(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2015-0005554
(43) 공개일자 2015년01월14일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 21/66 (2006.01) *H01L 21/683* (2006.01)
(21) 출원번호 10-2014-7029476
(22) 출원일자(국제) 2013년04월03일
심사청구일자 없음
(85) 번역문제출일자 2014년10월21일
(86) 국제출원번호 PCT/US2013/035168
(87) 국제공개번호 WO 2013/162842
국제공개일자 2013년10월31일
(30) 우선권주장
61/637,984 2012년04월25일 미국(US)

(71) 출원인
어플라이드 머티어리얼스, 인코포레이티드
미국 95054 캘리포니아 산타 클라라 바우어스 애브뉴 3050
(72) 발명자
코엘렐, 블레이크
미국 94040 캘리포니아주 마운틴 뷰 케스타 드라이브 1062
(74) 대리인
양영준, 백만기

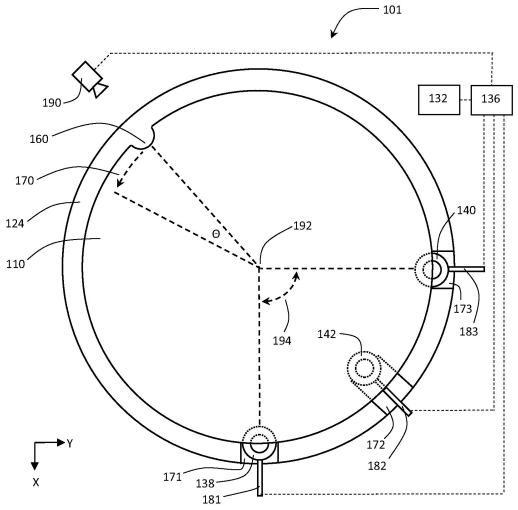
전체 청구항 수 : 총 15 항

(54) 발명의 명칭 **웨이퍼 에지 측정 및 제어**

(57) 요 약

얇은 가스 층 상에 웨이퍼를 부양시키는 것 등에 의해, 솔리드 접촉 없이 기판을 위치시키고/거나 회전시키기 위한 장치 및 방법이 제공된다. 처리 챔버의 컴포넌트들과의 솔리드 접촉이 없기 때문에, 웨이퍼 위치 및 회전 속도를 결정하기 위해 웨이퍼 상의 피쳐들이 이용된다. 폐쇄 루프 제어 시스템은 수평 평면 내에서 웨이퍼의 에지의 위치를 모니터링하기 위해 용량성 센서들을 구비한다. 제어 시스템들은 또한 웨이퍼의 에지 내의 노치와 같은 웨이퍼 피쳐가 회전할 때 그것의 위치를 모니터링할 수 있다. 노치의 존재는 웨이퍼의 에지를 향하는 센서들을 혼란시킬 수 있으므로, 이러한 혼란을 감소시키거나 제거하기 위한 방법 및 장치도 제공된다.

대 표 도 - 도1



특허청구의 범위

청구항 1

처리 챔버 내에서 기판을 위치시키고 회전시키기 위한 방법으로서,

처리 챔버의 내부 용적 내에 배치된 기판 포지셔닝 어셈블리에 의해 기판을 지지하는 단계 - 상기 기판은 외측 직경 에지 상에 불균일부(non-uniformity)를 갖고, 상기 처리 챔버는 상기 기판의 제1 및 제2 에지 부분을 각각 향하는 제1 및 제2 센서와, 상기 기판의 회전을 모니터링하기 위한 회전 센서를 가짐 - ;

상기 기판을 회전시키는 단계;

상기 제1 및 제2 센서로 상기 기판의 위치를 측정하는 단계;

상기 회전 센서로, 상기 기판의 외측 직경 에지 상의 상기 불균일부의 위치를 나타내는 값을 결정하는 단계; 및

상기 불균일부가 상기 제1 또는 제2 센서의 시야(a field of view)를 통과하지 않도록, 상기 기판의 회전을 제어하는 단계

를 포함하는 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

제어 시스템에 연결된 제1 집합의 액추에이터들로, 상기 기판의 위치를 X 및 Y 방향에서 제어하는 단계; 및

상기 제어 시스템에 연결된 제2 집합의 액추에이터들로 상기 기판의 회전을 제어하는 단계 - 상기 제2 집합의 액추에이터들은 상기 기판에 토크(torque)를 인가하고, 상기 제어 시스템은 상기 불균일부의 위치를 측정함 -

를 더 포함하는 방법.

청구항 3

제2항에 있어서, 상기 불균일부는 상기 기판의 외측 직경 에지 상의 노치를 포함하고, 상기 제1 센서는 X 방향에서 상기 기판의 위치를 측정하고, 상기 제2 센서는 Y 방향에서 상기 기판의 위치를 측정하고, 상기 회전 센서는 상기 노치의 위치를 Z 축에 대한 각도에 기초하는 상대값으로서 측정하는, 방법.

청구항 4

제3항에 있어서, 상기 회전 센서는 카메라를 포함하는, 방법.

청구항 5

제3항에 있어서, 상기 제1 및 제2 센서는 동일한 X-Y 평면 상에 위치된 용량성 센서들을 포함하고, 상기 방법은 제3 용량성 센서를 이용하여 상기 제1 및 제2 센서의 X-Y 평면으로부터 상기 기판의 Z 방향으로의 거리를 측정하는 단계를 더 포함하고, 상기 제3 용량성 센서는 상기 동일한 X-Y 평면 상에서 상기 제1 센서와 제2 센서 사이에 위치하고, 상기 제3 용량성 센서는 상기 기판의 에지가 상기 제3 센서의 시야 내에 있지 않도록 방사상 내측에 위치하는, 방법.

청구항 6

기판을 처리하기 위한 장치로서,

내부 용적을 정의하는 챔버 바디(chamber body);

상기 내부 용적 내에 배치된 기판 포지셔닝 어셈블리 - 상기 기판 포지셔닝 어셈블리는 적어도 수평 평면 내에서 기판을 위치시키고 회전시킬 수 있음 - ;

상기 내부 용적 내에 배치된 제1 용량성 센서 - 상기 제1 용량성 센서는 제1 에지 위치에서 상기 기판의 에지의 위치를 검출하도록 위치됨 - ;

상기 내부 용적 내에 배치된 제2 용량성 센서 - 상기 제2 용량성 센서는 제2 에지 위치에서 상기 기판의 에지의 위치를 검출하도록 위치됨 - ;

상기 내부 용적 내에서 상기 제1 용량성 센서와 제2 용량성 센서 사이의 위치에 배치된 제3 용량성 센서 - 상기 제3 용량성 센서는 상기 기판의 수직 위치를 검출하도록 위치됨 - ; 및

상기 제1, 제2 및 제3 용량성 센서에 연결된 제어기 - 상기 제어기는 상기 기판의 외측 직경 에지 상의 불균일 부분이 상기 제1 용량성 센서의 시야를 통과할 때의 제1 기간을 결정하고, 상기 불균일 부분이 상기 제2 용량성 센서의 시야를 통과할 때의 제2 기간을 결정하도록 프로그래밍됨 -

를 포함하는 장치.

청구항 7

제6항에 있어서, 상기 제1 센서는 X 방향에서 상기 기판의 위치를 측정하고, 상기 제2 센서는 Y 방향에서 상기 기판의 위치를 측정하도록, 상기 제1 및 제2 센서가 90도의 각도로 위치하는, 장치.

청구항 8

제6항에 있어서, 상기 제어기는 상기 기판의 상기 외측 직경 에지 상의 상기 불균일 부분이 상기 제1 및 제2 센서의 각각의 시야를 통과하는 때를 측정한 것에 기초하여 상기 기판의 RPM(revolutions per minute)을 결정하도록 프로그래밍되는, 장치.

청구항 9

제6항에 있어서, 상기 제어기에 연결되고, 상기 기판의 상기 외측 직경 에지 상의 상기 불균일 부분의 위치를 모니터링하도록 구성된 회전 센서를 더 포함하는 장치.

청구항 10

제9항에 있어서, 상기 회전 센서는 카메라를 포함하는, 장치.

청구항 11

제9항에 있어서, 상기 제어기에 연결되고, X 및 Y 방향에서 상기 기판의 위치를 제어하도록 배치된 제1 집합의 액추에이터들을 더 포함하는 장치.

청구항 12

제11항에 있어서, 상기 제어기에 연결되고, 상기 기판의 회전을 제어하기 위해 토크를 인가하도록 배치된 제2 집합의 액추에이터들을 더 포함하는 장치.

청구항 13

처리 챔버 내에서 기판을 위치시키고 회전시키기 위한 방법으로서,

처리 챔버의 내부 용적 내에 배치된 기판 포지셔닝 어셈블리(substrate positioning assembly)에 의해 기판을 지지하는 단계 - 상기 기판은 외측 직경 에지 상에서 불균일 부분을 갖고, 상기 처리 챔버는,

상기 기판의 제1 에지 부분을 향하는 제1 센서,

상기 기판의 제2 에지 부분을 향하는 제2 센서, 및

상기 제1 센서 및 상기 제2 센서에 전기적으로 연결된 제어 시스템

을 포함함 - ;

상기 제1 및 제2 센서로 상기 기판의 위치를 나타내는 하나 이상의 값을 측정하는 단계;

상기 제어 시스템에 연결된 제1 집합의 액추에이터들을 이용하여 상기 기판을 위치시키는 단계;

상기 제어 시스템에 연결된 제2 집합의 액추에이터들을 이용하여 상기 기판을 회전시키는 단계 - 상기 제2 집합의 액추에이터들은 상기 기판에 토크를 인가함 - ;

상기 불균일 부분이 상기 제1 또는 제2 센서의 시야를 통과하는 때를 결정함으로써 상기 기판의 상기 외측 직경 에지 상의 상기 불균일 부분의 위치를 나타내는 값을 측정하는 단계; 및

상기 기판을 위치시키는 단계에 대한 혼란(disruptions)을 감소시키기 위해, 상기 불균일 부분이 상기 제1 또는 제2 센서의 시야를 통과하는 때의 하나 이상의 추정된 기간을 계산하는 단계

를 포함하는 방법.

