



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2009-0034913  
(43) 공개일자 2009년04월08일

- |   |  |
|---|--|
| <p>(51) Int. Cl.<br/>C23C 18/16 (2006.01) C23C 18/54 (2006.01)</p> <p>(21) 출원번호 10-2009-7001635</p> <p>(22) 출원일자 2009년01월23일<br/>심사청구일자 없음<br/>번역문제출일자 2009년01월23일</p> <p>(86) 국제출원번호 PCT/US2007/072241<br/>국제출원일자 2007년06월27일</p> <p>(87) 국제공개번호 WO 2008/002977<br/>국제공개일자 2008년01월03일</p> <p>(30) 우선권주장<br/>11/427,266 2006년06월28일 미국(US)<br/>11/611,736 2006년12월15일 미국(US)</p> | <p>(71) 출원인<br/>램 리써치 코퍼레이션<br/>미국 94538 캘리포니아주 프레몬트 쿠싱 파크웨이 4650</p> <p>(72) 발명자<br/>도르디 예즈디<br/>미국 94303 캘리포니아주 팔로 알토 윌터 헤이스 드라이브 104<br/>티 윌리엄<br/>미국 94040 캘리포니아주 마운틴 뷰 콘티넨탈 씨클 707 넘버2221<br/>(뒷면에 계속)</p> <p>(74) 대리인<br/>특허법인코리아나</p> |
|---|--|

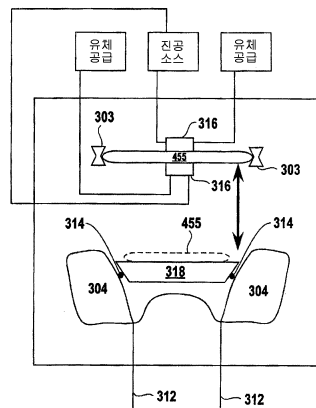
전체 청구항 수 : 총 19 항

**(54) 무전해 성막용 도금 용액을 도포하는 장치**

**(57) 요약**

무전해 도금 챔버를 제공한다. 그 무전해 도금 챔버는 기관을 지지하도록 구성된 척과 그 척의 기저와 측벽을 포위하는 보울(bowl)을 포함한다. 그 기저는 기저의 내경을 따라 정의된 환상 채널을 갖는다. 그 챔버는 그 환상 채널에 접속된 드레인을 포함한다. 그 드레인은 척으로부터 집적된 유체를 제거할 수 있다. 그 챔버에서는 기관을 세정하고 실질적으로 건조할 수 있는 근접 헤드를 포함한다. 또한, 무전해 도금 공정을 실시하는 방법을 제공한다.

**대표도** - 도3B



(72) 발명자

**보이드 존 엠**

미국 97123 오리건주 힐스보로 노스이스트 벨롯 로  
드 25455

**레데커 프리츠 씨**

미국 94538 캘리포니아주 프레몬트 수 드라이브  
1801

**오웬자르즈 알렉산더**

미국 95135 캘리포니아주 샌호세 테버론 코트 7523

## 특허청구의 범위

### 청구항 1

기관을 지지하도록 구성된 척;

상기 척의 기저와 측벽을 포위하는 보울 (bowl)로서, 상기 보울의 기저가 상기 보울의 기저의 내경을 따라 정의된 환상 채널을 갖는, 상기 보울;

상기 환상 채널에 접속되어 상기 척으로부터 모인 유체를 제거할 수 있는 드레인; 및

상기 기관을 세정하고 실질적으로 건조할 수 있는 근접 헤드를 포함하는, 무전해 도금 챔버.

### 청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 척에 의해 지지된 상기 기관의 상부 표면에 유체를 전달하도록 구성된 유체 전달 시스템을 더 포함하는, 무전해 도금 챔버.

### 청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 척이 상기 기관에 열을 제공하도록 구성되는, 무전해 도금 챔버.

### 청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 기관은 상기 보울의 측벽과의 봉인을 깨도록 초기 위치 위의 제 1 위치까지 이동되어 상기 기관의 상부 표면 상에 남은 도금 용액을 제거하는, 무전해 도금 챔버.

### 청구항 5

제 4 항에 있어서,

상기 척은 상기 제 1 위치 위의 제 2 위치까지 이동하도록 구성되어 상기 근접 헤드로 세정 및 건조 공정을 실시하는, 무전해 도금 챔버.

### 청구항 6

제 5 항에 있어서,

상기 기관은 상기 척으로부터 상기 제 1 위치 또는 상기 제 2 위치 중 어느 한 위치에서 물리로 이송되는, 무전해 도금 챔버.

### 청구항 7

제 1 항에 있어서,

상기 척과 상기 보울을 포위하는 제 1 챔버; 및

상기 제 1 챔버 중 적어도 기저와 측벽을 포위하는 제 2 챔버를 더 포함하는, 무전해 도금 챔버.

### 청구항 8

제 1 항에 있어서,

상기 무전해 도금 챔버 내의 환경은 실질적으로 산소가 없는, 무전해 도금 챔버.

### 청구항 9

제 7 항에 있어서,

상기 제 1 챔버는 폴리테트라플루오로에틸렌 (Polytetrafluoroethylene) 으로 이루어지고, 상기 제 2 챔버는 알루미늄으로 이루어지는, 무전해 도금 챔버.

**청구항 10**

단일 챔버 내에서 무전해 도금 공정을 실시하는 방법으로서,  
 척 상에 있는 기관의 표면 상으로 도금 용액을 성막하는 단계;  
 상기 기관의 표면 상에 일 층을 도금하는 단계;  
 상기 기관의 상부 표면을 린스하여 상기 도금 용액을 제거하는 단계; 및  
 상기 기관의 상부 표면을 건조시키는 단계를 포함하는, 무전해 도금 공정을 실시하는 방법.

**청구항 11**

제 10 항에 있어서,  
 상기 기관의 상부 표면을 린스하고 건조하는 단계는 상기 기관을 회전시키는 단계를 포함하는, 무전해 도금 공정을 실시하는 방법.

**청구항 12**

제 10 항에 있어서,  
 상기 기관의 상부 표면을 린스하여 상기 도금 용액을 제거하는 단계는,  
 상기 기관의 상부 표면으로부터 배출되는 유체를 상기 척을 포위하는 보울 내로 모으는 단계를 포함하는, 무전해 도금 공정을 실시하는 방법.

**청구항 13**

제 10 항에 있어서,  
 상기 기관의 표면 상에 일 층을 도금하는 단계는,  
 수용성 구리염 성분, 수용성 코발트염 성분, 폴리아민계 착화제, 화학 광택제 성분, 및 무전해 구리 도금 용액이 약 8 미만의 pH 를 갖게 하는데 충분한 양의 pH-변경 물질로 본질적으로 이루어진 무전해 구리 도금 용액을 성막하는 단계를 포함하는, 무전해 도금 공정을 실시하는 방법.

**청구항 14**

제 10 항에 있어서,  
 상기 기관의 표면 상에 일 층을 도금하는 단계는,  
 상기 기관의 상기 표면 상으로 무전해 코발트 도금 용액을 성막하는 단계를 포함하는, 무전해 도금 공정을 실시하는 방법.

**청구항 15**

제 14 항에 있어서,  
 상기 무전해 코발트 도금 용액은 코발트 텅스텐 보론 (CoWB), 코발트 텅스텐 포스파이드 (CoWP), 및 코발트 텅스텐 보로포스파이드 (CoWBP) 로 이루어진 그룹으로부터 선택되는, 무전해 도금 공정을 실시하는 방법.

**청구항 16**

제 10 항에 있어서,  
 상기 무전해 도금 공정이 발생하는 챔버를 배기시키는 단계;  
 상기 챔버로 불활성 가스를 펄싱 (pulsing) 하는 단계; 및

상기 도금 용액을 성막하는 단계 전에 상기 챔버로부터 임의의 비-불활성 가스를 제거하도록 상기 배기 단계와 상기 펄싱 단계를 반복하는 단계를 더 포함하는, 무전해 도금 공정을 실시하는 방법.

**청구항 17**

제 13 항에 있어서,

상기 무전해 구리 도금 용액은 할로겐화물 성분을 포함하는, 무전해 도금 공정을 실시하는 방법.

**청구항 18**

제 17 항에 있어서,

상기 할로겐화물 성분은 브롬화 칼륨, 염화 리튬, 요오드화 칼륨, 불화 염소, 염화 암모늄, 브롬화 암모늄, 불화 암모늄, 및 요오드화 암모늄으로 이루어진 그룹으로부터 선택되는, 무전해 도금 공정을 실시하는 방법.

**청구항 19**

제 10 항에 있어서,

상기 단일 챔버 내의 환경은 실질적으로 산소가 없는, 무전해 도금 공정을 실시하는 방법.

**명세서**

<1>

발명자:

<2>

Yezdi Dordi, William Thie, 및 John M. Boyd

<3>

**배경**

<4>

집적 회로, 메모리 셀 등과 같은 반도체 디바이스의 제조는 반도체 웨이퍼 ("웨이퍼") 상에 피쳐 (feature) 들을 정의하도록 실시하는 일련의 제조 공정들을 수반한다. 웨이퍼는 실리콘 기판 상에 정의된 멀티-레벨 구조물 형태의 집적 회로 디바이스들을 포함한다. 기판 레벨에서는, 확산 영역들을 갖는 트랜지스터 디바이스를 형성한다. 이후의 레벨들에서는, 상호 접속 금속화 선들을 패터닝하고 트랜지스터 디바이스에 전기적으로 접속하여 원하는 집적 회로 디바이스를 규정한다. 또한, 유전체 재료들로 다른 도전층들로부터 패터닝된 도전층들을 절연시킨다.

