



등록특허 10-2654656



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2024년04월05일
(11) 등록번호 10-2654656
(24) 등록일자 2024년04월01일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01N 21/95 (2006.01) *C25D 17/00* (2006.01)
C25D 17/06 (2006.01) *C25D 21/12* (2006.01)
- (52) CPC특허분류
G01N 21/9515 (2013.01)
C25D 17/001 (2020.08)
- (21) 출원번호 10-2020-7002536
- (22) 출원일자(국제) 2018년06월27일
심사청구일자 2021년06월24일
- (85) 번역문제출일자 2020년01월28일
- (65) 공개번호 10-2020-0014440
- (43) 공개일자 2020년02월10일
- (86) 국제출원번호 PCT/US2018/039827
- (87) 국제공개번호 WO 2019/006009
국제공개일자 2019년01월03일

(30) 우선권주장
15/638,131 2017년06월29일 미국(US)

(56) 선행기술조사문현
JP2014196555 A*
(뒷면에 계속)

전체 청구항 수 : 총 18 항

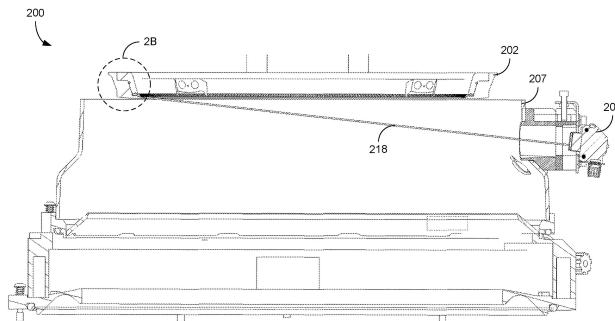
심사관 : 한별

(54) 발명의 명칭 웨이퍼 홀딩 장치 상의 도금의 리모트 검출

(57) 요 약

전기도금 장치의 기판 홀더의 원치 않은 금속 증착물들의 존재 또는 부재를 검출하기 위한 방법들 및 장치가 본 명세서에 기술된다. 다양한 실시예들에서, 도금 센서가 원치 않은 금속 증착물을 검출하도록 사용된다. 도금 센서는 측정하는 영역 (예를 들어, 센서 타깃 영역)으로부터 상대적으로 멀리 장착될 수도 있다. 예를 들어, 도금 센서는 (드립 차폐부 상에 장착되는 일부 경우들에서) 전기도금 장치의 일 측면 상에 있을 수도 있고, 센서 타깃 영역은 전기도금 장치의 반대편 측면 상에 있을 수도 있다. 이러한 방식으로, 도금 센서는 전기도금 장치에 걸쳐 측정할 수 있다. 이 배치는 도금 센서에 대해 상대적으로 깊은 깊이의 포커스를 제공하고, 도금 센서와 전기도금 화학물질 사이에 어느 정도의 물리적 분리를 제공한다. 이를 두 요인들은 보다 신뢰할 수 있는 검출 결과들을 야기한다.

대 표 도



(52) CPC특허분류

C25D 17/06 (2013.01)

C25D 21/12 (2013.01)

(72) 발명자

마르체티, 제이슨 다니엘

미국, 97062 오리건, 투알라틴, 사우스웨스트 86번
째 애비뉴 21029

메이어, 스티븐 티.

미국, 97002 오리건, 오로라, 노스이스트 벤츠 로
드 23256

지브리다, 제임스 알.

미국, 97219 오리건, 포틀랜드, 사우스웨스트 베스
타 스트리트 4017

(56) 선행기술조사문헌

US20120261254 A1*

US20130256146 A1*

JP3937206 B2

US20090033889 A1

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

명세서

청구범위

청구항 1

전기도금 동안 전해질을 훌딩하도록 구성된 전해질 용기;

전기도금 동안 기판을 지지하도록 구성된 기판 홀더로서, 상기 기판 홀더는 환형으로 성형되고 주변부에서 상기 기판을 지지하고, 상기 기판 홀더는 센서 타깃 영역을 포함하고, 상기 기판 홀더는 컵 및 립 시일 (lip seal) 을 포함하고, 상기 컵은 하단 표면 및 내측 벽을 포함하고, 상기 립 시일은 상기 컵의 상기 내측 벽의 상단부에 포지셔닝되는, 상기 기판 홀더; 및

상기 센서 타깃 영역을 목표로 하는 광원을 포함하는 도금 센서로서, 상기 도금 센서는 (i) 원치 않은 금속 증착물들이 존재하는 상기 센서 타깃 영역 상의 영역들과 (ii) 원치 않은 금속 증착물들이 존재하지 않는 상기 센서 타깃 영역 상의 영역들 사이를 구별하는, 상기 도금 센서를 포함하고,

상기 센서 타깃 영역은 상기 립 시일 상에 또는 상기 컵의 상기 내측 벽 상에 있는 전기도금 장치.

청구항 2

삭제

청구항 3

삭제

청구항 4

삭제

청구항 5

제 1항에 있어서,

상기 센서 타깃 영역은 상기 컵의 상기 내측 벽 및 상기 립 시일 모두 상에 있는, 전기도금 장치.

청구항 6

제 1 항 및 제 5 항 중 어느 한 항에 있어서,

드립 차폐부를 더 포함하고, 상기 도금 센서는 상기 드립 차폐부 상에 포지셔닝되는, 전기도금 장치.

청구항 7

제 6 항에 있어서,

상기 드립 차폐부는 벽 및 중앙 개구부를 포함하고, 중앙 개구부를 통해 상기 기판 홀더가 피팅하는 (fit), 전기도금 장치.

청구항 8

제 1 항 및 제 5 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 도금 센서는 컬러 기반 센서, 강도 기반 센서, 또는 카메라인, 전기도금 장치.

청구항 9

제 1 항 및 제 5 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 기판 홀더 위에 피팅하는 정렬 픽스처 (alignment fixture) 를 더 포함하고, 상기 정렬 픽스처는 제 1 부분 및 제 2 부분을 포함하고, 상기 제 1 부분 및 상기 제 2 부분은 상기 도금 센서에 의해 측정된 특성에 대해

서로 구별가능한, 전기도금 장치.

청구항 10

제 9 항에 있어서,

상기 기판 홀더는 컵 및 립 시일을 포함하고, 상기 컵은 하단 표면 및 내측 벽을 포함하고, 상기 립 시일은 상기 컵의 상기 내측 벽의 상단부에 포지셔닝되고, 상기 정렬 핀스처의 상기 제 1 부분은, 상기 도금 센서가 상기 립 시일 상의 금속 증착물들의 존재 또는 부재를 검출하도록 상기 립 시일에 근접한, 전기도금 장치.

청구항 11

제 9 항에 있어서,

상기 기판 홀더는 컵 및 립 시일을 포함하고, 상기 컵은 하단 표면 및 내측 벽을 포함하고, 상기 립 시일은 상기 컵의 상기 내측 벽의 상단부에 포지셔닝되고, 상기 정렬 핀스처의 상기 제 1 부분은, 상기 도금 센서가 상기 컵의 상기 내측 벽 상의 금속 증착물들의 존재 또는 부재를 검출하도록 상기 컵의 상기 내측 벽에 근접한, 전기도금 장치.

청구항 12

제 1 항 및 제 5 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 센서 타깃 영역을 건조하는 건조기를 더 포함하는, 전기도금 장치.

청구항 13

제 12 항에 있어서,

상기 도금 센서를 사용하여 상기 원치 않은 금속 증착물들의 존재 또는 부재를 검출하기 전에 상기 센서 타깃 영역을 건조시키도록 실행가능한 인스트럭션들을 갖는 제어기를 더 포함하는, 전기도금 장치.

청구항 14

제 1 항 및 제 5 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 기판 홀더는 상기 도금 센서에 대해 회전가능한, 전기도금 장치.

청구항 15

제 1 항에 있어서,

상기 센서 타깃 영역으로 유체를 전달하도록 구성된 유입구를 더 포함하는, 전기도금 장치.

청구항 16

제 15 항에 있어서,

상기 도금 센서가 상기 센서 타깃 영역의 상기 원치 않은 금속 증착물들의 존재 또는 부재를 검출하기 위해 사용된 후 그리고 상기 전기도금 장치가 새로운 기판을 전기도금하기 위해 사용되기 전 유체로 상기 센서 타깃 영역을 웨팅시키도록 (wet) 실행가능한 인스트럭션들을 갖는 제어기를 더 포함하는, 전기도금 장치.

청구항 17

전기도금 장치를 위한 드립 차폐부에 있어서,

전기도금 장치 내 전해질 용기와 실질적으로 유사한 직경을 갖는 주변 벽;

중앙 개구부로서, 이를 통해 상기 전기도금 장치의 기판 홀더가 피팅할 수 있고, 상기 중앙 개구부는 상기 주변 벽에 의해 구획되는, 상기 중앙 개구부; 및

상기 주변 벽 상에 장착된 도금 센서를 포함하는, 드립 차폐부.

청구항 18

제 17 항에 있어서,

상기 드립 차폐부는 상기 도금 센서에 근접한 셔터를 포함하고, 상기 셔터는 상기 전기도금 장치의 상기 전해질 용기로부터 상기 도금 센서를 물리적으로 분리하도록 닫힐 수 있는, 드립 차폐부.

청구항 19

제 17 항에 있어서,

상기 드립 차폐부는 상기 도금 센서에 근접한 원도우를 포함하고, 상기 도금 센서는 상기 드립 차폐부의 상기 원도우를 통해 센싱할 수 있는, 드립 차폐부.

청구항 20

제 17 항에 있어서,

상기 드립 차폐부는 상기 도금 센서에 근접한 상기 주변 벽 내에 주변 개구부를 포함하고, 상기 도금 센서는 상기 주변 개구부를 통해 센싱할 수 있는, 드립 차폐부.

청구항 21

전기도금 장치의 기판 홀더 상의 원치 않은 금속 증착물의 존재 또는 부재를 검출하는 방법에 있어서,

검출 포지션에 기판 홀더를 포지셔닝하는 단계로서, 상기 기판 홀더는 센서 타깃 영역을 포함하는, 상기 기판 홀더를 포지셔닝하는 단계;

상기 센서 타깃 영역 내 원치 않은 금속 증착물의 존재 또는 부재를 검출하기 위해 광원을 포함하는 도금 센서를 동작시키는 단계로서, 상기 도금 센서 및 상기 센서 타깃 영역은 상기 도금 센서의 가시선이 상기 전기도금 장치를 가로질러 연장하도록 상기 전기도금 장치의 마주보는 측면들 상에 포지셔닝되는, 상기 도금 센서를 동작시키는 단계를 포함하는, 원치 않은 금속 증착물의 존재 또는 부재를 검출하는 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001]

관련 출원들에 대한 교차 참조

[0002]

본 출원은 2017년 6월 29일 출원되고, 명칭이 "REMOTE DETECTION OF PLATING ON WAFER HOLDING APPARATUS"인 미국 특허 출원 번호 제 15/638,131 호의 우선권 및 이점을 주장하고, 이는 전체 내용이 모든 목적들을 위해 본 명세서에 참조로서 인용된다.

배경 기술

[0003]

반도체 제조 및 프로세싱에서 최근의 발전들은 반도체 디바이스들 상에 다양한 재료들을 증착하기 위해 전기도금의 증가된 사용을 야기하였다. 이러한 재료들은 전기도금된 구리, 니켈, 및 주석-은 합금들을 포함한다.

발명의 내용

[0004]

본 명세서의 특정한 실시예들은 전기도금 장치의 기판 홀더 상의 원치 않은 금속 증착물의 존재 또는 부재를 검출하기 위한 방법들, 장치, 및 드립 차폐부에 관한 것이다.

[0005]

본 명세서의 실시예들의 일 양태에서, 전기도금 장치가 제공되고, 장치는 전기도금 동안 전해질을 훌덩하도록 구성된 전해질 용기; 전기도금 동안 기판을 지지하도록 구성된 기판 홀더; 및 센서 타깃 영역을 목표로 하는 광원을 포함하는 도금 센서를 포함하고, 기판 홀더는 환형으로 성형되고 주변부에서 기판을 지지하고, 기판 홀더는 센서 타깃 영역을 포함하고, 도금 센서는 (i) 원치 않은 금속 증착물들이 존재하는 센서 타깃 영역 상의 영역들과 (ii) 원치 않은 금속 증착물들이 존재하지 않는 센서 타깃 영역 상의 영역들 사이를 구별한다.

[0006]

다양한 실시예들에서, 기판 홀더는 컵 및 립 시일 (lip seal)을 포함하고, 컵은 하단 표면 및 내측 벽을 포함하고, 립 시일은 컵의 내측 벽의 상단부에 포지셔닝된다. 일부 이러한 경우들에서, 센서 타깃 영역은 립 시일 상에 있다. 다른 경우들에서, 센서 타깃 영역은 컵의 내측 벽 상에 있다. 특정한 경우들에서, 센서 타깃 영역

은 컵의 내측 벽 및 립 시일 모두 상에 있다.

[0007] 전기도금 장치는 드립 차폐부를 더 포함할 수도 있다. 도금 센서는 드립 차폐부 상에 포지셔닝될 수도 있다. 드립 차폐부는 벽 및 중앙 개구부를 포함할 수도 있고, 중앙 개구부를 통해 기판 홀더가 피팅된다. 이 벽은 중앙 개구부를 구획하는 주변 벽일 수도 있다. 특정한 실시예에서, 장치는 드립 차폐부를 포함하고, 도금 센서는 드립 차폐부 상에 포지셔닝된다. 이들 또는 다른 경우들에서, 드립 차폐부는 벽 및 중앙 개구부를 포함할 수도 있고, 중앙 개구부를 통해 기판 홀더가 피팅된다. 도금 센서는 다양한 타입들의 센서들일 수도 있다. 예를 들어, 도금 센서는 컬러 기반 센서, 강도 기반 센서, 또는 카메라일 수도 있다.

[0008] 일 실시예에서, 전기도금 장치는 기판 홀더 위에 피팅하는 정렬 픽스처 (alignment fixture) 를 더 포함하고, 정렬 픽스처는 제 1 부분 및 제 2 부분을 포함하고, 제 1 부분 및 제 2 부분은 도금 센서에 의해 측정된 특성에 대해 서로 구별가능하다. 일부 이러한 실시예들에서, 기판 홀더는 컵 및 립 시일을 포함하고, 컵은 하단 표면 및 내측 벽을 포함하고, 립 시일은 컵의 내측 벽의 상단부에 포지셔닝되고, 정렬 픽스처의 제 1 부분은, 도금 센서가 립 시일 상의 금속 증착물들의 존재 또는 부재를 검출하도록 립 시일에 근접한다. 또 다른 실시예에서, 기판 홀더는 컵 및 립 시일을 포함하고, 컵은 하단 표면 및 내측 벽을 포함하고, 립 시일은 컵의 내측 벽의 상단부에 포지셔닝되고, 정렬 픽스처의 제 1 부분은, 도금 센서가 컵의 내측 벽 상의 금속 증착물들의 존재 또는 부재를 검출하도록 컵의 내측 벽에 근접한다.

[0009] 전기도금 장치는 센서 타깃 영역을 건조하는 건조기를 더 포함할 수도 있다. 일부 이러한 경우들에서, 전기도금 장치는 도금 센서를 사용하여 원치 않은 금속 증착물들의 존재 또는 부재를 검출하기 전에 센서 타깃 영역을 건조시키도록 실행가능한 인스트럭션들을 갖는 제어기를 더 포함할 수도 있다. 이들 또는 다른 경우들에서, 기판 홀더는 도금 센서에 대해 회전가능할 수도 있다. 다수의 실시예들에서, 전기도금 장치는 센서 타깃 영역으로 유체를 전달하도록 구성된 유입구를 포함한다. 일부 이러한 경우들에서, 전기도금 장치는 도금 센서가 센서 타깃 영역의 원치 않은 금속 증착물들의 존재 또는 부재를 검출하기 위해 사용된 후 전기도금 장치가 새로운 기판을 전기도금하기 위해 사용되기 전 유체로 센서 타깃 영역을 웨팅시키도록 (wet) 실행가능한 인스트럭션들을 갖는 제어기를 더 포함할 수도 있다.

[0010] 본 명세서의 실시예들의 또 다른 양태에서, 전기도금 장치를 위한 드립 차폐부가 제공되고, 드립 차폐부는 전기도금 장치 내 전해질 용기와 실질적으로 유사한 직경을 갖는 주변 벽; 중앙 개구부로서, 이를 통해 전기도금 장치의 기판 홀더가 피팅할 수 있고, 중앙 개구부는 주변 벽에 의해 구획되는, 중앙 개구부; 및 주변 벽 상에 장착된 도금 센서를 포함한다.

[0011] 일부 실시예들에서, 드립 차폐부는 도금 센서에 근접한 셔터를 포함하고, 셔터는 전기도금 장치의 전해질 용기로부터 도금 센서를 물리적으로 분리하도록 닫힐 수 있다. 일부 경우들에서, 드립 차폐부는 도금 센서에 근접한 윈도우를 포함하고, 도금 센서는 드립 차폐부의 윈도우를 통해 센싱할 수 있다. 일부 구현예들에서, 드립 차폐부는 도금 센서에 근접한 주변 벽 내에 주변 개구부를 포함하고, 도금 센서는 주변 개구부를 통해 센싱할 수 있다.

[0012] 개시된 실시예들의 또 다른 양태에서, 전기도금 장치의 기판 홀더 상의 원치 않은 금속 증착물의 존재 또는 부재를 검출하는 방법이 제공되고, 방법은 검출 포지션에 기판 홀더를 포지셔닝하는 단계 및 센서 타깃 영역 내 원치 않은 금속 증착물의 존재 또는 부재를 검출하기 위해 광원을 포함하는 도금 센서를 동작시키는 단계를 포함하고, 기판 홀더는 센서 타깃 영역을 포함하고, 도금 센서 및 센서 타깃 영역은 도금 센서의 가시선이 전기도금 장치를 가로질러 연장하도록 전기도금 장치의 마주보는 측면들 상에 포지셔닝된다.

[0013] 이를 및 다른 특징들은 연관된 도면들을 참조하여 이하에 기술될 것이다.

도면의 간단한 설명

[0014] 도 1은 상부에 원치 않은 금속 증착물을 갖는 전기도금 장치의 기판 홀더를 예시한다.

도 2a는 도금 센서가 설치된 전기도금 장치의 부분의 단순화된 도면을 도시한다.

도 2b는 기판 홀더의 확대된 단면도를 도시하고, 도 2c는 도 2b의 기판 홀더의 확대된 전면도를 도시한다.

도 3a는 상부에 설치된 도금 센서 및 세정 암을 갖는 전기도금 장치의 일부를 예시하고, 세정 암은 건조기를 포함한다.

도 3b는 도 3a에 도시된 세정 암 및 건조기의 확대도를 도시한다.

도 4a는 특정한 실시예들에 따른, 전면도를 도시하고, 도 4b는 도금 센서와 조합하여 사용될 수도 있는 정렬 핀스처의 측면도를 도시한다.

도 4c는 기판 홀더의 컵 위에 설치된 도 4a 및 도 4b에 도시된 정렬 핀스처의 측면도를 예시한다.

도 4d는 도 4a 내지 도 4c에 도시된 정렬 핀스처와 정렬된 도금 센서를 예시하는 전기도금 장치의 부분의 평면도이다.

도 5는 특정한 실시예들에 따른, 기판 홀더 상의 원치 않은 금속 증착물들의 존재 또는 부재를 검출하는 방법을 기술하는 플로우 차트이다.

도 6a 및 도 6b는 전기도금 장치, 구체적으로 상부에 도금 센서가 설치된 드립 차폐부의 일부를 도시한다.

도 7a 및 도 7b는 본 명세서에 기술된 방법들이 기판 홀더 상의 원치 않은 금속 증착물들의 존재 또는 부재 (뿐만 아니라 정도) 를 검출하기 위해 신뢰할 수 있게 사용될 수 있다는 것을 입증하는 실험적 결과들을 제공한다.

도 8은 전기도금 장치의 단순화된 도면을 도시한다.

