



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2013년02월14일
 (11) 등록번호 10-1233444
 (24) 등록일자 2013년02월07일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C23C 18/16 (2006.01) **C23C 18/54** (2006.01)
 (21) 출원번호 10-2006-7011581
 (22) 출원일자(국제) 2004년12월07일
 심사청구일자 2009년12월04일
 (85) 번역문제출일자 2006년06월12일
 (65) 공개번호 10-2006-0123313
 (43) 공개일자 2006년12월01일
 (86) 국제출원번호 PCT/US2004/040951
 (87) 국제공개번호 WO 2005/061760
 국제공개일자 2005년07월07일
 (30) 우선권주장
 10/734,704 2003년12월12일 미국(US)
 10/735,216 2003년12월12일 미국(US)
 (56) 선행기술조사문헌
 US04982065 A
 US05260108 A

(73) 특허권자
랩 리써치 코퍼레이션
 미국 94538 캘리포니아주 프레몬트 쿠싱 파크웨이 4650
 (72) 발명자
도르디 예즈디
 미국 94303 캘리포니아주 팔로 알토 윌터 헤이스 드라이브 104
보이드 존
 미국 93422 캘리포니아주 아타스카데로 시에라 비스타 로드 8730
 (뒷면에 계속)
 (74) 대리인
특허법인코리아나

전체 청구항 수 : 총 20 항

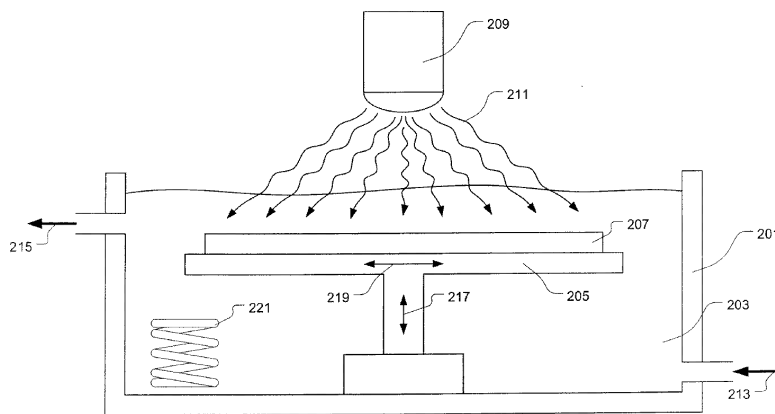
심사관 : 여경숙

(54) 발명의 명칭 재료 데포짓을 위한 방법 및 장치

(57) 요약

무전해 도금액에 노출된 웨이퍼의 표면의 선택적 가열을 위한 방법 및 장치가 제공된다. 방사 에너지원에 의한 선택적 가열은 웨이퍼 표면과 무전해 도금액 사이의 계면에서의 온도 증가를 야기시킨다. 이 온도 증가는 도금 반응이 웨이퍼 표면에서 발생하도록 한다. 따라서, 적절하게 정의된 방사 에너지원을 사용하여 웨이퍼 표면의 온도를 변화시킴으로써 개시 및 제어되는 무전해 도금 반응을 통해 웨이퍼 표면 상에 재료가 데포짓된다. 또한, 평면 부재가 웨이퍼 표면 위에 근접하게 위치되어, 이 평면 부재와 웨이퍼 표면 사이에 무전해 도금액을 인트랩할 수 있다. 도금 반응을 통해 데포짓된 재료는 평면 부재의 평탄성을 따르는 평탄화층을 형성한다.

대표도



(72) 발명자

티 윌리엄

미국 94040 캘리포니아주 마운틴 뷰 콘티넨털 서클
707 넘버 2221

마라스친 밥

미국 95014 캘리포니아주 쿠퍼티노 에드워드 웨이
21629

레데커 프레드 씨

미국 94539 캘리포니아주 프레몬트 수 드라이브
1801

쿡 조엘 앤

미국 20186 버지니아주 워렌턴 헌츠만스 드라이브
7408

특허청구의 범위

청구항 1

웨이퍼의 표면 상에 재료를 데포짓하는 방법으로서,

도금 반응이 손쉽게 발생하지 않는 온도로 유지되는 무전해 도금액을 상기 웨이퍼의 표면에 공급하는 단계;

적어도 상기 웨이퍼의 표면에 존재하는 특정 재료로서의 제 1 재료와 상기 웨이퍼의 표면에 존재하는 주위 재료로서의 제 2 재료가 방사 에너지에 노출되도록 상기 방사 에너지에 상기 웨이퍼의 표면을 노출시키는 단계로서, 상기 제 2 재료는 상기 제 1 재료 근방에 위치되는, 상기 웨이퍼의 표면을 노출시키는 단계; 및

상기 방사 에너지가 상기 제 2 재료에 의해 실질적으로 흡수되지 않고 상기 제 1 재료의 원자들, 분자들 또는 원자들 및 분자들의 양자에 의해 선택적으로 흡수되도록 상기 방사 에너지의 파장 범위를 제어하는 단계로서, 상기 제 1 재료에 의한 상기 방사 에너지의 선택적 흡수는 상기 제 1 재료의 선택적 가열 및 증가된 온도를 야기시키고, 상기 제 2 재료에 의한 상기 방사 에너지의 실질적인 흡수 부족은 상기 제 2 재료의 실질적인 가열 및 증가된 온도를 회피하며, 방사 에너지원이 상기 무전해 도금액에 노출시 상기 제 1 재료를 충분히 가열하여 무전해 도금 반응이 상기 제 1 재료 상에서는 선택적으로 발생하고 상기 제 2 재료 상에서는 발생하지 않도록 제어되는, 상기 방사 에너지의 파장 범위를 제어하는 단계를 포함하는, 웨이퍼의 표면 상에 재료를 데포짓하는 방법.

청구항 2

삭제

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 도금 반응이 발생하는 온도보다 실질적으로 낮게 상기 무전해 도금액의 온도를 제어하는 단계를 더 포함하는, 웨이퍼의 표면 상에 재료를 데포짓하는 방법.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 방사 에너지에 상기 웨이퍼의 표면을 노출시키는 단계는, 상기 방사 에너지를 펄스화함으로써 수행되는, 웨이퍼의 표면 상에 재료를 데포짓하는 방법.

청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 방사 에너지에 상기 웨이퍼의 표면을 노출시키는 단계는, 상기 웨이퍼의 표면에 도달하도록 상기 웨이퍼를 통해 상기 방사 에너지를 전달하는 단계를 포함하는, 웨이퍼의 표면 상에 재료를 데포짓하는 방법.

청구항 6

웨이퍼의 표면 상에 재료를 데포짓하는 장치로서,

인클로징하는 벽 및 저부에 의해 정의되어, 무전해 도금액을 수용하도록 구성된 탱크;

상기 탱크 내에 배치되어, 상기 탱크 내에 수용되는 상기 무전해 도금액 내의 액침 위치에 상기 웨이퍼를 지지하도록 구성된 웨이퍼 지지 구조체; 및

상기 웨이퍼 지지 구조체의 상부에 배치되어, 상기 무전해 도금액 내의 상기 액침 위치에 지지되는 상기 웨이퍼 쪽으로 방사 에너지를 지향시키도록 배향된 방사 에너지원을 포함하고,

상기 방사 에너지원은 상기 방사 에너지가 입사하는 상기 웨이퍼의 표면에 존재하는 특정 재료로서의 제 1 재료의 원자들, 분자들 또는 원자들 및 분자들의 양자에 의해 선택적으로 흡수되고 상기 제 1 재료 근방의 상기 웨

이퍼의 표면에 존재하는 주위 재료로서의 제 2 재료에 의해 실질적으로 흡수되지 않게 되는 과장 범위를 갖는 방사 에너지를 발생하도록 설계되고, 상기 제 1 재료에 의한 상기 방사 에너지의 선택적 흡수는 상기 제 1 재료의 선택적 가열 및 증가된 온도를 야기하게 되고, 상기 제 2 재료에 의한 상기 방사 에너지의 실질적인 흡수 부족은 상기 제 2 재료의 실질적인 가열 및 증가된 온도를 회피하게 되며, 상기 방사 에너지원은 상기 무전해 도금액에 노출시 상기 제 1 재료를 충분히 가열하여 무전해 도금 반응이 상기 제 1 재료 상에서는 선택적으로 발생하고 상기 제 2 재료 상에서는 발생하지 않도록 정의되는, 웨이퍼의 표면 상에 재료를 데포짓하는 장치.

청구항 7

삭제

청구항 8

제 6 항에 있어서,

상기 방사 에너지원은 상기 방사 에너지를 시준하도록 구성되며, 상기 웨이퍼의 표면에 걸쳐 스캐닝되도록 또한 구성되는, 웨이퍼의 표면 상에 재료를 데포짓하는 장치.

청구항 9

제 6 항에 있어서,

상기 웨이퍼 지지 구조체는 상기 웨이퍼를 진동시키도록 구성되는, 웨이퍼의 표면 상에 재료를 데포짓하는 장치.

청구항 10

웨이퍼의 표면 상에 재료를 데포짓하는 장치로서,

인클로징하는 벽 및 저부에 의해 정의되어, 무전해 도금액을 수용하도록 구성된 탱크;

상기 탱크 내에 수용되는 상기 무전해 도금액으로 상기 웨이퍼를 삽입하도록 구성되며, 상기 탱크 내에 수용되는 상기 무전해 도금액으로부터 상기 웨이퍼를 제거하도록 또한 구성된 웨이퍼 홀더; 및

상기 탱크 내에 수용되는 상기 무전해 도금액의 상부에 배치되어, 상기 탱크 내에 수용되는 상기 무전해 도금액으로부터의 상기 웨이퍼의 제거 시에 상기 웨이퍼 쪽으로 방사 에너지를 지향시키도록 배향된 방사 에너지원을 포함하고,

상기 방사 에너지원은 상기 방사 에너지가 입사하는 상기 웨이퍼의 표면에 존재하는 특정 재료로서의 제 1 재료의 원자들, 분자들 또는 원자들 및 분자들의 양자에 의해 선택적으로 흡수되고 상기 제 1 재료 근방의 상기 웨이퍼의 표면에 존재하는 주위 재료로서의 제 2 재료에 의해 실질적으로 흡수되지 않게 되는 과장 범위를 갖는 방사 에너지를 발생하도록 설계되고, 상기 제 1 재료에 의한 상기 방사 에너지의 선택적 흡수는 상기 제 1 재료의 선택적 가열 및 증가된 온도를 야기하게 되고, 상기 제 2 재료에 의한 상기 방사 에너지의 실질적인 흡수 부족은 상기 제 2 재료의 실질적인 가열 및 증가된 온도를 회피하게 되며, 상기 방사 에너지원은 상기 무전해 도금액에 노출시 상기 제 1 재료를 충분히 가열하여 무전해 도금 반응이 상기 제 1 재료 상에서는 선택적으로 발생하고 상기 제 2 재료 상에서는 발생하지 않도록 정의되는, 웨이퍼의 표면 상에 재료를 데포짓하는 장치.

청구항 11

제 10 항에 있어서,

상기 방사 에너지원은 방사 에너지를 발생시키도록 구성되며, 상기 방사 에너지는, 상기 방사 에너지가 입사하는 상기 웨이퍼의 표면에 존재하는 재료를 선택적으로 가열할 수 있는 과장 범위를 갖는, 웨이퍼의 표면 상에 재료를 데포짓하는 장치.

청구항 12

웨이퍼의 표면 상에 재료를 데포짓하는 장치로서,

상부, 저부, 및 인클로징하는 벽에 의해 정의되고, 무전해 도금액을 수용하도록 구성된 용기;

상기 용기 내에 배치되고, 상기 용기 내의 위치에서 웨이퍼를 지지하도록 구성된 웨이퍼 지지 구조체; 및

상기 웨이퍼 지지 구조체의 상부에 배치되고, 상기 용기 내에서 지지되는 상기 웨이퍼 쪽으로 방사 에너지를 지향하도록 배향된 방사 에너지원을 포함하고,

상기 방사 에너지원은 상기 방사 에너지가 입사하는 상기 웨이퍼의 표면에 존재하는 특정 재료로서의 제 1 재료의 원자들, 분자들 또는 원자들 및 분자들의 양자에 의해 선택적으로 흡수되고 상기 제 1 재료 근방의 상기 웨이퍼의 표면에 존재하는 주위 재료로서의 제 2 재료에 의해 실질적으로 흡수되지 않게 되는 파장 범위를 갖는 방사 에너지를 발생하도록 설계되고, 상기 제 1 재료에 의한 상기 방사 에너지의 선택적 흡수는 상기 제 1 재료의 선택적 가열 및 증가된 온도를 야기하게 되고, 상기 제 2 재료에 의한 상기 방사 에너지의 실질적인 흡수 부족은 상기 제 2 재료의 실질적인 가열 및 증가된 온도를 회피하게 되며, 상기 방사 에너지원은 상기 무전해 도금액에 노출시 상기 제 1 재료를 충분히 가열하여 무전해 도금 반응이 상기 제 1 재료 상에서는 선택적으로 발생하고 상기 제 2 재료 상에서는 발생하지 않도록 정의되는, 웨이퍼의 표면 상에 재료를 데포짓하는 장치.

청구항 13

웨이퍼 위에 평탄화층을 데포짓하는 장치로서,

인클로징하는 벽 및 저부에 의해 정의되어, 무전해 도금액을 수용하도록 구성된 탱크;

상기 탱크 내에 배치되어, 상기 탱크 내에 수용되는 상기 무전해 도금액 내의 액침 위치에 상기 웨이퍼를 지지하도록 구성된 웨이퍼 지지 구조체;

상기 웨이퍼 지지 구조체의 상부에 실질적으로 평행하게 배치된 평면 부재로서, 상기 평면 부재가 무전해 도금 반응을 통해 상기 웨이퍼 상에 데포짓되는 재료에 대한 상부 한정 경계의 역할을 하도록 상기 웨이퍼 지지 구조체에 의해 지지되는 상기 웨이퍼에 근접하게 위치될 수 있는, 상기 평면 부재; 및

상기 평면 부재의 상부에 그리고 상기 웨이퍼 지지 구조체의 상부에 배치되어, 상기 평면 부재를 통해 상기 웨이퍼 지지 구조체에 의해 지지되는 상기 웨이퍼로 방사 에너지를 지향시키도록 배향된 방사 에너지원을 포함하는, 웨이퍼 위에 평탄화층을 데포짓하는 장치.

청구항 14

제 13 항에 있어서,

상기 방사 에너지원은 방사 에너지를 발생시키도록 구성되며, 상기 방사 에너지는, 상기 방사 에너지가 입사하는 상기 웨이퍼의 표면에 존재하는 재료를 선택적으로 가열할 수 있는 파장 범위를 갖는, 웨이퍼 위에 평탄화층을 데포짓하는 장치.

청구항 15

제 13 항에 있어서,

상기 평면 부재는, 상기 방사 에너지원으로부터 방출된 방사 에너지를 상기 웨이퍼 지지 구조체를 향하여 전달할 수 있는 재료로 이루어지는, 웨이퍼 위에 평탄화층을 데포짓하는 장치.

청구항 16

제 13 항에 있어서,

상기 웨이퍼 지지 구조체로부터 떨어져 대향하는 상기 평면 부재의 이면에 대해 배치되어, 상기 평면 부재의 평탄성 (planarity) 을 제어하도록 구성된 백킹 부재를 더 포함하는, 웨이퍼 위에 평탄화층을 데포짓하는 장치.

청구항 17

웨이퍼 표면 상에 평탄화층을 형성하는 방법으로서,

도금 반응이 손쉽게 발생하지 않는 온도로 유지되는 무전해 도금액을 웨이퍼 표면에 공급하는 단계;

상기 웨이퍼 표면과 평면 부재 사이에 개재된 상기 무전해 도금액의 일부를 배출하는 역할을 하는 상기 평면 부재를 상기 웨이퍼 표면의 상부 위에 근접하게 위치시키는 단계로서, 상기 평면 부재는 무전해 도금 반응을 통해

상기 웨이퍼 상에 데포짓되는 재료에 대한 상부 한정 경계의 역할을 하는, 상기 평면 부재를 위치시키는 단계; 및

상기 평면 부재를 통과하는 방사 에너지에 상기 웨이퍼 표면을 노출시키는 단계로서, 상기 방사 에너지는, 상기 무전해 도금액과 상기 웨이퍼 표면 사이의 계면에서 상기 도금 반응이 발생하는 상태로 상기 웨이퍼 표면의 온도를 증가시킬 수 있고, 상기 도금 반응은 상기 웨이퍼 표면과 상기 평면 부재 사이에 평탄화층을 형성하는, 상기 방사 에너지에 상기 웨이퍼 표면을 노출시키는 단계를 포함하는, 웨이퍼 표면 상에 평탄화층을 형성하는 방법.

청구항 18

제 17 항에 있어서,

상기 방사 에너지가 상기 웨이퍼 표면에 존재하는 재료를 선택적으로 가열하게 하도록 상기 방사 에너지의 과장 범위를 제어하는 단계를 더 포함하는, 웨이퍼 표면 상에 평탄화층을 형성하는 방법.

청구항 19

제 18 항에 있어서,

상기 방사 에너지의 과장 범위가 상기 웨이퍼 표면에 존재하는 재료를 선택적으로 가열하도록 확립되는 것을 보장하기 위해서 상기 웨이퍼 표면에서의 상태를 모니터링하는 단계를 더 포함하는, 웨이퍼 표면 상에 평탄화층을 형성하는 방법.

청구항 20

제 17 항에 있어서,

상기 방사 에너지에 상기 웨이퍼 표면을 노출시키는 것을 중지하는 단계;

상기 웨이퍼 표면의 상부에 근접한 위치로부터 상기 평면 부재를 제거하는 단계로서, 상기 평면 부재의 제거는, 상기 웨이퍼 표면을 식히며 상기 웨이퍼 표면의 부근에 존재하는 반응물을 보충하는 역할을 하는 새로운 무전해 도금액이 상기 웨이퍼 표면 위에 흐르게 하는, 상기 웨이퍼 표면의 상부에 근접한 위치로부터 상기 평면 부재를 제거하는 단계; 및

상기 평면 부재를 상기 웨이퍼 표면의 상부 위에 근접하게 위치시키는 단계와 상기 방사 에너지에 상기 웨이퍼 표면을 노출시키는 단계를 반복하는 단계를 더 포함하는, 웨이퍼 표면 상에 평탄화층을 형성하는 방법.

청구항 21

제 1 항에 있어서,

상기 방사 에너지에 상기 웨이퍼의 표면을 노출시키는 단계 이전에 상기 방사 에너지를 시준하는 단계를 더 포함하는, 웨이퍼의 표면 상에 재료를 데포짓하는 방법.

청구항 22

제 6 항에 있어서,

상기 방사 에너지원은 상기 웨이퍼의 표면 상의 상기 방사 에너지의 양을 실질적으로 균일하게 인가하도록 구성되는, 웨이퍼의 표면 상에 재료를 데포짓하는 장치.

명세서

[0001]

발명의 배경

[0002]

1. 발명의 기술 분야

[0003]

본 발명은 일반적으로 반도체 제조에 관한 것이다.

[0004]

2. 관련 기술의 설명

[0005]

집적 회로, 메모리 셀 등과 같은 반도체 디바이스의 제조에 있어서, 반도체 웨이퍼 상에 피처 (feature) 를 정

의하기 위해서 일련의 제조 동작이 수행된다. 반도체 웨이퍼는 실리콘 기판 상에 정의된 다중-레벨 구조체의 형태의 집적 회로 디바이스를 포함한다. 기판 레벨에서, 확산 영역을 갖는 트랜지스터 디바이스가 형성된다. 후속 레벨에서, 상호접속 금속화 라인이 패터닝되고, 트랜지스터 디바이스에 전기적으로 접속되어, 원하는 집적 회로 디바이스를 정의한다. 또한, 패터닝된 도전층이 유전체 재료에 의해 다른 도전층으로부터 절연된다.

