이한 높이 레벨을 가진 기판 지지 구조 표면의 사용에 의해 개선된 클램핑 성능이 저하될 수 있다.

[0067] 액체 클램핑층을 제조하기 위해 사용된 클램핑 액체에 선재(先在) 버블이 존재한다면, 진공 환경으로의 클램프 유도는 도 10a 및 도 10b에 개략적으로 도시된 바와 같이 클램핑층 내에서 그 버블의 팽창을 초래한다. 클램핑 액체가 물인 경우 액체 클램핑층 외표면 주위의 수증기압의 통상적인 값으로 주위 압력이 감소하면, 예를 들어, 1 bar에서 20 내지 40 mbar로 감소하면, 도 10a에 도시된 바와 같은 초기의 작은 버블(61)의 크기는 도 10b에 도시된 바와 같이 몇 차수(several orders of magnitude) 성장할 수 있다. 쉽게 알 수 있는 바와 같이, 도 10b에서 버블(61)의 크기는 클램핑 강도에 적어도 국소적으로 상당한 영향을 줄 수 있으며, 클램프의 안정성에 부정적인 영향을 줄 수 있다.

[0068] 클램프의 불안정을 초래할 수 있는 다른 메커니즘은, 예를 들어, 클램핑층에서의 용존 가스 침전 또는 액체 공동화(cavitation)로 인한 자발적인 공동 형성이다. 공동화에 의해 형성된 공동은, 클램프가 공동 환경으로 옮겨지면, 선재 버블에 대해 전술한 바와 유사한 방식으로 성장할 수 있다. 그 결과로 초래된 공동은 클램프 안정성에 부정적인 영향을 줄 수 있다.

[0069] 도 2a에 도시된 것과 유사한 기판 지지 구조(13)의 실시예가 공동화 효과가 최소화되는 방식으로 설계될 수 있다. 이론에 얽매이지 않기를 바라며, 공동의 임계 반경이 존재한다는 것을 이해하였다. 공동의 반경이 이 임계 반경보다 더 크게 되면, 공동은 대규모로 성장할 수 있다. 가장 작은 치수, 즉, 이 임계 반경보다 더 작은 두께(h)를 가진 클램핑층을 형성할 수 있도록 기판 지지 구조(13)를 설계함으로써, 공동화가 크게 억제될 수 있다. 실험에 의하면, 약 3 내지 10 마이크론의 최대 두께(h)를 가진 물 클램핑층에서는 공동화가 나타나지 않았다.

[0070] 도 11은 몇몇 실시예에 사용될 수 있는 공동 인클로저의 개념을 개략적으로 도시하고 있다. 이들 실시예에서, 기판은 복수의 구획(compartments)을 형성하는 융기 구조(63)를 더 구비한다. 클램핑층을 제조하는 과정에서 작은 버블(61)이 존재한다면, 예를 들어, 도 10a에 도시된 바와 같은 버블이 존재한다면, 도 10b에 도시된 바와 같이 주위 압력 감소로 인해 큰 공동으로 팽창하는 대신, 버블(61)의 팽창은 융기 구조(63)에 의해 제한될 수 있다. 이 때, 팽창된 버블의 최대 크기는 버블을 둘러싼 구획의 크기에 의해 결정된다. 부가적으로, 버블(61)의 팽창을 제한함과 아울러, 융기 구조(63)에 의해 형성된 구획은 버블(61)을 구속하도록 배열될 수 있다. 버블의 운동을 억제함으로써, 클램프의 안정성을 개선할 수 있다. 융기 구조(63)가 존재함에 따라, 자발적인 공동 생성 및/또는 공동화의 영향은 더 감소될 수 있으며, 이는 클램프의 개선된 신뢰도와 안정성으로 이어진다.

[0071] 도 12는 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 기판 지지 구조의 평면도이다. 본 실시예에서, 도 9에 도시된 실시예와 마찬가지로, 낮은 높이 레벨을 가진 부분(51) 중 적어도 일부는 나선 형상의 채널 형태를 취한다. 도 9에 도시된 실시예와는 대조적으로, 상기 나선 형상은 낮은 높이 레벨을 가진 표면 부분(51)이 기판 지지 구조 표면(16) 위에 균질하게 분포하도록 한다. 또한, 도 11을 참조하여 설명한 바와 같은 방식으로 버블을 제한할 수 있도록 구획(65)을 형성하는 융기부가 표면(16)에 제공된다.

[0072] 액체 클램핑층으로부터 외부로, 예를 들어 진공 챔버로 증발되는 증기의 방출을 더 제한하기 위하여, 복수의 기판 지지 요소가 기판 지지 구조 표면(16)의 둘레로부터 떨어진 최소 거리에 이격되어 배치될 수 있다. 이러한 조치는 임의의 기판 지지 구조의 실시예를 위해 이용될 수 있다. 도 13a는 외부로의 증기 방출 개념을 개략적으로 도시하고 있다. 액체 클램핑층으로부터 증발된 증기는 모우트(73)에 방출된다. 증기압이 소정의 역치를 초과하면, (상방을 향한 화살표로 표시한 바와 같이) 기판은 약간 리프팅됨으로써, 증기는 화살표(71)로 개략적으로 표시한 바와 같이 그 주변을 향하여 "탈출"하게 된다.