도 9 및 도 10은 멀티-스테이션 전기도금 장치들의 평면도들을 도시한다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0015]

본 명세서에서, 용어들 "반도체 웨이퍼", "웨이퍼", "기판", "웨이퍼 기판" 및 "부분적으로 제조된 접적 회로" 가 상호교환가능하게 사용된다. 당업자는 용어 "부분적으로 제조된 접적 회로"가 상부에서 접적 회로 제조의 임의의 많은 단계들 동안 실리콘 웨이퍼를 지칭할 수 있다는 것을 이해할 것이다. 반도체 디바이스 산업체에서 사용된 웨이퍼 또는 기판은 통상적으로 200 mm, 또는 300 mm, 또는 450 mm의 직경을 갖는다. 또한, 용어들 "전해질", "도금 욕 (plating bath)", "욕" 및 "도금 용액"은 상호교환가능하게 사용된다. 이하의 상세한 기술은 실시예들이 웨이퍼 상에서 구현된다고 가정한다. 그러나, 실시예들은 그렇게 제한되지 않는다. 워크피스는 다양한 형상들, 사이즈들, 및 재료들일 수도 있다. 반도체 웨이퍼들에 더하여, 개시된 실시예들의 장점을 취할 수도 있는 다른 워크피스들이 인쇄 회로 기판들, 자기 기록 매체, 자기 기록 센서들, 미러들, 광학 엘리먼트들, 마이크로-기계 디바이스들, 등과 같은 다양한 물품들을 포함한다.

[0016]

이하의 기술에서, 다수의 구체적인 상세들이 제시된 실시예들의 완전한 이해를 제공하도록 언급된다. 개시된 실시예들은 이들 구체적인 상세들 중 일부 또는 전부가 없이 실시될 수도 있다. 다른 예들에서, 공지의 프로세스 동작들은 개시된 실시예들을 불필요하게 모호하게 하지 않도록 상세히 기술되지 않았다. 개시된 실시예들이 구체적인 실시예들과 함께 기술될 것이지만, 이는 개시된 실시예들을 제한하도록 의도되지 않는다는 것이 이해될 것이다.

[0017]

본 명세서의 논의는 컵 및 립 시일로 구성된 기판 홀더들에 초점을 두지만, 다른 장치들이 사용될 수도 있다. 일반적으로, 용어들 "컵 하단부" 또는 "기판 홀더 하단부"가 본 명세서에서 사용될 때, 이들 용어들은 도면들에 도시된 바와 같이, 웨이퍼 홀더가 컵으로 구성되는지 여부와 무관하게, 임의의 웨이퍼 홀더의 하단부를 커버하는 것으로 의도된다. 웨이퍼 홀더의 하단 표면은 일반적으로 전기도금 용액을 대면하는 웨이퍼 홀더의 측면이다. 이는 통상적으로 도금될 기판의 면과 실질적으로 동일한 방향으로 배향되고, 보통 웨이퍼에 대해 겉보기에 평면형이다. 웨이퍼 홀더의 컵은 또한 기판 홀더의 하단 표면으로부터, 수직으로 또는 비스듬히 (at angle) 상향으로 연장할 수도 있는, 내측 벽 (때때로 내측 표면으로 지칭됨) 을 포함할 수도 있다. 내측 벽은 기판의 직경보다 약간 작은 직경을 갖는, 환형 형상을 가질 수도 있다. 통상적으로, 기판 홀더는 (기판 홀더가 기판의 에지들을 지지하도록) 기판의 주변 부분 둘레에 포지셔닝되고, 기판으로부터 방사상으로 외측으로 연장한다. 본 명세서에 사용된 바와 같이, 용어 립 시일은 일반적으로 웨이퍼의 에지와 인케이지하고 (engage) 웨이퍼의 전체 도금 면이 전기도금 용액에 노출되는 동안 전기도금 용액으로부터 (웨이퍼에 연결하기 위한 전기적 콘택트들을 포함하여) 웨이퍼 홀더의 내부를 보호하는 시일을 생성하는 웨이퍼 홀더의 부분을 지칭한다. 립 시일은 기판 홀더의 컵의 내측 벽의 상단부에 위치될 수도 있다. 다양한 립 시일 설계들 중 임의의 설계가 사용될 수도 있다.

[0018]

간결성 및 명확함을 위해, 본 명세서의 대부분의 예들은 하향-대면-웨이퍼, "분수형 (fountain)" 도금 장치에 관한 것이다. 이러한 장치에서, 도금될 워크피스 (통상적으로 반도체 웨이퍼 또는 다른 기판) 는 일반적으로 (일부 경우들에서 전체 도금 프로세스 동안 또는 전체 도금 프로세스의 일부분 동안 정확한 수평으로부터 수 ° 가변할 수도 있는) 실질적으로 수평 배향을 갖고 도금 동안 회전하도록 전력공급될 수도 있어서, 일반적으로 수

직으로 상향 전해질 대류 패턴을 산출한다. 웨이퍼의 중심으로부터 에지로 충돌하는 플로우 질량의 통합, 뿐만 아니라 웨이퍼의 에지에서 중심에 비해 고유한 보다 높은 각속도는 방사상으로 증가하는 돌아가는 (sheering) (웨이퍼 평행) 플로우 패턴을 생성한다. 컵 및 콘 배치를 갖는 클램쉘-타입 전기도금 장치는 전기도금 전 그리고 전기도금 동안 웨이퍼들을 제자리에 홀딩하도록 빈번하게 사용된다. 클램쉘 및 분수 도금 셀들/장치의 예들은 CA, Fremont 소재의 Lam Research, Inc.에 의해 생산되고 입수가능한 Sabre® 전기도금 시스템군에 포함된다. 부가적으로, 클램쉘 분수 전기도금 시스템들은 예를 들어, 2001년 8월 10일 출원된 미국 특허 제 6,800,187 호 및 2010년 2월 11일에 출원된 미국 특허 제 8,308,931 호에 기술되고, 전체 내용이 본 명세서에 참조로서 인용된다. 본 명세서의 기술은 주로 국부적인 지구의 표면의 평면에 평행한, 하향 대면하는 웨이퍼 및 홀더의 배향에 초점을 두지만, 지구 표면에 비스듬하거나 직교하는 다른 배향들이 배제되지 않고 또한 구상 된다는 것이 이해된다.

[0019] 더욱이, 본 명세서의 논의 및 예들은 일반적으로 주석/은 축적 (buildup) 의 검출에 초점을 두지만, 실시예들은 검출기가 포커싱되는 영역의 임의의 재료의 존재를 검출하도록 실시될 수도 있다.

기판 홀더 상의 원치 않은 금속 증착물들

[0021] 립 시일들 및 컵 하단부들 상의 의사 (spurious) 금속 증착물들과 연관된 문제들은 웨이퍼들이 이러한 도금에 의해 특히 영향을 받을 것 같은, 웨이퍼들의 에지 근방에 점점 더 많은 피쳐들을 갖게 설계될 때 악화된다. 또한, 에지 근방 피쳐들의 존재는 웨이퍼 홀더들 및 시일들 상의 의사 증착물들의 생성을 촉진한다. 에지 근방 피쳐들과 립 시일 도금 사이의 간섭이 에지 근방의 피쳐들의 밀도가 높을 때 훨씬 보다 크다. 보다 많은 에지 근방 피쳐들을 향한 구동은 단일 웨이퍼로부터 획득될 수 있는 반도체 디바이스들의 수를 최대화하려는 요구로부터 발생된다.

[0022] 본 명세서에 제시된 예들에서, 전기도금 장치는 도금 동안 웨이퍼를 지지하기 위한 컵을 포함한다. 컵은 웨이퍼의 외주부 (outer periphery) 를 지지함으로써 웨이퍼를 제자리에 홀딩한다. 따라서 컵은 중심에 큰 개구부를 갖고, 개구부는 웨이퍼의 직경보다 약간 작은 직경을 갖는다. 도 1은 컵 (102) 을 포함하는 웨이퍼 포지셔닝 시스템 (101) 을 도시한다. 특정한 경우들에서, 컵 (102) 은 비-부착 특성들을 갖는 재료, 예컨대 PVDF (polyvinlylidene fluoride, 예를 들어, France, Colombes 소재의 Arkema로부터 Kynar®) 또는 PTFE (polytetrafluorethylene, 예를 들어, DE, Wilmington 소재의 Dupont으로부터 Teflon®), 규소 수지 (silicones), 또는 실리콘 및 산소 유리-유사 세라믹 비-부착성 재료들 예컨대 Cuisinart의 "Ceramica™" 또는 Thermolon™로 코팅될 수도 있다.

[0023] 일 예에서, 컵 (102) 은 하단 표면 (103) 및 내측 벽 (104) (내측 표면 (104) 으로 또한 지칭됨) 을 포함한다. 내측 벽 (104) 은 컵 (102) 의 하단 표면 (103) 에 대해 수직으로 배향, 실질적으로 수직일 수도 있다. 내측 벽 (104) 은 또한 비-수직 각도로 배향될 수도 있다. 내측 벽 (104) 은 특정한 경우들에서 약 1.0 내지 1.5 mm 의 높이를 가질 수도 있다. 립 시일 (105) 이 내측 벽 (104) 의 상단부에 포지셔닝되고, 주변 시일을 형성하는 도금 동안 웨이퍼와 인계이지된다. 립 시일 (105) 은 특정한 실시예들에서 약 0.75 내지 1.5 mm의 높이를 가질 수도 있다. 전기도금 동안, 립 시일 (105) 은 립 시일 (105) 의 방사상 외부에 위치되는 전기적 콘택트들 (미 도시) 을 보호한다. 컵의 내측 벽 (104) 의 하단부에서, 컵 (102) 은 수평으로 방사상 외측으로 (웨이퍼에 방사상 외측으로 그리고 평행하게) 연장한다. 이 수평 표면은 컵 (102) 의 하단 표면 (103) 이다.

[0024] 컵 자체 상의 원치 않은 도금이 컵 (102) 이 립 시일 (105) 과 만나는 컵의 내측 벽 (104) 상에서 처음으로 시작되지만, 도금은 이 내측 벽 (104) 아래로, 컵 (102) 의 코너부 둘레, 및 컵 (102) 의 하단 표면 (103) 상에서 방사상 외측으로 진행할 수 있다. 원치 않은 금속 증착물이 엘리먼트 (106) 로 도시된다. 원치 않은 금속 증착물 (106) 이 하단 표면 (103) 에 도달할 때, 상당한 제작 결함들이 발생할 수 있고, 컵 (102) 의 하단 표면 (103) 상에 도금되는 동안 프로세싱되는 웨이퍼들은 종종 손상되거나 매우 낮은 수율을 갖는다. 컵 하단 도금으로 전이 및 성장은 립 시일 (105) 와 비교하여, 컵 (102) 상 (특히 하단 표면 (103)) 에 금속이 보다 쉽게 접착된다는 사실에 부분적으로 기인한다. 하단 표면 (103) 및 컵 (102) 의 다른 부분들은 금속이 이 표면으로 부착하는 것을 방해하는 것을 보조하도록 플루오르화된 폴리머 코팅 (예를 들어, polytetrafluoroethylene, PTFE) 과 같은 비-부착성 코팅들로 코팅될 수도 있지만, 증착물들은 간간이 (from time to time) 하단 표면 (103) 상에 여전히 형성될 수 있다. 많은 경우들에서, 일단 하단 표면 (103) 상에 도금이 발생하기 시작하면, 증착 레이트는 실질적으로 상승하고 증착은 신속하게 제어를 벗어나게 될 수 있고 전체 하단 표면 (103) 을 도금할 수 있다.

- [0025] 주석-은 합금들이 종종 반도체 제작 프로세스들의 종점 (예를 들어, 주석-은 납땜 콘택트들) 을 향해 증착되기 때문에, 주석-은 증착 프로세스에 사용된 웨이퍼들은 통상적으로 매우 고가이고, 전체 생산 프로세스에서 이 지점에 도달하기 전에 많은 프로세싱 동작들을 거친다. 따라서, 기판 훌더 상의 도금을 검출하는 것의 실패 (저수율 또는 명세를 벗어난 웨이퍼들의 제조를 야기할 수도 있음) 는 특히 비용이 많이 들 수 있다.
- [0026] 특정한 이론에 얹매이지 않고, 주석-은 합금의 의사 증착은 적어도 부분적으로, 원자 주석 대 원자 은의 환원 전위들을 상당히 다르게 하는, 결과로서 발생한다고 여겨진다. 더욱이, 의사 증착물들의 성장은 먼저 립 시일 웨이퍼 계면에서 (은 함량이 거의 없는) 주석의 도금에 의해 발생하고, 이어서 립 시일 및 컵의 표면 상의 변위 반응 ($\text{Sn} + 2\text{Ag}^+ \rightarrow \text{Sn}^{2+} + 2\text{Ag}$) 을 통해, (+2의 산화 상태를 갖는) 모든 주석 원자에 대한 (+1의 산화 상태를 갖는) 2 개의 은 원자들의 치환 및 의사 막의 체적의 대응하는 성장을 발생시킨다고 여겨진다. 다시 한번, 특정한 이론에 얹매이지 않고, 상당히 상이한 환원 전위, 예를 들어, 약 100 mV 이상보다 큰 환원 전위 차를 갖는, 금속들로부터 형성된 다른 금속 또는 합금 증착물들이 전기도금 어셈블리의 립 시일 및 컵 상의 의사 금속성 증착을 수반하는 동일하거나 유사한 문제들을 야기할 수도 있다고 여겨진다.
- [0027] 컵의 하단부 및 내측 표면들 상의 금속 증착물들은 (1) 전류 및 전위 분포의 국부적인 변동들로 인해 원치 않은 증착물 근방 영역의 국부적인 불균일도들, 뿐만 아니라 (2) 전체 웨이퍼 위에 증착된 막의 평균 두께의 감소 모두를 야기할 수 있다. 따라서 수율 손실은 부유 (stray) 금속성 입자들의 생성과 관련될 뿐만 아니라, 웨이퍼 자체에 도금을 의도하는 전하의 소기 (scavenging) 또는 "전류 싱크 (current sinking)"로 인한 것이다. 제 1 영향은 전류가 기판의 에지 근방의 피처들로부터 컵의 하단부 및 내측 표면들로 국부적으로 인출되기 때문에, 주변에 원치 않은 도금이 발생하는 웨이퍼 상의 영역들에 대체로 국부적이고, 에지 근방 피처들을 목표된 것보다 얇게 한다. 컵 상의 원치 않은 도금 정도가 상승하여, (전체 웨이퍼 위에 목표된 평균 도금 두께보다 얇은) 제 2 영향이 컵 자체 상에 도금된 전류의 총량이 전체 웨이퍼를 도금하기 위해 필요한 전류의 총량에 비해 상당해지기 때문에 발생하고, 따라서 웨이퍼 상에 도금된 피처들의 평균 두께는 타깃 평균 두께 아래로 떨어진다.
- [0028] 보다 적은 양의 개방 면적 (전기도금이 목표되는 영역들) 을 갖는 기판들이 보다 많은 양의 개방 면적을 갖는 기판들과 비교하여 기판 훌더들 상의 원치 않은 도금의 존재에 보다 센서티브하다 (sensitive). 이들 저 개방 면적/저 피처 밀도 기판들은 목표된 기판 도금 면적에 대한 컵 상의 원치 않은 도금 면적의 비가 상대적으로 높다는 사실로 인해 보다 센서티브하다. 달리 말하면, 전류가 기판으로 전달되어야 하는 면적이 작기 때문에, 원치 않은 도금이 컵 상에 존재할 때 이 전류의 상당한 양을 재지향시키는 것이 쉽다. 반대로, 고 개방 면적/고 피처 밀도 기판들에 대해, 전류가 전달되도록 목표되는 면적이 보다 크다. 이와 같이, 컵 상의 원치 않은 도금의 개시는 웨이퍼로 전달된 전류의 상대적으로 보다 적은 부분을 인출할 것이다. 두 경우들에서, 타깃 균일도 또는 평균 두께로 도금되지 않는 웨이퍼들을 프로세싱하는 것을 방지하기 위해 가능한 신속하게 소량의 도금을 즉시 검출하는 것이 유리하다.
- [0029] 상기 열거된 두 도금 문제들에서, 금속 증착물이 (목표된) 웨이퍼의 표면으로부터의 전류를 효과적으로 소기하고, 금속 증착물 자체로 전류를 재지향시키기 때문에 (바람직하지 않게) 웨이퍼 표면에 상대적으로 저 I/O 카운트 범프들의 형성과 같은 많은 주석/은 증착 프로세스들에서, 웨이퍼 상의 개방 영역 (예를 들어, 전류가 지향되도록 의도되고 도금이 발생하는 영역) 의 양은 매우 작을 수 있다 (예를 들어, 웨이퍼의 면의 약 0.5 내지 3 %). 따라서, 컵 상의 금속성 증착물의 사이즈와 비슷할 수도 있는, 웨이퍼 상의 상당히 작은 면적으로 지향된다. 부분적으로, 이들 두 영역들이 사이즈가 비슷하기 때문에, 웨이퍼 상의 개방 영역들로 지향되어야 하는, 비례하여 많은 양의 전류가 대신 컵 상의 증착물로 지향된다. 따라서, 컵의 하단부 또는 내측 표면 상의 소량의 도금의 형성 조차 이 피처 둘레의 웨이퍼의 도금에 상당히 영향을 줄 수 있다. 게다가, 증착물이 충분히 크다면, 웨이퍼 상의 전체 도금된 두께에 영향을 줄 수 있다. 물론, 이는 웨이퍼 상의 많은 다이들 또는 모든 다이들의 고장을 유발할 수 있다. 300 μm 웨이퍼를 지지하기 위한 컵의 하단 표면의 면적은 통상적으로 대략 200 cm^2 이다. 300 μm 웨이퍼의 노출된 면적은 약 700 cm^2 이다. 300 μm 웨이퍼가 작은 부분, 예를 들어, 웨이퍼 표면의 1 %을 노출하기 위해 마스킹된다면, 웨이퍼 상의 도금 면적은 약 7 cm^2 이다. 컵 하단부의 매우 작은 부분, 예를 들어 컵 하단부의 약 0.5 %, 또는 약 1x1 cm 세그먼트 (1 cm^2) 만이 도금되게 되면, 웨이퍼 상의 도금의 평균 레이트는 상당량, 예를 들어 약 14 % ($100*1 \text{ cm}^2 / 7 \text{ cm}^2 = 14 \%$) 만큼 감소할 수 있다.
- [0030] 원치 않은 금속 증착물을 제거하기 위한 세정 프로세스들

[0031]

의사 주석/은 축적물이 개발된 문제들을 야기할 수 있기 때문에, 주석/은 중착물들이 검출되고 이어서 립 시일 및 컵 하단부로부터 제거 또는 세정되어 버리고, 또는 컵 하단부 및 립 시일이 교체되는 것이 중요하다. 상이한 세정 기법들이 원치 않은 중착물들을 제거하기 위해 사용될 수도 있다. 일부 경우들에서, 세정은 자동화 기반으로 이루어질 수도 있다. 다른 경우들에서, 세정은 수동으로 개시 및/또는 수행될 수도 있다. 기관 홀더를 세정하기 위한 예시적인 기법들은 이하의 미국 특허들 및 특허 출원들에 더 논의되고 기술되었고, 각각은 전체가 참조로서 본 명세서에 인용되었다: 미국 특허 제 9,221,081 호, 명칭 "AUTOMATED CLEANING OF WAFER PLATING ASSEMBLY"; 미국 특허 제 9,476,139 호, 명칭 "CLEANING ELECTROPLATING SUBSTRATE HOLDERS USING REVERSE CURRENT DEPLATING"; 및 2013년 3월 28일 출원된, 미국 특허 출원 번호 제 13/852,767 호, 명칭 "METHODS AND APPARATUSES FOR CLEANING ELECTROPLATING SUBSTRATE HOLDERS".

[0032]

일단 컵의 하단 표면 상에서 도금이 발생하면, 중착물은 종종 자동 세정 프로세스에 의해 제거될 수 없고, 대신 컵을 화학적으로 에칭하기 위해 (예를 들어, 중착물들을 수동으로 제거하기 위해 염화 수소와 함께 또는 염화 수소 없이 농축된 질산의 화학적 용액 혼합물을 사용하여) 딥핑 (dipping) 또는 수동으로 스윕핑 (swiping) 과 같이 상이한 프로세스를 통해 제거되어야 한다. 이와 같이, 컵의 하단 표면에 도달하도록 성장하기 전에 이러한 중착물들을 제거하는데 매우 유리하다.

