	(19) 대한민국특허청(KR) (12) 공개특허공보(A)	(11) 공개번호 10-2014-0047009 (43) 공개일자 2014년04월21일
<hr/>		
(51) 국제특허분류(Int. Cl.) H01L 21/302 (2006.01)	(71) 출원인 램 리써치 코포레이션 미국 94538 캘리포니아주 프레몬트 쿠싱 파크웨이 4650	
(21) 출원번호 10-2013-0121423	(72) 발명자 시라르드 스티븐 엠. 미국, 텍사스 78753, 오스틴, 러더퍼드 레인 1321, #170	
(22) 출원일자 2013년10월11일 심사청구일자 없음	하임즈 다이앤 미국, 캘리포니아 95138, 산 호세, 알콘웨이 5617 (뒷면에 계속)	
(30) 우선권주장 13/650,044 2012년10월11일 미국(US)	(74) 대리인 오세일	

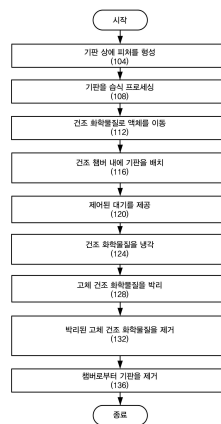
전체 청구항 수 : 총 19 항

(54) 발명의 명칭 **박리 건조 장치 및 방법**

(57) 요약

기관을 박리 건조하기 위한 장치가 제공된다. 기관을 수용하기 위한 챔버가 제공된다. 적은 기관 내부에서 기관을 지지하고 클램핑한다. 온도 제어부는 기관의 온도를 제어하고 기관을 냉각시킬 수 있다. 진공 펌프는 챔버와 유체 연결된다. 틸팅 메커니즘은 적어도 90도로 척을 기울일 수 있다.

대표도 - 도1



(72) 발명자

스초프 아란 엠.

미국, 캘리포니아 95005, 벤 로몬드, 10010 하이웨이 9

리마리 라차나

미국, 텍사스 78730, 오스틴, 빅 뷰 드라이브 9404

특허청구의 범위

청구항 1

기관을 수용하기 위한 챔버;

상기 챔버 내에서 상기 기관을 지지하고 고정하기 위한 척;

상기 기관을 냉각할 수 있는, 상기 기관의 온도를 제어하기 위한 온도 제어부;

상기 챔버와 유체 연결되는 진공 펌프; 및

적어도 90도로 상기 척을 기울일 (tilt) 수 있는 틸팅 메커니즘을 포함하는, 기관을 박리 (delamination) 건조하기 위한 장치.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 챔버 내에 제어된 대기를 유동시키기 위해 상기 챔버와 유체 연결되는 대기 제어 시스템을 더 포함하는, 기관을 박리 건조하기 위한 장치.

청구항 3

제 2 항에 있어서,

대기 제어는 상기 챔버 내로 건조 가스를 제공하기 위한 가스 소스를 포함하는, 기관을 박리 건조하기 위한 장치.

청구항 4

제 2 항에 있어서,

상기 척은 정전 척인, 기관을 박리 건조하기 위한 장치.

청구항 5

제 4 항에 있어서,

상기 정전 척에 상기 기관을 고정하도록 전압을 제공하기 위한 전압 소스를 더 포함하는, 기관을 박리 건조하기 위한 장치.

청구항 6

제 4 항에 있어서,

기관을 습식 건조 화학물질과 함께 상기 챔버 내로 이송하기 위한 그리고 상기 챔버를 밀봉하기 위한 습식 이송 스테이션을 더 포함하고,

상기 온도 제어부는 상기 건조 화학물질을 냉각시키는 온도로 상기 기관을 냉각할 수 있는, 기관을 박리 건조하기 위한 장치.

청구항 7

제 1 항에 있어서,

상기 척은 흡들을 포함하는, 기관을 박리 건조하기 위한 장치.

청구항 8

제 1 항에 있어서,

상기 온도 제어부는 상기 척 내에 매입되는 온도 제어 구성요소를 포함하는, 기관을 박리 건조하기 위한 장치.

청구항 9

제 8 항에 있어서,

상기 온도 제어 구성요소는 적어도 0℃의 온도로 상기 기관을 냉각시키고, 적어도 20℃의 온도까지 상기 기관을 가열시킬 수 있는, 기관을 박리 건조하기 위한 장치.

청구항 10

제 8 항에 있어서,

상기 온도 제어 구성요소는 상기 척 내에 매입되는 열전 가열 및 냉각 구성요소를 포함하는, 기관을 박리 건조하기 위한 장치.

청구항 11

건조 화학물질로 습기가 있는 (wet) 기관을, 건조 챔버 내의 척 상에 배치하는 단계;

상기 기관 상에서 상기 건조 화학물질을 고체 건조 화학물질로 냉각시키는 단계;

상기 기관으로부터 상기 고체 건조 화학물질을 박리시키는 단계; 및

상기 기관으로부터 박리된 상기 고체 건조 화학물질을 제거하는 단계를 포함하는, 방법.

청구항 12

제 11 항에 있어서,

상기 기관으로부터 상기 고체 건조 화학물질을 박리시키는 단계는, 상기 챔버 내의 압력을 감소시키는 단계를 포함하는, 방법.

청구항 13

제 12 항에 있어서,

상기 건조 화학물질을 냉각시키는 단계는,

상기 척에 상기 기관을 척킹하는 단계; 및

상기 건조 화학물질의 어는 점 아래로 상기 기관을 후면 냉각시켜서 상기 건조 화학물질을 냉각시키기 위해 상기 척을 이용하는 단계를 포함하는, 방법.

청구항 14

제 11 항에 있어서,

상기 고체 건조 화학물질을 상기 기관으로부터 제거하는 단계는, 적어도 90°로 상기 기관을 기울이는 단계를 포함하는, 방법.

청구항 15

제 14 항에 있어서,

상기 기관 상에 피처를 형성하는 단계; 및

상기 기관 상에서 상기 피처를 습식 처리하는 단계를 포함하는, 방법.