[0073] 특히, 진공 환경에서 실시되는 리소그라피 응용예에서, 진공 시스템으로의 증기 방출의 정도를 최소로 유지하는 것이 바람직하다. 도 13b는 도 13a의 표면의 외측 기판 지지 요소가 제거된 경우의 상황을 개략적으로 도시하고 있다. 그 결과, 마지막 기판 지지 요소로부터 연장하는 기판 부분은 증가하게 되며, 이로 인해 기판은 실링 구조(21) 레벨로 끌어당겨진다. 따라서, 도 13a의 화살표(71)보다 실질적으로 더 작은 화살표(75)로 개략적으로 표시한 바와 같이 외부로 향한 증기의 방출이 감소된다.

[0074] 도 14a는 액체 클램핑층을 이용한 기판 지지 구조에서 응축에 의해 유발된 효과를 개략적으로 도시하고 있다. 응축은 증기가 그 이슬점으로 냉각되면 발생한다. 이슬점은 온도, 체적 및 압력과 같은 변수에 따라 좌우된다. 외측 클램핑 표면(18)을 둘러싼 모우트를 따라 영역(19)에 존재하는 증기는, 기판(12)의 온도가 증기 온도보다 충분히 더 차가우면, 기판(12)에 응축될 수 있다. 이에 따라 형성된 응축 방울(81)은 쇄선 화살표로 개략적으로 표시한 바와 같이 기판 표면을 따라 이동할 수 있다. 응축 방울(81)이 클램핑층(11)의 외표면(18)을 향하여 이동하면, 상기 방울은 클램핑층(11)에 의해 흡수될 수 있으며, 이는 클램핑층 내에서 액체 함량의 증가를 초래하게 된다. 증발과 관련하여 설명한 바와 같이, 추가된 액체는 클램핑층 전체에 걸쳐 동등하게 확산된다.

[0075] 그러나, 상기 클램핑층이 양측면에서 동일한 오목한 외표면을 갖고, 흡수되는 방울이 충분히 크다면, 상기 동등한 액체의 확산은 기판이 일시적으로 국소 변형되도록 할 수 있으며, 즉 기판 아래에서 파동이 이동할 수 있고, 기판이 그에 따라 반응할 수 있도록 한다.

[0076] 응축 방울의 흡수로 인한 일시적 국소 변형을 억제하기 위해, 상기 기판 지지 구조(13)의 표면(16)은 도 14b에 개략적으로 도시된 방식으로 수정될 수 있다. 상기 기판 지지 구조(13)는 약간 낮은 높이를 가진 단차부(83)를 표면 둘레에 포함할 수 있다. 나머지 표면들은 도 14b에 도시된 바와 같이 단일의 높이 레벨을 가질 수 있지만, 도 8a, 도 8b, 및 도 12를 참조하여 설명하고 도시한 바와 같은 윤곽으로 상이한 높이 레벨을 가진 부분을 포함할 수도 있다.

[0077] 낮은 단차부(83)가 존재함으로 인해, 방울이 흡수될 때, 상기 클램핑층의 외표면은 층이 더 두꺼운 영역으로 확장하게 된다. 그 결과, 방울의 흡수에 의해 유발된 액체의 유동은 줄어들게 된다. 상기 낮은 단차부를 덮고 있는 클램핑층의 메니스커스 곡률이 액체 클램핑층의 외표면을 따라 다른 위치에서의 메니스커스 곡률에 비해 감소되었기 때문에, 도 14a에 도시된 위치를 향하여 외표면이 수축될 수 있도록 하는 모세관 유동이 유도된다. 이러한 댐핑(damping)으로 인하여, 도 14a를 참조하여 설명한 기판(12)의 일시적 국소 변형은 제한된다.

[0078] 실험에 의하면, 주요 클램핑층과 상기 단차형 둘레부(83)의 높이 레벨 간의 적당한 높이차가 기판 지지 구조(17)의 공칭 높이에 대응하는 것을 보여준다. 즉, 상기 기판 지지 구조(17)의 높이와 상기 둘레부(83)의 깊이

가 바람직하게 동일하다. 상기 둘레부(83)는 임의의 기판 지지 구조의 실시예에 있어서 클램핑 액체를 버퍼링하기 위해 사용될 수 있다.

[0079] 도 15a는 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 기판 지지 구조의 평면도이다. 본 실시예에는 이전 실시예를 참조하여 이미 설명한 많은 특징들이 통합되어 있다. 도 15b는 도 15a의 기판 지지 구조의 일부를 도시한 단면도로서, 특히 XV-XV'선을 따라 화살표 방향으로 본 부분을 도시한 단면도이다.

[0080] 도 15a의 실시예에서, 표면(16)은 높은 부분(52)들 사이에 형성된 채널(55)을 구비한다. 상기 채널은 구불구불한 형태를 취한다. 클램핑층에서의 유동 저항은 유동 거리와 함께 증가하는 반면, 이 유동 저항을 극복하는 모세관 압력은 유동 거리와 관계없이 동일하게 유지된다. 도 15a에 도시된 것과 유사한 구불구불한 채널 형태는 액체를 외표면에 보충하기 위해 모세관 유동이 이동하여야 하는 거리를 줄인다. 따라서, 이 디자인은 유동 저항의 부정적인 영향에 대해 덜 민감하다.