청구항 14

제13항에 있어서, 상기 불균일 부분은 상기 기판의 상기 외측 직경 에지 상의 노치를 포함하고, 상기 제1 센서는 X 방향에서 상기 기판의 위치를 측정하고, 상기 제2 센서는 Y 방향에서 상기 기판의 위치를 측정하는, 방법.

청구항 15

제14항에 있어서, 상기 제어 시스템은 상기 노치의 추정된 위치를 Z 축에 대한 각도에 기초하는 상대 값으로서 계산하는, 방법.

명 세 서

기 술 분 야

[0001] 본 발명의 양태들은 일반적으로 처리 챔버 내에서의 반도체 장치 제조 동안 기판을 위치시키고/거나 회전시키기 위한 방법 및 장치에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 집적 회로는 단일 칩 상에 수백만 개의 트랜지스터, 커패시터 및 저항기를 포함할 수 있는 복잡한 장치이다. 칩 설계는 더 빠른 회로망 및 더 큰 회로 밀도를 계속적으로 요구하며, 그에 따라, 점점 더 정밀한 제조 프로세스를 필요로 한다.

[0003] 이온 주입과 같은 일부 제조 프로세스들에서, 기판 상의 필름 층들은 높은 레벨의 내부 스트레스를 전개한다(develop). 스트레스를 완화하고 필름 속성들 및 균일성을 제어하기 위해, 필름은 어닐링과 같은 열 처리를 거친다. 급속 열 처리(RTP: rapid thermal processing) 챔버들은 10초 미만의 시간에서 기판을 1000℃ 넘어까지 가열하는 것과 같이, 기판으로 하여금 고도로 제어된 열 사이클을 겪게 한다. RTP는 필름 층들 내의 스트레스를 완화하고, 또한 필름의 밀도 또는 전기적 특성을 변화시키는 것과 같이, 필름 속성들을 변경하기 위해 이용될 수 있다.

[0004] 그러나, RTP 프로세스들은 특히 기판이 기판 지지체 또는 지지 링과 같은 다른 컴포넌트들과 접촉하는 경우에, 기판의 표면에 걸쳐 불균일한 가열을 야기할 수 있다. 예를 들어, 다수의 웨이퍼(기판) 핸들링 시스템에서, 웨이퍼 핸들러는 웨이퍼와 접촉하게 되는 어셈블리를 포함할 수 있다. 이것은 핸들링되는 웨이퍼가 회전될 필요가 있는 경우들에 이로운데, 왜냐하면 위치 및 회전 속도가 웨이퍼 핸들러 또는 로터 내에 설계된 피쳐들을 이용하여 제어될 수 있기 때문이다. 그러나, 웨이퍼 접촉으로 인한 웨이퍼의 불균일한 가열로 인해 문제가 발생한다.

[0005] 따라서, 어닐링 프로세스 동안 웨이퍼와의 직접적인 접촉 없이 웨이퍼를 지지, 위치 및 회전시키기 위한 시스템들이 개발되어 왔다. Applied Materials, Inc.에 양도된 미국 특허 제8,057,602호 및 제8,057,601호는 얇은 공기 층 상에 웨이퍼를 부양(floating), 위치 및 회전시키기 위한 장치 및 방법을 기술하며, 그들은 참조에 의해 여기에 포함된다. 웨이퍼가 더 이상은 다른 시스템 컴포넌트들과 직접적인 솔리드 접촉(direct solid contact)을 하지 않으므로, 웨이퍼의 위치 및 회전 둘 다를 모니터링하고 제어하기 위해 정밀한 센서 및 제어 시스템이 필요하다.

[0006] 비접촉식 웨이퍼 포지셔닝(no-contact wafer positioning)에 대하여, 웨이퍼의 외측 에지의 위치를 모니터링하기 위해, 광학 센서들이 이용되어 왔다. 그러나, 광학 센서들은 가혹한 챔버 조건들에 노출될 때, 고온 노출(일부 경우에는 1000℃ 초과)로 인해, 또는 프로세스 가스들이 광학 컴포넌트들 상에 퇴적물(deposit)을 남기는 것으로 인해, 신뢰도 문제로 어려움을 겪는다. 추가로, 웨이퍼 회전을 추적하고 제어하기 위한 신뢰가능한 해법이 필요하다. 과거에, 처리 챔버 내에서 웨이퍼를 배향(orient)하기 위해, 웨이퍼의 외측 에지 상의 노치가 이용되었다. 그러나, 노치를 갖는 웨이퍼(notched wafer)가 비접촉식 웨이퍼 포지셔닝 시스템에서 이용되는 경

우, 노치가 광학 센서의 시야를 통과하여 회전할 때마다 에러가 도입된다. 광학 센서가 노치를 "볼(see)" 때마다, 시스템 제어기는 웨이퍼를 "다시 중심 조정(re-center)"하려고 시도하고, 웨이퍼를 중심에서 벗어나게(off-center) 잘못 이동시킨다. 그 특정 센서가 진정한 에지를 다시 볼 때, 다른 정정이 촉발된다(prompted). 그러므로, 직접적인 솔리드 접촉 없이 웨이퍼를 위치시키고 회전시키기 위한 개선된 장치 및 방법이 필요하다.

발명의 내용

[0007] 웨이퍼를 위치시키고/거나 회전시키기 위한 장치 및 방법이 제공된다. 일 실시예에서, 처리 챔버 내에서 기판을 위치시키고 회전시키기 위한 방법이 제공되는데, 이 방법은 처리 챔버의 내부 용적 내에 배치된 기판 포지셔닝 어셈블리에 의해 기판을 지지하는 단계 - 기판은 외측 직경 에지 상에서 불균일부(non-uniformity)를 갖고, 처리 챔버는 기판의 제1 및 제2 에지 부분을 각각 향하는 제1 및 제2 센서, 및 기판의 회전을 모니터링하기 위한 회전 센서를 가짐 - ; 기판을 회전시키는 단계; 제1 및 제2 센서로 기판의 위치를 측정하는 단계; 회전 센서로, 기판의 외측 직경 에지 상의 불균일부의 위치를 나타내는 값을 결정하는 단계; 및 불균일부가 제1 또는 제2 센서의 시야를 통과하지 않도록, 기판의 회전을 제어하는 단계를 포함한다.

[0008] 추가의 실시예들에서, 방법은 제어 시스템에 연결된 제1 집합의 액추에이터들로, 기판의 위치를 X 및 Y 방향에서 제어하는 단계; 및 제어 시스템에 연결된 제2 집합의 액추에이터들로 기판의 회전을 제어하는 단계 - 제2 집합의 액추에이터들은 기판에 토크를 인가하고, 제어 시스템은 불균일부의 위치를 측정함 - 를 더 포함한다. 부가적인 실시예들에서, 불균일부는 기판의 외측 직경 에지 상의 노치를 포함하고, 제1 센서는 X 방향에서 기판의 위치를 측정하고, 제2 센서는 Y 방향에서 기판의 위치를 측정하고, 회전 센서는 노치의 위치를 Z 축에 대한 각도에 기초하는 상대값으로서 측정한다. 또 다른 실시예들에서, 회전 센서는 카메라를 포함한다. 다른 실시예들에서, 제1 및 제2 센서는 동일한 X-Y 평면 상에 위치된 용량성 센서들을 포함하고, 방법은 제3 용량성 센서를 이용하여 제1 및 제2 센서의 X-Y 평면으로부터의 기판의 Z 방향 거리를 측정하는 단계를 더 포함하고, 제3 용량성 센서는 동일한 X-Y 평면 상에서 제1 및 제2 센서 사이에 위치하고, 제3 용량성 센서는 기판의 에지가 제3 센서의 시야 내에 있지 않도록 방사상 내측에 위치된다.

[0009] 다른 실시예에서, 처리 챔버 내에서 기판을 위치시키고 회전시키기 위한 방법이 제공되는데, 이 방법은, 처리 챔버의 내부 용적 내에 배치된 기판 포지셔닝 어셈블리에 의해 기판을 지지하는 단계 - 기판은 외측 직경 에지 상에 불균일 부분을 갖고, 처리 챔버는, 기판의 제1 에지 부분을 향하는 제1 센서, 기판의 제2 에지 부분을 향하는 제2 센서, 기판의 회전을 모니터링하기 위한 회전 센서, 및 제1 센서, 제2 센서 및 회전 센서에 전기적으로 연결된 제어 시스템을 포함함 - ; 제1 및 제2 센서로 기판의 위치를 나타내는 하나 이상의 값을 측정하는 단계; 제어 시스템에 연결된 제1 집합의 액추에이터들을 이용하여 기판을 위치시키는 단계; 제어 시스템에 연결된 제2 집합의 액추에이터들을 이용하여 기판을 회전시키는 단계 - 제2 집합의 액추에이터들은 기판에 토크를 인가함 - ; 회전 센서로 기판의 외측 직경 에지 상의 불균일 부분의 위치를 나타내는 값을 측정하는 단계; 및 기판을 위치시키는 단계에 대한 혼란(disruptions)을 감소시키기 위해, 불균일 부분이 제1 및 제2 센서 중 하나 이상의 시야를 통과하는 때를 결정하는 단계를 포함한다.