청구항 16

제 15 항에 있어서,

상기 건조 화학물질은 3급-부탄올 (tert-butanol) 을 포함하는, 방법.

청구항 17

제 11 항에 있어서,

상기 챔버 내의 대기로부터 습기를 제거하는 단계를 더 포함하는, 방법.

청구항 18

제 11 항에 있어서,

상기 척 상에 상기 기관을 배치하기 이전에, 상기 건조 화학물질의 어느 점 위의 온도로 상기 척을 가열하는 단계를 더 포함하는, 방법.

청구항 19

제 11 항에 있어서,

상기 척 상의 상기 기관으로부터 유동하는 액체 건조 화학물질을 캐치하고 (catch), 상기 기관과 상기 척 사이의 접촉 지점들로부터 상기 액체 건조 화학물질을 지향시키는 (directing) 단계를 더 포함하는, 방법.

명세서

기술 분야

[0001] 본 발명은 반도체 디바이스의 제조와 관련된 것이다. 보다 구체적으로, 본 발명은 반도체 디바이스의 제조 동안 기관으로부터 액체를 제거하는 장치 또는 방법과 관련된 것이다.

배경 기술

[0002] 반도체 웨이퍼 프로세싱 동안, 습식 프로세싱은 반도체 디바이스로부터의 액체의 후속 제거를 필요로 한다.

[0003] 반도체 디바이스가 더 작은 사이즈로 축소될수록, 목표된 디바이스 성능을 달성하기 위해 높은 종횡비의 구조물이 요구된다. 미세전자/반도체 디바이스의 제조는 물질 증착, 평탄화, 피처 패터닝, 피처 에칭 및 피처 세정과 같은 다수의 프로세싱 단계들의 반복적인 흐름을 필요로 한다. 높은 종횡비의 구조물을 향하는 드라이브 (drive) 는 이러한 종래의 제조 단계들 중 많은 데에 프로세싱 문제를 발생시킨다. 대체로 프로세스 유동의 25% 이상을 구성하는, 에칭 세정과 같은 습식 프로세스는 특히 건조 동안 생성되는 모세관력 (capillary forces) 에 기인한 높은 종횡비의 피처에 관한 문제를 발생시킨다. 이러한 모세관력의 강도는 피처 간격 및 종횡비뿐 아니라, 건조되는 에칭, 세정 또는 세척 (rinse) 유체의 접촉 각 및 표면 장력에 의존한다. 건조 동안 생성되는 힘이 너무 크다면, 높은 종횡비의 피처는 서로에 대해 붕괴 (collapse) 될 것이며, 정지 마찰 (stiction) 이 발생할 수 있다. 피처 붕괴 및 정지 마찰은 디바이스 수율을 상당히 저하시킬 것이다.

[0004] 추가로, 캐패시터의 제조 또한 건조 동안 붕괴되는 구조물을 제공할 수 있다.

발명의 내용

과제의 해결 수단

[0005] 전술한 것을 달성하기 위해, 그리고 본 발명의 목적과 관련하여, 기관을 박리 건조하기 위한 장치가 제공된다. 기관을 수용하기 위한 챔버가 제공된다. 작은 챔버 내에서 기관을 지지하고 고정한다. 온도 제어부는 기관의 온도를 제어하고 기관을 냉각시킬 수 있다. 진공 펌프는 챔버와 유체 연결된다. 틸팅 메커니즘은 적어도 90도로 척을 기울일 수 있다.

[0006] 본 발명의 다른 발현예에서, 방법이 제공된다. 건조 화학물질로 습식 처리되는 기관이 건조 챔버 내의 척 상에 배치된다. 건조 화학물질은 기관 상에서 고체 건조 화학물질로 냉각된다. 고체 건조 화학물질은 기관으로부터 박리된다. 박리된 고체 건조 화학물질은 기관으로부터 제거된다.

[0007] 첨부된 도면들을 참고하여 본 발명의 이러한 그리고 다른 특징들이 아래의 본 발명의 상세한 설명에서 더 상세하게 개시될 것이다.

도면의 간단한 설명

[0008] 첨부된 도면들의 도면에서 그리고 유사한 구성요소는 유사한 도면부호로, 본 발명이 예시적인 방법으로 그리고

제한 없이 설명된다.

도 1은 본 발명의 일 실시예의 고 레벨 흐름도이다.

도 2a 내지 2c는 본 발명의 일 실시예의 박리 건조 시스템의 개략적인 도면이다.

