



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2016년09월26일  
(11) 등록번호 10-1660075  
(24) 등록일자 2016년09월20일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
H01L 21/302 (2006.01)  
(21) 출원번호 10-2011-7030247  
(22) 출원일자(국제) 2010년05월28일  
심사청구일자 2015년05월27일  
(85) 번역문제출일자 2011년12월16일  
(65) 공개번호 10-2012-0036864  
(43) 공개일자 2012년04월18일  
(86) 국제출원번호 PCT/US2010/036754  
(87) 국제공개번호 WO 2010/147752  
국제공개일자 2010년12월23일  
(30) 우선권주장  
12/485,733 2009년06월16일 미국(US)  
(56) 선행기술조사문헌  
KR1020050119177 A  
JP2007150375 A

(73) 특허권자  
램 리써치 코포레이션  
미국 94538 캘리포니아주 프레몬트 쿠싱 파크웨이  
4650  
(72) 발명자  
가와구치 마크  
미국 94087 캘리포니아주 쉐니베일 사우스 매리  
애비뉴 823  
무이 데이비드  
미국 94539 캘리포니아주 프레몬트 아칸소 플레이  
스 48472  
윌콕슨 마크  
미국 94611 캘리포니아주 오클랜드 콜튼 볼러바드  
6942  
(74) 대리인  
특허법인인벤투스

전체 청구항 수 : 총 22 항

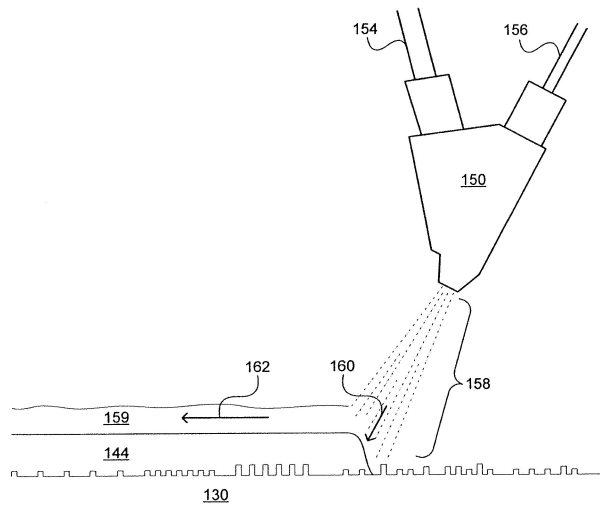
심사관 : 박성호

(54) 발명의 명칭 파티클 오염 제거 방법

(57) 요약

고체 표면으로부터 파티클 오염들을 제거하는 장치 및 방법들은 고체 표면 상에 점탄성 재료의 층을 제공하는 것을 포함한다. 점탄성 재료는 박막으로서 도포되고 실질적으로 액상 특성들을 발현한다. 점탄성 재료는 파티클 오염들과 적어도 부분적으로 결합한다. 고속 액체가 점탄성 재료에 공급되어, 점탄성 재료가 고상 거동을 발현한다. 이에 따라, 점탄성 재료가 파티클 오염들과 함께 고체 표면으로부터 제거되어, 파티클 오염들의 고체 표면을 세정한다.

대표도 - 도5



## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

반도체 웨이퍼의 표면으로부터 파티클 오염들을 제거하는 방법으로서,

상기 반도체 웨이퍼를 지지하는 단계;

상기 반도체 웨이퍼의 표면에 점탄성 재료를 도포하는 단계로서, 상기 점탄성 재료는 액상 (liquid-like) 거동을 발현하며 상기 반도체 웨이퍼의 표면 상에 상주할 때의 상기 파티클 오염들에 적어도 부분적으로 결합하는, 상기 점탄성 재료를 도포하는 단계;

캐리어 가스에 액체를 혼합함으로써 상기 액체를 미리 정해진 속도로 가속화하는 단계로서, 상기 캐리어 가스의 체적 유량 (volumetric flow rate) 이 상기 액체의 체적 유량보다 더 큰, 상기 액체를 미리 정해진 속도로 가속화하는 단계; 및

상기 가속화된 액체를 상기 도포된 점탄성 재료에 공급하는 단계를 포함하고,

상기 도포된 점탄성 재료는 미리 정해진 속도에서의 상기 액체의 공급 하에서 고상 (solid-like) 거동을 발현하고,

상기 도포된 점탄성 재료는 미리 정해진 속도에서의 상기 액체의 공급 하에서 상기 반도체 웨이퍼의 표면으로부터 제거되는, 반도체 웨이퍼의 표면으로부터 파티클 오염들을 제거하는 방법.

#### 청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 미리 정해진 속도는 1 내지 1000 m/s 의 범위인, 반도체 웨이퍼의 표면으로부터 파티클 오염들을 제거하는 방법.

#### 청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 점탄성 재료는 폴리머 화합물을 포함하는, 반도체 웨이퍼의 표면으로부터 파티클 오염들을 제거하는 방법.

#### 청구항 4

제 3 항에 있어서,

상기 캐리어 가스는 질소 또는 다른 비활성 가스를 포함하는, 반도체 웨이퍼의 표면으로부터 파티클 오염들을 제거하는 방법.

#### 청구항 5

제 4 항에 있어서,

상기 액체는 탈이온수를 포함하는, 반도체 웨이퍼의 표면으로부터 파티클 오염들을 제거하는 방법.

#### 청구항 6

제 1 항에 있어서,

상기 점탄성 재료를 도포하는 단계는,

액체를 캐리어 가스에 혼합함으로써 상기 점탄성 재료를 미리 정해진 속도로 가속화하는 단계를 더 포함하고,

상기 캐리어 가스의 체적 유량은 상기 점탄성 재료의 체적 유량보다 더 큰, 반도체 웨이퍼의 표면으로부터 파티클 오염들을 제거하는 방법.

## 청구항 7

제 6 항에 있어서,

상기 점탄성 재료의 분자량 분포를 제어함으로써 상기 반도체 웨이퍼에 대한 손상을 회피하는 단계를 더 포함하는, 반도체 웨이퍼의 표면으로부터 파티클 오염들을 제거하는 방법.

## 청구항 8

반도체 웨이퍼의 표면으로부터 파티클 오염들을 제거하는 시스템으로서,

상기 반도체 웨이퍼를 유지하기 (hold) 위한 회전가능한 지지체;

상기 반도체 웨이퍼의 표면에 점탄성 재료를 도포하기 위한 도포기로서, 상기 점탄성 재료는 액상 (liquid-like) 거동을 발현하며 상기 반도체 웨이퍼의 표면 상에 상주할 때의 상기 파티클 오염들에 적어도 부분적으로 결합하는, 상기 도포기; 및

상기 도포된 점탄성 재료에 액체를 미리 정해진 속도로 공급하기 위한 스프레이 제트로서, 상기 스프레이 제트는 상기 액체를 미리 정해진 속도로 가속화하기 위해 캐리어 가스를 사용하며, 상기 캐리어 가스의 체적 유량 (volumetric flow rate) 이 상기 액체의 체적 유량보다 더 큰, 상기 스프레이 제트를 포함하고,

상기 도포된 점탄성 재료는 미리 정해진 속도에서의 상기 액체의 공급 하에서 고상 (solid-like) 거동을 발현하고,

상기 도포된 점탄성 재료는 미리 정해진 속도에서의 상기 액체의 공급 하에서 상기 반도체 웨이퍼의 표면으로부터 제거되는, 반도체 웨이퍼의 표면으로부터 파티클 오염들을 제거하는 시스템.

## 청구항 9

제 8 항에 있어서,

상기 미리 정해진 속도는 1 내지 1000 m/s 의 범위인, 반도체 웨이퍼의 표면으로부터 파티클 오염들을 제거하는 시스템.

## 청구항 10

제 8 항에 있어서,

상기 점탄성 재료는 폴리머 화합물을 포함하는, 반도체 웨이퍼의 표면으로부터 파티클 오염들을 제거하는 시스템.

## 청구항 11

제 10 항에 있어서,

상기 캐리어 가스는 질소 또는 다른 비활성 가스인, 반도체 웨이퍼의 표면으로부터 파티클 오염들을 제거하는 시스템.

## 청구항 12

제 11 항에 있어서,

상기 액체는 탈이온수인, 반도체 웨이퍼의 표면으로부터 파티클 오염들을 제거하는 시스템.

## 청구항 13

제 8 항에 있어서,

상기 회전가능한 지지체는 상기 점탄성 재료의 도포 동안 미리 정해진 스피드 보다 낮은 스피드로 회전하고, 미리 정해진 속도에서의 상기 액체의 공급 동안 미리 정해진 스피드 보다 높은 스피드로 회전하도록 구성된, 반도체 웨이퍼의 표면으로부터 파티클 오염들을 제거하는 시스템.

## 청구항 14

제 13 항에 있어서,

상기 미리 정해진 스피드 보다 낮은 스피드는 1 내지 100 rpm (revolutions per minute) 의 범위이고, 상기 미리 정해진 스피드 보다 높은 스피드는 10 내지 1000 rpm 의 범위인, 반도체 웨이퍼의 표면으로부터 파티클 오염들을 제거하는 시스템.

#### 청구항 15

제 8 항에 있어서,

상기 스프레이 제트는 상기 반도체 웨이퍼의 중앙에 근접한 위치로부터 상기 반도체 웨이퍼의 에지에 근접한 위치까지 이동하도록 구성된, 반도체 웨이퍼의 표면으로부터 파티클 오염들을 제거하는 시스템.

#### 청구항 16

제 8 항에 있어서,

상기 도포기는, 상기 점탄성 재료를 미리 정해진 속도로 공급하기 위한 스프레이 제트를 더 포함하고,

상기 스프레이 제트는 상기 점탄성 재료를 미리 정해진 속도로 가속화하기 위해 캐리어 가스를 사용하며,

상기 캐리어 가스의 체적 유량은 상기 점탄성 재료의 체적 유량보다 더 큰, 반도체 웨이퍼의 표면으로부터 파티클 오염들을 제거하는 시스템.

#### 청구항 17

반도체 웨이퍼의 표면으로부터 파티클 오염들을 제거하는 시스템으로서,

상기 반도체 웨이퍼를 유지하며 선형 방식으로 이동하도록 구성된 캐리어;

상기 반도체 웨이퍼의 표면에 점탄성 재료를 도포하기 위한 도포기로서, 상기 점탄성 재료는 액상 (liquid-like) 거동을 나타내며 상기 반도체 웨이퍼의 표면 상에 상주할 때의 상기 파티클 오염들에 적어도 부분적으로 결합하며, 상기 도포기는 상기 반도체 웨이퍼의 직경 이상의 폭에 걸쳐 상기 점탄성 재료를 동시에 도포하도록 구성된 도포기 노즐들의 선형 어레이를 포함하는, 상기 도포기; 및

상기 도포된 점탄성 재료에 액체를 미리 정해진 속도로 공급하기 위한 스프레이 제트로서, 상기 스프레이 제트는 상기 액체를 미리 정해진 속도로 가속화하기 위해 캐리어 가스를 사용하며, 상기 캐리어 가스의 체적 유량 (volumetric flow rate) 이 상기 액체의 체적 유량보다 더 크며, 상기 스프레이 제트는 상기 반도체 웨이퍼의 직경 이상의 폭에 걸쳐 상기 액체를 동시에 공급하도록 구성된 스프레이 제트 노즐들의 선형 어레이를 포함하는, 상기 스프레이 제트를 포함하고,

상기 도포된 점탄성 재료는 미리 정해진 속도에서의 상기 액체의 공급 하에서 고상 (solid-like) 거동을 나타내고,

상기 도포된 점탄성 재료는 미리 정해진 속도에서의 상기 액체의 공급 하에서 상기 반도체 웨이퍼의 표면으로부터 제거되는, 반도체 웨이퍼의 표면으로부터 파티클 오염들을 제거하는 시스템.