[0033]

일부 실시예들에서, 세정 기법은 컵의 립 시일/하단 표면/내측 벽의 방향으로 세정 유체 (예를 들어, 탈이온수 또는 다른 세정 유체) 의 제트 (jet) 를 쏘는 (shooting) 것을 수반한다. 세정 유체는 기관 홀더 및 세정 유체 제트가 서로에 대해 회전하기 때문에 주석/은 축적물을 제거한다.

[0034]

다양한 상이한 세정제들/유체들이 사용될 수도 있다. 일부 실시예들에서, 세정제의 선택은 제거될 원치 않은 중착물들의 조성물에 종속될 것이다. 예를 들어, 원치 않은 주석-은 합금 중착물들의 제거는 주석 및 은 금속 및 염들 모두가 산화성 및/또는 용해성인 산화 산성 용액을 성공적으로 채용할 수도 있다. 따라서, 일부 실시예들에서, 세정제는 산 및/또는 산화제를 포함할 수도 있다. 주석-은 합금 중착물들을 제거하기 위해 적절한 세정제 또는 세정 용액의 특정한 예는 질산 용액이다. 이러한 용액은 예를 들어, 중량으로 (by weight) 약 5 %, 10 %, 15 %, 20 %, 25 %, 35 %, 또는 50 % 이상; 또는 이들 농도들 중 임의의 하나와 거의 같거나 이하; 또는 이들 농도들의 임의의 쌍으로 규정된 범위 내의 질산 농도를 가질 수도 있다. 일부 실시예들에서, 세정제/용액이 예를 들어, 상기 열거된 농도들 중 임의의 농도로 또는 상기 열거된 농도들의 범위를 내로 존재하는 두 산들과 질산 및 염산의 조합 (즉, 왕수 (aqua regia) 를 형성하기 위해) 과 같은 복수의 산들을 채용할 수도 있다. 그러나, 다른 산들 및 산들의 조합들은 또한 상기 열거된 농도들 중 임의의 농도 또는 열거된 농도들의 범위를 내로, 다시 채용될 수도 있다. 일부 실시예들에서, 세정제는 금속 착화제 및 통상적으로 제거될 중착물들을 형성하는 금속을 착화하는 능력을 위해 선택된 착화제일 수도 있다. 예를 들어, 세정제로서 선택된 착화제는 주석을 착화하기 때문에 수산염 이온일 수도 있다. 일부 실시예들에서, 은 착화제는 다양한 메르캅토-유도체 화합물들과 같은, 세정제로서 선택될 수도 있다.

[0035]

일 대안적인 세정 방법은 내부에 세정 유체를 갖는 세정 디스크를 회전시키는 것을 포함하고, 이 회전은 디스크 내 주변 포어들로부터 세정 유체 방사를 발생시킨다. 이어서 세정 용액은 원치 않은 중착물을 제거하기 위해 기관 홀더와 콘택트한다. 일부 실시예들에서, 디스크는 실질적으로 원형 상부 표면, 실질적으로 원형 하부 표면, 상부 표면과 하부 표면이 접합하는 (join) 실질적으로 원형 애지, 및 애지에 복수의 포어 개구부를 가질 수도 있다. 디스크는 디스크의 내부로 연장하는 내부 영역을 가질 수도 있다. 일부 실시예들에서, 포어들은 세정제가 세정제와 포어들의 내부 표면 사이의 접착력에 의해 포어들의 내부에 유지되도록 치수가 정해진다 (dimension). 이러한 세정 디스크를 사용하는 일 방법은 세정 디스크의 복수의 포어들 내로 세정제를 로딩하는 단계, 반도체 프로세싱 장치 내에 세정 디스크를 포지셔닝하는 단계, 및 장치의 엘리먼트들이 릴리즈된 (released) 세정제에 의해 콘택트되도록 디스크를 회전시키거나 복수의 포어들로부터 세정제를 릴리즈하도록 디스크를 조작하는 단계를 수반할 수도 있다. 따라서 이 세정 기법 및 장치는 상기 참조로서 인용된 미국 특허 제 9,221,081 호에 더 기술된다.

[0036]

또 다른 대안적인 자동 세정 기법은 역 전류 역 도금 (deplating) 을 수반한다. 이러한 세정은 정규 프로세싱 된 기관과 유사하게 전기도금 컵 내에 세정 (역 도금) 디스크를 포지셔닝을 수반한다. 세정 디스크의 전면 표면은 컵의 표면들 상의 중착물들로 전기적 접속부들을 형성하도록 내부식성 도전성 재료를 포함한다. 디스크는 컵 내에 시일링되고 도금 용액 내에 가라 앉는다. 이어서 역 전류 (즉, 기관 상에 재료를 도금하기 위해 통상적으로 사용된 전류와 반대인 전류) 가 중착물들의 역 도금을 개시하기 위해 디스크의 전면 도전성 표면에 인가된다. 컵 내 시일링 압축은 립 시일의 상이한 변형 (deformation) 을 유발하고 중착물들로의 새로운 전기적 접속부들을 형성하도록 세정 동안 변화될 수도 있다. 이 세정 기법은 상기 참조로서 인용된, 미국 특허 제

9,476,139 호에 더 기술된다.

[0037] 자동 세정이 구현되기 전에, 세정은 일반적으로 수동으로 발생한다. 오퍼레이터는 금속 축적물을 제거하기 위해 금속을 용해시킬 수 있는 농축된 질산 용액 또는 다른 시약에 딥핑된 스왑(swab)을 사용할 것이다. 오퍼레이터는 금속의 완전한 제거를 확실하게 하기 위해 립 시일 및 컵 하단부를 육안으로 검사할 수 있다. 물론, 이는 오퍼레이터에게 위험할 수 있는, 시간 소모적이고 비효율적인 프로세스이다. 자동 세정은 이들 문제들을 제거하고 이전의 수동 기법들에 비해 상당한 발전을 제시한다. 그러나, 자동 세정의 구현으로, 축적물을 정기적으로 육안으로 검사할 오퍼레이터가 없고, 컵 상에 원치 않은 증착물들이 형성된 후에도 웨이퍼들이 계속해서 프로세싱될 수도 있어, 이들 값비싼 웨이퍼들의 손실을 야기한다. 오퍼레이터가 도금 장치를 검사하기 위해 주기적으로 들어올 수도 있지만, 오퍼레이터는 시간 제약들 및 다른 다양한 요인들로 인해 축적물을 체크하는 제한된 능력을 갖는다. 따라서, 육안 검사는 예를 들어, 하루에 1 회 또는 2 회만 발생할 수도 있다. 육안 검사가 발생할 때쯤, 많은 값비싼 웨이퍼들이 컵-하단부-도금 조건들 하에서 이미 프로세싱될 수도 있어서, 이들 고가의 웨이퍼들의 손실 (또는 저 수율)을 발생시킨다. 이러한 어려움을 고려하면, 원치 않은 증착물들의 자동화된 검출 및 세정은 특히 비용이 많이 듈다.

[0038] 자동 세정이 본 명세서에 기술된 이유들에 대해 유리하지만, 세정을 위한 최적의 타이밍/빈도를 결정하기 어려울 수 있다. 예를 들어, 전기도금 셀이 세정되는 동안 기판들을 프로세싱하는데 사용하지 않기 때문에 세정이 너무 자주 발생하면, 쓰루풋은 악화될 수 있다. 한편, 세정이 충분히 빈번하게 발생하지 않으면, 많은 값비싼 웨이퍼들이 불량한 조건들 하에서 프로세싱될 수 있어서, 이러한 웨이퍼들의 손실 또는 저 수율을 야기한다. 이와 같이, 전기도금 장치 상의 원치 않은 도금의 존재를 검출하는데 유리하다. 이러한 방식으로, 웨이퍼 홀더를 세정할 지 여부 및 언제 세정할 지에 관한 결정은 바로 웨이퍼 홀더의 청정도(cleanliness)에 기초할 수 있다. 유사하게, 본 명세서에 기술된 검출 방법들은 세정 동작이 성공적이라는 것을 확인하기 위해 세정 동작 후에 수행될 수 있다.

기판 홀더 상의 원치 않은 금속 증착물을 검출하기 위한 방법들 및 장치

[0040] 특정한 실시예들은 본 명세서에서 잔류 금속 증착물들이 기판 홀더 상에 존재하는지 여부 및 어느 정도인지를 검출하는 방법들을 제공한다. 이들 방법들은 도금이 발생하지 않을 때 언제든 수행될 수도 있지만, 세정 동작과 동시에, 또는 세정 동작 직전, 또는 세정 동작 직후에 실시될 수도 있다. 특정한 경우들에서 검출 방법들은 자동 세정 프로세스가 발생할 때마다 (예를 들어, 세정 프로세스를 트리거하기 위해 세정 프로세스 전, 그리고/ 또는 세정 프로세스가 성공적이라는 것을 확인하기 위해 세정 프로세스 후) 실시된다. 다른 경우들에서 검출 방법들은 보다 빈번하게 또는 보다 드물게 실시된다. 예를 들어, 검출은 웨이퍼 각각이 프로세싱된 후, 특정한 수의 웨이퍼들이 프로세싱된 후, 전착(electrodeposition) 프로세스들 동안 특정한 양의 전하 (예를 들어, C (coulomb) 으로 측정됨) 가 이송된 후, 또는 특정한 총량 또는 두께의 막이 전착 프로세스들 동안 증착된 후 발생할 수도 있다.

[0041] 도 2a는 도금 센서 (201) 가 설치된 전기도금 셀 (200) 의 상단 부분을 도시한다. 도 2b는 도 2a에 도시된 컵 (202) 의 확대 단면도를 도시하고, 하단 표면 (203), 내측 벽 (204), 및 립 시일 (205) 을 포함한다. 도 2a에서, 점선 원으로 라벨링된 2B가 도 2b에 도시된 장치의 부분을 강조한다. 도 2c는 전기적 콘택트들 (210) 을 예시하는, 컵 (202) 의 확대 전면도를 도시한다. 전기도금 동안, 웨이퍼가 하향 대면 배향의 컵 (202) 에 지지된다. 컵 (202) 의 포지션은 전기도금 셀 (200) 내에 담긴 전해질에 대해 컵 (202) 및 기판을 상승 및 하강시키는 리프팅 메커니즘에 의해 제어된다. 전기도금 셀 (200) 은 상단부 및 하단부 상에서 개방된, 드립 차폐부 (207) 를 포함한다. 웨이퍼가 컵 (202) 내로 로딩된 후, 리프팅 메커니즘은 웨이퍼를 전해질에 침지시키기 전에 드립 차폐부 (207) 를 통해 컵 (202) 을 하강시킨다. 이 예에서, 도금 센서 (201) 는 드립 차폐부 (207) 의 벽 상에 설치된다. 도금 센서 (201) 에 대한 가시선이 218로 라벨링된다.

[0042] 이 포지셔닝은 다수의 이유들로 유리하다. 예를 들어, 도금 센서 (201) 가 드립 차폐부 (207) 상에 설치되기 때문에, 도금 화학물질로부터 차폐된다. 이러한 화학물질은 광학적 센서들의 광학들에 영향을 줄 수 있어서, 불량한 품질 (예를 들어, 재현가능 하지 않은 (not repeatable)) 측정들을 야기한다. 게다가, 이러한 화학물질로의 노출은 센서의 수명을 단축할 수 있다. 이와 같이, 도금 화학물질의 부근으로부터 도금 센서 (201) 를 제거함으로써, 이들 화학물질-관련 문제들이 최소화되거나 방지될 수 있다. 일부 경우들에서, 드립 차폐부 (207) 는 도금 센서 (201) 와 도금 화학물질 사이에 일시적이거나 영구적인 물리적 배리어를 제공할 수도 있다. 일시적인 물리적 배리어를 위해, 셔터가 사용될 수도 있다. 셔터는 전기도금이 발생하는 동안, 그리고 도금 센서가 사용되지 않는 다른 시간들에 폐쇄된 채로 남을 수도 있다. 영구적인 물리적 배리어를 위해, 드립 차폐부

(207) 는 윈도우를 포함할 수도 있고, 이를 통해 도금 센서 (201) 가 측정한다. 일부 다른 경우들에서, 드립 차폐부 (207) 는 컷아웃 (cutout) 을 포함할 수도 있고, 이를 통해 도금 센서 (201) 가 측정하고, 컷아웃이 도금 센서 (201) 와 도금 화학물질 사이에 임의의 물리적 배리어를 제공하지 않는다. 도금 센서 (201) 와 도금 화학물질 사이에 제공된 거리는 상기 기술된 장점들을 달성하기 충분할 수도 있지만, 물리적 배리어/윈도우의 사용이 이들 이점들을 강화할 수도 있다.

[0043] 특정한 부가적인 단계들이 일부 실시예들에서 도금 화학물질로 도금 센서를 오염시킬 가능성을 감소시키도록 수행될 수도 있다. 일부 경우들에서, 가스는 오염이 보다 가능한 (예를 들어, 검출이 발생할 때, 또는 기관 홀더가 도금 포지션으로부터 상승될 때) 시간들 동안 도금 센서 위로 흐를 수도 있다. 이들 또는 다른 경우들에서, 도금 센서 (또는 이의 일부, 예를 들어, 렌즈) 는 소수성 및/또는 내산화성 코팅을 포함할 수도 있다. 이들 단계들은 도금 센서를 더 보호할 수도 있어, 유용한 수명을 연장한다.

[0044] 드립 차폐부 (207) 상에 도금 센서 (201) 를 배치하는 것의 또 다른 이점은, 이 배치가 검출하는 증착물들에 인접하게 배치된 도금 센서와 비교하여, 도금 센서 (201) 에 대해 상대적으로 깊은 깊이의 포커스를 달성한다는 것이다 (예를 들어, 상기 참조로서 인용된, 2014년 2월 12일 출원된 미국 특허 출원 번호 제 14/178,804 호에 기술된 바와 같이, 컵 아래 짧은 거리로부터 컵의 하단 표면 상의 원치 않은 증착물들을 검출하는 도금 검출기, 또는, 짧은 거리 이격된 컵 상의 어디서나 원치 않은 증착물들을 검출하는 스윙 암 상에 포지셔닝된 도금 검출기). 도 2a에 도시된 바와 같이, 도금 센서 (201) 는 도금 센서 (201) 의 맞은 편의 전기도금 셀에 걸쳐 포지셔닝된 증착물들을 검출한다. 전기도금 셀의 상대적으로 큰 직경이 도금 센서 (201) 에 대해 상대적으로 큰 깊이의 포커스를 발생시킨다. 포커스 깊이가 보다 깊을수록 웨이퍼 홀딩 장치의 편심 (eccentricity) 으로 인한 신호 손실을 감소시킴으로써 측정 품질을 상승시킨다 (예를 들어, 보다 재현가능하다). 일부 경우들에서, 도금 센서 (201) 는 도 2a에 도시된 바와 유사한 포지션에 놓이도록 장치의 또 다른 부분 상에 포지셔닝될 수도 있다. 드립 차폐부 자체는 불필요하지만, 특정한 실시예들에서 도금 센서에 부착하기 편리한 지점을 제공한다.

[0045] 특정한 경우들에서, 도금 센서와 (이하에 더 기술될 바와 같이, 보통 도금 센서와 마주보는 립 시일 상) 센싱하는 영역 사이의 거리는 적어도 약 200 mm , 또는 적어도 약 250 mm , 또는 적어도 약 300 mm , 또는 적어도 약 400 mm , 또는 적어도 약 450 mm 이다. 이 거리는 전기도금될 웨이퍼의 직경에 개략적으로 대응할 수도 있다. 기관이 수평 배향으로 도금되는 많은 경우들에서, 센서 빔이 수직보다 실질적으로 수평이도록 (예를 들어, 수평의 약 30° 이내) 도금 센서는 전기도금 셀의 직경에 걸쳐 센싱한다.

[0046] 다수의 상이한 타입들의 도금 센서들이 사용될 수도 있다. 예시적인 도금 센서들은, 이로 제한되는 것은 아니지만, (원치 않은 증착물을 검출하기 위해 이미지 인식/분류 방법들과 조합하여 사용될 수도 있는) 컬러 기반 센서들, 강도 기반 센서들, 시각-기반 카메라/센서들, 및 이들의 임의의 조합을 포함한다. 도금 센서는 디지털, 아날로그 또는 이들의 일부 조합일 수도 있다. 특정한 예에서, 도금 센서는 (1) 센서 타깃 영역을 조사하기 (illuminate) 위한 광학, 및 (2) 조사된 센서 타깃 영역으로부터의 신호를 수집하기 위한 광학을 포함한다.

[0047] 센서 타깃 영역을 조사하기 위한 광학은 통상적으로 LED (light emitting diode), 레이저 다이오드, 램프, 등과 같은 광원을 포함한다. 일부 경우들에서, 광섬유 광 케이블이 광원으로부터 센서 타깃 영역 상으로 광을 지향시키도록 사용될 수도 있다. 조사된 센서 타깃 영역으로부터의 신호를 수집하기 위한 광학은 통상적으로 광학적 센서를 포함한다. 광학적 센서는 조사될 때, 예를 들어 광학적 센서가 광전지 (photovoltaic) 또는 광-방출 센서 (photo-emissive sensor) 인, 전기를 생성할 수도 있다. 다른 경우들에서, 광학적 센서는 조사될 때 예를 들어 광학적 센서가 포토-레지스터, 포토-전도체 (photo-conductor), 등인 전기적 속성을 변화시킬 수도 있다. 광학적 센서들의 일반적인 예들은, 이로 제한되는 것은 아니지만, 광전 (photoelectric), 포토-다이오드들, 포토레지스터들, 포토-전도체들, 근접 광 센서들, 광전지 광 센서들, 광-방출 센서들, 등을 포함한다.

[0048] 도금 센서가 조준되는 영역은 센서 타깃 영역으로 지칭될 수도 있다. 다양한 실시예들에서, 센서 타깃 영역은 립 시일 상의 영역 및/또는 컵의 내측 벽 (예를 들어, 도 2a의 내측 벽 (204)) 상의 영역이다. 센서 타깃 영역은, 이하에 더 논의된 바와 같이, 원치 않은 금속 증착물에 의해 제공된 신호와 반대인, 신호를 제공하도록 설계될 수도 있다.

[0049] 센서 타깃 영역을 조사하기 위한 광학 및 센서 타깃 영역으로부터 신호를 수집하기 위한 광학은 단일 엘리먼트로 조합될 수도 있고, 또는 이들은 서로로부터 분리되어 제공될 수도 있다. 도 2a, 도 3a, 도 4d, 도 6a 및 도 6b에 도시된 예들에서, 조사 광학 및 수집 광학이 함께 도금 센서 (엘리먼트들 201, 301, 401, 및 601) 에 제공된다. 일부 다른 경우들에서, 도면들에 도시된 도금 센서들이 수집 광학을 포함할 수도 있지만, 조사 광학은

다른 곳 (예를 들어, 센서 타깃 영역으로 가시선을 갖는 어디든)에 제공된다. 상기 기술된 이유들로 센서 타깃 영역으로부터 상대적으로 멀리 포지셔닝된 수집 광학 (및 일부 경우들에서 조사 광학)을 갖는 것이 유리하다.

[0050] 일 실시예에서, 도금 센서는 소형 스팟 사이즈 대비 센서이다. 이러한 센서들은 장치의 영역 각각을 조사할 때 수신된 신호 강도에 기초하여 원치 않은 도금이 존재하는 vs. 부재하는 장치의 영역들 사이를 구별한다. 일 예에서, 컵의 립 시일 및/또는 내측 벽 상의 센서 타깃 영역은, 조사될 때 대비 센서로 상대적으로 강한 신호를 제공하도록 백색 (또는 짙은 색) 일 수도 있다. 반대로, 원치 않은 금속 증착물들은 어두워지는 경향이 있고 조사될 때 대비 센서로 상대적으로 보다 약한 신호를 제공한다. 문턱값 신호가 원치 않은 금속 증착물들이 존재하는 영역들 vs. 원치 않은 증착물들이 부재인 영역들 사이를 구별하도록 식별될 수 있다.