도 3은 본 발명의 실시예들에서 이용되는 제어부를 구현하기에 적절한 컴퓨터 시스템을 도시한다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0009] 본 발명은 이제 첨부된 도면들에 도시된 바와 같은 본 발명의 일부 바람직한 실시예들을 참고하여 상세하게 개시될 것이다. 이하의 상세한 설명에서, 수많은 상세한 설명이 본 발명의 충분한 이해를 제공하기 위해 이루어질 것이다. 그러나, 본 발명이 이러한 구체적인 설명의 일부 또는 전부 없이도 실행될 수 있음은 본 기술분야의 숙련자에게 명백할 것이다. 다른 예에서, 익히 공지된 프로세스 단계들 및/또는 구조들은 본 발명을 불필요하게 모호하게 만들지 않기 위해 상세하게 설명되지 않았다.
- [0010] 현재 그리고 종래의 기술에서, 탈이온 워터보다 더 낮은 표면 장력을 가지는 대안적인 세척 유체가 피쳐 붕괴를 방지하기 위해 개발되었다. 이러한 방법은 낮은 중형비의 구조물에 효과적이었으나, 높은 중형비의 그리고 더 작은 피쳐 간격에서 탈이온 워터와 동일한 붕괴 및 정지 마찰 이슈를 겪는다. 이러한 문제점은, 위와 같은 더 낮은 표면 장력의 유체가 여전히 건조 동안 취성 (fragile) 피쳐에 너무도 강한 힘을 생성하는 한정된 표면 장력을 가진다는 사실에 기인한다. 높은 중형비의 구조물을 건조하기 위한 대안적인 방법은 초임계 (supercritical) 유체로 세척 유체를 분해하는 것 또는 씻어내는 (flush) 것이다. 초임계 유체는 일반적으로 표면 장력에 자유로워야 하며, 그에 따라 피쳐 붕괴를 유발하는 모세관력을 제거한다. 초임계 유체에 이점들이 있음에도, 이러한 유체를 개발하는데 여러 기술 및 제조상의 문제가 있다. 이러한 문제점들은 높은 장비 및 안전 비용, 긴 프로세스 시간, 프로세스 동안의 가변적인 용액 품질, 유체의 조정될 수 있는 성질 및 확산에 기인한 과도한 프로세스 민감성, 및 챔버 부품과 유체의 상호 작용으로부터 발생하는 웨이퍼 결함/오염 이슈를 포함한다. 높은 중형비의 구조물의 붕괴를 방지하기 위한 또 다른 전략은 피쳐를 지지하는 기계적인 브레이싱 (bracing) 구조물을 가하는 것이다. 이러한 접근에는 더 높은 비용 및 생산량과 수율에 좋지 않은 영향을 미치는 프로세스 복잡성을 포함하는 여러 트레이드 오프 (tradeoffs) 가 있다. 더욱이, 브레이싱이 특정 형태의 구조물로 제한되기 때문에, 브레이싱은 확실한 해결책이 아니다. 따라서, 반도체/미세전자 디바이스로부터 액체를 손상 없이 제거하기 위한 대안적인 방법 및 시스템이 요구되고 있다.
- [0011] 도 1은 본 발명의 일 실시예의 고 레벨 흐름도이다. 이러한 실시예에서, 피쳐가 기판 상에 형성된다 (단계 104). 피쳐는, 피쳐의 습식 또는 건식 에칭에 의해, 또는 피쳐를 증착하기 위한 증착 프로세스에 의해 형성될 수 있다. 피쳐는 후속 건조 프로세스가 피쳐 붕괴를 유발하는 높은 중형비를 가질 수 있다. 습식 프로세스가 기판 상에 이용된다 (단계 108). 습식 프로세스는 피쳐를 형성하는데 이용될 수 있고, 또는 피쳐가 형성된 이후의 세정 같은 후속 프로세스일 수 있다. 습식 프로세스로부터의 유체는 건조 화학물질 (chemistry) 에 의해 이동될 수 있다 (단계 112). 일부 실시예에서, 습식 프로세스를 위한 액체는 건조 화학물질과 동일하며, 이러한 경우에 위와 같은 단계는 필요하지 않다. 습기가 있는 기판이 박리 (delamination) 건조 챔버 내에 배치된다 (단계 116). 박리 건조 챔버의 대기는 제어된다 (단계 120). 건조 화학물질이 3급-부탄올 (tert-butanol; TBA) 이라면, 제어된 대기는 습기가 없거나 감소된 워터 함유량을 가질 수 있다. 액체 건조 화학물질이 냉각된다 (단계 124). 냉각된 고체 건조 화학물질이 기판으로부터 박리된다 (단계 128). 고체 건조 화학물질이 기판으로부터 제거된다 (단계 132). 기판이 챔버로부터 제거된다 (단계 136).
- [0012] 예
- [0013] 본 발명의 실시예의 구체적인 예에서, 패터화된 기판에 에칭 층이 제공된다. 에칭 층은 에칭된다. 40 nm 보다 작은 CD 및 80 nm 보다 작은 피치 (pitch), 그리고 10:1 보다 더 큰 높이 대 너비 중형비를 가지는 메모리 라인을 형성하는 에칭 층이 에칭된다 (단계 104). 구조물에 에칭 또는 세정 프로세스 같은 습식 프로세스가 가해진다 (단계 108). 이러한 예에서, 기판은 희석된 불화수소산 (dilute hydrofluoric acid) 으로 세정된다. 기판은 탈이온 워터로 세정된다. 탈이온 워터가 본 예에서 순수 3급-부탄올 (TBA) 인 액체 건조 화학물질을 이용하여 이동된다 (단계 112). 습기가 있는 기판이 박리 건조 챔버 내에 배치된다 (단계 116).
- [0014] 도 2a는 본 발명의 이러한 실시예에서 이용될 수 있는 박리 건조 시스템 (200) 의 예의 개략적인 도면이다. 대기 제어부 (204) 는 박리 건조 챔버 (202) 와 유체 연결된다. 대기 제어부 (204) 는 박리 건조 챔버 (202) 내

의 가스의 압력 및 형태를 제어한다. 정전 척 (ESC; 208) 이 웨이퍼와 같은 기관 (206) 을 지지하기 위해 챔버 내에 배치된다. 박리 건조 시스템 (200) 은 습식 이송 스테이션 (232) 을 더 포함하는데, 습식 이송 스테이션은 습기가 있는 기관 (206) 을 박리 건조 챔버 (202) 내로 이송하고, 진공 시일을 제공하며, 진공 시일을 통해 대기가 제어될 수 있고 박리 건조 프로세스 압력이 달성될 수 있다. 박리 건조 시스템은 진공 펌프 (216) 를 더 포함한다.