<5>

집적 회로를 형성하기 위하여, 우선 웨이퍼 표면 상에 트랜지스터를 만든다. 이후, 일련의 제조 프로세스 단계들을 통해 다수의 박막층들로서 배선과 절연 구조물들을 추가한다. 일반적으로, 형성된 트랜지스터의 상부에 유전체 (절연) 재료의 제 1 층을 성막한다. 후속 금속 (예를 들어, 구리, 알루미늄 등) 층들은 이 기저층의 상부에 형성되고, 에칭되어 전기를 전달하는 도선들을 생성하고, 이후 유전체 재료로 충전되어 그 선들 사이에 충분한 절연체들을 생성한다. 구리 선을 제조하는데 사용된 프로세스는 듀얼 다마신 프로세스로서 불리며, 여기서 트랜치들이 평면 등각 유전체층 내에 형성되고, 비아들이 그 트랜치 내에 형성되어 이전에 형성된 하부 금속층에 콘택을 개방하며, 전역에 구리를 성막한다. 이후 구리를 평탄화 (초과부분 제거) 하여, 비아들과 트랜치들만에 구리를 남긴다.

<6>

일반적으로 구리선들이 플라즈마 기상 증착 (PVD) 시드층 (즉, PVD Cu) 이후의 전기 도금된 층 (즉, ECP Cu) 으로 이루어지더라도, 무전해 화학 물질들은 PVD Cu 대체물, 그리고 심지어 ECP Cu 대체물로서 사용하기 위해 고려 중이다. 이로써, 무전해 구리 성막으로 불리는 프로세스는 구리 도선들을 형성하도록 사용될 수 있다. 무전해 구리 성막 동안, 전자가 환원체로부터 구리 이온으로 수송되어 웨이퍼 표면 상으로 환원된 구리의 성막을 야기시킨다. 무전해 구리 도금 용액의 조성 (formulation) 은 구리 이온들을 수반하는 전자 수송 프로세스를 최대화하도록 최적화된다.

<7>

종래의 조성은 전체 성막 속도를 향상시키기 위하여 강 알칼리 pH (즉, pH > 9) 에서 무전해 도금 용액을 유지시키는 것을 요구한다. 무전해 구리 성막용 강 알칼리 구리 도금 용액들을 이용하는 경우의 제한들은 웨이퍼 표면 상에 포지티브 포토텐지스트와 양립불가능하고, 유도 시간이 더욱 길며, (중성-투-알칼리 환경에서 발생하는) 구리 계면의 하이드록실화 (hydroxylation) 에 의한 방해 때문에 핵형성 밀도가 감소된다. 이들은 그 용액이 산성 pH 환경 (즉, pH < 7) 에서 유지된다면 제거될 수 있는 제한들이다. 산성 무전해 구리 도금 용액을 이용하는 경우에 발견된 하나의 주요한 제한은 어떤 기판 표면들, 예를 들어, 탄탈 질화물 (TaN) 이 웨

이퍼의 TaN 표면들 상에 부스럼 도금 (blotchy plating) 을 초래하는 환원된 구리에 대한 접촉 문제들을 야기하는 알칼리 환경에서 쉽게 산화되는 경향이 있다는 것이다. 팔라듐과 루테튬과 같은 다양한 금속들로 TaN 표면들을 시딩 (seeding) 함으로써 이러한 제한에 대항하는 노력은 주로 선 저항의 증가 때문에 최소 수준의 성공을 초래하였다. 무전해 도금 용액에 대한 관심의 증가와 함께, 특히, 예를 들어, 코발트 도금 용액들뿐만 아니라 구리 도금 용액을 쉽게 산화시키는 경향이 있는 용액에 대해서 무전해 도금 용액의 성막을 위한 환경을 제공할 수 있는 챔버에 관한 부수적인 관심이 있다.

<8> 상기 관점에서, 무전해 구리 성막 프로세스들에서 사용하는 구리 도금 용액들뿐만 아니라 다른 민감한 도금 용액들의 개선된 조성에 대한 효율적인 사용을 가능하게 하는 챔버에 대한 필요성이 존재한다.

<9> **개요**

<10> 대략적으로 말하면, 본 발명은 제어된 분위기에서 무전해 도금 용액의 사용을 가능하게 하는 챔버를 제공함으로써 이들 필요성을 충족한다. 본 발명이 방법 및 화학 용액을 포함하는 다양한 방식으로 실시될 수 있음이 이해될 것이다. 이하에서는 본 발명의 몇몇 발명적인 실시형태들을 기술한다.

<11> 일 예시적인 실시형태에서는, 무전해 도금 챔버가 제공된다. 그 무전해 도금 챔버는 기관을 지지하도록 구성된 척과 그 척의 기저와 측벽을 포위하는 보울 (bowl) 을 포함한다. 보울의 기저는 그 기저의 내경을 따라 정의된 환상 채널을 갖는다. 그 챔버는 그 환상 채널에 접속되는 드레인을 포함한다. 그 드레인은 그 척으로부터 모인 유체를 제거할 수 있다. 그 챔버에서는 그 기관을 세정하고 실질적으로 건조할 수 있는 근접 헤드를 포함한다.

<12> 본 발명의 또다른 양태에서는, 단일 챔버에서 무전해 도금 공정을 실시하는 방법이 제공된다. 그 방법은 기관의 표면 상으로 도금 용액을 성막하는 단계로부터 시작한다. 그 방법은 그 기관의 표면 상에 일 층을 도금하는 단계를 포함한다. 그 기관의 상부 표면은 그 도금 용액을 제거하도록 물이 분사되고 그 기관의 상부 표면은 실질적으로 건조된다. 일 실시형태에서는, 그 챔버 내부에서는 실질적으로 무산소 환경에서 그 기관을 린스하고 건조하는 근접 헤드를 사용한다.

<13> 그러나, 당업자에게 본 발명이 이들 상세한 설명의 일부 또는 전부 없이도 실시될 수도 있음이 자명할 것이다. 다른 경우에는, 본 발명을 불필요하게 방해하지 않기 위하여 잘 알려진 프로세스 공정들을 상세히 설명하지 않았다.

<14> **도면의 간단한 설명**

<15> 본 발명은 동일한 참조 부호들이 동일한 구성 요소들을 명시하는 첨부된 도면을 참조하여 후속의 상세한 설명에 의해 용이하게 이해될 것이다.

<16> 도 1 은 본 발명의 일 실시형태에 따라 무전해 구리 도금 용액을 제조하는 방법의 흐름도이다.

<17> 도 2 는 본 발명의 일 실시형태에 따라 본 명세서에서 기술된 용액과 사용될 무전해 도금 챔버를 포함하는 제조 도구를 설명하는 높은 수준의 개략도이다.

<18> 도 3A 는 본 발명의 일 실시형태에 따라 무전해 성막 모듈의 단면을 나타내는 단순화된 개략도이다.

<19> 도 3B 는 도 3A 의 무전해 성막 모듈의 대안적인 실시형태를 도시하는 단순화된 개략도이다.

<20> 도 3C 는 본 발명의 일 실시형태에 따라 근접 헤드에 의해 수행될 수도 있는 웨이퍼 건조 프로세스의 일 실시형태를 나타낸다.

<21> **상세한 설명**

<22> 무전해 구리 성막 프로세스에서 사용하는 약 알칼리 환경에서 산성 pH 로 유지될 수 있는 무전해 구리 도금 용액에 대한 개선된 조성과 그 도금 공정을 실시하는 챔버를 제공하기 위한 발명을 기술한다. 본 명세서에서 특정 도금 용액들을 기술하지만, 임의의 도금 용액을 위해 그 챔버를 사용할 수도 있어 특별히 언급된 도금 용액들에 따라 사용을 제한하지 않는다고 이해될 것이다. 그러나, 당업자에게 본 발명이 이들 상세함의 일부 또는 전부 없이도 실시될 수도 있음이 자명할 것이다. 다른 경우, 본 발명을 불필요하게 방해하지 않기 위하여 잘 알려진 프로세스 공정들을 상세히 설명하지 않았다.

<23> 반도체 제조 애플리케이션들에 사용된 무전해 금속 성막 프로세스들은 단순히 전자 수송의 개념들에 기초한다. 그 프로세스들은 제조된 반도체 웨이퍼를 무전해 금속 도금 용액조 (solution bath) 에 배치하는 단계 이후

웨이퍼의 표면 상으로 환원된 금속의 성막을 야기하는 환원제로부터 전자를 받아드리기 위하여 금속 이온을 유도하는 단계를 수반한다. 무전해 금속 성막 프로세스의 성공은 도금 용액에 대한 다양한 물리적 매개변수 (예를 들어, 온도 등) 들과 화학적 매개변수 (예를 들어, pH, 시약 등) 들에 매우 의존한다. 본 명세서에서 사용되는 바와 같이, 환원제는 또다른 화합물이나 원소를 환원시키는 산화-환원 반응의 원소 또는 화합물이다.

이렇게 하면서, 환원제는 산화된다. 즉, 환원제는 환원되는 화합물이나 원소에 전자를 주는 전자 도너이다.

<24> 착화제 (예를 들어, 킬레이터 (chelator) 또는 킬레이트제) 는 화합물과 원소에 가역적으로 바인딩되도록 이용되어 착물 (complex) 을 형성할 수 있는 임의의 화학제이다. 염은 양으로 대전된 양이온 (cation) (예를 들어,  $Cu^{2+}$  등) 과 음으로 대전된 음이온 (anion) 으로 구성된 임의의 이온성 화합물이어서, 그 생성물이 중성이고 순 전하 (net charge) 가 없다. 단순염 (simple salt) 은 (산성 염의 수소 이온이외의) 한 종류의 양이온만을 포함하는 임의의 염 종이다. 착염 (complex salt) 은 하나 이상의 전자-공여 분자들에 붙은 금속 이온으로 이루어지는 착이온을 포함하는 임의의 염 종이다. 일반적으로 착이온은 하나 이상의 전자-공여 분자 (예를 들어,  $Cu(II)$ 에틸렌디아민 $2+$  등) 들에 붙은 금속 원자 또는 이온으로 이루어진다. 양자화된 화합물 (protonized compound) 은 수소 이온 (즉,  $H^+$ ) 을 받아들여 순 양전하를 갖는 화합물을 형성하는 화합물이다.