[0081] 도 15b는 적어도 5개의 높이 레벨(h_1 내지 h_5)을 포함하는 디자인을 도시하고 있다. 클램핑 작용에 실제 영향을 미치지 않는 제 1 높이 레벨은 모우트(73)의 바닥의 높이(h_1)이다. 기판 지지 구조의 가장 낮은 높이는 예를 들어 응축의 경우에서 클램핑 액체를 버퍼링하기 위해 사용된 둘레부(83)의 높이 레벨(h_2)이다. 본 실시예에서의 높이 레벨(h_3)은 나머지 표면의 낮은 높이 레벨(51)이다. 본 실시예에서, 높이 레벨(h_4)은 원주상의 림(41)의 높이 레벨일 뿐만 아니라, 채널(55)과 접한 높은 부분(52)의 높이 레벨이며, 및 전술한 바와 같이 공동 등을 국한시키는 구획(65)을 생성하는 융기 구조(53)의 높이 레벨이다. 마지막으로, 이 특수한 실시예에서의 높이 레벨(h_5)은 실링 구조(21) 및 기판 지지 요소(17)의 높이 레벨에 해당한다. 도 15c는 도 15b를 참조하여 설명한 요소를 도시한 약간 상이한 구성의 도 15a의 디자인 중 일부의 사시도이다.

[0082] 도 16 및 도 17은 상술한 기판 지지 구조의 실시예와 함께 사용될 수 있는 여러가지 기판 핸들링 및 노출 배열 구조를 개략적으로 도시하고 있다. 도 16 및 도 17은 웨이퍼의 리소그래피 프로세싱과 관련한 예를 참조하여 설명될 것이다. 본 응용예에 사용된 기판을 웨이퍼라 칭한다. 본 응용예에 사용된 기판 지지 구조를 웨이퍼 지지 구조라 칭한다. 상기 배열들은 그러한 응용예에 한정되지 않음을 이해하여야 한다.

[0083] 이하, 도 16을 참조하면, 기판 핸들링 및 노출 배열구조에서, 웨이퍼 지지 구조 상에 웨이퍼를 클램핑하는 방법을 자동화하기 위해 클램프 제조 유닛(112)이 사용된다. 상기 클램프 제조 유닛(112)은, 본 실시예에서 소위 웨이퍼 트랙(111)이라 불리우는 기판 분배 시설로부터 클램핑될 웨이퍼를 받아들인다. 클램프 제조 유닛(112)에서, 예를 들어, 미국 가특허 출원번호 제61/154,411호에 개시된 방법을 이용하여 클램프가 제조되며, 상기 가특허출원은 인용에 의하여 그 전체가 본 명세서에 통합되었다. 클램프 제조 후, 클램프는 본 실시예에서는 리소그래피 장치(113)인 기판 프로세싱 유닛으로 전달된다. 상기 리소그래피 장치(113)는 당업자가 이해하는 바와 같이 패턴화된 방사선 빔을 제공하는 방사선 시스템, 기판을 지지하는 기판 지지 구조 및 상기 패턴화된 방사선 빔을 기판의 타겟부에 투사하는 광학 시스템을 포함할 수 있다.

[0084] 도 16에서, 클램핑 공정이 참조번호 115로 개략적으로 표시되어 있다. 클램프 제조 유닛(112)은 제어된 압력 환경을 제공하는 진공 시스템을 포함한다. 클램핑 공정은, 예를 들어, 로봇 암에 의해, 웨이퍼를 클램프 제조 유닛(112)의 진공 시스템으로 도입하는 것으로 시작될 수 있다.

[0085] 상기 웨이퍼는 긴밀한 진공 도어 또는 로드록 챔버를 통해 도입될 수 있다. 웨이퍼 지지 구조가 클램프 제조 유닛(112) 내에 이미 존재할 수 있다. 대안적으로, 웨이퍼 지지 구조가 상기 웨이퍼와 유사한 방식으로 도입될 수 있다.

[0086] 그 다음, 웨이퍼 지지 구조의 표면에 액체가 공급될 수 있다. 상기 액체는 액체 유동을 제공하는 액체 공급 유닛에 의해 공급될 수 있다. 충분한 "두께"의 액체층이 제공되면, 액체 유동은 중단된다. 클램핑 공정에서 초기 작업 및 후속 작업을 방해하지 않고 액체의 공급이 효율적으로 이루어지도록, 상기 액체 공급 유닛이 클램프 제조 유닛(112) 내에서 이동가능한 것이 바람직하다. 바람직하게, 웨이퍼 지지 구조의 표면에 액체를 공급하는 과정 중에 클램프 제조 유닛(112) 내의 압력은 주변 압력보다 낮으며, 예를 들어 액체층 내의 액체의 증기압과 실질적으로 동일하다.

[0087] 그 다음, 상기 웨이퍼와 웨이퍼 지지 구조는 액체층 위에 웨이퍼를 배치할 수 있도록 하기 위해 서로에 대해 이동하게 된다. 이 목적을 위하여, 웨이퍼는 웨이퍼 이송 유닛에 의해 액체층 상으로 하강할 수 있다. 웨이퍼와 액체층 간의 첫번째 접촉은 경사각 알파(α)로, 바람직하게는 10도 미만으로 이루어질 수 있다. 액체층 상에 웨이퍼의 배치는 주위 압력, 즉 약 1bar에서 이루어질 수 있다. 그러나, 더 낮은 압력, 예를 들어 액체층 내의

액체의 증기압과 실질적으로 동일한 압력에서의 배치가 바람직하다.