[0010] 추가의 실시예들에서, 불균일 부분은 기판의 외측 직경 에지 상의 노치를 포함하고, 제1 센서는 X 방향에서 기판의 위치를 측정하고, 제2 센서는 Y 방향에서 기판의 위치를 측정한다. 다른 실시예들에서, 제어 시스템은 노치의 위치를 Z 축에 대한 각도에 기초하는 상대 값으로서 측정하기 위해 회전 센서를 이용한다. 또 다른 실시예들에서, 제어 시스템은 기판의 RPM(revolutions per minute)을 결정하기 위해 회전 센서를 이용한다. 또 다른 실시예들에서, 제1 및 제2 센서는 동일한 X-Y 평면 상에 위치된 용량성 센서들을 포함하고, 방법은 제3 용량성 센서를 이용하여 제1 및 제2 센서의 X-Y 평면으로부터의 기판의 Z 방향 거리를 측정하는 단계를 더 포함하고, 제3 용량성 센서는 동일한 X-Y 평면 상에서 제1 및 제2 센서 사이에 위치하고, 제3 용량성 센서는 기판의 에지가 제3 센서의 시야 내에 있지 않도록 방사상 내측에 위치된다. 부가적인 실시예들에서, 회전 센서는 카메라를 포함한다.

[0011] 다른 실시예에 대하여, 처리 챔버 내에서 기판을 위치시키고 회전시키기 위한 방법이 제공되는데, 이 방법은, 처리 챔버의 내부 용적 내에 배치된 기판 포지셔닝 어셈블리에 의해 기판을 지지하는 단계 - 기판은 외측 직경 에지 상에 불균일 부분을 갖고, 처리 챔버는, 기판의 제1 에지 부분을 향하는 제1 센서, 기판의 제2 에지 부분을 향하는 제2 센서, 및 제1 센서 및 제2 센서에 전기적으로 연결된 제어 시스템을 포함함 - ; 제1 및 제2 센서로 기판의 위치를 나타내는 하나 이상의 값을 측정하는 단계; 제어 시스템에 연결된 제1 집합의 액추에이터들을 이용하여 기판을 위치시키는 단계; 제어 시스템에 연결된 제2 집합의 액추에이터들을 이용하여 기판을 회전시키는 단계 - 제2 집합의 액추에이터들은 기판에 토크를 인가함 - ; 불균일 부분이 제1 또는 제2 센서의 시야를

통과하는 때를 결정함으로써 기판의 외측 직경 에지 상의 불균일 부분의 위치를 나타내는 값을 측정하는 단계; 및 기판을 위치시키는 단계에 대한 혼란을 감소시키기 위해, 불균일 부분이 제1 또는 제2 센서의 시야를 통과하는 때의 하나 이상의 추정된 기간들을 계산하는 단계를 포함한다.

[0012] 부가적인 실시예들에서, 불균일 부분은 기판의 외측 직경 에지 상의 노치를 포함하고, 제1 센서는 X 방향에서 기판의 위치를 측정하고, 제2 센서는 Y 방향에서 기판의 위치를 측정한다. 추가의 실시예들에서, 제어 시스템은 노치의 추정된 위치를 Z 축에 대한 각도에 기초하는 상대 값으로서 계산한다. 다른 실시예들에서, 제어 시스템은 기판의 RPM(revolutions per minute)을 계산한다. 또 다른 추가의 실시예들에서, 제1 및 제2 센서는 동일한 X-Y 평면 상에 위치된 용량성 센서들을 포함하고, 방법은 제3 용량성 센서를 이용하여 제1 및 제2 센서의 X-Y 평면으로부터의 기판의 Z 방향 거리를 측정하는 단계를 더 포함하고, 제3 용량성 센서는 동일한 X-Y 평면 상에서 제1 및 제2 센서 사이에 위치하고, 제3 용량성 센서는 기판의 에지가 제3 센서의 시야 내에 있지 않도록 방사상 내측에 위치된다.

[0013] 다른 실시예에서, 기판을 처리하기 위한 장치가 제공되는데, 그 장치는 내부 용적을 정의하는 챔버 바디(chamber body); 내부 용적 내에 배치된 기판 포지셔닝 어셈블리 - 기판 포지셔닝 어셈블리는 적어도 수평 평면 내에서 기판을 위치시키고 회전시킬 수 있음 - ; 내부 용적 내에 배치된 제1 용량성 센서 - 제1 용량성 센서는 제1 에지 위치에서 기판의 에지의 위치를 검출하도록 위치됨 - ; 내부 용적 내에 배치된 제2 용량성 센서 - 제2 용량성 센서는 제2 에지 위치에서 기판의 에지의 위치를 검출하도록 위치됨 - ; 내부 용적 내에서 제1 및 제2 용량성 센서 사이의 위치에 배치된 제3 용량성 센서 - 제3 용량성 센서는 기판의 수직 위치를 검출하도록 위치됨 - ; 및 제1, 제2 및 제3 용량성 센서에 연결된 제어기 - 제어기는 기판의 외측 직경 에지 상의 불균일 부분이 제1 용량성 센서의 시야를 통과할 때의 제1 기간을 결정하고, 불균일 부분이 제2 용량성 센서의 시야를 통과할 때의 제2 기간을 결정하도록 프로그래밍됨 - 를 포함한다.

[0014] 추가의 실시예들에서, 제1 센서는 X 방향에서 기판의 위치를 측정하고, 제2 센서는 Y 방향에서 기판의 위치를 측정하도록, 제1 및 제2 센서는 90도 각도로 위치된다. 다른 실시예들에서, 제어기는 기판의 외측 직경 에지 상의 불균일 부분이 제1 및 제2 센서의 각각의 시야를 통과할 때를 측정한 것에 기초하여 기판의 RPM(revolutions per minute)을 결정하도록 프로그래밍된다. 또 다른 실시예들에서, 장치는, 제어기에 연결되고 기판의 외측 직경 에지 상의 불균일 부분의 위치를 모니터링하도록 구성된 회전 센서를 더 포함한다. 또한, 회전 센서는 카메라를 포함할 수 있다. 또 다른 추가의 실시예들에서, 장치는, 제어기에 연결되고 X 및 Y 방향에서 기판의 위치를 제어하도록 배치된 제1 집합의 액추에이터들을 포함한다. 그리고, 다른 실시예에서, 장치는, 제어기에 연결되고 기판의 회전을 제어하기 위해 토크를 인가하도록 배치된 제2 집합의 액추에이터들을 더 포함한다.

[0015] 다른 실시예에서, 기판을 처리하기 위한 장치가 제공되는데, 그 장치는 내부 용적을 정의하는 챔버 바디; 내부 용적 내에 배치된 기판 포지셔닝 어셈블리 - 기판 포지셔닝 어셈블리는 적어도 수평 평면 내에서 기판을 위치시키고 회전시킬 수 있음 - ; 내부 용적 내에 배치된 제1 용량성 센서 - 제1 용량성 센서는 제1 에지 위치에서 기판의 에지의 위치를 검출하도록 위치됨 - ; 내부 용적 내에 배치된 제2 용량성 센서 - 제2 용량성 센서는 제2 에지 위치에서 기판의 에지의 위치를 검출하도록 위치됨 - ; 내부 용적 내에서 제1 및 제2 용량성 센서 사이의 위치에 배치된 제3 용량성 센서 - 제3 용량성 센서는 기판의 수직 위치를 검출하도록 위치됨 - ; 및 제1, 제2 및 제3 용량성 센서에 연결된 제어기 - 제어기는 기판의 외측 직경 에지 상의 불균일 부분이 제1 용량성 센서의 시야 또는 제2 용량성 센서의 시야를 통과하지 않도록 기판의 회전을 제어하도록 프로그래밍됨 - 를 포함한다.

[0016] 추가의 실시예들에서, 제1 센서는 X 방향에서 기판의 위치를 측정하고, 제2 센서는 Y 방향에서 기판의 위치를 측정하도록, 제1 및 제2 센서는 90도 각도로 위치된다. 다른 실시예에서, 장치는, 제어기에 연결되고 기판의 외측 직경 에지 상의 불균일 부분의 위치를 모니터링하도록 구성된 회전 센서를 더 포함한다. 추가의 실시예에서, 회전 센서는 카메라를 포함한다. 또 다른 실시예에서, 장치는, 제어기에 연결되고 X 및 Y 방향에서 기판의 위치를 제어하도록 배치된 제1 집합의 액추에이터들을 더 포함한다. 또 다른 추가의 실시예는, 제어기에 연결되고 기판의 회전을 제어하기 위해 토크를 인가하도록 배치된 제2 집합의 액추에이터들을 포함한다.

[0017] 다른 실시예에서, 기판을 처리하기 위한 장치가 제공되는데, 그 장치는 내부 용적을 정의하는 챔버 바디; 내부 용적 내에 배치된 기판 포지셔닝 어셈블리 - 기판 포지셔닝 어셈블리는 적어도 수평 평면 내에서 기판을 위치시키고 회전시킬 수 있음 - ; 내부 용적 내에 배치된 제1 용량성 센서 - 제1 용량성 센서는 제1 에지 위치에서 기판의 에지의 위치를 검출하도록 위치됨 - ; 내부 용적 내에 배치된 제2 용량성 센서 - 제2 용량성 센서는 제2 에지 위치에서 기판의 에지의 위치를 검출하도록 위치됨 - ; 내부 용적 내에서 제1 및 제2 용량성 센서 사이의

위치에 배치된 제3 용량성 센서 - 제3 용량성 센서는 기판의 수직 위치를 검출하도록 위치됨 - ; 제어기에 연결된 회전 센서; 및 제1, 제2 및 제3 용량성 센서에 연결된 제어기 - 제어기는 기판의 외측 직경 에지 상의 불균일 부분의 위치를 모니터링하도록 프로그래밍됨 - 를 포함한다.