#### 청구항 18

제 17 항에 있어서,

상기 미리 정해진 속도는 0.1 내지 10 m/s 의 범위인, 반도체 웨이퍼의 표면으로부터 파티클 오염들을 제거하는 시스템.

#### 청구항 19

제 17 항에 있어서,

상기 점탄성 재료는 폴리머 화합물을 포함하는, 반도체 웨이퍼의 표면으로부터 파티클 오염들을 제거하는 시스템.

#### 청구항 20

제 19 항에 있어서,

상기 캐리어 가스는 질소인, 반도체 웨이퍼의 표면으로부터 파티클 오염들을 제거하는 시스템.

#### 청구항 21

제 20 항에 있어서,

상기 액체는 탈이온수인, 반도체 웨이퍼의 표면으로부터 파티클 오염들을 제거하는 시스템.

#### 청구항 22

제 17 항에 있어서,

상기 도포기 노즐들의 선형 어레이는 복수의 스프레이 제트들을 더 포함하고,

상기 복수의 스프레이 제트들의 각 스프레이 제트는 상기 점탄성 재료를 미리 정해진 속도로 공급하기 위한 것이며, 각 스프레이 제트는 상기 점탄성 재료를 미리 정해진 속도로 가속화하기 위해 캐리어 가스를 사용하며, 상기 캐리어 가스의 체적 유량은 상기 점탄성 재료의 체적 유량보다 더 큰, 반도체 웨이퍼의 표면으로부터 파티클 오염들을 제거하는 시스템.

### 발명의 설명

#### 배경 기술

[0001] 집적 회로, 메모리 셀 등과 같은 반도체 디바이스들의 제조에 있어서, 일련의 제조 동작들이 반도체 웨이퍼들 ("웨이퍼들") 상에 피쳐들을 정의하기 위해 수행된다. 웨이퍼들 (또는 기판들) 은 실리콘 기판 상에 정의된 멀티 레벨 구조의 형태로 집적 회로 디바이스를 포함한다. 기판 레벨에서, 확산 영역들을 갖는 트랜지스터 디바이스들이 형성된다. 후속 레벨들에서, 상호접속 금속화 라인들이 패터닝되고 트랜지스터 디바이스들에 전기적으로 접속되어 원하는 집적 회로 디바이스를 정의한다. 또한, 패터닝된 도전층들은 유전체 재료들에 의해 다른 도전층들과 절연된다.

[0002] 일련의 제조 동작들 동안, 웨이퍼 표면은 다양한 유형의 오염들에 노출된다. 본질적으로, 제조 동작에 존재하는 임의의 재료가 잠재적인 오염원이다. 예를 들어, 오염원은 그 중에서도 공정 가스들, 화학물질들, 퇴적 재료들 및 액체들을 포함할 수 있다. 다양한 오염들은 파티클의 형태로 웨이퍼 표면 상에 퇴적될 수 있다. 파티클 오염이 제거되지 않으면, 오염 부근 내의 디바이스들은 작동될 수 없게 된다. 따라서, 웨이퍼 상에 정의된 피쳐들을 손상시키지 않으면서 실질적으로 완전한 방식으로 웨이퍼 표면으로부터 오염들을 세정하는 것이 필요하다. 그러나, 종종 파티클 오염의 크기가 대략 웨이퍼 상에 제조된 피쳐들의 임계치수이다. 웨이퍼의 피쳐들에 악영향을 미치지 않으면서 이러한 작은 파티클 오염을 제거하는 것은 상당히 어려울 수 있다.

[0003] 종래의 웨이퍼 세정 방법은 웨이퍼 표면으로부터 파티클 오염을 제거하기 위해 기계적인 힘에 크게 의존하고 있다. 피쳐 크기가 지속적으로 감소하고 취약성 (fragile) 이 점점 커짐에 따라, 웨이퍼 표면에 기계적인 힘이 가해지는 것에 의한 피쳐 손상의 가능성은 증가한다. 예를 들어, 높은 중형비를 갖는 피쳐들은 충분한 기계적 힘에 의해 영향을 받을 때 전복 또는 파괴에 취약하다. 세정 문제를 더 복잡하게 하는 것은, 감소된 피쳐 크기로의 이동이 파티클 오염의 크기 감소를 또한 야기한다는 것이다. 충분히 작은 크기의 파티클 오염은 높은 중형비 피쳐들에 의해 둘러싸인 트렌치에서와 같은, 웨이퍼 표면 상의 영역들에 도달하는 것을 어렵게 함을 알 수 있다. 따라서, 최신 반도체 제조 동안 오염들을 효율적이고 손상 없이 제거하는 것이 웨이퍼 세정 기술의 지속적인 발전에 의해 충족되는 지속적인 과제를 나타낸다. 평판 디스플레이들에 대한 제조 동작들은 상술한 집적 회로 제조와 동일한 문제들을 겪고 있음을 알아야 한다.

### 발명의 내용

#### 해결하려는 과제

[0004] 상기의 관점에서, 패터닝된 웨이퍼들 상의 피쳐들을 손상시키지 않고 오염들을 제거하기에 효과적인 패터닝된 웨이퍼들의 세정 장치 및 방법들이 필요하다.

## 과제의 해결 수단

- [0005] 개략적으로, 본 발명은 이러한 필요를 반도체 기관과 같은 고체 기관 상의 점탄성 재료 코팅에 고속 액체가 공급되는 세정 메커니즘을 제공함으로써 충족시킨다. 본 발명은 공정, 장치 또는 시스템으로서 포함하는 다수의 방식으로 구현될 수 있음을 알아야 한다. 이하, 본 발명의 수개의 실시형태들이 설명된다.
- [0006] 일 실시형태에 있어서, 반도체 기관과 같은 고체 표면으로부터 파티클 오염들을 세정하는 방법이 제공된다. 이 방법은 고체 표면을 코팅하도록 점탄성 재료를 도포하는 것을 포함한다. 점탄성 재료는 도포 동안에는 액상 (liquid-like) 거동을 발현하고 고체 표면 상에 상주하는 파티클 오염들과 적어도 부분적으로 결합한다. 탈이온수와 같은 액체가 점탄성 재료 코팅에 고속으로 공급된다. 점탄성 재료에 영향을 주는 고속 액체는 점탄성 재료가 고상 (solid-like) 특성들을 발현하도록 하며, 고체 표면으로부터 점탄성 재료를 제거한다. 점탄성 재료가 고체 표면으로부터 제거될 때, 점탄성 재료와 결합된 파티클 오염들도 또한 제거된다.
- [0007] 다른 실시형태에 있어서, 기관의 고체 표면으로부터 파티클들을 제거하는 파티클 제거 메커니즘이 제공된다. 파티클 제거 메커니즘은 보울 용기 (bowl receptacle) 내에서 기관을 수용하고, 유지하며 (hold) 회전하기 위해 회전가능한 지지체 메커니즘을 포함한다. 점탄성 재료 도포기 메커니즘은 점탄성 세정 재료의 층을 도포하여, 고체 표면 상에 점탄성 재료의 박층을 제공한다. 고체 표면 상의 점탄성 재료에 고속 액체 스프레이를 제공하기 위해 스프레이 제트 메커니즘이 포함되어, 액체 스프레이의 공급 하에서 점탄성 재료가 고상 거동을 발현할 때 점탄성 재료를 제거한다. 기관의 회전으로부터 유발되는 원심력이 고체 표면으로부터 점탄성 재료 및 파티클 오염들과 함께, 액체 런오프 (runoff) 의 제거를 촉진시킨다. 그 결과 기관 상에 형성된 피쳐들을 보존하면서 고체 표면이 실질적으로 세정된다.
- [0008] 다른 실시형태에 있어서, 파티클 오염들의 고체 표면을 세정하는 파티클 제거 메커니즘이 제공된다. 파티클 제거 메커니즘은 세정되는 고체 표면을 유지하기 위한 캐리어 메커니즘, 디스펜스 어레이, 스프레이 제트 어레이 및 린스 어레이를 포함한다. 캐리어 메커니즘은 일축을 따라 고체 표면을 수용하고 유지하며 이동하도록 구성된다. 디스펜스 어레이는 고체 표면에 코팅으로서 점탄성 재료를 공급하도록 구성된다. 스프레이 제트 어레이는 고체 표면 상에 도포된 점탄성 재료의 코팅에 고속 액체 스프레이를 공급하도록 구성된다. 점탄성 재료로의 액체 스프레이의 공급은 점탄성 재료가 고상 거동을 발현하게 함으로써, 고체 표면으로부터 점탄성 재료의 탈착을 용이하게 한다. 린스 어레이는 린스 메니스커스로서 액체 화학물질을 제공하고 고체 표면으로부터 액체 화학물질과 임의의 점탄성 재료를 제거하도록 구성된다.
- [0009] 점탄성 재료의 고상 특성에 접근함으로써, 실질적으로 청결한 고체 표면을 남기면서 점탄성 재료가 용이하게 "박리" 될 수 있다. 이 공정은 점탄성 재료의 완전한 제거를 허용함으로써, 세정 공정 동안 남겨지는 오염량을 감소시킨다. 본 발명의 실시형태들은 고체 표면에 도포될 때 점탄성 재료의 액상 특성을 이용하고, 고체 표면으로부터 제거될 때 고상 특성을 이용한다. 액상 특성은 작은 영역에 도달하는 능력을 제공하는데 반해 고상 특성은 점탄성 재료와 결합된 오염 파티클들과 함께 고체 표면으로부터 점탄성 재료의 용이하고 완전한 제거를 가능하게 하여, 고체 표면 세정 기술을 매우 단순하고, 효과적이며 효율적이게 한다. 부가적으로, 점탄성 재료가 고상 특성들을 레버리징 (leveraging) 함으로써 아주 충분히 제거되기 때문에, 잔류 오염들 또는 스फट팅 (sopitting) 과 같은 액체 화학물질들에 대한 불완전하거나 비효율적인 제거와 연관된 문제점들이 제거되어 세정 기술을 보다 효과적이게 한다.
- [0010] 본 발명의 다른 양태 및 이점들은 본 발명의 원리를 예시로서 도시하는 첨부 도면들과 함께 취해지는 다음의 상세한 설명으로부터 명백해지게 된다.

## 도면의 간단한 설명

- [0011] 본 발명은 첨부 도면들과 함께 다음의 상세한 설명에 의해 쉽게 이해될 것이다. 설명을 용이하게 하기 위해, 동일한 참조 번호는 동일한 구조의 엘리먼트들을 지칭한다.
- 도 1은 본 발명의 일 실시형태에 따른 반도체 웨이퍼 표면으로부터 파티클 오염들을 제거하는 시스템을 도시한다.
- 도 2는 본 발명의 일 실시형태에 따른 스프레이 제트의 측면도를 도시한다.
- 도 3a 및 도 3b는 본 발명의 일 실시예에 따른 반도체 웨이퍼 표면으로부터 파티클 오염들을 제거하는 시스템을 도시한다.

도 4는 본 발명의 일 실시형태에 따라 점탄성 재료로 코팅된 반도체 기관 표면의 단면도를 도시한다.

도 5는 본 발명의 일 실시형태에 따라 점탄성 재료 코팅에 액체를 공급하는 스프레이 제트를 도시한다.

도 6은 본 발명의 일 실시형태에 따른 파티클 제거 효율 대 에너지를 나타내는 그래프를 도시한다.

도 7a는 본 발명의 일 실시형태에 따라 고체 표면으로부터 파티클 오염들을 제거하는 시스템의 상면도를 도시한다.

도 7b는 본 발명의 일 실시형태에 따라 고체 표면으로부터 파티클 오염들을 제거하는 시스템의 상면도를 도시한다.

도 7c는 본 발명의 일 실시형태에 따라 고체 표면으로부터 파티클 오염들을 제거하는 시스템의 상면도를 도시한다.

도 8은 본 발명의 일 실시형태에 따라 고체 표면으로부터 파티클 오염들을 제거하는 시스템의 상면도를 도시한다.