[0051] 센서 타깃 영역 건조

[0052] 기판들 상에 전기도금 후에, 대략 30 분 동안 기판 홀더의 립 시일 및 컵 상에 수분이 지속되는 것이 일반적이다. 이 수분은 측정들의 품질/재현성에 영향을 줄 수 있다. 장치가 건조되기를 대기하지 않고 고품질 측정들을 달성하기 위해, 센서 타깃 영역 (및 건조가 필요한 임의의 다른 영역들)으로부터 수분을 신속하게 제거하도록 건조기가 제공될 수 있다. 건조기는 세정 어셈블리 내 (예를 들어, 립 시일/컵을 세정하기 위한 위치로 스윙하는 세정 암 상)로 통합될 수도 있고, 또는 (세정 암과 유사한 스윙 암 상, 또는 하드웨어의 또 다른 부분 상에 제공될 수도 있는) 별도의 메커니즘 상에 제공될 수도 있다. 다양한 실시예들에서, 건조기는 센서 타깃 영역을 향해 가스 (예를 들어, N₂, 불활성 가스, 공기, 등)를 전달하기 위한 노즐 및 공급 라인을 포함한다. 일부 경우들에서, 건조기는 컵의 립 시일 및/또는 내측 벽에 부가하여 컵의 하단부를 건조할 수도 있다.

[0053] 도 3a는 건조기 (313) 가 세정 어셈블리 (311) 내로 통합되는 드립 차폐부 (307) 상에 설치된 도금 센서 (301)를 갖는 전기도금 셀 (300) 의 일부를 예시한다. 도금 센서 (301)에 대한 가시선은 318로 라벨링된다. 도 3a에서, 컵 (302) 은 세정 포지션 (예를 들어, 드립 차폐부 (307) 내에서 하강되고, 세정 암이 전해질 내로 딥핑 없이 컵 (302) 아래로 이동할 수 있도록 전해질 위) 으로 도시되고, 건조 포지션과 동일할 수도 있다. 세정 어셈블리 (311) 는 도 3b에 보다 명확하게 도시되는, 스윙 암 (312) 을 포함한다. 이 예에서, 세정 어셈블리 (311) 의 스윙 암 (312) 은 세정 헤드 (314), 가스 라인 (315), 및 노즐 (316) 을 포함한다. 가스 라인 (315) 및 노즐 (316) 은 건조기 (313) 를 형성한다. 일부 경우들에서 부가적인 유체 라인들 및 노즐들이 세정 유체를 전달하기 위해 스윙 암 (312) 상에 제공될 수도 있다. 유사한 예에서, 세정 헤드 (314) 는 제 1 스윙 암 상에 제공되고, 건조기 (313) 는 제 2 스윙 암 (미도시) 상에 제공된다. 스윙 암(들)은 컵에 상대적으로 이동할 수도 있어 스윙 암으로 하여금 전체 컵을 따라 세정 및/또는 건조하게 한다. 일 실시예에서, 스윙 암(들)이 고정된 채로 남아 있는 동안 컵은 회전한다. 또 다른 실시예에서, 컵은 스윙 암(들)이 전체 컵 둘레로 가기 위해 회전하는 동안 컵은 고정된 채로 남는다. 또 다른 실시예에서, 이들 이동들의 조합이 사용된다.

[0054] 일부 경우들에서, 센서 타깃 영역을 건조하는 것은 웨이퍼들 상에서 수행된 후속하는 도금 프로세스들에 대한 유해한 효과를 가질 수 있다. 이러한 경우들에서, 건조/검출 후 도금되는 제 1 웨이퍼는 후속하여 프로세싱된 웨이퍼들과 비교하여 상당한 불균일도들을 발생시키는 "제 1 웨이퍼" 효과들을 겪을 수도 있다. 장치의 관련 영역들이 제 1 웨이퍼의 프로세싱 동안 재-웨팅되기 때문에 후속하여 프로세싱된 웨이퍼들은 제 1 웨이퍼와 비교하여 상이한 도금 조건들을 경험한다. 제 1 웨이퍼 효과들은 검출 동작 후에 제 1 웨이퍼를 프로세싱하기 전에 센서 타깃 영역 (및 웨팅을 필요로 하는 임의의 다른 영역들) 을 단순히 재-웨팅함으로써 제거될 수 있다. 세정 어셈블리가 일부 경우들에서 장치를 재-웨팅하도록 사용될 수도 있다. 다른 경우들에서, 별도의 유체 라인/노즐이 이 목적을 위해 제공될 수도 있다.

[0055] 도금 센서의 정렬

[0056] 도금 센서는 검출 전에 센서 타깃 영역에 포커싱되도록 정렬될 수도 있다. 도금 센서는 설치될 때 처음으로 정렬될 수도 있고, 이어서 사용될 때마다 재-정렬된다. 최초 정렬은 드립 차폐부 상에 도금 센서를 포지셔닝하도록 이루어질 수도 있고, 센서 타깃 영역이 도금 센서와 정렬되도록 기판 홀더 리프트 메커니즘을 포지셔닝하기 위해 후속하는 정렬들이 이루어질 수도 있다.

[0057] 특정한 예에서, 도금 센서는 도금 센서와 드립 차폐부 간 상대적인 이동을 허용하는 조정가능한 장착 하드웨어를 사용하여 드립 차폐부 상에 설치될 수도 있다. 이러한 하드웨어의 예들은 스크루들, 로드들 (rods), 스냅들 (snaps), 패스너들 (fasteners), 등을 포함한다. 일 실시예에서, 도금 센서는 드립 차폐부 상의 도금 센서의 상대적으로 수직 포지션을 제어하는 하나 이상의 스크루들을 사용하여 드립 차폐부 상에 장착된다. 스크루를

일 방향 또는 또 다른 방향으로 돌림으로써 (turning), 도금 센서는 드립 차폐부 상에서 위 또는 아래로 이동한다. 이들 또는 다른 실시예들에서, 도금 센서는 드립 차폐부 상의 도금 센서의 상대적인 수평/원주 포지션을 제어하는 하나 이상의 스크루들을 사용하여 드립 차폐부 상에 장착될 수도 있다. 스크루를 일 방향 또는 또 다른 방향으로 돌림으로써, 도금 센서는 드립 차폐부 둘레에서 왼쪽 또는 오른쪽으로 이동한다. 임의의 조정 가능한 부착 하드웨어가 사용될 수도 있다. 도금 센서는 드립 차폐부의 컷아웃 또는 원도우를 통해 센싱하도록 포지셔닝될 수도 있다. 도금 센서가 드립 차폐부 상에 적절하게 포지셔닝된 후, 하드웨어의 대안적인 부분 (예를 들어, 기판 홀더의 포지션을 제어하는 리프트 메커니즘) 이 프로세싱 동안 이들 엘리먼트들이 정렬되어야 할 때마다 도금 센서를 센서 타깃 영역에 정렬하도록 사용될 수도 있다.

[0058] 상기 언급된 바와 같이, 일부 경우들에서 센서 타깃 영역은 컵의 립 시일 상의 영역 및/또는 내측 벽 상의 영역이다. 특정한 실시예에서 센서 타깃 영역은 립 시일 상 영역이고, 립 시일의 높이와 비슷하거나, 보다 작은 높이를 갖는다. 또 다른 실시예에서, 센서 타깃 영역은 컵의 내측 벽 상 영역이고, 컵의 내측 벽의 높이와 비슷하거나 보다 작은 높이를 갖는다. 또 다른 실시예에서, 센서 타깃 영역은 컵의 립 시일 및 내측 벽 모두 위에 있고, 컵의 립 시일 및 내측 벽의 결합된 높이와 비슷하거나 보다 작은 높이를 갖는다. 작은 센서 타깃 영역의 사용은 수집된 데이터의 백그라운드 잡음을 최소화한다.

[0059] 도 4a 내지 도 4d는 컷아웃 (421) 을 갖는 정렬 핀스처 (420) 를 도시한다. 도 4a는 정렬 핀스처 (420) 의 전면도를 도시하고, 도 4b는 정렬 핀스처 (420) 의 측면도를 도시하고, 도 4c는 컵 (402) 상에 설치된 정렬 핀스처 (420) 의 측면도를 도시하고, 그리고 도 4d는 도금 센서 (401) 맞은편, 컵 (402) 상에 설치된 정렬 핀스처 (420) 의 평면도를 도시한다. 도금 센서 (401) 에 대한 가시선은 418로 라벨링된다. 정렬 핀스처 (420) 는 컷아웃 (421) 이 도 4c에 도시된 바와 같이, 도금 센서 (401) 로부터 가시선 (418) 과 정렬되도록, 컵 (402) 상에 포지셔닝된다. 컷아웃 (421) 의 포지션은 센서 타깃 영역의 포지션을 결정한다. 예를 들어, 센서 타깃 영역이 컵 (402) 의 립 시일 상에 있는 것이 목표된다면, 컷아웃 (421) 은 상대적으로 보다 높이 포지셔닝될 수도 있고, 센서 타깃 영역이 컵 (402) 의 내측 벽 상에 있는 것이 목표된다면, 컷아웃 (421) 은 (컵의 내측 벽이 컵의 립 시일 아래에 있기 때문에) 상대적으로 보다 낮게 포지셔닝될 수도 있다.

[0060] 일 예에서, 정렬 핀스처는 정렬 핀스처 및 컵이 서로에 대해 이동하지 않도록 컵에 고정적으로 장착될 수도 있다. 이러한 경우들에서, 정렬 핀스처는 검출 프로세스 각각의 최초 스테이지에서 도금 센서 및 센서 타깃 영역을 정렬시키도록 사용될 수도 있다. 이 최초 정렬 후, 기판 홀더 어셈블리를 위한 리프트 메커니즘은 컵이 회전되는 동안 목표된 정렬 높이로 컵을 유지한다. 이 회전은 도금 센서로 하여금 컵의 전체 립 시일 및/또는 내측 벽을 따라 검출하게 한다. 컵이 회전할 때, 정렬 핀스처는 컵과 함께 회전한다. 또 다른 예에서, 정렬 핀스처는 컵이 정렬 핀스처에 대해 이동하도록 컵 위에 장착될 수도 있다. 예를 들어, 컵은 정렬 핀스처 아래로 회전/슬라이딩 할 수도 있다. 이러한 경우들에서, 정렬 핀스처는 컵의 전체 립 시일 및/또는 내측 벽이 도금 센서에 의해 상승될 수 있도록 컵이 정렬 핀스처 아래로 회전하는 동안, 전체 검출 프로세스 전체에서 도금 센서의 가시선과 정렬된 채로 남아 있을 수도 있다. 다양한 실시예들에서, 정렬 핀스처는 컵 위에 제거 가능하게 장착될 수도 있다. 정렬 핀스처는 필요에 따라 장착될 수도 있고 제거될 수도 있다. 예를 들어, 정렬 핀스처는 장치가 하나 이상의 기판들 상에 전기도금되도록 사용된 후 컵 상에 장착될 수도 있다. 정렬 핀스처는 기판 홀더/센서 타깃 영역이 도금 센서와 정렬될 때까지, 또는 검출이 완료될 때까지 장착된 채로 남아 있을 수도 있다. 이 때, 정렬 핀스처는 제거될 수도 있다. 정렬 핀스처의 설치 및 제거는 필요에 따라 부가적인 기판들이 프로세싱되도록 반복될 수 있다. 정렬 핀스처를 제거 가능하게 장착함으로써, 정렬 핀스처가 전기도금 프로세스를 간섭하지 않는다는 것을 보장할 수 있다.

[0061] 정렬 핀스처는 전면이 정렬 핀스처의 어떤 부분이 도금 센서와 정렬되는지에 따라 강한 대비 신호들을 제공하도록 설계될 수도 있다. 이 대비는 흡착, 반사, 산란, 등의 차들을 포함할 수도 있다. 정렬 핀스처/기판 홀더/센서 타깃 영역이 도금 센서와 적절히 정렬될 때 제 1 신호가 생성되고, 정렬 핀스처/기판 홀더/센서 타깃 영역이 도금 센서와 오정렬될 때 제 1 신호와 대비되는 제 2 신호가 생성된다. 일 예에서, 정렬 핀스처는 정렬 핀스처가 설치될 때, 도금 센서와 센서 타깃 영역 사이 가시선에 포지셔닝되는 (예를 들어, 센서 타깃 영역 이하의 높이를 갖는) 제 1 부분, 및 제 1 부분 수직으로 위 및/또는 아래에 포지셔닝된 (일부 경우들에서 제 1 부분을 둘러싸는) 제 2 부분을 포함하고, 도금 센서에 의해 측정된 속성을 대해 제 1 부분 및 제 2 부분은 서로 대비된다. 예를 들어, 제 1 부분은 백색일 수도 있고 제 2 부분은 검정색일 수도 있다 (구별 가능한 컬러들/속성들의 임의의 세트들이 사용될 수도 있다). 대안적으로, 정렬 핀스처의 제 1 부분은 도금 센서로 하여금 센서 타깃 영역 직상에서 속성을 센싱하게 하는 컷아웃일 수도 있다. 정렬 핀스처의 제 1 부분이 컷아웃인 일 예에서, 센서 타깃 영역 (예를 들어, 컵의 립 시일 및/또는 내측 벽) 은 백색이지만, 정렬 핀스처의 전면은 검정색

이다. 커터들/속성들의 다른 대비 조합들이 또한 사용될 수도 있다. 도 4a 내지 도 4c에 대해, 제 1 부분은 컷아웃 (421) 일 수도 있고, 제 2 부분은 정렬 핵스처 (420)의 전면의 남아 있는 영역들일 수도 있다. 유사한 예에서, 컷아웃 (421)은 정렬 핵스처의 전면의 남아 있는 영역들과 대비되는 영역 (예를 들어, 백색 영역)으로 교체될 수도 있다. 일반적으로 말하면, 정렬 핵스처/기판 홀더/센서 타깃 영역이 도금 센서와 정렬된다는 것을 나타내는 신호는 정렬 핵스처의 표면으로부터, 또는 센서 타깃 영역의 표면으로부터의 신호일 수도 있다.

[0062]

센서 타깃 영역을 도금 센서와 정렬시키기 위해, 도금 센서는 컵이 상이한 수직 포지션들을 통해 이동될 때 일련의 측정값들을 취한다. 일부 경우들에서 이는 자동으로 이루어질 수도 있다. 컵은 기판 홀더 어셈블리의 수직 포지션을 제어하는 리프트 메커니즘을 사용하여 이동될 수도 있다. 이어서 정렬 포지션은 수신된 신호의 최대 (또는 최소) 강도에 기초하여 설정된다. 이 포지션에서, 도금 센서의 가시선은 도금 센서가 또한 센서 타깃 영역과 수직으로 정렬된다는 것을 나타내는, 정렬 핵스처의 제 1 부분과 정렬된다. 이 예는 도금 센서가 대비 센서라는 것을 가정하지만, 유사한 정렬 방법이 다른 타입들의 센서들에 대해 사용될 수도 있다. 유사한 실시 예에서, 컵은 고정된 채로 남아 있을 수도 있고, 도금 센서의 포지션은 가시선을 정렬 핵스처의 제 1 부분과 정렬시키도록 조정될 수도 있다.

[0063]

정렬 핵스처는 다수의 상이한 재료들로 이루어질 수도 있다. 다수의 경우들에서, 정렬 핵스처는 열가소성 재료로 이루어질 수도 있다. 예시적인 재료들은, 이로 제한되는 것은 아니지만, 폴리카보네이트, ABS (acrylonitrile butadiene styrene), 폴리프로필렌 (polypropylene), PVDF (polyvinylidene fluoride), PTFE (polytetrafluoroethylene), PET (polyethylene terephthalate), PPS (polyphenylene sulfide), PPSF (polypyrenylsulfone), FKM 엘라스토머들 (fluoroelastomers), 및 이들 재료들의 블렌드들 (blends)/합금들/결합된 어셈블리들을 포함한다. ABS 재료들은 (표준 ABS보다 강한) ABS-M30, ABS-ESD7 (acrylonitrile butadiene styrene-static-dissipative, 정전-소산 (electrostatic-dissipative) 재료임), 등을 포함하는 다수의 변형들로 도입된다. 다른 예시적인 열가소성 재료들은 Ultem 9085, 폴리카보네이트 ISO, 폴리카보네이트-ABS 블렌드들, 등을 포함한다. 다수의 실시예들에서, 정렬 핵스처는 3D 프린팅 기법들을 통해 제작될 수도 있다. 이들 기법들은 정렬 모델의 컴퓨터-기반 3D 모델을 준비하는 단계, 상승된 온도로 프린팅 재료 (예를 들어, 상기 언급된 열가소성 재료들 중 임의의 재료)를 가열하는 단계, 및 3D 모델에 따라 정렬 핵스처를 형성하기 위해 가열된 프린팅 재료를 디스펜싱하는 단계를 수반한다.

[0064]

예시적인 플로우차트

[0065]

도 5는 기판 홀더 상의 원치 않은 금속 증착물들의 존재 또는 부재를 주기적으로 또는 간헐적으로 검출하는 동안 기판들을 프로세싱하는 방법을 도시하는 플로우차트이다. 방법은 도금 센서가 작동하는 것으로 검증되는, 동작 500으로 시작된다. 검증은 도금 센서가 2 개의 구별가능한 신호들을 수신하도록 도금 센서에 대해 기판 홀더를 이동시키는 단계를 수반할 수도 있다. 이들 구별가능한 신호들은 도금 센서가 적절히 연결되고 정상적으로 기능한다는 것을 보장한다. 센서가 일 신호 레벨을 검출할 수만 있는 경우들에서, 이는 센서 케이블이 적절히 연결되지 않고 또는 도금 센서가 정상적으로 기능하지 않는다는 것을 나타낼 수도 있다.

[0066]

도 6a 및 도 6b는 도 5의 동작 500에서 검증 동안 사용될 수도 있는 2 개의 포지션들의 전기도금 장치의 일부를 예시한다. 전기도금 장치는 상부에 설치된 도금 센서 (601)를 갖는 드립 차폐부 (607)를 포함한다. 도금 센서 (601)의 가시선은 618로 라벨링된다. 도 6a에서, 컵 (602) 및 도금 센서 (601)는, 도금 센서 (601)의 가시선이 컵 (602) 아래를 통과하는 제 1 상대적인 포지션에 있다. 도 6b에서, 컵 (602) 및 도금 센서 (601)는, 도금 센서 (601)의 가시선이 컵 상의 센서 타깃 영역 (예를 들어, 컵의 립 시일 및/또는 내측 벽 상)에 충돌하는 제 2 상대적인 포지션에 있다. 도금 센서 (601)는 도 6a 및 도 6b에 도시된 2 개의 위치들에서 구별 가능한 신호들을 측정해야 한다. 도금 센서가 디지털 대비 센서인 일 예에서, 센서 출력은 도 6a의 제 1 상대적인 포지션에서 "온 (on)", 그리고 도 6b의 제 2 상대적인 포지션에서 "오프 (off)" (또는 반대로) 판독된다.

[0067]

장치가 도 4a 내지 도 4d에 관해 기술된 바와 같이 정렬 핵스처를 포함하는 일부 경우들에서, 도 5의 동작 500의 검증은 (1) 제 1 상대적인 포지션에서, 도금 센서의 가시선은 센서 타깃 영역 상에 충돌시키기 위해 정렬 핵스처 상의 컷아웃을 통과하도록, 그리고 (2) 제 2 상대적인 포지션에서, 도금 센서의 가시선이 컷아웃 이외의 영역의 정렬 핵스처의 전면 상에 충돌하거나 도 6a에 도시된 바와 같이 컵 아래를 통과하도록 도금 센서에 상대적으로 컵/정렬 핵스처를 이동시킴으로써 이루어질 수도 있다. 이러한 방식으로, 도금 센서 및 센서 타깃 영역이 적절히 정렬되고 기능한다는 것을 검증할 수 있다. 도금 센서가 제 1 상대적인 포지션과 제 2 상대적인 포지션에서 수신된 신호 간 차를 검출할 수 없다면, 이는 도금 센서가 오작동하고 검사되어야 하거나, 수리되어야

하거나 교체되어야 한다는 것을 나타낸다.