[0018] 추가의 실시예에서, 제1 센서는 X 방향에서 기판의 위치를 측정하고, 제2 센서는 Y 방향에서 기판의 위치를 측정하도록, 제1 및 제2 센서는 90도 각도로 위치된다. 다른 실시예에서, 제어기는 기판의 RPM(revolutions per minute)을 결정하도록 프로그래밍된다. 또 다른 추가의 실시예에서, 회전 센서는 카메라를 포함한다. 다른 실시예에서, 장치는, 제어기에 연결되고 X 및 Y 방향에서 기판의 위치를 제어하도록 배치된 제1 집합의 액추에이터들을 더 포함한다. 부가적인 실시예에서, 장치는, 제어기에 연결되고 기판의 회전을 제어하기 위해 토크를 인가하도록 배치된 제2 집합의 액추에이터들을 더 포함한다.

도면의 간단한 설명

[0019] 기재된 특징들이 상세하게 이해될 수 있도록, 더 구체적인 설명은 실시예들을 참조할 수 있으며, 그들 중 일부는 첨부 도면들에 도시되어 있다. 첨부 도면들은 논의를 위해 예시적인 실시예만을 도시하며, 따라서 비례에 맞춰 그려지지 않았으며 청구 범위를 제한하지 않는다는 점에 주목해야 한다.

도 1은 일부 실시예에 따른 웨이퍼 제어 시스템의 개략도를 도시한다.

도 2는 일부 실시예에 따라, 웨이퍼 제어 시스템 내에서 이용하기 위한 커패시터 센서의 개략도를 도시한다.

도 3은 일부 실시예들에 따라, 웨이퍼 위치 및 회전을 제어하기 위한 방법의 흐름도를 도시한다.

도 4는 일부 실시예들에 따라, 웨이퍼 위치 및 회전을 제어하기 위한 방법의 흐름도를 도시한다.

도 5는 일부 실시예들에 따라, 웨이퍼 위치 및 회전을 제어하기 위한 방법의 흐름도를 도시한다.

일 실시예의 특징들은 더 이상의 언급 없이도 다른 실시예들에서 유리하게 포함될 수 있을 것으로 생각된다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0020] 여기에 논의되는 실시예들은 웨이퍼와 같은 기판을 위치시키고/거나 회전시키기 위한 장치 및 방법을 제공한다. 추가의 실시예들은 직접적인 솔리드 접촉 없이 기판의 위치 및 회전을 측정하고 제어하는 것에 관한 것이다. (비접촉식 웨이퍼 지지 시스템을 생성하기 위해, 가스, 공기, 또는 액체를 포함하는 기타 유체의 얇은 층 상에 웨이퍼를 부양시키기 위해 가스 노즐들이 이용될 수 있다. 대안적으로, 자기 부상(magnetic levitation)이 이용될 수 있다.) 처리 챔버의 컴포넌트들과의 솔리드 접촉이 없기 때문에, 웨이퍼 위치 및 회전 속도를 결정하기 위해 웨이퍼 상의 피쳐들이 이용된다. 폐쇄 루프 제어 시스템은 수평 평면 내에서 웨이퍼의 에지의 위치를 모니터링하기 위해 센서들과 함께 이용될 수 있다. 제어 시스템들은 또한 웨이퍼의 에지 내의 노치와 같은 웨이퍼 피쳐의 위치를 그것이 회전할 때 모니터링할 수 있다. 노치의 존재는 웨이퍼의 에지를 향하는 센서들을 혼란시킬 수 있으므로, 일부 실시예들은 이러한 혼란을 감소시키거나 제거하기 위한 방법 및 장치를 제공한다.

[0021] 실시예들은 RTP(rapid temperature anneals)와 같은 반도체 처리를 위해 이용될 수 있다. 실시예들은 가열 램프들로부터의 방사 에너지를 웨이퍼의 영역 전체에 걸쳐 더 균일하게 확산시키는 것이 요구되는 가열 응용들에서도 유용할 수 있다. 또한, 일부 퇴적 응용들에서는, 챔버의 기하형상이 퇴적 균일성에 미치는 효과를 최소화하기 위해, 회전이 요구될 수 있다. 비접촉(즉, 비-솔리드 접촉) 시스템은 웨이퍼에 걸쳐 균일하게 가열하는 것, 비용이 많이 드는 세라믹 하드웨어를 감소시키는 것, 및 어려운 평면도 정렬 절차(difficult planarity alignment procedures)를 감소시키는 것에 있어서 이점을 제공한다. 중요한 이점들은 온도 및 유동 균일성이 중요한 CVD(chemical vapor deposition) 진공 챔버에서 획득된다. 비접촉식 시스템은 가열기 또는 다른 챔버 컴포넌트들을 이동시키지 않고서, 프로세스 가스 유동 및 온도 둘 다에 대하여 웨이퍼를 회전시키는 것을 허용한다. 또한, 실시예들은 웨이퍼를 정밀하게 위치시키거나 온도 균일성을 생성하는 것이 요구되는 어떠한 응용에서라도 이용될 수 있다. 실시예들은 또한 일부 응용들에서 입자 오염을 감소시킬 수 있다. 따라서, 비접촉식 시스템들은 챔버 컴포넌트들과의 물리적 접촉으로부터의 입자 생성을 방지하기 위해, 예열(preheat) 또는 냉각(cooldown) 스테이지들에서도 이용될 수 있다.

[0022] 실시예들은 또한 비접촉식 시스템들 내에서 기판 또는 웨이퍼의 각도 위치(angular position)를 제어하거나 모니터링하는 것으로부터 이익을 얻는 응용들에 대해 이용될 수 있다. 예를 들어, 일부 응용들은 처리 챔버 내의 특정 위치에 있는 노치(또는 다른 불균일부)를 이용하여 웨이퍼를 완전히 정지시킬 수 있는 것 (또는 웨이퍼를 위치시킬 수 있는 것)으로부터 이익을 얻는다. 스루풋, 처리 시간, 이송 시간 및/또는 균일성을 최적화하기 위

해서는, 반복가능성(repeatability)이 중요하다. 다른 응용들에서, 웨이퍼는 에지 링에 대하여 특정 위치에 있는 소정의 피쳐들(예를 들어, 노치 또는 다른 불균일부)과 함께 배치될 수 있다. 또 다른 응용들은 웨이퍼를 처리 챔버 내로 가져가거나 웨이퍼를 처리 챔버로부터 제거하기 위해 정렬기(aligner)를 이용할 수 있다. 이 경우, 웨이퍼의 반복가능한 정렬을 가지면, 스루풋 시간이 증가한다. 추가의 응용들에서는, 소정의 정렬 내에서 웨이퍼를 처리하는 것이 바람직하다. 예를 들어, 웨이퍼를 레이저 어닐링할 때에, 개선된 균일성을 위해 및/또는 웨이퍼의 파손 또는 손상을 방지하기 위해, 레이저를 소정 피쳐들에 일렬로 또는 소정 피쳐들에 대하여 이동시키는 것이 유리할 수 있다. 이러한 이점들 및 다른 이점들은 본 기술분야의 숙련된 실무자들에게 분명할 것이다.

[0023] 도 1은 일부 실시예들에 따른, 프로세스 챔버 내부의 비접촉식 기판 또는 웨이퍼 제어 시스템(101)의 탑-다운 뷰(top-down view)를 도시한다. 도시된 바와 같이, 웨이퍼(110)는 웨이퍼 지지 바디(124) 위에 위치된다. 웨이퍼 지지 바디(124)는 웨이퍼(110) 아래에 배치된 다양한 유체 포트들(도시되지 않음)을 갖는다. 일부 실시예들에서, 유체 포트들은 가스 노즐들이다. 가스 노즐들은 웨이퍼(110)를 지지하고, 위치시키고/거나 회전시키기 위해 가스 유동이 이용될 수 있도록 상이한 배향들로 구성된다. 가스 노즐들은 시스템 제어기(136)에 연결된 유체 전달 시스템(132)에 접속된다. 추가로, 지지 바디(124)는 또한 내장된 가열기들에 의해서 가열될 수 있다. 일부 실시예들에서, 뜨거운 가스들이 또한 가스 노즐들을 통해 전달될 수 있다. (가스 포트들의 예시적인 구성은 2011년 6월 2일자로 출원되고 Applied Materials, Inc.에 공동 양도된 공동 계류 출원 제13/152,154호에 도시되어 있으며, 그 전체 내용이 참조에 의해 여기에 포함된다. 유체 유동을 이용하는 예시적인 기판 포지셔닝 어셈블리의 상세한 설명은 위에서 참조에 의해 포함된 미국 특허 제8,057,602호 및 제8,057,601호에서 찾아볼 수 있다.) 센서들(138 및 140)은 X 및 Y 방향에서 웨이퍼(110)의 에지의 위치를 측정하며, 측정된 위치(들)를 제어기(136)에 대한 입력으로서 피드백한다. 제어기(136)는 측정된 값들을 목표 위치들에 대한 값들, 또는 목표 위치들의 허용가능한 범위들과 비교할 수 있다. 다음으로, 제어기(136)는 웨이퍼에 작용하여 그것을 원하는 방향으로 이동시키기 위해, 제1 집합의 액추에이터들(예를 들어, 유동 제어 밸브들)에 커맨드를 출력할 수 있다. 웨이퍼가 유체 유동(가스 또는 액체)을 이용하여 능동적으로 지지되고 위치하고 있지만, 웨이퍼는 거의 마찰 없는 시스템(near frictionless system)으로 인해 회전하는 성향을 가질 것이다. 제어기(136)는 또한 웨이퍼(110)에 토크를 인가하기 위해 제2 집합의 액추에이터들(예를 들어, 유동 제어 밸브들)에 커맨드를 출력함으로써 회전의 방향 또는 속도를 제어할 수 있다. 일부 실시예들에서, 시스템 제어기(136)는 웨이퍼(110)의 위치 및 회전을 제어하기 위해 폐쇄 루프 제어 프로세스를 실행한다.