[0006] 반도체 웨이퍼 상에 피처를 정의하는 일련의 제조 동작은, 그 중에서도 특히 각종 재료층을 부가하는 것, 패터닝하는 것, 에칭하는 것, 제거하는 것 및 연마하는 것과 같은 다수의 프로세스를 포함할 수 있다. 반도체 웨이퍼 상에 정의된 피처의 복잡한 속성으로 인해, 각 프로세스를 정밀한 방식으로 수행할 필요가 있다. 예를 들어, 재료가 웨이퍼의 표면의 토포그래피 (topography) 에 균일하게 따르도록 웨이퍼의 표면 상에 이 재료를 데포짓하는 것이 종종 바람직하다.

[0007] 도 1a 는 종래 기술에 따른 비균일 재료 데포짓 다음의 웨이퍼 표면의 단면도를 도시한 도면이다. 웨이퍼 표면은, 이 웨이퍼 표면에 걸쳐 토포그래피를 형성하는 피처 (101 및 102) 를 갖도록 정의된다. 이 토포그래피는, 웨이퍼에 실질적으로 평행한 표면 및 웨이퍼에 실질적으로 수직인 표면에 의해 특성화된다. 또한, 몇몇 피처 (예를 들어, 피처 (102)) 는, 그 표면이 웨이퍼에 평행하지도 수직이지도 않도록 기울어질 수도 있다.

[0008] 물리 기상 증착 기술을 이용하는 종래 기술의 재료 데포짓 방법은, 재료가 데포짓되는 재료 소스 영역 (111) 에 대해 보다 많이 노출되는 피처 표면 상에 보다 많은 양의 재료를 데포짓하는 경향이 있다. 일반적으로, 재료 소스 영역 (111) 은 웨이퍼의 상부의 영역으로 표현된다. 그러므로, 웨이퍼에 실질적으로 평행한 피처 표면이 재료 소스 영역 (111) 에 대해 보다 많이 노출되기 때문에, 이들 피처 표면은 보다 많은 양의 데포짓된 재료를 축적하는 경향이 있다. 예를 들어, 도 1a 를 참조하면, 데포짓된 재료 (103) 의 두께 (107) 는 두께 (105) 보다 큰데, 여기서 두께 (107 및 105) 는 웨이퍼에 각각 실질적으로 평행한 피처 표면 및 수직인 피처 표면 상에 데포짓된다. 또한, 몇몇 경우에, 재료 데포짓에서의 비균일성은 데포짓되고 있는 재료에서의 불연속점 (discontinuity) 을 야기시키기에 충분히 현저할 수 있다. 예를 들어, 기울어진 피처 (102) 의 오버행 (overhang) 의 아래에 있는 위치에 불연속점 (109) 이 도시되어 있다. 특정 애플리케이션에 있어서, 피처 표면 방위 (surface orientation) 에 상관없이 각 피처 표면 위에 데포짓된 재료의 균일한 두께를 갖는 것이 보다 바람직하다. 또한, 일반적으로 데포짓된 재료층에 존재하는 불연속점을 갖는 것은 허용가능하지 않다. 따라서, 재료 소스 영역 (111) 에 대한 표면 노출에서의 편차에 의해 야기된 비균일 재료 데포짓은 문제가 될 수 있다.

[0009] 도 1b(1) 내지 도 1b(4) 는 종래 기술에 따른 보이드 (void) 형성을 야기하는 재료 데포짓 시퀀스를 도시한 도면이다. 도 1b(1) 은 재료 (103) 의 데포짓 이전의 피처 (101) 를 갖는 웨이퍼 표면을 나타낸다. 피처 (101) 는 웨이퍼 표면의 토포그래피를 정의한다. 몇몇 경우에, 피처는 높은 종횡비 (aspect ratio) 를 나타낼 수도 있는데, 여기서 피처의 수직 치수 대 피처의 수평 치수의 비는 2 또는 3 대 1 보다 크다.

[0010] 도 1b(2) 는 인접 피처들 (101) 사이의 공간을 재료 (103) 로 충전하도록 의도된 재료 데포짓 프로세스의 시작 스테이지를 나타낸다. 도 1a 를 참조하여 전술한 바와 같이, 종래 기술의 재료 데포짓 방법은 비균일 두께를 갖는 데포짓된 재료층을 야기시키는 경향이 있다. 데포짓된 재료 (103) 의 두께 (107) 는 두께 (105) 보다 큰데, 여기서 두께 (107 및 105) 는 웨이퍼에 각각 실질적으로 평행한 피처 (101) 표면 및 수직인 피처 (101) 표면 상에 데포짓된다.

[0011] 도 1b(3) 은 인접 피처들 (101) 사이의 공간을 재료 (103) 로 충전하도록 의도된 재료 데포짓 프로세스의 나중 스테이지를 나타낸다. 비균일 재료 데포짓으로 인해, 웨이퍼에 실질적으로 평행한 피처 (101) 표면은, 웨이퍼에 실질적으로 수직인 표면보다 큰 두께의 재료 (103) 를 축적하였다. 또한, 수평 데포짓이 계속되며 수평 거리가 감소함에 따라, 반응물이 하부 영역에 도달하는 것이 보다 어려워져, 이들 영역에서의 데포짓 속도를 더 감소시킨다.

[0012] 도 1b(4) 는 인접 피처들 (101) 사이의 공간을 재료 (103) 로 충전하도록 의도된 재료 데포짓 프로세스의 최종 결과를 나타낸다. 비균일 재료 데포짓으로 인해, 실질적으로 평행한 피처 (101) 표면 각각 상의 데포짓된 재료는 궁극적으로 인접 피처들 사이에 브리지가 형성되는 두께에 도달한다. 이 브리지는 인접 피처들 (101) 사이의 공간 내의 보이드 또는 키홀 (keyhole) (113) 의 형성을 야기시킨다. 따라서, 재료 데포짓에서의 비균일성은 불만족스러운 재료 데포짓 결과를 야기할 수 있다.

[0013] 또한, 웨이퍼의 표면의 토포그래피에 균일하게 따르도록 재료를 데포짓하는 것에 부가하여, 정밀한 방식으로 웨이퍼의 표면을 평탄화하여 웨이퍼의 표면 토포그래피에서의 편차를 감소시키는 것도 바람직하다. 정밀한 평탄화 없이, 부가적인 금속화층의 제조는 웨이퍼의 표면 토포그래피에서의 증가된 편차로 인해 실질적으로 보다 어려워진다.

[0014] 화학 기계적 평탄화 (CMP) 프로세스는 웨이퍼 평탄화를 수행하는 하나의 방법이다. 일반적으로, CMP 프로세스는 제어된 압력 하에서 이동 연마 패드에 대해 회전 웨이퍼를 유지 및 접촉하는 것을 수반한다. 통상적으로, CMP 시스템은 회전 테이블 또는 선형 벨트 상에 연마 패드를 배열한다. 또한, CMP 프로세스를 용이하게 하며 향상시키기 위해서 웨이퍼와 연마 패드 사이의 계면에 존재하도록 슬러리가 배치된다.

[0015] CMP 프로세스는 웨이퍼 평탄화를 제공할 수 있으며 이 웨이퍼 평탄화를 제공하는데 유용하지만, 웨이퍼 평탄화를 수행하는 대안적인 기술을 계속해서 연구 및 개발하려는 요구가 항상 존재한다. 전술한 바를 고려하면, 종래의 CMP 프로세스에 대한 보완이나 대안 중 어느 하나로서 구현될 수 있는 웨이퍼를 평탄화하는 방법 및 장치에 대한 필요성이 존재한다.

[0016] **발명의 개요**

[0017] 일 실시형태에 있어서, 웨이퍼의 표면 상에 재료를 데포짓하는 방법이 개시되어 있다. 이 웨이퍼의 표면 상에 재료를 데포짓하는 방법은, 무전해 도금액 (electroless plating solution) 을 웨이퍼의 표면에 공급하는 단계를 포함한다. 이 무전해 도금액은 도금 반응이 발생하지 않는 온도로 유지된다. 또한, 이 웨이퍼의 표면 상에 재료를 데포짓하는 방법은, 도금 반응이 발생하는 상태로 웨이퍼의 표면의 온도를 증가시킬 수 있는 방사 에너지에 웨이퍼의 표면을 노출시키는 단계를 포함하고, 여기서 도금 반응은 웨이퍼의 표면과 무전해 도금액 사이의 계면에서 발생한다.

[0018] 또 다른 실시형태에 있어서, 웨이퍼의 표면 상에 재료를 데포짓하는 장치가 개시되어 있다. 이 웨이퍼의 표면 상에 재료를 데포짓하는 장치는, 인클로징하는 벽 및 저부에 의해 정의된 탱크를 포함한다. 이 탱크는 무전해 도금액을 수용하도록 구성된다. 또한, 이 탱크 내에 웨이퍼 지지 구조체가 배치된다. 이 웨이퍼 지지 구조체는, 탱크 내에 수용되는 무전해 도금액 내의 액침 위치에 웨이퍼를 지지하도록 구성된다. 이 웨이퍼의 표면 상에 재료를 데포짓하는 장치는, 웨이퍼 지지 구조체의 상부에 배치된 방사 에너지원을 더 포함한다. 이 방사 에너지원은, 무전해 도금액 내의 액침 위치에 지지되는 웨이퍼 쪽으로 방사 에너지를 지향시키도록 배향된다.

[0019] 또 다른 실시형태에 있어서, 웨이퍼의 표면 상에 재료를 데포짓하는 또 다른 장치가 개시되어 있다. 이 웨이퍼의 표면 상에 재료를 데포짓하는 장치는, 인클로징하는 벽 및 저부에 의해 정의된 탱크를 포함한다. 이 탱크는 무전해 도금액을 수용하도록 구성된다. 또한, 이 웨이퍼의 표면 상에 재료를 데포짓하는 장치는, 탱크 내에 수용되는 무전해 도금액으로 웨이퍼를 삽입하며 이 무전해 도금액으로부터 웨이퍼를 제거하도록 구성된 웨이퍼 홀더를 포함한다. 또한, 탱크 내에 수용되는 무전해 도금액의 상부에 방사 에너지원이 배치된다. 이 방사 에너지원은, 무전해 도금액으로부터의 웨이퍼의 제거 시에 웨이퍼 쪽으로 방사 에너지를 지향시키도록 배향된다.

[0020] 또 다른 실시형태에 있어서, 웨이퍼의 표면 상에 재료를 데포짓하는 또 다른 장치가 개시되어 있다. 이 웨이퍼의 표면 상에 재료를 데포짓하는 장치는, 인클로징하는 벽 및 저부에 의해 정의된 탱크를 포함한다. 이 탱크는 무전해 도금액을 수용하도록 구성된다. 또한, 이 탱크 내에 웨이퍼 지지 구조체가 배치된다. 웨이퍼 지지 구조체는, 탱크 내에 수용되는 무전해 도금액 내의 액침 위치에 웨이퍼를 지지하도록 구성된다. 이 웨이퍼의 표면 상에 재료를 데포짓하는 장치는, 웨이퍼 지지 구조체 내에 배치된 방사 에너지원을 더 포함한다. 이 방사 에너지원은, 무전해 도금액 내의 액침 위치에 지지되는 웨이퍼의 저부면 쪽으로 방사 에너지를 지향시키도록 배향된다. 방사 에너지는, 웨이퍼를 횡단하여 웨이퍼의 상면 상에 존재하는 재료를 가열할 수 있다.

[0021] 일 실시형태에 있어서, 웨이퍼 위에 평탄화층을 데포짓하는 장치가 개시되어 있다. 이 웨이퍼 위에 평탄화층을 데포짓하는 장치는, 인클로징하는 벽 및 저부에 의해 정의된 탱크를 포함한다. 이 탱크는 무전해 도금액을 수용하도록 구성된다. 또한, 이 웨이퍼 위에 평탄화층을 데포짓하는 장치는, 탱크 내에 배치된 웨이퍼 지지 구조체를 포함한다. 이 웨이퍼 지지 구조체는, 탱크 내에 수용되는 무전해 도금액 내의 액침 위치에 웨이퍼를 지지하도록 구성된다. 이 웨이퍼 위에 평탄화층을 데포짓하는 장치는, 웨이퍼 지지 구조체의 상부에 실질적으로 평행하게 배치된 평면 부재 (planar member) 를 더 포함한다. 이 평면 부재는 웨이퍼 지지

구조체를 향하는 방향 및 이 웨이퍼 지지 구조체로부터 떨어지는 방향 모두로 이동가능하다. 또한, 이 평면 부재는, 웨이퍼 지지 구조체에 의해 지지되는 경우에 웨이퍼에 근접하게 위치될 수 있다. 또한, 이 웨이퍼 위에 평탄화층을 데포짓하는 장치는, 평면 부재의 상부에 그리고 웨이퍼 지지 구조체의 상부에 배치된 방사 에너지원을 포함한다. 이 방사 에너지원은, 웨이퍼 지지 구조체에 의해 지지되는 경우에 평면 부재를 통해 웨이퍼에 방사 에너지를 지향시키도록 배향된다.

[0022] 또 다른 실시형태에 있어서, 웨이퍼 표면 상에 평탄화층을 형성하는 방법이 개시되어 있다. 이 웨이퍼 표면 상에 평탄화층을 형성하는 방법은, 웨이퍼 표면에 무전해 도금액을 공급하는 단계를 포함한다. 이 무전해 도금액은, 도금 반응이 손쉽게 발생하지 않는 온도로 유지된다. 또한, 이 웨이퍼 표면 상에 평탄화층을 형성하는 방법은, 웨이퍼 표면의 상부 위에 근접하게 평면 부재를 위치시키는 단계를 포함한다. 이 평면 부재는 웨이퍼 표면과 평면 부재 사이에 개재된 무전해 도금액의 일부를 배출하는 역할을 한다. 이 웨이퍼 표면 상에 평탄화층을 형성하는 방법은, 평면 부재를 통해 방사 에너지를 전달함으로써 웨이퍼 표면을 방사 에너지에 노출시키는 단계를 더 포함한다. 이 방사 에너지는, 웨이퍼 표면과 무전해 도금액 사이의 계면에서 도금 반응이 발생하는 상태로 웨이퍼 표면의 온도를 증가시킬 수 있다. 도금 반응은 웨이퍼 표면과 평면 부재 사이에 평탄화층을 형성한다.

[0023] 본 발명의 다른 양태와 이점은 본 발명을 실시예로서 도시한 첨부 도면과 함께 취해진 다음의 상세한 설명으로부터 보다 명백해질 것이다.

[0024] **도면의 간단한 설명**

[0025] 본 발명은 그 부가 이점과 함께 첨부 도면과 함께 취해진 다음의 상세한 설명을 참조함으로써 최상으로 이해될 수도 있다.

[0026] 도 1a 는 종래 기술에 따른 비균일 재료 데포짓 다음의 웨이퍼 표면의 단면도를 도시한 도면이다.

[0027] 도 1b(1) 내지 도 1b(4) 는 종래 기술에 따른 보이드 형성을 야기하는 재료 데포짓 시퀀스를 도시한 도면이다.

[0028] 도 2a 는 본 발명의 일 실시형태에 따른 웨이퍼의 표면 상에 재료를 데포짓하는 장치를 도시한 도면이다.

[0029] 도 2b 는 본 발명의 일 실시형태에 따른 도 2a 의 장치의 일 변형을 도시한 도면이다.

[0030] 도 3 은 본 발명의 일 실시형태에 따른 도 2a 의 장치의 일 변형을 도시한 도면이다.

[0031] 도 4 는 본 발명의 일 실시형태에 따른 도 2a 의 장치의 또 다른 변형을 도시한 도면이다.

[0032] 도 5 는 본 발명의 일 실시형태에 따른 도 4 의 장치의 일 변형을 도시한 도면이다.

[0033] 도 6 은 본 발명의 일 실시형태에 따른 도 3 의 시준 방사 에너지원과 도 4 의 용기를 결합하며 웨이퍼의 표면 상에 재료를 데포짓하는 장치를 도시한 도면이다.

[0034] 도 7 은 본 발명의 일 실시형태에 따른 도 3 의 시준 방사 에너지원과 도 5 의 용기를 결합하며 웨이퍼의 표면 상에 재료를 데포짓하는 장치를 도시한 도면이다.

[0035] 도 8 은 본 발명의 일 실시형태에 따른 웨이퍼의 표면 상에 재료를 데포짓하는 장치를 도시한 도면이다.

[0036] 도 9 는 본 발명의 일 실시형태에 따른 웨이퍼의 표면 상에 재료를 데포짓하는 장치를 도시한 도면이다.

[0037] 도 10a 는 본 발명의 일 실시형태에 따른 웨이퍼의 표면 상에 재료를 데포짓하는 방법의 흐름도를 도시한 도면이다.

[0038] 도 10b 는 본 발명의 일 실시형태에 따른 도 10a 의 동작 1001 의 확장을 도시한 도면이다.

[0039] 도 10c 는 본 발명의 일 실시형태에 따른 도 10a 의 동작 1003 의 확장을 도시한 도면이다.

[0040] 도 10d 는 본 발명의 일 실시형태에 따른 도 10a 의 동작 1005 의 확장을 도시한 도면이다.

[0041] 도 11 은 본 발명의 일 실시형태에 따른 웨이퍼 위에 평탄화층을 데포짓하는 장치를 도시한 도면이다.

[0042] 도 12(a) 내지 도 12(i) 는 본 발명의 일 실시형태에 따른 웨이퍼 위에 평탄화층을 데포짓시킴으로써 수행되는 평탄화 프로세스를 도시한 시퀀스도이다.

[0043] 도 13 은 본 발명의 일 실시형태에 따른 웨이퍼의 표면 상에 평탄화층을 형성하는 방법의 흐름도를 도시한 도면

이다.

[0044] 도 14 는 본 발명의 일 실시형태에 따른 웨이퍼의 표면 상에 평탄화층을 형성하는 또 다른 방법의 흐름도를 도시한 도면이다.

[0045] **상세한 설명**

[0046] 대체로 말하면, 본 발명의 실시형태는, 반도체 웨이퍼 ("웨이퍼") 상에 재료를 데포짓하는 방법 및 장치를 제공한다. 보다 상세하게는, 본 발명은 무전해 도금액에 노출된 웨이퍼의 표면 상에 존재하는 재료를 선택적으로 가열하는 방법 및 장치를 제공한다. 이 선택적 가열은, 웨이퍼 표면에 방사 에너지를 인가함으로써 제공된다. 방사 에너지는, 다른 주위 재료에 대해 웨이퍼 표면 상에 존재하는 재료를 선택적으로 가열하는 파장 범위를 갖도록 정의된다. 방사 에너지는, 웨이퍼 표면 상에 존재하는 재료의 변하는 상태를 최적으로 따르도록 재료 데포짓 프로세스 중에 조정될 수 있다. 웨이퍼 표면의 선택적 가열은 웨이퍼 표면과 무전해 도금액 사이의 계면에서의 온도 증가를 야기시킨다. 다음에, 이 계면에서의 온도 증가는 도금 반응이 웨이퍼 표면에서 발생하도록 한다. 따라서, 적절하게 정의된 방사 에너지원을 사용하여 웨이퍼 표면의 온도를 변화시킴으로써 개시 및 제어되는 무전해 도금 반응을 통해 웨이퍼 표면 상에 재료가 데포짓된다.

[0047] 또한, 본 발명의 실시형태는 웨이퍼를 평탄화하는 방법 및 장치를 제공한다. 보다 상세하게는, 본 발명은 웨이퍼 위에 평탄화층을 데포짓하는 방법 및 장치를 제공하는데, 여기서 평탄화층은 웨이퍼의 표면 상에 존재하는 오목한 (recessed) 영역을 충전하는 역할을 한다. 본 발명에 따르면, 웨이퍼의 상면 위에 근접하게 평면 부재가 위치된다. 평면 부재를 위치시키는 것은, 웨이퍼 표면 상에 존재하는 오목한 영역이 무전해 도금액으로 충전되도록 평면 부재와 웨이퍼 표면 사이의 무전해 도금액을 인트랩 (entrap) 하는 역할을 한다. 그런 다음, 방사 에너지가 웨이퍼 표면에 인가되어, 웨이퍼 표면 상에 존재하는 재료를 선택적으로 가열한다. 이 웨이퍼 표면의 선택적 가열은 웨이퍼 표면과 무전해 도금액 사이의 계면에서의 온도 증가를 야기시킨다. 다음에, 이 온도 증가는 도금 반응이 웨이퍼 표면에서 발생하도록 한다. 평면 부재와 웨이퍼 표면 사이의 무전해 도금액 내에 존재하는 반응물은 방사 에너지의 계속된 인가를 통해 소모된다. 그런 다음, 평면 부재가 웨이퍼로부터 떨어져 이동되어, 새로운 무전해 도금액이 평면 부재와 웨이퍼 사이에 산재될 (interspersed) 수 있다. 그런 다음, 평면 부재가 재위치되고, 방사 에너지가 재인가된다. 결국, 도금 반응을 통해 데포짓된 재료는 평면 부재의 평탄성 (planarity) 에 따르는 평탄화층을 형성한다.