<25> 이하에서는 무전해 구리 성막 애플리케이션 동안 사용하는 구리 도금 용액을 개시한다. 그 용액의 성분들은 구리(II) 염, 코발트(II) 염, 화학 광택제 성분, 및 폴리아민계 착화제이다. 일 예시적 실시형태에서, 그 구리 도금 용액은 탈산소화된 (de-oxygenated) 액체를 이용하여 제조된다. 탈산소화된 액체들의 사용은 실질적으로 웨이퍼 표면의 산화를 제거하고 그 용액이 최종 제조된 구리 도금 용액의 산화-환원 전위 (redox potential) 에 미치는 임의의 효과를 무효화한다. 일 실시형태에서, 구리 도금 용액은 할로겐화물 성분을 더 포함한다. 이용될 수 있는 할로겐화물 종의 실시예들은 불화물, 염화물, 브롬화물, 및 요오드화물을 포함한다.

<26> 일 실시형태에서, 구리(II) 염은 단순염이다. 구리(II) 단순염의 실시예들은 구리(II) 설페이트, 구리(II) 니트레이트, 구리(II) 클로라이드, 구리(II) 테트라플루오로보레이트, 구리(II) 아세테이트, 및 이들의 혼합물을 포함한다. 본질적으로 임의의 구리(II) 단순염은 그 염이 용액에 효과적으로 용해되고, 폴리아민계 착화제에 의해 착물이 만들어지며, 산성 환경에서 환원제에 의해 산화되어 웨이퍼의 표면 상으로 환원된 구리의 성막을 야기할 수 있는 한 그 용액에 사용될 수 있음이 이해될 것이다.

<27> 일 실시형태에서, 구리(II) 염은 구리(II) 이온에 붙은 폴리아민 전자-공여 분자를 갖는 착염이다. 구리(II) 착염의 실시예들은 구리(II) 에틸렌디아민 설페이트, 비스(에틸렌디아민)구리(II) 설페이트, 구리(II) 다이에틸렌트리아민 니트레이트, 비스(다이에틸렌트리아민)구리(II) 니트레이트, 및 이들의 혼합물을 포함한다. 폴리아민 분자에 붙은 본질적으로 임의의 구리(II) 착염이 용액에 이렇게 형성된 염이 용해되고, 폴리아민계 착화제에 의해 착물이 만들어지며, 산성 환경에서 환원제에 의해 산화되어 웨이퍼의 표면 상으로 그 환원된 구리의 성막을 야기할 수 있는 한 그 용액에 사용될 수 있음이 이해될 것이다.

<28> 일 실시형태에서, 구리 도금 용액 중 구리(II) 염 성분의 농도는 약 0.0001M 내지 위에서 개시된 다양한 구리(II) 염들의 가용 한계 (solubility limit) 인 농도에서 유지된다. 또다른 예시적인 실시형태에서, 구리 도금 용액 중 구리(II) 염 성분의 농도는 약 0.001M 내지 1.0M 또는 가용 한계 사이에 유지된다. 구리 도금 용액 중 구리(II) 염 성분의 농도는 결과로서 형성된 구리 도금 용액이 무전해 구리 성막 프로세스 동안 웨이퍼 표면 상에 구리의 무전해 성막을 달성할 수 있는 한 구리(II) 염의 가용 한계까지의 임의의 값으로 본질적으로 조정될 수 있음이 이해될 것이다.

<29> 일 실시형태에서, 코발트(II) 염은 코발트 단순염이다. 코발트(II) 단순염의 실시예들은 코발트(II) 설페이트, 코발트(II) 클로라이드, 코발트(II) 니트레이트, 코발트(II) 테트라플루오로보레이트, 코발트(II) 아세테이트 및 이들의 혼합물을 포함한다. 본질적으로 임의의 코발트(II) 단순염은 그 염이 용액에 효과적으로 용해되고, 폴리아민계 착화제에 의해 착물이 만들어지며, 산성 환경에서 코발트(II) 염을 환원시켜 웨이퍼의 표면 상으로 환원된 구리의 성막을 야기할 수 있는 한 그 용액에 사용될 수 있음이 이해될 것이다.

<30> 또다른 실시형태에서, 코발트(II) 염은 코발트(II) 이온에 붙은 폴리아민계 전자-공여 분자를 갖는 착염이다. 코발트(II) 착염의 실시예들은 코발트(II) 에틸렌디아민 설페이트, 비스(에틸렌디아민)코발트(II) 설페이트, 코발트(II) 다이에틸렌트리아민 니트레이트, 비스(다이에틸렌트리아민)코발트(II) 니트레이트, 및 이들의 혼합물을 포함한다. 본질적으로 임의의 코발트(II) 착염은 그 염이 용액에 효과적으로 용해되고, 폴리아민계 착화제에 의해 착물이 만들어지며, 산성 환경에서 구리(II) 염을 환원시켜 웨이퍼의 표면 상으로 그 환

원된 구리의 성막을 야기할 수 있는 한 그 용액에 사용될 수 있음이 이해될 것이다.

- <31> 일 실시형태에서, 구리 도금 용액 중 코발트(II) 염 성분의 농도는 약 0.0001M 내지 위에 개시된 다양한 코발트(II) 염 종들의 가용 한계 사이에서 유지된다. 일 실시형태에서, 구리 도금 용액 중 코발트(II) 염 성분의 농도는 약 0.001M 내지 1.0M 사이에서 유지된다. 구리 도금 용액 중 코발트(II) 염 성분의 농도는 결과로서 형성된 구리 도금 용액이 무전해 구리 성막 프로세스 동안 허용가능한 속도로 웨이퍼 표면 상에 구리의 무전해 성막을 달성할 수 있는 한 코발트(II) 염의 가용 한계까지의 임의의 값으로 본질적으로 조정될 수 있음이 이해될 것이다.
- <32> 일 실시형태에서, 화학 광택제 성분은 필름층 내에 작용하여 미세 수준으로 구리 성막을 제어한다. 그 광택제는 본 실시형태에서 전기 포텐셜 (electro-potential) 이 큰 포인트들에 끌리게 되기 쉬운 경향이 있어, 일시적으로 그 영역을 패킹하고 구리가 다른 곳을 성막하도록 강요한다. 성막이 수평이 되자마자 포텐셜이 높은 국소 포인트가 사라지고 광택제가 표류하여, 즉 광택제들이 거칠고, 흐릿한 도금을 불가피하게 야기할 수 있는 포텐셜이 높은 영역을 선택적으로 도금하는 구리 도금 용액의 정상적인 경향을 억제한다고 이해될 것이다. 최고의 포텐셜을 갖는 표면들 사이에서 연속적으로 이동함으로써 광택제 (또한 레벨링제 (leveler) 로 불림) 들은 큰 구리 결정의 형성을 방지하여 본 실시형태에서 부드럽고, 윤기 있고, 높은 유연성의 구리 성막을 야기하는 작은 등축 결정 (equiaxed crystal) 들의 최대 가능한 패키징 밀도 (즉, 핵형성 향상) 를 부여한다. 일 예시적인 광택제는 비스-(3-술포프로필)-다이설파이드 다이소듐 염 (SPS) 이지만, 흡착된 캐리어를 치환하여 도금 반응을 증가시키는 임의의 작은 분자량 황함유 화합물이 본 명세서에 기술된 실시형태들에서 기능할 수도 있다. 일 실시형태에서, 화학 광택제 성분의 농도는 약 0.000001M 내지 광택제에 대한 가용 한계 사이에서 유지된다. 또다른 실시형태에서, 화학 광택제 성분은 약 0.000001M 내지 약 0.01M 인 농도를 갖는다. 계속 또다른 실시형태에서, 화학 광택제는 0.000141M 내지 약 0.000282M 인 농도를 갖는다. 구리 도금 용액 중 화학 광택제 성분의 농도가 이렇게 형성된 구리 도금 용액에서 화학 광택제의 특성을 향상시킨 핵형성이 유지되어 웨이퍼 표면 상의 구리에 대해 충분히 밀한 성막을 허용하는 한 임의의 값 내지 그 화학 광택제에 대한 가용 한계까지 본질적으로 조정될 수 있음이 이해될 것이다.
- <33> 일 실시형태에서, 폴리아민계 착화제는 다이아민 화합물이다. 그 용액에 이용될 수 있는 다이아민 화합물의 실시예들은 에틸렌다이아민, 프로필렌다이아민, 3-메틸렌다이아민, 및 이들의 혼합물을 포함한다. 또다른 실시형태에서, 폴리아민계 착화제는 트리아민 화합물이다. 그 용액에 이용될 수 있는 트리아민 화합물의 실시예들은 다이에틸렌트리아민, 다이프로필렌트리아민, 에틸렌 프로필렌트리아민, 및 이들의 혼합물을 포함한다. 계속 또다른 실시형태에서, 폴리아민계 착화제는 방향족 또는 환상 폴리아민 화합물이다. 방향족 폴리아민 화합물의 실시예들은 벤젠-1, 2-다이아민, 피리딘, 다이피리드, 피리딘-1-아민을 포함한다. 본질적으로 임의의 다이아민 화합물, 트리아민 화합물, 또는 방향족 폴리아민 화합물이 그 용액의 자유 금속 이온 (즉, 구리(II) 금속 이온과 코발트(II) 금속 이온) 과 그 화합물이 착물을 형성하고, 그 용액에 용이하게 가용화되며, 산성 환경에서 양자화 될 수 있는 한 도금 용액용 착화제로서 사용될 수 있음이 이해될 것이다. 일 실시형태에서, 활성제 (즉, 술포프로필 술포네이트) 들과 억제제 (즉, PEG, 폴리에틸렌 글리콜) 들을 포함한 다른 화학 첨가제가 낮은 농도에서 구리 도금 용액에 포함되어 그 용액의 애플리케이션 고유 성능을 향상시킨다.
- <34> 또다른 실시형태에서, 구리 도금 용액 중 착화제 성분의 농도는 약 0.0001M 내지 위에서 개시된 다양한 다이아민계, 트리아민계, 및 방향족 또는 환상 폴리아민 착화제 종들의 가용 한계 사이에서 유지된다. 일 실시형태에서, 구리 도금 용액 중 착화제 성분의 농도는 0.005M 내지 10.0M 사이에서 유지되나, 용액의 전체 금속 농도보다 커야한다.
- <35> 일반적으로, 구리 도금 용액 중 착화제 성분은 용액이 강 알칼리성하게 하여 (구리(II)-코발트(II) 산화-환원 결합 사이의 매우 큰 전위차 때문에) 다소 불안정하다. 일 예시적인 실시형태에서, 도금 용액에 충분한 양의 산을 첨가하여 그 용액이 pH ≤ 약 6.4 인 산성하게 한다. 또다른 실시형태에서, 완충제 (buffering agent) 를 첨가하여 용액이 pH ≤ 약 6.4 인 산성하게 하고 조정 후 그 용액의 결과적인 pH 에 대한 변화를 방지한다. 계속 또다른 실시형태에서, 산 및/또는 완충제를 첨가하여 약 4.0 내지 6.4 사이에서 용액의 pH 를 유지시킨다. 계속 또다른 실시형태에서, 산 및/또는 완충제를 첨가하여 약 4.3 내지 4.6 사이에서 용액의 pH 를 유지시킨다. 일 실시형태에서, 산의 음이온성 종들은 구리 도금 용액 중 구리(II) 염과 코발트(II) 염 성분들의 개별적인 음이온성 종들과 일치하나, 음이온성 종들이 일치할 필요가 없음이 이해될 것이다. 계속 또다른 실시형태에서, pH 변경 물질을 첨가하여 그 용액이 약 알칼리성, 즉 약 8 미만인 pH 이게 한다.



