

(19)대한민국특허청(KR)

(12) 공개특허공보(A)

(51) Int. Cl.⁷

C23G 3/00

C23G 5/00

B23K 10/00

(11) 공개번호 10-2005-0116813

(43) 공개일자 2005년12월13일

(21) 출원번호 10-2005-7016721

(22) 출원일자 2005년09월07일

번역문 제출일자 2005년09월07일

(86) 국제출원번호 PCT/US2004/006773

(87) 국제공개번호 WO 2004/081258

국제출원일자 2004년03월05일

국제공개일자 2004년09월23일

(30) 우선권주장 10/384,506 2003년03월07일 미국(US)

(71) 출원인 알에이피티 인터스트리즈 인코포레이티드
미국 캘리포니아 94550 리버모어 프레스턴 애비뉴 6252(72) 발명자 카 제프리 더블유.
미국 캘리포니아 94550 리버모어 펠라니 웨이 1581

(74) 대리인 박장원

심사청구 : 없음

(54) 비접촉식 표면 세정 장치 및 방법

요약

토치의 공급 가스에 반응성 전구체 가스를 제공함으로써, 접촉에 민감한 유리 광학 부재, 극박 피가공물 또는 반도체 웨이퍼와 같은 물체의 표면을 세정하기 위하여 화염 토치를 사용할 수 있다. 표면에 영향을 미치지 않으면서 전구체의 원자 라디칼과 화학적으로 결합하는 오염물을 표면으로부터 세정하기 위하여 반응성 원자 플라즈마 공정을 사용할 수 있다. 세정 후에 물체를 이송하거나 중간 공정을 개재시킬 필요 없이 표면 자체와 반응하는 제2 반응성 전구체를 공급함으로써 표면을 개질하기 위하여 토치를 사용할 수도 있다. 물체의 표면에 조형, 연마, 에칭, 평탄화, 부착, 화학적 개질 및/또는 물질 재분포를 위하여 화염 토치를 사용할 수 있다. 이러한 설명은 본 발명에 대한 모든 설명인 것은 아니며 본 발명의 범위를 한정하기 위한 것도 아니다. 명세서, 도면 및 특허청구범위를 검토함으로써 본 발명의 기타 특징, 양태 및 목적을 파악할 수 있다.

대표도

도 2

색인어

화염 가스, 반응성 원자 플라즈마(RAP) 공정, 광학 부재, 반도체 웨이퍼, 반응성 화학종, 원자 라디칼, 오염물, 비접촉식 표면 세정, 표면 개질

명세서

기술분야

본 발명의 분야는 화염(flame)과 반응성 가스를 이용한 표면 세정에 관한 것이다.

배경기술

<우선권 주장>

본 출원은, 2003년 3월 7일에 제프리 더블유. 카에 의해 "비접촉식 표면 세정 장치 및 방법"의 명칭으로 출원된 미국 특허 출원 제10/384,506호의 우선권 주장을 수반한다.

최근의 재료들은 넓은 범위의 광학 부재, 반도체 및 전자 부재의 제조업자에게 다수의 어려운 과제를 제시하고 있으며, 그러한 재료들 중 대다수는 정밀한, 조형(shaping), 평활화(smoothing) 및 연마를 필요로 한다. 또한, 그러한 부재는 제조 공정 중의 소정 단계 전후에 적어도 편면의 세정을 종종 필요로 한다. 기타 부재들은 제조 공정과는 별도로 단지 양호한 세정을 필요로 한다. 현재의 많은 물리적 접촉 방법은, 표면 손상을 일으키고 표면 아래에 손상을 가할 수도 있는 미세구조적 스케일의 기계적 힘을 수반하는 단점이 있다.

화염 토치들의 기본적인 설계와 구조는 공지되어 있으며, 화염 토치들 중 하나는 가스, 액체 또는 고체를 화염 내로 도입하는 중앙 튜브를 포함한다. 이는 화염 광도 측정법(flame photometry)의 기술이고, 고온 화염 내로 물질을 주입하고 그 결과로서 방출되는 빛을 분석함으로써 물질을 화학적으로 분석할 수 있는 방법이다.

물질을 화학적으로 처리하기 위한 플라즈마의 사용도 공지되어 있다. 고무, 플라스틱 및 금속과 같은 표면을 처리하기 위하여 대기 플라즈마를 사용하는 여러 공지된 방법들이 있다. 미국 특허 제6,218,640호에는, 웨이퍼의 표면으로부터 포토레지스트를 제거하기 위하여 ICP로 생성된 산소 플라즈마를 사용하는 방법이 개시되어 있다. 그러나 ICP 장치는 매우 복잡하고 특정 제한이 따르게 된다. ICP 장치는 비교적 고가이고, 항상 표면으로부터 물질을 제거하기 위한 최적 시스템인 것은 아닐 수도 있다.

포토레지스트를 제거하기 위한 "애싱(ashing)"이라고 불리는 산소 플라즈마의 이용은 반도체 분야에서 확립되어 있다. 애싱은 통상적으로 저압의 반응성 이온 에칭(reactive ion etch, RIE) 챔버 내에서 실시된다. 진공 챔버가 필요하게 되면, 비용이 증가하고 처리량이 감소한다. 또한, RIE 공정을 이용하는 산소 플라즈마 공정은 웨이퍼로부터의 "잔사(ash)"를 제거하기 위한 별도의 단계를 필요로 할 수도 있다. RIE 방법은 방향성이 아니고, 따라서 웨이퍼로부터 오염물의 특정 영역을 간단히 세정하는 데 사용할 수가 없다.

발명의 상세한 설명

본 발명의 실시예에 따른 시스템과 방법은 종래 기술에서의 결점과 장애를 극복하여, 제어성이 높고 정밀한 대기압에서의 비접촉식 표면 세정 공정을 제공한다. 이러한 시스템과 방법은 하나 또는 다수의 화염 토치를 이용하여 난가공성 물질을 세정하고 신속히 조형하기 위한 개선된 공정을 또한 제공한다.

본 발명에 따른 시스템과 방법은, 화염 토치의 화염에 적절한 반응성 전구체 가스를 공급함으로써 유리 광학 부재 또는 반도체 웨이퍼와 같은 피처리물의 표면을 세정할 수 있다. 화염 토치는 세정될 피처리물의 표면 또는 세정될 표면의 일부 근방으로 이동된다. 반응성 원자 플라즈마 공정을 사용하여 피처리물의 표면으로부터 오염물을 제거할 수 있는데, 오염물은 반응성 화학종(reactive species)과의 화학 반응에 의하여 표면으로부터 이탈하는 기상 생성물을 형성한다. 전구체는 화염용 공정 가스와 혼합될 수 있고, 화염은 전구체를 표면 오염물과 반응할 수 있는 원자 라디칼(atomic radical) 또는 분자 단편(molecular fragment)으로 단편화하기에 충분한 온도이어야 한다. 원자 라디칼과 반응하지 않는 표면상의 오염 물질은 영향을 받지 않고 잔류한다. 피처리물의 표면도 마찬가지로 영향을 받지 않는다.