도 9a는 본 발명의 일 실시형태에 따라 고체 표면으로부터 파티클 오염들을 제거하는 시스템의 사시도를 도시한다.

도 9b는 본 발명의 일 실시형태에 따라 고체 표면으로부터 파티클 오염들을 제거하는 시스템의 상면도를 도시한다.

도 10a는 본 발명의 일 실시형태에 따라 고체 표면으로부터 파티클 오염들을 제거하는 시스템의 단면도를 도시한다.

도 10b는 본 발명의 일 실시형태에 따라 고체 표면으로부터 파티클 오염들을 제거하는 시스템의 단면도를 도시한다.

도 11a 및 도 11b는 본 발명의 일 실시형태에 따른 도포기 및 스프레이 제트 어레이들의 사시도를 도시한다.

도 11c는 본 발명의 일 실시형태에 따른 스프레이 제트 어레이의 단면도를 도시한다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0012] 이제, 고체 표면으로부터 파티클 오염들을 효과적으로 제거하기 위한 수개의 실시형태들이 설명된다. 그러나, 본 발명이 이들 특정 상세들의 일부 또는 전부 없이도 실시될 수 있음은 당업자에게 자명하다. 다른 예시에 있어서, 본 발명을 불필요하게 모호하게 하지 않기 위해 주어진 공정 동작들은 상세하게 설명되지 않는다.

[0013] 본 발명의 실시형태들은 점탄성 재료를 사용하며 이 점탄성 재료에 액체를 고속으로 공급하기 위해 스프레이 제트를 제공하여 고체 표면을 세정하는 파티클 제거 메커니즘을 제공한다. 점탄성 재료의 화학적 구조가 파티클 오염들과 적어도 부분적인 결합 또는 상호작용을 허용하여 파티클 오염들이 고체 표면으로부터 제거될 수 있도록 점탄성 재료가 선택된다. 점탄성 재료는 액체로서 고체 표면에 도포되지만, 고속 액체에 의해 가해지는 힘의 지속 시간이 점탄성 재료의 완화의 고유 특성 시간보다 짧아서 점탄성 재료의 고상 특성들에 접근한다. 이에 의해, 점탄성 재료가 고상 특성들을 여전히 발현하면서 고체 표면으로부터 파티클들과 함께 즉시 제거되어 실질적으로 청결한 고체 표면을 야기한다. 점탄성 재료의 고상 특성들은 파티클 오염들의 용이하고 완전한 제거를 가능하게 한다.

[0014] 본 발명의 실시형태들은 점탄성 세정 매체의 고상 특성들을 유도하고 레버리징함으로써, 반도체들에 대한 실리콘 기관들, 평판 디스플레이들, 태양 전지 또는 이미징 센서 애플리케이션 표면들과 같은 고체 표면들로부터 파티클들을 제거하는데 효과적이고 효율적인 메커니즘을 제공한다. 점탄성 재료의 탄성 또는 고상 거동의 이용은 피쳐들을 손상시키지 않으면서 재료의 용이한 제거를 가능하게 함으로써, 반도체 기관과 같은 고체 표면에 형성된 전자 디바이스들 (예를 들어, 반도체 디바이스들)의 수율을 증가시킨다. 실시형태들은 점탄성 재료의 액상 특성들 및 고상 특성들 모두를 이용한다. 액상 특성들은 파티클 오염들을 함유할 수 있는 기관의 도달하기 어려운 영역들에 점탄성 재료가 용이하게 분배되고 접근할 수 있게 함으로써, 실질적으로 청결한 고체 표면을 보장한다. 고상 특성들은 재료의 용이한 제거를 가능하게 하여 실질적으로 청결한 고체 표면을 야기한다. 제조 시 사용되는 화학물질 및 세정 공정들에 의해 기관 상에 많은 오염들은 남겨진다는 것은 종래에 잘 알려져 있다. 그러나, 점탄성 세정 재료의 고상 특성들을 이용함으로써, 실시형태들은 점탄성 재료의 완전한 제거를 보장하여 세정 공정에 의해 남겨지는 점탄성 재료 자체와 같은 오염들의 양을 현저하게 감소



시킨다. 이로써, 실시형태들은 효과적이고 효율적인 세정 공정을 제공한다.

[0015] 점탄성 재료 디스펜스 공정 동안, 점탄성 재료 디스펜스 공정과 린스 공정 사이, 린스 공정 동안 또는 이들 공정들의 조합에서, (예를 들어, 스프레이 제트를 통해) 외부 힘이 빠르게 가해질 수 있음을 유의해야 한다. 본 실시형태들의 파티클 제거 개념은, 힘이 가해지는 시간이 재료의 완화의 고유 특성 시간보다 적을 때 발생하는, 점탄성 재료의 탄성 또는 고상 거동에 영향을 미친다. 힘은 점탄성 재료가 완화하고 이에 따라 액상 특성들을 발현하는 것을 방지하도록 충분히 빠르다. 대신, 힘은 점탄성 재료에서의 탄성 또는 고상 거동을 촉진시킨다. 점탄성 재료에서 탄성 거동이 우세할 때, 점탄성 재료로부터 고체 표면 상의 파티클 오염으로 전달되는 힘은, 점성형 거동이 우세한 경우보다 실질적으로 더 크다. 그 결과는 파티클-표면 부착 (particle-to-surface adhesion) 을 효율적으로 극복하고 고체 표면으로부터 파티클들을 성공적으로 탈착하는데 적은 힘이 필요하다는 것이다. 일단 파티클-표면 부착이 극복되면, 린스 공정은 고체 표면으로부터 파티클과 함께 점탄성 재료를 제거한다. 알 수 있는 바와 같이, 파티클 제거는 점탄성 재료의 디스펜스 후 그러나 린스 공정의 완료 전에 언제든지 일어날 수 있다.

[0016] 점탄성 재료는 점탄성 재료와 연관된 화학적 구조가 파티클과 적어도 부분적인 결합 또는 상호 작용을 가능하게 하도록 선택된다. 일부 실시형태들에 있어서, 점탄성 재료는 긴 사슬 폴리머일 수 있다. 점탄성 재료에 빠른 힘이 가해질 때, 긴 폴리머 사슬들에서의 폴리머들과 같은 화합물들은 재배열되어, 고체 표면으로부터 점탄성 재료가 용이하게 박리될 수 있도록 고상 특성들을 발현하는 구조들을 형성한다. 점탄성 재료는 긴 사슬 폴리머들에 한정되지 않지만, 현탁액들, 연충형 미셀들 (worm-like micelles), 계면활성제들, 자기/전기 유동 용액들 (magneto/electro-rheological solutions) 및 고무들, 젤들 및 접착제들과 같은 다른 점탄성 재료 및 이들 재료들의 조합물을 포함할 수 있다.

[0017] 점탄성 세정 재료의 고상 특성들에 접근하기 위해 빠른 힘을 가하는 것에 대한 상기의 일반적인 이해를 가지고, 이제 본 발명의 상이한 실시형태들이 다양한 도면들을 참조하여 상세하게 설명된다.

[0018] 도 1은 본 발명의 일 실시형태에 따라 반도체 웨이퍼 표면으로부터 파티클 오염들을 제거하는 시스템을 도시한다. 보울 (10) 은 웨이퍼 (30) 를 수용하는 챔버 (12) 를 정의한다. 웨이퍼 (30) 는 지지체 (20) 에 의해 안전하게 유지된다. 지지체 (20) 는 챔버 (12) 내부로 연장하는 샤프트 (22) 뿐만 아니라 샤프트 (22) 로부터 연장하는 복수의 암들 (24) 을 포함한다. 샤프트의 회전은 전기 모터 (미도시) 와 같은 종래 알려진 메커니즘에 의해 영향을 받는다. 복수의 암들은 웨이퍼를 고정하는데 필요한 것으로서 3개 이상의 암들을 포함할 수 있다. 패드들 (26) 은 암들 (24) 의 단부들에 부착되어, 웨이퍼 (30) 의 에지와 콘택하는 그림 표면들을 제공한다. 일 실시형태에 있어서, 패드들 (26) 은 정적 물러들을 포함한다. 다른 실시형태들에 있어서, 패드들 (26) 이 웨이퍼 (30) 를 안전하게 그림한다면, 패드들 (26) 은 상이한 형태들 및 재료들을 포함할 수 있다. 스프레이 제트 (50) 는 웨이퍼 (30) 에 액체를 고속으로 공급하도록 구성된다. 스프레이 제트 (50) 는 웨이퍼 (30) 의 표면에 걸쳐 스프레이 제트 (50) 를 이동하도록 구성된 암 (40) 에 부착된다. 일 실시형태에 있어서, 암 (40) 은 웨이퍼의 중앙에 근접한 위치로부터 웨이퍼의 에지에 근접한 위치까지 스프레이 제트를 이동시키도록 구성된다. 스프레이 제트가 웨이퍼 (30) 의 표면에 액체를 공급할 때, 웨이퍼의 회전은 웨이퍼의 에지 쪽으로 액체를 이동시켜 결국 보울 (10) 내부로 웨이퍼의 플로우 오프를 야기시킨다. 그 후, 액체는 폐기 또는 재활용을 위해 채널링될 수 있다. 본 발명의 일 실시형태에 있어서, 스프레이 제트 (50) 는 액체 스프레이가 대략 수직 각도로 웨이퍼 (30) 의 표면을 스트라이크하도록 각을 이루어 위치된다. 본 발명의 다른 실시형태에 있어서, 스프레이 제트 (50) 는 다양한 각도로 구성되어, 액체 스프레이가 다양한 입사 각도로 웨이퍼 (30) 의 표면을 스트라이크한다. 일 실시형태에 있어서, 입사 각도는 액체 스프레이가 웨이퍼 (30) 의 에지를 향해 각을 이루도록 배향되어, 웨이퍼 (30) 로부터 액체의 제거를 돕는다.

[0019] 도 2는 본 발명의 일 실시형태에 따른 스프레이 제트 (50) 의 측면도를 도시한다. 스프레이 제트 (50) 는 캐리어 가스를 수용하는 캐리어 가스 입력 (52) 및 액체를 수용하는 액체 입력 (54) 을 포함한다. 액체는 캐리어 가스와 결합되며 스프레이 제트 노즐 (56) 을 통해 토출되어, 액체 스프레이 (58) 를 형성한다. 캐리어 가스의 체적 유량 (volumetric flow rate) 이 액체의 체적 유량보다 실질적으로 더 커서, 캐리어 가스에 액체를 도입하는 것에 의해 비교적 소량의 액체가 고속으로 가속화될 수 있다. 스프레이 제트에서의 캐리어 가스와 액체의 결합을 위한 특정 메커니즘은 종래에 알려져 있다. 캐리어 가스는 임의의 적절한 가스일 수 있으며, 질소와 같은 비활성 가스인 것이 바람직하며; 액체는 탈이온수와 같은 세정에 적합한 임의의 액체일 수 있다. 이로써, 스프레이 제트 (50) 는 세정 목적을 위해 고속 액체 스프레이 (58) 를 생성한다. 웨이퍼 (30) 로부터 스프레이 제트 (50) 의 거리 (D) 가 증가함에 따라, 액체 스프레이 (58) 의 분산이 증가한다. 이것은 액체 스프레이 (58) 에 의해 동시 영역의 증가된 커버리지를 제공하여 효율을 증가시키기 때문에 바람직



할 수 있다. 그러나, 큰 분산은 표면을 스트라이킹하는 액체의 낮은 밀도 및 이에 따른 단위 면적당 낮은 세정 에너지를 또한 유발한다. 또한, 증가된 거리 (D) 는 에어본 (airborne) 감속으로 인한 액체 스프레이 (58) 의 속도 감소를 야기시킨다. 그러나, 웨이퍼 (30) 상의 표면 구조들을 손상시키는 것을 회피하기 위해서, 감소된 속도가 어느 정도까지는 바람직할 수 있다. 이러한 상황들을 고려하여, 다음의 인자들의 비전면 (non-exhaustive) 리스트를 포함하는 액체 스프레이 (58) 의 최적 세정 특성들을 달성하도록 수 개의 인자들이 조정된다 : 노즐 유형, 노즐 크기, 캐리어 가스의 유량, 액체의 유량, 웨이퍼로부터 스프레이 제트의 거리, 웨이퍼에 대한 액체 스프레이의 입사 각도. 본 발명의 일 실시형태에 있어서, 스프레이 제트 (50) 는 액체 스프레이 (58) 가 대략 10 m/s 내지 100 m/s 범위의 속도를 달성하도록 조정된다. 본 발명의 다른 실시형태에 있어서, 액체 스프레이 (58) 의 속도는 100 m/s 초과 또는 10 m/s 미만일 수 있다. 본 발명의 일 실시형태에 있어서, 액체의 유량은 대략적으로 300 mL/min 이하이고; 본 발명의 다른 실시형태에 있어서, 액체의 유량은 대략 300 mL/min 초과일 수 있다. 본 발명의 일 실시형태에 있어서, 캐리어 가스의 유량은 대략 50 SLM 이하이고; 본 발명의 다른 실시형태에 있어서, 캐리어 가스의 유량은 대략 50 SLM 초과일 수 있다.