- <36> 산성 구리 도금 용액들은 무전해 구리 성막 애플리케이션에 이용되는 경우 알칼리성 도금 용액들에 비해 많은 공정적 이점들을 갖는다. 산성 구리 도금 용액은 웨이퍼 표면에 성막되는 환원된 구리 이온들의 접착력을 개선한다. 이것은 종종 수산화 말단기의 형성 때문에 알칼리성 구리 도금 용액들과 함께 관찰되는, 핵형성 반응을 억제하고, 핵형성 밀도의 감소, 보다 큰 그레인의 성장, 및 표면 거칠기의 증가를 야기하는 문제이다. 또한 게다가, 패터닝된 필름을 통해 구리의 무전해 성막에 의한 구리선들의 직접적인 패터닝과 같은 애플리케이션의 경우, 산성 구리 도금 용액은 웨이퍼 표면 상의 배리어와 마스크 재료들에 대한 선택도를 개선하도록 도우며, 염기성 용액에 정상적으로 용해될 수 있는 표준 포지티브 레지스트 포토마스크 수지 재료의 사용을 허용한다.
- <37> 위에서 언급한 이점들에 추가하여, 산성 구리 도금 용액을 이용하여 성막된 구리는 알칼리성 구리 도금 용액을 이용하여 성막된 구리의 경우보다 낮은 사전-어닐링 저항 특성을 나타낸다. 본 명세서에 개시되는 바와 같이, 무전해 구리 성막 프로세스 동안 이렇게 형성된 구리의 성막 속도가 타킷팅된 애플리케이션에 대해 수용가능하고 그 용액이 위에 언급한 모든 공정적 이점들을 나타내는 한 구리 도금 용액들의 pH 가 임의의 산성 (즉,  $\text{pH} < 7.0$ ) 환경으로 본질적으로 조정될 수 있음이 이해될 것이다. 일반적으로, 그 용액의 pH 가 낮아짐에 따라 (즉, 더욱 산성화됨에 따라), 구리 성막 속도는 감소한다. 그러나, 구리(II) 염들과 코발트(II) 염들의 농도에 더하여 착화제 (예를 들어, 다이아민계, 트리아민계, 방향족 폴리아민 등) 의 선택을 변경하는 것은 산성 pH 환경으로부터 기인하는 구리 성막 속도에 대한 어떠한 감소도 보상하도록 도울 수 있다.
- <38> 일 실시형태에서, 구리 도금 용액은 무전해 구리 성막 프로세스 동안 약 섭씨 0 도 ( $0^{\circ}\text{C}$ ) 내지  $70^{\circ}\text{C}$  인 온도에서 유지된다. 일 예시적인 실시형태에서, 구리 도금 용액은 무전해 구리 도금 성막 프로세스 동안 약  $20^{\circ}\text{C}$  내지  $70^{\circ}\text{C}$  인 온도에서 유지된다. 온도가 구리 성막 동안 웨이퍼 표면에 구리의 핵형성 밀도와 성막 속도에 영향을 미친다 (주로, 구리의 핵형성 밀도와 성막 속도가 직접적으로 온도에 비례한다) 고 이해될 것이다. 성막 속도는 이렇게 형성된 구리층의 두께에 영향을 미치고, 그 핵형성 밀도는 빈 공간, 구리층 내에 흡장 (occlusion) 형성, 하부 배리어 재료에 구리층의 접촉에 영향을 미친다. 따라서, 무전해 구리 성막 프로세스 동안 구리 도금 용액에 대한 온도 설정들은 밀한 구리 핵형성과 구리 성막 속도를 최적화하기 위하여 벌크 성막의 핵형성 페이스에 이어 제어된 성막을 제공하도록 최적화되어 구리 막 두께 타킷을 달성할 것이다.
- <39> 도 1 은 본 발명의 일 실시형태에 따라 무전해 구리 도금 용액을 제조하는 방법의 흐름도이다. 방법 (100) 은 수용성 구리염 성분, 폴리아민계 착화제의 일부, 화학 광택제 성분, 할로겐화물 성분, 및 구리 도금 용액 중 산성 성분의 일부가 제 1 혼합물로 화합되는 공정 102 에서 시작한다. 그 방법 (100) 은 착화제의 남은 부분과 수용성 코발트염 성분이 제 2 혼합물로 화합되는 공정 104 로 진행한다. 일 실시형태에서, 제 2 혼합물의 pH 는 제 2 혼합물이 산성 pH 를 갖도록 조정된다. 제 2 혼합물을 산성으로 유지하는 이점은 이것이 코발트(II) 를 활성 형태로 유지한다는 것으로 이해될 것이다. 이후, 그 방법 (100) 은 이하에서 기술되는 시스템을 이용한 구리 도금 공정에 사용하기 전에 최종 구리 도금 용액으로 제 1 혼합물과 제 2 혼합물을 혼합하는 공정 106 으로 계속된다.
- <40> 일 실시형태에서, 제 1 혼합물과 제 2 혼합물은 혼합 전에 개별 영구 저장 용기들에 저장된다. 그 영구 저장 용기들은 제 1 혼합물과 제 2 혼합물이 언제라도 최종 구리 도금 용액으로 화합되기 전까지 이들의 수송 및 장기 저장을 제공하도록 설계된다. 그 용기가 제 1 혼합물과 제 2 혼합물의 성분들 중 어떤 것과도 반응하지 않는 한 임의의 형태의 영구 저장 용기를 사용할 수도 있다. 이 사전-혼합 방식이 저장 시간 동안 도금 (즉, 구리의 환원의 야기) 되지 않는 보다 안정한 구리 도금 용액을 조성하는 이점을 갖는 것으로 이해될 것이다.
- <41> 본 발명은 본 발명의 일 실시형태에 따라 구리 도금 용액의 간단한 조성을 기술하는 실시예 1 을 참조하여 더욱 이해될 수 있다.

<42> 실시예 1

<43> (니트레이트계 구리 도금 조성)

<44> 본 실시형태에서는, pH 가 6.0 이며, 0.05M 인 구리 니트레이트 ( $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ ) 농도, 0.15M 인 코발트 니트레이트 ( $\text{Co}(\text{NO}_3)_2$ ) 농도, 0.6M 인 에틸렌다이아민 (즉, 다이아민계 착화제) 농도, 0.875M 인 질산 ( $\text{HNO}_3$ ) 농도, 3 밀리몰농도 (mM) 인 브롬화 칼륨 (즉, 할로겐화물 성분) 농도, 약 0.000141M 내지 약 0.000282M 인 SPS (즉, 화학 광택제) 농도를 갖는 구리 도금 용액의 니트레이트계 조성을 개시한다. 이후, 이렇게 형성된 혼합물은 아르

곤 가스를 이용하여 탈산소화되어 구리 도금 용액이 산화될 가능성을 감소시킨다.

<45> 실시예 1 에 계속하여, 일 실시형태에서는, 제 1 사전-혼합된 용액으로 에틸렌다이아민의 일부를 구리 니트레이트, 질산 및 브롬화 칼륨과 사전-혼합하는 단계를 수반하는 사전-혼합 조성 방식을 이용하여 구리 도금 용액의 니트레이트계 조성을 준비한다. 제 2 사전-혼합된 용액으로는 착화제 성분의 남은 부분을 코발트염 성분과 사전-혼합한다. 이후, 최종 무전해 구리 도금 용액으로는 무전해 구리 성막 공정에 사용하기 전에 최종 혼합을 위해 제 1 사전-혼합된 용액과 제 2 사전-혼합된 용액을 적절한 용기에 첨가한다. 위에 개시되는 바와 같이, 이 사전-혼합 방식은 저장 시간 동안 도금되지 않는 보다 안정한 구리 도금 용액을 조성하는 이점을 갖는다.