[0088] 이제, 상기 웨이퍼 지지 구조는 웨이퍼 지지 구조로부터 액체를 제거하기 위해 웨이퍼 지지 구조에 연결가능한 하나 또는 그 이상의 액체 연결 유닛에 연결될 수 있다. 대안적으로, 이들 하나 또는 그 이상의 액체 연결 유닛의 연결은 초기에 이루어진다. 연결 후, 상기 하나 또는 그 이상의 액체 연결 유닛을 통해 과다한 액체가 제거될 수 있다. 액체의 제거는 주변 압력, 즉 약 1 bar에서 이루어질 수 있다.

[0089] 또한, 상기 웨이퍼 지지 구조는 가스 공급원과 웨이퍼 지지 구조를 연결하기 위한 하나 또는 그 이상의 가스 연결 유닛을 포함할 수 있다. 상기 가스 연결 유닛은 진공에 대한 "연결"에 의해 저압을 실현할 수 있다. 부가적으로 및/또는 대안적으로, 상기 가스 연결 유닛은 웨이퍼와 웨이퍼 지지 구조 사이에 클램핑층을 형성할 수 있도록 하기 위한 가스 유동을 제공할 수 있다. 가스 유동의 제공은 주변 압력, 즉 약 1 bar에서 이루어질 수 있다. 웨이퍼가 웨이퍼 지지 구조에 대해 적소에 유지되도록 보장하기 위하여, 상기 가스 유동에 의해 제공되는 압력은 주변 압력보다 낮아야 함을 유의하여야 한다.

[0090] 상기 클램프 제조 유닛은 리소그래피 장치로 이송되기 전에 기판 지지 구조의 컨디셔닝을 실시할 수 있다. 이는, 예를 들어, 기판 지지 구조 표면과 열접촉하는 열 흡수 재료에서의 상전이를 개시하기 위해, 기판 지지 구조로부터 저장된 에너지를 제거하거나, 기판 지지 구조를 냉각하는 것을 포함할 수 있다.

[0091] 클램핑된 기판의 이송은 긴밀한 진공 도어 또는 로드록 챔버를 통해 로봇 암에 의해 이루어질 수 있다.

[0092] 리소그래피 장치(113)에서의 프로세싱 후, 클램핑된 기판은 클램핑 해제를 위해, 즉 웨이퍼 지지 구조로부터 웨이퍼를 제거하기 위해 클램프 제조 유닛(112)으로 다시 이송될 수 있다. 도 16에서, 클램핑 해제 프로세스가 참조번호 116으로 개략적으로 표시되어 있다. 클램핑 해제는 클램프를 클램프 제조 유닛(112)으로 유도하고, 하나 또는 그 이상의 액체 커넥터를 웨이퍼 지지 구조에 연결함으로써 이루어질 수 있다. 상기 하나 또는 그 이상의 액체 커넥터를 통해, 추가의 액체가 클램핑층에 제공될 수 있음으로써, 웨이퍼가 액체층 상부에서 부유하기 시작한다. 추가적인 액체의 도입은, 웨이퍼가 변형 또는 파괴되지 않도록 액체 압력이 실질적으로 균질하게 분배되도록 이루어질 수 있다.

[0093] 그 단계에서, 웨이퍼는, 예를 들어, 지지 핀에 의해, 웨이퍼 기판 지지 표면 상의 액체층으로부터 리프팅될 수 있다. 마지막으로, 웨이퍼는, 예를 들어 웨이퍼 지지부를 구비한 로봇 암을 이용하여 클램프 제조 유닛(112)으로부터 인출되며, 웨이퍼 트랙(111)을 향하여 이송된다.

[0094] 도 16에서, 상기 클램프 제조 유닛(112)과 상기 리소그래피 장치(113)는 별도의 유닛으로 도시되었다. 그러나, 예를 들어, 리소그래피 장치(113)의 로드록에 클램프 제조 유닛(112)의 필요한 기능을 포함시킴으로써, 리소그래피 장치(113)에 클램프 제조 유닛(112)을 통합할 수도 있음을 이해하여야 한다. 그러한 경우, 웨이퍼는 리소그래피 장치에 유입 및 유출될 때 각각 클램프되고 클램핑 해제될 것이다.

[0095] 도 17은 로드록(114)을 포함한 또 다른 기판 핸들링 및 노출 배열구조를 도시하고 있다. 상기 로드록은 클램프 제조 유닛(112)으로부터 기판 지지 구조에 클램핑된 기판을 수용한다. 상기 로드록은 클램핑된 기판을 리소그래피 장치(113)로 이송하기에 적합한 진공으로 펌핑 다운하기 위한 진공 펌프와, 리소그래피 장치에서 클램핑된 기판을 프로세싱한 후 진공을 감소시키기 위해 환기하는 환기구를 가진 진공 챔버를 포함한다.