[0020]

도 3a 및 도 3b는 본 발명의 일 실시형태에 따라 반도체 웨이퍼 표면으로부터 파티클 오염들을 제거하는 시스템을 도시한다. 보울 (110) 은 다양한 공정위치들을 정의하는 다수의 환형 플랜지들 (112, 114 및 116) 을 포함한다. 제 1 공정 위치는 환형 플랜지들 (112 및 114) 에 의해 정의되고; 제 2 공정 위치는 환형 플랜지들 (114 및 116) 에 의해 정의된다. 웨이퍼 (130) 는 지지체 (120) 에 의해 안전하게 유지된다. 지지체 (120) 는 상하로 이동하도록 구성되어, 웨이퍼 (130) 를 다양한 공정 위치들에 위치시키며, 또한 다양한 속도로 웨이퍼 (130) 를 회전하도록 구성된다. 도 3a 에 있어서, 지지체 (120) 는 환형 플랜지들 (112 및 114) 사이 내의, 제 1 공정 위치에 웨이퍼 (130) 를 배치하도록 위치된다. 디스펜스 헤드 (140) 는 암 (142) 에 커플링된다. 디스펜스 헤드 (140) 는 웨이퍼 (130) 가 지지체 (120) 에 의해 회전될 때 웨이퍼 (130) 상으로 점탄성 재료를 디스펜스한다. 본 발명의 일 실시형태에 있어서, 점탄성 재료는 폴리머 재료를 포함한다. 본 발명의 일 실시형태에 있어서, 지지체 (120) 는 대략 10 rpm 으로 회전하며; 다른 실시형태에 있어서 지지체 (120) 는 10 rpm 초과 또는 10 rpm 미만의 속도로 회전한다. 본 발명의 일 실시형태에 있어서, 점탄성 재료는 웨이퍼의 중심에 디스펜스되며, 원심력은 웨이퍼 (130) 의 에지를 향해 점탄성 재료가 확산하도록 한다. 본 발명의 다른 실시형태에 있어서, 점탄성 재료가 웨이퍼 (130) 상으로 디스펜스 될 때, 암 (142) 은 웨이퍼 (130) 의 표면에 걸쳐 디스펜스 헤드 (140) 를 이동하도록 구성된다. 이에 따라, 점탄성 재료는 웨이퍼 (130) 상에 층을 형성한다. 점탄성 재료는 웨이퍼 (130) 의 표면 상의 오염 파티클들과 적어도 부분적으로 결합한다. 초과 점탄성 재료는 웨이퍼 (130) 의 에지들에서 환형 플랜지들 (112 및 114) 사이의 공간으로 떨어진다. 이 초과 재료는 덕트 (113) 를 통해 보울로부터 제거되는데, 덕트 (113) 는 종래에 알려진 바와 같이 펌핑 메커니즘에 접속될 수 있다. 이 초과 점탄성 재료는 더 사용하기 위해 재활용되거나 그렇지 않으면 폐기될 수 있다. 점탄성 재료의 층이 웨이퍼 (130) 상으로 디스펜스된 후에, 지지체 (120) 는 도 3b에 도시된 바와 같이 환형 플랜지들 (114 및 116) 사이에 위치한 제 2 공정 위치로 이동된다. 이 위치에서, 암 (152) 에 커플링된 스프레이 제트 (150) 는 웨이퍼 (130) 가 지지체 (120) 에 의해 회전될 때 웨이퍼 (130) 에 액체 스프레이를 공급한다. 본 발명의 일 실시형태에 있어서, 지지체 (120) 는 대략 500 rpm 으로 회전된다. 본 발명의 다른 실시형태에 있어서, 지지체 (120) 는 대략 500 rpm 미만 또는 500 rpm 초과의 속도로 회전된다. 액체 스프레이는 점탄성 재료의 코팅에 영향을 미침으로써, 점탄성 재료에 결합된 오염 파티클들과 함께 점탄성 재료를 제거한다. 원심력은 액체 스프레이로부터 액체와 함께 제거된 점탄성 재료를 웨이퍼 (130) 의 에지 쪽으로 이동시켜, 결국 환형 플랜지들 (114 및 116) 사이의 공간으로 떨어뜨려, 덕트 (115) 를 통한 폐기를 위해 수집되게 한다. 점탄성 재료가 웨이퍼 (130) 로부터 제거될 때, 스프레이 제트는 점탄성 재료에 액체 스프레이를 지속적으로 지향하도록 이동된다. 본 발명의 일 실시형태에 있어서, 암 (152) 은 스프레이 제트 (150) 를 웨이퍼의 중앙에 근접한 위치로부터 웨이퍼 (130) 의 에지에 근접한 위치까지 이동하도록 구성된다.

[0021]

도 4는 본 발명의 일 실시형태에 따라 점탄성 재료의 층 (144) 을 갖는 웨이퍼 (130) 의 단면도를 도시한다. 웨이퍼 (130) 의 표면 상에 도시된 다양한 피쳐들은 스케일로 도시된 것이 아니라 설명의 목적을 위해 나타낸 것이다. 종래에 알려진 바와 같이, 반도체 기판은 다양한 물리적 피쳐들을 포함할 수 있다. 비교적 저 밀도의 피쳐들 (131) 의 영역들이 있을 수 있으며 또는 고밀도의 피쳐들 (132) 을 갖는 영역이 있을 수 있다. 일부 영역들은 고 중형비를 갖는 피쳐들 (133) 을 포함할 수 있다. 일부 피쳐들은 패터닝될 수 있으며 또는 무작위로 분포된 피쳐들 (134) 이 있을 수 있다. 이러한 피쳐들의 존재는 오염 파티클들을 보유하기 쉬운 웨이퍼 (130) 의 표면 상에 윤곽들 (contours) 을 생성한다. 또한, 조밀하게 이격된 피쳐들 및/또는 고중형비를 갖는 피쳐들은, 상기 피쳐들 사이에 위치한 오염 파티클들의 제거는 커녕 접근하는 것을 어렵게 할

수 있다. 그러나, 점탄성 세정 재료는 상기 피쳐들 사이 내를 관통할 수 있고 그 내부에 보유된 파티클 오염들에 적어도 부분적으로 결합될 수 있다. 정상 환경들 하에서, 상기 도달하기에 어려운 위치들로부터 파티클 오염들을 제거하는데 필요한 세정 에너지는 극도로 높아져서, 필요한 에너지 양이 공정에서 특정 피쳐들을 잠재적으로 손상시키게 된다. 그러나, 점탄성 재료는 오염 파티클들에 결합될 수 있기 때문에, 파티클들을 제거하는데 필요한 세정 에너지의 양이 단지 점탄성 재료를 제거하는데 필요한 에너지의 양인 것이다. 그리고, 충분한 속도로 힘이 가해질 때, 점탄성 재료가 고체로서 거동하기 때문에, 점탄성 재료의 상당한 부분들이 비교적 낮은 에너지 레벨들에서 웨이퍼의 표면으로부터 제거되어, 웨이퍼 표면 상에 존재하는 피쳐들에 대한 손상을 방지할 수 있다.

[0022] 도 5는 웨이퍼 (130) 상의 점탄성 층 (144) 에 액체 스프레이 (158) 를 공급하는 것을 도시한다. 스프레이 제트 (150) 는 캐리어 가스 입력 (154) 을 통해 캐리어 가스를 수용하고 액체 입력 (156) 을 통해 액체를 수용하도록 구성된다. 본 발명의 일 실시형태에 있어서, 캐리어 가스는 질소이고, 액체는 탈이온수이다. 캐리어 가스의 유량이 액체의 유량보다 실질적으로 커서, 캐리어 가스가 액체를 고속으로 가속화시킨다. 결과의 액체 스프레이는 점탄성 층의 중심-대면 에지를 향해 지향되어, 점탄성 재료에 직접적으로 영향을 미친다. 점탄성 층에 대한 액체 스프레이의 영향은 화살표 (160) 으로 나타난 바와 같이 점탄성 층에 직접적인 힘을 가한다. 이러한 힘의 적용은 점탄성 재료가 고상 특성들을 발현하게 하여, 상대적으로 낮은 에너지량을 사용하면서 점탄성 재료의 상당한 부분들의 제거를 가능하게 한다. 이에 따라, 액체 스프레이가 웨이퍼 (130) 의 표면 피쳐들에 직접적으로 영향을 미칠 수 있더라도, 특히 국부적 점탄성 재료가 제거된 후, 에너지 레벨 및 노출 시간은 표면 피쳐들에 대한 손상이 최소화되는 범위로 한정된다. 부가적으로, 웨이퍼 (130) 가 회전되고 있기 때문에, 원심력들이 웨이퍼 (130) 로부터 탈착된 점탄성 재료의 부분들 및 액체 모두를 포함하는 런오프 (159) 를 웨이퍼 (130) 의 에지 쪽으로 나아가게 한다. 이 원심력들은 런오프 (159) 가 점탄성 층 (144) 의 상단에 작용하는 화살표 (162) 로 나타난 접선력 (tangential force) 을 생성하게 한다. 또한, 본 발명의 일 실시형태에 있어서, 스프레이 제트 (150) 는 웨이퍼 (130) 의 에지를 향하는 입사각으로 액체 스프레이 (158) 를 지향하도록 구성될 수 있다. 상기 실시형태에 있어서, 액체 스프레이 (158) 는 웨이퍼 (130) 를 향해 런오프 (159) 를 나아가게 하는 것을 돕는 부가적인 접선력을 제공한다.