[0015] 이러한 실시예에서, ESC (208) 는 접촉 층 (212), 열전 디바이스 (217) 의 층, 및 바디 (220) 를 포함한다. 열전 전력 공급부 (284) 는 열전 디바이스 (217) 의 층에 전기적으로 연결된다. 열전 전력 공급부 (284) 는 열전 디바이스 (217) 에 전압을 제공한다. 열전 디바이스 (217) 가 열 차이 또는 냉각도 차이를 제공하고, ESC 바디 (220) 와 접촉 층 (212) 사이에 그러한 차이의 크기를 제공하는지 결정하기 위해, 열전 전력 공급부 (284) 는 전압의 크기 및 방향을 이용한다. 척 전력 공급부 (257) 는 기관 (206) 을 ESC (208) 에 정전식으로 고정하기 위한 고정 전압을 제공한다. 후면 냉각 및 가열 시스템 (230) 은, ESC (208) 에 연결되고, ESC (208) 와, 기관 (206) 사이의 열 전달을 증가시키기 위해 ESC (208) 를 통해 기관 (206) 의 후면으로 헬륨과 같은 유체를 제공한다. 후면 냉각/가열 시스템 (230) 은 또한 기관이 ESC (208) 에 고정되어 진공일 수 있도록 하는 진공 펌프 (216) 에 연결된다. 후면 냉각 시스템의 예가, McMillin et al에 의한 "Variable High Temperature Chuck for High Density Plasma Chemical Vapor Deposition" 의 제목을 가지는 미국특허 제 5,835,334 호에 개시되며, 상기 특허의 내용은 모든 목적을 위해 참고로서 편입된다. 압력계 (219) 가 박리 건조 챔버 (202) 에 연결된다. 홈 (224) 이 ESC (208) 와 기관 (206) 사이에서, ESC (208) 의 표면상에 배치된다. 액셀 (228) 이 ESC (208) 와 모터 (218) 사이에 연결된다.

[0016] 제어부 (270) 가 열전 전력 공급부 (284), 척 전력 공급부 (257), 대기 제어부 (204), 후면 냉각 및 가열 시스템 (230), 진공 펌프 (216), 모터 (218) 및 압력계 (219) 에 연결된다. 고체 건조 화학물질 제거 시스템 (244) 이 ESC (208) 아래에 배치된다.

[0017] 도 3은 본 발명의 실시예들에서 이용되는 제어부 (270) 를 구현하는데 적합한, 컴퓨터 시스템 (300) 을 나타내는 고 레벨의 블록도이다. 컴퓨터 시스템은 집적 회로, 프린트된 회로 보드와 작은 소형 디바이스, 거대한 슈퍼 컴퓨터까지의 범위의, 많은 물리적 형태를 가질 수 있다. 컴퓨터 시스템 (300) 은 하나 이상의 프로세서 (302) 를 포함하며, (그래픽, 텍스트 및 다른 데이터를 표시하기 위한) 전자 표시 디바이스 (304), 메인 메모리 (306; 예를 들어, 랜덤 액세스 메모리 (RAM)), 저장 디바이스 (308; 예를 들어, 하드 디스크 드라이브), 제거가능한 저장 디바이스 (310; 예를 들어, 광학 디스크 드라이브), 사용자 인터페이스 디바이스 (312; 예를 들어, 키보드, 터치 스크린, 키패드, 마우스 또는 다른 포인팅 디바이스 등), 및 통신 인터페이스 (314; 예를 들어, 무선 네트워크 인터페이스) 를 더 포함한다. 통신 인터페이스 (314) 는 컴퓨터 시스템 (300) 과 링크와 같은 외부 디바이스 사이로 소프트웨어 및 데이터가 전송되도록 한다. 시스템은 또한 전송한 디바이스/모듈이 연결되는 통신 인프라구조 (316; 예를 들어, 통신 버스, 크로스-오버 바, 또는 네트워크) 를 포함할 수 있다.

[0018] 통신 인터페이스 (314) 를 통해 전송된 정보는 전선 또는 케이블, 광섬유, 전화선, 셀룰러 폰 링크, 무선 주파수 링크, 및/또는 다른 통신 채널을 사용하여 구현될 수도 있는 통신 링크를 통한, 전자 신호, 전자기 신호, 광 신호, 또는 통신 인터페이스 (314) 에 의해 수신될 수 있는 다른 신호와 같은 신호의 형태일 수도 있다. 이러한 통신 인터페이스와 함께, 하나 이상의 프로세서 (302) 는 전송한 방법의 단계들을 수행하는 도중에 네트워크로부터 정보를 수신하거나 정보를 네트워크로 출력할 수 있다고 예측된다. 나아가, 본 발명의 방법 실시형태들은 프로세서들 상에서 단독으로 실행하거나, 프로세싱의 일부를 공유하는 원격 처리 장치와 함께 인터랙과 같은 네트워크를 통해 실행할 수도 있다.

[0019] 용어 "비-일시적 컴퓨터 판독가능 매체"는 일반적으로 메인 메모리, 보조 메모리, 제거가능한 저장기 및 하드 디스크, 플래시 메모리, 디스크 드라이브 메모리, CD-ROM 및 다른 형태의 영구 메모리와 같은 저장기 디바이스를 지칭하도록 사용되며, 캐리어 파동 또는 신호와 같은 일시적인 물질을 포함하는 것으로 해석되지 않는다. 컴퓨터 코드의 예시는 예컨대 컴파일러에 의해 생성된 기계어 코드, 해석기를 사용하여 컴퓨터에 의해 실행된 높은 레벨의 코드를 포함하는 파일들을 포함한다. 컴퓨터 판독가능 매체는 또한 캐리어 파동에 실장된 컴퓨터 데이터 신호에 의해 송신되고, 프로세서에 의해 실행가능한 일련의 지시를 나타내는 컴퓨터 코드일 수 있다.

[0020] 대기가 제어된다 (단계 120). 이러한 예에서, 건조 화학물질이 TBA이기 때문에, 제어된 대기는 습기가 없다. 이러한 예에서, 이는 습기가 없는 질소 가스를 유동시킴으로써 달성될 수 있다. 습기 흡착이 건조 용액의 어는 점을 떨어뜨리고 (depress) 증발하는 냉각되지 않은 액체가 손상을 유발하는 모세관력을 제공할 것이기 때문에, 습기가 없는 대기는 박리 건조를 개선한다고 여겨진다. 건조 화학물질이 TBA처럼 검습기가 아니라면, 이러한

습기가 없는 대기는 필요 없을 수 있다.