또한 그와 같은 시스템과 방법은 세정 후에 피처리물의 표면을 개질(modification)할 수 있고, 피처리물을 다른 장치로 이송하거나 중간 공정을 개재시킬 필요가 없다. 표면이 충분히 세정된 후에, 다른 반응성 전구체가 화염 토치 내로 도입될 수

있다. 표면 개질을 달성하기 위하여, 이러한 전구체는 표면 자체와 반응하도록 선택될 수 있다. 그 후, 화염 토치는 피처리물 표면을 조형, 연마, 에칭, 평탄화 및/또는 표면상에 물질 부착을 위하여 사용된다. 명세서, 도면 및 특허청구범위를 참조함으로써 본 발명의 다른 특징, 태양 및 목적을 이해할 수 있다.

도면의 간단한 설명

도 1a와 도 1b는 본 발명의 한 실시예에 따라 사용 가능한 토치의 도면이다.

도 2는 본 발명의 또 다른 실시예에 따라 사용 가능한 ICP 토치 시스템의 도면이다.

도 3은 본 발명의 또 다른 실시예에 따라 사용 가능한 MIP 토치 시스템의 도면이다.

도 4는 도 1a와 도 1b의 시스템과 함께 사용 가능한 공정을 나타내는 흐름도이다.

실시예

반응성 원자 플라즈마(RAP) 공정에 유용한 시스템 개발 시에, 처리 전에 세정될 필요가 있는 소정 부재를 결정한다. 본 명세서에서 사용된 바와 같이, "세정"은 표면으로부터 오염물을 선택적으로 제거하는 것을 의미한다. 에칭 또는 표면 개질 공정 중에 피처리물의 표면상의 오염물은 마스크로서 작용할 수 있고, 따라서 오염물 아래의 물질은 처리되지 않은 채로 남게 된다. 이러한 마스크링 현상에 의하여, 상부에 오염물이 존재하는 고원(plateau) 형상의 부위가 형성될 수 있다. 또는 오염물이 측매로 작용할 수 있고, 따라서 오염물 입자가 표면 내로 구멍을 형성시키고 각 입자는 표면에 피트를 생성시키는 원인이 된다.

우선, 클래스 100 청정실(class 100 clean room) 내에서 와이프(wipe)와 용제를 사용하여 모든 피처리 부재를 수작업으로 세정하였다. 이러한 처리에 의해 세정이 거의 성공적으로 이루어졌으나, 소수의 입자와 얇은 층의 유기 물질이 잔류하였으며, 얇은 층의 유기 물질은 소수의 입자보다 문제가 된다. 이러한 유기 잔류물은 Ar/CF₄ 방출물(discharge)에 의해 용이하게 제거될 수 없다. RAP 공정을 이용하는 실험 전에, 유리 물질 또는 반도체 웨이퍼와 같은 이러한 부재의 표면을 세정하기 위하여 산소 플라즈마를 사용할 수 있다는 점이 밝혀졌다. 배면 가장자리에 유기 잔류물이 존재하는 웨이퍼를 이용하여 여러 실험을 실시하였다.

개발된 하나의 해결 방안에서는 공정의 제1 단계로서 산소 플라즈마 처리를 이용하였다. 20% 산소와 80% 아르곤의 혼합물을 100% Ar 플라즈마의 중앙에 도입하였다. 가스 혼합물은 취급을 단순화하는데, 그 이유는 물질이 100% 산소의 특별한 위험 제어에 놓이지 않기 때문이다. 15.24cm(6in)의 광학 부재에 대한 총 처리 시간은 약 5분 내지 약 30분의 범위이었으며, 이 범위 내에서는 어느 시간에서나 유사한 결과가 얻어졌다. 플라즈마는 100와트에서 12ℓ/분의 아르곤 유량과 1ℓ/분의 반응성 가스 유량으로 작동되었다. 방출물 하에서 부재를 빠르게 움직이게 하여 국부 가열을 최소화하였다. 웨이퍼의 경우에 웨이퍼의 가장자리를 세정하는 것이 목적이기 때문에, 피처리물을 병진 없이 신속히 회전시켰다. 반도체 산업에서는 웨이퍼 표면의 포토레지스트와 기타 유기 물질을 제거하기 위하여 산소 플라즈마를 사용하며, 반도체 소자를 산소 플라즈마에 노출시키면 소자에 손상이 가해지는 경우가 종종 있다. 종래의 플라즈마 기술은 전체 웨이퍼 표면을 에칭하며, 가장자리 오염물만을 목표로 하여 에칭하지는 않는다. 본 발명은 확정적인 방향성 플라즈마 툴을 이용하여, 표면의 이산 영역을 처리하고 마스크의 필요성을 제거한다.

후에 RAP 공정으로 처리되는 부재에 있어서는 세정 공정의 효율이 중요하였다. 세정 없이 Ar/CF₄ 플라즈마에 노출되는 경우에, 광학 부재 내에 지문이 영구히 에칭되었다. 광학 현미경으로 물질 제거를 감시하였고, 웨이퍼로부터의 레지스트를 제거하는 경우에는 세정 후에 표면을 스크레이핑(scraping)하여 감시하였다.

실리콘 웨이퍼의 배면 가장자리에 오염물이 존재하는 경우에 문제가 되었다. 종래의 플라즈마 기술로 생성된 산소 플라즈마를 이용한 실험을 하였으나, 이 실험에서는 웨이퍼의 전면(front side)에 손상이 발생하였다. 산소를 함유하는 ICP 플라즈마를 이용하는 RAP 공정은 웨이퍼의 전면에 손상을 가하지 않으면서 웨이퍼 가장자리로부터 불필요한 물질들을 제거할 수 있었다.

이후의 실험에서는 다른 형태의 RAP 공정을 시도하였다. ICP 플라즈마를 이용하는 대신에, 산소가 과잉된 상태로 연소하도록 조정된 간단한 수소-산소(H₂/O₂) 화염은, ICP 플라즈마를 이용하였을 때와 마찬가지로 웨이퍼 가장자리를 세정하기

에 충분한 산소 라디칼과 오존을 포함하는 활성 산소 단편을 생성시킬 수도 있을 것으로 생각되었다. 그러한 간단한 화염을 이용하는 장치는 ICP 장치보다 저렴하고 개선 및 보수가 용이하고 상당히 적용성이 있다. 기존 H_2/O_2 토치는 기본적으로 석영 유리 취입용과 귀금속 세공인에 의한 백금 용해용으로 사용된다.