[0096] 도 18은 웨이퍼 트랙(111)으로부터 클램핑 해제된 기판(12)을 이송하기 위한 포트를 가진 도 17의 기판 핸들링 및 노출 배열구조를 도시하고 있으며, 카세트 또는 공급 배열구조 내에 다수의 기판이 도시되어 있다. 클램핑 해제된 기판을 수용하기 위한 크기의 로딩 포트(121)를 통해 클램프 제조 유닛(112)으로 기판이 로딩된다. 상기 기판은 기판 지지 표면(13)에 클램핑되며, 클램핑된 기판은 언로딩 포트(122)를 통해 로드록 챔버(114)로 이송된다. 상기 클램프 제조 유닛에서 기판 지지 표면의 컨디셔닝이 실시될 수도 있다. 상기 로드록 챔버는 리소그래피 장치(113)로 포트(123)를 통해 클램핑된 기판을 이송하기에 적합한 진공으로 펌핑 다운된다.

[0097] 도 19는 기판 지지 구조의 실시예와 함께 사용될 수 있는 다른 기판 핸들링 및 노출 배열구조를 개략적으로 도시하고 있다. 도 19의 배열구조에서, 단일의 리소그래피 장치(113) 대신, 더 많은 리소그래피 장치(113a,113b,113c)들이 사용된다. 웨이퍼 트랙(111)과 클램프 제조 유닛(112)의 기능은 도 16을 참조하여 설명한 바와 동일하다.

[0098] 도 19에서, 프로세싱을 위해 리소그래피 장치로 이송될 준비가 된 클램프는 추가적인 웨이퍼 트랙(117)을 통해 3개의 서로 다른 리소그래피 장치(113a,113b,113c)를 향해 이송될 수 있다. 클램프 제조 유닛(112) 내에서 실시되는 클램핑 방법의 통상적인 지속 시간이 리소그래피 장치(113a,113b,113c) 중 임의의 하나에서 실시되는 리

소그래피 프로세스의 통상적인 지속 시간보다 빠르다면, 도 19의 구성이 더 효율적일 수 있다.

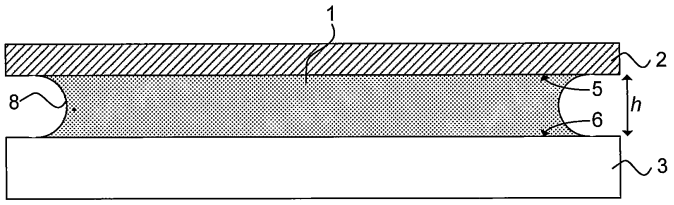
[0099] 이상의 설명으로부터 명확하게 이해할 수 있는 바와 같이, 기판을 유지하기 위해 클램핑층을 구비한 기판 지지 구조의 높이차를 이용하여 모세관 유동을 유도하는 것은 다른 목적을 위해, 예를 들어 증발 제어 및 응축 제어를 위해 실시될 수 있다. 본 발명은 이 목적들에 한정되지 않으며, 액체 클램핑층의 안정성과 신뢰도와 관련한 다른 문제에 대한 해결책을 제공하기 위해 적용될 수도 있음을 이해하여야 한다.

[0100] 명세서 전반에 걸쳐, "클램핑층"이라는 표현을 인용하였다. "클램핑층"이라는 표현은 그 주변의 압력보다 낮은 압력을 가진 오목한 메니스커스 형상을 가진 얇은 액체층을 의미하는 것으로 이해하여야 한다.

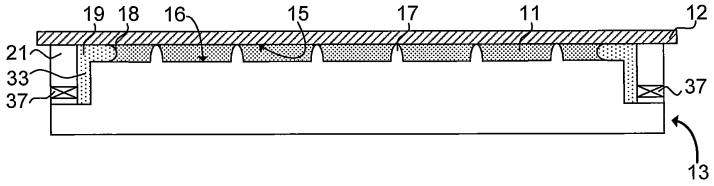
[0101] 본 발명은 전술한 특정 실시예를 참조하여 설명되었다. 이 실시예들은 본 발명의 사상과 범주를 벗어나지 않고 당업자에게 공지된 다양한 변형 및 대안적 형태를 허용할 수 있음을 이해할 수 있을 것이다. 따라서, 특수한 실시예가 개시되었으나, 이들은 오직 예에 불과하며, 첨부의 특허청구범위에 규정된 본 발명의 범주를 제한하지 않는다.