[0024] 여기에 논의되는 부가적인 실시예들은 웨이퍼의 회전을 측정하는 것에 관한 것이다. 일 실시예에서, 웨이퍼(110)의 각도 위치 및/또는 회전을 추적하기 위해, 회전 센서(190)가 이용될 수 있다. 기준 위치 제로(CCD 카메라일 수 있는 회전 센서(190)의 위치에 근접한 노치(160) 또는 다른 불균일부의 위치에 의해 도시됨)로부터의 각도 세타 "Θ"(화살표(170)로 도시됨)의 함수로서 추적될 수 있다. 카메라와 같은 회전 센서(190)는 시야를 가질 수 있고, 그 시야 내에서 노치(160)(또는 다른 불균일부)의 위치를 검출한다. 이것은 그 시야 내에서의 불균일부(160)의 제어를 허용한다. 전체 시야를 전체 둘레 이하까지(up to and including the entire circumference) 확장하기 위해, 웨이퍼가 위치될 영역의 둘레의 일부분 주위에 추가의 회전 센서들이 위치될 수 있다. 회전 센서(190)는 웨이퍼의 표면에 수직하게, 또는 웨이퍼의 수평 평면과 법선 사이에서 비스듬하게 위치될 수 있다.

[0025] 조명이 또한 제공될 수 있다(도시되지 않음). 예를 들어, 센서(190)가 광학 검출기 또는 광 검출기일 수 있도록, 처리 챔버는 웨이퍼의 밑면(또는 비처리 면)에 백라이팅을 제공할 수 있다. 또한, 불균일부(160)의 위치를 검출하기 위해, 하나 이상의 레이저 빔 및 검출기가 회전 센서로서 이용될 수 있다. 레이저 검출기(190)는 웨이퍼의 표면으로부터 반사된 광으로부터 방사율 차이를 측정할 수 있거나, 광이 불균일부(160)를 통해 비칠 수 있을 때를 측정할 수 있다. 또한, 거울들은 광을 지향시키거나 반사시키기 위해 챔버 내에서 위치될 수 있다. 일부 실시예들에서, 양방향 거울(two way mirror)이 이용될 수 있다. 대안적으로, 회전 또는 각도 위치를 모니터링하기 위해, 용량성 센서들이 이용될 수 있다. 레이저 검출기 또는 용량성 센서를 이용할 때, 센서들은 불균일부(160)가 통과할 수 있는 둘레 주위의 하나 이상의 포인트에 초점을 맞출 수 있다. 이 경우, 웨이퍼의 각도 위치를 결정하기 위해, 일련의 회전 센서(190)가 이용될 수 있다.

[0026] 회전 제어 방법들을 포함하여, 여기에 개시된 제어 방법들 중 일부에 대해 다양한 유형의 센서들이 이용될 수 있다. 일부 실시예들에서, 웨이퍼 에지 감지 어셈블리는 웨이퍼의 일 측에 배치된 광원들, 및 웨이퍼의 반대 측에 배치된 광 센서들을 포함한다. 다른 실시예들에서는, 기판의 위치 또는 움직임을 감지하기 위해 역반사성 센서 구성(retroreflective sensor configuration)이 이용될 수 있는데, 여기에서 역반사성 센서들은 웨이퍼에

광을 방출하고, 센서에 다시 반사되는 광을 측정한다. 센서들은 바람직하게는 웨이퍼 중 처리 측에 반대되는 측에 배치된다. 제조 환경에서, 민감한 전자 부품들 및 표면들이 가혹한 챔버 조건들 또는 퇴적 재료들에 노출되는 챔버 내에 광학 센서들을 배치하는 것은 어렵다는 것을 입증할 수 있다. 예를 들어, 일부 응용들에서, 1000℃ 또는 1200℃ 또는 그 이상의 온도가 경험될 수 있다. 윈도우들은 광학 컴포넌트들을 보호하기 위해 이용될 수 있지만, 윈도우들은 프로세스 가스들의 퇴적으로 인해 흐려질 수 있고, 그에 의해 빈번한 세정 또는 교체가 없다면, 센서 측정값들이 드리프트(drift)하고 정확성을 상실하게 한다. 추가로, 챔버 공간이 제한될 수 있다. 따라서, 처리 챔버 내에 배치되는 장비의 양을 제한하는 것에 이점이 있다.

[0027] 따라서, 커패시터 센서들은 가혹한 조건들에서 높은 정밀도의 측정값들을 구하기 위해 비접촉식 웨이퍼 시스템들과 함께 이용될 수 있는 것으로 밝혀졌다. 도 1은 비접촉식 웨이퍼 에지 측정 및 제어 시스템의 일 실시예를 도시하며, 여기에서 센서들(138, 140 및 142)은 커패시터 센서들을 포함한다. 웨이퍼가 가스에 의해 지지, 위치 및 회전되고 있으므로, 웨이퍼 위치 및 회전 속도를 결정하기 위해 웨이퍼의 피쳐들이 이용된다. (웨이퍼에 새로운 피쳐들을 추가하는 것은 전형적으로는 요구되는 옵션이 아니다.) 그러므로, 웨이퍼(110)의 외측 직경 에지는 수평 평면 내에서 웨이퍼(110)의 위치를 제어하기 위해 모니터링될 수 있다.

[0028] 도 1에서, 웨이퍼가 위치하는 수평 평면을 정의하는 X 방향 및 Y 방향 각각에서 웨이퍼(110)의 위치를 추적하기 위해, 2개의 센서(138 및 140)가 제공된다. X 및 Y 방향은 상대적이며, 따라서 이동되거나 반대로 될 수 있음을 알아야 한다. 추가로, Z 방향 또는 수직으로 있는 센서(142)의 표면과 웨이퍼(110) 사이의 거리를 측정하기 위해 제3 센서(142)가 위치된다. 도 1에서, 센서들(138, 140 및 142)은 그 센서들의 표면이 동일한 수평 X-Y 평면 내에 배치되도록, 지지 바디(124)의 컷아웃들(171, 173 및 172) 내에 각각 배치된다. 이 평면은 지지 바디(124)의 표면과, 또는 지지 바디(124) 상에 배열된 가스 노즐들과 일치할 수 있다. 센서들(138, 140 및 142)은 각각 전기적 리드 어셈블리들(electrical lead assemblies)(181, 183 및 182)에 의해 시스템 제어기(136)에 연결된다. 추가로, 센서(142)로부터의 거리 측정은 센서들(138 및 142)의 정밀도를 보조하기 위해 이용될 수 있다. 센서(142)는 또한 센서들(138 및 140)에 비해 지지 바디(124)의 중간점(웨이퍼의 중간점(192)과 일치함)에 더 가깝게 위치되며, 그에 의해 웨이퍼(110)의 에지는 센서(142)의 시야에 들어오지 않는다. 센서(142)는 또한 웨이퍼(110)가 화살표(170)에 의해 도시된 방향으로 회전할 때, 노치(160)와 같은 웨이퍼의 에지의 불균일 부분이 센서(142)의 시야에 들어오지 않도록 위치될 수 있다. 도 1에서, 웨이퍼가 뒤틀리게 되는 경우, 단일 센서는 웨이퍼와 센서들(138 및 140)의 수평 평면 사이의 거리를 센서들(138 및 140) 사이의 중간점에서 또는 그 부근에서 가장 정확하게 판독할 수 있으므로, 센서(142)는 (지지 바디(124)의 둘레를 둘러싸는 방향으로) 센서들(138 및 140) 사이에 배치된다.

[0029] 도 1에서, 센서(138)는 지지 바디(124)의 둘레 주위에서 센서(140)에 대해 90° 의 분리 각도(194)에서 위치된다. 센서(138)는 X 방향 센서로서 이용될 수 있고, 센서(140)는 Y 방향 센서로서 이용될 수 있다. 센서들(138 및 140)은 180도 외의 임의의 다른 편리한 분리 각도에서 위치될 수 있다. 도 1에 도시된 실시예에서, 센서들(138 및 140)은 그 센서들이 X 및 Y 방향에서 각각 이동을 검출할 수 있도록, 웨이퍼(110)의 에지를 향하여 위치된다. 따라서, 센서들(138 및 140)은 웨이퍼(110)의 둘레와 실질적으로 동일한 크기의 원을 따르는 2개의 위치에 위치된다. 다르게 말하면, 센서들(138 및 140)은 웨이퍼(110)의 중간점(192)과 정렬된 지지 바디(124)의 중간점으로부터 웨이퍼(110)의 직경의 절반과 거의 동일한 거리만큼 떨어져 있는 2개의 위치에 위치된다. 이러한 배열에서, 웨이퍼(110)의 에지는 각각의 센서의 수평 감지 범위의 중심이 웨이퍼(110)의 에지와 일렬로 정렬되도록 2개의 센서(138 및 140) 위에서 중심이 맞춰지며, 센서들(138 및 140)은 현재 웨이퍼의 중심(192)과 일치하는 포인트를 중심으로 분리 각도(194)만큼 서로로부터 이격된다. 도 1에 도시된 실시예에서, 분리 각도는 90° 이다. (각각의 센서 및 컷아웃 중 웨이퍼(110)의 아래에 위치된 부분은 점선으로 도시된다.)