[0048] 다음의 설명에 있어서, 본 발명의 완전한 이해를 제공하기 위해서 다수의 특정 상세가 설명된다. 그러나, 본 발명이 이들 특정 상세의 일부 또는 전부 없이 실시될 수도 있다는 것은 당업자에게 명백할 것이다. 다른 경우에, 본 발명을 불필요하게 모호하게 하지 않도록, 잘 알려진 프로세스 동작은 상세하게 설명되지 않았다.

[0049] 도 2a 는 본 발명의 일 실시형태에 따른 웨이퍼의 표면 상에 재료를 데포짓하는 장치를 도시한 도면이다. 이 웨이퍼의 표면 상에 재료를 데포짓하는 장치는, 인클로징하는 벽 및 저부에 의해 정의된 탱크 (201) 를 포함한다. 탱크 (201) 는 무전해 도금액 (203) 을 수용하도록 구성된다. 본 발명은 Shipley Company 에 의해 제조된 Cuposit250 과 같은 적합하며 일반적으로 입수가 가능한 무전해 도금액을 이용하여 구현될 수 있다. 대안적으로, 본 발명과 함께 이용하기 위해 주문형 무전해 도금액이 개발될 수 있다. 그러나, 무전해 도금액 (203) 은 중간 온도 내지 보다 높은 온도에서 반응하도록 정의되는 것이 바람직하다. 예를 들어, 일 실시형태에 있어서, 무전해 도금액 (203) 은 약 40°C 보다 낮은 온도에서는 반응하지 않을 것이다.

[0050] 일 실시형태에 있어서, 무전해 도금액 (203) 을 탱크 (210) 로 공급하기 위한 입구 (213) 가 제공되고, 무전해 도금액 (203) 을 탱크 (201) 로부터 제거하기 위한 출구 (215) 가 제공된다. 따라서, 입구 (213) 및 출구 (215) 는 탱크 (201) 를 통한 무전해 도금액 (203) 의 흐름을 제어하는데 사용될 수 있다. 일 실시형태에 있어서, 무전해 도금액 (203) 은 주기적으로 보충될 수 있다. 또다른 실시형태에 있어서, 탱크 (201) 를 통한 무전해 도금액 (203) 의 연속적인 흐름이 제공될 수 있다. 또한, 배플 (baffle) 및 다른 흐름 전환 메커니즘이 탱크 (201) 내에 배치되어, 탱크 (201) 를 통한 무전해 도금액 (203) 의 흐름에 원하는 방향성 및 균일성을 제공할 수 있다는 것이 인식되어야 한다. 또한, 일 실시형태에 있어서, 열 교환기 (221) 가 탱크 (201) 내에 구현되어, 탱크 (201) 내의 무전해 도금액 (203) 의 온도를 유지할 수 있다. 또다른 실시형태에 있어서, 열 교환기 (221) 는 탱크 (201) 의 외부에 구현되어, 탱크 (201) 에 진입하는 무전해 도금액 (203) 의 온도를 유지할 수 있다. 일 실시형태에 있어서, 열 교환기 (221) 는 코일로서 표현되는데, 그 위에 무전해 도금액 (203) 이 흐른다. 그러나, 본 발명에 있어서 무전해 도금액 (203) 의 온도에 영향을 미치기에 적합한 임의의 다른 타입의 열 교환기 (221) 가 구현될 수 있다는 것이 인식되어야 한다. 바람직하게는, 무전해

도금액 (203) 은 실질적으로 저온으로 유지된다. 예를 들어, 일 실시형태에 있어서, 무전해 도금액 (203) 은 약 15°C 보다 낮은 온도로 유지되는데, 여기서 무전해 도금액 (203) 온도의 하한은 용해도에 의해 제한된다.

[0051] 또한, 도 2a 의 장치는, 탱크 (201) 내에 배치되어 무전해 도금액 (203) 내의 액침 위치에 웨이퍼 (207) 를 지지하는 웨이퍼 지지 구조체 (205) 를 포함한다. 일 실시형태에 있어서, 웨이퍼 지지 구조체 (205) 는 웨이퍼 (207) 의 저부면과 실질적으로 완전한 접촉을 제공하도록 정의된다. 그러나, 다른 실시형태에 있어서, 웨이퍼 지지 구조체 (205) 는 웨이퍼 (207) 의 저부면과 부분적인 접촉을 제공하도록 정의될 수 있다. 예를 들어, 일 실시형태에 있어서, 웨이퍼 지지 구조체 (205) 는 웨이퍼 (207) 의 저부와 접촉하도록 구성된 다수의 돌출된 (raised) 영역을 포함할 수 있다. 이 다수의 돌출된 영역은 웨이퍼 지지 구조체 (205) 위에 분산되어, 웨이퍼 (207) 의 저부와 웨이퍼 지지 구조체 (205) 의 상부 사이의 웨이퍼 수송 디바이스의 횡단을 허용할 수 있다. 또다른 예시적인 실시형태에 있어서, 웨이퍼 지지 구조체 (205) 는 웨이퍼 (207) 의 저부와 접촉하도록 구성된 다수의 리프팅 핀 (lifting pin) 을 포함할 수 있다. 이 다수의 리프팅 핀은 웨이퍼 지지 구조체 (205) 에 대해 웨이퍼 (207) 를 상승 및 하강시키도록 시동됨으로써, 웨이퍼 지지 구조체 (205) 로의/로부터의 웨이퍼 (207) 의 수송을 용이하게 할 수 있다. 다른 실시형태에 있어서, 웨이퍼 지지 구조체 (205) 는 롤러 또는 핑거형 구조체를 포함할 수 있다. 특정 웨이퍼 지지 구조체 (205) 실시형태에 상관없이, 웨이퍼 지지 구조체 (205) 는 재료 데포짓 프로세스 중에 웨이퍼 (207) 를 안전하게 유지하도록 구성된다. 일 실시형태에 있어서, 웨이퍼 지지 구조체 (205) 는, 무전해 도금액 (203) 에 대한 웨이퍼 (207) 의 상면의 노출을 향상시키기 위해서 재료 데포짓 프로세스 중에 진동하도록 구성된다. 이 실시형태에 있어서, 웨이퍼 지지 구조체 (205) 는, 수평 방향 (219), 수직 방향 (217), 회전 방향, 또는 전술한 방향의 임의의 조합으로 진동하도록 구성될 수 있다. 바람직하게는, 웨이퍼 지지 구조체 (205) 는, 무전해 도금 반응으로부터 방출될 수도 있는 가스 버블의 인트랩 가능성을 최소화하는 방위로 웨이퍼 (207) 를 지지하도록 구성된다.

[0052] 도 2a 의 장치는, 웨이퍼 지지 구조체 (205) 의 상부에 배치된 방사 에너지원 (209) 을 더 포함한다. 이 방사 에너지원 (209) 은, 무전해 도금액 (203) 내의 액침 위치에 웨이퍼 지지 구조체 (205) 에 의해 지지된 웨이퍼 (207) 쪽으로 방사 에너지 (211) 를 지향시키도록 배향된다. 방사 에너지원 (209) 은, 웨이퍼 (207) 의 표면에 존재하는 재료 (즉, 방사 에너지 (211) 가 입사하는 재료) 를 선택적으로 가열할 수 있는 파장 범위를 갖는 방사 에너지 (211) 를 발생시키도록 구성된다. 설명을 위해, 방사 에너지 (211) 는 파장에 관하여 특성화된다. 그러나, 방사 에너지 (211) 가 주파수에 관하여 동등하게 특성화될 수 있다는 것이 이해되어야 한다. 예를 들어, 웨이퍼 (207) 의 표면이 재료 "X" 에 의해 정의되는 경우, 방사 에너지 (211) 는, 재료 "X" 의 원자/분자의 여기 (excitation) 를 증가시키기 위해서 재료 "X" 의 원자/분자에 의해 흡수되는 파장 범위를 갖도록 정의된다. 재료 "X" 의 원자/분자의 증가된 여기는 재료 "X" 의 가열 및 증가된 온도를 야기시킬 것이다. 바람직하게는, 재료 "X" 원자/분자를 여기시키는데 필요한 방사 에너지 (211) 의 파장 범위는 주위 재료에서의 원자/분자의 제로 또는 제한된 여기를 야기시킬 것이다. 몇몇 인접 주위 재료는, 대량의 무전해 도금액 (203) 및 재료 "X" 의 아래에 있거나 인접하는 상이한 웨이퍼 (207) 재료를 포함한다. 따라서, 방사 에너지원 (209) 에 의해 발생된 방사 에너지 (211) 는, 웨이퍼 (207) 의 표면 상에 존재하는 특정 재료의 방위에 상관없이 웨이퍼 (207) 의 표면 상에 존재하는 이 특정 재료를 선택적으로 가열하도록 구성된다. 예를 들어, 웨이퍼 (207) 의 표면 상에 존재하는 Cu 를 선택적으로 가열하기 위해서, 방사 에너지는 약 250 나노미터의 파장을 갖도록 정의될 수도 있다.

[0053] 일 실시형태에 있어서, 무전해 도금액 (203) 은, 무전해 도금 반응이 발생하지 않는 충분히 낮은 온도로 유지된다. 따라서, 무전해 도금액 (203) 으로의 웨이퍼 (207) 의 침지는, 재료 데포짓이 무전해 도금 반응을 통해 웨이퍼 (207) 표면 상에서 발생하도록 하기에 충분하지 않다. 그러나, 방사 에너지 (211) 의 인가를 통한 웨이퍼 (207) 표면 상에 존재하는 특정 재료의 선택적 가열은, 무전해 도금 반응이 발생하는 지점까지 특정 재료의 온도를 증가시킬 것이다. 이 특정 재료가 방사 에너지 (211) 에 의해 선택적으로 가열되기 때문에, 이 특정 재료와 무전해 도금액 (203) 사이의 계면에서 무전해 도금 반응이 발생할 것이다. 일 실시형태에 있어서, 방사 에너지원 (209) 은 펄스 방식으로 방사 에너지 (211) 를 발생시킬 수 있다. 웨이퍼 (207) 표면 상의 특정 재료에 대한 펄스 방식의 방사 에너지 (211) 의 인가는 순환 방식으로 이 특정 재료를 가열하며 식히는 데 이용될 수 있다. 다음에, 방사 에너지 (211) 의 펄스화 (pulsing) 를 통해, 특정 재료와 무전해 도금액 (203) 사이의 계면에서의 무전해 도금 반응이, 재료 데포짓의 증가된 제어를 허용하는 순환 (즉, 펄스) 방식으로 제어될 수 있다. 일 실시형태에 있어서, 각 방사 에너지 펄스의 지속기간은 약 1 밀리초 내지 약 500 밀리초에 이르는 범위 내에 있다. 또한, 방사 에너지 세기에서의 증가는 무전해 도금 반응 속도에서의 대응하는 증가에 따라 방사 에너지에 의해 여기된 특정 재료의 증가된 온도를 야기시킨다는 것이 인식되어야 한다. 따라서, 도 2a 의 장치로, 적절하게 정의 및 제어된 방사 에너지 (211) 를 이용하여 웨이퍼 (207) 표면 상의

특정 재료의 온도를 변화시킴으로써 개시 및 제어되는 무전해 도금 반응을 통해 웨이퍼 (207) 표면 상에 재료가 데포짓될 수 있다.

[0054] 바람직하게는, 방사 에너지원 (209) 은 웨이퍼 (207) 의 상면에 실질적으로 균일한 양의 방사 에너지 (211) 를 인가하도록 구성된다. 도 2a 의 실시형태에 있어서, 방사 에너지원 (209) 은 재료 데포짓 프로세스 중에 고정 위치를 유지하도록 구성된다. 그러나, 고정 방사 에너지원 (209) 은 웨이퍼 (207) 의 상면에 걸쳐 방사 에너지 (211) 를 균일하게 인가할 수 있다. 고정 방사 에너지원 (209) 과 함께 각종 방사 에너지 (211) 반사면이 사용되어 웨이퍼 (207) 의 상면에 대한 방사 에너지 (211) 의 균일한 인가를 달성할 수 있다는 것이 인식되어야 한다. 또한, 대안적인 실시형태에 있어서, 방사 에너지원의 어레이가 웨이퍼 (207) 의 상면에 걸쳐 방사 에너지 (211) 를 균일하게 인가하도록 구현될 수 있다. 또한, 웨이퍼의 표면 상태와 연관된 데이터를 수집하기 위해서 웨이퍼 제조 프로세스에서 일반적으로 사용되는 각종 타입의 모니터링 장비가 도 2a 의 장치와 함께 구현될 수 있다. 이 모니터링 장비로부터 획득된 데이터는 방사 에너지원 (209) 을 제어하기 위해서 피드백으로서 이용될 수 있다.

[0055] 도 2b 는 본 발명의 일 실시형태에 따른 도 2a 의 장치의 일 변형을 도시한 도면이다. 도 2a 에서와 같이, 도 2b 는, 입구 (213) 와 출구 (215) 를 갖는 탱크 (201), 무전해 도금액 (203), 및 열 교환기 (221) 를 포함한다. 그러나, 도 2b 를 참조하면, 방사 에너지원 (209) 은 웨이퍼 (207) 의 저부면 아래에 배치된다. 또한, 웨이퍼 지지 구조체 (205) 는 그 주변부의 주위에 웨이퍼 (207) 를 지지하도록 변경된다. 도 2b 의 실시형태에 있어서, 방사 에너지 (211) 는 방사 에너지원 (209) 으로부터 웨이퍼 (207) 의 저부 쪽으로 지향된다. 방사 에너지 (211) 는 웨이퍼 (207) 의 상면으로 웨이퍼 (207) 를 통해 횡단한다. 웨이퍼 (207) 의 상면은 가변 각도의 기울기에 의해 분리되는 다수의 피크 (peak) 및 밸리 (valley) 를 갖는 토포그래피에 의해 정의될 수도 있다는 것이 인식되어야 한다. 방사 에너지 (211) 는, 웨이퍼 (207) 를 통한 횡단 중에 웨이퍼 (207) 와의 최소 상호작용을 허용하는 파장 범위를 갖도록 정의된다. 그러나, 웨이퍼 (207) 의 상면에 도달하면, 방사 에너지 (211) 파장 범위는 웨이퍼 (207) 의 상면 상에 존재하는 재료를 선택적으로 가열하도록 정의된다. 따라서, 도 2a 에서와 같이, 도 2b 의 장치는 무전해 도금 반응을 통해 웨이퍼 (207) 표면 상의 재료 데포짓을 제공하는데, 여기서 무전해 도금 반응은, 적절하게 정의 및 제어된 방사 에너지 (211) 를 이용하여 웨이퍼 (207) 표면의 온도를 변화시킴으로써 개시 및 제어된다.

[0056] 도 3 은 본 발명의 일 실시형태에 따른 도 2a 의 장치의 일 변형을 도시한 도면이다. 도 2a 에 도시된 바와 같이 고정 방사 에너지원 (209) 을 사용하는 것보다는, 도 3 의 장치는 시준 방사 에너지원 (301) 을 구현한다. 시준 방사 에너지원 (301) 은 제한된 입체각 내에서 방사 에너지 (211) 를 시준하도록 구성된다. 일 실시형태에 있어서, 시준 방사 에너지원 (301) 은, 방사 에너지 (211) 의 제한된 입체각이 평면 (이 평면 내에 웨이퍼 (207) 가 놓임) 에 실질적으로 수직으로 지향되도록 배향된다. 시준 방사 에너지원 (301) 은, 화살표 (303) 에 의해 표시된 바와 같이 웨이퍼 (207) 의 표면에 걸쳐 스캐닝되도록 또한 구성된다. 그러나, 시준 방사 에너지원 (301) 은 화살표 (303) 에 의해 표시된 방향으로 스캐닝되는 것에 제한되지는 않는다. 시준 방사 에너지원 (301) 은 웨이퍼 (207) 의 표면에 걸쳐 임의의 방향으로 스캐닝되도록 구성될 수 있다는 것이 인식되어야 한다. 또한, 시준 방사 에너지원 (301) 은, 평면 (이 평면 내에 웨이퍼 (207) 가 놓임) 을 통해 수직으로 회전점으로부터 연장되는 축을 중심으로 원뿔 방식으로 회전하도록 구성될 수 있다. 이용되는 특정 스캐닝 모션에 상관없이, 시준 방사 에너지원 (301) 은 웨이퍼 (207) 의 상면에 실질적으로 균일한 양의 방사 에너지 (211) 를 인가하도록 구성된다.

[0057] 도 4 는 본 발명의 일 실시형태에 따른 도 2a 의 장치의 또다른 변형을 도시한 도면이다. 도 2a 에 도시된 바와 같이 탱크 (201) 를 사용하는 것보다는, 도 3 에 도시된 바와 같은 웨이퍼 (207) 의 표면 상에 재료를 데포짓하는 장치는 용기 (401) 를 사용한다. 이 용기는 상부 (403), 인클로징하는 벽 및 저부에 의해 정의된다. 탱크 (201) 에서와 같이, 용기 (401) 는 또한 무전해 도금액 (203) 을 수용하도록 구성된다. 또한, 용기 (401) 는, 무전해 도금액 (203) 을 용기 (401) 에 공급하기 위한 입구 (213), 및 용기 (401) 로부터 무전해 도금액 (203) 을 제거하기 위한 출구 (215) 를 포함할 수 있다. 도 4 를 참조하면, 웨이퍼 지지 구조체 (205), 열 교환기 (221), 방사 에너지원 (209) 및 방사 에너지 (211) 는 도 2a 를 참조하여 기재된 바와 동등하다. 그러나, 도 4 를 참조하면, 방사 에너지 (211) 는 용기 (401) 의 상부 (403) 를 통해 전달되어 웨이퍼 (207) 에 도달한다. 이에 대응하여, 용기 (401) 의 상부 (403) 는 방사 에너지원 (209) 으로부터 방출된 방사 에너지 (211) 를 용기 (401) 의 내부로 전달할 수 있는 재료 ("용기 상부 재료") 로 이루어진다. 각종 예시적인 실시형태에 있어서, 용기 상부 재료는 그 중에서도 특히 석영, 유리 또는 폴리머 중 어느 하나일 수 있다. 일 실시형태에 있어서, 이 상부 재료는 방사 에너지 (211) 의 파장 범위 및 방향을 실질적으로 변경

하지 않고 방사 에너지 (211) 를 전달하도록 구성된다. 또다른 실시형태에 있어서, 용기 상부 재료는, 방사 에너지 (211) 의 방향을 변경하지 않고 방사 에너지 (211) 의 파장 범위를 웨이퍼 (207) 의 상면 상에 존재하는 원하는 재료를 선택적으로 가열하는데 필요한 파장 범위로 변경하도록 구성된다. 또다른 실시형태에 있어서, 용기 상부 재료는, 방사 에너지 (211) 의 파장 범위를 변경하지 않고 웨이퍼 (207) 의 상면에 걸쳐 균일하게 분포되게 방사 에너지 (211) 의 방향을 변경하도록 구성된다. 또다른 실시형태에 있어서, 용기 상부 재료는, 웨이퍼 (207) 의 상면에 걸쳐 방사 에너지 (211) 의 균일한 분포를 달성하기 위해서 방사 에너지 (211) 의 파장 범위 및 방향 모두를 변경하도록 구성된다.