- [0021] 습기가 있는 기관 (206) 은 대기압 (760 Torr) 및 상온에서 습식 이송 스테이션 (232) 을 통해 박리 건조 챔버 (202) 로 이송되고, 척 (208) 상에 장착된다. 습식 이송 스테이션 (232) 은 습식 프로세싱 스테이션과 박리 건조 챔버 (202) 사이에 연결되고, 습식 프로세싱 스테이션으로부터 박리 건조 챔버 (202) 로 기관을 이송하기 위한 로봇 메커니즘을 가질 수 있다. 건조 이후에, 습식 이송 스테이션 내의 로봇 메커니즘은 박리 건조 챔버 (202) 로부터 다른 챔버로 기관을 이동하는데 이용될 수 있다. 습식 이송 스테이션은 습기가 있는 기관에의 다른 화학적 손상을 방지하기 위해 또는 건조를 방지하기 위해 제어된 대기를 제공함으로써 습기가 있는 기관을 처리할 수 있다. 액체 건조 화학물질의 일부는 척 상에 기관을 배치하기 전에, 또는 그 이후에 기관으로부터 드립 (drip) 될 수 있다. 척의 표면 내의 홈 (224) 은 습식 건조 화학물질이 척과 기관 사이의 접촉 표면으로부터 멀리 유동하도록 그리고 감소된 챔버 압력에서 승화 시에 압력 증가를 방지하도록 한다.
- [0022] 건조 화학물질이 냉각된다 (단계 124). 이러한 예에서, 이는 열전 디바이스 (217) 와 후면 냉각 및 가열 시스템 (230) 모두를 이용하여 척을 0℃까지 냉각시킴으로써 달성된다. 건조 화학물질이 냉각되어 고체 화학물질 (210) 을 형성할 때까지, 압력은 약 1 기압으로 유지된다. 이러한 예에서, 냉각은 10 초 내에 일어나는 것으로 확인되었다. 이러한 예에서, 냉각 건조 화학물질은 약 10 초 동안 유지된다.
- [0023] 건조 화학물질이 냉각된 이후에, 고체 건조 화학물질은 기관으로부터 박리된다 (단계 128). 이러한 예에서, 도 2b에 도시된 바와 같이, 기관 (206) 이 척 (208) 위로부터 척 (208) 아래로 이동하도록 척이 180° 회전된다. 이러한 예에서, 이는 제어부 (270) 가 모터 (218) 로 신호를 제공하여 척 (208) 을 회전시키는 액셀 (228) 을 회전시킬 때에 달성된다. 압력이 감소된다. 이러한 예에서, 25 초 내에 3 Torr 내지 0.1 Torr 사이의 압력으로 챔버 (302) 를 펌프 다운하기 위해, 빠른 펌프 다운이 이용된다. 도 2c에 도시된 바와 같이, 압력의 감소 및 다른 인자는 고체 건조 화학물질 (210) 이 기관 (206) 에서 박리되도록 그리고 떨어지도록 유발한다. 고체 건조 화학물질 (210) 이 박리 건조 챔버 (202) 로부터 제거될 수 있도록, 고체 건조 화학물질 (210) 은 고체 건조 화학물질 제거 시스템 (244) 으로 떨어진다.
- [0024] 이러한 예에서, 도 2a에 도시된 바와 같이 척 (208) 은 기관 (206) 을 최상부에 배치하기 위해 원래 위치로 돌아가도록 회전된다. 압력은 건조 질소 같은 습기가 없는 가스를 가지는 대기압 압력으로 돌아가도록 증가한다. 척 온도는 상온으로 상승된다. 척킹 (chucking) 전압을 제거함으로써 정전기력이 기관 (206) 으로부터 제거된다. 기관 (206) 은 박리 건조 챔버 (202) 로부터 제거된다 (단계 136).
- [0025] 대안적인 실시예들
- [0026] 다양한 본 발명의 대안적인 실시예들이 제공될 수 있다. 본 발명의 다른 실시예에서, 다른 건조 화학물질이 이용될 수 있다. 대안적인 화학물질들의 일부는 디메틸설폭사이드 (dimethyl sulfoxide), 시클로헥산 (cyclohexane), 아세트산 (acetic acid), 사염화탄소 (carbon tetrachloride), 이소프로판올 (isopropanol), 디메틸카보네이트 (dimethyl carbonate), 워터 및 이들의 혼합물일 수 있으나, 이로써 제한되지는 않는다. 건조 화학물질이 워터를 포함하지 않는, 시클로헥산을 이용하는 실시예에서, 제어된 대기가 낮은 습기를 가질 수 있다. 이러한 건조 화학물질은 순수한 액체 또는 두 개 이상의 액체의 혼합물일 수 있다. 다른 실시예에서, 습식 프로세싱 액체가 건조 화학물질에 의해 제거될 필요가 없도록, 습식 프로세싱 액체는 건조 화학물질로서 이용될 수 있다.
- [0027] 다른 실시예에서, 건조 화학물질을 이용한 액체의 제거가 박리 건조 챔버 내에서 수행될 수 있다. 이러한 프로세스는 건조 화학물질을 이용한 액체의 제거 동안 기관을 회전시킬 수 있고, 또는 기관을 회전시키지 아니할 수 있다.
- [0028] 다른 실시예에서, 제어된 대기는 낮은 비율의 습기를 포함하는, 또는 습기가 없는 임의의 불활성 가스일 수 있다. Ar 같은, 특정 불활성 가스는 정전기적으로 ESC로부터 웨이퍼를 척킹/디척킹하는데 이점을 가질 수 있다.
- [0029] 다른 실시예에서, 기관이 척 상에 배치되기 이전에 척은 사전 냉각된다. 다른 실시예에서, 진공 또는 기계적 척이 정전 척 대신에 이용된다. 이러한 실시예들은 더 낮은 냉각 시간을 가질 수 있고, 이에 따라 프로세싱 시간을 증가시킬 수 있으나, 다른 이점들을 제공할 수 있다. 다른 실시예에서, 액체 질소 또는 냉각 가스를 쿨다운을 제공하기 위해 기관과 접촉할 수 있다.
- [0030] 기계적 펌프, 초저온 펌프, 및/또는 터보 분자 펌프 같은, 다양한 상이한 디바이스가 챔버 진공을 달성하는데