[0030] 도 1에서, 센서들(138 및 140)은 각각 웨이퍼(110)의 접선을 향해 수직하게 대면한다. 센서들(138, 140 및 142)은 지지 바디(124)의 컷아웃들(171, 173 및 172) 내에 각각 배치된다. 컷아웃들은 각각의 센서의 상부면들이 동일 수평 평면 내에 있도록 충분한 깊이를 가질 수 있다. 일부 실시예들에서, 각각의 센서의 상부면은 지지 바디(124)의 상부 면과 동일면을 이룰 수 있다. 다른 실시예들에서, 각각의 센서의 상부면은 지지 바디(124) 내에 배치된 가스 노즐들과 동일면을 이룰 수 있다. 추가로, 전기적 리드 어셈블리들(181 및 183)은 센서들(138 및 140)을 각각 시스템 제어기(136)에 연결하는 역할을 한다. 센서들(138 및 140)이 웨이퍼(110)의 둘레 외부의 위치로부터 웨이퍼(110)의 에지를 대면하는 것과 같은 다른 실시예들도 가능하다는 점을 알아야 한다. 선택적으로, 윈도우(도시되지 않음)가 용량성 센서들(138, 140 및 142) 위에서 지지 바디(124) 상에 배치될 수 있다. 윈도우는 석영으로 만들어질 수 있고, 유체 포트들로부터의 유체 유동을 수용하기 위한 개구를 가질 수 있다.

[0031] 도 2는 도 1에서 이용될 수 있는 용량성 센서(202)의 일 실시예의 탑 다운 뷰를 도시한다. 용량성 센서(202)는 절연체 요소(206)에 의해 둘러싸인 센서 전극(208)을 가지며, 절연체 요소는 가드 전극(guard electrode)(204)에 의해 둘러싸인다. 리드(210)는 가드 전극에 연결되고, 리드(212)는 센서 전극에 연결된다. 전기적 리드들은 개별 리드들에 대하여 절연 케이싱을 제공하는 전기적 리드 어셈블리(240) 내에 하우징될 수 있다. 리드들(210 및 212)은 시스템 제어기(136)에 연결될 수 있다. 가드 전극(204)에 전기 전압이 인가되면, 가드 전극과 센서 전극 사이에 전자기장이 발생되고, 리드(212)로부터 전압이 검출될 수 있다. 용량 값은 자기장을 커버하는 유효 면적에 의해 결정된다. 전기 접지되지 않은 웨이퍼(110)가 용량성 센서(202)의 시야에 들어오면, 그것은 자기장을 변경시키고, 전압 측정에 영향을 준다. 따라서, 용량성 센서(202)는 웨이퍼(110)의 에지가 센서(202)와 겹치는 커버리지 비율을 전압으로서 측정할 수 있다. 또한, Z 방향 센서(142)는 웨이퍼 에지가 센서들(138 및 140)에 대해 얼마나 멀리 있는지를 결정하여, 그 특정 거리에 대해 값들이 결정될 수 있게 함으로써 에지 센서들(138 및 140)의 정확성을 개선할 수 있다. (측정 및 계산은 시스템 제어기(136)에 의해 수행될 수 있고, 시스템 제어기는 유체 전달 시스템(132)에 출력을 송신하여, X 및/또는 Y 방향에서 웨이퍼(110)의 위치에 영향을 주는 하나 이상의 액추에이터를 제어할 수 있다. 일부 실시예들에서, 제1 집합의 액추에이터들은 지지 바디(124) 상의 노즐들에 보내지는 유체 량을 제어하는 유동 제어 밸브들이다.)

[0032] 그러나, 웨이퍼(110)가 또한 회전하고 있으므로(화살표(170) 참조), 회전을 추적하기 위한 측정 시스템들이 필요하다. 웨이퍼들의 외측 직경 에지들은 전형적으로 균일하지 않다. 도 1은 노치(160) 또는 다른 피쳐를 갖는 웨이퍼를 도시한다. 노치(160)는 약 1.5-2㎜ 직경을 갖는 반원일 수 있다. 노치들은 삼각 "V" 형상 또는 정사각형 형상과 같은 다른 형상들도 가질 수 있다. 대안적으로, 일부 원형 웨이퍼들은 그들의 둘레의 일부 상에서 평평한 에지를 갖는다. 웨이퍼(110)의 회전 속도를 결정하기 위해, 노치(160)와 같은 불균일 피쳐가 모니터링될 수 있다. 그러나, 노치가 에지 센서의 시야를 통과하여 회전할 때, 그것은 포지셔닝 제어 시스템에 에러를 도입한다. 노치의 측정에 의해 유발되는 이러한 에러는 제어 시스템이 웨이퍼를 "다시 중심 조정"하려고 시도하게 하고, 이는 실제로는 웨이퍼를 중심에서 벗어나게 이동시킨다. 노치가 센서를 통과하자마자, 센서는 웨이퍼의 진정한 에지를 다시 모니터링하고, 다른 정정을 촉발한다. 그러므로, 웨이퍼 에지의 불균일 부분들의 회전 이동에 의해 야기되는 포지셔닝 에러들을 감소시키거나 제거하기 위한 시스템들, 장치들 및 방법들이 필요하다.

[0033] 도 3-5는 웨이퍼(110)의 회전을 측정하고 제어하기 위해 도 1의 장치(또는 다른 적절한 장치들)와 함께 이용될 수 있는 예시적인 제어 방법들의 실시예들을 제공한다. 도 3에서, 제어 방법(300)이 제공되는데, 여기에서는 웨이퍼의 노치(160) 또는 다른 불균일 부분의 위치를 결정하기 위해 제4 센서(190)가 이용되고(단계(350)), 제어기(136)는 노치(160)가 임의의 에지 센서의 시야를 통과하지 않도록 회전을 전후로(back-and-forth) 역전시킴으로써 웨이퍼의 각도 위치 및/또는 회전을 제어한다(단계(360)). 센서(190)는 시스템 제어기(136)에 연결된 카메라일 수 있으며, 이것은 노치가 웨이퍼(110) 둘레에서 회전할 때, 노치(160)의 위치를 각도 세타의 함수로서 추적한다. 일부 실시예들에서, 카메라(190)는 윈도우에 의해 보호될 수 있다. 다른 실시예들에서, 카메라(190)는 프로세스 챔버 외부에 배치될 수 있다. 노치(160)의 완전한 이동을 추적하지는 않는 다른 센서 타입들도 이용될 수 있다. 예를 들어, 노치(160)(또는 다른 불균일부)가 에지 측정 센서들(138 또는 140) 중 하나의 시야에 들어오기 전에 제어기(136)가 웨이퍼(110)의 회전을 역전시킬 수 있도록, 노치가 추적 센서들의 위치를 지나갈 때를 추적하기 위해, 복수의 광학적 또는 용량성 추적 센서(도시되지 않음)가 지지 바디(124)의 둘레 주위에 위치될 수 있다. 이러한 프로세스를 보조하기 위해, 회전 속도 및/또는 가속도도 계산될 수 있다. 다른 가능한 실시예에서, 웨이퍼(110)의 회전 이동의 범위를 더 크게 하기 위해 센서들(138 및 140) 사이의 분리 각도(194)가 감소될 수 있다.

[0034] 방법(300)에서, 제1 단계(310)는 노치 또는 다른 불균일부를 에지에 갖고 있는 웨이퍼를, X, Y 및 Z 방향 센서, 및 제1 및 제2 집합의 유체 포트들(예컨대, 유동 제어 밸브들과 유체 소통하는 가스 노즐들)을 갖는 처리 챔버 내의 웨이퍼 지지 어셈블리에 위치시키는 것을 가능하게 한다. 단계(320)에서, 제1 집합의 가스 포트들을 통해 가스 유동이 활성화되고, 웨이퍼는 웨이퍼 지지 어셈블리 위에 거리를 두고서 비접촉 위치에 배치된다. 단계(330)에서, 제어기(136)는 센서들로 웨이퍼의 위치를 측정하고 제1 집합의 가스 포트들로 웨이퍼의 위치를 제어하기 위해, 폐쇄 루프 제어 시스템을 실행한다. 단계(340)에서, 제어기(136)는 제1 집합의 가스 포트들을 이용한 웨이퍼 위치의 제어를 유지하면서, 제2 집합의 가스 포트들을 이용하여 웨이퍼를 회전시킨다. 위에서 논의된 바와 같이, 제어기(136)는, 단계(350)에서 제4 센서(190)를 이용하여 노치(160)의 위치를 결정하고, 단계(360)에서 노치가 X 또는 Y 센서의 시야를 통과하지 않도록 웨이퍼(110)의 회전을 전후로 역전시킨다. 제4 센서(190)는 카메라와 같은 회전 센서일 수 있다. 제4 센서(190)는 노치(160)의 각도 위치를 제어하기 위해 이용

될 수 있다. 또한, 제4 센서(190)는 시야를 가질 수 있고, 노치(160)의 각도 위치는 제4 센서(190)의 시야 내에 머물도록 제어될 수 있다. 추가로, 전체 시야를 확장하여 노치(160)가 전체 시야 내에 머물도록 제어될 수 있도록 하기 위해, 더 많은 회전 센서들이 이용될 수 있다.