H_2/O_2 토치를 웨이퍼 가장자리에 적용하여 시간 길이를 변화시킴으로써, 여러 실험을 행하였다. 웨이퍼의 가장자리에서의 유기 물질은 ICP에 의해 제거되는 것과 유사한 방식으로 제거될 수 있다는 점이 밝혀졌다. 적어도 몇몇 적용에 있어서는, 간단한 화염 토치가, 세정, 패시베이션(passivation) 및/또는 활성화를 포함하는 표면의 화학적 개질을 위하여 사용될 수 있는 산화제의 반응성 흐름을 생성하는 것으로 나타났다.

우선, 도 1a에 도시된 표준형 H_2/O_2 유리 취입용 토치(100)를 사용하여 화염(106)으로 표면 세정을 시도하였다. 토치(100)는 공정 가스를 수용하기 위한 2개의 입측 튜브를 구비하는데, 제1 튜브(102)는 수소와 같은 화염용 연료를 수용하고, 제2 튜브(104)는 산소와 같은 산화제를 수용한다. 이러한 가스는 토치 자체 내에서 혼합될 수 있다. 그와 같은 토치 내의 버너의 형태와 구조는 다양하게 변경될 수 있는데, 예를 들면 토치는 단공형 또는 다공형으로 설계될 수 있다. 또 다른 변형에는 통상적으로 버너 근방에 위치하는 역류 억제기를 포함한다.

토치(100)는 도 1b에 도시된 바와 같이 버너 개구부의 중앙에 작은 튜브(108)를 부가함으로써 개조된다. 이러한 개조형 H_2/O_2 토치(100)는 우선 점화될 수 있고, 그 후에 CF_4 또는 O_2 와 같은 반응성 전구체가 작은 중앙 튜브(108)로부터 유출될 수 있다. H_2/O_2 화염의 중앙에서의 온도는 CF_4 를 반응성 화학종으로 그리고 가능하게는 원자 라디칼로 단편화시키기에 충분할 수 있다. 화염 토치가 화염의 중앙으로 도입되는 CF_4 와 같은 반응성 전구체를 구비할 경우, 화염 내의 반응성 원자의 코어는 에칭 및 세정을 위해 사용될 수 있다. 기타 RAP 기술에서와 마찬가지로, 보호 덮개가 반응 영역의 외측에 위치한다. 후속 실험에 따르면, 그와 같은 토치를 이용하여 SiO_2 유리의 표면 내로 작은 피트를 형성시키는 것이 가능하다. 이러한 피트는 ICP RAP 공정의 사용에 의해 에칭된 피트보다 작지만 여러 동일한 특징을 갖는다. 시스템이 세정 또는 에칭을 하는지는, 선정된 반응성 화학종과 존재하는 오염물 및/또는 표면의 형태에 따라 달라진다. 화염 내로 주입되는 반응성 화학종을 변경하면, 동일한 토치를 사용하더라도 표면을 세정한 후에 에칭하는 것이 가능하다.

이러한 방법의 일례가 도 4에 도시되어 있다. 수소-산소 화염 토치와 같은 화염 토치 상에 화염을 점화시킨다(400). 반응성 전구체를 화염에 공급한다(402). 세정될 피처리물 표면으로 화염 토치를 접근시킨다(404). 반응성 전구체의 라디칼 또는 단편이 표면의 오염물과 결합하여 가스를 생성하고 표면으로부터 이탈할 수 있도록 함으로써, 피처리물의 표면을 세정할 수 있다(406). 표면을 세정한 후에 개질할 경우에, 추가 반응성 전구체를 화염에 공급할 수 있다(408). 화염이 제2 반응성 전구체를 구비하는 반응성 원자 공정을 사용하여, 피처리물의 표면을 개질시킬 수 있다(410).

표면 세정에 사용되는 화염 토치는 여러 방식으로 설계될 수 있다. 도 1a의 비교적 간단한 설계에 있어서는, 반응성 전구체 가스는 토치 내로 주입되기 전에 연료 또는 산화제 가스와 혼합될 수 있다. 이러한 방법을 사용하여, 화염 내로 전구체를 주입하기 위한 표준형 토치를 사용할 수 있다. 반응성 전구체에 따라 토치 헤드는 특정 재료로 제조될 수도 있다. 예를 들면, 염소 또는 염소 함유 분자를 H_2/O_2 토치 내에 혼합하면, 반응성 염소 라디칼이 생성될 수 있다. 반응성 염소 라디칼은 토치 선단을 이룰 수 있는 황동 또는 강과 같은 일반적인 금속의 부식을 일으킬 수 있다. 따라서, 토치 선단을 화학적 불활성 금속 또는 세라믹으로 대체할 필요가 있다. 특정 범위의 가스 혼합물만이 안정한 연소를 가능하게 할 수도 있다. 화염 그 자체가 생성되지 않을 때까지 염소가 H_2/O_2 토치 내의 산소와 혼합될 수 있는 임계치가 존재한다.

도 1b의 약간 더 복잡한 설계는, 토치 개구부의 중앙에 작은 튜브를 이용하여 전구체 가스를 H_2/O_2 화염에 도입할 수 있다. 이 경우에 화염은 통상 화학 평형을 이루고 환원되지도 산화되지도 않는다. 이러한 설계에 있어서 다양한 가스, 액체 또는 고체가 화염에 동축으로 도입되어 반응성 성분(component)을 생성한다. 이러한 실시예에서의 토치는 고체, 액체 및 가스 전구체로부터 예를 들면 O, Cl 및 F 라디칼을 생성할 수 있다.

전술한 경우들 중 어느 경우에도, 부재 또는 피처리물의 표면의 바람직하지 않은 "오물(dirt)" 또는 "오염물"과 화학적으로 결합할 수 있는 고온의 반응성 화학종의 흐름이 생성될 수 있다. 반응성 원자가 오염물과 결합하면, 표면을 떠날 수 있는 가스가 생성된다.

화학적 방법의 하나의 해결책은, 제거될 필요가 있는 물질과만 반응하고 그 아래의 기재를 변화시키지 않는 원자 라디칼을 생성하는 것이다. 표면에 존재하는 특정 물질을 목표로 하면서 다른 물질을 표면에 남겨 두는 다른 화학적 방법을 활용할 수도 있다. 다른 해결책으로서, 부재 또는 피처리물의 표면에 "잔사(ash)"가 잔류하지 않도록, 생성물이 모두 기상인 화학 반응을 선정하는 것을 고려할 수 있다.

본 발명에 따른 시스템과 방법을 사용하는 세정 공정의 한 실시예에 있어서, 우선 웨이퍼를 검사하여 오염물의 특성과 위치를 결정함으로써, 200mm 웨이퍼를 세정할 수 있다. 예를 들면, 경사진 조명하에서 웨이퍼의 배면 가장자리에서 오염물이 얇고 푸른 밴드로서 관찰될 수 있다. 물리적 접촉을 통해 오염물을 스크레이핑하는 대신에, 웨이퍼를 회전 스테이지 상에 장착하고 오염물에 적합한 전구체를 사용하는 화염 토치에 노출시킬 수 있다. 스테이지를 예를 들면 약 2rpm과 약 200rpm 사이의 적정 속도로 회전시킬 수 있다. 표면으로부터 오염물이 제거되는 시간까지 웨이퍼의 오염 영역을 화염에 노출시킬 수 있다.