[0068] 동작 500에서 검증 후에, 컵은 검출 포지션에 포지셔닝되고 도금 센서는 동작 501에서 일 완전한 회전을 통해 센서 타깃 영역을 스캐닝함으로써 기준 스캔을 취한다. 정렬 픽스처가 사용되는 경우들에서, 예를 들어 도 4a 내지 도 4d에서 기술된 바와 같이, 검출 포지션에 컵을 포지셔닝하는 것은 상기 기술된 정렬 프로세스들을 수반 할 수도 있다. 예를 들어, 컵은 도금 센서에서 도금 센서의 가시선이 정렬 픽스처 상의 컷아웃과 정렬된다는 (그리고 따라서 컵의 립 시일 및/또는 내측 벽 상의 센서 타깃 영역과 정렬되는) 것을 나타내는, 최대 신호를 달성하는 포지션으로 이동될 수도 있다.

[0069] 많은 경우들에서, 도금 센서는 드립 차폐부 상에 장착되고 측정 동안 실질적으로 고정된 채로 남는다. 이러한 경우들에서, 기판 홀더는 도금 센서가 센서 타깃 영역의 전체 길이를 따라 (예를 들어, 전체 컵의 립 시일 및/ 또는 내측 벽을 따라) 스캐닝할 수 있도록 회전할 수도 있다. 일부 다른 경우들에서, 도금 센서는 기판 홀더가 전체 센서 타깃 영역으로 하여금 스캐닝되게 하도록 고정된 채로 남아 있는 동안 이동할 수도 있다. 기준 스캔은 미래의 스캔들에 대해 비교하여 유용할 수도 있다. 동작 501은 예를 들어 새로운 립 시일 또는 컵이 설치될 때, 간헐적으로 수행될 수도 있다.

[0070] 동작 503에서, 새로운 웨이퍼가 로딩되고, 프로세싱되고, 이어서 전기도금 장치의 전기도금 셀로부터 제거된다. 동작 505에서, 원치 않은 금속 증착물들의 검출을 시작할지 여부가 결정된다. 동작 505에서 검출이 목표되지 않는 경우들에서, 방법은 부가적인 웨이퍼들이 로딩되고, 프로세싱되고, 이어서 제거되는, 동작 503으로 반복될 수도 있다. 동작 505에서 검출이 목표되는 경우들에서, 방법은 컵이 건조 포지션에 포지셔닝되고 센서 타깃 영역이 건조되는 동작 507에서 계속된다. 기판 홀더 어셈블리의 수직 포지션을 제어하는 리프트 메커니즘은 컵의 포지션을 제어하도록 사용될 수도 있다. 도 3a 및 도 3b는 일 실시예에 따른 건조 포지션의 컵 (302) 을 예시 한다. 이들 예들에서, 컵 (302) 은 건조 포지션에 있을 때 드립 차폐부 (307) 내 또는 아래에 있다. 컵 (302) 은 스윙 암 (312) 으로 하여금 아래를 통과하게 하도록 충분히 높게 포지셔닝된다. 스윙 암 (312) 은 센서 타깃 영역을 건조하기 위한 건조기 (313) 를 포함한다. 건조기 (313) 는 이 영역을 건조하도록 센서 타깃 영역을 향해 가스 스트림 (예를 들어, N₂, 불활성 가스, 공기, 등) 을 전달할 수도 있다. 컵 (302) 은 센서 타깃 영역의 전체 길이/주변이 건조될 수 있도록 건조기 (313) 에 대해 회전한다.

[0071] 도 5를 다시 참조하면, 방법은 도금 센서가 작동하는 것으로 검증되는 동작 509에서 계속된다. 동작 509에서 검증은 동작 500에서 검증과 유사하고, 간결성을 위해 기술은 반복되지 않을 것이다. 다음에, 동작 511에서, 컵이 검출 포지션에 포지셔닝되고 이어서 도금 센서가 센서 타깃 영역에서 원치 않은 금속 증착물들의 존재 또는 부재를 검출하도록 사용되는 동안 도금 센서에 대해 회전된다. 동작 511에서 컵을 검출 포지션에 포지셔닝 하는 것은 동작 501에서 검출 포지션에 컵을 포지셔닝하는 것과 유사하고, 간결성을 위해 기술은 반복되지 않을 것이다. 유사하게, 도금 센서와 컵 간 상대적인 회전은 동작 511 및 동작 500에서와 유사하고, 기술은 반복되지 않을 것이다. 동작 511에서 검출은 원치 않은 금속 증착물들이 존재할 수도 있는 것을 제외하고, 동작 501에서 기준 스캔 검출과 유사하다. 도금 센서는 영역 각각으로부터 수신된 신호에 기초하여 원치 않은 도금이 존재하는 영역들과 원치 않은 도금이 부재하는 영역들 사이를 구별한다.

[0072] 동작 515에서, 검출이 반복되어야 하는지 여부가 결정된다. 일부 경우들에서, 제 2 스캔을 실행함으로써 검출 결과들을 확인하는 것이 유리할 수도 있다. 반복 검출이 목표된다면, 방법은 동작 511으로 시작하는 것을 반복 한다. 반복 검출이 목표되지 않으면, 방법은 검출 결과들이 분석되는 동작 517로 계속된다. 일부 경우들에서, 도금 센서로부터의 데이터는 (1) 원치 않은 금속 증착물 각각의 길이 및/또는 가장 긴 원치 않은 금속 증착물의 길이, 및/또는 (2) 원치 않은 금속 증착물로 커버되는 센서 타깃 영역의 백분율을 결정하기 위해 분석될 수도 있다. 이들 값들은 동작 519에서 명세와 비교될 수도 있다. 명세는 원치 않은 도금의 용인 가능한 양에 대해 설정될 수도 있다 (예를 들어, 특정한 길이 이하의 증착물들이 용인 가능할 수도 있고, 그리고/또는 특정한 백분율 이하의 도금되는 센서 타깃 영역들이 용인 가능할 수도 있다). 이들 문턱값들은 적용예 각각에 특정하고, 일부 경우들에서 실험적으로 결정될 수도 있다. 일 예에서, 문턱값 최대 증착 길이는 (명세를 벗어나는 이 길이 보다 큰 증착물을 갖는) 약 0.5 cm, 또는 약 1 cm이다. 이들 또는 다른 예들에서, 도금되는 센서 타깃 영역의 문턱값 백분율은 (명세를 벗어나는 이들 값들보다 큰 백분율들을 갖는) 약 10 %, 또는 약 20 %일 수도 있다.

[0073] 결과들이 동작 519에서 명세 내에 있지 않은 경우들에서, 센서 타깃 영역 상 (예를 들어, 컵의 립 시일 및/또는 내측 벽 상) 에 증착된 너무 많은 원치 않은 금속이 있다는 것을 의미한다. 이러한 경우들에서, 방법은 일부 교정 액션이 취해지는 동작 523으로 계속될 수도 있다. 다양한 가능한 교정 액션들은, 이로 제한되는 것은 아

니지만, (1) 알람을 울리거나 오퍼레이터에게 달리 경보하는 것, (2) 관련 전기도금 셀을 오프라인이 되게 하고 관련 전기도금 셀 내에서 추가 웨이퍼들이 프로세싱되는 것을 일시적으로 방지하는 것, (3) 다른 가용 전기도금 셀들로 웨이퍼들을 재라우팅하는 것, (4) (예를 들어, 수동 또는 자동 세정 방법을 사용하여) 컵의 립 시일 및/또는 내측 벽의 일부의 타깃팅된 세정을 수행하는 것, (5) (예를 들어, 수동 또는 자동 세정 방법을 사용하여) 전체 컵의 립 시일 및/또는 내측 벽의 전체 세정을 수행하는 것, (6) 타깃팅된 또는 전체 세정이 성공적이었는지 여부를 확인하기 위해 센서 타깃 영역을 재스캐닝하는 것, (7) 필요하다면, 립 시일 및/또는 컵을 교체하는 것, 및 (8) 원치 않은 금속 증착물들의 검출 직전에 프로세싱되는 의심스러운 웨이퍼들을 표시 (flag) 하고 그리고/또는 검사하는 것을 포함한다.

[0074] 결과들이 동작 519에서 명세 내에 있는 경우들에서, 검출 결과들은 센서 타깃 영역 (예를 들어, 컵의 립 시일 및/또는 내측 벽) 이 여전히 충분히 청정하다 (clean) 는 것을 나타낸다. 이러한 경우들에서, 방법은 센서 타깃 영역 (및 장치의 임의의 다른 관련 부분들) 이 재-웨팅하는, 동작 521으로 계속될 수도 있다. 이 재-웨팅은 립 시일 및/또는 컵의 내측 벽을 향해 유체 (예를 들어, 물, 탈이온수, 전해질, 등) 를 전달함으로써 달성될 수도 있다. 이 재-웨팅은 도금을 통해 웨팅되게 되는 부분들을 포함하는 장치 상의 도금으로부터 발생하는 제 1 웨이퍼 효과들을 감소시키거나 방지한다. 장치의 관련된 부분들의 재-웨팅 후에 방법은 새로운 웨이퍼가 로딩되고, 프로세싱되고 이어서 전기도금 장치로부터 제거되는 동작 503에서 계속된다. 방법은 임의의 수의 기판들을 프로세싱하도록 임의의 회수 반복될 수 있다.

[0075] 도 5에 도시된 다수의 동작들은 일부 실시예들에서 생략될 수도 있다. 일 예에서, 검출 방법은 단순하게 동작들 511, 517, 및 519를 수반한다. 나머지 동작들은 임의의 조합으로 포함되거나 생략될 수도 있다. 이러한 동작들은 방법을 개선할 수도 있고, 개시된 실시예들을 실시하는데 필수적이진 않지만, 보다 신뢰할 수 있는 결과들 및 개선된 전기도금 조건들을 야기한다.

[0076] 도 7a 및 도 7b는 도금 센서가 기판 홀더의 컵 상의 원치 않은 금속 증착물들을 검출하기 위해 사용되는 실험적 결과들을 제공한다. 이 예에서, 도금 센서는 디지털 대비 센서이다. 도 7a에 대해, 그래프는 기판 홀더 상의 상이한 각도 포지션들에서 도금 센서에 의해 수신된 신호를 도시한다. 이 예에서, 5 V 신호는 원치 않은 금속 증착물들의 존재를 나타내고, 0 V 신호는 원치 않은 금속 증착물들의 부재를 나타낸다. 도 7b는 10 회 스캐닝 된 특정한 전기도금 장치에 대한 측정 결과들 (원치 않은 금속 증착물들로 도금된 센서 타깃 영역의 백분율) 을 예시하는 표를 도시한다. 상이한 스캔들 사이에 전기도금 장치에 대한 변화들은 이루어 지지 않았다. 스캔들은 측정값이 신뢰할 수 있는지 여부를 결정하기 위해 반복된다. 도 7b에 도시된 바와 같이, 결과들은 신뢰할 수 있고 단지 0.15 %의 표준 편차를 나타낸다. 이들 결과들은 개시된 방법들이 센서 타깃 영역 상의 원치 않은 금속 증착물들의 존재/부재/정도를 신뢰할 수 있게 검출하도록 사용될 수도 있다는 것을 입증한다.

[0077] 도 7a에 도시된 바와 같이, 도금 센서로부터의 데이터는 도금 센서 데이터를 센서 타깃 영역의 특정한 부분들과 상관시키기 위해 회전 축 인코더로부터의 정보와 결합될 수 있다. 회전 축 인코더는 각도 포지션 (예를 들어, 기판/컵을 따라) 을 아날로그 또는 디지털 코드로 변환하여, 사용자로 하여금 기판/기판 홀더의 특정한 영역을 신뢰 가능하게 지정하게 한다. 도금 센서 데이터를 회전 축 인코더로부터의 정보와 결합함으로써, 사용자는 컵 상의 문제 영역들이 있는 곳을 정확하게 결정할 수 있다. 이 위치-특정 데이터는 일부 경우들에서 영향을 받은 영역의 타깃팅된 세정을 트리거하도록 사용될 수도 있다.

[0078] 게다가, 위치-특정 데이터는 웨이퍼 성능과 연관될 수도 있다. 일 예에서, 위치-특정 데이터는 웨이퍼 균일성 데이터와 상관된다. 이러한 상관들은 유용한 경향들을 식별하도록 사용될 수 있다. 일부 경우들에서, 제 1-원리 모델, 머신 러닝 알고리즘, 등이 립 시일의 유용한 수명을 예측하기 위해 그리고/또는 립 시일이 유지보수 (예를 들어, 세정, 수동으로 세정, 교체, 등) 되어야 할 때를 예측하기 위해 데이터에 적용된다. 이들 모델들은 이하에 기술된 바와 같은 멀티-스테이션 전기도금 장치의 전기도금 셀 각각에 적용될 수도 있다.

장치

[0080] 본 명세서에 기술된 방법들은 임의의 적합한 장치에 의해 수행될 수도 있다. 적합한 장치는 본 실시예들에 따른, 프로세스 동작들을 달성하기 위한 하드웨어 및 프로세스 동작들을 제어하기 위한 인스트럭션들을 갖는 시스템 제어기를 포함한다. 예를 들어, 일부 실시예들에서, 하드웨어는 프로세스 툴에 포함된 하나 이상의 프로세스 스테이션들을 포함할 수도 있다.

[0081] 도 8은 전기도금이 발생할 수도 있는 전기도금 셀의 일 예를 제시한다. 도 8은 상기 기술된 도금 센서를 도시하지 않지만, 도 8에 도시된 장치는 예를 들어 도금 욕 (803) 과 피팅하는/위의 드립 차폐부 상의 도금 센서를

포함하도록 수정될 수 있다는 것이 이해된다. 종종, 전기도금 장치는 기판들 (예를 들어, 웨이퍼들) 이 프로세싱되는 하나 이상의 전기도금 셀들을 포함한다. 명료성을 유지하기 위해 하나의 전기도금 셀만이 도 8에 도시된다. 보텀-업 전기도금을 최적화하기 위해서, 첨가제들 (예를 들어, 가속화제들, 억제제들 및 평탄화제들) 이 전해질에 첨가되지만, 첨가제를 갖는 전해질은 바람직하지 않은 방식들로 애노드와 반응할 수도 있다. 따라서, 도금 셀의 애노드 영역 및 캐소드 영역은 때로 맴브레인에 의해서 분리되어서 상이한 조성의 도금 용액들이 영역 각각에서 사용될 수도 있다. 캐소드 영액에서의 도금 용액은 캐소드액으로 지칭되며, 애노드 영역에서의 도금 용액은 애노드액으로 지칭된다. 다수의 엔지니어링 설계들이 도금 장치 내로 애노드액 및 캐소드액을 도입하기 위해서 사용될 수 있다.

[0082] 도 8을 참조하면, 일 실시예에 따른 전기도금 장치 (801) 의 도시적인 단면도가 도시된다. 도금 욕 (803) 은 레벨 (805) 로 도시된 도금 용액 (본 명세서에서 제공된 바와 같은 조성을 가짐) 을 수용한다. 이 용기의 캐소드액 부분은 캐소드액 내에 기판들을 수용하도록 구성된다. 웨이퍼 (807) 가 도금 용액으로 침지되며 회전가능한 스핀들 (811) 상에 장착된 예를 들어 "클램쉘" 기판 홀더 (809) 에 의해서 홀딩되며, 회전가능한 스핀들은 웨이퍼 (807) 와 함께 클램쉘 기판 홀더 (809) 의 회전을 가능하게 한다. 본 발명에서 사용되기에 적합한 양태들을 갖는 클램쉘 타입 도금 장치의 일반적인 설명이 Patton 등에 허여된 미국 특허 제 6,156,167 호 및 Reid 등에 허여된 미국 특허 제 6,800,187 호에 기술되며, 이 문헌들은 전체가 본 명세서에서 참조로서 인용된다.

[0083] 애노드 (813) 는 도금 욕 (803) 내에서 웨이퍼 아래에 배치되며 맴브레인 (815), 바람직하게는 이온 선택성 맴브레인에 의해서 웨이퍼 영역으로부터 분리된다. 예를 들어, NafionTM 양이온 교환 맴브레인 (cationic exchange membrane) (CEM) 이 사용될 수도 있다. 애노드 맴브레인 아래의 영역은 때로 "애노드 챔버"로서 지칭된다. 이온 선택성 애노드 맴브레인 (815) 은 도금 셀의 애노드 영역과 캐소드 영역 간에서 이온이 서로 통하게 하면서 동시에 애노드에서 생성된 입자들이 웨이퍼 근처로 가서 웨이퍼를 오염시키는 것을 방지한다. 애노드 맴브레인은 또한 도금 프로세스 동안에 전류 흐름을 재분포시켜서 도금 균일성을 개선시키는데 유용하다. 적합한 애노드 맴브레인들의 상세한 설명들은 Reid 등에 허여된 미국 특허들 제 6,126,798 호 및 제 6,569,299 호에 제공되며, 이 두 문헌은 전체가 본 명세서에 참조로서 인용된다. 양이온 교환 맴브레인들과 같은 이온 교환 맴브레인이 이러한 애플리케이션들을 위해서 특히 적합하다. 이러한 맴브레인들은 통상적으로 이오노메릭 재료들 (ionomeric materials), 예를 들어 솔포닉 그룹들을 포함하는 과불화 공중합체들 (perfluorinated copolymers) (예를 들어, NafionTM), 술폰화 폴리이미드들 (sulfonated polyimides), 및 양이온 교환을 위해서 적합하다고 본 기술 분야의 당업자에게 알려진 다른 재료들로 이루어진다. 적합한 NafionTM 맴브레인들의 선택된 예들은 Dupont de Nemours Co.로부터 입수 가능한 N324 맴브레인 및 N424 맴브레인을 포함한다.

[0084] 도금 동안, 도금 용액으로부터의 이온들이 기판 상에 증착된다. 금속 이온들은 확산 경계 층을 통해서 그리고 TSV 홀 또는 다른 피처 내로 확산되어야 한다. 이러한 확산을 지원하는 통상적인 방식은 펌프 (817) 에 의해서 제공된 전기도금 용액의 대류성 흐름을 통해서이다. 부가적으로, 진동 교반 또는 음파 교반 (sonic agitation) 부재가 웨이퍼 회전과 함께 사용될 수도 있다. 예를 들어, 진동 트랜스듀서 (808) 가 클램쉘 기판 홀더 (809) 에 부착될 수도 있다.

[0085] 도금 용액은 펌프 (817) 에 의해서 도금 욕 (803) 에 연속적으로 제공된다. 일반적으로, 도금 용액은 상향으로 애노드 맴브레인 (815) 및 확산기 플레이트 (819) 를 통해서 웨이퍼 (807) 의 중앙으로 흐르고 이어서 웨이퍼 (807) 에 걸쳐서 방사상 외측으로 흐른다. 또한, 도금 용액은 도금 욕 (803) 의 일측으로부터 도금 욕의 애노드 영역으로 제공될 수도 있다. 이어서, 도금 용액은 오버플로우 저장부 (821) 로 도금 욕 (803) 을 오버플로우한다. 도금 용액은 이어서 여과되며 (미도시) 펌프 (817) 로 돌아가서 도금 용액의 재순환을 완료한다. 도금 셀의 특정 구성들에서, 개별 전해질이, 조금씩 침투가능한 맴브레인들 또는 이온 선택성 맴브레인들을 사용하여서 주 도금 용액과의 혼합이 방지되면서, 애노드가 수용된 도금 셀의 부분을 통해서 순환된다.

[0086] 기준 전극 (831) 은 별도의 챔버 (833) 내의 도금 욕 (803) 의 외측에 위치하며, 이 챔버는 주 도금 욕 (803) 으로부터 오버플로우된 용액으로 채워진다. 대안적으로, 일부 실시예들에서, 기준 전극은 가능한 한 기판 표면에 근접하게 위치하며 기준 전극 챔버가 모세관튜브를 통해서 또는 다른 방법에 의해서 웨이퍼 기판의 측면과 연결되거나 웨이퍼 기판 아래와 직접적으로 연결된다. 바람직한 실시예들 중 일부에서, 장치는 웨이퍼 주변부와 연결되어 웨이퍼의 주변부에서의 금속 씨드 층의 전위를 센싱하도록 구성되지만 웨이퍼로 어떠한 전류도 전달하지 않는 콘택트 센싱 리드들을 더 포함한다.