[0035] 도 4는 다른 실시예들에 따른 다른 제어 방법(400)을 도시한다. 방법(400)에서, 단계들(410-450)은 도 3의 대응 단계들과 유사하다. 그러나, 단계(460)에서, 시스템 제어기(136)는 노치가 X 센서(138)의 시야를 통과하는 때와 노치가 Y 센서(140)의 시야를 통과하는 때를 결정하여, 제어 알고리즘이 지나가는 노치 또는 다른 불균일부에 의해 야기되는 측정 혼란을 무시할 수 있게 하고, 그에 의해 포지셔닝 제어 루프의 혼란을 감소시키거나 제거한다. 본 실시예에서, 제어기(136)는 웨이퍼(110)에 인가되는 토크에 영향을 주는 제2 집합의 가스 포트들에의 유체 유동을 제어하기 위해, 제2 집합의 액추에이터들(예를 들어, 제어 밸브들)을 이용할 수 있다. 따라서, 제어기(136)는 회전 시에, 웨이퍼(110)의 각도 위치, 각속도 및/또는 가속도를 제어할 수 있다. 일부 실시예들에서, 제어기(136)는 제4 센서(190)에 의한 노치 검출의 빈도에 기초하여 RPM을 계산한다. 위에서 논의된 바와 같이, 제4 센서(190)는 카메라일 수 있거나, 노치 검출의 빈도를 측정하기 위한 광학적 또는 용량성 센서 집합일 수 있다. 다음으로, 제어기(136)는 노치(160) 또는 다른 불균일부가 X 또는 Y 센서(138 및 140)의 시야를 각각 통과할 것으로 예상되는 때를 계산할 수 있다. 다음으로, 제어 알고리즘은 노치가 임의의 에지 센서의 시야를 통과하는 것에 의해 야기되는 임의의 혼란을 최소화하거나 제거할 수 있다.

[0036] 또한, 센서들(138 및 140) 중 하나 또는 둘 다는 RPM 계산의 결정 및 회전 방향의 결정에서 이용될 수 있다. 또한, 방향은 웨이퍼 회전에 영향을 주는 제2 집합의 액추에이터에의 출력에 기초하여 알려질 수 있다. 알려진 RPM 및 방향 정보를 갖고서, 시스템 제어기(136)는 이러한 회전 속도 측정값을 이용하여 X 및 Y 센서 둘 다가 다음의 "글리치(glitch)"를 경험할 때를 계산하고 예측할 수 있다. 다음으로, 포지셔닝 제어 알고리즘은 이러한 예측값을 이용하여, 글리치가 예상되는 때(즉, 노치(160)가 센서를 지나가고 있을 때)의 기간 동안 X 및/또는 Y 센서로부터의 입력을 무시하거나 최소화할 수 있다. 그러므로, 이것은 노치의 통과에 의해 영향을 받지 않는 원활한 X-Y 포지셔닝 제어를 가능하게 한다. 웨이퍼(110)가 더 빠르게 회전하고 있을수록, 포지셔닝 제어 알고리즘이 X 및/또는 Y 센서를 무시하는 데에 필요로 하는 시간이 적어진다. 추가의 실시예들은 웨이퍼를 가속하거나 감속하지 않는 것 등에 의해 안정적인 RPM을 유지함으로써 안정적인 결과를 획득한다. 부가적인 실시예들은 가속도 값을 측정한 다음, 알려진 가속도 값을 이용하여 효과적인 필터링을 구현한다. 이러한 접근방식들은 웨이퍼의 전체적인 제어에 중요한 이익을 제공하는데, 왜냐하면, 포지셔닝 제어 알고리즘은 글리치에 반응할 때, 노치의 존재 동안의 및 노치의 존재 이후의 센서 신호의 계단 함수 특성으로 인해 포지셔닝 제어에 불안정성을 도입하는 경향이 있기 때문이다. 노치를 무시하는 것은 실제의 웨이퍼 드리프트 또는 포지셔닝 혼란에 효과적으로 반응하는 제어 시스템의 능력을 손상시키지 않고서, 자가 도입되는 불안정성(self introduced instability)을 제거한다. 실제의 웨이퍼 포지셔닝 혼란은 글리치보다 더 평활하고 더 느린 방식으로 센서 신호에 영향을 주는 경향이 있다.

[0037] 도 5는 제4 센서(190)를 이용하지 않고서, 위에서 논의된 이익들을 얻기 위한 다른 제어 방법(500)을 제공한다. 방법(500)에서, 단계들(510-540)은 도 3 및 4의 대응 단계들과 유사하다. 그러나, 제어기(136)는 단계(550)에서 노치가 X 및 Y 센서의 시야를 통과하는 때에 기초하여 노치(160)의 RPM을 결정하고, 단계(560)에서 노치가 X 및 Y 센서의 시야를 통과할 것으로 예상되는 때를 계산한다. 따라서, 단계(560)에서, 제어기(136)는 위에서 논의된 것과 같이 포지셔닝 제어 루프 내에서의 혼란을 감소시킨다. 하나 이상의 회전 센서가 또한 본 실시예와 함께 이용될 수 있다.

[0038] 위에서 논의한 장치 및 방법에서 이용되는 용량성 센서들은, 용량성 센서들이 고온의 가혹한 프로세스 조건들 및/또는 프로세스 재료들의 퇴적에 대해 더 큰 저항성을 가지며, 따라서 센서 드리프트가 더 적게 발생한다는 점에서, 광학 센서에 비해 추가의 이점을 갖는다. 추가의 실시예들에서, 백업 또는 추가의 감지를 제공하기 위한 추가 컴포넌트들의 비용이 정당한 경우에는, 추가의 개수의 센서들이 이용될 수 있다. 예를 들어, 일 실시예에서, 4개의 에지 센서가 제공되며, 이들은 인접 센서들로부터 90도 각도로 이격된다. 추가의 실시예에서는 2개의 Z 센서가 제공되고, 이들은 지지 바디(124)의 반대되는 단부들 상에 이격된다.

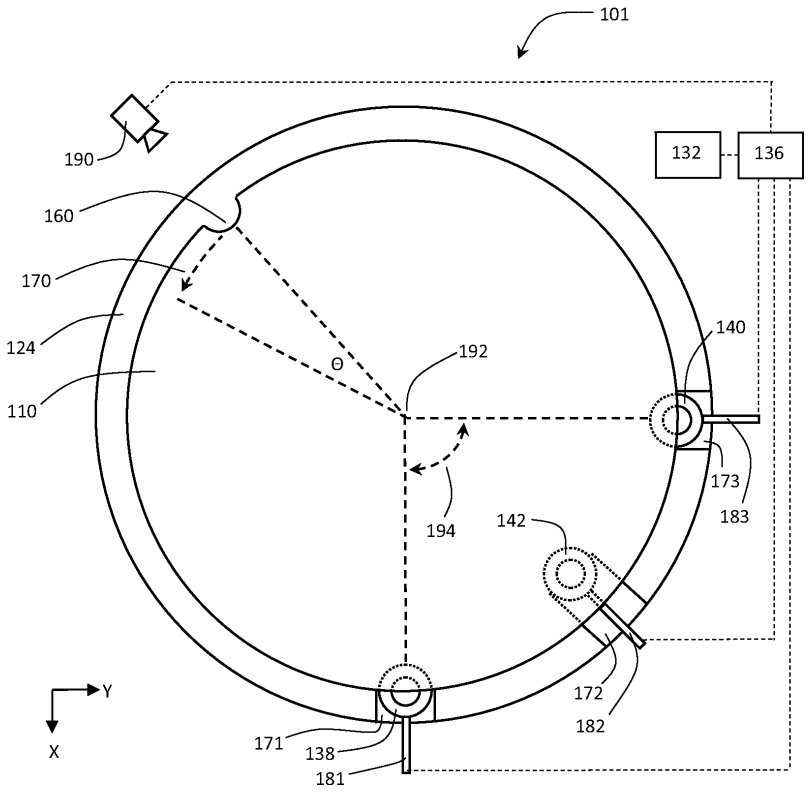
[0039] 원하는 최소 및 최대 감도 범위를 제공하는 센서 크기들을 선택함으로써, 설계 유연성 및 증가된 감도가 달성될 수 있다. 예를 들어, 양호한 감도를 허용하는 웨이퍼(110)로부터의 수직 거리가 선택되어야 한다. 일부 예들에서, 감지 범위는 20㎜ 이상 정도일 수 있다. 다른 실시예들은 약 2 내지 약 15㎜의 범위로부터 선택된 수직 거리를 이용할 수 있다. 그러나, 더 작은 전압 범위들을 갖는 용량 감도가 더 양호하다. 일부 예들에서, 2㎜의 거리는 11 볼트의 용량 판독값(capacitive reading)을 야기하고, 15㎜의 거리는 2 볼트의 판독값을 야기한다. 따라서, 더 넓은 범위의 전압 측정값들을 생성함으로써 측정에 대한 감도를 증가시키기 위해 2㎜ 거

리가 선택된다. 또한, 센서들 또는 그들의 컴포넌트들의 크기를 변화시키면 거리 범위들을 변경할 수 있고, 그에 의해 상이한 응용에 대한 설계 유연성이 허용된다. RTP 프로세스를 위한 다른 예에서, 웨이퍼는 반사기 평판으로부터 0.169 인치 또는 약 4.29㎜만큼 떨어져 있다. 다른 거리 범위는 약 1 내지 약 6㎜일 수 있다.