RAP 세정 공정은 표준 플라즈마 세정 기술보다도 많은 이점이 있다. 예를 들면, 저압 RIE 방법과는 달리, RAP 시스템은 방향성이다. 이는 플라즈마 흐름이 웨이퍼 가장자리로 향할 수 있도록 하고, 웨이퍼의 나머지 부분은 노출되지 않는다. RAP 시스템은, 특정 영역이 세정될 필요가 있을 때에 시스템을 유용하게 하는 부차적 개구 툴(sub-aperture tool)로서의 기능을 할 수 있다. 제거 속도는 비교적 빠르고, 따라서 짧은 시간에 넓은 면적이 세정될 수 있다.

RAP 시스템은 넓은 범위의 압력에 걸쳐서 작동 가능하다. 가장 유용한 실시 형태는 대기압에서 또는 대기압 근방에서의 작동이며, 이는 진공 챔버 내에 배치하기가 용이하지 않은 대형 피처리물의 처리를 용이하게 한다. 진공 챔버를 사용하여 작업할 필요가 없기 때문에, 처리량이 대폭으로 증가하고 공정을 실시하기 위한 툴 비용이 감소한다.

RAP 공정과 함께 사용할 수 있는 다양한 화학적 방법은, 특정 물질을 제거하면서 다른 물질에는 영향을 미치지 않도록 설계될 수 있다. 예를 들면, 광학 부재와 실리콘 웨이퍼로부터의 용제 잔류물 또는 지문 오일의 세정은 연마면의 품질 저하 없이 달성될 수 있다. 시험 결과에 의하면, 표준 방법에 의하여 세정하더라도 모든 경우에 표면에 작은 스크래치가 남게 된다. RAP 세정 기술은 원자 레벨에서도 표면을 변화시키지 않는다. 산화제 부유층의 수소/산소 화염 내에 반응성 산소 화학종이 생성되는 화염 시스템을 시험하였다. 넓은 표면적을 신속히 처리하기 위하여 멀티-노즐 버너 또는 멀티-헤드 토치와 함께 화염 시스템을 용이하게 사용할 수 있다. 다른 적용으로서, 가우시안(Gaussian)형 툴 또는 가우시안 유사형 툴의 경우에 반치전폭(full width-half maximum, FWHM)이 0.2mm 정도로 작은 표면상의 영역에 영향을 미치는 작은 화염이 생성될 수 있다. 화염 시스템의 또 다른 장점은 고가의 RF 전력 생성기를 필요로 하지 않고 RF 방사로부터 차폐될 필요도 없다는 점이다. 사실상, 적절한 배출 수동 장비와 사용자 안전 장치가 활용된다면, 화염 시스템은 손에 짚 수 있는 장치일 수 있다.

또한, 표면을 세정하기 위해 사용되는 화염 토치는 H_2-O_2 화염 토치에 제한되는 것은 아니다. 반응성 화학종의 물질원(source)을 수용할 수 있고 반응성 화학종을 표면상의 오염 물질과 반응할 수 있는 원자 라디칼로 단편화시킬 수 있는 모든 화염 토치가 적절할 수 있다.

기타 RAP 시스템

반응성 원자 플라즈마(RAP) 시스템과 방법은, PACE 및 화학 증착 가공과 같은 다른 표면 개질 시스템에 비하여, 잠재적 제품의 수가 증가하여 열 민감성 부재 및 화학적 수단에 의해 연마하기가 통상적으로 어려운 비균질 재료로부터 제조된 장치를 포함한다는 점에 있어서 유리하다. 열 부하가 작고 재료 제거가 최소인 상태로 연마 및 평면화가 가능하다. 그러한 표면 세정 공정을 응용하면 RAP 시스템이 사용될 수 있는 작업의 능력과 범위가 더욱 증가한다.

간단한 화염 토치의 사용은 ICP 토치 시스템과 같은 시스템에 비하여 장점이 있지만, 표면을 세정하기 위하여 다른 RAP 시스템을 사용할 수도 있다. 또한, 이러한 시스템을 사용하여, 피처리물을 이송시킬 필요 없이 단일 토치를 사용하여 피처리물을 세정하고 에칭할 수 있다. 도 2는 본 발명에 따라 사용 가능한 반응성 원자 플라즈마(RAP) 시스템의 한 실시예를 나타낸다. 도 2는 플라즈마 상자(206) 내의 플라즈마 토치를 나타낸다. 토치는 내측 튜브(234), 외측 튜브(238) 및 중간 튜브(236)로 이루어진다. 내측 튜브(234)는 질량 유량 제어기(218)로부터 반응성 전구체 가스(242)의 흐름을 수용하기 위한 가스 유입구(200)를 구비한다. 토치는 다른 공정 단계 중에 다른 전구체 가스를 사용할 수 있다. 예를 들면, 토치는 제1 단계에서 특정 오염물을 세정하기에 적합한 전구체를 사용할 수 있고, 제2 단계 중에 피처리물의 표면에 물질을 재분포시키기 위한 전구체를 사용할 수 있다.

중간 튜브(236)는 유량 제어기(218)로부터 보조 가스를 수용하기 위한 가스 유입구(202)를 구비한다. 외측 튜브(238)는 질량 유량 제어기(218)로부터 플라스마 가스를 수용하기 위한 가스 유입구(204)를 구비한다. 질량 유량 제어기(218)는 다수의 가스 공급원(220, 222, 224, 226)으로부터 필요 가스를 수용하고 토치의 각 튜브로 흐르는 가스의 양 및 속도를 제어할 수 있다. 토치 조립체는 플라스마 방출물(208)을 생성하고 유지할 수 있고, 플라스마 방출물은 피처리물 상자(214) 내의 척(chuck)(212) 상에 배치된 피처리물(210)을 세정한 후에 조형 또는 연마할 수 있다. 피처리물 상자(214)는, 예를 들면 플라스마 방출물(208)과 피처리물(210)의 반응에 의해 생성된 공정 가스 또는 생성물을 배출시키기 위한 배출구(232)를 구비한다.

이 실시예에서 척(212)은 병진 스테이지(216)에 연결되고, 병진 스테이지는 플라스마 방출물(208)에 대하여 척(212) 상의 피처리물(210)을 병진 및/또는 회전시키도록 구성된다. 병진 스테이지(216)는 컴퓨터 제어 시스템(230)에 연결되고, 컴퓨터 제어 시스템은, 예를 들면 피처리물의 소망의 세정, 조형 및/또는 연마를 달성하기 위하여 적정 경로를 따라 피처리물(210)의 이동을 가능하게 하는 필요 정보 또는 제어 명령을 병진 스테이지(216)에 제공하도록 프로그래밍될 수 있다. 컴퓨터 제어 시스템(230)은 토치에 전력을 공급하는 RF 전력 공급원(228)에 연결된다. 컴퓨터 제어 시스템(230)은 질량 유량 제어기(218)에 필요 정보를 또한 제공한다. 유도 코일(240)이 플라스마 방출물(208) 근방에서 토치의 외측 튜브(238)를 둘러싼다. RF 전력 공급원(228)으로부터의 전류는 코일(240)을 통하여 토치의 단부 주위로 흐른다. 이 에너지는 플라스마와 결합된다.