이용될 수 있다. 목표된 챔버 압력을 유지하기 위해, Ar, He, 또는 N₂ 같은 불활성 가스가 제어된 유량으로 챔버에 공급될 수 있다. 대안적인 실시예에서, 가스가 목표된 챔버 압력을 유지하기 위해 공급되지 아니한다. 바람직하게는, 챔버 압력은 5 mTorr 미만으로 유지된다. 후면 냉각 또는 가열을 목적으로, 이들로 제한되지는 아니하는, He 또는 Ar 같은 불활성 가스가 균일한 그리고 효율적인 열 전달을 웨이퍼에 제공하기 위해 바람직하게는 1 Torr 내지 40 Torr의 범위의 압력에서 정전기적으로 척킹된 웨이퍼의 후면으로 공급된다.

- [0031] 대안적인 실시예에서, 기관의 냉각 및/또는 가열이 하나 이상의 칠러 또는 열전 유닛을 이용하는 칠러(chiller) 시스템에 의해 달성될 수 있다. 리프팅 핀이 척 밖으로 기관을 들어올리는데 이용될 수 있다.
- [0032] 고체 건조 화학물질의 제거가 완료된 이후의 일 실시예에서, 웨이퍼/ESC가 2차 건조를 위한 건조 화학물질의 녹는 점 위의 또는 그 근처의 온도로 가열될 수 있다.
- [0033] 다양한 실시예들에서, 기관의 제거 동안, 챔버 압력이, 이들로 제한되지는 아니하는, N₂, Ar, 또는 He 같은 불활성 가스의 도입에 의해 760 Torr로 증가할 수 있다. 웨이퍼는 ESC로부터 벗어나며, 임의의 웨이퍼 후면 가스 유동이 차단된다. 웨이퍼는 이후에 챔버로부터 제거된다.
- [0034] 본 발명의 다른 실시예에서, 복수의 기관이 단일 건조 챔버 내에서 동시에 프로세싱 되도록 각 ESC가 기관을 홀딩하는, 복수의 ESC들이 있다. ESC들은 단일 평면 내에 있을 수 있고, 또는 적층될 수 있다.
- [0035] 낮은 중형비의 구조물의 붕괴를 감소시키면서, 박리가 건조 화학물질을 제거하는데 이용될 수 있다는 것이 예기치않게 발견되었다. 박리를 이용하는 실시예들은 고체 건조 화학물질이 제거되도록 할 수 있고, 이는 승화 또는 증발보다 빠르다. 고체 건조 화학물질을 챔버로부터 제거하는 실시예들은 승화 및 증발 제거를 위해 더 적은 에너지를 필요로 한다.
- [0036] 다른 실시예들은 박리된 고체 건조 화학물질을 제거하기 위한 방법 또는 장치를 이용할 수 있다. 기계적 아암 또는 서터 또는 진공 시스템이 박리된 고체 건조 화학물질을 기계적으로 제거하는데 이용될 수 있다. 다양한 실험에서, 박리는, 기관이 척 위에 있을 때에 그리고 고체 건조 화학물질이 기관의 최상부에 있을 때에도 몇 인치들의 거리 만큼 고체 건조 화학물질이 기관 밖으로 배출되도록 유발한다.
- [0037] 본 발명의 다른 실시예에서, 높은 중형비의 비아들이 에칭 층 내에 형성된다. 금속 구조물은 비아들 내에 형성된다. 습식 에칭이 캐패시터로서 이용될 수 있는 금속 구조물을 남기면서 잔류 에칭 층을 제거하는데 이용된다. 본 발명의 실시예들은 구조물이 붕괴되는 것을 방지하기 위해 금속 구조물을 건조하는데 이용될 수 있다.
- [0038] 본 발명의 다른 실시예들은 포토레지스트 붕괴를 방지하는데 이용될 수 있다. 본 발명의 다른 실시예들은 높은 중형비의 피처를 가지지 아니하는 웨이퍼 상에 세정 프로세스를 제공한다.
- [0039] 다양한 실험들은 1%보다 적은 붕괴 손상을 가지는 박리를 이용하는 실시예들을 발견하였다. 다양한 실험들은 박리를 이용하는 실시예들이 증발 또는 승화를 이용하는 프로세스보다 더 적은 잔류물을 가진다는 것을 발견하였다. 잔류물이 고체 건조 화학물질 내에서 제거된다는 것이 기대된다. 다양한 실험들은, 실시예들이, 승화 건조 동안 관찰되었던 문제, 큰 피처 어레이의 에지에 위치되는 구조물에 대한 붕괴를 제거했다는 것을 발견하였다. 다양한 실험들은 박리를 유발하기 위해 챔버를 펌프 다운하는 속도가 손상을 증가시키거나 감소시키지 않는다는 것을 발견하였다. 이는 빠른 펌프 속도를 가능하게 하여 더 빠른 생산을 제공한다. 다양한 실험들은 또한 고체 건조 화학물질의 냉동 홀딩 시간이 박리 손상에 영향을 미치지 않고, 이는 짧은 홀딩 시간 및 더 빠른 생산을 허용하는 것을 발견하였다. 다양한 실험들은 건조 화학물질 볼륨의 증가가 박리를 허용하기 위해 압력의 감소를 요구한다는 것을 발견하였다. 이러한 실험들은 고체 건조 화학물질이 기관의 최상부에 있을 때에 수행되었다. 따라서, 고체 건조 화학물질이 기관의 최상부에 있을 때에, 건조 화학물질의 더 낮은 볼륨은 더 빠른 박리를 허용한다. 고체 건조 화학물질의 더 높은 볼륨은, 더 큰 힘을 제공하여 더 큰 중량의 고체 건조 화학물질을 박리하기 위해 더 많은 펌프 다운을 필요로 하는 더 큰 중량을 생성한다고 여겨진다. 이것이 옳다면, 건조 화학물질이 기관 아래에 있도록 기관이 반전될 때에, 더 적은 펌프 다운이 더 높은 볼륨의 건조 화학물질의 박리를 제공할 필요가 있을 수 있다. 다양한 실험들은 건조 화학물질의 너무 낮은 볼륨 붕괴를 증가시킬 수 있다는 것을 발견하였다. 따라서, 일부 실시예들은 최적화된 건조 화학물질의 볼륨을 이용할 것이다.
- [0040] 다양한 실험예들로부터, 일부 건조 화학물질에 대해, 박리에 이용되는 냉각 온도가 냉각 건조에 이용되는 냉각 온도보다 현저하게 더 높다는 것을 발견하였다. 예를 들어, 건조 화학물질로서 3급-부탄올을 이용하는 박리 건조 동안, 건조 화학물질이 약 0°C로 냉각되나, 냉각 건조 동안, 건조 화학물질이 -20°C보다 더 낮게 냉각된다.