[0058] 설명을 위해, 무전해 도금 반응이 발생하는 (즉, 재료 데포짓이 발생하는) 웨이퍼 (207) 표면 상의 사이트는 핵 형성 사이트 (nucleation site) 로 언급된다. 웨이퍼 (207) 표면의 단위 면적당 핵 형성 사이트의 개수는 핵 형성 밀도로 언급된다. 몇몇 재료 데포짓 애플리케이션에 있어서, 핵 형성 밀도를 증가시키는 것이 바람직할 수도 있다. 핵 형성 밀도를 증가시키는 하나의 방식은 무전해 도금액의 압력을 증가시키는 것이다. 용기 (401) 는, 상승된 압력 (elevated pressure) 에서, 즉 대기압보다 높은 압력에서 무전해 도금액 (203) 을 수용하도록 구성될 수 있다. 상승된 압력에서, 재료 데포짓 프로세스 중에 웨이퍼 (207) 표면 상의 핵 형성 밀도는 증가할 것이다. 또한, 상승된 압력에서, 무전해 도금 반응으로부터 기인하는 웨이퍼 표면 상의 버블 형성이 억제될 수 있다. 일 실시형태에 있어서, 입구 (213) 및 출구 (215) 를 통한 무전해 도금액 (203) 의 흐름은 용기 (401) 내의 무전해 도금액 (203) 의 압력을 제어할 수 있는 압력 컨트롤의 역할을 하도록 조절될 수 있다. 또다른 실시형태에 있어서, 가압기 (pressurizer) 가 무전해 도금액 순환 시스템 내의 압력 컨트롤로서 구현되어, 용기 (401) 내의 무전해 도금액 (203) 의 압력을 제어할 수 있다. 도 2 를 참조하여 전술한 바와 같이, 열 교환기 (221) 는 용기 (401) 내의 상승된 압력에서 무전해 도금액 (203) 의 온도를 제어하는데 사용된다. 무전해 도금액 (203) 은 무전해 도금액 (203) 의 화학 요건 및 용기 (401) 의 기계 요건과 양립할 수 있는 임의의 적합한 압력 및 온도로 유지될 수 있다는 것이 인식되어야 한다. 그러나, 바람직하게는, 용기 내의 대량의 무전해 도금액 (203) 의 온도는 무전해 도금 반응이 발생하는 온도보다 낮게 유지된다. 따라서, 무전해 도금 반응은 선택적으로 가열된 웨이퍼 (207) 표면 재료와 무전해 도금액 (203) 사이의 계면에서만 발생할 것이다. 또한, 보다 차가운 대량의 무전해 도금액 (203) 은, 펄스 방식으로 방사 에너지 (211) 를 인가하는 경우에 선택적으로 가열하는 웨이퍼 (207) 표면 재료를 식히는 역할을 할 것이다.

[0059] 도 5 는 본 발명의 일 실시형태에 따른 도 4 의 장치의 일 변형을 도시한 도면이다. 도 4 에서와 같이, 도 5 에 도시된 바와 같은 웨이퍼 (207) 의 표면 상에 재료를 데포짓하는 장치는 또한 용기 (501) 를 사용한다. 그러나, 도 4 와는 대조적으로, 도 5 에 도시된 방사 에너지원 (209) 은 용기 (501) 내에 배치된다. 그러므로, 방사 에너지원 (209) 은 웨이퍼 (207) 의 상부의 무전해 도금액 (203) 내에 배치된다. 따라서, 용기 (501) 의 상부 (503) 가 방사 에너지원 (209) 에 의해 방출된 방사 에너지 (211) 를 전달하는 것이 요구되지 않는다. 몇몇 상황에 있어서, 파장 범위 및 방향에 관하여 방사 에너지 (211) 의 컨디셔닝을 지원하기 위해서 용기 상부 재료를 이용하는 것은 적절하지 않을 수도 있다. 또한, 몇몇 상황에 있어서, 방사 에너지 (211) 를 전달하기에 충분한 용기 상부 재료에 의해 용이하게 견딜 수 없는 상승된 압력에서 무전해 도금액을 유지하는 것이 바람직할 수도 있다. 용기 (501) 내에 방사 에너지원 (209) 을 배치함으로써, 무전해 도금액 (203) 의 압력을 제어하는 능력을 유지하면서, 어떻게 용기 상부 재료가 방사 에너지 (211) 의 파장 범위 및 방향에 영향을 미치는지 및 용기 상부 재료 강도의 고려사항이 회피될 수 있다.

[0060] 도 4 및 도 5 의 실시형태에 있어서, 방사 에너지원 (209) 은 재료 데포짓 프로세스 중에 고정 위치를 유지하도록 구성된다. 그러나, 고정 방사 에너지원 (209) 은 웨이퍼 (207) 의 상면에 걸쳐 방사 에너지 (211) 를 균일하게 인가할 수 있다. 고정 방사 에너지원 (209) 과 함께 각종 방사 에너지 (211) 반사면이 사용되어 웨이퍼 (207) 의 상면에 대한 방사 에너지 (211) 의 균일한 인가를 달성할 수 있다는 것이 인식되어야 한다. 도 4 를 참조하면, 방사 에너지 (211) 반사면은 용기 (401) 의 내부 및/또는 외부에 위치될 수 있다. 도 5 를 참조하면, 방사 에너지 (211) 반사면은 용기 (501) 의 내부에 위치될 수 있다.

[0061] 도 6 은 본 발명의 일 실시형태에 따른 도 3 의 시준 방사 에너지원 (301) 과 도 4 의 용기 (401) 를 결합하며 웨이퍼 (207) 의 표면 상에 재료를 데포짓하는 장치를 도시한 도면이다. 다시 말하면, 도 6 의 실시형태는, 고정 방사 에너지원 (209) 이 시준 방사 에너지원 (301) 으로 대체된 도 4 의 실시형태를 나타낸다. 도 3 을 참조하여 전술한 시준 방사 에너지원 (301) 의 특징은 도 6 의 실시형태에서 구현된 시준 방사 에너지원 (301) 에 대해 동등하게 적용된다.

[0062] 도 7 은 본 발명의 일 실시형태에 따른 도 3 의 시준 방사 에너지원 (301) 과 도 5 의 용기 (501) 를 결합하며 웨이퍼 (207) 의 표면 상에 재료를 데포짓하는 장치를 도시한 도면이다. 다시 말하면, 도 7 의 실시형태는,

고정 방사 에너지원 (209) 이 시준 방사 에너지원 (301) 으로 대체된 도 5 의 실시형태를 나타낸다. 도 3 을 참조하여 전술한 시준 방사 에너지원 (301) 의 특징은 도 7 의 실시형태에서 구현된 시준 방사 에너지원 (301) 에 대해 동등하게 적용된다.

[0063] 도 8 은 본 발명의 일 실시형태에 따른 웨이퍼 (207) 의 표면 상에 재료를 데포짓하는 장치를 도시한 도면이다. 이 장치는, 인클로징하는 벽 및 저부에 의해 정의된 탱크 (801) 를 포함한다. 탱크 (801) 는 무전해 도금액 (203) 을 수용하도록 구성된다. 일 실시형태에 있어서, 탱크 (801) 는, 무전해 도금액 (203) 을 각각 공급 및 제거하기 위한 입구 (807) 및 출구 (809) 를 갖도록 구성된다. 따라서, 도 2a 의 입구 (213) 및 출구 (215) 와 유사하게, 도 8 의 입구 (807) 및 출구 (809) 는 탱크 (801) 를 통한 무전해 도금액 (203) 의 흐름을 제어하는데 사용될 수 있다. 또한, 도 2a 와 유사하게, 열 교환기 (221) 가 탱크 (801) 내에 구현되어, 탱크 (801) 내의 무전해 도금액 (203) 의 온도를 유지할 수 있다. 대안적으로, 열 교환기 (221) 는 탱크 (801) 의 외부에 구현되어, 탱크 (801) 에 진입하는 무전해 도금액 (203) 의 온도를 유지할 수 있다.

[0064] 또한, 도 8 의 장치는, 탱크 (801) 내에 수용된 무전해 도금액 (203) 으로 웨이퍼 (207) 를 디핑 (dipping) 하도록 구성된 웨이퍼 홀더 (도시되지 않음) 를 포함한다. 또한, 이 웨이퍼 홀더는 무전해 도금액 (203) 으로부터 웨이퍼 (207) 를 제거하도록 구성된다. 이 웨이퍼 홀더는, 웨이퍼 (207) 가 탱크 (801) 내의 무전해 도금액 (203) 으로 디핑되며 무전해 도금액 (203) 으로부터 제거될 때에 웨이퍼 (207) 에 결합하여 안전하게 유지하도록 적합하게 구성된다. 또한, 이 웨이퍼 홀더는 실질적으로 일정한 방위의 평면 내에서 제어된 속도로 웨이퍼를 이동시킬 수 있다.

[0065] 도 8 의 장치는, 무전해 도금액 (203) 의 상부에 배치된 시준 방사 에너지원 (301) 을 더 포함한다. 시준 방사 에너지원 (301) 은, 무전해 도금액 (203) 으로부터의 웨이퍼 (207) 의 제거 시에 웨이퍼 (207) 쪽으로 방사 에너지 (211) 를 지향시키도록 배향된다. 방사 에너지 (211) 는 도 2a 를 참조하여 전술한 바와 동등하다. 따라서, 방사 에너지 (211) 는, 방사 에너지 (211) 가 입사하는 웨이퍼 (207) 의 표면에 존재하는 특정 재료를 선택적으로 가열할 수 있는 과장 범위를 갖는다. 웨이퍼 (207) 가 탱크 (801) 내의 무전해 도금액 (203) 으로부터 제거됨에 따라, 무전해 도금액의 메니스커스 (811) 가 웨이퍼 (207) 의 표면에 부착된다. 따라서, 방사 에너지 (211) 에 의한 특정 재료의 선택적 가열은 무전해 도금 반응이 특정 재료와 무전해 도금액의 메니스커스 (811) 사이의 계면에서 발생하도록 한다.

[0066] 일 실시형태에 있어서, 시준 방사 에너지원 (301) 은 제한된 입체각 내에서 방사 에너지 (211) 를 시준하도록 구성된다. 이 실시형태에 있어서, 시준 방사 에너지원 (301) 은, 방사 에너지 (211) 의 제한된 입체각이 웨이퍼 (207) 가 이동하는 방위의 평면에 실질적으로 수직으로 지향되도록 배향된다. 또한, 시준 방사 에너지원 (301) 은 웨이퍼 (207) 의 표면에 걸쳐 스캐닝되도록 구성된다. 이 실시형태에 있어서, 시준 방사 에너지원 (301) 은 웨이퍼 (207) 의 표면에 걸쳐 임의의 방향으로 스캐닝하도록 구성될 수 있다는 것이 인식되어야 한다. 또한, 이 실시형태에 있어서, 시준 방사 에너지원 (301) 은, 웨이퍼 (207) 가 이동하는 방위의 평면을 통해 수직으로 회전점으로부터 연장되는 축을 중심으로 원뿔 방식으로 회전하도록 구성될 수 있다. 그러나, 이용되는 특정 스캐닝 또는 회전 모션에 상관없이, 이 실시형태의 시준 방사 에너지원 (301) 은, 웨이퍼 (207) 가 무전해 도금액 (203) 으로부터 제거됨에 따라 웨이퍼 (207) 의 표면에 실질적으로 균일한 양의 방사 에너지 (211) 를 인가하도록 구성된다. 또다른 실시형태에 있어서, 시준 방사 에너지원 (301) 은, 웨이퍼의 직경을 한정하는 좁은 입체각 내에서 방사 에너지를 방출하도록 구성된다. 이 실시형태에 있어서, 시준 방사 에너지원 (301) 은, 웨이퍼 (207) 가 무전해 도금액 (203) 으로부터 제거됨에 따라 웨이퍼 (207) 의 표면에 실질적으로 균일한 양의 방사 에너지 (211) 를 인가하면서 탱크 (801) 에 대해 고정 위치에 유지될 수 있다. 또다른 실시형태에 있어서, 시준 방사 에너지원 (301) 의 어레이는, 웨이퍼 (207) 가 무전해 도금액 (203) 으로부터 제거됨에 따라 실질적으로 균일한 방식으로 웨이퍼 (207) 의 표면에 방사 에너지 (211) 를 인가하도록 위치될 수 있다.

[0067] 또한, 도 8 은 이 장치의 동작 상태의 시퀀스를 나타낸다. 상태 1 에서, 웨이퍼 (207) 는 탱크 (801) 내에 수용된 무전해 도금액 (203) 의 상부에 위치된다. 상태 1 에서, 시준 방사 에너지원 (301) 은 비활성이다. 상태 2 에서, 웨이퍼 (207) 는 화살표 (803) 에 의해 표시된 바와 같이 탱크 (801) 내에 수용된 무전해 도금액 (203) 으로 디핑된다. 상태 2 에서, 시준 방사 에너지원 (301) 은 비활성이다. 상태 3 에서, 웨이퍼 (207) 는 탱크 (801) 내에 수용된 무전해 도금액 (203) 내에 완전히 액침된다. 상태 3 에서, 시준 방사 에너지원 (301) 은 비활성이다. 상태 4 에서, 시준 방사 에너지원이 시동되어, 화살표 (805) 에 의해 표시된 바와 같이 탱크 (801) 내에 수용된 무전해 도금액 (203) 으로부터 웨이퍼 (207) 가 제거된다. 웨이퍼 (207) 가 무전해 도금액 (203) 으로부터 제거됨에 따라, 무전해 도금액의 메니스커스 (811) 가 웨이퍼 (207) 의 평면

에 부착된다. 웨이퍼 (207) 표면 상에 입사하는 방사 에너지 (211) 는 웨이퍼 (207) 표면 상에 존재하는 특정 재료가 가열되도록 한다. 웨이퍼 (207) 표면 상에 존재하는 특정 재료의 가열은 무전해 도금 반응이 이 특정 재료와 무전해 도금액의 메니스커스 (811) 사이의 계면에서 발생하도록 한다. 웨이퍼 (207) 가 탱크 (801) 내에 수용된 무전해 도금액 (203) 으로부터 완전히 제거됨에 따라, 전체 웨이퍼 표면은 방사 에너지 (211) 에 균일하게 노출된다. 따라서, 균일하게 분포된 무전해 도금 반응을 통해 웨이퍼 (207) 표면 위에 재료가 균일하게 데포지된다. 도 8 의 장치의 동작 중에, 탱크 (801) 내의 무전해 도금액 (203) 의 흐름 및 온도는 도 2a 를 참조하여 전술한 바와 같이 제어될 수 있다는 것이 인식되어야 한다.

[0068] 도 9 는 본 발명의 일 실시형태에 따른 웨이퍼 (207) 의 표면 상에 재료를 데포지하는 장치를 도시한 도면이다. 이 장치는, 인클로징하는 벽 및 저부에 의해 정의된 탱크 (901) 를 포함한다. 탱크 (901) 는 무전해 도금액 (203) 을 수용하도록 구성된다. 일 실시형태에 있어서, 탱크 (901) 는, 무전해 도금액 (203) 을 각각 공급 및 제거하기 위한 입구 (911) 및 출구 (913) 를 갖도록 구성된다. 따라서, 도 2a 의 입구 (213) 및 출구 (215) 와 유사하게, 도 9 의 입구 (911) 및 출구 (913) 는 탱크 (901) 를 통한 무전해 도금액 (203) 의 흐름을 제어하는데 사용될 수 있다. 또한, 도 2a 와 유사하게, 열 교환기 (221) 가 탱크 (901) 내에 구현되어, 탱크 (901) 내의 무전해 도금액 (203) 의 온도를 유지할 수 있다. 대안적으로, 열 교환기 (221) 는 탱크 (901) 의 외부에 구현되어, 탱크 (901) 에 진입하는 무전해 도금액 (203) 의 온도를 유지할 수 있다.

[0069] 또한, 도 9 의 장치는 웨이퍼 지지 및 회전 메커니즘 (907) 을 포함한다. 웨이퍼 지지 및 회전 메커니즘 (907) 은, 웨이퍼의 하부가 무전해 도금액 (203) 내에 액침되는 위치에 웨이퍼 (207) 를 지지하도록 구성된다. 일 실시형태에 있어서, 웨이퍼 지지 및 회전 메커니즘 (907) 은 웨이퍼 (207) 의 주변부의 주위에 배치된 다수의 롤러를 포함한다. 이 다수의 롤러 각각은 화살표 (909) 에 의해 표시된 바와 같이 실질적으로 일정한 방위의 평면 내에서 제어된 방식으로 웨이퍼를 지지 및 회전시키도록 정의된다. 일 실시형태에 있어서, 웨이퍼 홀더 (907) 는, 웨이퍼 (207) 를 무전해 도금액 (203) 으로 약 중간까지 하강시키며, 재료 데포지트 프로세스의 완료 시에 무전해 도금액 (203) 으로부터 웨이퍼 (207) 를 제거하도록 또한 구성된다.

[0070] 도 9 의 장치는 무전해 도금액 (203) 의 상부에 배치된 시준 방사 에너지원 (903) 을 더 포함한다. 시준 방사 에너지원 (903) 은, 무전해 도금액 (203) 의 외부로의 웨이퍼 (207) 의 회전 시에 웨이퍼 (207) 쪽으로 방사 에너지 (211) 를 지향시키도록 배향된다. 방사 에너지 (211) 는 도 2a 를 참조하여 전술한 바와 동등하다. 따라서, 방사 에너지 (211) 는, 방사 에너지 (211) 가 입사하는 웨이퍼 (207) 의 표면에 존재하는 특정 재료를 선택적으로 가열할 수 있는 파장 범위를 갖는다. 웨이퍼 (207) 가 탱크 (901) 내의 무전해 도금액 (203) 의 외부로 회전함에 따라, 무전해 도금액의 메니스커스 (915) 가 웨이퍼 (207) 의 표면에 부착된다. 따라서, 방사 에너지 (211) 에 의한 특정 재료의 선택적 가열은 무전해 도금 반응이 이 특정 재료와 무전해 도금액의 메니스커스 (915) 사이의 계면에서 발생하도록 한다. 또한, 시준 방사 에너지원 (903) 은 화살표 (905) 에 의해 표시된 바와 같이 웨이퍼 (207) 표면에 걸쳐 스캐닝하도록 또한 구성된다. 시준 방사 에너지원 (903) 의 스캐닝은, 웨이퍼 (207) 가 무전해 도금액 (203) 의 외부로 회전함에 따라 실질적으로 균일한 양의 방사 에너지 (211) 가 웨이퍼 (207) 의 표면에 걸쳐 인가되는 것을 보장하도록 제어된다. 따라서, 무전해 도금액 (203) 의 외부로의 웨이퍼 (207) 의 각 회전의 완료 시에, 전체 웨이퍼 (207) 표면은 방사 에너지 (211) 에 균일하게 노출된다. 다음에, 균일하게 분포된 무전해 도금 반응을 통해 웨이퍼 (207) 표면 위에 재료가 균일하게 데포지된다.

[0071] 일 실시형태에 있어서, 시준 방사 에너지원 (903) 은 제한된 입체각 내에서 방사 에너지 (211) 를 시준하도록 구성된다. 이 실시형태에 있어서, 시준 방사 에너지원 (903) 은, 방사 에너지 (211) 의 제한된 입체각이 웨이퍼 (207) 가 회전하는 방위의 평면에 실질적으로 수직으로 지향되도록 배향된다. 시준 방사 에너지원 (903) 은, 웨이퍼 (207) 가 회전하는 방위의 평면을 통해 수직으로 시준 방사 에너지원 (903) 에 부착된 기준점 으로부터 연장되는 축을 중심으로 원뿔 방식으로 회전하도록 또한 구성될 수 있다. 또다른 실시형태에 있어서, 시준 방사 에너지원 (903) 의 어레이는, 웨이퍼 (207) 가 무전해 도금액 (203) 의 외부로 회전함에 따라 실질적으로 균일한 방식으로 웨이퍼 (207) 의 표면에 방사 에너지 (211) 를 인가하도록 위치될 수 있다.