<46> 도 2 는 본 발명의 일 실시형태에 따라 본 명세서에서 기술된 용액과 함께 사용될 무전해 도금 챔버를 내장하는 제조 도구를 설명하는 높은 수준의 개략도이다. 시스템은 시스템으로 그리고 시스템으로부터 전달되는 들어오고 나가는 웨이퍼들을 다루는 전방 개구 통합형 포드 (461) (FOUP: Front Opening Unified Pod) 들을 포함한다. 랩 분위기 모듈 (460) 은 HEPA 필터링된 공기와 함께 분위기 온도에서 동작하는 모듈이다. 랩 분위기 모듈 (460) 로부터 떨어진 상태에서 동작하는 모듈들 (463, 463', 및 483) 은 세정 모듈들일 수도 있다. 기판이 시스템 (450) 내로 전달되거나 시스템 (450) 으로부터 취해지면 이들 세정 모듈들은 습식 세정 공정이거나 건식 세정 공정을 실시할 수 있다. 랩 분위기 모듈 (460) 로부터, 로드 락 (465) (load lock) 은 랩 분위기 모듈 (460) 과 진공 모듈 (470) 사이에서 기판 (455) 을 전달하거나 천이한다. 진공 처리나 낮은 압력 처리를 요구하는 에칭 챔버들과 성막 챔버들은 진공 모듈 (470) 에서 떨어져 있다. 에칭 챔버 (471) 에서는 일반적으로 알려진 에칭 프로세스들 중 어느 하나를 포함할 수도 있고, ALD/PVD 챔버 (473) 에서는 일반적으로 알려진 성막 프로세스들 중 어느 하나를 실시할 수도 있다. 진공 모듈 (470) 로부터, 기판은 로드 락 (475) 에 의해 진공 챔버와 제어된 분위기 챔버 (480) 사이에서 천이된다. 제어된 분위기 챔버 (480) 와 그 제어된 분위기 챔버와 연관되는 모듈들은 고도로 제어된 환경적인 조건들을 갖는다. 예를 들면, 제어된 분위기 챔버는 산화에 민감한 프로세스들을 위해 산화를 회피하기 위하여 모든 산소가 제거되어, 즉, 불활성 가스 환경에서 동작할 수도 있다. 세정 시스템 (483) 은 제어된 분위기 챔버 (480) 에서 떨어져 있다. 세정 시스템 (483) 은 구리 충전, 즉 플라즈마 처리 챔버 (473) 에서 실시될 수도 있는 ALD/PVD 로부터의 성막 후 구리를 평탄화하도록 사용될 수도 있다. 제어된 분위기 모듈 (480) 에 접속되었던 세정 시스템 (483) 이 제어된 분위기 환경 조건 하에서 세정이 실시되는 점을 제외하고 분위기 이송 모듈 (460) 에 접속되는 세정 시스템 (483) 과 기능적으로 유사한 공정을 실시할 수도 있음이 이해될 것이다. 예를 들어, 제어된 분위기 조건들은 다른 환경적인 조건들의 제어 중 산소 결핍, 조정된 온도, 압력을 포함할 수도 있다. 무전해 성막 모듈 (481) 은 본 명세서에서 기술된 조성으로 무전해 도금을 실시하도록 사용되는 모듈이다. 상술한 바와 같이, 무전해 성막 모듈 (481) 은 온도와 가스 환경이 고도로 제어되는 제어된 분위기 환경에서 동작할 것이다. 일 실시형태에서, 산소는 무전해 성막 프로세스들을 위해 사용된 조성들의 산화를 방지하기 위하여 무전해 성막 모듈 (481) 내부의 환경으로부터 제거되었다. 따라서, 시스템 (450) 은 표면 처리 후 중요한 단계들에서 산소에 기판 표면을 최소 노출시키는 예시적인 아키텍처이다. 게다가, 시스템 (450) 이 통합 시스템이기 때문에, 기판은 하나의 프로세스 스테이션에서 즉시 다음의 프로세스 스테이션으로 이송되며, 여기서 이것은 예를 들어, 준비된 구리 표면이 산소에 노출되는 지속 기간을 제한한다. 통합 시스템 (450) 은 미국 특허 출원 제 11/513,634 호에서 더욱 상세히 기술되는 바와 같이 전체 프로세스 시퀀스를 통해 기판(들)을 처리하도록 사용될 수 있다.

<47> 계속 도 2 를 참조하면, 표면 처리, 코발트 합금의 무전해 성막, 및 부가적인 사후-코발트-합금 성막 프로세스들은 건식 프로세스와 습식 프로세스의 혼합을 수반한다. 습식 프로세스들은 일반적으로 대기압 부근에서 동작되나, 건식 O<sub>2</sub> 플라즈마, 수소 플라즈마, 및 O<sub>2</sub>/Ar 스퍼터링은 모두 1 Torr 미만에서 동작된다. 그러므로, 통합 시스템 (450) 은 건식 프로세스와 습식 프로세스의 혼합을 다룰 수 있다. 도 2 에서 도시되는 바와 같이, 통합 시스템 (450) 은 3 개의 기판 이송 모듈 (또는 챔버) 들 (460, 470, 및 480) 을 갖는다. 이송 챔버들 (460, 470, 및 480) 은 로봇을 구비하여 하나의 프로세스 영역에서 또다른 프로세스 영역으로 기판 (455) 을 이동시킨다. 프로세스 영역이 기판 카세트, 반응기, 또는 로드 락일 수 있음이 이해될 것이다.

기판 이송 모듈 (460) 은 실내 온도와 대기압 하에 있고, 파티클 결합들을 제어하도록 일반적으로 HEPA-필터링되거나 ULPA-필터링된 공기에 노출되는 연구실 (또는 공장) 환경이라고 불리는 랩 분위기 (lab ambient) 하에서 동작된다. 모듈 (460) 은 기판 로더들 (또는 기판 카세트들) 과 결합하여 통합 시스템으로 기판 (455) 을 가져오거나 그 시스템 (450) 밖에서 처리를 계속하기 위하여 카세트 (461) (들)에 기판을 되돌린다.

<48> 일 실시형태에서, 기판 표면으로부터 초과 금속을 제거하고 금속 트렌치들에서 금속만을 남기도록 금속 CMP 에

의해 기관을 평탄화한 후 코발트 텅스텐 보론 (CoWB), 코발트 텅스텐 포스파이드 (CoWP), 또는 코발트 텅스텐 보로포스파이드 (CoWBP) 와 같은 코발트 합금으로 성막될 기관 (455) 을 통합 시스템 (450) 에 가져온다. 기관 (455) 의 표면은 Cu-BTA 착물과 다른 금속 산화물 잔류물과 같은 표면 오염 물질들을 제거하도록 처리된다. Cu-BTA 와 금속 산화물은 테트라메틸 암모늄 수산화물 (TMAH) 을 함유한 수용액과 같은 세정 용액을 포함하거나 에틸렌 다이아민 또는 다이에틸아민 트리아민과 같거나 이에 제한되지 않는 아민들과의 착물을 만드는 습식 세정 프로세스에 의해 제거된다. BTA-금속 착물 제거에 이어서, 구연산이나 구리에 대해 보다 크거나 보다 작은 선택도로 구리 산화물을 제거할 수 있는 다른 유기산을 함유한 용액과 같은 세정 용액을 포함한 습식 세정 프로세스를 이용하여 구리와 유전체 표면 상에 남은 금속 산화물들을 제거할 수 있다. 금속 산화물, 특히 구리 산화물은 구연산과 같은 약 유기산이나 사용할 수 있는 다른 유기산이나 무기산을 이용하여 제거될 수 있다. 게다가, 황-과산화물 혼합물 (sulfuric-peroxide mixture) 과 같은 매우 묽은 (즉, <0.1%) 과산화물-함유 산들은 또한 사용될 수 있다. 또한, 습식 세정 프로세스는 다른 금속 잔류물이나 금속 산화물 잔류물을 제거할 수 있다.

<49> 습식 세정 모듈 (463) 은 랩 분위기 조건에서 동작되는 랩 분위기 이송 모듈 (460) 과 통합될 수 있다. 습식 세정 모듈 (463) 은 1 단계 세정 프로세스나 2 단계 세정 프로세스를 실시하도록 이용될 수 있다. 다른 방법으로, 추가적인 습식 세정 모듈 (463') 은 랩 분위기 이송 모듈 (460) 과 통합되어 2 단계 세정 프로세스 중 제 1 단계가 모듈 (463) 에서 실시되고 제 2 단계가 모듈 (463') 에서 실시되게 할 수 있다. 예를 들어, 모듈 (463) 에서는 Cu-BTA 를 세정하기 위해 TMAH 와 같은 화학 제품을 함유한 세정 용액이 존재하고, 모듈 (463') 에서는 금속 산화물을 세정하기 위해 구연산과 같은 약 유기산을 함유한 세정 용액이 존재한다. 예시적인 세정 용액들은 미국 특허 제 6,165,956 호, 미국 특허 제 6,593,282 호, 미국 특허 제 6,162,301 호, 미국 특허 제 6,294,027 호, 미국 특허 제 6,303,551 호, 미국 특허 제 6,479,443 호, 및 미국 특허 제 6,927,198 호에 개시된다.

<50> 위에서 언급한 바와 같이, 랩 분위기 조건은 대기압 하에서 발생하고 모듈 내의 환경에 개방된다. 습식 세정 모듈 (463) 이 랩 분위기 이송 모듈 (460) 과 통합될 수 있지만, 이 프로세스 단계는 또한 금속 CMP 직후 그리고 코발트 합금 성막용 통합 시스템 (450) 에 기관을 가져가기 전에 실시될 수 있다. 다른 방법으로, 습식 세정 프로세스는 제어된 분위기 프로세스 환경에서 실시될 수 있으며, 여기서 제어된 분위기는 습식 세정 단계 동안 그리고 후에 유지된다. 아래에서 명기되고 양수인에 의해 소유되는 근접 헤드들과 그들의 사용과 관련된 미국 특허 출원들은 일 실시형태의 세정 프로세스에 사용된 구조에 대한 추가적인 정보를 제공한다.

<51> 이전의 습식 세정에 의해 제거되지 않은 유기 잔류물 (또는 오염 물질) 들은 반응 챔버에서 Cu-BTA 와 금속 산화물의 제거에 이어서 산소-함유 플라즈마, O<sub>2</sub>/Ar 스퍼터, 또는 Ar 스퍼터와 같은 건식 산화 플라즈마 프로세스에 의해 제거될 수 있다. 위에 기술한 바와 같이, 대부분의 플라즈마 프로세스들이나 스퍼터링 프로세스들은 1 Torr 아래서 동작되고; 결국, 1 Torr 미만과 같은 압력의 진공 하에서 동작되는 이송 모듈에 이러한 시스템 (또는 장치, 또는 챔버, 또는 모듈) 들을 결합하는 것이 바람직하다. 플라즈마 프로세스와 통합된 이송 모듈이 진공 하에 있다면, 이송 모듈을 펌핑 다운하는 시간을 연장할 필요가 없기 때문에 기관 이송은 더욱 시간 효율적이고 프로세스 모듈은 진공하에서 유지된다. 게다가, 이송 모듈이 진공하에 있기 때문에, 플라즈마 프로세스에 의한 세정 후의 기관은 다만 매우 낮은 수준의 산소에 노출된다. 유기 잔류물을 세정하도록 O<sub>2</sub> 플라즈마 프로세스가 선택된다고 가정하면, O<sub>2</sub> 플라즈마 프로세스 반응기 (471) 는 진공 이송 모듈 (470) 에 결합된다.