따라서, 박리 건조는 큰 온도 변화를 필요로 하지 아니하며, 이는 더 빠른 프로세스 및 감소된 시스템 요건을 가능하게 한다.

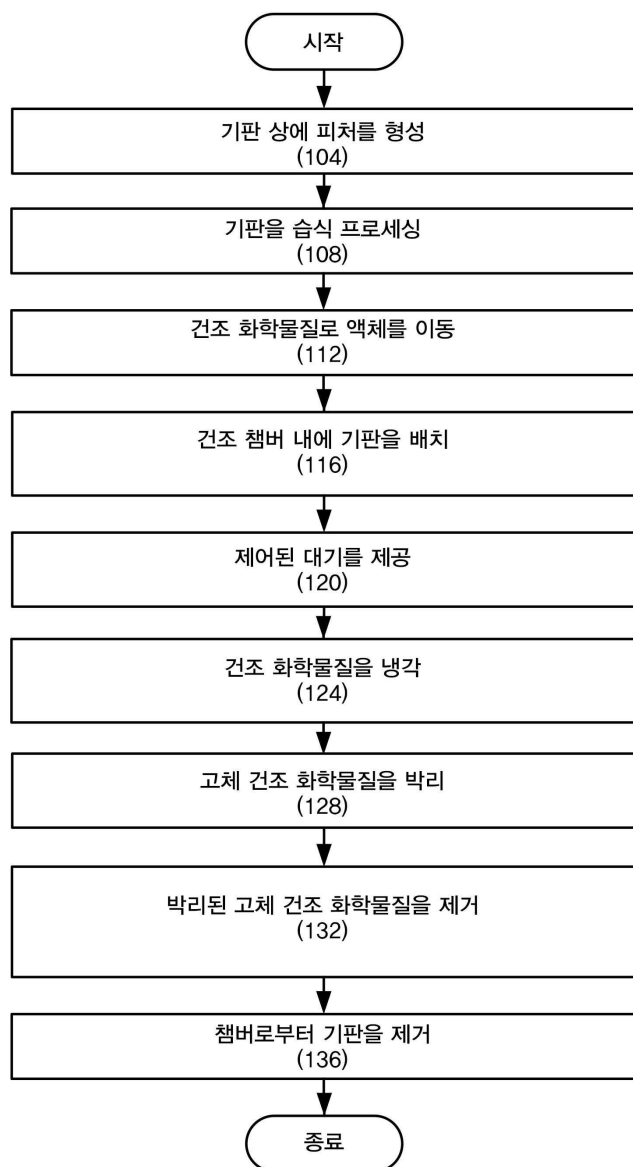
[0041] 다양한 실시예들은 높은 종횡비의 피처의 특정 브레이싱에 대한 필요를 제거하며, 이는 전체 프로세스 복잡성 및 비용을 감소시킨다. 이러한 실시예들은 모든 형태의 미세전자 구조 (topography) 에 적용될 수 있고, 반면에 브레이싱은 매우 특정한 어플리케이션으로 제한된다.

[0042] 본 발명의 실시예들이 고체 건조 화학물질과 기판 사이에 승화에 관한 얇은 층을 제공한다고 여겨진다. 이러한 승화가 균일하지 아니하다면, 박리는 역행 (retrograde) 표면을 가지는 피처와 함께 작동할 수 있다.

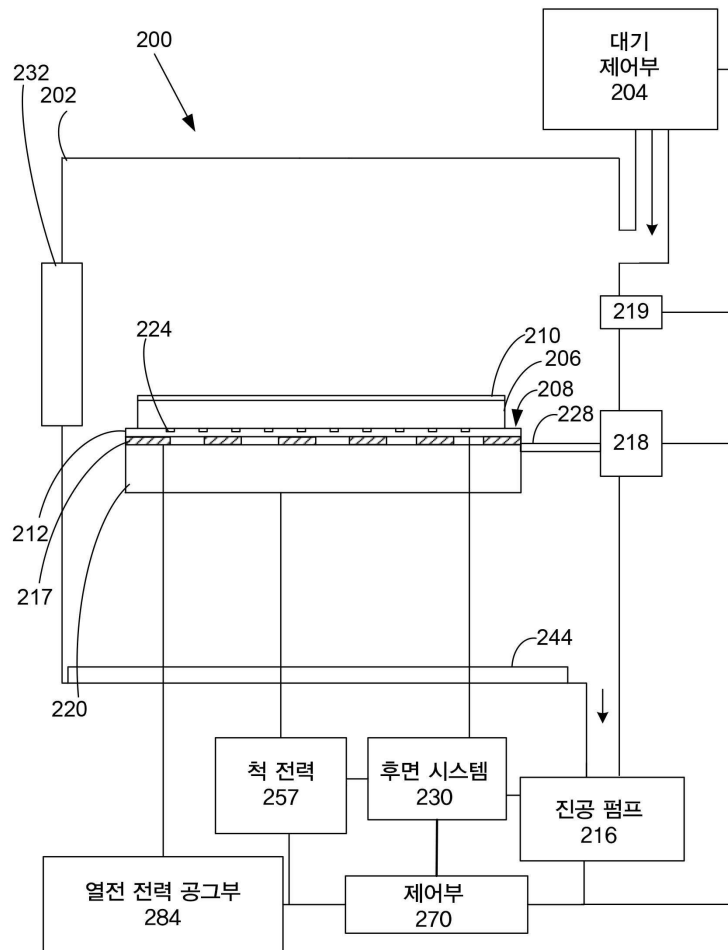
[0043] 본 발명이 여러 바람직한 실시예들에 관해 설명되었으나, 본 발명의 목적범위 내에 있는 대안예, 수정예 및 다양한 대체 등가물이 있을 것이다. 또한, 본 발명의 방법 및 장치를 구현하는 많은 대안적인 방법이 있다는 것을 유념해야 한다. 따라서, 이하의 첨부된 특허청구범위가, 본 발명의 진정한 정신 및 목적범위 내에 있는 모든 위와 같은 대안예, 수정예, 및 다양한 대체 등가물을 포함하는 것으로 해석되리라 기대한다.