[0072] 도 10a 는 본 발명의 일 실시형태에 따른 웨이퍼의 표면 상에 재료를 데포지하는 방법의 흐름도를 도시한 도면이다. 이 웨이퍼의 표면 상에 재료를 데포지하는 방법은, 웨이퍼의 표면에 무전해 도금액이 공급되는 동작 1001 을 포함한다. 웨이퍼 표면에 공급된 무전해 도금액의 온도는, 무전해 도금 반응이 발생하는 온도보다 낮게 유지된다. 일 실시형태에 있어서, 무전해 도금액의 온도는, 무전해 도금 반응이 발생하는 온도보다 실질적으로 낮게 유지된다. 또한, 이 웨이퍼의 표면 상에 재료를 데포지하는 방법은, 웨이퍼 표면이 방사 에너지에 노출되는 동작 1003 을 포함한다. 웨이퍼 표면 상의 특정 재료와 무전해 도금액 사이의 계면에서 무

전해 도금 반응이 발생하는 상태로 웨이퍼 표면 상에 존재하는 특정 재료를 선택적으로 가열하는데 방사 에너지가 이용된다. 일 실시형태에 있어서, 웨이퍼 표면은 실질적으로 균일한 방식으로 방사 에너지에 노출되어, 무전해 도금 반응이 웨이퍼 표면에 걸쳐 실질적으로 균일한 양으로 발생하도록 한다. 따라서, 웨이퍼 표면에 걸친 무전해 도금 반응에서의 균일성은 웨이퍼 표면에 걸친 재료 데포짓 균일성을 야기시킬 것이다. 이 웨이퍼의 표면 상에 재료를 데포짓하는 방법은, 웨이퍼 표면 상에 존재하는 특정 재료의 선택적 가열을 유지하도록 방사 에너지가 제어되는 동작 1005 를 더 포함한다. 일 실시형태에 있어서, 상이한 주위 재료의 원자/분자를 여기시키지 않고 특정 재료의 원자/분자의 선택적인 여기 (preferential excitation) 를 야기시키도록 방사 에너지의 파장 범위가 제어된다. 방사 에너지의 주파수를 제어하는 것은 방사 에너지의 파장 범위를 제어하는 것과 동등하다는 것이 이해되어야 한다. 특정 재료의 원자/분자의 선택적인 여기는 특정 재료의 온도가 증가하도록 할 것이다. 각종 예시적인 실시형태에 있어서, 특정 재료는 장벽층 (barrier layer) 또는 시드층 (seed layer) 중 어느 하나의 층으로서 정의될 수 있다. 그러나, 방사 에너지는, 본 발명의 방법이 본질적으로 웨이퍼 표면 상에 존재하는 임의의 재료에 적용되는 것을 허용하도록 구성될 수 있다는 것이 인식되어야 한다.

[0073] 도 10b 는 본 발명의 일 실시형태에 따른 도 10a 의 동작 1001 의 확장을 도시한 도면이다. 일 실시형태에 있어서, 동작 1001 은, 웨이퍼 표면에 무전해 도금액을 공급하는 2 가지 옵션 ("옵션 1" 및 "옵션 2") 을 포함한다. 옵션 1 은, 웨이퍼가 무전해 도금액의 베스 (bath) 에 액침되는 동작 1007 을 포함한다. 일단 웨이퍼가 무전해 도금액의 베스에 액침되면, 옵션 1 은 2 가지 서브옵션 ("옵션 1A" 및 "옵션 1B") 으로 분기된다. 옵션 1A 는, 웨이퍼가 무전해 도금액의 베스 내의 액침 위치에 유지되는 동작 1009 를 포함한다. 일 실시형태에 있어서, 액침되는 동안에 웨이퍼 표면 위에 무전해 도금액이 흐르게 된다. 또다른 실시형태에 있어서, 액침되는 동안에 웨이퍼가 진동하게 된다. 옵션 1B 는, 웨이퍼가 무전해 도금액 내의 액침 위치로부터 제거되는 동작 1011 을 포함한다. 동작 1011 에서 액침 위치로부터 제거되는 경우, 무전해 도금액의 메니스커스가 웨이퍼 표면에 부착된다. 따라서, 무전해 도금액은, 웨이퍼가 액침 위치로부터 제거될 지라도 웨이퍼 표면에 공급된 채로 유지된다. 일 실시형태에 있어서, 무전해 도금액의 베스로부터 웨이퍼를 액침 및 제거하는 시퀀스는, 이 베스로부터 제거되고 있는 웨이퍼 표면이 동작 1003 에 따라 방사 에너지에 노출됨에 따라 반복적으로 수행된다. 이 실시형태에 있어서, 액침 및 제거하는 시퀀스는, 무전해 도금 반응을 통해 웨이퍼의 표면 상에 원하는 양의 재료가 데포짓될 때까지 계속된다. 일 실시형태에 있어서, 무전해 도금액의 베스로부터 웨이퍼를 액침 및 제거하는 시퀀스는, 웨이퍼를 무전해 도금액의 베스로 디핑함으로써 수행된다. 대안적인 실시형태에 있어서, 무전해 도금액의 베스로부터 웨이퍼를 액침 및 제거하는 시퀀스는, 무전해 도금액의 베스를 통해 웨이퍼의 일부를 회전시킴으로써 수행된다.

[0074] 옵션 2 는, 웨이퍼 표면에 무전해 도금액을 공급하는 옵션 1 에 대한 대안으로서 제공된다. 옵션 2 는, 웨이퍼가 무전해 도금액을 수용하는 용기 내에 인클로징되는 동작 1013 을 포함한다. 일 실시형태에 있어서, 이 용기는 무전해 도금액으로 완전히 충전된다. 또다른 실시형태에 있어서, 이 용기는 무전해 도금액으로 부분적으로 충전되는데, 여기서 웨이퍼는 무전해 도금액 내에 액침된다. 이 용기 내의 웨이퍼의 인클로징은 웨이퍼에 공급된 무전해 도금액의 압력에서의 증가를 허용한다. 무전해 도금액의 압력의 증가는, 무전해 도금 반응이 웨이퍼 표면 상에서 발생하는 핵형성 사이트의 증가된 밀도를 야기시킨다. 또한, 무전해 도금액의 압력의 증가는 무전해 도금 반응으로부터 방출되는 버블의 형성을 억제하는데 이용될 수 있다.

[0075] 도 10c 는 본 발명의 일 실시형태에 따른 도 10a 의 동작 1003 의 확장을 도시한 도면이다. 방사 에너지를 이용하여 웨이퍼 표면 상에 존재하는 특정 재료를 선택적으로 가열함으로써 무전해 도금 반응을 개시하는 동작 1003 은, 웨이퍼 표면에 무전해 도금액을 공급하는 옵션 (즉, 옵션 1A, 옵션 1B 및 옵션 2) 의 정황에서 설명된다. 옵션 1A 에 따르면, 도 10b 를 참조하여 전술한 바와 같이, 무전해 도금액의 베스 내의 액침 위치에 유지되고 있는 동안에 웨이퍼가 방사 에너지에 노출되는 동작 1015 가 수행된다. 옵션 1B 에 따르면, 도 10b 를 참조하여 전술한 바와 같이, 무전해 도금액의 베스 내의 액침 위치로부터 제거되는 때에 웨이퍼가 방사 에너지에 노출되는 동작 1017 이 수행된다. 동작 1017 의 일 실시형태에 있어서, 무전해 도금액의 베스로부터 제거되는 즉시 웨이퍼 표면이 방사 에너지에 노출된다. 옵션 2 에 따르면, 도 10b 를 참조하여 전술한 바와 같이, 무전해 도금액을 수용하는 용기 내에 인클로징되는 동안에 웨이퍼가 방사 에너지에 노출되는 동작 1019 가 수행된다. 일 실시형태에 있어서, 방사 에너지원이 용기 내에 배치된다. 또다른 실시형태에 있어서, 방사 에너지가 용기의 벽을 통해 전달되어, 웨이퍼 표면에 도달한다.

[0076] 웨이퍼에 무전해 도금액을 공급하며 방사 에너지에 이 웨이퍼를 노출시키는 옵션 (즉, 옵션 1A, 옵션 1B 및 옵션 2) 에 부가하여, 방사 에너지가 웨이퍼 표면에 인가되는 방법에 대한 옵션도 또한 존재한다. 동작 1021

에서, 방사 에너지는 정상 방식 (steady manner) 으로 웨이퍼 표면에 인가된다. 다시 말하면, 방사 에너지는 재료 데포짓 프로세스의 지속기간 동안 웨이퍼 표면에 일정하게 인가된다. 대안적으로, 동작 1023 에서, 방사 에너지는 재료 데포짓 프로세스 중에 펄스 방식으로 웨이퍼 표면에 인가된다. 일 실시형태에 있어서, 방사 에너지의 펄스는 약 1 밀리초 내지 약 500 밀리초에 이르는 범위 내의 지속기간을 갖도록 정의된다. 또한, 일 실시형태에 있어서, 무전해 도금액이 웨이퍼 표면을 식힐 수 있도록 방사 에너지의 펄스들 사이에 충분한 시간량이 제공된다. 일정한 방사 에너지 인가 및 펄스화된 방사 에너지 인가 모두는 옵션 1A, 옵션 1B 및 옵션 2 중 임의의 옵션과 함께 이용될 수 있다는 것이 인식되어야 한다.

[0077] 또한, 웨이퍼 표면에 걸친 방사 에너지의 균일한 인가를 달성하는 옵션이 존재한다. 동작 1025 에서, 방사 에너지는 전체 웨이퍼 표면에 걸쳐 동시에 인가된다. 동작 1027 에서, 방사 에너지는 전체 웨이퍼 표면에 걸쳐 시준 및 스캐닝된다. 동작 1025 및 동작 1027 중 어느 하나의 옵션이 동작 1021 의 일정한 방사 에너지 인가 및 동작 1023 의 펄스화된 방사 에너지 인가 모두와 함께 이용될 수 있다는 것이 인식되어야 한다. 그러나, 방사 에너지가 웨이퍼 표면에 인가되는 특정 방법에 상관없이, 방사 에너지는 전체 웨이퍼 표면에 걸쳐 실질적으로 균일한 방식으로 인가된다.

[0078] 도 10d 는 본 발명의 일 실시형태에 따른 도 10a 의 동작 1005 의 확장을 도시한 도면이다. 일 실시형태에 있어서, 웨이퍼 표면 상에 존재하는 특정 재료의 선택적 가열을 유지하도록 방사 에너지를 제어하는 동작 1005 는, 웨이퍼의 표면 상태를 모니터링하는 동작 1029 를 포함한다. 모니터링 동작 1029 는, 방사 에너지의 과장 범위가 웨이퍼의 표면에 존재하는 원하는 재료를 선택적으로 가열하도록 확립되는 것을 보장하기 위해서 피드백을 제공한다. 동작 1029 에서 모니터링된 표면 상태 파라미터는 표면 재료 타입, 표면 재료 두께, 및 표면 재료 온도를 포함할 수 있다. 그러나, 웨이퍼 제조 프로세스 중에 일반적으로 모니터링되는 임의의 다른 표면 상태 파라미터가 또한 동작 1029 중에 모니터링될 수 있다는 것이 인식되어야 한다. 또한, 일 실시형태에 있어서, 동작 1005 는, 동작 1029 에서 획득된 모니터링 표면 상태에 따라 방사 에너지가 조정되는 동작 1031 을 포함할 수 있다.

[0079] 전술한 바와 같이, 본 발명은, 무전해 도금액에 노출된 웨이퍼의 표면을 선택적으로 가열하는 방법 및 장치를 제공한다. 이 선택적 가열은, 웨이퍼 표면에 방사 에너지를 인가함으로써 제공된다. 방사 에너지는, 다른 주위 재료에 대해 웨이퍼 표면 상에 존재하는 재료를 선택적으로 가열하는 과장 범위를 갖도록 정의된다. 방사 에너지는, 웨이퍼 표면 상에 존재하는 재료의 변하는 상태를 최적으로 따르도록 도금 프로세스 중에 조정될 수 있다. 웨이퍼 표면의 선택적 가열은 웨이퍼 표면과 무전해 도금액 사이의 계면에서의 온도 증가를 야기시킨다. 다음에, 이 계면에서의 온도 증가는 도금 반응이 웨이퍼 표면에서 발생하도록 한다. 따라서, 적절하게 정의된 방사 에너지를 사용하여 웨이퍼 표면의 온도를 변화시킴으로써 개시 및 제어되는 무전해 도금 반응을 통해 웨이퍼 표면 상에 재료가 데포짓된다.

[0080] 본 발명에 의해 제공되는 이점은 다수이다. 예를 들어, 본 발명에 있어서, 웨이퍼 표면의 토포그래피에 따르도록 웨이퍼 표면 상에 재료가 데포짓될 수 있다. 또한, 본 발명은, 보다 고밀도의 재료 데포짓, 보다 작은 입자 크기, 및 데포짓된 재료의 향상된 부착성을 허용한다. 또한, 본 발명은, 보다 작은 최소 지오메트리를 갖는 웨이퍼 표면 상의 향상된 재료 데포짓을 제공한다. 예를 들어, 본 발명은 웨이퍼 표면 상의 높은 중형비 피처들 사이의 좁은 갭을 균일하게 충전하는데 이용될 수 있다.

[0081] 도 11 은 본 발명의 일 실시형태에 따른 웨이퍼 위에 평탄화층을 데포짓하는 장치를 도시한 도면이다. 이 웨이퍼 위에 평탄화층을 데포짓하는 장치는, 인클로징하는 벽 및 저부에 의해 정의된 탱크 (1101) 를 포함한다. 탱크 (1101) 는 무전해 도금액 (1103) 을 수용하도록 구성된다. 본 발명은, Shipley Company 에 의해 제조된 Cuposit250 과 같은 적합하며 일반적으로 입수가 가능한 무전해 도금액을 이용하여 구현될 수 있다. 대안적으로, 본 발명과 함께 이용하기 위해 주문형 무전해 도금액이 개발될 수 있다. 그러나, 무전해 도금액 (1103) 은 중간 온도 내지 보다 높은 온도에서 반응하도록 정의되는 것이 바람직하다. 예를 들어, 일 실시형태에 있어서, 무전해 도금액 (1103) 은 약 40°C 보다 낮은 온도에서는 반응하지 않을 것이다.

[0082] 일 실시형태에 있어서, 무전해 도금액 (1103) 을 탱크 (1101) 로 공급하기 위한 입구 (1113) 가 제공되고, 무전해 도금액 (1103) 을 탱크 (1101) 로부터 제거하기 위한 출구 (1115) 가 제공된다. 따라서, 입구 (1113) 및 출구 (1115) 는 탱크 (1101) 를 통한 무전해 도금액 (1103) 의 흐름을 제어하는데 사용될 수 있다. 일 실시형태에 있어서, 무전해 도금액 (1103) 은 주기적으로 보충될 수 있다. 또다른 실시형태에 있어서, 탱크 (1101) 를 통한 무전해 도금액 (1103) 의 연속적인 흐름이 제공될 수 있다. 또한, 배플 및 다른 흐름 전환 메커니즘이 탱크 (1101) 내에 배치되어, 탱크 (1101) 를 통한 무전해 도금액 (1103) 의 흐름에 원하는 방향성

및 균일성을 제공할 수 있다는 것이 인식되어야 한다. 또한, 일 실시형태에 있어서, 열 교환기 (1117) 가 탱크 (1101) 내에 구현되어, 탱크 (1101) 내의 무전해 도금액 (1103) 의 온도를 유지할 수 있다. 또다른 실시형태에 있어서, 열 교환기 (1117) 는 탱크 (1101) 의 외부에 구현되어, 탱크 (1101) 에 진입하는 무전해 도금액 (1103) 의 온도를 유지할 수 있다. 일 실시형태에 있어서, 열 교환기 (1117) 는 코일로서 표현되는데, 그 위에 무전해 도금액 (1103) 이 흐른다. 그러나, 본 발명에 있어서 무전해 도금액 (1103) 의 온도에 영향을 미치기에 적합한 임의의 다른 타입의 열 교환기 (1117) 가 구현될 수 있다는 것이 인식되어야 한다. 바람직하게는, 무전해 도금액 (1103) 은 실질적으로 저온으로 유지된다. 예를 들어, 일 실시형태에 있어서, 무전해 도금액 (1103) 은 약 15°C 보다 낮은 온도로 유지되는데, 여기서 무전해 도금액 (1103) 온도의 하한은 용해도에 의해 제한된다.

[0083] 또한, 도 11 의 장치는, 탱크 (1101) 내에 배치되어 무전해 도금액 (1103) 내의 액침 위치에 웨이퍼 (1107) 를 지지하는 웨이퍼 지지 구조체 (1105) 를 포함한다. 일 실시형태에 있어서, 웨이퍼 지지 구조체 (1105) 는 웨이퍼 (1107) 의 저부면과 실질적으로 완전한 접촉을 제공하도록 정의된다. 그러나, 다른 실시형태에 있어서, 웨이퍼 지지 구조체 (1105) 는 웨이퍼 (1107) 의 저부면과 부분적인 접촉을 제공하도록 정의될 수 있다. 일 실시형태에 있어서, 웨이퍼 지지 구조체 (1105) 는 웨이퍼 (1107) 의 저부와 접촉하도록 구성된 다수의 리프팅 핀을 포함할 수 있다. 이 다수의 리프팅 핀은 웨이퍼 지지 구조체 (1105) 에 대해 웨이퍼 (1107) 를 상승 및 하강시키도록 시동됨으로써, 웨이퍼 지지 구조체 (1105) 로의/로부터의 웨이퍼 (1107) 의 수송을 용이하게 할 수 있다. 특정 웨이퍼 지지 구조체 (1105) 실시형태와 상관없이, 웨이퍼 지지 구조체 (1105) 는 웨이퍼 평탄화 프로세스 중에 웨이퍼 (1107) 를 안전하게 유지하도록 구성된다. 또한, 웨이퍼 지지 구조체 (1105) 는, 무전해 도금 반응으로부터 방출될 수도 있는 가스 버블의 인트랩 가능성을 최소화하는 방위로 웨이퍼 (1107) 를 지지하도록 구성되는 것이 바람직하다.

[0084] 또한, 도 11 의 장치는, 웨이퍼 지지 구조체 (1105) 의 상부에 평행하게 배치된 평면 부재 (1119) 를 포함한다. 일 실시형태에 있어서, 이 평면 부재는 수직으로 배향된 지지 부재 (1121) 에 고정된다. 이 지지 부재 (1121) 는 웨이퍼 지지 구조체 (1105) 에 실질적으로 평행한 방위로 평면 부재 (1119) 를 유지한다. 또한, 지지 부재 (1121) 는, 화살표 (1123) 에 의해 표시된 바와 같이 웨이퍼 지지 구조체 (1105) 를 향하는 방향 및 이 웨이퍼 지지 구조체 (1105) 로부터 떨어지는 방향으로 평면 부재 (1119) 를 이동시키는 메커니즘을 제공한다. 수직으로 배향된 지지 부재 (1121) 가 본 발명의 설명을 용이하게 하는데 사용되었지만, 평면 부재 (1119) 에 필요한 지지 및 방위 제어를 제공하도록 다수의 다른 지지 부재 구성 및 방위가 구현될 수 있다는 것이 인식되어야 한다. 예를 들어, 일 실시형태에 있어서, 평면 부재 (1119) 는 수직 병진 디바이스에 대한 링크지를 갖는 수평 지지 링에 고정될 수 있다. 특정 실시형태에 상관없이, 지지 부재 (1121) 는, 웨이퍼 지지 구조체 (1105) 에 실질적으로 평행한 방위로 평면 부재 (1119) 를 유지하며 수직으로 이 평면 부재 (1119) 를 이동시킬 수 있어야 한다.

[0085] 웨이퍼 평탄화 프로세스를 완료하기 이전에, 평면 부재 (1119) 에 대향하는 웨이퍼 (1107) 의 표면은, 하부 표면 영역에 의해 분리되는 다수의 상부 표면 영역에 의해 정의된 토포그래피를 가질 것이다. 설명을 위해, 상부 표면 영역은 "피크" 로 언급되고, 하부 표면 영역은 "트렌치" 로 언급된다. 평면 부재 (1119) 의 수직 이동은, 평면 부재 (1119) 가 웨이퍼 지지 구조체 (1105) 에 의해 지지되는 웨이퍼 (1107) 에 근접하게 위치될 수 있도록 정밀한 방식으로 제어된다. 일 실시형태에 있어서, 웨이퍼 (1107) 에 근접하게 평면 부재 (1119) 를 위치시키는 것은, 웨이퍼 (1107) 의 상면으로부터 약 0 마이크로미터 내지 약 3 마이크로미터에 이르는 범위 내의 거리에 평면 부재 (1119) 를 위치시키는 것에 대응하는데, 여기서 웨이퍼 (1107) 의 상면은 평면 부재 (1119) 에 대향하는 웨이퍼 (1107) 의 표면 상에 존재하는 최고 피크에 대응한다. 전체 두께 편차 (기복 (waviness), 휨 (warpage), 나노토포그래피와 막 두께 편차, 및 평탄화될 피치의 토포그래피) 로 인해 0 보다 큰 값과 만난다.