<52> 랩 분위기 이송 모듈 (460) 이 대기압에서 동작되고 진공 이송 모듈 (470) 이 진공 하 (<1 Torr) 에서 동작되기 때문에, 로드 락 (465) 은 이들 2 개의 이송 모듈들 사이에 배치되어 상이한 기압 하에서 동작되는 2 개의 모듈들 (460 및 470) 사이에서 기관 (455) 이 이송되게 한다. 로드 락 (465) 은 1 Torr 미만인 기압의 진공 하에서 또는 랩 분위기에서 동작되거나 불활성 가스들의 그룹으로부터 선택된 불활성 가스로 충전되도록 구성된다.

<53> 기관 (455) 이 O<sub>2</sub> 를 이용한 산화 플라즈마 처리를 끝마친 후, 예를 들어, 기관 (455) 은 수소 함유 환원 플라즈마 환원 챔버 (또는 모듈) (473) 로 이동된다. 수소 함유 플라즈마 환원은 일반적으로 1 Torr 미만인 저압에서 처리되고; 결국, 그것은 진공 이송 모듈 (470) 에 결합된다. 일단 기관 (455) 이 수소 함유 플라즈마에 의해 환원되면, 구리 표면은 깨끗해지고 구리 산화물이 없다. 바람직한 실시형태에서, 기관 (455) 이 O<sub>2</sub> 플라즈마 처리를 끝마친 후, H<sub>2</sub> 또는 H<sub>2</sub>/NH<sub>3</sub> 플라즈마 환원 단계는 챔버로부터 웨이퍼를 제거 없이 인-시투로

실시될 수 있다. 어느 경우에서나, 기관은 환원 프로세스의 완료 후에 코발트 합금 성막에 대해 준비된다.

<54> 상술한 바와 같이, 수소 함유 환원 플라즈마에 의해 기관이 재조정된 후 산소에 대한 구리 표면의 노출을 최소화하기 위하여 처리와 이송 환경들을 제어하는 것이 중요하다. 기관 (455) 은 산소에 대해 기관 (455) 의 노출을 제한하기 위하여 진공 하에 있거나 하나 이상의 불활성 가스로 충전되는 제어된 환경 하에서 처리될 것이다. 점선 (490) 들은 환경이 제어되는 처리 시스템들과 이송 모듈들을 나타내는 도 4B 의 통합 시스템의 일부의 경계를 도시한다. 제어된 환경 (490) 하에서의 이송 및 처리는 산소에 대해 기관의 노출을 제한한다.

<55> 코발트 합금 무전해 성막은 인계 (예를 들어, 차아인산염), 붕소계 (예를 들어, 다이메틸아민 보레인) 또는 인계와 붕소계 모두의 조합일 수 있는 환원제에 의해 환원되는 용액 중 코발트 종들을 포함하는 습식 프로세스이다. 일반적으로, 인계 환원제를 사용하는 용액은 CoWP 를 성막하고, 붕소계 환원제를 사용하는 용액은 CoWB 를 성막한다. 따라서, 인계 환원제와 붕소계 환원제 모두를 사용하는 용액은 CoWBP 를 성막한다. 일 실시형태에서, 코발트 합금 무전해 성막 용액은 알카리계이다. 다른 방법으로, 코발트 합금 무전해 성막 용액은 또한 산성일 수 있다. 대기압 하에서 습식 프로세스들이 일반적으로 수행되기 때문에, 무전해 성막 반응기에 결합되는 이송 모듈 (480) 은 대기압 부근에서 동작될 것이다. 제어된 분위기 이송 모듈 (480) 을 충전하기 위하여 불활성 가스(들)을 사용할 수 있는 환경을 확보한다면 산소가 없는 상태로 제어된다. 게다가, 프로세스에 사용된 모든 유체들은 탈-가스화되어, 즉 상업적으로 이용가능한 탈가스화 시스템에 의해 분해된 산소가 제거된다. 예시적인 불활성 가스는 질소 (N<sub>2</sub>), 헬륨 (He), 네온 (Ne), 아르곤 (Ar), 크립톤 (Kr), 및 제논 (Xe) 을 포함한다.

<56> 일 실시형태에서, 습식 코발트 합금 무전해 성막 반응기 (또는 장치, 또는 시스템, 또는 모듈) 는 린스 및 건조 시스템 (또는 장치, 또는 모듈) 과 결합되어 기관이 건조 조건들 하에서 무전해 성막 시스템 (481) 으로 이송되고 건조 조건 상태에서 시스템 (481) 외부로 나오게 한다 (건조-인/건조-아웃). 건조-인/건조-아웃 요구 사항은 제어된 분위기 이송 모듈 (480) 에 무전해 성막 시스템 (481) 이 통합되게 하고, 분리된 린스-건조 모듈로 습식 로봇 이송 단계에 대한 요구를 회피한다. 무전해 성막 시스템 (481) 의 환경은 낮은 (또는 제한된) 수준의 산소와 수분 (수증기) 을 제공하도록 제어된다. 또한, 시스템을 충전하기 위하여 불활성 가스를 사용하여 처리 환경에서 산소가 낮은 수준인 것을 확보할 수 있다.

<57> 다른 방법으로, 코발트 합금 무전해 성막은 또한 최근 게시된 무전해 구리와 유사한 건조-인/건조-아웃 방식으로 수행될 수 있다. 건조-인/건조-아웃 무전해 구리 프로세스는 구리 무전해 성막을 위해 개발되었다. 그 프로세스는 근접 헤드를 사용하여 액체 매니스커스에 의해 강제된 제한된 영역 상의 기관 표면과 접촉하는 무전해 프로세스 액체를 제한한다. 근접 헤드 하에 있지 않는 기관 표면은 건조 상태에 있다. 이러한 프로세스와 시스템에 대한 상세함은 2003 년 6 월 27 일자로 출원되고 발명의 명칭이 "Apparatus And Method For Depositing And Planarizing Thin Films On Semiconductor Wafers" 인 미국 특허 출원 제 10/607,611 호와 2004 년 6 월 28 일자로 출원되고 발명의 명칭이 "Method and Apparatus For Plating Semiconductor Wafers" 인 미국 특허 출원 제 10/879,263 호에서 발견될 수 있다. 코발트 합금의 무전해 도금은 근접 헤드를 이용하여 건조-인/건조-아웃 프로세스를 가능하게 할 수 있다. 즉, 습식 프로세스가 실시되더라도, 기관은 모듈로 건조하게 들어와 건조하게 떠난다.

<58> 시스템 (481) 에서 코발트 합금 성막 후, 기관 (455) 은 근접 헤드에 의해 동일한 코발트 합금 성막 시스템 (481) 내부에서 린스되고 건조될 수 있거나, 부가적으로 분리된 사후-성막 세정 챔버를 통과해 전송될 수 있다. 근접 헤드들의 구조와 자신들의 사용에 대한 추가적인 정보는 이하의 도 3C 와 함께 미국 특허 제 6,988,327 호, 제 6,954,993 호, 제 9,988,326 호, 그리고 미국 특허 출원 제 10/330,843 호, 제 10/261,839 호, 제 60/686,787 호, 및 제 11/461,415 호에서 발견될 수도 있다. 다른 방법으로, 미국 특허공개공보 제 2006012860 호 및 제 2006012859 호에서 기술된 비-브러쉬 파티클 제거 프로세스들은 또한 사용될 수도 있다. 또한, 린스 및 건조 시스템은 미국 특허공개공보 제 2006012860 호 및 제 2006012859 호에서 기술된 브러쉬 스크러브 시스템 또는 비-브러쉬 방법들과 통합되어 기관 (455) 이 습식 세정 시스템 (483) 에 대해 건조-인/건조-아웃되게 한다. CP72B 나 하이드록실아민계 세정 화학 물질들과 같은 화학 물질을 이용한 브러쉬 스크러브와 같이 또는 이머전 세정이나 스핀-린스 세정과 같은 다른 방법을 이용함으로써 기계적으로 조력된 세정의 다른 방법들을 이용할 수도 있다. 시스템 (483) 을 충전하기 위하여 불활성 가스(들)을 사용하여 제한된 (또는 낮은) 산소가 시스템 내에 존재하는 것을 확보한다. 일 실시형태에서 산소 수준은 3 ppm (parts per million) 아래이다. 시스템 (483) 에서는 사후-성막 세정이 부가적이기 때문에 이 시스템이 부가적인 것을

설명하도록 점선으로 나타내진다. 사후-성막 세정 단계가 통합 시스템 (450) 에 의해 동작되는 마지막 프로세스이기 때문에, 기관 (455) 은 처리 후에 카세트 (461) 로 다시 돌려진다. 따라서, 세정 시스템 (483) 은 대안적으로 도 4B 에 도시되는 바와 같이 랩 분위기 이송 모듈 (460) 에 결합될 수 있다. 세정 시스템 (483) 이 랩 분위기 이송 모듈 (460) 에 결합되면, 세정 시스템 (483) 은 제어된 환경 하에서 동작되지 않고 불활성 가스(들)로 시스템을 충전할 필요가 없다.