도 3에 도시된 바와 같이, 본 발명에 따라 사용 가능한 또 다른 RAP 시스템은 마이크로파 유기 플라스마(microwave-induced plasma, MIP)원을 사용한다. MIP원은, 원자화(atomization)원으로서 ICP 톨 또는 화염의 사용을 보완하거나 경우에 따라서는 그보다 우수한 다수의 특성을 갖는다는 점이 입증되어 왔다. 플라스마는 3개 대신에 2개의 동심 튜브의 사용에 의하여 표준 ICP와는 구별되는 석영 토치(300) 내에 수용될 수 있다. 충분히 큰 개구부에 의하여 토로이달 플라스마(torroidal plasma)가 생성될 수 있고 ICP와 유사하게 토치의 중앙으로 전구체가 주입된다.

튜브의 동심성 제어 및 가스의 접선 속도 증가를 위하여, 나선형 삽입체(308)가 토치의 외측 튜브(302)와 내측 튜브(304) 사이에 삽입될 수 있다. 와류(vortex flow)는 시스템을 안정화시키는 경향이 있고 높은 속도는 석영 튜브(302, 304)의 냉각에 기여한다.

마이크로파 공동(312)의 본체(main portion)는, 구리와 같은 고전도성 재료로 가공된 원형 또는 원통형 체임버일 수 있다. 2.45GH의 (또는 다른 적절한) 전력 공급원(330)으로부터의 에너지는 공동의 가장자리의 커넥터(314)를 통하여 공동(312) 내로 연결될 수 있다. 공동(312)은 한 실시예에서, 중공 원통형 플런저(306) 또는 조정 장치를 공동(312) 내외로 이동시킴에 의하여 조정될 수 있다. 석영 토치(300)는 조정 장치(306) 내에 수용되지만, 시스템이 조정되는 동안에는 이동하지 않는다.

대기로부터 플라스마를 차폐하기 위하여, 외측 가스 덮개(320)가 사용될 수 있다. 덮개(320)는 플라스마 내의 반응성 화학종의 수명을 결정하고 그에 기여할 수 있고, 대기 재연소 생성물을 실질적으로 가능한 한 적게 유지할 수 있다. 한 실시예에서, 덮개(320)의 단부는 토치(300)의 개방 단부 또는 선단과 대략 동일 평면상에 위치한다. 나사산 플랜지를 사용한 연장 튜브(322)를 덮개(320)의 출구에 설치함으로써, 덮개(320)를 토치(300)의 선단 이상으로 연장시킬 수 있다. 덮개 자체를 공동(312)의 본체에 나사 연결 방식으로 부착할 수 있고, 따라서 덮개를 회전시켜 공동(312)을 향하거나 멀어지도록 함으로써 높이를 미세 조정하는 것이 가능해진다.

공정 가스(328)의 공급원은 공정 가스를 토치(300)의 두 튜브(302)에 공급할 수 있다. 한 실시예에서, 이 공정 가스는 주로 아르곤과 헬륨으로 이루어지지만, 경우에 따라 화학적 반응이 허용된다면 이산화탄소, 산소 또는 질소뿐만 아니라 다른 가스를 함유할 수도 있다. 이 실시예에서 가스 유량은 약 1ℓ/분 내지 10ℓ/분일 수 있다. 또한, 토치로 도입된 가스는 적용에 따라 달라질 수 있다. 표면 세정을 위해 반응성 전구체 가스를 도입할 수 있고, 그 후에 피처리물의 표면을 조형 또는 개질을 위하여 다른 전구체 가스를 도입할 수 있다. 이러한 구성에 의하여, 각각의 목적을 달성하기 위하여 피처리물을 다른 장치로 이송할 필요 없이 단일 체임버 내에서 피처리물을 세정하고 처리하는 것이 가능하다.

화학 반응

본 발명의 실시예에 따른 반응성 원자 플라스마 공정은, 적어도 부분적으로는 비반응성 전구체 화학물질과 플라스마의 상호 반응에 의해 형성된 원자 라디칼과 반응성 단편의 화학 반응에 기초한다. 그러한 한 공정에 있어서, 비반응성 전구체의 분해에 의해 형성된 원자 라디칼은 세정 또는 개질되고 있는 부재의 표면상의 물질과 반응한다. 표면 물질은 가스 반응 생

성물로 변환되고 표면을 떠난다. 여러 화학 전구체와 여러 플라즈마 조성을 사용함으로써, 다양한 물질을 처리할 수 있다. 이 공정에서 표면 반응의 생성물은 플라즈마 노출 조건하에서 가스이어야 한다. 그렇지 않은 경우에는, 표면 반응 잔류물이 표면에 축적되어 그 후의 에칭을 방해하게 된다.

전술한 예에서, 반응성 전구체 화학물질은 가스로서 도입될 수 있다. 그와 같은 반응성 전구체는 액체 또는 고체의 형태로 플라즈마로 도입될 수도 있다. 액체는 플라즈마 내로 흡입될 수 있고, 미세 분말은 플라즈마로의 도입 전에 가스와 혼합에 의하여 분무화될 수 있다. RAP 공정은 대기압에서 사용될 수 있다. RAP는 표면을 정밀하게 세정하고 조형하기 위한 부차적 개구 툴로서 사용 가능하다.

튜브가 2개 또는 3개인 표준형의 상용 토치가 사용될 수 있다. 외측 튜브는 다량의 플라즈마 가스를 처리할 수 있고, 내측 튜브는 반응성 전구체 주입을 위하여 사용될 수 있다. 이러한 결합 영역과 그에 따른 온도 구배의 결과로서, 반응성 가스 또는 부착될 물질이 도입되는 간단한 방식은 중앙을 통해서 도입되는 것이다. 반응성 가스는 플라즈마 가스와 직접 혼합될 수도 있지만, 이러한 구성에서는 석영 튜브가 침식될 수 있고 시스템은 불활성 외측 가스 덮개의 장점을 잃는다.