[0023] 본 발명의 일부 실시형태에 있어서, 점탄성 재료는 스프레이 제트 (150) 에 의해 공급되는 액체에서 혼화성일 수 있다는 것이 인식된다. 이에 따라, 런오프 (159) 가 생성되고 점탄성 층 (144) 위를 통과할 때, 상기 둘의 혼합이 있을 수 있으며, 이는 상기 혼합이 발생하는 점탄성 층의 두께를 효과적으로 감소시킨다. 이러한 효과는 웨이퍼 (130) 의 에지들에서 더 표명될 수 있는데, 이는 이 영역들이 웨이퍼 (130) 의 내부 영역들로부터 누적 런오프를 수용하기 때문이다. (이것은 스프레이 제트 (150) 가 웨이퍼 (130) 의 중앙으로부터 에지까지 액체 스프레이 (158) 를 공급하도록 동작되는 것으로 추정된다.) 그 결과가 스프레이 제트 (150) 의 파라미터들을 최적화하는데 문제가 많은 점탄성 층 (144) 의 불균일성이다. 단위 면적에 충분한 속도로 그리고 점탄성 층을 제거하기에 충분한 시간 길이 동안 액체 스프레이 (158) 를 공급하는 균일한 방식으로 점탄성 층 (144) 에 액체 스프레이 (158) 를 공급하도록 스프레이 제트 (150) 를 동작시키는 것이 바람직하다. 그러나, 공정의 효율성을 증가시키기 위해서 표면 피쳐들에 대한 손상의 잠재성을 최소화하고 요구된 시간 길이를 최소화하는 것이 또한 바람직하다. 액체에 대한 점탄성 재료의 혼화성 또는 그 반대의 경우로 인해, 점탄성 층 (144) 이 불균일성을 발현하면, 점탄성 층 (144) 의 상이한 부분들은 액체 스프레이 (158) 에 대해 액체의 상이한 속도들 /또는 및 노출 기간들을 요구하게 된다. 점탄성 층 (144) 의 불균일성에 의해 유발되는 상기 문제들을 회피하기 위해, 짧은 지속 시간 내에서 웨이퍼 (130) 전체에 액체 스프레이 (158) 를 공급하도록 스프레이 제트를 동작시켜, 발생하는 런오프와 점탄성 층을 혼합하는데 사용될 수 있는 시간의 양을 감소시키는 것이 바람직하다. 본 발명의 다른 실시형태에 있어서, 스프레이 제트는 먼저 웨이퍼의 에지들에 액체 스프레이를 공급한 다음, 중앙을 향해 내측으로 점차적으로 이동하는 "외측에서-내부" 로 동작된다. 한편, 웨이퍼의 회전에 의해 발생하는 원심력들이 웨이퍼의 에지들 쪽으로 런오프를 지속적으로 나아가게 한다. 이에 따라, 런오프가 액체 스프레이의 공급을 수용하지 않은 점탄성 층의 부분들에 영향을 미치지 않는다.

[0024] 도 6은 파티클 제거 효율 (PRE) 대 에너지를 도시하는 그래프를 나타낸다. 곡선 (170) 은 PRE 대 하나의 스프레이 제트만을 도시한다. 매우 낮은 에너지 레벨들에서, 오염 파티클들의 상당한 부분을 제거하기에는 에너지가 불충분하다. 에너지 레벨이 증가됨에 따라, PRE 는 매우 높은 에너지 레벨들에서 최대 PRE (모든 오염 파티클들의 완전한 제거) 에 접근하기 시작할 때까지 증가한다. 그러나, 이러한 고 에너지 레벨들은 에너지의 함수로서 손상 레벨을 도시하는 곡선 (176) 에 의해 도시된 바와 같이, 표면 피쳐들에 대한 손상의 레벨들을 증가시킴으로써 달성된다. 곡선 (172) 은 웨이퍼 표면에 도포된 점탄성 재료의 층과 함께 동작되는 스프레이 제트에 대한 PRE 대 에너지를 도시한다. 스프레이 제트 하나만으로 비교된 바와 같이, 점탄성 재료

의 사용은 등가의 에너지 레벨들에서 더 높은 PRE 를 가능하게 한다. 일 예를 좀더 구체적으로 고려하면, 에너지 레벨 (176) 보다 더 큰 에너지 레벨들은 웨이퍼 표면 상의 피쳐들에 대한 손상을 생성하게 되기 때문에, 에너지 레벨 (176) 은 손상 임계치를 나타낸다. 따라서, 웨이퍼에 대한 손상이 야기되는 것을 회피하고자 한다면, 이러한 에너지 레벨 (176) 은 최대 허용되는 동작 에너지 레벨을 나타낸다. 이 에너지 레벨에서, 도포된 점탄성 세정 재료와 함께 스프레이 제트를 동작시키는 PRE 는 단순히 스프레이 제트 하나만을 동작시키는 것보다 더 높다. 따라서, 점탄성 세정 재료와 함께 스프레이 제트를 사용함으로써, 보다 청결한 웨이퍼 표면을 달성하면서 동시에 표면 피쳐들에 대한 원치 않는 손상을 최소화할 수 있어, 웨이퍼 당 칩들의 수율을 증가시킬 수 있다.

[0025] 도 7a는, 도 3b를 참조하여 설명된 본 발명의 실시형태에 따라 웨이퍼 (130)로부터 오염 파티클들을 세정하는 시스템의 상면도이다. 스프레이 제트 (150)는 웨이퍼 (130)가 회전될 때, 웨이퍼 (130)상의 점탄성 층 (182)의 에지에 액체 스프레이를 공급한다. 점탄성 층이 점탄성 재료에 결합된 파티클 오염들과 함께 제거됨에 따라, 세정 영역 (180)이 형성된다. 암 (152)은 스프레이 제트 (150)를 웨이퍼 (130)의 중앙에 근접한 위치로부터 웨이퍼 (130)의 에지에 근접한 위치까지 이동시키도록 구성된다. 웨이퍼 (130)의 일정 회전 속도를 가정하면, 웨이퍼 상의 일 지점의 선형 속도는 중앙으로부터의 거리가 증가함에 따라 증가된다. 이에 따라, 본 발명의 일 실시형태에 있어서, 점탄성 층 (182)에 액체 스프레이의 충분한 공급을 보장하기 위해, 암 (152)이 웨이퍼 (130)의 중앙에 근접한 위치로부터 에지에 근접한 위치까지 스프레이 제트 (150)를 이동하도록 구성되며, 스프레이 제트 (150)의 이동은 액체 스프레이에 웨이퍼 (130)의 중앙으로부터 상이한 반경으로 점탄성 층의 상이한 부분들의 충분한 노출을 제공하도록 감속으로 발생한다.

[0026] 도 7b는 본 발명의 일 실시형태에 따라, 웨이퍼 (190)로부터 오염 파티클들을 세정하는 시스템의 상면도를 도시한다. 도시된 바와 같이 웨이퍼 (190)가 점탄성 세정 재료로 코팅되어 점탄성 층 (196)을 형성한다. 스프레이 제트 어레이 (192)는 웨이퍼 (190)가 회전됨에 따라 웨이퍼 (190)의 반경에 걸쳐 점탄성 재료에 액체를 고속으로 동시에 공급한다. 본 발명의 일 실시형태에 있어서, 스프레이 제트 어레이 (192)는 다수의 스프레이 제트 노즐들을 포함하고, 스프레이 제트 노즐들은 웨이퍼 (190)의 반경에 걸쳐 액체 스프레이의 동시 공급을 생성하도록 중첩 커버리지를 제공한다. 웨이퍼 (190)로부터 점탄성 재료가 제거됨에 따라, 세정 영역 (194)이 형성된다. 본 발명의 일 실시형태에 있어서, 웨이퍼 (190)로부터 점탄성 층 (196)을 제거하는데 단지 1회의 웨이퍼 회전이 요구된다. 본 발명의 다른 실시형태에 있어서, 복수의 웨이퍼 (190)회전이 요구된다.

[0027] 도 7c는 본 발명의 일 실시형태에 따라 웨이퍼 (200)로부터 오염 파티클들을 세정하는 시스템의 상면도를 도시한다. 도시된 바와 같이 웨이퍼 (200)가 점탄성 세정 재료로 코팅되어 점탄성 층 (206)을 형성한다. 스프레이 제트 어레이 (202)는 웨이퍼 (200)가 회전됨에 따라 웨이퍼 (200)의 직경에 걸쳐 점탄성 재료에 액체를 고속으로 동시에 공급한다. 본 발명의 일 실시형태에 있어서, 스프레이 제트 어레이 (202)는 다수의 스프레이 제트 노즐들을 포함하고, 스프레이 제트 노즐들은 웨이퍼 (200)의 직경에 걸쳐 액체 스프레이의 동시 공급을 생성하도록 중첩 커버리지를 제공한다. 웨이퍼 (200)로부터 점탄성 재료가 제거됨에 따라, 세정 영역 (204)이 형성된다. 본 발명의 일 실시형태에 있어서, 웨이퍼 (200)로부터 점탄성 층 (206)을 제거하는데 단지 1회의 웨이퍼 회전이 요구된다. 본 발명의 다른 실시형태에 있어서, 복수의 웨이퍼 (200)회전이 요구된다.

[0028] 도 8은 본 발명의 일 실시형태에 따라 고체 표면으로부터 파티클 오염들을 제거하는 시스템의 상면도를 도시한다. 웨이퍼 (300)와 같은 고체 표면은 캐리어 (310)에 의해 지지된다. 캐리어 (310)는 트랙들 (320)을 따라 선형 방향으로 이동하도록 구성된다. 트랙들 (320)은 컨베이어들 또는 종래에 알려진 바와 같은 캐리어 (310)의 선형 이동을 제공하는 다른 메커니즘을 포함할 수 있다. 캐리어 (310)가 트랙들 (320)을 따라 이동됨에 따라, 참조 번호 (330, 340 및 350)에 의해 표시된 다수의 프로세스 어레이들이 웨이퍼 (300)상에서 작용한다. 보다 구체적으로, 디스펜스 어레이 (330)는 웨이퍼 (300)의 표면 상으로 점탄성 세정 재료를 디스펜스하기 위한 디스펜스 헤드들의 선형 어레이를 포함한다. 디스펜스 어레이 (330)는 웨이퍼 (300)의 적어도 직경인 폭의 동시 커버리지를 제공한다. 점탄성 재료는 이 디스펜스 공정 동안 액상 거동을 발현한다. 웨이퍼 (300)가 디스펜스 어레이 (330)를 지나 이동됨에 따라, 웨이퍼 (300)가 점탄성 재료의 층에 의해 코팅된, 영역 (332)이 형성된다. 점탄성 재료는 웨이퍼 (300)의 표면 상의 오염 파티클들과 적어도 부분적으로 결합한다. 스프레이 제트 어레이 (340)는 웨이퍼 (300)의 적어도 직경인 폭에 걸쳐 고속 액체 스프레이를 동시에 공급하는 스프레이 제트들의 선형 어레이를 포함한다. 액체의 고속은 점탄성 재료의 층에 영향을 미쳐, 점탄성 재료가 고상 거동을 발현하게 하여, 점탄성 재료가 웨이퍼 (300)



의 표면으로부터 제거된다. 점탄성 재료가 제거될 때, 점탄성 재료에 결합된 파티클 오염들이 웨이퍼 (300) 의 표면으로부터 제거된다. 웨이퍼 (300) 가 스프레이 제트 어레이 (340) 를 지나 이동됨에 따라, 액체 스프레이로부터 런오프 뿐만 아니라, 임의의 결합된 파티클 오염들과 함께 점탄성 재료의 제거된 부분들을 포함하는, 영역 (342) 이 형성된다. 린스 어레이 (350) 는 웨이퍼 (300) 의 적어도 직경인 폭에 걸쳐 영역 (342) 의 액체 런오프 및 점탄성 재료를 동시에 린싱 및 제거하기 위해, 린스의 선형 어레이 및 진공 메커니즘을 포함한다.

[0029] 도 9a는, 도 8을 참조하여 설명된 본 발명의 실시형태에 따른 프로세스 유닛 (360) 의 사시도를 도시한다. 프로세스 유닛 (360) 은 웨이퍼 (300) 가 캐리어 (310) 로 로딩되는 로딩 스테이지 (362) 를 포함한다. 캐리어 (310) 는 트랙들 (320) 을 따라 이동되어, 프로세스 어레이들 (330, 340 및 350) 아래를 통과한다. 상기에서 보다 구체적으로 설명한 바와 같이, 디스펜스 어레이 (330) 는 웨이퍼 (300) 상으로 점탄성 세정 재료의 층을 디스펜스하고; 스프레이 제트 어레이 (340) 는 점탄성 재료의 층에 고속 액체 스프레이를 공급하며; 그리고 린스 어레이 (350) 는 웨이퍼로부터 액체 런오프 및 점탄성 재료를 린싱하고 진공화한다. 캐리어 (310) 및 웨이퍼 (300) 가 다양한 프로세스 어레이들을 통하는 완전한 통로를 가지면, 웨이퍼는 언로딩 스테이지 (364) 에서 프로세스 유닛 (360) 으로부터 언로딩된다.