<59> 도 3A 는 본 발명의 일 실시형태에 따라 무전해 성막 모듈의 단면을 나타내는 간략화된 개략도이다. 무전해 성막 모듈 (481) 은 제 1 챔버 벽 (300) 을 포함한다. 일 실시형태에서, 그 챔버 벽 (300) 은 알루미늄으로 이루어진다. 챔버 (300) 내부에는 제 2 챔버 (302) 가 있다. 일 실시형태에서는 챔버 (302) 가 폴리테트라플루오르에틸렌 (PTFE) 재료로 이루어지나, 챔버 (302) 용 구성물의 재료가 무전해 성막을 위해 본 명세서에서 사용된 화학 제품들과 동작 조건들과 양립할 수 있는 임의의 적절한 재료일 수도 있음이 이해될 것이다. 척 (318) 은 모듈 (481) 내에서 웨이퍼 (455) 를 지지한다. 일 실시형태에서, 척 (318) 은 가열된 척이다. 또한, 척 (318) 이 지지체로서 불릴 수도 있음이 주목될 것이다. 즉, 임의의 적절한 수단, 예를 들어, 전기 저항이나 척 (318) 으로부터 열을 제공하는 다른 적절한 기술들을 통해 기관 (455) 에 열을 제공한다. 척 (318) 은 보울 (304) 에 의해 포위된다. 보울 (304) 은 도시된 바와 같이, 척 (318) 의 저부에서 만입부 (indentation) 를 포함하고, 보울 (304) 의 측벽들은 그 측벽들에 의해 갇히고, 용액이 척 상에 놓인 웨이퍼의 상부에 존재할 수도 있는 캐비티를 생성하도록 척 (318) 의 표면 위로 올라온다. 또한, 보울 (304) 의 기저의 내경 주위에 환상 채널로서 불리는 그 만입부는 드레인 (312) 을 통해 보울 (304) 로부터 잉여 재료가 모이고 배출되는 것을 제공할 것이다. 본질적으로, 만입부는 드레인 (312) 으로의 전달을 위하여 기관 (455) 로부터 손실된 임의의 재료나 잉여 재료를 모으는 환상 링을 정의한다.

<60> 계속 도 3A 를 참조하면, 위에서 기술된 화학 용액들은 노즐 (308) 이나 임의의 다른 적절한 전달 수단을 통해 기관 (455) 이 놓여 있는 캐비티로 성막될 수도 있다. 그 캐비티는 기관 (455) 위로 상승하는 보울 (304) 의 상부 예지와 기관의 상부 표면에 의해 생성된 공간에 의해 정의된다. 물론 도금 용액은 위에서 언급되는 바와 같이 사용시에 제공되는 환원제와 함께 전달된다. 게이트 밸브 (310) 는 무전해 성막 모듈 (481) 로부터 공기의 도입이나 공기의 제거를 가능하게 한다. 진공 풀다운/공기 제거가 스테이지들이나 펄스들, 즉 진공 펄스 이후 불활성 가스의 도입, 이어서 진공 펄스, 이어서 불활성 가스의 도입 등으로 발생할 수도 있음이 이해될 것이다. 일 실시형태에서, 척 (318) 은 도금 공정이 완료된 후 무전해 성막 모듈 (481) 내에 추가적인 세정을 실시하는 능력을 제공하도록 화살표 (301) 에 의해 표시되는 바와 같은 수직적인 위치에서 움직인다. 일 실시형태에서, 척 (318) 은 웨이퍼 (455) 의 상부 표면으로부터 도금 용액을 제거하기 위하여 무전해 성막의 완료 후 초기 위치 위에 있는 제 1 위치까지 움직인다. 여기서, 탈-이온수 용액은 그 도금 용액을 제거하기 위하여 웨이퍼 상부에 분사될 수도 있다. 그 용액을 분사하는 수단은 그 도금 용액을 전달하기 위해 위에서 기술된 노즐과 유사하고, 유체 저수조와 유체 연통하는 노즐일 수도 있고, 또한 바람직하게는 근접 헤드 가 기관을 세정, 린스 및 건조하도록 사용될 수도 있다. 그 용액의 제거 후, 척 (318) 은 근접 헤드가 세정 및 건조 공정을 실시하도록 사용될 수도 있는, 제 1 위치 위의 제 2 위치까지 움직일 수도 있다. 물론, 척 (318) 은 근접 헤드(들)에 의한 세정 및 건조 공정을 위해 제 1 위치에 남을 수 있다. 척 (318) 이 무전해 성막이 발생하는 초기 위치로부터 성막 프로세스의 잔류물들이 제거되는 제 1 위치까지 들어올려짐에 따라, 롤러 (303) 들은 웨이퍼를 지지하도록 사용될 수도 있음이 이해될 것이다. 당업자는 롤러 (303) 들에 대한 기관(455) 의 이송이 로봇이나 다른 공지된 기계적 수단의 사용을 통해 달성될 수도 있음을 이해할 것이다. 대안적인 실시형태에서, 척 (318) 이 롤러들에 대한 대안으로서 회전할 수도 있다. 물론, 근접 헤드를 이용한 실시형태들의 경우, 근접 헤드는 측면 운동, 회전 운동, 평행 운동 그리고 수직 운동이 가능하다.

<61> 도 3B 는 도 3A 의 성막 모듈에 대한 또다른 실시형태이다. 도 3B 에서, 웨이퍼 (455) 는 롤러 (303) 들에 의해 지지될 척 (318) 상의 초기 위치로부터 상승된다. 도 3A 및 도 3B 에 도시되는 바와 같이, 척 (318) 은 보울 (304) 의 측벽들에 대한 봉인 (seal) 을 형성한다. 이로써, 척 (318) 이 수직적으로 움직임에 따라, O-링 (314) 에 대한 그 봉인은 깨져, 전기도금 프로세스로부터의 유체가 드레인 (312) 을 통해 배출되게 한다. 로봇이나 다른 공지된 기계적인 수단이 척 (318) 과 롤러 (303) 들 사이에서 웨이퍼 (455) 를 이송할 수도 있음이 이해될 것이다. 근접 헤드 (316) 는 위에서 언급된 미국 특허 제 6,988,327 호, 제 6,954,993 호, 제 9,988,326 호, 그리고 미국 특허 출원 제 10/330,843 호, 제 10/261,839 호, 제 60/686,787 호, 및 제 11/461,415 호에서 설명하는 바와 같이 웨이퍼 (455) 를 세정하도록 사용된다. 근접 헤드 (316) 는 서술된 바와 같이 진공 소스 및 유체 공급 (fluid supply) 들과 연통한다. 이로써, 도 3A 및 도 3B 의 모듈 내에서, 린스와 건조뿐만 아니라 도금 프로세스 모두는 제어된 환경을 가질 수 있는, 예를 들어, 실질적으로 산

소가 없는 동일한 챔버 내에서 일어난다.

<62> 도 3C 는 본 발명의 일 실시형태에 따라 근접 헤드 (316) 에 의해 수행될 수도 있는 웨이퍼 건조 프로세스의 바람직한 실시형태를 나타낸다. 도 3C 가 건조되고 있는 상부 표면 (108a) 를 도시하지만, 웨이퍼 건조 프로세스가 웨이퍼 (108) 의 저부 표면 (108b) 에 대해 실질적으로 동일한 방식으로 달성될 수도 있음이 이해될 것이다. 일 실시형태에서, 소스 입구 (202) 는 웨이퍼 (108) 의 상부 표면 (108a) 을 향해 이소프로필 알코올 (IPA) 증기를 도포하도록 이용될 수도 있고, 소스 입구 (206) 는 웨이퍼 (108) 의 상부 표면 (108a) 을 향해 탈이온수 (DIW) 를 도포하도록 이용될 수도 있다. 게다가, 소스 출구 (204) 는 상부 표면 (108a) 상이나 부근에 위치될 수도 있는 유체 또는 증기를 제거하도록 웨이퍼 표면에 근접한 영역에 진공을 형성하도록 이용될 수도 있다. 적어도 하나의 소스 입구 (202) 가 적어도 하나의 소스 입구 (206) 에 차례로 인접하는 적어도 하나의 소스 출구 (204) 에 인접하는 적어도 하나의 조합이 존재하는 한, 소스 입구들과 소스 출구들의 임의의 적절한 조합이 이용될 수도 있음이 이해될 것이다. IPA 는 예를 들어, N<sub>2</sub> 캐리어 가스의 사용을 통해 증기 형태의 IPA 가 입력되는 IPA 증기와 같은 임의의 적절한 형태일 수도 있다. 또한, 본 명세서에서 DIW 가 이용되더라도, 예를 들어, 다른 방식으로 정화된 물, 세정 유체 등과 같은 웨이퍼 처리를 가능하게 하거나 향상시킬 수도 있는 임의의 다른 적절한 유체가 이용될 수도 있다. 일 실시형태에서, IPA 유입 (210) 은 소스 입구 (202) 를 통해 제공되고, 진공 (212) 은 소스 출구 (204) 를 통해 형성될 수도 있으며, DIW 유입 (214) 은 소스 입구 (206) 를 통해 제공될 수도 있다. 따라서, 도 2 를 참조하여 위에서 기술한 바와 같은 IPA-진공-DIW 지향의 일 실시형태가 이용된다. 따라서, 웨이퍼 (108) 상에 유체 필름이 존재하면, 제 1 유체 압력은 IPA 유입 (210) 에 의해 웨이퍼 표면에 인가될 수도 있고, 제 2 유체 압력은 DIW 유입 (214) 에 의해 웨이퍼 표면에 인가될 수도 있으며, 제 3 유체 압력은 웨이퍼 표면 상의 DIW, IPA 및 유체 필름을 제거하기 위하여 진공 (212) 에 의해 인가될 수도 있다.