반응성 전구체의 여기 영역 중앙으로의 주입은 종래 기술보다도 중요한 여러 이점을 갖는다. ADP와 같은 몇몇 대기 플라즈마 켓 시스템은 전구체를 플라즈마 가스와 혼합하여 반응성 화학종의 균일한 플룸(plume)을 생성한다. 이는 전극 또는 플라즈마 튜브를 반응성 화학종에 노출시켜, 플라즈마의 침식과 오염을 일으킨다. PACE의 몇몇 구성에 있어서는, 반응성 전구체가 여기 영역의 가장자리 주위에 도입되고, 이는 전극의 직접 노출과 플라즈마 오염을 일으킨다. 반면에, RAP 시스템 내의 반응성 화학종은 차폐 아르곤에 의해 둘러싸이고, 이는 플라즈마 토치 침식을 감소시킬 뿐만 아니라 반응성 화학종과 대기 사이의 상호 반응도 감소시킨다.

외측 튜브의 내경은 방출물의 크기를 제어하기 위해 사용될 수 있다. 표준형 토치에서는 내경이 약 18mm 내지 약 24mm 정도일 수 있다. 크기는 다소 주파수에 의존하며, 주파수가 작으면 크기가 클 필요가 있다. 그와 같은 시스템을 축소하기 위하여, 2개의 튜브로 설계된 토치는 내경이 예를 들면 약 14mm가 되도록 구성될 수 있다. 마이크로파 여기, 또는 고주파수, 발생원의 경우에 더욱 작은 내경이 사용될 수도 있다.

본 발명의 바람직한 실시예에 대한 전술한 설명은 예시적인 설명을 위한 목적으로 제시되었다. 이러한 설명은 본 발명의 모든 실시예를 제시하기 위한 것이 아니며, 개시된 실시 형태와 동일한 것으로만 본 발명을 한정하기 위한 것도 아니다. 당업자에게는 많은 변경 실시예와 변형 실시예가 자명할 것이다. 발명의 원리와 실용적인 적용을 설명하기 위하여 실시예들이 선택되고 설명되었으며, 따라서 당업자라면 고려된 특별한 용도에 적합한 여러 실시예 및 변경 실시예에 대한 본 발명을 이해할 수 있다. 본 발명의 범위는 이하의 특허청구범위 및 그 균등물에 의하여 한정된다.

(57) 청구의 범위

청구항 1.

반응성 화학종을 화염 토치에 공급하는 단계,

화염 토치를 피처리물 표면으로 근접시키는 단계, 및

반응성 화학종과 화학적으로 결합하여 피처리물의 표면으로부터 제거될 오염물이 존재하는 피처리물의 표면을 세정하기 위하여 화염을 사용하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 피처리물 표면 세정 방법.

청구항 2.

제1항에 있어서,

상기 피처리물의 표면에는 상기 반응성 화학종과 화학적으로 결합하여 가스를 생성하고 표면으로부터 제거될 제1 오염물과 상기 반응성 화학종과 화학적으로 결합하지 않는 제2 오염물이 존재하며,

제2 오염물이 잔류하는 상태로 제1 오염물을 제거하기 위하여 화염을 사용하는 것을 특징으로 하는 피처리물 표면 세정 방법.

청구항 3.

제1항에 있어서,

상기 반응성 화학종으로부터 원자 라디칼의 흐름을 생성하는 단계를 또한 포함하는 것을 특징으로 하는 피처리물 표면 세정 방법.

청구항 4.

제1항에 있어서,

상기 화염 토치에 연료원을 공급하는 단계를 또한 포함하는 것을 특징으로 하는 피처리물 표면 세정 방법.

청구항 5.

제1항에 있어서,

상기 화염 토치에 산화제원을 공급하는 단계를 또한 포함하는 것을 특징으로 하는 피처리물 표면 세정 방법.

청구항 6.

제1항에 있어서,

상기 화염 토치에 화염을 점화하는 단계를 또한 포함하는 것을 특징으로 하는 피처리물 표면 세정 방법.

청구항 7.

제1항에 있어서,

상기 반응성 화학종을 원자 라디칼로 단편화시킬 수 있는 충분히 높은 온도의 화염 토치에 화염을 점화하는 단계를 또한 포함하는 것을 특징으로 하는 피처리물 표면 세정 방법.

청구항 8.

제1항에 있어서,

상기 피처리물의 표면의 화학적 성질을 플라즈마로 변경시키는 단계를 또한 포함하는 것을 특징으로 하는 피처리물 표면 세정 방법.

청구항 9.

제1항에 있어서,

상기 피처리물의 표면을 조형하기 위하여 반응성 플라즈마 공정을 이용하는 단계를 또한 포함하는 것을 특징으로 하는 피처리물 표면 세정 방법.

청구항 10.

제1항에 있어서,

상기 화염 토치에 대하여 피처리물을 회전시키는 단계를 또한 포함하는 것을 특징으로 하는 피처리물 표면 세정 방법.

청구항 11.

제1항에 있어서,

상기 반응성 화학종의 플라즈마 내로의 질량 유량을 제어하는 단계를 또한 포함하는 것을 특징으로 하는 피처리물 표면 세정 방법.

청구항 12.

제1항에 있어서,

상기 화염 토치 내로 도입될 반응성 화학종의 농도를 선택하는 단계를 또한 포함하는 것을 특징으로 하는 피처리물 표면 세정 방법.

청구항 13.

제1항에 있어서,

상기 화염 토치의 외측 튜브를 통해 공정 가스를 도입하는 단계를 또한 포함하는 것을 특징으로 하는 피처리물 표면 세정 방법.

청구항 14.

제1항에 있어서,

상기 화염 토치의 방출물 영역에 에너지를 결합시키는 단계를 또한 포함하는 것을 특징으로 하는 피처리물 표면 세정 방법.

청구항 15.

제1항에 있어서,

상기 화염 토치의 외측 튜브의 내경을 선택함으로써 방출물의 크기를 제어하는 단계를 또한 포함하는 것을 특징으로 하는 피처리물 표면 세정 방법.

청구항 16.

제1항에 있어서,

상기 화염 토치를 대략 대기압에서 작동시키는 단계를 또한 포함하는 것을 특징으로 하는 피처리물 표면 세정 방법.

청구항 17.

제1항에 있어서,

상기 화염 토치로 피처리물의 표면을 개질하는 것을 단계를 또한 포함하는 것을 특징으로 하는 피처리물 표면 세정 방법.

청구항 18.

제1항에 있어서,

상기 화염 토치로 피처리물의 표면을 연마하는 단계를 또한 포함하는 것을 특징으로 하는 피처리물 표면 세정 방법.

청구항 19.

제1항에 있어서,

상기 화염 토치로 피처리물의 표면을 평탄화하는 단계를 또한 포함하는 것을 특징으로 하는 피처리물 표면 세정 방법.

청구항 20.

제1항에 있어서,

세정 속도를 증가시키기 위하여 멀티 헤드를 구비한 플라즈마 노치를 사용하는 단계를 또한 포함하는 것을 특징으로 하는 피처리물 표면 세정 방법.

청구항 21.

반응성 화학종을 화염에 공급하는 단계 및

반응성 화학종과 화학적으로 결합하는 오염물이 존재하는 피처리물 표면을 세정하기 위하여 화염을 사용하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 피처리물 표면 세정 방법.