[0030] 도 9b는 본 발명의 일 실시형태에 따라 추가적인 프로세스 어레이들 (355, 356 및 357) 을 포함하는 프로세스 유닛 (360) 의 상면도를 도시한다. 이 추가적인 프로세스 어레이들은 화학적 애플리케이션들, 린스 공정들 등과 같은 부가 공정들을 수행할 수 있다. 프로세스 어레이들 (355, 356 및 357) 은 당연한 것으로서 또는 선택적 단계들로서 프로세스 어레이들 (330, 340 및 350) 에 의해 실행되는 세정 절차와 함께 적용될 수 있다.

[0031] 도 10a는 프로세스 어레이들 (330, 340 및 350) 의 단면도를 도시한다. 웨이퍼 (300) 가 프로세스 어레이들 (330, 340 및 350) 을 지나 이동될 때, 본 발명의 일 실시형태에 따라 다양한 동작들이 수행된다. 디스펜스 어레이 (330) 는 디스펜스 헤드들 (331) 의 선형 어레이를 포함하여 웨이퍼 (300) 에 점탄성 세정 재료를 공급한다. 디스펜스 헤드들 (331) 은 종래 알려진 바와 같은 다양한 유형의 디스펜서들을 포함할 수 있다. 디스펜스 헤드들의 선형 어레이의 일 예는 미국특허출원 제 12/165,577 호에 개시되어 있으며, 이 개시물은 참조로서 통합된다. 웨이퍼 (300) 상으로의 점탄성 재료의 디스펜스는 웨이퍼 (300) 가 점탄성 층으로 코팅되는 영역 (332) 을 산출한다. 점탄성 재료는 액상 거동을 발현하며, 웨이퍼 (300) 의 표면 상의 파티클 오염들과 적어도 부분적으로 결합한다. 웨이퍼 (300) 가 이동됨에 따라, 점탄성 층은 스프레이 제트 어레이 (340) 로부터 고속 액체 스프레이에 노출된다. 스프레이 제트 어레이 (340) 는 스프레이 제트 (341A) 의 선형 어레이를 포함한다. 스프레이 제트 (341A) 는 캐리어 가스 (예를 들어, 질소) 를 사용하여, 액체 (예를 들어, 탈이온수) 를 고속으로 가속화시킨다. 가스의 체적 유량이 액체의 체적 유량보다 실질적으로 더 크다. 점탄성 층에 작용하는 액체 스프레이의 힘은 점탄성 재료가 고상 거동을 발현하게 하여, 웨이퍼 (300) 로부터 점탄성 층을 제거한다. 결과의 영역 (342) 은 액체 스프레이로부터 런오프와 결합하여 제거된 점탄성 재료 모두를 포함한다. 이 영역은 웨이퍼가 이동됨에 따라 린스 어레이 (350) 에 노출된다. 린스 어레이 (350) 는 린스액의 공급과 동시의 인접 진공 흡입에 의해 형성된 린스 메니스커스 (354) 를 사용한다. 린스액은 린스액 디스펜스 헤드들 (351) 의 선형 어레이에 의해 웨이퍼 (300) 상으로 디스펜스된다. 동시에, 진공력이 선두 진공 헤드들 (352) 의 선형 어레이 및 트레일링 진공 헤드들 (353) 의 선형 어레이에 의해 제공된다. 대향 어레이들 (358A 내지 358C) 은 프로세스 어레이들 (330, 340 및 350) 에 대향력을 제공함으로써, 다양한 공정 스테이지들을 통해 웨이퍼가 이동될 때 웨이퍼 (300) 를 지지하고 안정화하는 것을 돕는다. 도시된 바와 같이 대향 어레이들 (358A 내지 358C) 은 린스 어레이 (350) 와 유사하다. 본 발명의 대안의 실시형태에 있어서, 대향 어레이들 (358A 내지 358C) 은 웨이퍼 (300) 의 다른 측에 유사한 세정 공정을 제공하도록 디스펜스 어레이 및 스프레이 제트를 포함하는 프로세스 어레이들의 다른 유형을 포함할 수 있다.

[0032] 도 10b는, 도 10a를 참조하여 설명된 것과 유사한 본 발명의 대안의 실시형태에 따른 프로세스 어레이들 (330, 340 및 350) 의 단면도를 도시한다. 그러나, 도시된 바와 같이 스프레이 제트 어레이 (340) 는, 입사각으로 점탄성 재료의 층을 향해 액체 스프레이를 지향하도록 구성된 스프레이 제트들 (341B) 의 선형 어레이를 포함한다.

[0033] 도 11a 및 도 11b는 대향 어레이들 (358A 및 358B) 와 결합한 디스펜스 어레이 (330) 및 스프레이 제트 어레이 (340) 의 사시도를 도시한다. 디스펜스 어레이 (330) 는 입력 튜브 (335) 를 통해 점탄성 세정 재료를 수용하고, 디스펜스 헤드 노즐들 (333) 을 포함하는 디스펜스 헤드들의 어레이를 사용하여 웨이퍼의 표면에 점탄성 재료를 도포한다. 스프레이 제트 어레이 (340) 는 입력 튜브 (345) 를 통해 캐리어 가스를 수용하고, 입력

튜브 (346) 를 통해 액체를 수용한다. 스프레이 제트 어레이 (340) 는 스프레이 제트 노즐들 (343) 을 포함하는 스프레이 제트들의 선형 어레이를 포함한다. 스프레이 제트들의 선형 어레이는 캐리어 가스와 액체를 결합하고, 노즐들 (343) 로부터 토출되는 액체 스프레이를 생성한다.

[0034] 도 11c는 본 발명의 일 실시형태에 따른 스프레이 제트 어레이 (340) 의 정단면도를 도시한다. 캐리어 가스는 입력 튜브 (345) 를 통해 수용되고, 액체는 입력 튜브 (346) 을 통해 수용된다. 캐리어 가스는 액체를 고속으로 가속화시키기 위해 사용되고, 그 결과 액체 스프레이가 노즐들 (343) 로부터 토출된다. 각각의 노즐은 인접 노즐과 약간의 중첩 커버리지를 제공하여, 액체 스프레이의 충분한 커버리지를 보장한다.

[0035] 본 발명의 대안의 실시형태에 있어서, 스프레이 제트 (예를 들어 도 2에 도시된 바와 같은 스프레이 제트 (50)) 는 세정 목적을 위해 웨이퍼의 표면에 점탄성 재료를 도포하기 위해 사용된다. 스프레이 제트의 사용은 비교적 고속으로 점탄성 재료를 가속화시키는 것을 가능하게 하여, 스프레이 제트에 의해 생성된 에어로졸화된 점탄성 재료에 운동 에너지를 제공한다. 에어로졸화된 점탄성 재료의 운동 에너지는 표면 파티클들과의 적어도 부분적인 결합 또는 상호작용을 가능하게 하는 점탄성 재료와 연관된 화학적 구조로부터 야기되는 고유 파티클 제거 효율에 의해 강화된 세정 에너지의 레벨을 제공한다. 또한, 점탄성 재료에 의해 반송되는 운동 에너지는 파티클들과 기관 사이의 접촉력을 극복함으로써 파티클들 제거를 위한 충분한 에너지를 직접적으로 제공할 수 있다.

[0036] 웨이퍼 표면에 재료를 고속으로 직접 공급하는 것이 표면 구조들의 특정 유형들을 손상시킬 수 있기 때문에, 스프레이 제트가 점탄성 재료를 나아가게 하는 속도를 감소시키는 것이 바람직할 수 있다. 이에 따라, 다양한 실시형태들에 있어서, 점탄성 재료의 속도는 표면 구조들에 대한 손상을 회피하도록 테일러링된다. 일 실시형태에 있어서, 점탄성 재료는 대략 10 ~ 50 m/s 범위의 속도로 스프레이 제트로부터 토출된다. 다른 실시형태에 있어서, 그 속도는 대략 1 ~ 200 m/s 의 범위이다. (예를 들어, DI 워터 하나만으로 동일한 파티클 제거 효율을 달성하기 위해 필요한 속도와 비교하여) 속도가 감소될 수 있더라도, 표면 파티클에 대한 점탄성 재료의 부분적 결합 및/또는 상호작용이 그럼에도 불구하고 파티클 제거 효율을 개선함으로써, 점탄성 재료에 부여된 감소된 운동 에너지를 오프셋한다.

[0037] 부가적으로, 폴리머가 반송하는 높은 운동 에너지로 인해 기관에 부여된 에너지의 보다 정확한 제어를 허용하는, 폴리머 (점탄성 재료) 의 분자량 분포를 제어함으로써 민감한 피쳐들에 대한 손상이 회피될 수 있다. 점탄성 재료가 파티클 제거에 대해 충분한 에너지를 직접적으로 공급하는 동작 모드에서, 폴리머의 분자량 분포를 엄격히 제어하고 이에 의해 고 에너지 테일의 존재에 의해 야기되는 손상을 회피함으로써 손상이 방지될 수 있다.

[0038] 부가적으로, 스프레이 제트에 의한 고속의 가속화에 의해 접근되는 점탄성 재료의 고상 특성은, 표면 구조물들에 대해 손상을 유발하기 쉬운 점탄성 재료를 제조할 수 있다. 그러나, 상술한 바와 같이, 점탄성 재료의 사용은, 표면 파티클들과 점탄성 재료의 결합 및 상호 작용 때문에 고도의 세정 효율을 여전히 보전하면서, 손상을 최소화하기 위해 필요한 만큼 속도가 조절되는 것을 가능하게 한다.

[0039] 스프레이 제트에 의한 점탄성 재료의 에어로졸화된 액적들의 적절한 형성을 촉진하기 위해, 점탄성 재료의 농도 및/또는 점성이 조절될 수 있다. 예를 들어, 낮은 스피드에서의 공급을 위해 적절하게 되는 것에 비해, 스프레이 제트에 의한 고속 공급을 위해 점탄성 재료의 점성 및 농도를 감소시키는 것이 일반적으로 필요할 수 있다.

[0040] 점탄성 재료가 고속으로 도포되기 때문에, 후속 린스 단계들은 잔류 점탄성 재료 및 오염들의 제거를 위해 더 낮은 에너지를 필요로 한다. 예를 들어, 도 3a 및 도 3b에 도시된 바와 같이, 스핀 보울 시스템의 부분으로서 사용될 때, 스프레이 제트에 의한 고속에서의 점탄성 재료의 도포는 웨이퍼 (130) 상의 표면 오염들의 제거를 촉진한다. 따라서, 웨이퍼 (130) 는 높은 회전 속도로 회전되어, 점탄성 재료 및 거기에 결합된 오염들이 원심력에 의해 웨이퍼 (130) 로부터 나아가게 할 수 있다. 웨이퍼 (130) 가 이제 매우 청결해지기 때문에, 도 3b를 참조하여 상술한 바와 같은 부가적인 린스 단계들은, 보다 낮은 에너지, 즉 표면에 DI 워터를 공급하는 스프레이 제트 (150) 가 매우 낮은 속도로 동작될 수 있는 에너지를 필요로 한다.