<63> 따라서, 일 실시형태에서는, 웨이퍼 표면을 향해 DIW 유입 (214) 과 IPA 유입 (210) 이 인가됨에 따라 웨이퍼 표면 상의 임의의 유체가 DIW 유입 (214) 과 혼합된다. 이때, 웨이퍼 표면을 향해 인가되는 DIW 유입 (214) 은 IPA 유입 (210) 과 조우한다. IPA 는 DIW 유입 (214) 과 계면 (118) (또한 IPA/DIW 계면 (118) 로서 알려짐) 을 형성하고 진공 (212) 에 따라서 웨이퍼 (108) 의 표면으로부터 임의의 다른 유체와 함께 DIW 유입 (214) 의 제거를 돕는다. 일 실시형태에서, IPA/DIW 계면 (118) 은 DIW 의 표면 장력을 감소시킨다. 실시 중, DIW 는 웨이퍼 표면을 향해 도포되고 소스 출구 (204) 에 의해 형성되는 진공에 의해 웨이퍼 표면 상의 유체와 함께 즉각 제거된다. 웨이퍼 표면을 향해 도포되고 근접 헤드와 웨이퍼 표면 사이의 영역에 잠시 존재하는 DIW 는 메니스커스 (116) 의 경계들이 IPA/DIW 계면 (118) 들인 메니스커스 (116) 를 웨이퍼 표면 상의 임의의 유체와 함께 형성한다. 따라서, 메니스커스 (116) 는 표면을 향해 도포되고 웨이퍼 표면 상의 임의의 유체와 함께 실질적으로 동시에 제거되는 유체의 일정한 흐름이다. 웨이퍼 표면으로부터의 DIW 에 대한 즉각적인 제거는 건조되고 있는 웨이퍼 표면의 영역 상의 유체 방울들의 형성을 방지하여 웨이퍼 (108) 상의 건조한 오염의 가능성을 감소시킨다. 또한, (IPA 의 유속에 의해 야기되는) IPA 의 하향 분사의 압력은 메니스커스 (116) 를 수용하도록 돕는다.

<64> IPA 용 N<sub>2</sub> 캐리어 가스의 유속은 근접 헤드와 웨이퍼 표면 사이의 영역 밖으로 그리고 유체들이 근접 헤드로부터 출력될 수도 있는 소스 출구 (204) 들로 수류의 변화나 밀기 (push) 를 야기하는 것을 돕는다. 따라서, IPA 와 DIW 가 소스 출구 (204) 들로 잡아당겨짐에 따라, IPA/DIW 계면 (118) 을 형성하는 경계는 유체와 함께 소스 출구 (204) 들로 가스 (예를 들어, 공기) 를 잡아당기고 있기 때문에 연속적인 경계가 아니다. 일 실시형태에서, 소스 출구 (204) 로부터의 진공이 DIW, IPA 및 웨이퍼 표면 상의 유체를 잡아당기기 때문에, 소스 출구 (204) 로의 흐름은 불연속적이다. 이러한 흐름의 불연속성은 진공이 유체 및 가스의 조합에 가해지고 있는 경우 스트로우를 통해 당겨지고 있는 유체 및 가스와 유사하다. 결과적으로, 근접 헤드 (106a) 가 움직임에 따라, 메니스커스는 근접 헤드와 함께 움직이고, 메니스커스에 의해 이전에 점유된 영역은 IPA/DIW 계면 (118) 의 이동에 따라 건조되었다. 또한, 소스 입구 (202) 들, 소스 출구 (204) 들 및 소스 입구 (206) 들의 임의의 적절한 수가 장치의 구성과 원하는 메니스커스 사이즈와 형상에 따라 이용될 수도 있음이 이해될 것이다. 또다른 실시형태에서, 액체 유속과 진공 유속은 진공 출구로의 전체 액체 흐름이 연속적이어서 진공 출구로 어떠한 가스도 흐르지 않는다.

<65> 메니스커스 (116) 가 유지될 수 있는 한 IPA, DIW, 및 진공을 위한 임의의 적절한 유속이 이용될 수도 있음이 이해될 것이다. 일 실시형태에서, 한 세트의 소스 입구 (206) 들을 통과한 DIW 의 유속은 약 25ml/분 내지 약 3,000ml/분 이다. 바람직한 실시형태에서, 한 세트의 소스 입구 (206) 들을 통과한 DIW 의 유속은 약 400ml/분 이다. 유체들의 유속이 근접 헤드의 사이즈에 따라 변할 수도 있음이 이해될 것이다. 일 실시

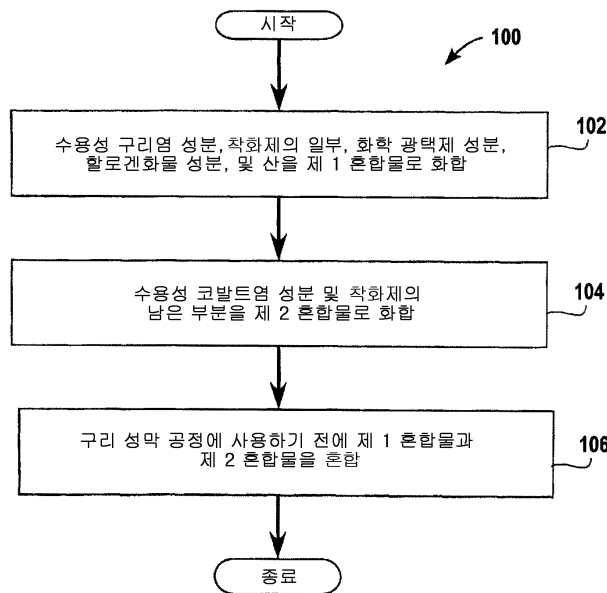
형태에서, 보다 큰 헤드는 보다 작은 근접 헤드들보다 더 큰 유체 흐름을 가질 수도 있다. 일 실시형태에서, 이것은 보다 큰 근접 헤드들이 보다 큰 헤드를 위해 보다 많은 소스 입구 (202 및 206) 들과 소스 출구 (204) 들을 갖기 때문에 발생할 수도 있다. 일 실시형태에서, 한 세트의 소스 입구 (202) 들을 통과한 IPA 증기의 유속은 약 1SCFH (standard cubic feet per hour) 내지 약 100SCFH 이다. 바람직한 실시형태에서, IPA 유속은 약 5SCFH 내지 약 50SCFH 이다.

<66> 일 실시형태에서, 한 세트의 소스 출구 (204) 들을 통과한 진공을 위한 유속은 약 10SCFH 내지 약 1250SCFH 이다. 바람직한 실시형태에서, 한 세트의 소스 출구 (204) 들을 통과한 유속은 약 350SCFH 이다. 예시적인 실시형태에서, 유량계는 IPA, DIW, 및 진공의 유속을 측정하도록 이용될 수도 있다.

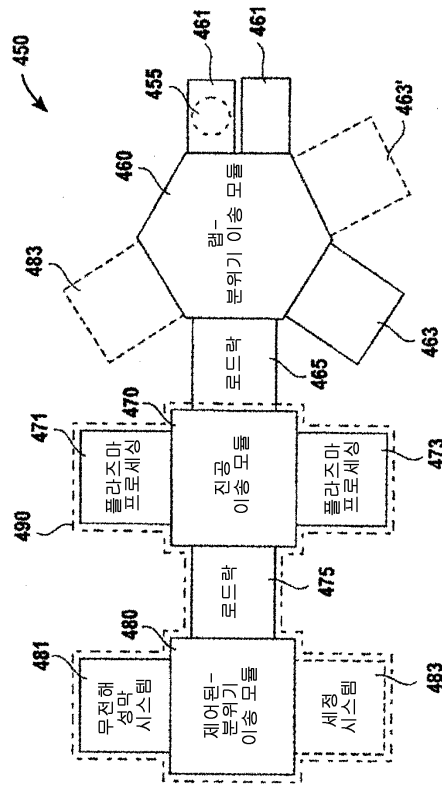
<67> 본 발명의 몇몇 실시형태들이 본 명세서에서 상세히 기술되었지만, 당업자에 의해 본 발명이 본 발명의 사상 또는 범위로부터 이탈하지 않는 많은 다른 구체적 형태로 구현될 수도 있음이 이해될 것이다. 따라서, 본 발명의 실시예들과 실시형태들은 서술적이지나 제한적이지 않게 고려될 것이며, 본 발명은 본 명세서에서 제공된 상세함에 제한되지 않고 첨부된 청구항의 범위 내에서 변형되고 실시될 수도 있다.

**도면**

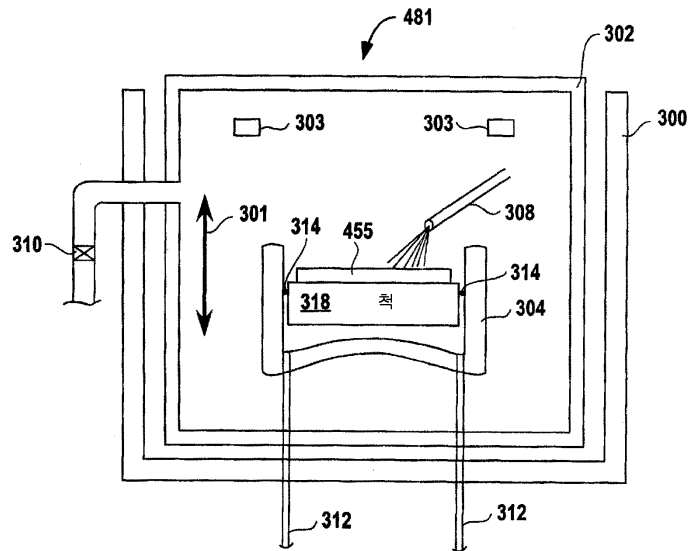
**도면1**



도면2

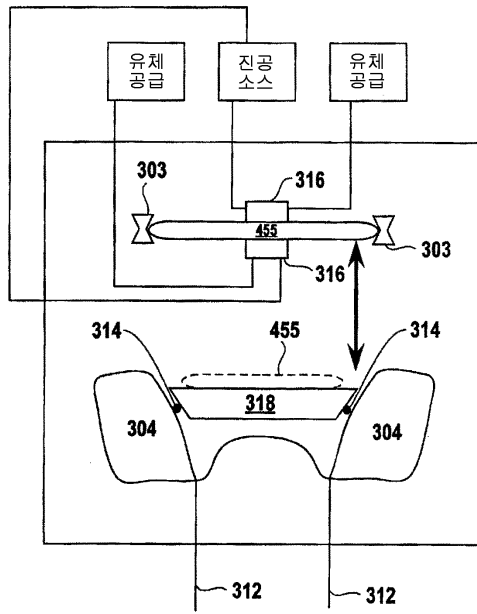


도면3A





도면3B



도면3C