[0087] 기준 전극 (831) 은 통상적으로 전기도금이 제어된 전위에서 수행되는 것이 요구되는 경우에 채용된다. 기준

전극 (831)은 수은/수은 설페이트, 은 클로라이드, 포화된 칼로멜 또는 구리 금속과 같은 다양한 통상적으로 사용되는 타입들 중 하나일 수도 있다. 웨이퍼 (807)와 직접 콘택트하는 콘택트 센싱 리드 (미도시)가 기준 전극과 더불어 보다 정확한 전위 측정을 위해서 일부 실시예들에서 사용될 수도 있다.

[0088] DC 전력 공급부 (835)가 웨이퍼 (807)로의 전류 흐름을 제어하는데 사용될 수 있다. DC 전력 공급부 (835)는 하나 이상의 슬립 렇들, 브러시들 및 콘택트들 (미도시)을 통해서 웨이퍼 (807)에 전기적으로 접속된 네거티브 출력 리드 (839)를 갖는다. 전력 공급부 (835)의 포지티브 출력 리드 (841)는 도금 욕 (803) 내에 위치한 애노드 (813)와 전기적으로 접속된다. 전력 공급부 (835), 기준 전극 (831) 및 콘택트 센싱 리드 (미도시)는 시스템 제어기 (847)에 접속되며, 이 제어기는 다른 기능들 중에서도 전기도금 셀의 엘리먼트들에 제공된 전류 및 전위를 조절하는 것을 가능하게 한다. 예를 들어, 제어기는 전위가 제어되고 전류가 제어되는 레벨들로 전기도금이 되게 할 수도 있다. 제어기는 도금 셀의 다양한 엘리먼트들에 인가되어야 하는 전류 및 전압 레벨들 및 이러한 레벨들이 변화되어야 하는 시간들을 특정하는 프로그램 인스트럭션들을 포함한다. 순방향 전류가 인가되면, 전력 공급부 (835)는 웨이퍼 (807)가 애노드 (813)에 대해서 음의 전위를 갖도록 웨이퍼를 바이어스한다. 이로써, 전류가 애노드 (813)로부터 웨이퍼 (807)로 흐르며 전기화학적 환원 (예를 들어, $Cu^{2+} + 2 e^- = Cu^0$)이 웨이퍼 표면 (캐소드) 상에서 발생하여서, 웨이퍼의 표면 상에 전기적으로 도전성인 층 (예를 들어, 구리)이 증착된다. 불활성 애노드 (814)가 도금 욕 (803) 내에서 웨이퍼 (807) 아래에서 설치될 수도 있고 멤브레인 (815)에 의해서 웨이퍼 영역과 분리될 수도 있다.

[0089] 장치는 또한 도금 용액 온도를 특정 레벨로 유지하는 가열기 (845)를 더 포함할 수도 있다. 도금 용액은 도금 욕의 다른 요소들로 열을 전달하는데 사용될 수도 있다. 예를 들어, 웨이퍼 (807)가 도금 욕 내로 로딩되면, 장치 전반의 온도가 실질적으로 일정하게 될 때까지 도금 용액을 전기도금 장치 (801)를 통해서 순환시키도록, 가열기 (845) 및 펌프 (817)가 턴 온될 수도 있다. 일 실시예에서, 가열기는 시스템 제어기 (847)에 접속된다. 시스템 제어기 (847)는 전기도금 장치 내의 도금 용액 온도의 피드백을 수신하여서 추가적인 가열이 필요 한지를 결정하도록 씨모커플에 연결될 수도 있다.

[0090] 제어기는 통상적으로 하나 이상의 메모리 디바이스들 및 하나 이상의 프로세서들을 포함할 것이다. 프로세서는 CPU 또는 컴퓨터, 아날로그 입력/출력 접속부들, 및/또는 디지털 입력/출력 접속부들, 스텝퍼 모터 제어기 보드들, 등을 포함할 수도 있다. 특정한 실시예들에서, 제어기는 전기도금 장치의 모든 액티비티들을 제어한다. 본 실시예들에 따른 프로세스 동작들을 제어하기 위한 인스트럭션들을 포함하는 비일시적인 머신-판독가능 매체가 시스템 제어기에 커플링될 수도 있다.

[0091] 통상적으로 제어기 (847)와 연관된 사용자 인터페이스가 있을 것이다. 사용자 인터페이스는 디스플레이 스크린, 장치 및/또는 프로세스 조건들의 그래픽 소프트웨어 디스플레이들, 및 포인팅 디바이스들, 키보드들, 터치 스크린들, 마이크로폰들, 등과 같은 사용자 입력 디바이스들을 포함할 수도 있다. 전기도금 프로세스들을 제어하기 위한 컴퓨터 프로그램 코드는 임의의 종래의 컴퓨터 판독가능 프로그래밍 언어: 예를 들어, 어셈블리어, C, C++, Pascal, Fortran 또는 다른 프로그래밍 언어로 작성될 수 있다. 컴파일링된 객체 코드 또는 스크립트는 프로그램에서 식별된 태스크들을 수행하도록 프로세서에 의해 실행된다. 본 명세서의 실시예들에 따라 사용될 수도 있는 도금 장치의 일 예는 Lam Research Sabre 툴이다. 전자는 보다 큰 전착 장치를 형성하는 컴포넌트들에서 수행될 수 있다.

[0092] 도 9는 예시적인 전착 장치의 상면도의 개략도이다. 전착 장치 (900)는 3 개의 별도의 전기도금 모듈들 (902, 904, 및 906)을 포함할 수 있다. 전착 장치 (900)는 또한 다양한 프로세스 동작들을 위해 구성된 3 개의 별도의 모듈들 (912, 914, 및 916)을 포함할 수 있다. 예를 들어, 일부 실시예들에서, 하나 이상의 모듈들 (912, 914, 및 916)은 SRD (spin rinse drying) 모듈일 수도 있다. 다른 실시예들에서, 하나 이상의 모듈들 (912, 914, 및 916)은 PEM들 (post-electrofill modules) 일 수도 있고, 각각 전기도금 모듈들 (902, 904, 및 906) 중 하나에 의해 프로세싱된 후, 기판들의 에지 베벨 제거, 백사이드 예칭 및 산 세정과 같은 기능을 수행하도록 구성된다.

[0093] 전착 장치 (900)는 중앙 전착 챔버 (924)를 포함한다. 중앙 전착 챔버 (924)는 전기도금 모듈들 (902, 904, 및 906) 내에서 전기도금 용액으로서 사용된 화학 용액을 훌딩하는 챔버이다. 전착 장치 (900)는 또한 전기도금 용액에 대한 첨가제들을 저장할 수도 있고 전달할 수도 있는 도징 시스템 (926)을 포함한다. 화학적 회석 모듈 (922)은 에천트로서 사용될 화학물질들을 저장할 수도 있고 혼합할 수도 있다. 필터 및 펌핑 유닛 (928)은 중앙 전착 챔버 (924)에 대한 전기도금 용액을 필터링할 수도 있고 전기도금 모듈들로 펌핑할 수도 있다.

- [0094] 시스템 제어기 (930)는 전착 장치 (900)를 동작시키도록 요구되는 전자적 제어 및 인터페이스 제어를 제공한다. (하나 이상의 물리적 또는 논리적 제어기들을 포함할 수도 있는) 시스템 제어기 (930)는 전기도금 장치 (900)의 속성을 일부 또는 모두를 제어한다.
- [0095] 프로세스를 모니터링하기 위한 신호들은 다양한 프로세스 툴 센서들로부터 시스템 제어기 (930)의 아날로그 및 /또는 디지털 입력 접속부들에 의해 제공될 수도 있다. 프로세스를 제어하기 위한 신호들은 프로세스 툴의 아날로그 및 디지털 출력 접속부들에 출력될 수도 있다. 모니터링될 수도 있는 프로세스 툴 센서들의 비제한적인 예들은 질량 플로우 제어기들, 압력 센서들 (예컨대 압력계들), 써모커플들, 광학 위치 센서들, 등을 포함한다. 적절히 프로그램된 피드백 및 제어 알고리즘들은 프로세스 조건들을 유지하도록 이를 센서들로부터 데이터를 사용할 수도 있다.
- [0096] 핸드-오프 툴 (940)은 카세트 (942) 또는 카세트 (944)와 같은 기판 카세트로부터 기판을 선택할 수도 있다. 카세트들 (942 또는 944)은 FOUP들 (front opening unified pods) 일 수도 있다. FOUP는 제어된 분위기에 기판들을 안정하고 안전하게 홀딩하고 기판들로 하여금 적절한 로드 포트들 및 로봇 핸들링 시스템들을 구비한 툴들에 의해 프로세싱 또는 측정을 위해 제거되게 하도록 설계된 인클로저이다. 핸드-오프 툴 (940)은 진공 부착 또는 일부 다른 부착 메커니즘을 사용하여 기판을 홀딩할 수도 있다.
- [0097] 핸드-오프 툴 (940)은 웨이퍼 핸들링 스테이션 (932), 카세트들 (942 또는 944), 이송 스테이션 (950), 또는 정렬기 (aligner) (948)와 인터페이싱할 수도 있다. 이송 스테이션 (950)으로부터, 핸드-오프 툴 (946)은 기판으로의 액세스를 획득할 수도 있다. 이송 스테이션 (950)은 핸드-오프 툴들 (940 및 946)로부터 그리고 핸드-오프 툴들 (940 및 946)로 정렬기 (948)를 통과하지 않고 기판들을 전달할 수도 있는 슬롯 또는 위치일 수도 있다. 그러나, 일부 실시예들에서, 기판이 전기도금 모듈로의 정밀 전달을 위해 핸드-오프 툴 (946) 상에 적절히 정렬되었다는 것을 보장하도록, 핸드-오프 툴 (946)은 정렬기 (948)와 기판을 정렬할 수도 있다. 핸드-오프 툴 (946)은 또한 다양한 프로세스 동작들을 위해 구성된 전기도금 모듈들 (902, 904, 또는 906) 중 하나로 또는 3 개의 분리된 모듈들 (912, 914, 및 916) 중 하나로 기판을 전달할 수도 있다.
- [0098] 상기 기술된 방법들에 따른 프로세스 동작의 예는 다음: (1) 전기도금 모듈 (904) 내 기판 상으로 구리 또는 또 다른 재료를 전기디포짓하고 (2) 모듈 (912) 내 SRD에서 기판을 린싱하고 건조하고, 그리고 (3) 모듈 (914) 내에서 에지 베벨 제거를 수행하는 것으로 진행될 수도 있다.
- [0099] 순차적인 도금, 린싱, 건조 및 PEM 프로세스 동작들을 통해 기판들의 효과적인 사이클링을 가능하게 하도록 구성된 장치가 제조 분위기에 사용하기 위한 구현예들에서 유용할 수도 있다. 이를 달성하기 위해, 모듈 (912)은 스핀 린스 건조기 및 에지 베벨 제거 챔버로서 구성될 수 있다. 이러한 모듈 (912)을 사용하여, 기판은 단지 전기도금 모듈 (904)과 구리 도금 및 EBR 동작들을 위한 모듈 (912) 사이에서 이송되어야 한다. 일부 실시예들에서, 본 명세서에 기술된 방법들은 전기도금 장치 및 스텝페를 포함하는 시스템에서 구현될 것이다.
- [0100] 전착 장치 (1000)의 대안적인 실시예가 도 10에 개략적으로 예시되었다. 이 실시예에서, 전착 장치 (1000)는 전기도금 셀들 (1007)의 세트를 갖고, 셀 각각은 쌍 또는 복수의 "듀엣" 구성의 전기도금 육을 포함한다. 전기도금 자체에 더하여, 전착 장치 (1000)는 다양한 다른 전기도금 관련 프로세스들 및 서브-단계들, 예컨대 예를 들어, 스핀-린싱, 금속 및 실리콘 습식 예칭, 무전해 디포지션, 사전-웨팅 (pre-wetting) 및 사전-화학적 (pre-chemical) 처리, 환원, 어닐링, 포토레지스트 스트립핑, 및 표면 사전-활성화를 수행할 수도 있다. 도 10에서 위에서 아래로 내려다 본 전착 장치 (1000)가 개략적으로 도시되고, 단일 레벨 또는 "플로어"만이 도면에서 드러나지만, 이러한 장치, 예를 들어, Novellus SabreTM 3D 툴은 서로 상단에 2 이상의 레벨들이 "스택"될 수 있고, 레벨 각각은 잠재적으로 동일하거나 상이한 타입들의 프로세싱 스테이션들을 갖는다는 것이 당업자에게 용이하게 이해된다.
- [0101] 도 10을 다시 한번 참조하면, 전기도금되는 기판들 (1006)은 일반적으로 프론트 엔드 로딩 FOUP (1001)를 통해 전착 장치 (1000)로 페딩되고, 이 예에서, FOUP로부터 프론트-엔드 로봇 (1002)을 통해서 전착 장치 (1000)의 주 기판 프로세싱 구역으로 이동되며, 이 로봇 (1002)은 접근 가능한 스테이션들 중 하나의 스테이션에서 다른 스테이션으로 다차원으로 (in multiple dimensions) 스핀들 (1003)에 의해서 구동되는 기판 (1006)을 후퇴 및 이동시킬 수 있으며, 본 예에서는 2 개의 프론트-엔드 액세스 가능한 스테이션들 (1004) 및 또한 2 개의 프론트-엔드 액세스 가능한 스테이션들 (1008)이 도시되어 있다. 이 프론트-엔드 액세스 가능한 스테이션들 (1004, 1008)은 예를 들어 전 처리 스테이션들 및 SRD (spin rinse drying) 스테이션들을 포함할 수도 있다. 프론트-엔드 로봇 (1002)의 옆으로 (side-to-side) 축방향 이동은 로봇 트랙 (1002a)을 사용하여

서 달성된다. 기판들 (1006) 각각은 모터 (미도시)에 연결된 스픈들 (1003)에 의해서 구동되는 캡/콘 어셈블리 (미도시)에 의해서 유지되며, 모터는 실장 브라켓 (1009)에 부착될 수 있다. 또한, 본 예에서는, 총 8 개의 전기도금 셀들 (1007)에 대해 전기도금 셀들 (1007)의 4 개의 "듀엣들"이 도시된다. 시스템 제어기 (미도시)가 전착 장치 (1000)의 특성들의 일부 또는 모두를 제어하도록 전착 장치 (1000)에 커플링될 수도 있다. 시스템 제어기는 전술한 바와 같은 프로세스에 따라서 인스트럭션들을 실행하도록 프로그래밍되거나 이와 달리 구성될 수 있다.

[0102] 시스템 제어기

일부 구현예들에서, 제어기는 상기 기술된 예들의 일부일 수도 있는, 시스템의 일부이다. 이러한 시스템들은, 프로세싱 툴 또는 툴들, 챔버 또는 챔버들, 프로세싱용 플랫폼 또는 플랫폼들, 및/또는 특정 프로세싱 컴포넌트들 (웨이퍼 폐데스탈, 가스 플로우 시스템, 등)을 포함하는, 반도체 프로세싱 장비를 포함할 수 있다. 이들 시스템들은 반도체 웨이퍼 또는 기판의 프로세싱 이전에, 프로세싱 동안에 그리고 프로세싱 이후에 그들의 동작을 제어하기 위한 전자장치에 통합될 수도 있다. 전자장치들은 시스템 또는 시스템들의 다양한 컴포넌트들 또는 하위부품들을 제어할 수도 있는 "제어기"로서 지칭될 수도 있다. 제어기는, 시스템의 프로세싱 요건들 및/또는 타입에 따라서, 프로세싱 가스들의 전달, 온도 설정사항들 (예를 들어, 가열 및/또는 냉각), 압력 설정사항들, 진공 설정사항들, 전력 설정사항들, 무선 주파수 (RF) 생성기 설정사항들, RF 매칭 회로 설정사항들, 주파수 설정사항들, 플로우 레이트 설정사항들, 유체 전달 설정사항들, 위치 및 동작 설정사항들, 툴들 및 다른 이송 툴들 및/또는 특정 시스템과 연결되거나 인터페이싱된 로드록들 내외로의 웨이퍼 이송들을 포함하는, 본 명세서에 개시된 프로세스들 중 임의의 프로세스들을 제어하도록 프로그램될 수도 있다. 특정한 예에서, 시스템 제어기는 기판 홀더의 포지셔닝을 제어한다. 시스템 제어기는 도금 포지션, 세정 포지션, 건조 포지션, 및/또는 검출 포지션에 기판 홀더를 적절하게 포지셔닝하도록 리프트 메커니즘에 인스트럭팅 할 수도 있다. 시스템 제어기는 또한 본 명세서에 기술된 방법들을 수행하기 위해 필요하다면 측정값들을 취하도록 도금 센서에 인스트럭팅할 수도 있다. 시스템 제어기는 또한 도금 센서를 사용하여 측정값을 취하기 전에 센서 타깃 영역을 조작하도록, 그리고/또는 도금 센서를 사용하여 측정값을 취한 후 그리고 새로운 웨이퍼를 프로세싱하기 전 센서 타깃 영역을 재-웨팅하도록 장치에 인스트럭팅 할 수도 있다.

일반적으로 말하면, 제어기는 인스트럭션들을 수신하고, 인스트럭션들을 발행하고, 동작을 제어하고, 세정 동작들을 인에이블하고, 엔드포인트 측정들을 인에이블하는 등을 하는 다양한 접적 회로들, 로직, 메모리, 및/또는 소프트웨어를 갖는 전자장치로서 규정될 수도 있다. 접적 회로들은 프로그램 인스트럭션들을 저장하는 펌웨어의 형태의 칩들, 디지털 신호 프로세서들 (DSP), ASIC (application specific integrated circuit)으로서 규정되는 칩들 및/또는 프로그램 인스트럭션들 (예를 들어, 소프트웨어)을 실행하는 하나 이상의 마이크로프로세서들, 또는 마이크로제어기들을 포함할 수도 있다. 프로그램 인스트럭션들은 반도체 웨이퍼 상에서 또는 반도체 웨이퍼에 대한 특정 프로세스를 실행하기 위한 동작 파라미터들을 규정하는, 다양한 개별 설정사항들 (또는 프로그램 파일들)의 형태로 제어기로 또는 시스템으로 전달되는 인스트럭션들일 수도 있다. 일부 실시예들에서, 동작 파라미터들은 하나 이상의 층들, 재료들, 금속들, 산화물들, 실리콘, 이산화 실리콘, 표면들, 회로들, 및/또는 웨이퍼의 다이들의 제조 동안에 하나 이상의 프로세싱 단계들을 달성하도록 프로세스 엔지니어들에 의해서 규정된 레시피의 일부일 수도 있다.

제어기는 일부 구현예들에서, 시스템에 통합되거나, 시스템에 커플링되거나, 이와 달리 시스템에 네트워킹되거나, 또는 이들의 조합으로 될 수 있는 컴퓨터에 커플링되거나 이의 일부일 수도 있다. 예를 들어, 제어기는 웨이퍼 프로세싱의 원격 액세스를 가능하게 할 수 있는 공장 (fab) 호스트 컴퓨터 시스템의 전부 또는 일부이거나 "클라우드" 내에 있을 수도 있다. 컴퓨터는 제조 동작들의 현 진행을 모니터링하고, 과거 제조 동작들의 이력을 조사하고, 복수의 제조 동작들로부터 경향들 또는 성능 계측치들을 조사하고, 현 프로세싱의 파라미터들을 변경하고, 현 프로세싱을 따르는 프로세싱 단계들을 설정하고, 또는 새로운 프로세스를 시작하기 위해서 시스템으로의 원격 액세스를 인에이블할 수도 있다. 일부 예들에서, 원격 컴퓨터 (예를 들어, 서버)는 로컬 네트워크 또는 인터넷을 포함할 수도 있는 네트워크를 통해서 프로세스 레시피들을 시스템에 제공할 수 있다. 원격 컴퓨터는 차후에 원격 컴퓨터로부터 시스템으로 전달될 파라미터들 및/또는 설정사항들의 입력 또는 프로그래밍을 인에이블하는 사용자 인터페이스를 포함할 수도 있다. 일부 예들에서, 제어기는 하나 이상의 동작들 동안에 수행될 프로세스 단계들 각각에 대한 파라미터들을 특정한, 데이터의 형태의 인스트럭션들을 수신한다. 이 파라미터들은 제어기가 제어하거나 인터페이싱하도록 구성된 툴의 타입 및 수행될 프로세스의 타입에 특정적일 수도 있다는 것이 이해되어야 한다. 따라서, 상술한 바와 같이, 제어기는 예를 들어 서로 네트워킹되어서 함께 공통 목적을 위해서, 예를 들어 본 명세서에 기술된 프로세스들 및 제어들을 위해서 협력하는 하나 이상의 개별

제어기들을 포함함으로써 분산될 수도 있다. 이러한 목적을 위한 분산형 제어기의 예는 챔버 상의 프로세스를 제어하도록 조합되는, (예를 들어, 플랫폼 레벨에서 또는 원격 컴퓨터의 일부로서) 원격으로 위치한 하나 이상의 집적 회로들과 통신하는 챔버 상의 하나 이상의 집적 회로들일 수 있다.