도면

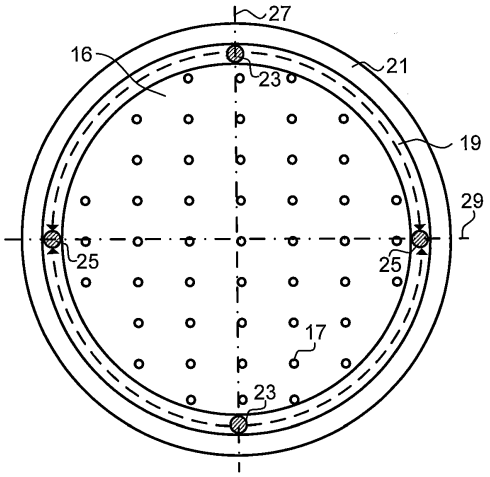
도면1



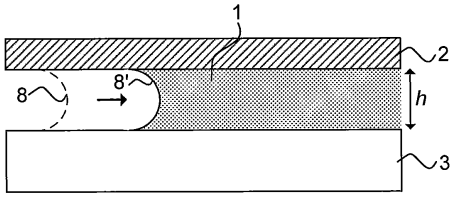
도면2a



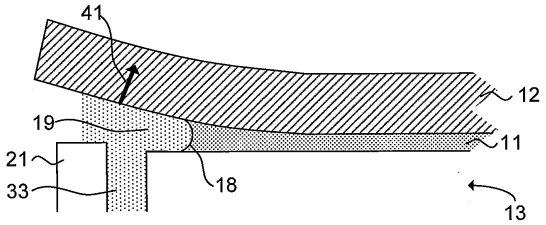
도면2b



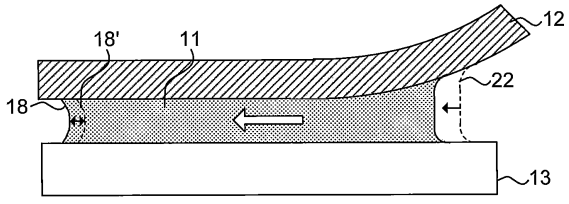
도면3



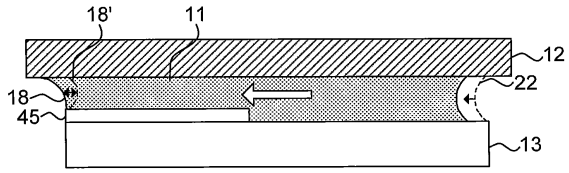
도면4



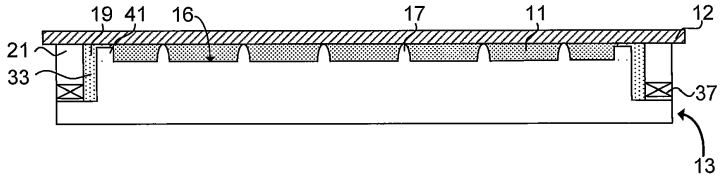
도면5a



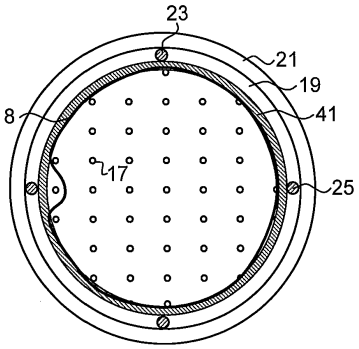
도면5b



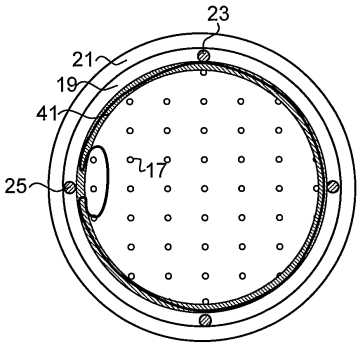
도면6



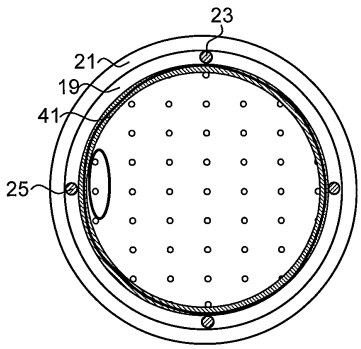
도면7a



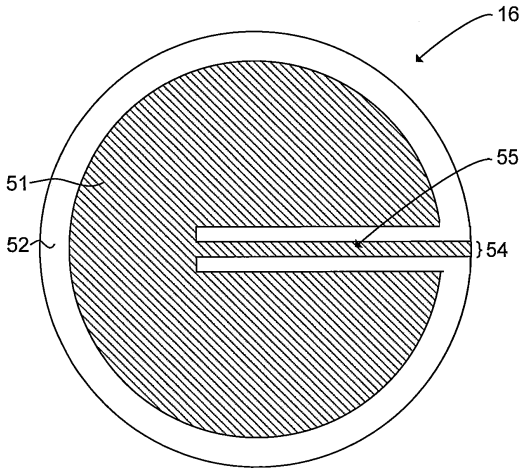