[0086] 평탄화 프로세스 중에, 평면 부재 (1119) 는 웨이퍼 (1107) 에 근접하게 위치된다. 웨이퍼 (1107) 에 대향하는 평면 부재 (1119) 의 표면 ("평탄화 표면") 은 평탄화 프로세스 중에 달성가능한 평탄성을 정의할 것이다. 따라서, 평탄화 표면은 웨이퍼 (1107) 에 적용되는 원하는 평탄성을 나타내도록 주의깊게 구성된다. 일 실시형태에 있어서, 평면 부재 (1119) 는 국부 영역 강성 및 광역 유연성을 제공하는 재료로 구성된다. 다시 말하면, 이 실시형태의 평면 부재 (1119) 는 광범위하게는 유연하며 국부적으로는 강성이다. 또한, 이 실시형태와 관련하여, 백킹 (backing) 부재가 평면 부재 (1119) 의 이면에 대해 배치될 수 있는데, 여기서 이면은 평탄화 표면의 반대이다. 이 백킹 부재는, 평면 부재 (1119) 를 통해 평탄화 표면에 차분 압력 분포를 인가함으로써 평탄화 표면의 평탄성을 제어하도록 구성된다. 각종 실시형태에 있어서, 백킹 부재는, 원하는

차분 압력 분포를 달성하도록 가변 스프링 상수를 갖는 재료의 분포 또는 유체 충전 챔버를 구현할 수도 있다. 또한, 또다른 실시형태에 있어서, 평탄화 표면은 그 전체에 걸쳐 강성이다. 각종 실시형태에 있어서, 평면 부재 (1119) 는 석영, 사파이어 또는 폴리머 중 어느 하나로부터 형성된다. 그러나, 평면 부재 (1119) 는 또한 수용가능한 평탄성 및 강성 특성을 제공하는 각종 다른 재료로부터 형성될 수 있다는 것이 인식되어야 한다. 또한, 평면 부재 (1119) 재료는 방사 에너지원 (1109) 으로부터 웨이퍼 지지 구조체 (1105) 를 향하여 방출된 방사 에너지 (1111) 를 전달할 수 있어야 한다.

[0087] 전술한 바와 같이, 도 11 의 장치는, 평면 부재 (1119) 및 웨이퍼 지지 구조체 (1105) 모두의 상부에 배치된 방사 에너지원 (1109) 을 더 포함한다. 방사 에너지원 (1109) 은, 평면 부재 (1119) 를 통해 무전해 도금액 (1103) 내의 액침 위치에 웨이퍼 지지 구조체 (1105) 에 의해 지지된 웨이퍼 (1107) 에 방사 에너지 (1111) 를 지향시키도록 배향된다. 방사 에너지원 (1109) 은, 평면 부재 (1119) 에 대항하는 웨이퍼 (1107) 의 표면에 존재하는 재료 (즉, 방사 에너지 (1111) 가 입사하는 재료) 를 선택적으로 가열할 수 있는 과장 범위를 갖는 방사 에너지 (1111) 를 발생시키도록 구성된다. 설명을 위해, 방사 에너지 (1111) 는 과장에 관하여 특성화된다. 그러나, 방사 에너지 (1111) 는 주파수에 관하여 동등하게 특성화될 수 있다는 것이 이해되어야 한다. 예를 들어, 웨이퍼 (1107) 의 표면이 재료 "X" 에 의해 정의되는 경우, 방사 에너지 (1111) 는, 재료 "X" 의 원자/분자의 여기를 증가시키기 위해서 재료 "X" 의 원자/분자에 의해 흡수되는 과장 범위를 갖도록 정의된다. 재료 "X" 의 원자/분자의 증가된 여기는 재료 "X" 의 가열 및 증가된 온도를 야기시킬 것이다. 바람직하게는, 재료 "X" 원자/분자를 여기시키는데 필요한 방사 에너지 (1111) 의 과장 범위는 주위 재료에서의 원자/분자의 제로 또는 제한된 여기를 야기시킬 것이다. 몇몇 인접 주위 재료는, 대량의 무전해 도금액 (1103) 및 재료 "X" 의 아래에 있거나 인접하는 상이한 웨이퍼 (1107) 재료를 포함한다. 따라서, 방사 에너지원 (1109) 에 의해 발생된 방사 에너지 (1111) 는, 웨이퍼 (1107) 의 표면에 존재하는 특정 재료를 선택적으로 가열하도록 구성된다. 예를 들어, 웨이퍼 (1107) 의 표면 상에 존재하는 Cu 를 선택적으로 가열하기 위해서, 방사 에너지는 약 250 나노미터의 과장을 갖도록 정의될 수도 있다.

[0088] 일 실시형태에 있어서, 무전해 도금액 (1103) 은, 무전해 도금 반응이 발생하지 않는 충분히 낮은 온도로 유지된다. 따라서, 무전해 도금액 (1103) 으로의 웨이퍼 (1107) 의 침지는, 재료 데포짓이 무전해 도금 반응을 통해 웨이퍼 (1107) 표면 상에서 발생하도록 하기에 충분하지 않다. 그러나, 방사 에너지 (1111) 의 인가를 통한 웨이퍼 (1107) 표면 상에 존재하는 특정 재료의 선택적 가열은, 무전해 도금 반응이 발생하는 지점까지 특정 재료의 온도를 증가시킬 것이다. 이 특정 재료가 방사 에너지 (1111) 에 의해 선택적으로 가열되기 때문에, 이 특정 재료와 무전해 도금액 (1103) 사이의 계면에서 무전해 도금 반응이 발생할 것이다. 평면 부재 (1119) 를 웨이퍼 (1107) 에 근접하게 위치시키면, 평면 부재 (1119) 의 평탄화 표면은 웨이퍼 (1107) 상에 무전해 도금 반응을 통해 데포짓된 재료에 대한 상부 한정 경계의 역할을 할 것이다. 따라서, 웨이퍼 (1107) 상에 무전해 도금 반응을 통해 데포짓된 재료는 웨이퍼 (1107) 위에 평탄화층을 정의하는데, 여기서 이 평탄화층의 평탄성은 평탄화 표면의 평탄성에 의해 정의된다.

[0089] 또한, 방사 에너지 (1111) 세기에서의 증가는 무전해 도금 반응 속도에서의 대응하는 증가에 따라 방사 에너지에 의해 여기된 특정 재료의 증가된 온도를 야기시킨다는 것이 인식되어야 한다. 따라서, 도 11 의 장치로, 적절하게 정의 및 제어된 방사 에너지 (1111) 를 이용하여 웨이퍼 (1107) 표면 상의 특정 재료의 온도를 변화시킴으로써 개시 및 제어되는 무전해 도금 반응을 통해 웨이퍼 (1107) 위에 평탄화층이 데포짓될 수 있다.

[0090] 바람직하게는, 방사 에너지원 (1109) 은, 웨이퍼 (1107) 의 표면에 걸쳐 실질적으로 균일한 양의 방사 에너지 (1111) 를 인가하도록 구성된다. 일 실시형태에 있어서, 방사 에너지원 (1109) 은 평탄화 프로세스 중에 고정 위치를 유지하도록 구성된다. 그러나, 고정 방사 에너지원 (1109) 은 웨이퍼 (1107) 의 상면에 걸쳐 방사 에너지 (1111) 를 균일하게 인가할 수 있다. 고정 방사 에너지원 (1109) 과 함께 각종 방사 에너지 (1111) 반사면이 사용되어 웨이퍼 (1107) 의 표면에 걸친 방사 에너지 (1111) 의 균일한 인가를 달성할 수 있다는 것이 인식되어야 한다. 또한, 대안적인 실시형태에 있어서, 방사 에너지원의 어레이가 웨이퍼 (1107) 의 상면에 걸쳐 방사 에너지 (1111) 를 균일하게 인가하도록 구현될 수 있다. 또한, 웨이퍼의 표면 상태와 연관된 데이터를 수집하기 위해서 웨이퍼 제조 프로세스에서 일반적으로 사용되는 각종 타입의 모니터링 장비가 도 11 의 장치와 함께 구현될 수 있다. 이 모니터링 장비로부터 획득된 데이터는 방사 에너지원 (1109) 을 제어하기 위해서 피드백으로서 이용될 수 있다.

[0091] 도 12(a) 내지 도 12(i) 는 본 발명의 일 실시형태에 따른 웨이퍼 위에 평탄화층을 데포짓시킴으로써 수행되는 평탄화 프로세스를 도시한 시퀀스도이다. 도 12(a) 내지 도 12(i) 각각은 평탄화 프로세스의 각종 스테이지 중의 웨이퍼 (1107) 의 일부 및 평면 부재 (1119) 의 대응하는 부분의 단면도를 나타낸다. 도 12(a) 를 참

조하면, 평탄화 프로세스는, 무전해 도금액 (1103) 이 평면 부재 (1119) 와 웨이퍼 (1107) 사이에 산재될 수 있도록 웨이퍼 (1107) 로부터 떨어져 평면 부재 (1119) 를 위치시킴으로써 시작된다. 무전해 도금액 (1103) 은 무전해 도금 반응이 손쉽게 발생하지 않는 충분히 낮은 온도로 유지된다. 일 실시형태에 있어서, 도 11 을 참조하여 전술한 바와 같이, 웨이퍼 (1107) 는 무전해 도금액 (1103) 의 배스 내의 액침 위치에서 웨이퍼 지지 구조체 상에 배치된다. 또한, 도 12(a) 에 도시된 바와 같이, 평탄화 프로세스를 수행하기 이전에, 웨이퍼 (1107) 는 다수의 피크 (1203) 및 트렌치 (1205) 에 의해 정의된 표면 토폰그래피를 갖는다.

[0092] 도 12(b) 를 참조하면, 평면 부재 (1119) 는 웨이퍼 (1107) 의 상면에 근접하게 위치되는데, 여기서 웨이퍼 (1107) 의 상면은 웨이퍼 (1107) 의 표면 상에 존재하는 최고 피크에 의해 정의된다. 또한, 평면 부재 (1119) 는, 웨이퍼가 배치되는 웨이퍼 지지 구조체에 실질적으로 평행하게 배향된다. 평면 부재 (1119) 가 웨이퍼 (1107) 를 향하여 이동함에 따라, 웨이퍼 (1107) 표면의 트렌치 내에 무전해 도금액을 남기면서, 평면 부재 (1119) 와 웨이퍼 (1107) 사이에 개재된 무전해 도금액이 배출된다. 또한, 평면 부재 (1119) 가 웨이퍼 (1107) 의 상면에 근접하기 때문에, 미소량의 무전해 도금액이 평면 부재 (1119) 와 웨이퍼 (1107) 의 상면 사이에 존재할 수도 있다. 일 실시형태에 있어서, 평면 부재 (1119) 는, 웨이퍼 (1107) 에 대한 손상을 야기시키지 않으면서 가능한 한 웨이퍼 (1107) 의 상면에 가깝게 위치된다.

[0093] 도 12(c) 에서, 방사 에너지 (1111) 가 평면 부재 (1119) 를 통해 웨이퍼 (1107) 에 전달된다. 방사 에너지 (1111) 는, 웨이퍼 (1107) 의 표면에 존재하는 재료를 선택적으로 가열하여 이 재료의 온도가 무전해 도금 반응이 발생하는 상태로 증가하도록 하는 파장 범위를 갖도록 정의된다. 일 실시형태에 있어서, 방사 에너지 (1111) 는, 본질적으로 평면 부재 (1119) 와 웨이퍼 (1107) 사이에 존재하는 무전해 도금액에서의 이용가능한 반응물 모두가 소모될 때까지 계속해서 인가된다. 일 실시형태에 있어서, 이용가능한 반응물을 소모하는데 필요한 시간은 약 0.01 초 내지 약 10 초에 이르는 범위 내에 있다. 또한, 평면 부재 (1119) 의 평탄화 표면은 무전해 도금 반응을 통해 데포지된 재료에 대한 상부 한정 경계의 역할을 한다.

[0094] 도 12(d) 는 본질적으로 평면 부재 (1119) 와 웨이퍼 (1107) 사이에 존재하는 무전해 도금액에서의 이용가능한 반응물 모두의 소모 다음의 평탄화 프로세스 스테이지를 나타낸다. 이에 대응하여, 방사 에너지 (1111) 의 인가가 중지된다. 이 스테이지에서, 평탄화층 (1201) 의 일부가 웨이퍼 (1107) 위에 데포지되었다. 그러나, 무전해 도금액 내의 반응물 농도에 대한 제한으로 인해, 방사 에너지 (1111) 의 단일 인가는 웨이퍼 (1107) 를 완전히 평탄화하기에 충분하지 않을 수도 있다.

[0095] 도 12(e) 에 있어서, 새로운 무전해 도금액 (1103) 이 평면 부재 (1119) 와 웨이퍼 (1107) 사이에 산재될 수 있도록, 평면 부재 (1119) 가 웨이퍼 (1107) 로부터 떨어져 이동된다. 다음에, 도 12(f) 는 평면 부재 (1119) 가 다시 웨이퍼 (1107) 의 상면에 근접하게 위치되는 평탄화 프로세스의 또다른 반복을 나타낸다. 도 12(f) 를 참조하면, 웨이퍼 (1107) 의 상면은 방사 에너지 (1111) 의 이전의 인가 중에 형성된 평탄화층의 일부에 의해 정의된다. 평면 부재 (1119) 를 웨이퍼 (1107) 로부터 떨어져 이동시킨 다음에 평면 부재 (1119) 를 웨이퍼에 근접하게 재위치시키는 시퀀스는 리프레싱 (refreshing) 으로 언급된다. 일 실시형태에 있어서, 리프레싱은, 리프레싱 중에 발생하는 재료 데포지트의 양을 최소화하도록 신속하게 수행된다.

[0096] 도 12(g) 에 있어서, 방사 에너지 (1111) 가 다시 평면 부재 (1119) 를 통해 웨이퍼 (1107) 에 전달된다. 방사 에너지 (1111) 는, 무전해 도금 반응이 발생하는 온도까지 웨이퍼 (1107) 의 표면에 존재하는 재료를 가열한다. 본질적으로 평면 부재 (1119) 와 웨이퍼 (1107) 사이에 존재하는 무전해 도금액에서의 이용가능한 반응물 모두가 소모될 수 있도록 방사 에너지 (1111) 가 인가된다.

[0097] 도 12(h) 는 평탄화 프로세스의 최종 반복의 완료를 나타낸다. 도 12(i) 에 도시된 바와 같이, 무전해 도금 반응을 통해 데포지된 재료는 웨이퍼 (1107) 표면 상에 존재하는 트렌치를 충전하였으며, 웨이퍼 (1107) 위에 재료의 평탄화층을 형성하였다. 평면 부재 (1119) 의 평탄화 표면이 무전해 도금 반응을 통해 데포지된 재료에 대한 상부 한정 경계의 역할을 하기 때문에, 웨이퍼 위에 데포지된 평탄화층의 평탄성은 평탄화 표면에 의해 정의된다. 또한, 웨이퍼 (1107) 위에 평탄화층을 형성하는 것은, 평탄화 표면과 웨이퍼 (1107) 표면이 공동-평탄성 (co-planarity) 에 접근함에 따라 평면 부재 (1119) 와 웨이퍼 (1107) 사이의 무전해 도금액의 최소화로 인해 자기-제한적 (self-limiting) 이다.

[0098] 도 13 은 본 발명의 일 실시형태에 따른 웨이퍼의 표면 상에 평탄화층을 형성하는 방법의 흐름도를 도시한 도면이다. 이 웨이퍼의 표면 상에 평탄화층을 형성하는 방법은, 웨이퍼 표면에 무전해 도금액이 공급되는 동작 1301 을 포함한다. 무전해 도금액은, 도금 반응이 손쉽게 발생하지 않는 온도로 유지된다. 일 실시형태에 있어서, 무전해 도금액은, 웨이퍼를 무전해 도금액의 배스에 액침함으로써 웨이퍼 표면에 공급된다. 또

한, 이 웨이퍼의 표면 상에 평탄화층을 공급하는 방법은, 평면 부재가 웨이퍼 표면의 상부 위에 근접하게 위치되는 동작 1303 을 포함한다. 일 실시형태에 있어서, 평면 부재는, 웨이퍼 표면의 상부로부터 약 0 마이크로미터 내지 약 3 마이크로미터에 이르는 범위 내에 위치된다. 평면 부재를 웨이퍼 표면에 근접하게 위치시키는 것은 평면 부재와 웨이퍼 표면 사이에 개재된 무전해 도금액의 일부를 배출하는 역할을 한다. 부가적으로, 평면 부재를 웨이퍼 표면에 근접하게 위치시키는 것은 또한 웨이퍼 표면의 오목한 영역 내에 무전해 도금액의 일부를 인트랩하는 역할도 한다.

[0099] 이 웨이퍼의 표면 상에 평탄화층을 형성하는 방법은, 도금 반응이 발생하는 상태로 웨이퍼 표면의 온도를 증가시키기 위해서 방사 에너지에 웨이퍼 표면이 노출되는 동작 1305 를 더 포함한다. 웨이퍼 표면에 도달하기 위해서, 방사 에너지는 웨이퍼 표면 위에 근접하게 위치된 평면 부재를 통과한다. 웨이퍼 표면에서의 온도 증가로 인해, 무전해 도금액과 웨이퍼 표면 사이의 계면에서 도금 반응이 발생한다. 이 도금 반응은 웨이퍼 표면과 평면 부재 사이의 평탄화층의 형성을 야기시킨다. 일 실시형태에 있어서, 방사 에너지에 대한 웨이퍼 표면의 노출은, 웨이퍼 표면에 인접한 무전해 도금액 내에 수용된 반응물이 소모될 때까지 계속된다. 또한, 일 실시형태에 있어서, 웨이퍼 표면은 실질적으로 균일한 방식으로 방사 에너지에 노출된다. 또한, 방사 에너지의 과장 범위는 웨이퍼 표면에 존재하는 특정 재료를 선택적으로 가열하도록 제어될 수 있다. 방사 에너지의 과장 범위가 웨이퍼 표면에 존재하는 특정 재료를 선택적으로 가열하도록 확립된다는 것을 보장하기 위해서, 웨이퍼 표면에서의 상태가 모니터링될 수 있다.

[0100] 몇몇 경우에, 웨이퍼 표면에 인접한 무전해 도금액 내에 수용된 반응물의 완전한 소모는 웨이퍼 표면을 완전히 평탄화하기에 충분하지 않다. 이들 경우에, 동작 1301 내지 동작 1305 는, 웨이퍼 표면의 원하는 평탄화가 달성될 때까지 반복적으로 수행될 수 있다. 예를 들어, 일 실시형태에 있어서, 동작 1305 에서의 방사 에너지에 대한 웨이퍼 표면의 노출은, 웨이퍼 표면에 인접한 무전해 도금액 내의 반응물 농도가 특정된 낮은 레벨에 도달하는 경우에 중지된다. 그런 다음, 평면 부재가 웨이퍼 표면의 상부에 근접한 위치로부터 제거된다. 평면 부재의 제거는, 새로운 무전해 도금액이 웨이퍼 표면 위에 흐르게 한다. 새로운 무전해 도금액은, 웨이퍼 표면을 식히며 웨이퍼 표면의 부근에 존재하는 반응물을 보충하는 역할을 한다. 그런 다음, 동작 1301 내지 동작 1305 가 반복된다.