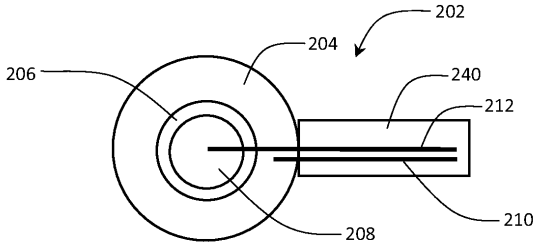
[0040] 상술한 것은 본 발명의 실시예들에 관한 것이지만, 본 발명의 다른 실시예들 및 부가적인 실시예들은 그것의 기본 범위로부터 벗어나지 않고서 안출될 수 있으며, 그것의 범위는 이하의 청구항들에 의해 결정된다.

도면

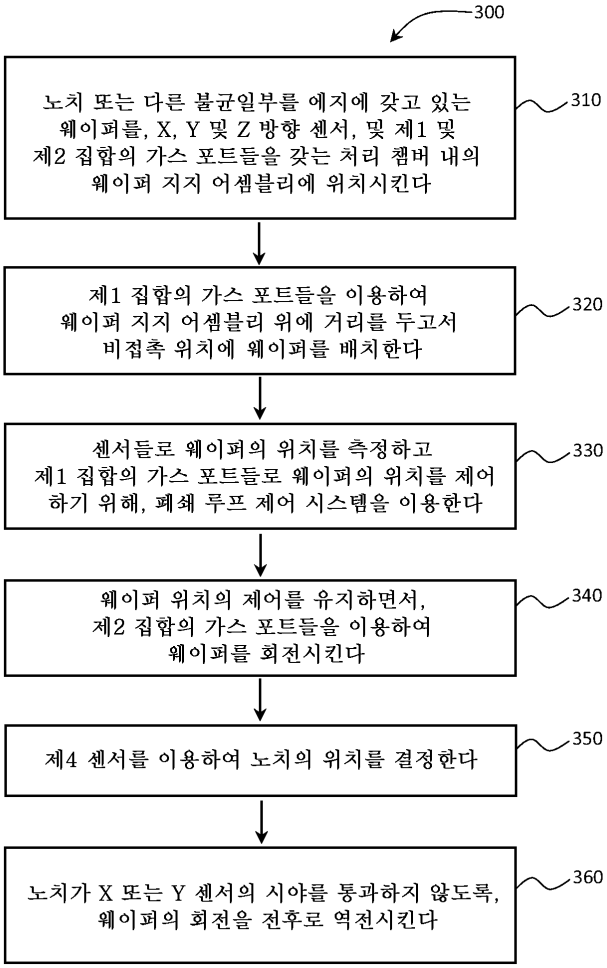
도면1



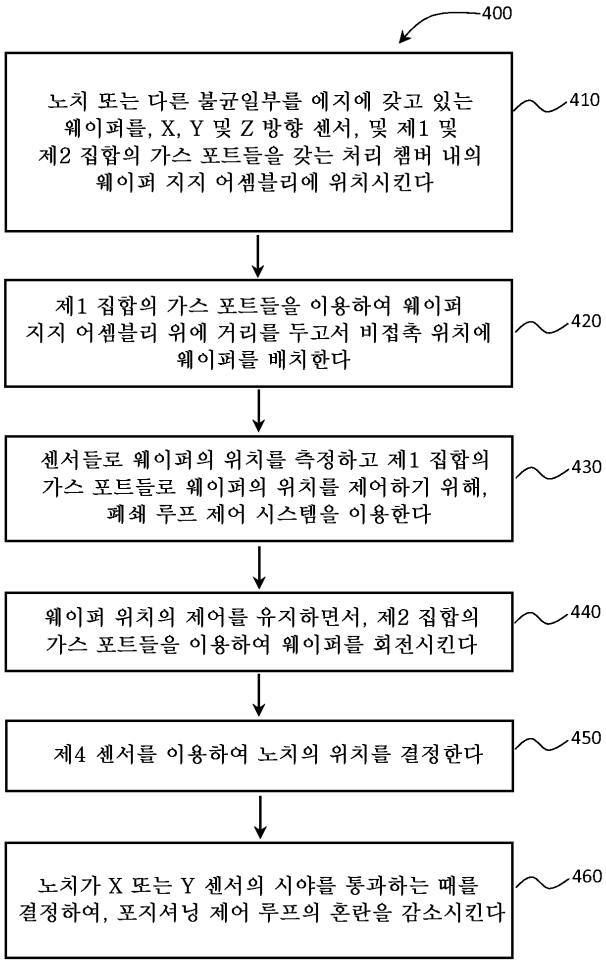
도면2



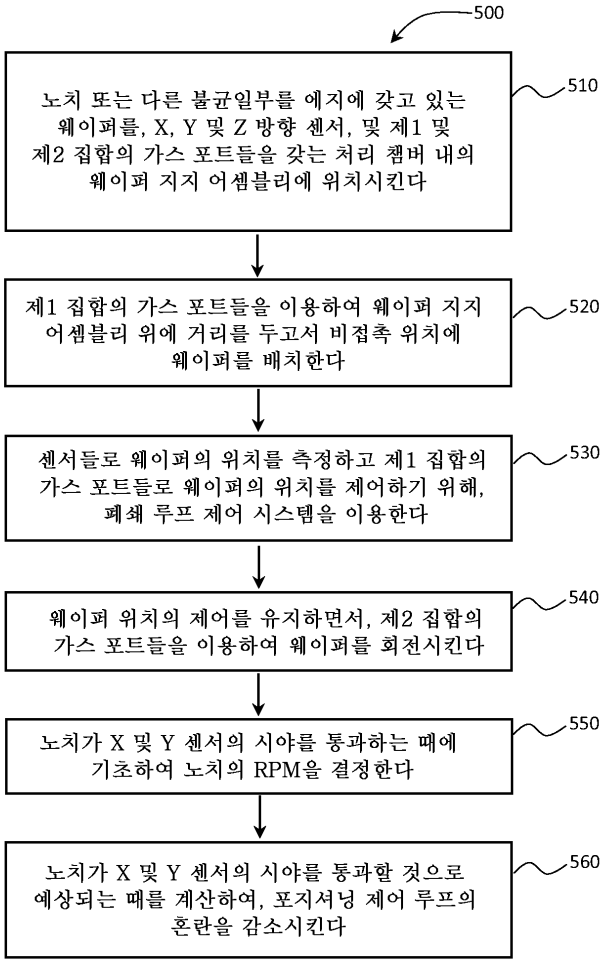
도면3


300
노치 또는 다른 불균일부를 에지에 갖고 있는 웨이퍼를, X, Y 및 Z 방향 센서, 및 제1 및 제2 집합의 가스 포트들을 갖는 처리 챔버 내의 웨이퍼 지지 어셈블리에 위치시킨다
310
제1 집합의 가스 포트들을 이용하여 웨이퍼 지지 어셈블리 위에 거리를 두고서 비접촉 위치에 웨이퍼를 배치한다
320
센서들로 웨이퍼의 위치를 측정하고 제1 집합의 가스 포트들로 웨이퍼의 위치를 제어하기 위해, 폐쇄 루프 제어 시스템을 이용한다
330
웨이퍼 위치의 제어를 유지하면서, 제2 집합의 가스 포트들을 이용하여 웨이퍼를 회전시킨다
340
제4 센서를 이용하여 노치의 위치를 결정한다
350
노치가 X 또는 Y 센서의 시야를 통과하지 않도록, 웨이퍼의 회전을 전후로 역전시킨다
360

도면4


400
노치 또는 다른 불균일부를 에지에 갖고 있는 웨이퍼를, X, Y 및 Z 방향 센서, 및 제1 및 제2 집합의 가스 포트들을 갖는 처리 챔버 내의 웨이퍼 지지 어셈블리에 위치시킨다
410
제1 집합의 가스 포트들을 이용하여 웨이퍼 지지 어셈블리 위에 거리를 두고서 비접촉 위치에 웨이퍼를 배치한다
420
센서들로 웨이퍼의 위치를 측정하고 제1 집합의 가스 포트들로 웨이퍼의 위치를 제어하기 위해, 폐쇄 루프 제어 시스템을 이용한다
430
웨이퍼 위치의 제어를 유지하면서, 제2 집합의 가스 포트들을 이용하여 웨이퍼를 회전시킨다
440
제4 센서를 이용하여 노치의 위치를 결정한다
450
노치가 X 또는 Y 센서의 시야를 통과하는 때를 결정하여, 포지셔닝 제어 루프의 혼란을 감소시킨다
460

도면5


500
노치 또는 다른 불균일부를 에지에 갖고 있는 웨이퍼를, X, Y 및 Z 방향 센서, 및 제1 및 제2 집합의 가스 포트들을 갖는 처리 챔버 내의 웨이퍼 지지 어셈블리에 위치시킨다
510
제1 집합의 가스 포트들을 이용하여 웨이퍼 지지 어셈블리 위에 거리를 두고서 비접촉 위치에 웨이퍼를 배치한다
520
센서들로 웨이퍼의 위치를 측정하고 제1 집합의 가스 포트들로 웨이퍼의 위치를 제어하기 위해, 폐쇄 루프 제어 시스템을 이용한다
530
웨이퍼 위치의 제어를 유지하면서, 제2 집합의 가스 포트들을 이용하여 웨이퍼를 회전시킨다
540
노치가 X 및 Y 센서의 시야를 통과하는 때에 기초하여 노치의 RPM을 결정한다
550
노치가 X 및 Y 센서의 시야를 통과할 것으로 예상되는 때를 계산하여, 포지셔닝 제어 루프의 혼란을 감소시킨다
560