도면

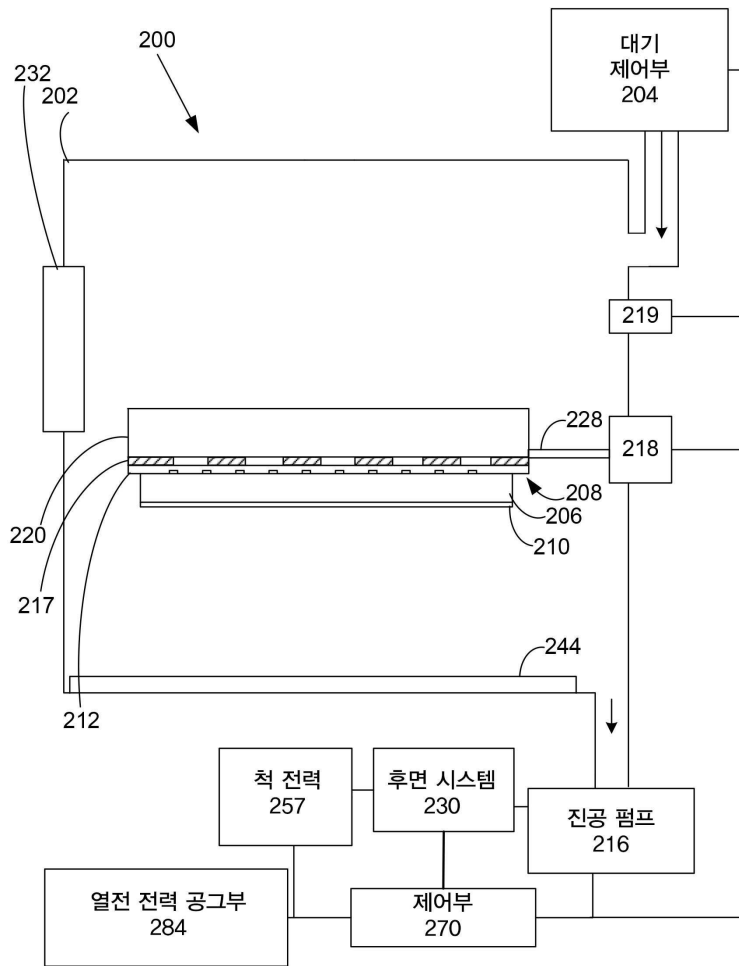
도면1



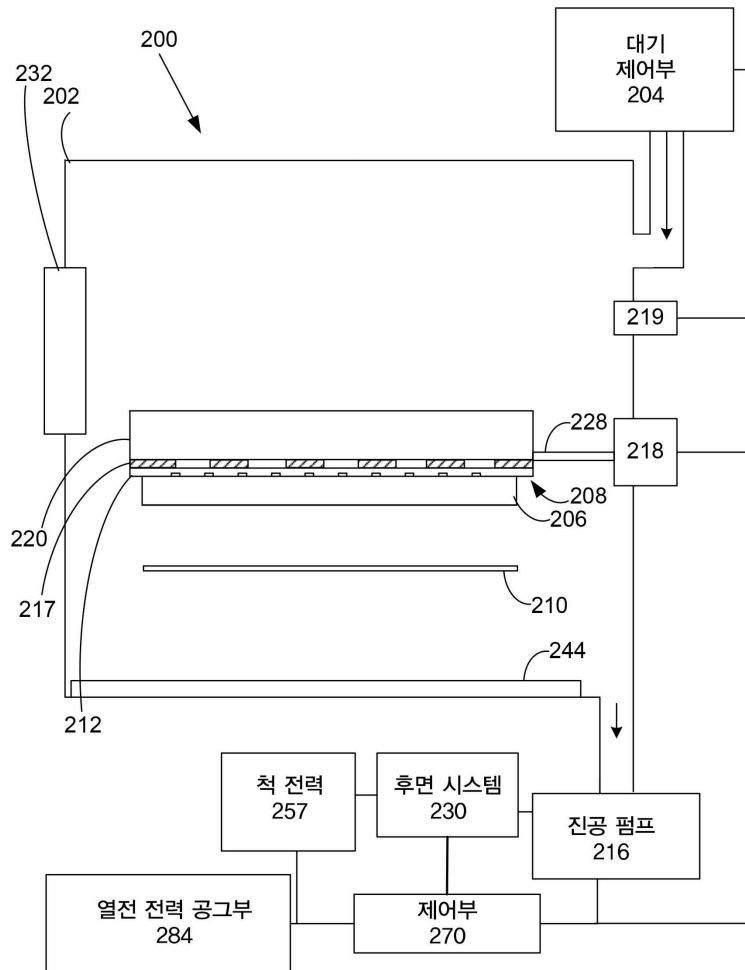
도면2a



도면2b



도면2c



도면3