도면7b



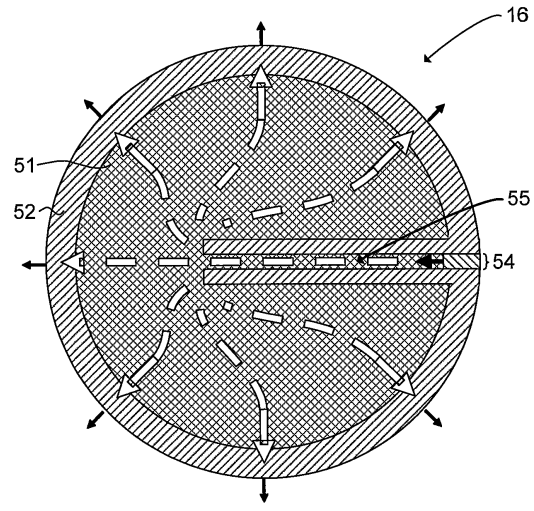
도면7c



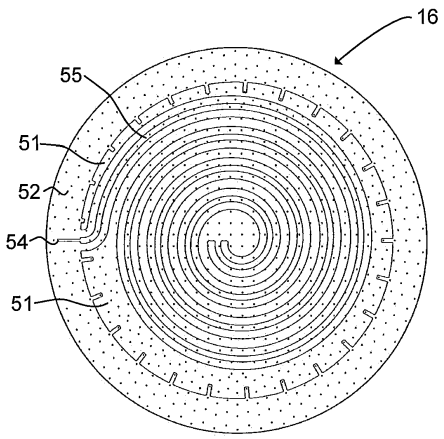
도면8a



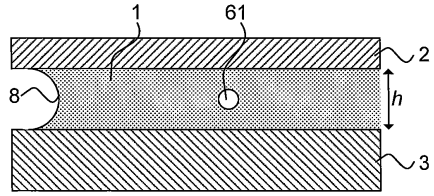
도면8b



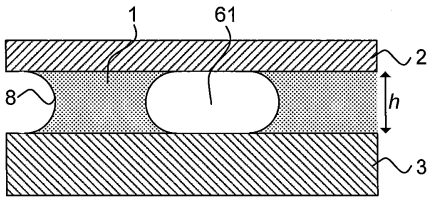
도면9



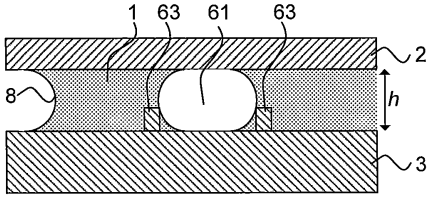
도면10a



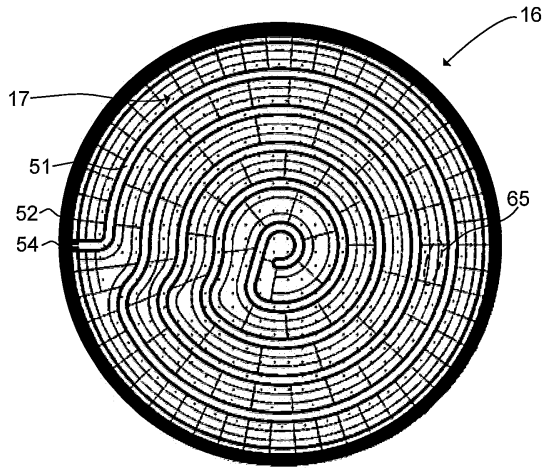
도면10b



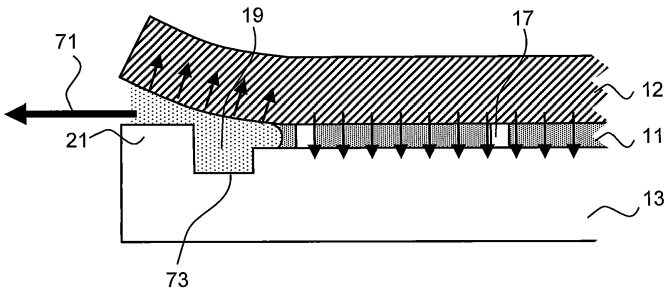
도면11



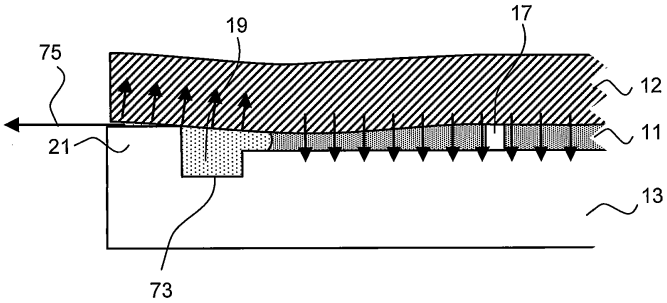
도면12



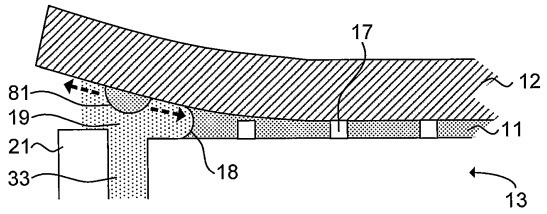
도면13a