청구항 22.

제21항에 있어서,

표면을 세정하기 위하여 화염을 사용함으로써, 오염물이 상기 반응성 화학종과 화학적으로 결합할 때에 가스를 생성하는 것을 특징으로 하는 피처리물 표면 세정 방법.

청구항 23.

제21항에 있어서,

상기 피처리물의 표면으로 화염을 근접시키는 단계를 또한 포함하는 것을 특징으로 하는 피처리물 표면 세정 방법.

청구항 24.

제21항에 있어서,

상기 피처리물의 표면에 대하여 화염을 이동시키는 단계를 또한 포함하는 것을 특징으로 하는 피처리물 표면 세정 방법.

청구항 25.

반응성 화학종을 플라즈마 토치에 공급하는 단계,

플라즈마 토치를 피처리물의 표면으로 근접시키는 단계, 및

반응성 화학종과 화학적으로 결합하여 표면으로부터 제거될 오염물이 존재하는 피처리물 표면을 세정하기 위하여, 반응성 원자 플라즈마 공정을 이용하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 피처리물 표면 세정 방법.

청구항 26.

하나 이상의 오염물이 존재하는 피처리물의 표면을 선택적으로 세정하기 위한 피처리물 표면 세정 방법으로서,

반응성 화학종을 화염에 공급하는 단계 및

반응성 화학종과 화학적으로 결합하여 표면으로부터 제거될 오염물들 중 하나를 피처리물 표면으로부터 제거하기 위하여, 화염을 사용하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 피처리물 표면 세정 방법.

청구항 27.

제26항에 있어서,

상기 오염물들 중 하나와 화학적으로 결합하지만 다른 오염물들과 화학적으로 결합하지 않는 반응성 화학종을 선택하는 단계를 또한 포함하는 것을 특징으로 하는 피처리물 표면 세정 방법.

청구항 28.

화염 토치에 제1 반응성 화학종의 물질원을 공급하는 단계,

화염 토치를 피처리물의 표면으로 근접시키는 단계,

제1 반응성 화학종과 화학적으로 결합하여 가스를 생성하고 표면으로부터 제거될 오염물이 존재하는 피처리물 표면을 세정하기 위하여 반응성 원자 플라즈마 공정을 이용하는 단계,

화염 토치에 제2 반응성 화학종의 물질원을 공급하는 단계, 및

제2 반응성 화학종과 화학적으로 반응할 수 있는 피처리물의 표면을 개질하기 위하여 반응성 원자 플라즈마 공정을 이용하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 피처리물 표면 세정 및 개질 방법.

청구항 29.

제28항에 있어서,

피처리물의 표면을 개질하기 위하여 반응성 원자 플라즈마 공정을 이용하는 단계는, 조형, 연마, 에칭, 평탄화 및 재분포로 이루어진 그룹으로부터 선택된 공정에 의해 표면을 개질하는 것을 특징으로 하는 피처리물 표면 세정 및 개질 방법.

청구항 30.

화염 토치에 대하여 피처리물을 배치하는 단계,

화염 토치 내로 반응성 전구체를 주입하는 단계,

피처리물과 화염 토치 중 적어도 하나를 병진시키는 단계, 및

화염 토치로 피처리물의 표면을 세정하기 위하여 반응성 원자 플라즈마 공정을 사용하는 단계를 달성할 수 있는 것을 특징으로 하는 피처리물 표면 세정 툴.

청구항 31.

화염 토치에 대하여 피처리물을 배치하는 수단,

화염 토치 내로 반응성 전구체를 주입하는 수단,

피처리물과 화염 토치 중 적어도 하나를 병진시키는 수단, 및

화염 토치로 피처리물의 표면을 세정하기 위하여 반응성 원자 플라즈마 공정을 사용하는 수단을 포함하는 것을 특징으로 하는 피처리물 표면 조형 툴.

청구항 32.

화염 토치, 및

피처리물과 화염 토치 중 적어도 하나를 병진시킬 수 있는 병진기를 포함하며,

상기 토치는 피처리물의 표면의 오염물과 화학적으로 결합하여 가스를 생성하고 표면으로부터 오염물을 제거할 수 있는 반응성 전구체를 수용하도록 구성된 것을 특징으로 하는 피처리물 표면 세정 툴.

청구항 33.

제32항에 있어서,

상기 화염 토치는 수소-산소 화염을 생성하도록 구성된 것을 특징으로 하는 피처리물 표면 세정 툴.

청구항 34.

제32항에 있어서,

상기 화염 토치는 표면 개질에 사용될 수 있는 원자 라디칼의 흐름을 생성하도록 구성된 것을 특징으로 하는 피처리물 표면 세정 툴.

청구항 35.

제34항에 있어서,

상기 화염 토치는, 세정, 패시베이션 및 활성화로 이루어진 그룹으로부터 선택된 공정에 의하여 표면을 개질할 수 있는 흐름을 생성하는 것을 특징으로 하는 피처리물 표면 세정 툴.

청구항 36.

제35항에 있어서,

상기 화염 토치는, 조형, 연마, 에칭, 평탄화 및 재부착으로 이루어진 그룹으로부터 선택된 공정에 의하여 표면을 개질할 수 있는 원자 라디칼의 흐름을 형성하도록 구성된 것을 특징으로 하는 피처리물 표면 세정 툴.

청구항 37.

제32항에 있어서,

상기 화염 토치 내에 화염 억제기를 또한 포함하는 것을 특징으로 하는 피처리물 표면 세정 툴.

청구항 38.

제32항에 있어서,

상기 화염 토치는 공정 가스를 수용하기 위한 적어도 하나의 튜브를 포함하는 것을 특징으로 하는 피처리물 표면 세정 툴.

청구항 39.

제38항에 있어서,

상기 화염 토치는 산소와 수소로 이루어진 그룹으로부터 선택된 공정 가스를 수용하기 위한 적어도 하나의 튜브를 포함하는 것을 특징으로 하는 피처리물 표면 세정 툴.

청구항 40.

제32항에 있어서,

상기 화염 토치는 반응성 전구체를 수용하기 위한 중앙 튜브를 구비하는 것을 특징으로 하는 피처리물 표면 세정 툴.

청구항 41.

제40항에 있어서,

상기 화염 토치는 CF_4 , O_2 , Cl 및 NH_3 로 이루어진 그룹으로부터 선택된 반응성 전구체를 수용하기 위한 중앙 튜브를 구비하는 것을 특징으로 하는 피처리물 표면 세정 툴.

청구항 42.

제32항에 있어서,

상기 화염 토치는 화학적으로 불활성인 금속 선단을 구비하는 것을 특징으로 하는 피처리물 표면 세정 툴.

청구항 43.

제32항에 있어서,

상기 병진기는, 피처리물을 지지하고 화염 토치에 대하여 피처리물을 회전시키기 위한 회전 스테이지인 것을 특징으로 하는 피처리물 표면 세정 툴.