[0101] 도 14 는 본 발명의 일 실시형태에 따른 웨이퍼의 표면 상에 평탄화층을 형성하는 또 다른 방법의 흐름도를 도시한 도면이다. 이 방법은, 웨이퍼 표면에 무전해 도금액을 공급하는 동작 1401 을 포함한다. 무전해 도금액은 도금 반응이 손쉽게 발생하지 않는 온도로 유지된다. 일 실시형태에 있어서, 웨이퍼 표면에 무전해 도금액을 공급하는 것은, 웨이퍼를 무전해 도금액의 배스에 액침함으로써 수행된다. 또한, 이 방법은, 웨이퍼 표면의 상부 위에 근접하게 평면 부재를 이동시키는 동작 1403 을 포함한다. 평면 부재의 이동은 평면 부재와 웨이퍼 표면 사이에 개재된 무전해 도금액의 일부를 배출하는 역할을 한다. 또한, 평면 부재의 이동은 무전해 도금액의 일부를 웨이퍼 표면의 오목한 영역 내에 인트랩하는 역할도 한다. 또한, 평면 부재를 통해 웨이퍼 표면에 방사 에너지를 인가하는 동작 1405 가 제공된다. 방사 에너지는, 무전해 도금액과 웨이퍼 표면 사이의 계면에서 도금 반응이 발생하는 상태로 웨이퍼 표면의 온도를 증가시킬 수 있다. 동작 1407 에서, 방사 에너지가 웨이퍼 표면에 존재하는 재료를 선택적으로 가열하도록 방사 에너지의 과장 범위가 제어된다. 또한, 동작 1409 에서, 평면 부재와 웨이퍼 표면 사이에 개재된 무전해 도금액의 잔량에 존재하는 반응물이 도금 반응에서 소모될 수 있다. 또한, 이 방법은, 웨이퍼 표면에 대한 방사 에너지의 인가를 중지하는 동작 1411 을 포함한다. 동작 1411 다음에, 웨이퍼 표면의 상부로부터 떨어져 평면 부재를 이동시키는 동작 1413 이 수행된다. 웨이퍼 표면의 상부로부터 떨어져 평면 부재를 이동시키는 것은, 새로운 무전해 도금액이 평면 부재와 웨이퍼 표면 사이에 도입되게 한다. 이 방법은, 웨이퍼 표면이 평면 상태에 접근하도록 동작 1403 내지 동작 1413 이 순환 방식으로 반복되는 동작 1415 를 더 포함한다. 일 실시형태에 있어서, 새로운 무전해 도금액에 존재하는 반응물 농도는 각 사이클 동안 증가되어, 웨이퍼 표면과 이 웨이퍼 표면에 근접하게 위치된 평면 부재 사이에서 무전해 도금액에 의해 점유되는 감소된 체적을 보상한다.

[0102] 몇몇 실시형태에 관하여 본 발명이 설명되었지만, 전술한 명세서를 판독하며 도면을 연구하면, 당업자가 그 각종 변경물, 부가물, 치환물 및 등가물을 실현할 것이라고 인식될 것이다. 그러므로, 본 발명은, 본 발명의 진정한 사상 및 범위 내에 있는 바와 같은 이러한 변경물, 부가물, 치환물 및 등가물 모두를 포함하는 것으로 의도된다.

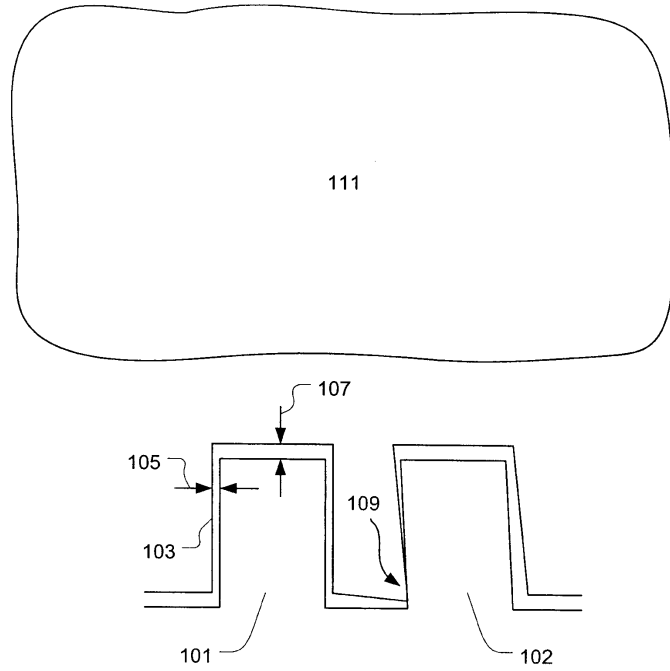
[0103]

[0104]