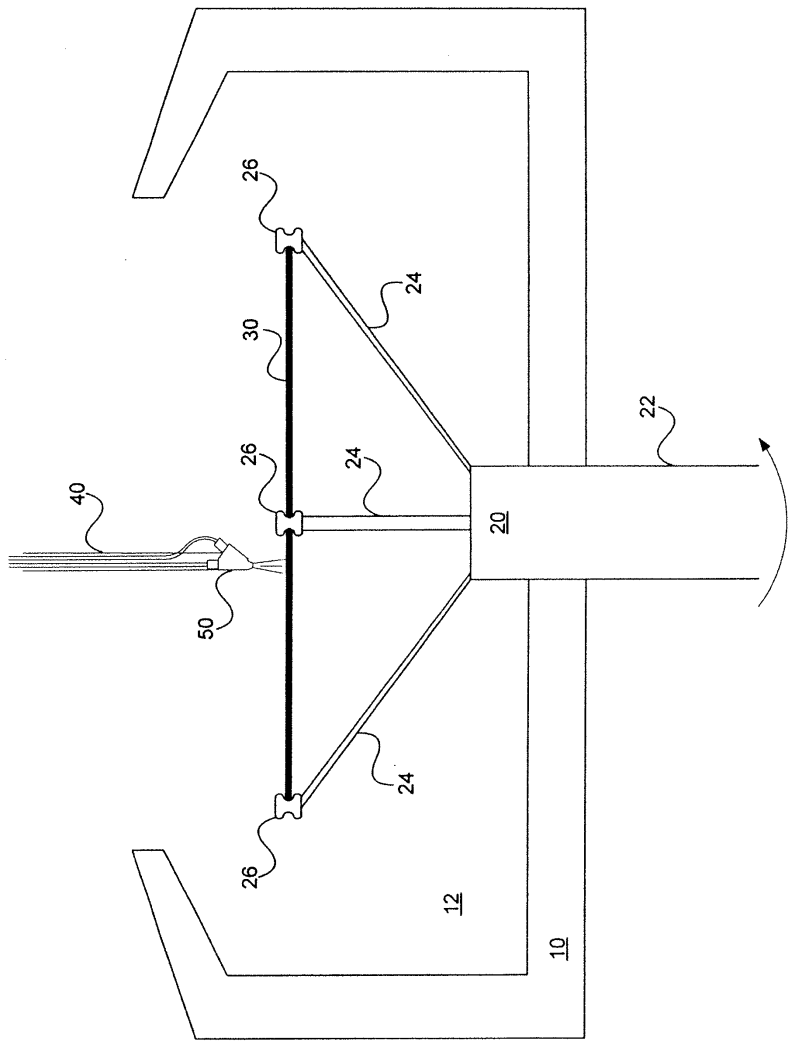
[0041] 부가적으로, 스프레이 제트에 의한 점탄성 재료의 고속 도포는 도 8을 참조하여 상술한 바와 같은 선형 프로세싱 시스템의 부분으로서 사용될 수 있다. 상기 실시형태들에 있어서, 스프레이 제트들의 선형 어레이는 웨이퍼의 표면에 점탄성 재료를 고속으로 도포하기 위해 사용된다. 점탄성 재료가 큰 운동 에너지에 의해 도포되기 때문에, 후속 린스 및 진공 프로세싱 메커니즘들은 점탄성 재료 및 결합된 오염들의 제거를 위해 작은

에너지를 필요로 한다.

[0042] 본 발명이 몇몇 바람직한 실시형태들에 관해서 설명되었지만, 당업자는 상기 명세서를 읽고 도면을 연구하면 다양한 그 변경물, 부가물, 치환물 및 등가물을 실현하게 되는 것을 이해하게 된다. 이에 따라, 본 발명은 본 발명의 진정한 사상 및 범위 내에 포함된 이러한 모든 변경물, 부가물, 치환물 및 등가물을 포함하는 것으로 의도된다.