[0106] 비한정적으로, 예시적인 시스템들은 플라즈마 에칭 챔버 또는 모듈, 증착 챔버 또는 모듈, 스판-린스 챔버 또는 모듈, 금속 도금 챔버 또는 모듈, 세정 챔버 또는 모듈, 베벨 에지 에칭 챔버 또는 모듈, PVD (physical vapor deposition) 챔버 또는 모듈, CVD (chemical vapor deposition) 챔버 또는 모듈, ALD (atomic layer deposition) 챔버 또는 모듈, ALE (atomic layer etch) 챔버 또는 모듈, 이온 주입 챔버 또는 모듈, 트랙 (track) 챔버 또는 모듈, 및 반도체 웨이퍼들의 제조 및/또는 제작 시에 사용되거나 연관될 수도 있는 임의의 다른 반도체 프로세싱 시스템들을 포함할 수도 있다.

[0107] 상술한 바와 같이, 툴에 의해서 수행될 프로세스 단계 또는 단계들에 따라서, 제어기는, 반도체 제작 공장 내의 툴 위치들 및/또는 로드 포트들로부터/로 웨이퍼들의 컨테이너들을 이동시키는 재료 이송 시에 사용되는, 다른 툴 회로들 또는 모듈들, 다른 툴 컴포넌트들, 클러스터 툴들, 다른 툴 인터페이스들, 인접 툴들, 이웃하는 툴들, 공장 도처에 위치한 툴들, 메인 컴퓨터, 또 다른 제어기 또는 툴들 중 하나 이상과 통신할 수도 있다.

[0108] 상기에 기술된 다양한 하드웨어 및 방법 실시예들은 예를 들어 반도체 디바이스들, 디스플레이, LED, 광전 패널 등의 제조 또는 제작을 위한 리소그래피 패터닝 툴들 또는 프로세스들과 함께 사용될 수도 있다. 통상적으로, 반드시 그러한 것은 아니지만 이러한 툴들/프로세스들은 공통 제조 설비 내에서 함께 사용되거나 수행될 것이다.

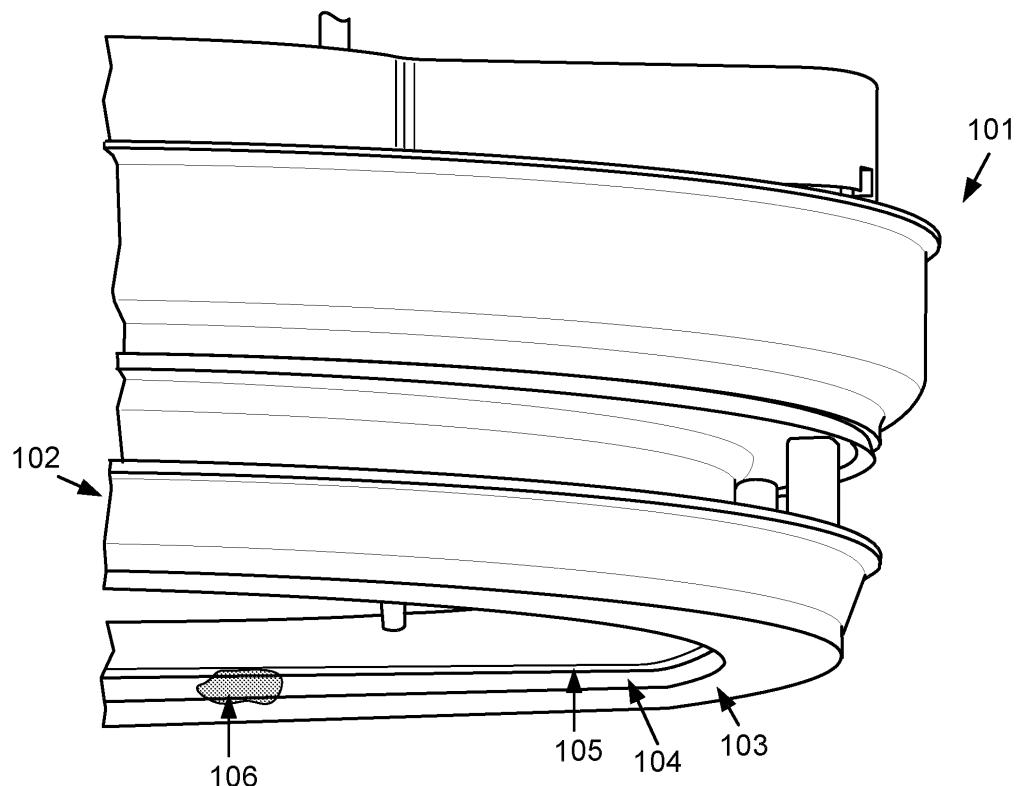
[0109] 막의 리소그래픽 패터닝은 통상적으로, 단계 각각이 다수의 가능한 툴들을 사용하여 인에이블되는, 이하의 단계들: (1) 스픬-온 (spin-on) 툴 또는 스프레이-온 (spray-on) 툴을 사용하여 워크피스, 예를 들어, 상부에 실리콘 나이트라이드 막이 형성된 기판 상에 포토레지스트를 도포하는 단계; (2) 핫 플레이트 또는 노 또는 다른 적합한 경화 툴을 사용하여 포토레지스트를 경화하는 단계; (3) 웨이퍼 스텝퍼와 같은 툴을 사용하여 가시광선 또는 UV 또는 x-선 광에 포토레지스트를 노출시키는 단계; (4) 습식 벤치 또는 스프레이 현상기와 같은 툴을 사용하여 레지스트를 선택적으로 제거하여 레지스트를 패터닝하도록 레지스트를 현상하는 단계; (5) 건식 또는 플라즈마 보조 에칭 툴을 사용함으로써 그 아래에 놓인 막 또는 워크피스 내로 레지스트 패턴을 전사하는 단계; 및 (6) RF 또는 마이크로파 플라즈마 레지스트 스트립퍼와 같은 툴을 사용하여 레지스트를 제거하는 단계의 일부 또는 전부를 포함한다. 일부 실시예들에서, 애시가능 (ashable) 하드마스크 층 (예컨대 비정질 탄소 층) 및 또 다른 적합한 하드마스크 (예컨대 반사방지 층)는 포토레지스트를 도포하기 전에 증착될 수도 있다.

[0110] 본 명세서에 기술된 구성들 및/또는 접근방법들은 본질적으로 예시적이고, 이들 구체적인 상세들 또는 예들은 다수의 변동들이 가능하기 때문에, 제한하는 의미로 간주되지 않는다는 것이 이해되어야 한다. 본 명세서에 기술된 구체적인 루틴들 또는 방법들이 임의의 수의 프로세싱 전략들 중 하나 이상을 나타낼 수도 있다. 이와 같이, 예시된 다양한 작용들은 예시된 순서로, 다른 순서들로, 동시에 수행될 수도 있고, 또는 일부 경우들에서 생략될 수도 있다. 유사하게, 상기 기술된 프로세스들의 순서는 변화될 수도 있다. 특정한 참조문헌들이 본 명세서에 참조로서 인용된다. 이러한 참조문헌들에서 이루어진 임의의 부정 또는 부인들은 본 명세서에 기술된 실시예들에 필수적으로 적용되지는 않는다는 것이 이해된다. 유사하게, 이러한 참조문헌들에 기술된 임의의 피처들은 필요에 따라 본 명세서의 실시예들에서 생략될 수도 있다.

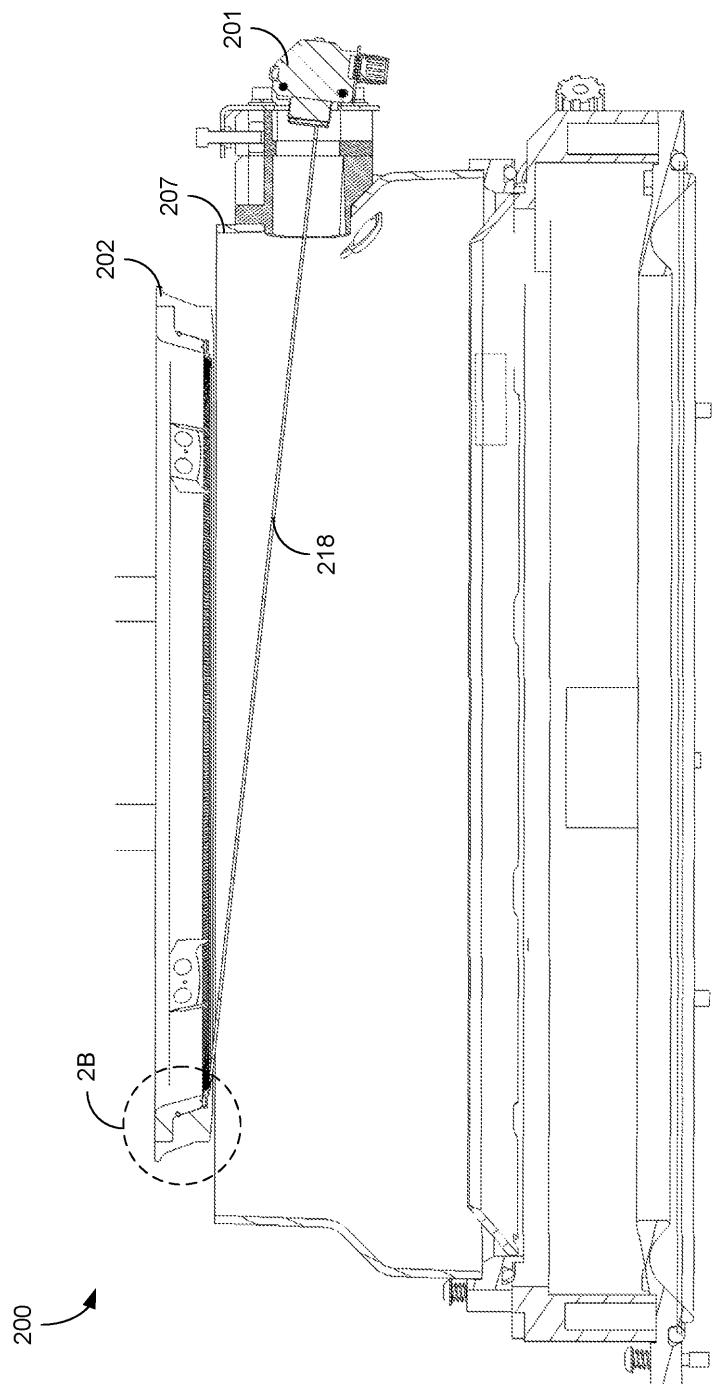
[0111] 본 개시의 주제는 본 명세서에 개시된 다양한 프로세스들, 시스템들 및 구성들 및 다른 특징들, 기능들, 작용들, 및/또는 속성들의 모든 신규하고 명백하지 않은 결합들 및 하위-결합들, 뿐만 아니라 이들의 임의의 그리고 모든 등가물들을 포함한다.