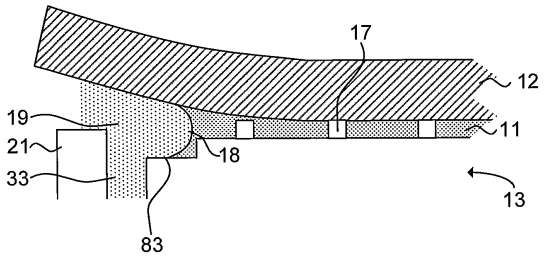
도면13b



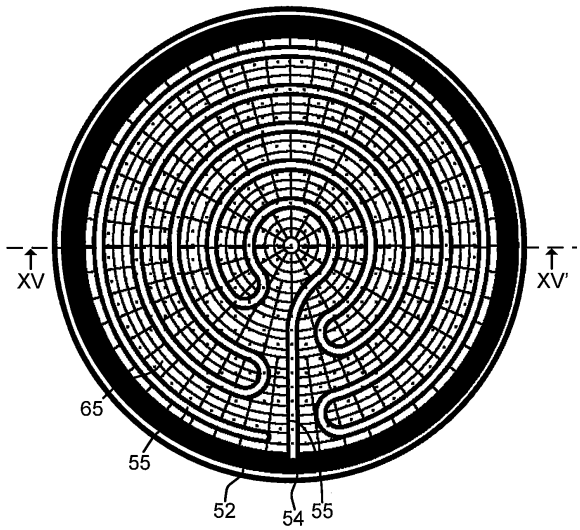
도면14a



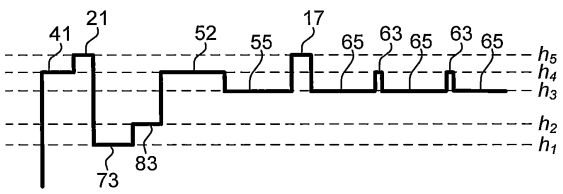
도면14b



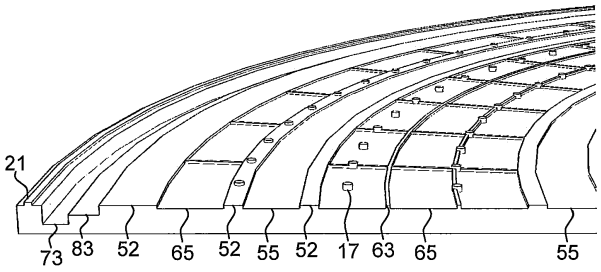
도면15a



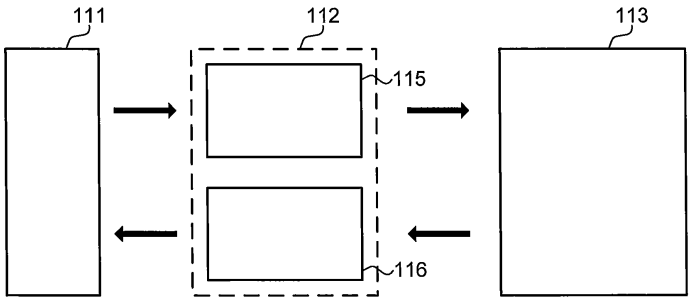
도면15b



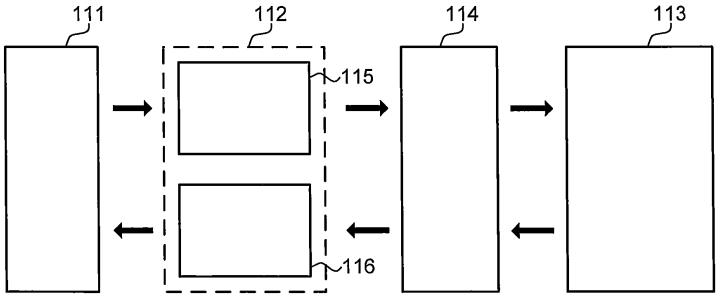
도면15c



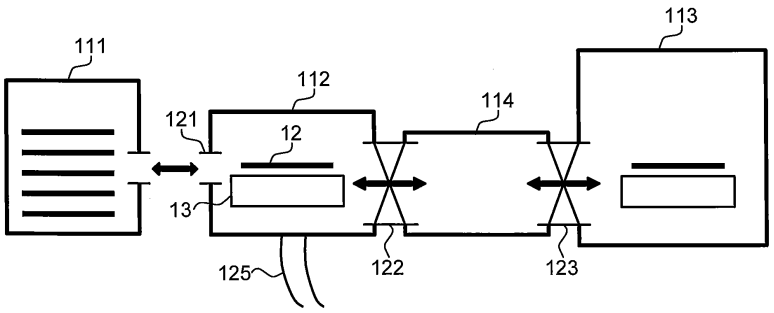
도면16



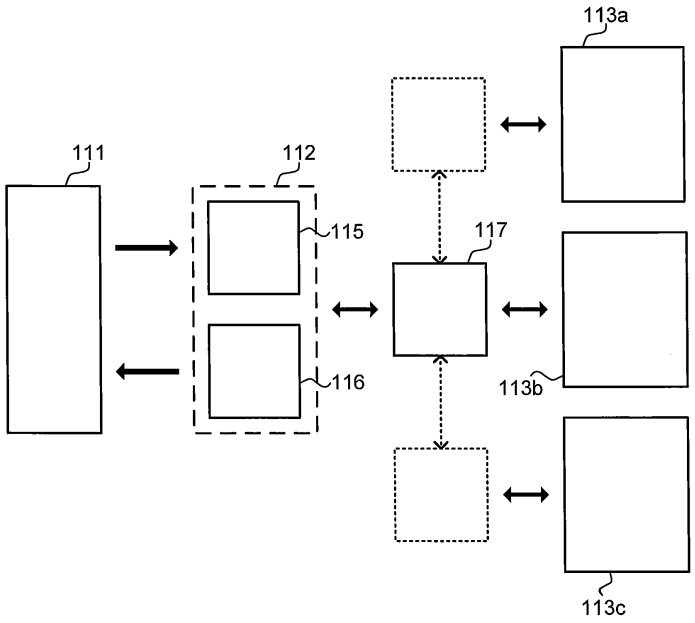
도면17



도면18


111
112
121
12
13
114
113
125
122
123

도면19


111
112
115
116
117
113a
113b
113c