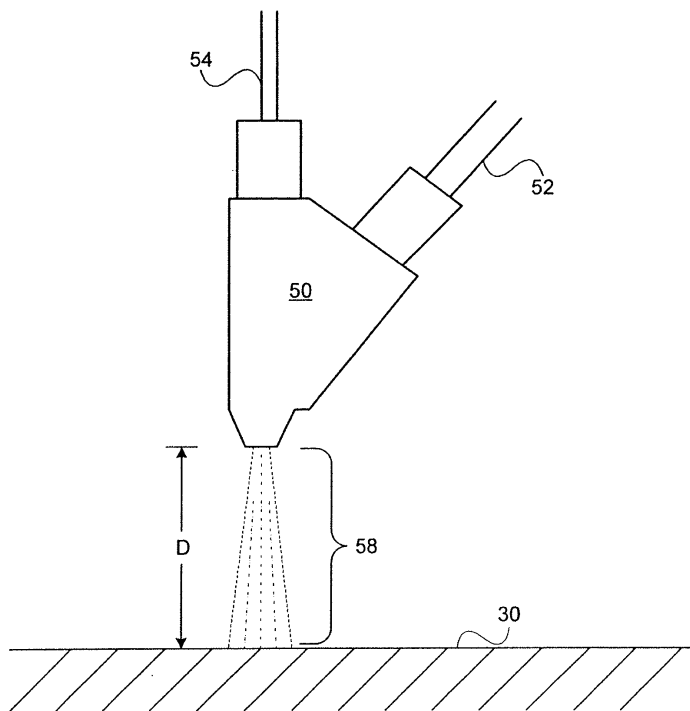
도면

도면1

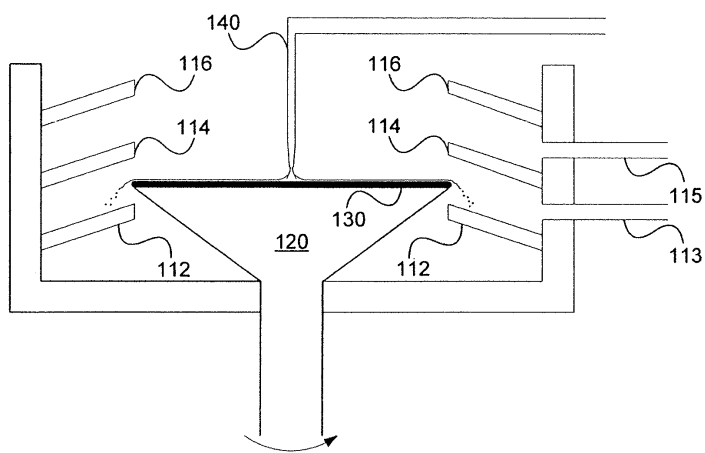




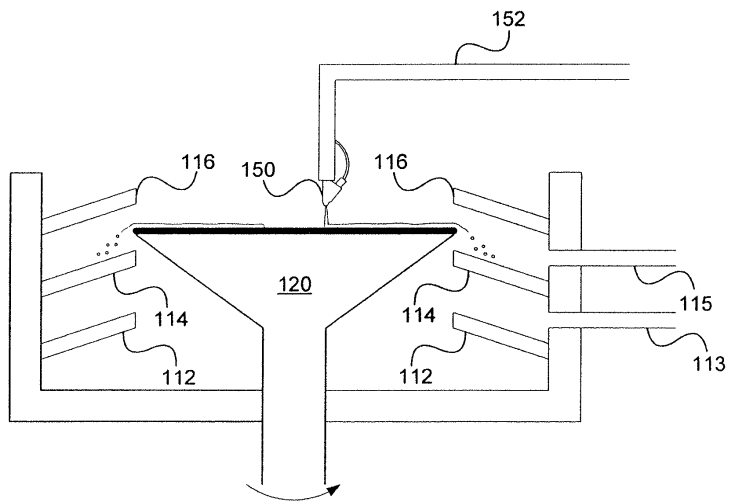
도면2



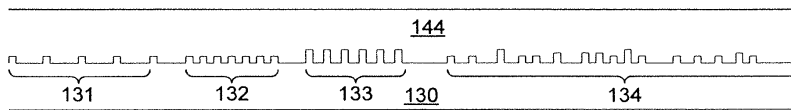
도면3a



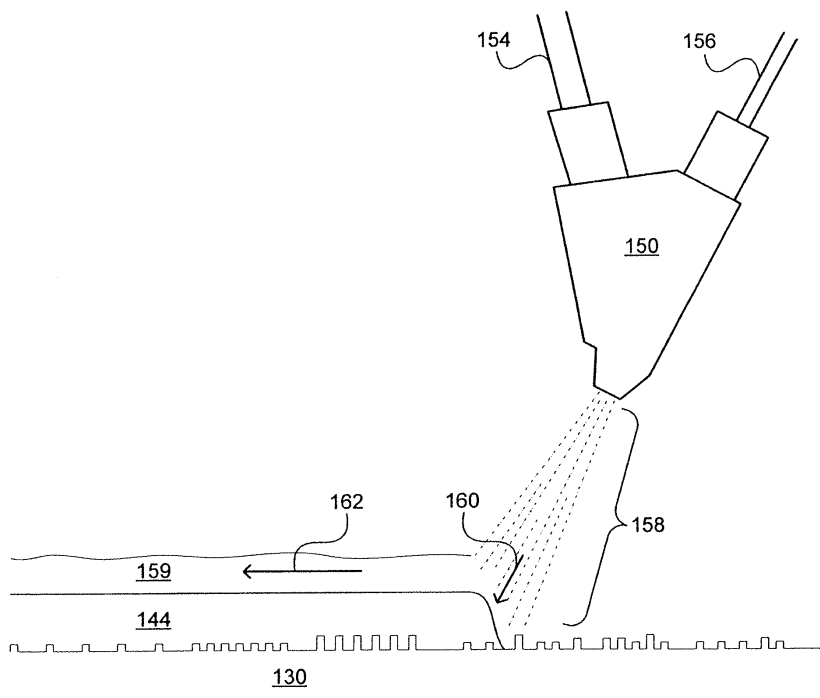
도면3b



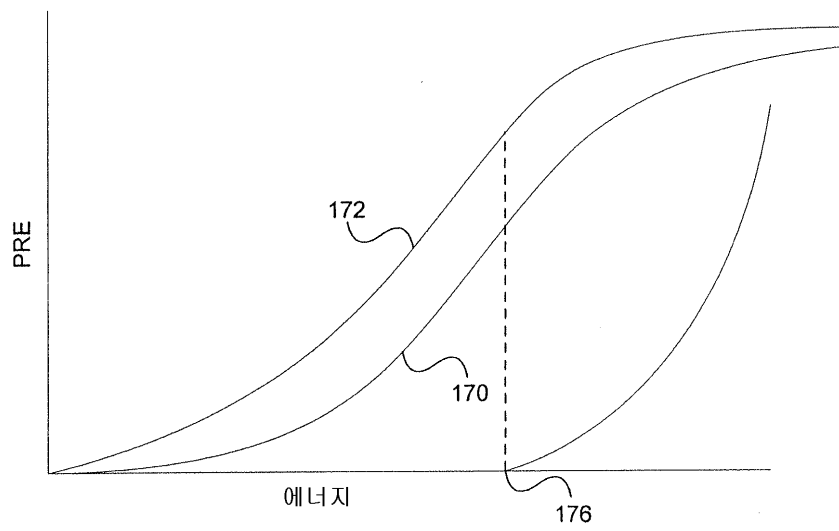
도면4



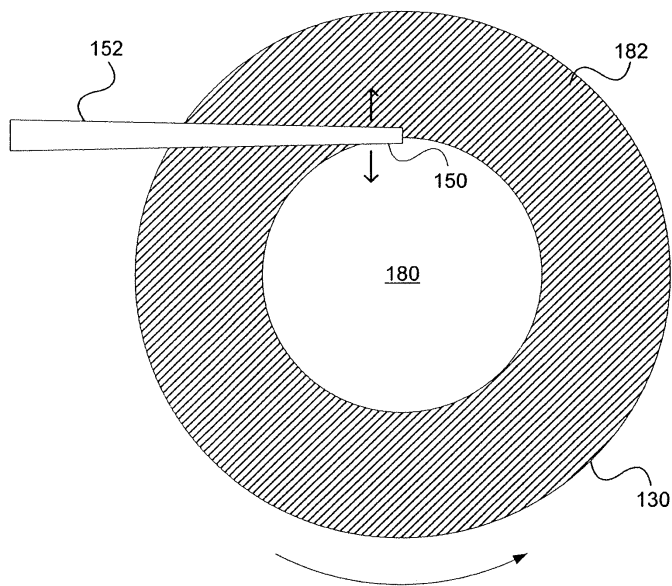
도면5



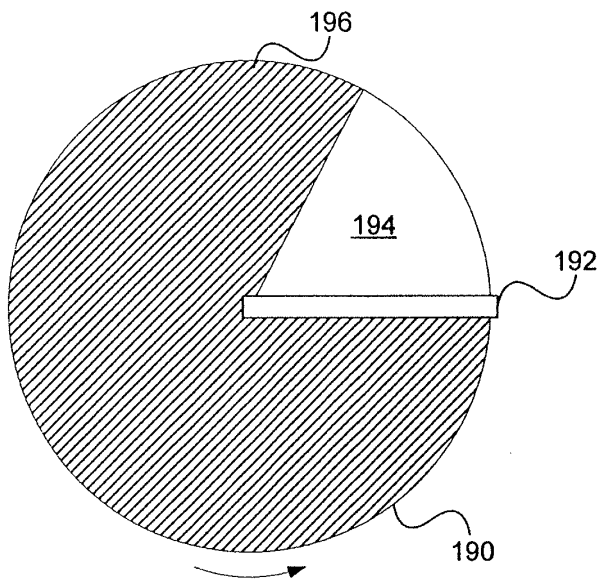
도면6



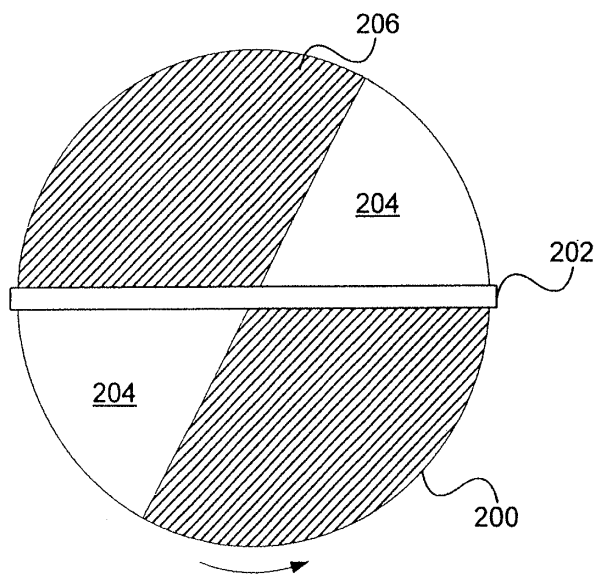
도면7a



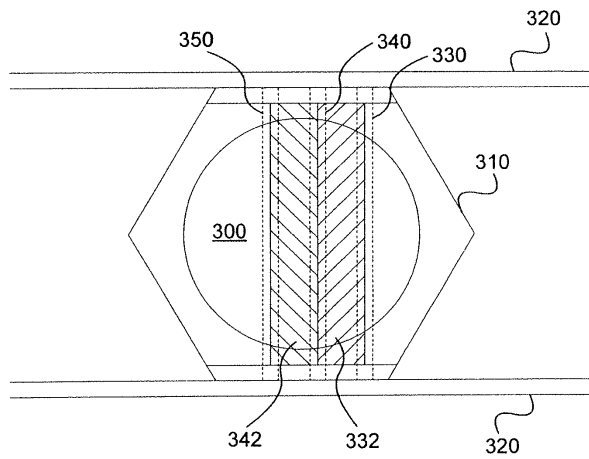
도면7b



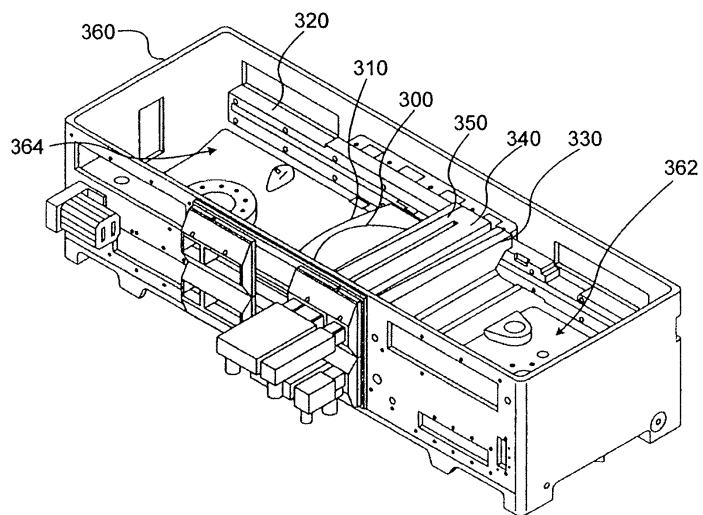
도면7c



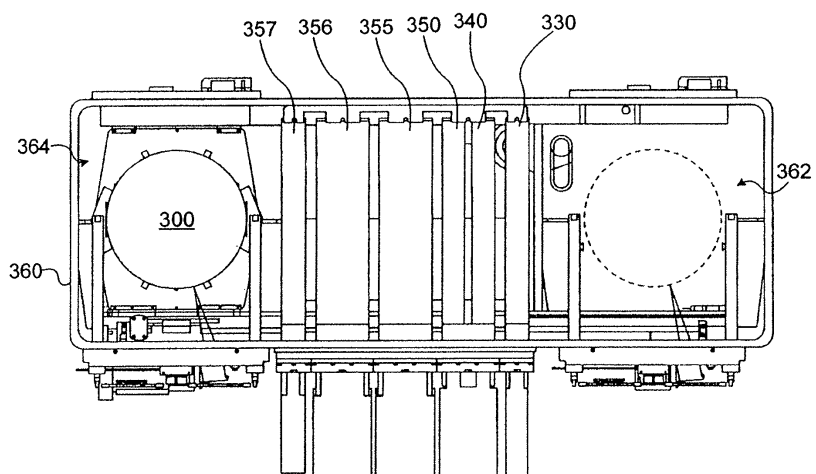
도면8



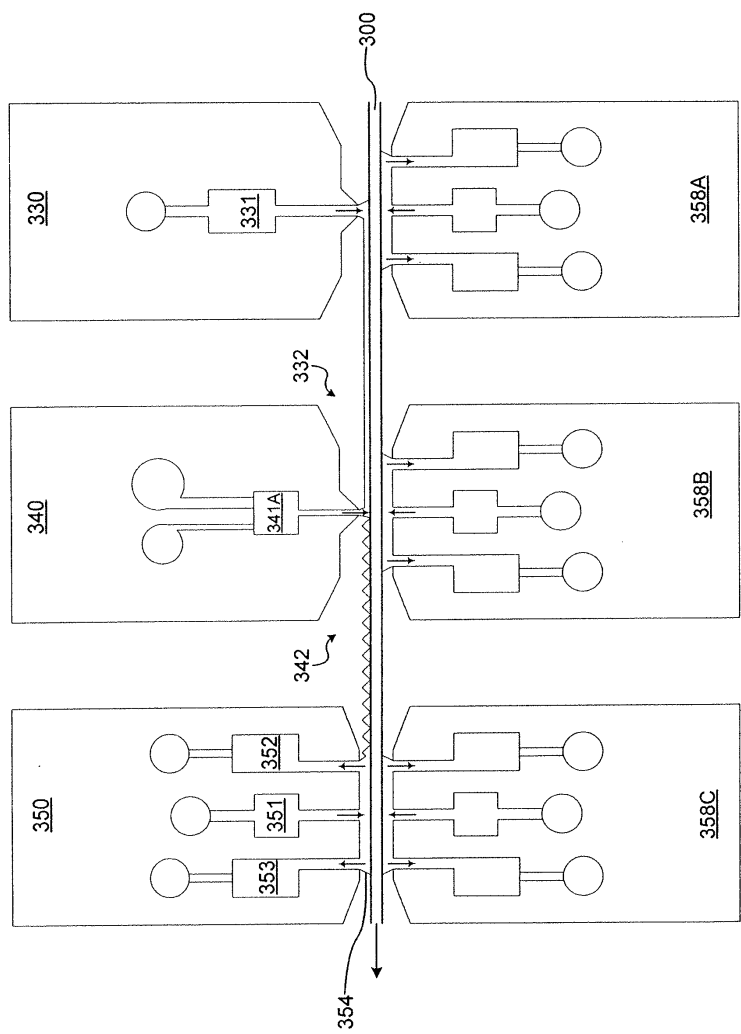
도면9a



도면9b

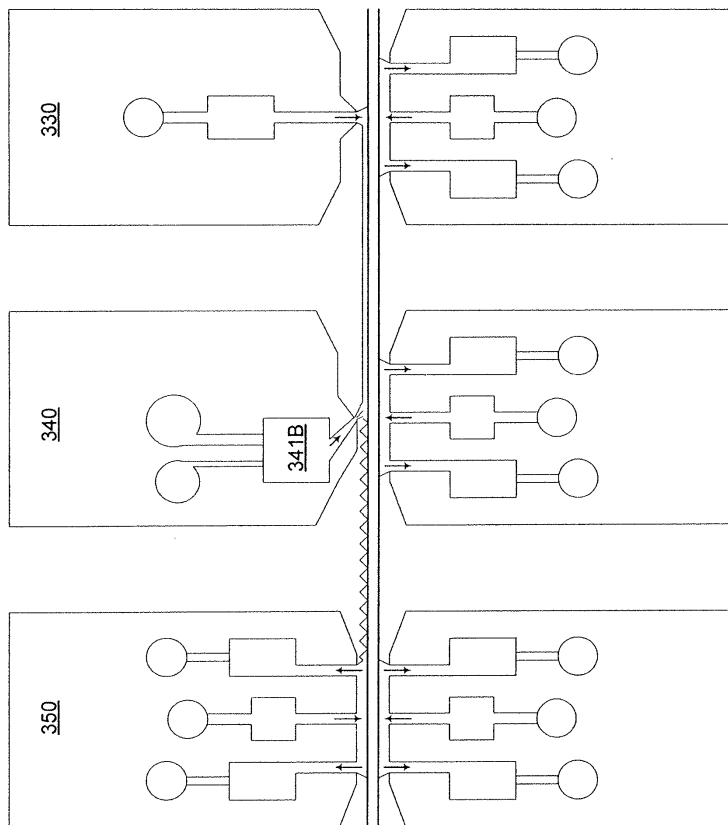


도면10a

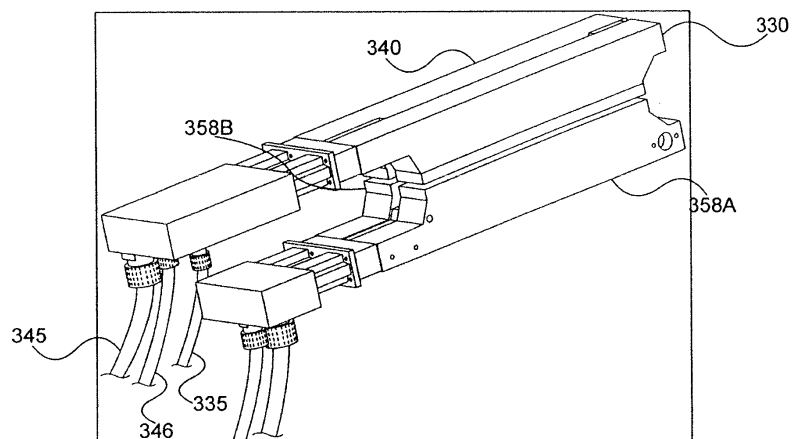




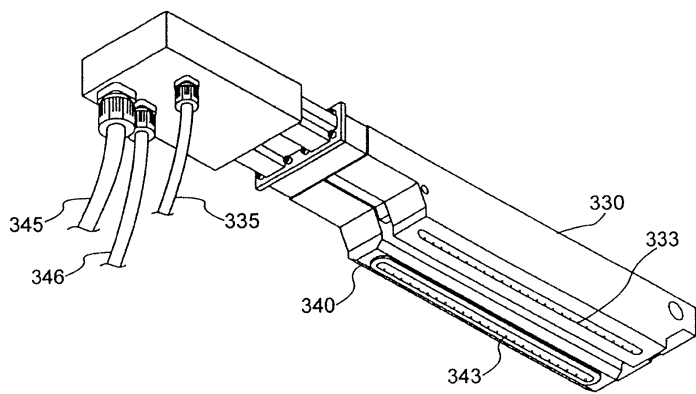
도면10b



도면11a



도면11b



도면11c