도면

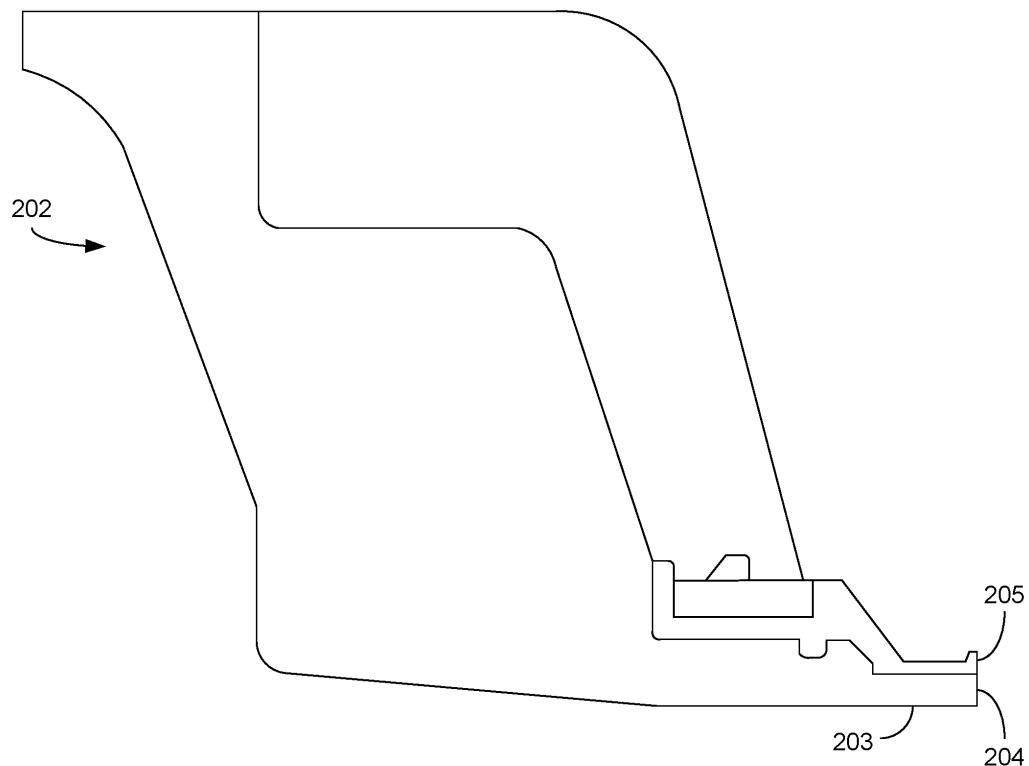
도면1



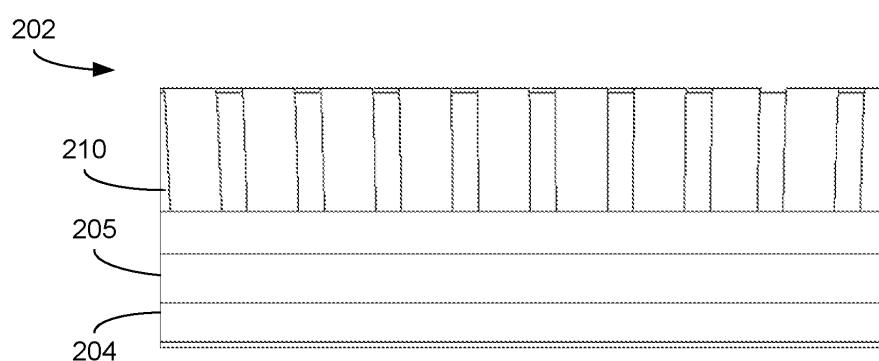
도면2a



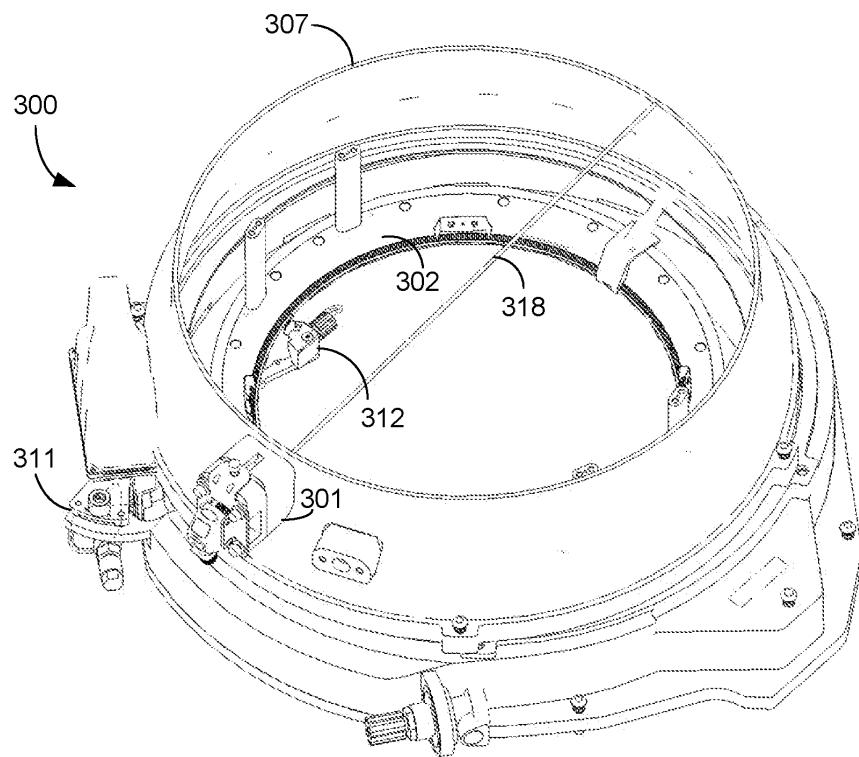
도면2b



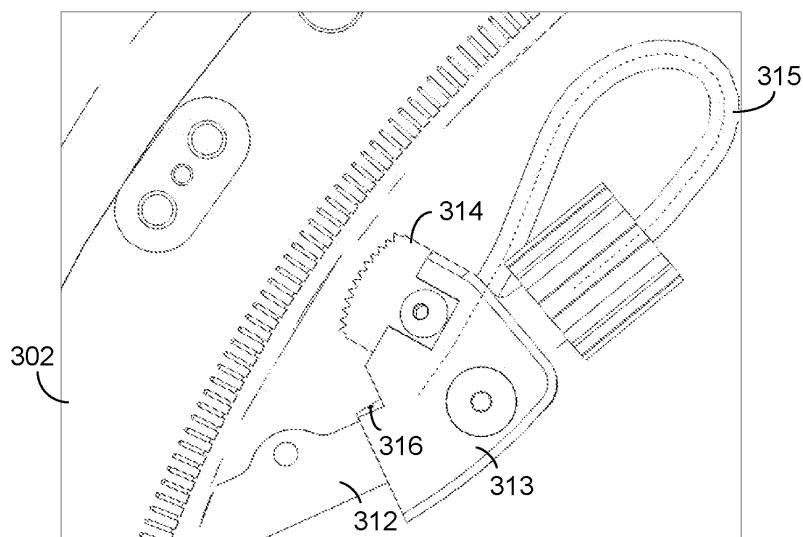
도면2c



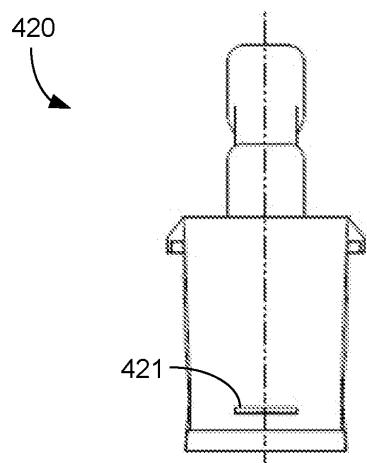
도면3a



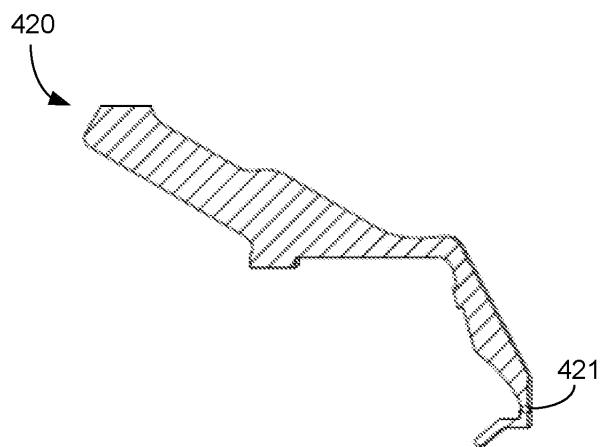
도면3b



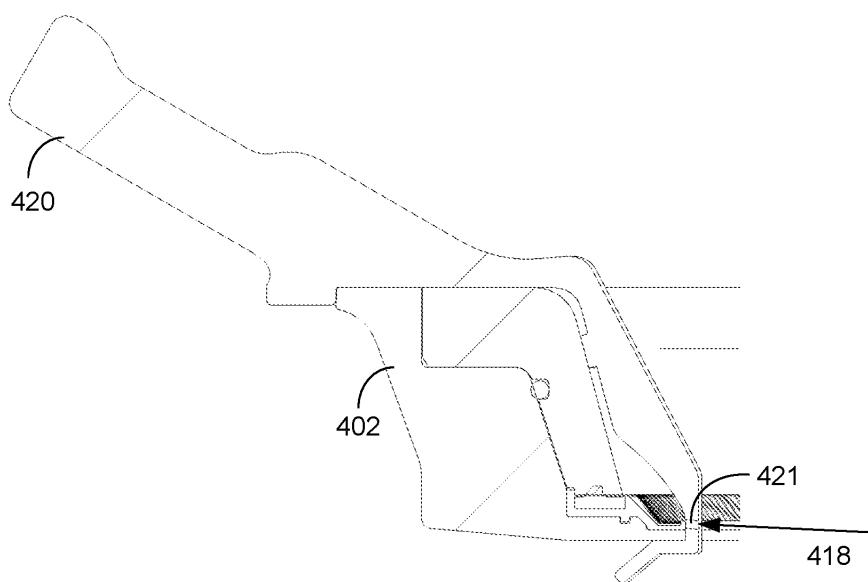
도면4a



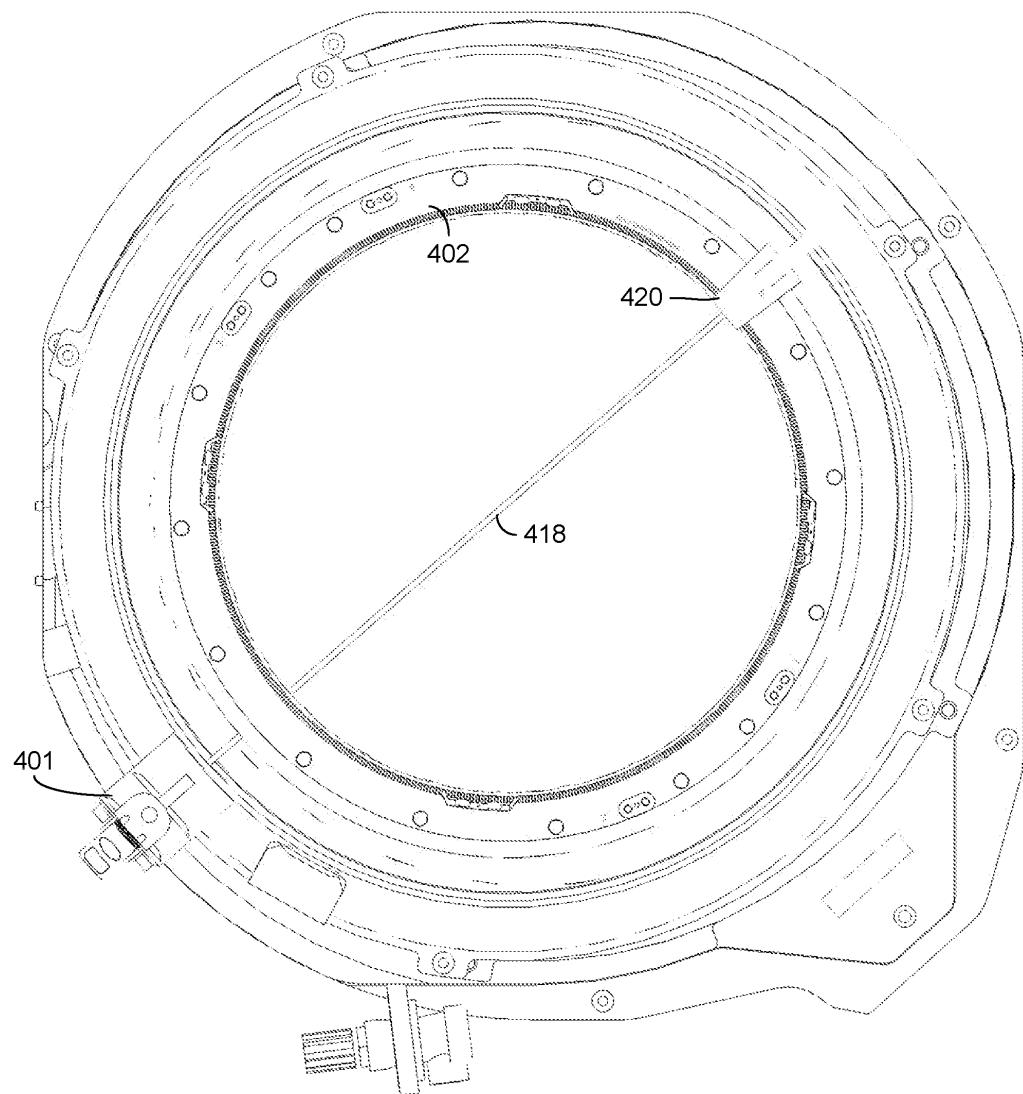
도면4b



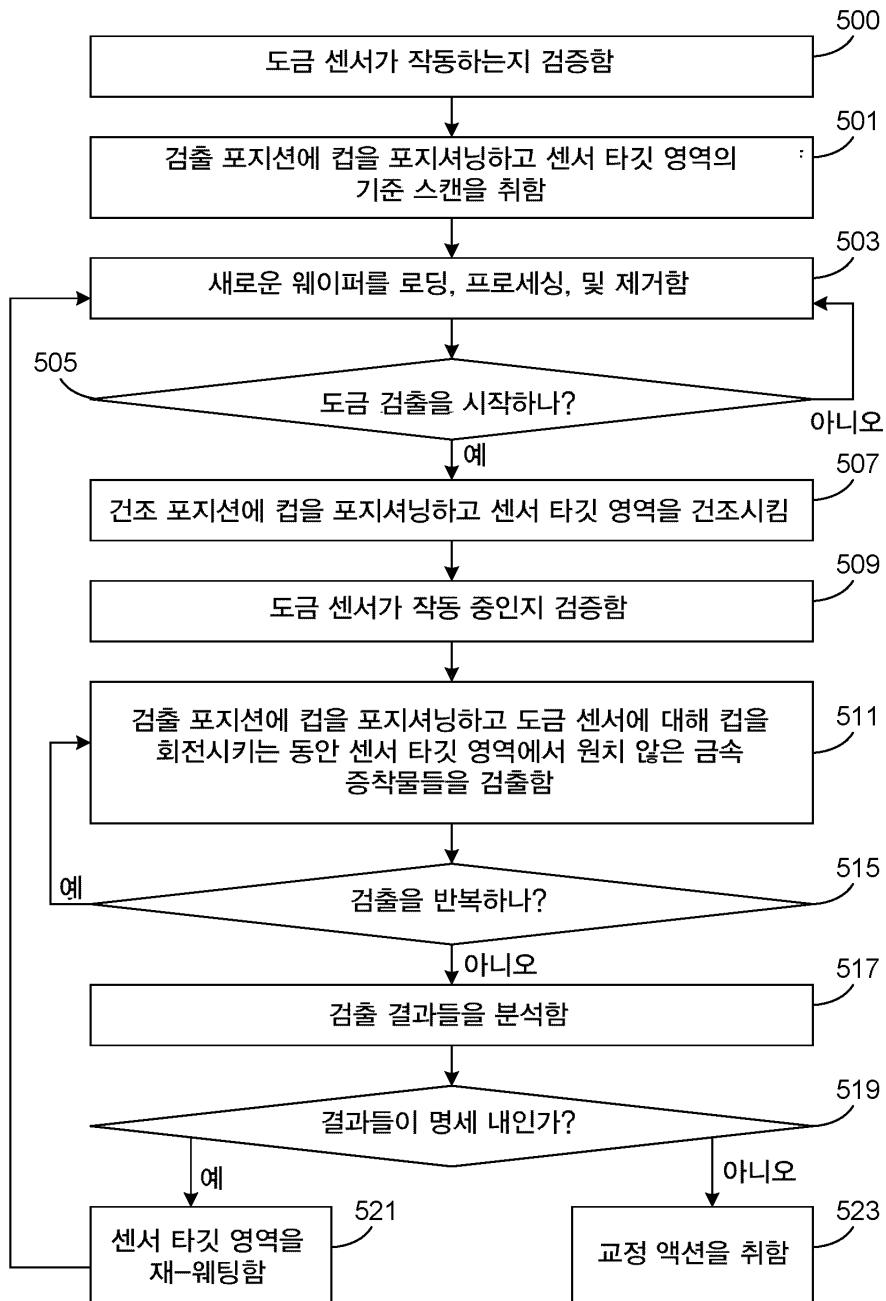
도면4c



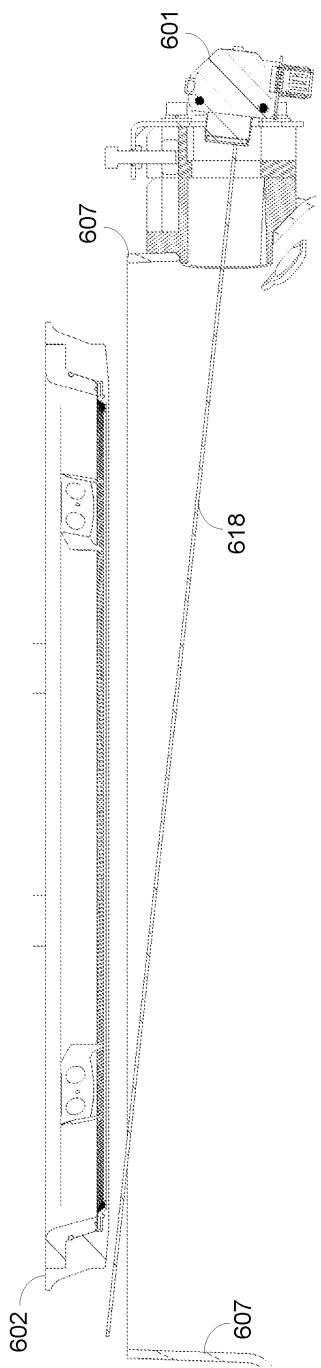
도면4d



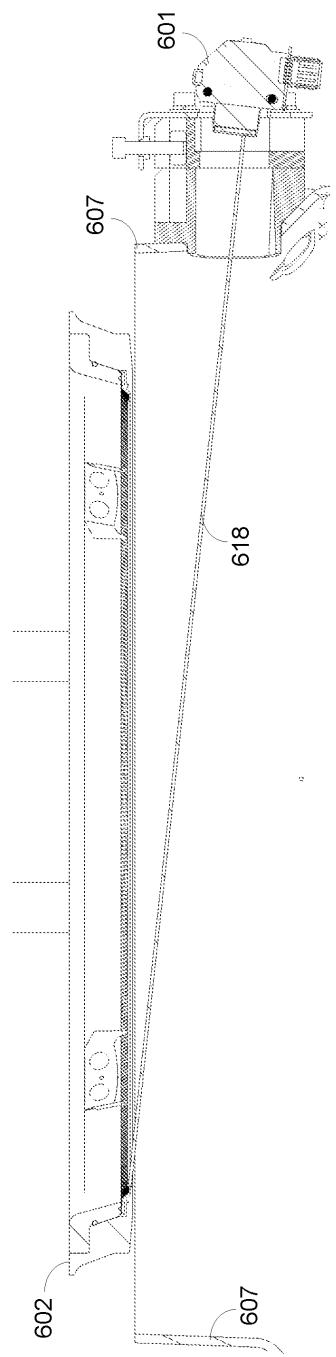
도면5



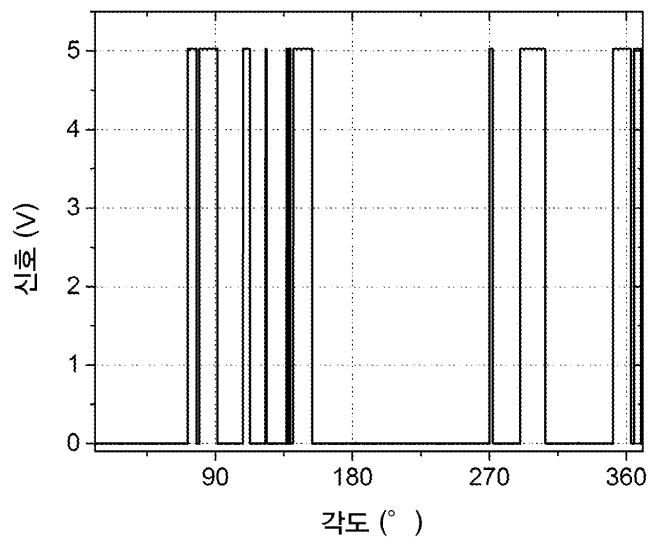
도면6a



도면 6b



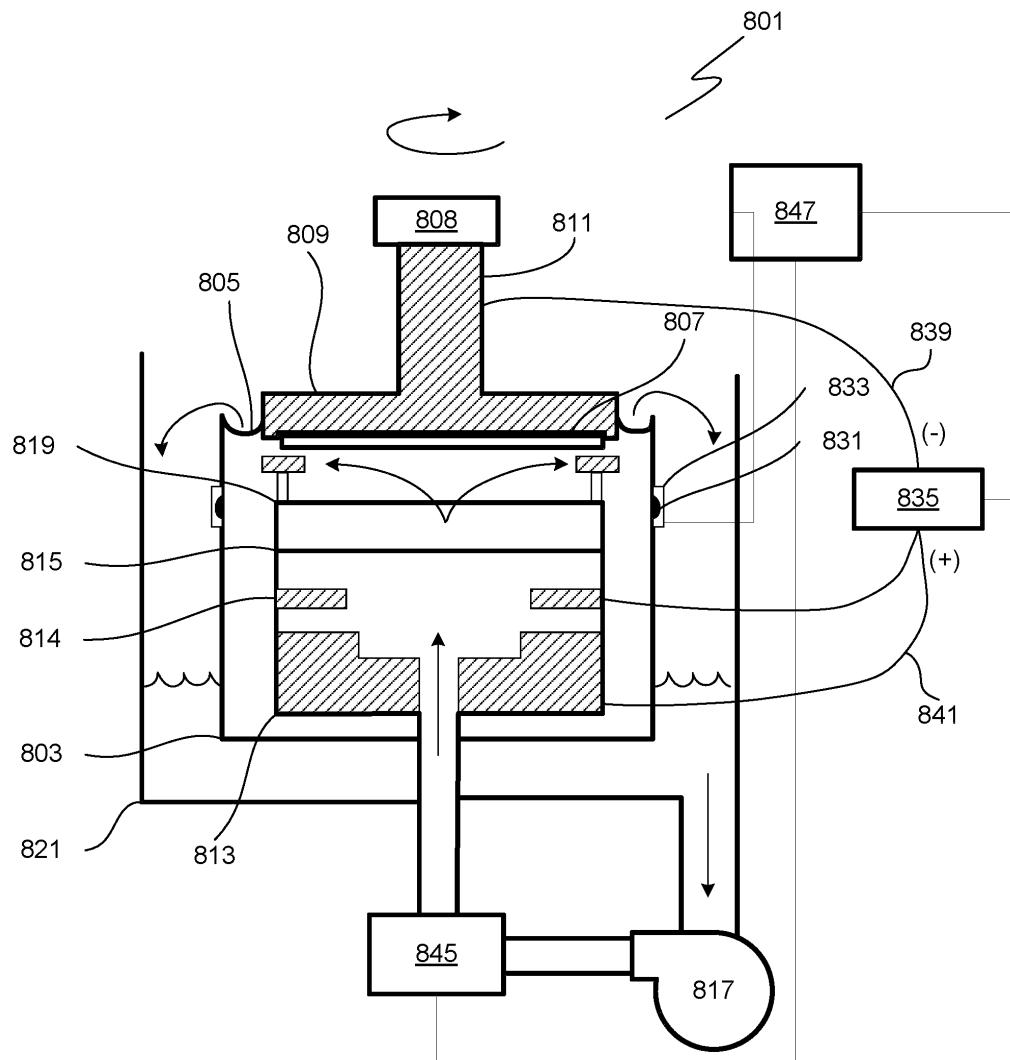
도면7a



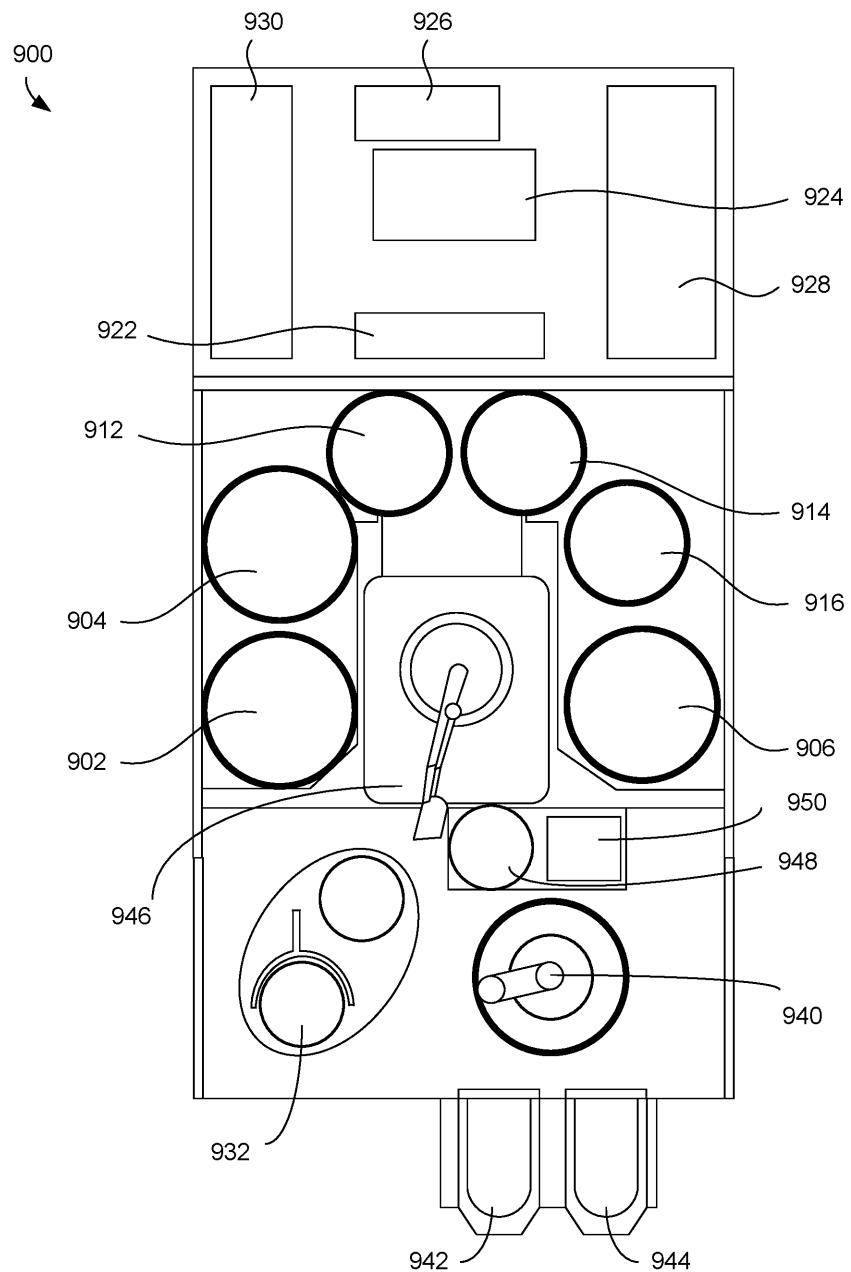
도면7b

측정 번호	측정값
1	19.87
2	19.99
3	19.97
4	20.25
5	19.96
6	19.96
7	20.39
8	20.14
9	20.15
10	20.15
표준 편차	0.15

도면8



도면9



도면10