청구항 44.

제32항에 있어서,

상기 화염 토치는 멀티-노즐 버너를 포함하는 것을 특징으로 하는 피처리물 표면 세정 툴.

청구항 45.

반응성 전구체를 수용하도록 구성된 화염 토치를 포함하며,

상기 화염 토치는, 반응성 전구체를 표면 세정에 이용 가능한 화학 라디칼의 흐름으로 단편화시킬 수 있는 것을 특징으로 하는 피처리물 표면 세정 툴.

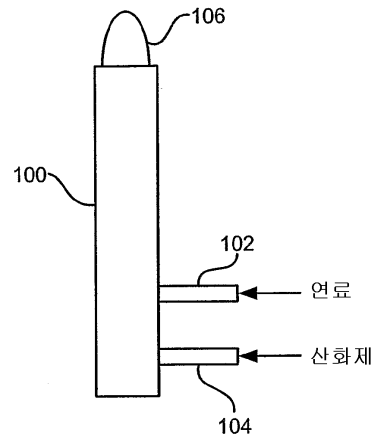
청구항 46.

제45항에 있어서,

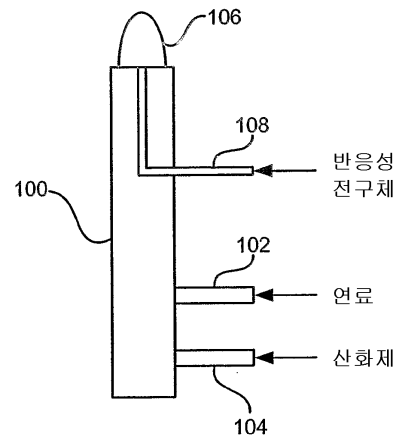
상기 화염 토치는, 반응성 전구체를 표면 개질에 이용 가능한 원자 라디칼의 흐름으로 또한 단편화시킬 수 있는 것을 특징으로 하는 피처리물 표면 세정 툴.

도면

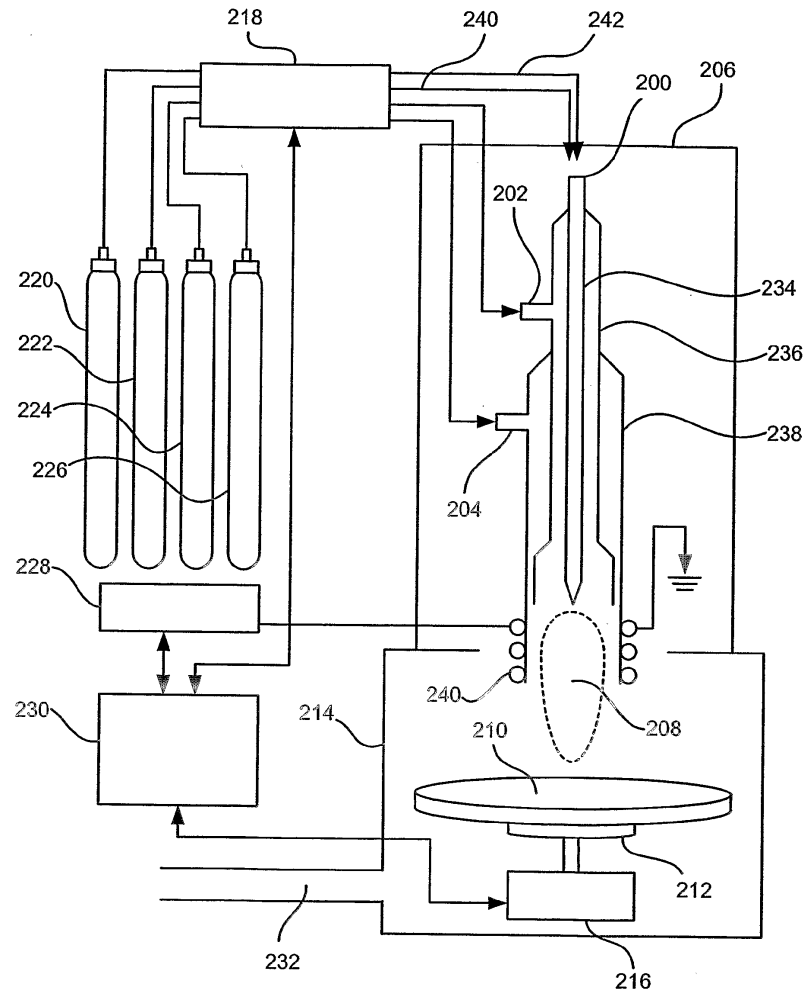
도면1a



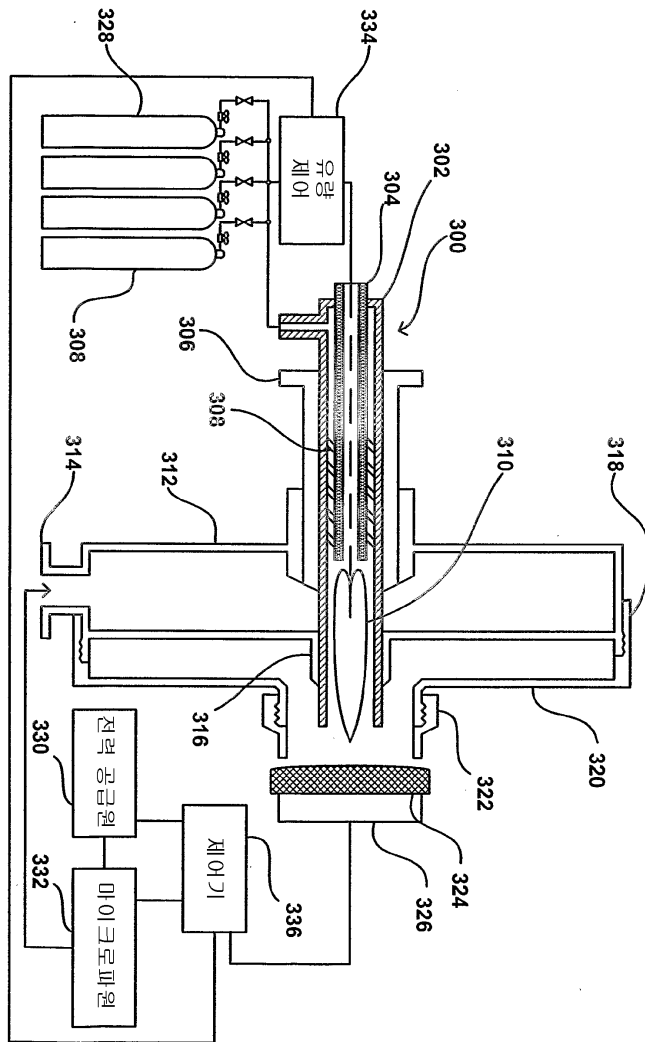
도면1b



도면2



도면3



도면4