도면

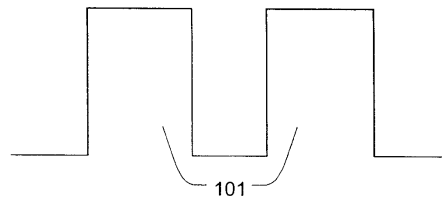
도면1a

종래 기술



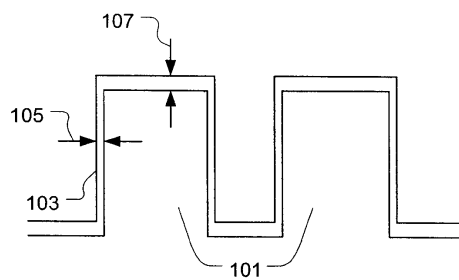
도면1b-1

종래 기술



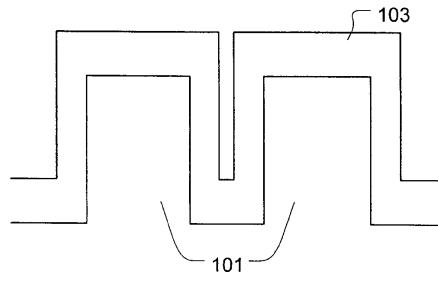
도면1b-2

종래 기술



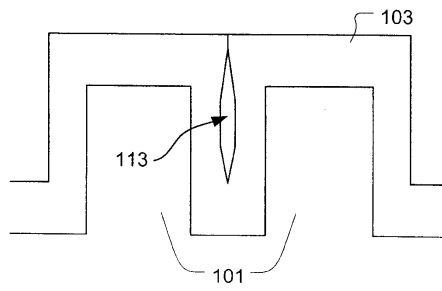
도면1b-3

종래 기술

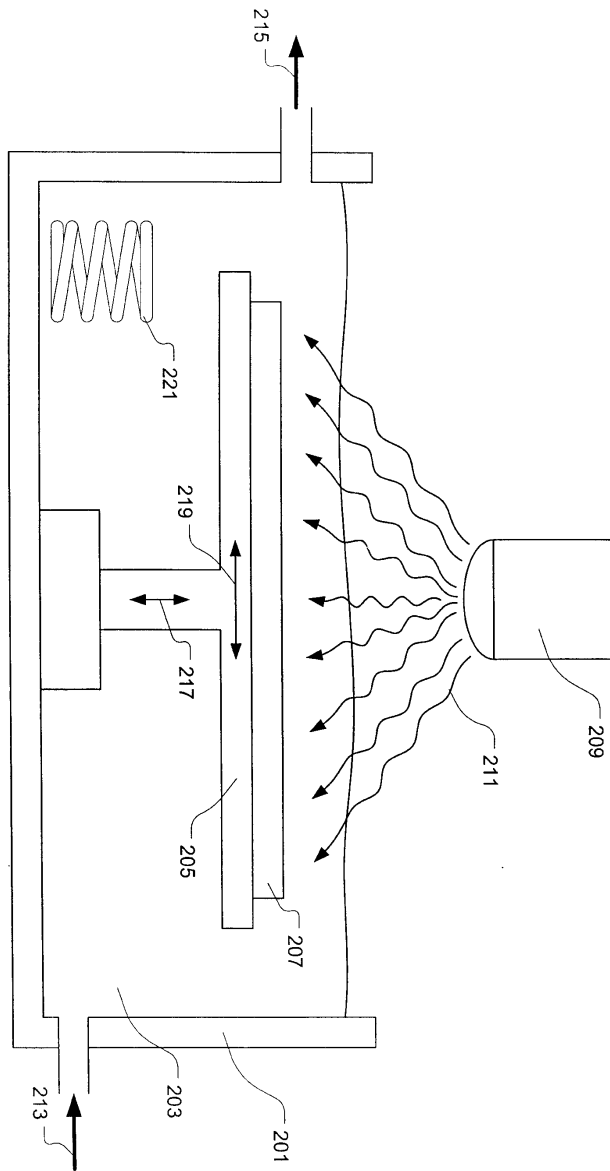


도면1b-4

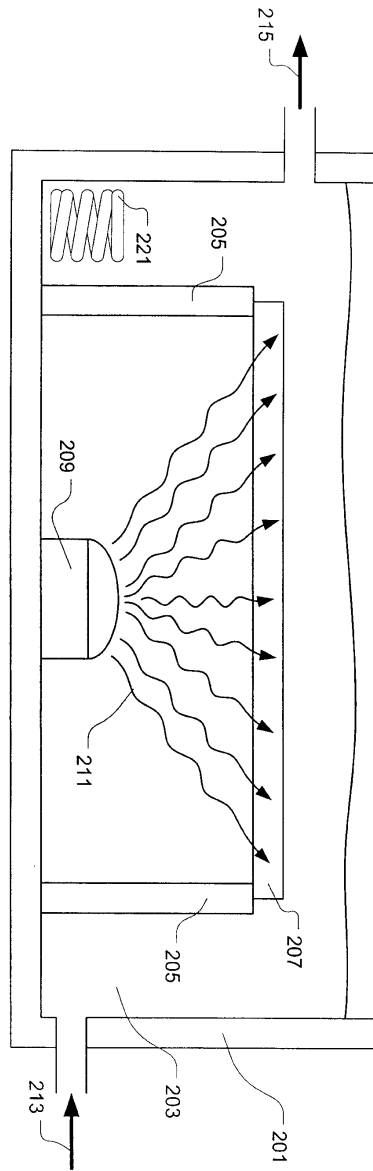
종래 기술



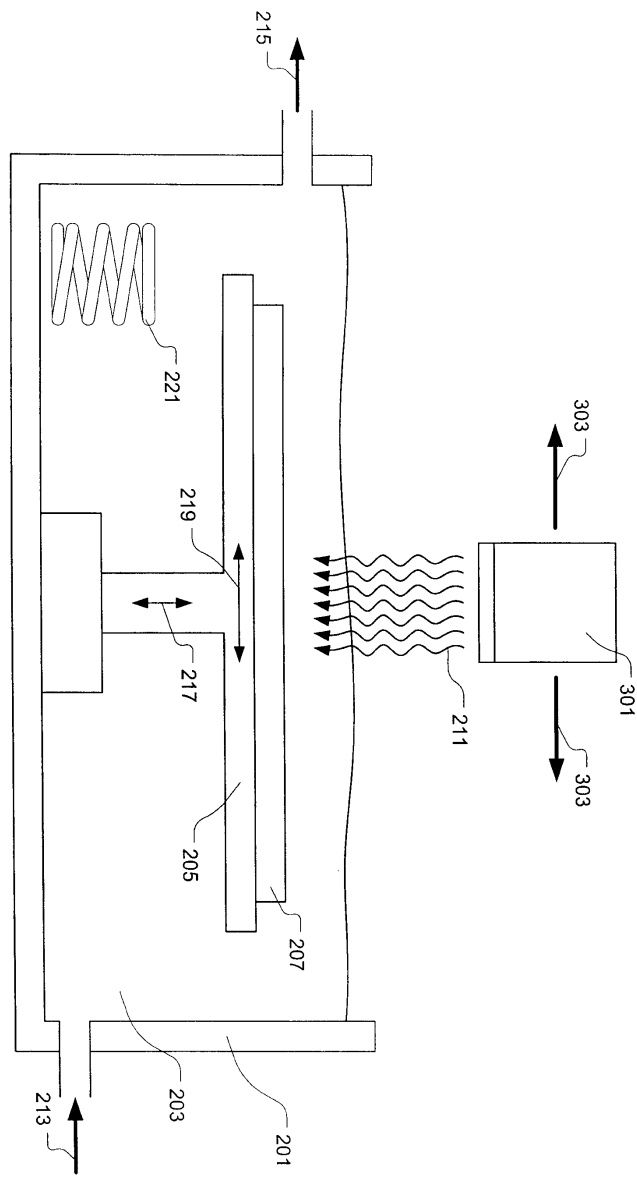
도면2a



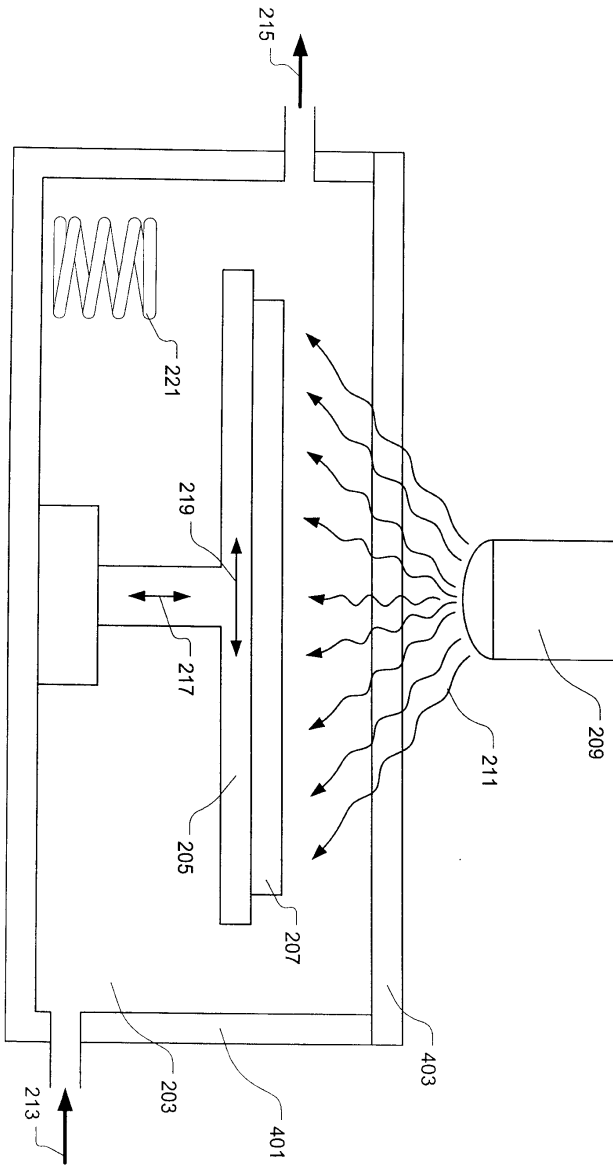
도면2b



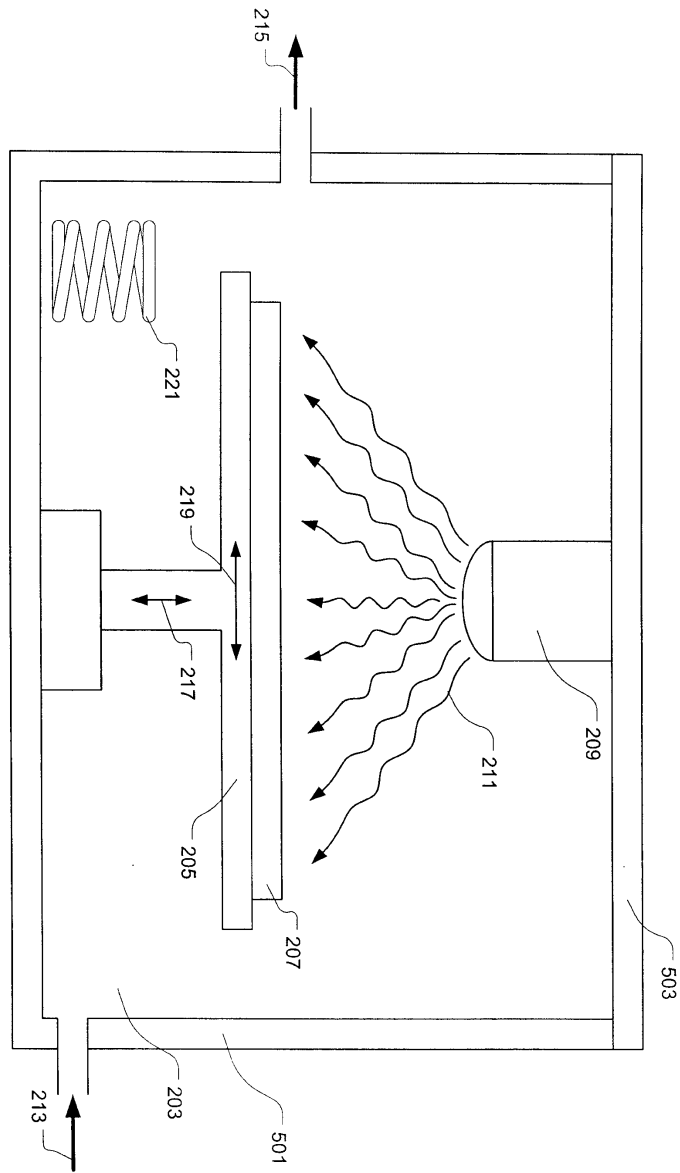
도면3



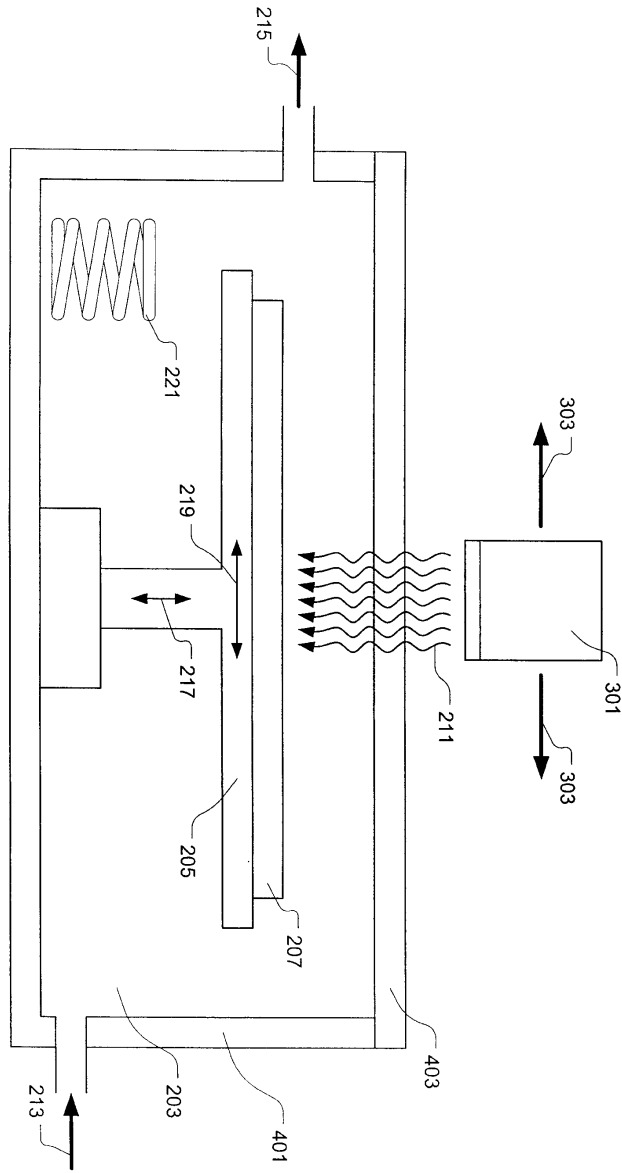
도면4



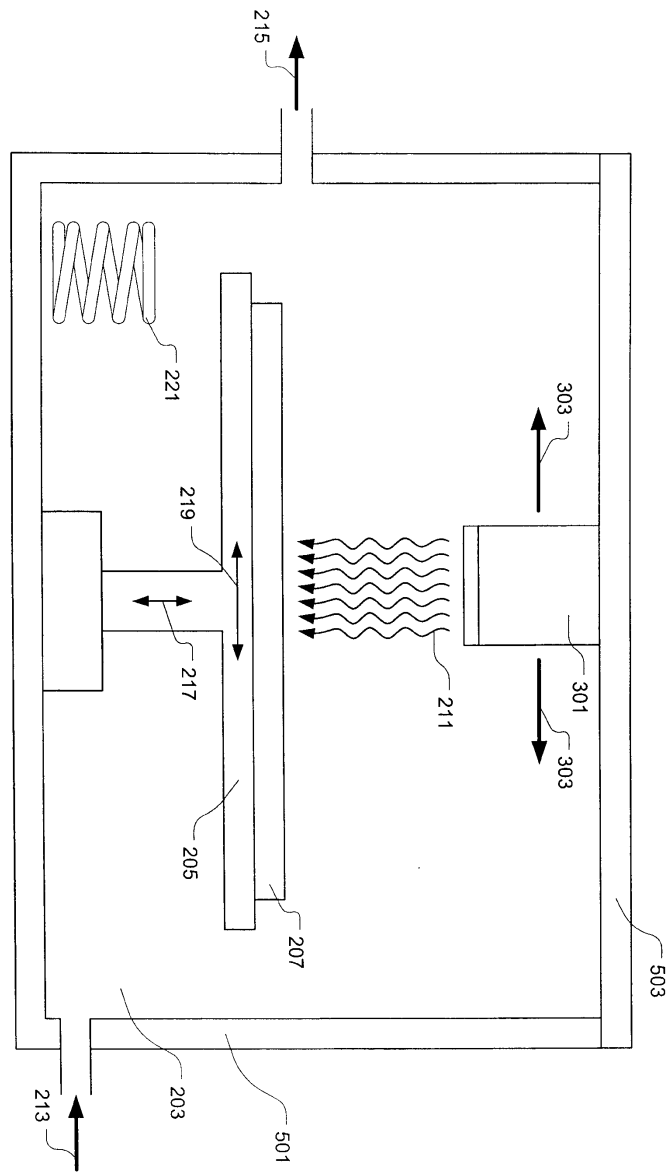
도면5



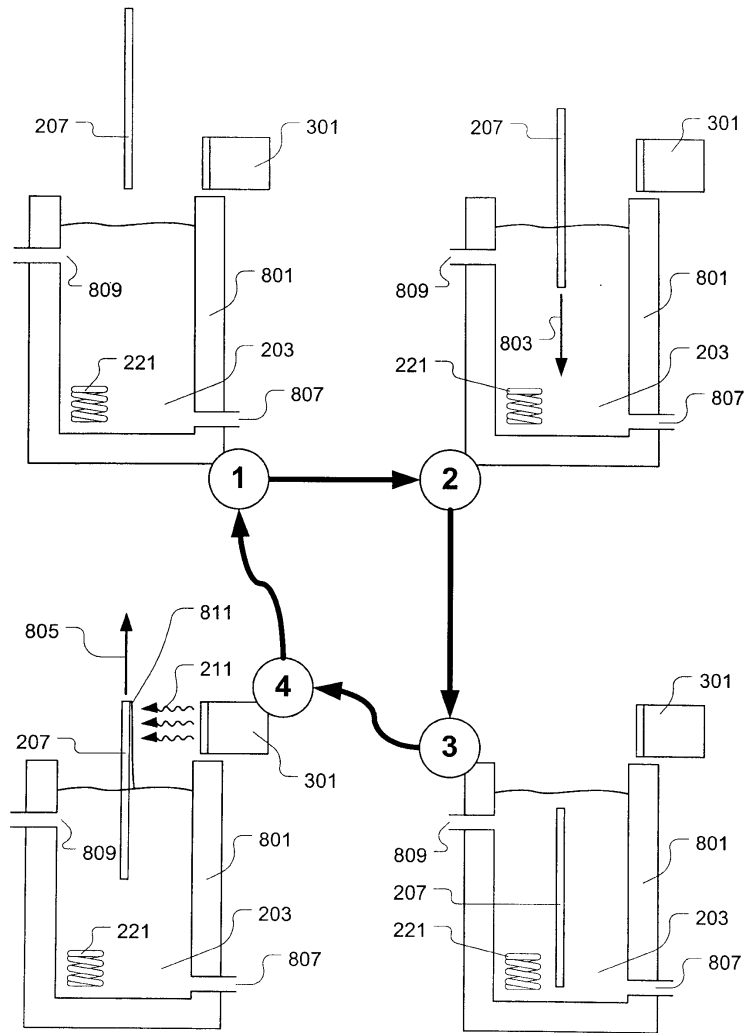
도면6



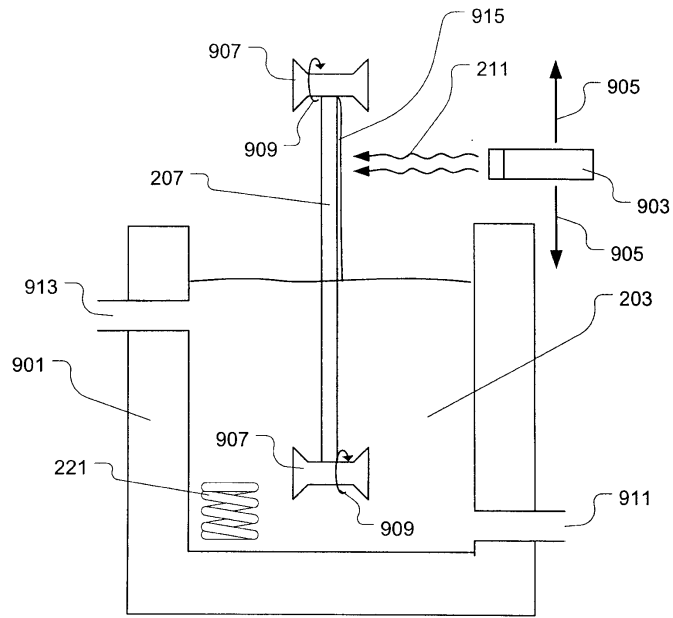
도면7



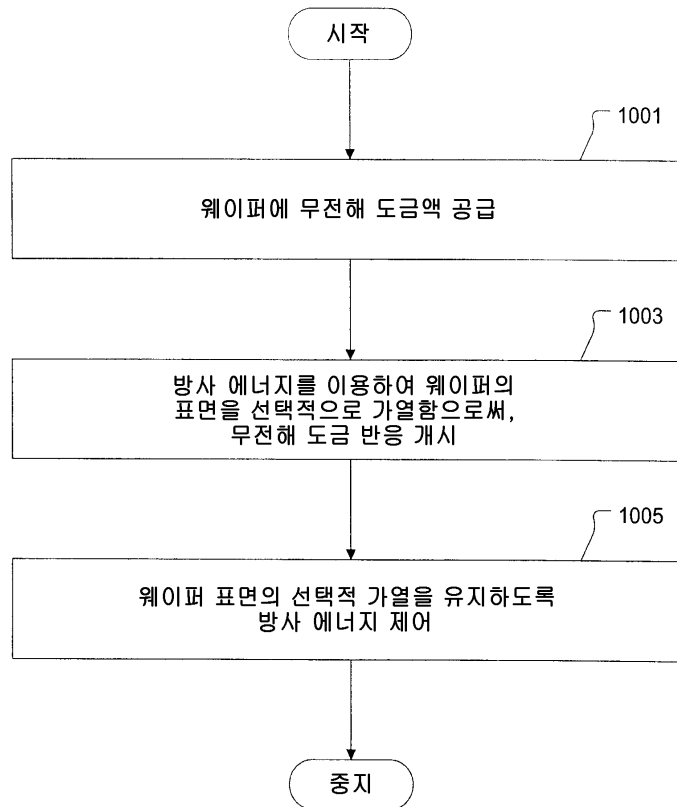
도면8



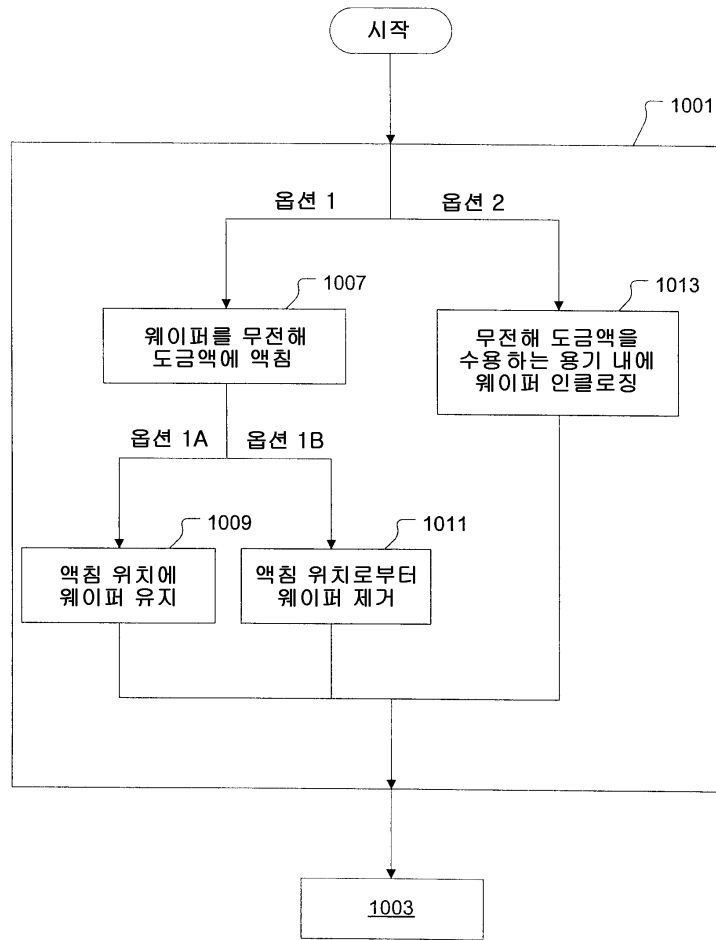
도면9



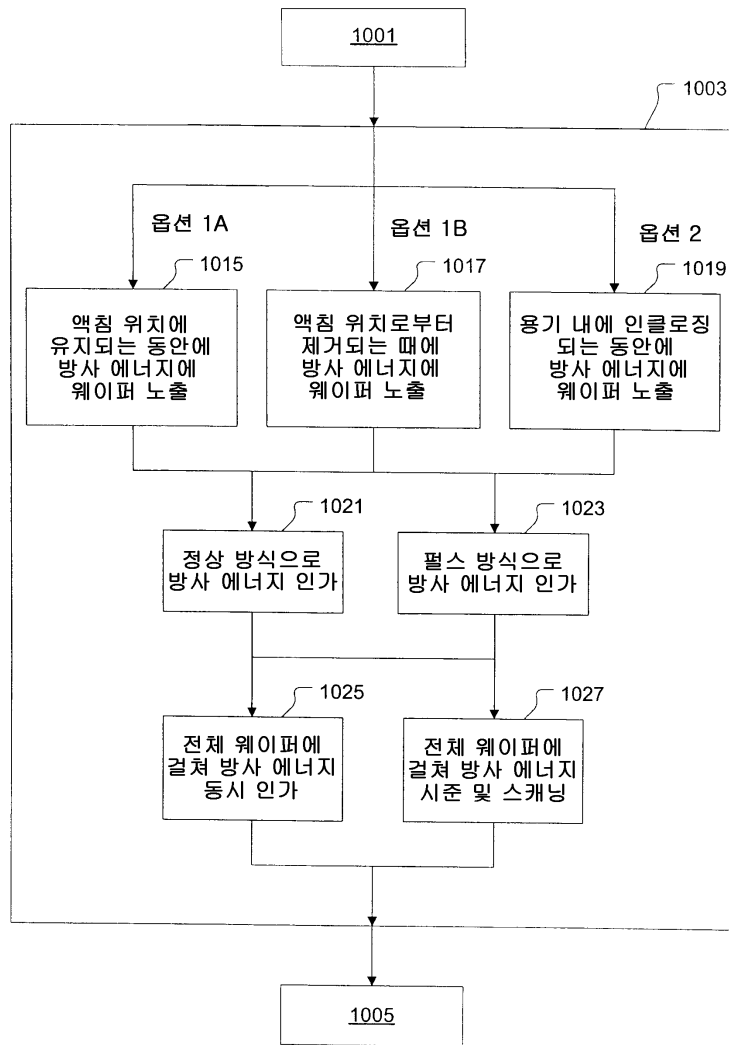
도면10a



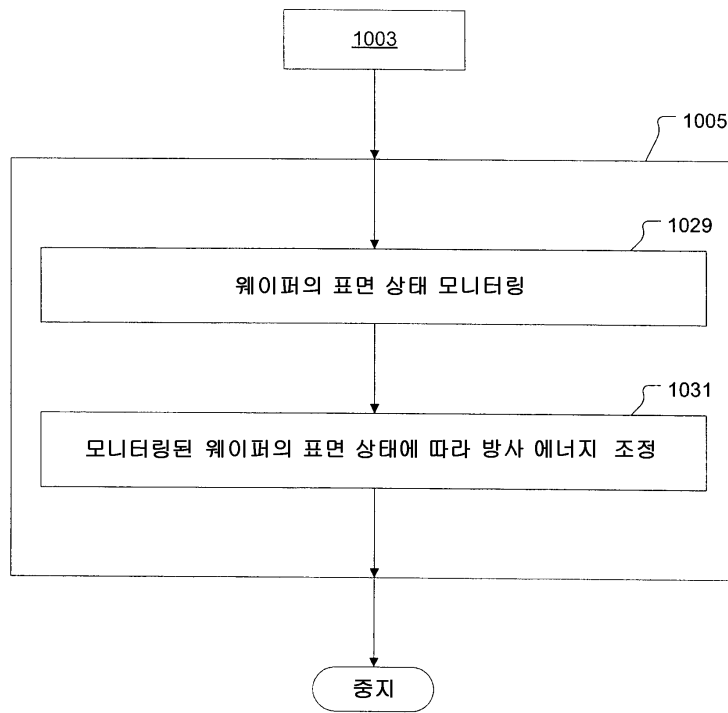
도면10b



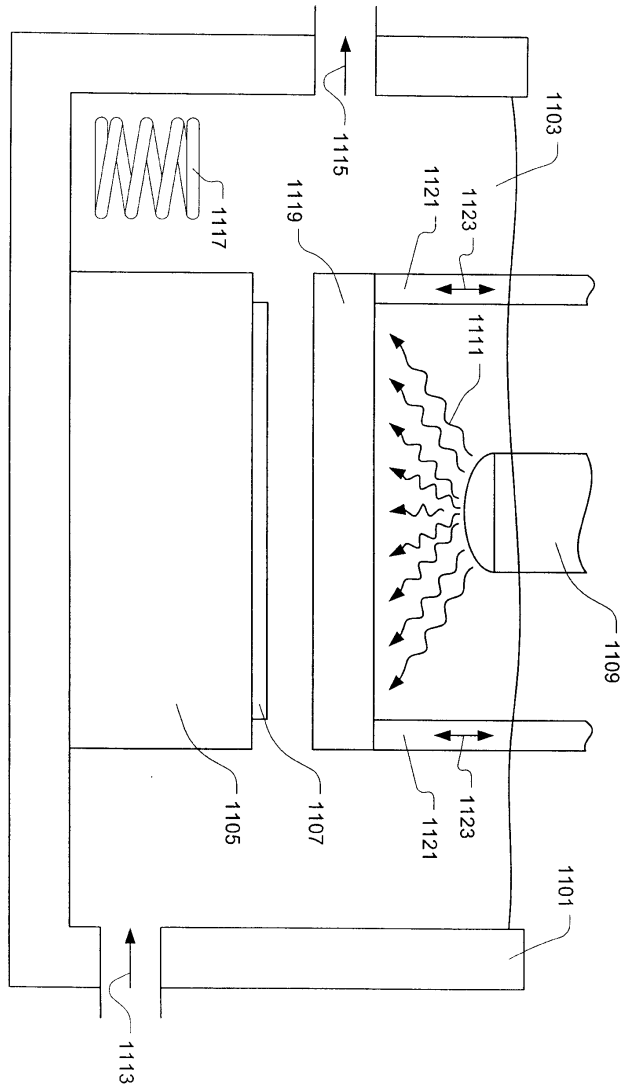
도면10c



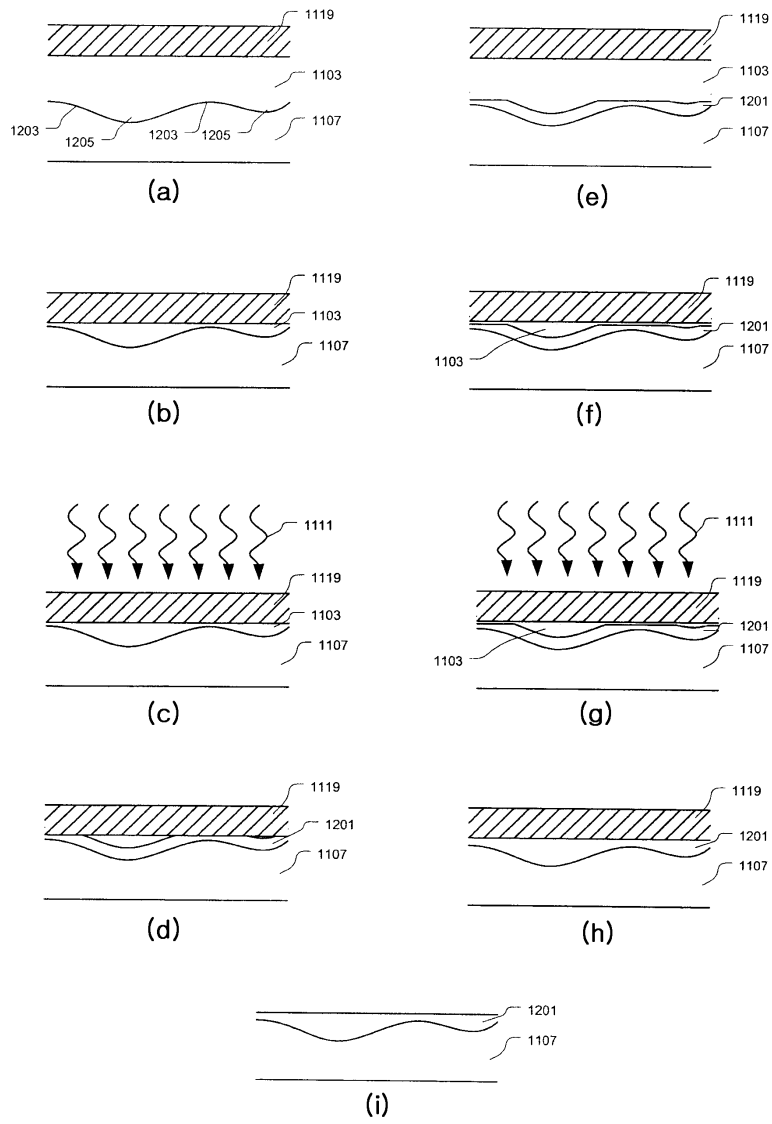
도면10d



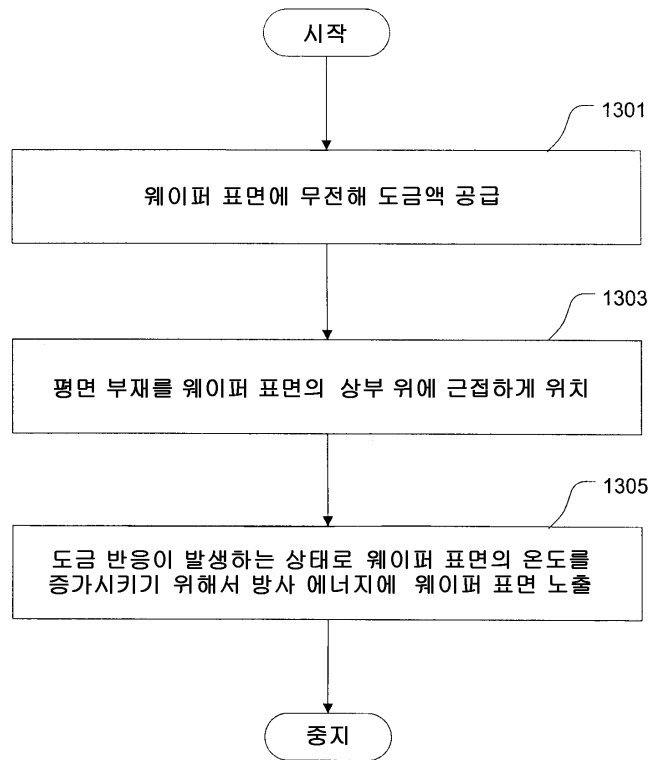
도면11



도면12



도면13



도면14

