



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2022년06월28일  
(11) 등록번호 10-2414284  
(24) 등록일자 2022년06월24일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
*HO1L 21/02* (2006.01)

(52) CPC특허분류  
*HO1L 21/02109* (2013.01)  
*HO1L 21/02205* (2013.01)

(21) 출원번호 10-2015-0117794

(22) 출원일자 2015년08월21일  
심사청구일자 2020년08월19일

(65) 공개번호 10-2016-0023605

(43) 공개일자 2016년03월03일

(30) 우선권주장  
62/040,974 2014년08월22일 미국(US)  
14/516,452 2014년10월16일 미국(US)

(56) 선행기술조사문현  
JP2009016799 A\*

\*는 심사관에 의하여 인용된 문현

(73) 특허권자  
**램 리씨치 코포레이션**  
미국 94538 캘리포니아주 프레몬트 쿠싱 파크웨이  
4650

(72) 발명자  
**옹우옌 뚜안**  
미국, 오리건 97078, 비버턴, 사우스웨스트 167번  
가 4225

**랑가나단 이쉬월**  
미국, 오리건 97224, 티가드, 사우스웨스트 알파  
인 뷰 13855  
(뒷면에 계속)

(74) 대리인  
**특허법인인베션크**

전체 청구항 수 : 총 19 행

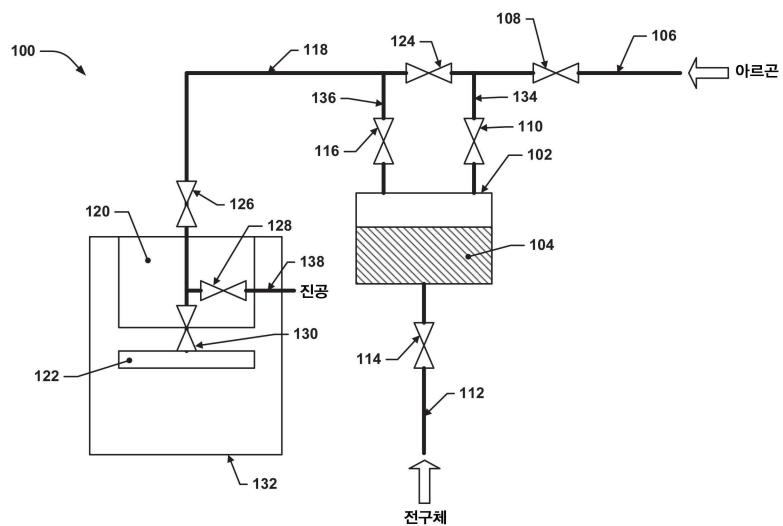
심사관 : 양진석

## (54) 발명의 명칭 온 디랜드 충진 앰플

## (57) 요약

온 디맨드 충진 앰플 (fill on demand ampoule) 을 사용하기 위한 방법들 및 장치가 개시되어 있다. 온 디맨드 충진 앰플은 다른 증착 프로세스들의 수행과 동시에 전구체로 앰플을 재충진할 수도 있다. 온 디맨드 충진 앰플은 앰플 내에서 전구체의 레벨을 상대적으로 일정한 레벨로 유지할 수도 있다. 레벨은 최적의 헤드 볼륨 (head volume) 을 발생시키도록 계산될 수도 있다. 온 디맨드 충진 앰플은 또한 전구체를 최적의 전구체 온도 부근의 온도로 유지할 수도 있다. 온 디맨드 충진은 전구체에 의한 앰플의 충진에 기인하여 전구체의 교반이 기판 증착에 최소한으로 영향을 미치는, 증착 프로세스의 부분들 동안 발생할 수도 있다. 기판 처리량은 온 디맨드 충진 앰플의 사용을 통해 증가될 수도 있다.

## 대표도 - 도1a



(72) 발명자

스와미나단 양카

미국, 오리건 97007, 비버턴, 사우스웨스트 레드  
선셋 레인 7934

라보이 애드리언

미국, 오리건 97132, 뉴버그, 코요테 루프 12705

발다세로니 끌로에

미국, 오리건 97214, 포틀랜드, 사우스이스트 모리  
슨 스트리트 1955, #407

파스콸레 프랭크 엘.

미국, 오리건 97078, 비버턴, 사우스웨스트 안나텔  
스트리트 20443

---

쿠마 프루쇼탐

미국, 오리건 97124, 힐스버러, 노스이스트 칼슨  
코트 6616

첸 준

미국, 오리건 97140, 셔우드, 사우스웨스트 레드  
펀 드라이브 23965

강후

미국, 오리건 97062, 투알라틴, 사우스웨스트 도그  
우드 스트리트 10717

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

기판 프로세싱 챔버 내 복수의 프로세싱 스테이션들을 갖는 기판 프로세싱 장치의 앰플을 충진하기 위한 방법으로서,

(a) 상기 기판 프로세싱 장치가 하나 이상의 기판들이 상기 기판 프로세싱 챔버의 상기 복수의 프로세싱 스테이션들 안으로 로드된 후, 상기 하나 이상의 기판들 중 어느 것이 상기 기판 프로세싱 장치로부터 언로드되기 전, 그리고 증착이 상기 기판 프로세싱 챔버에서 발생되지 않는 동안의 단계에 있거나 막 진입하는지를 결정함으로써 앰플 충진 시작 조건이 충족되는지를 결정하는 단계;

(b) 전구체로 상기 앰플을 충진하는 단계로서, 상기 전구체로 상기 앰플을 충진하는 단계는 웨이퍼 인텍싱 동작을 포함하는 적어도 하나의 다른 기판 프로세싱 동작과 동시에 수행되고, 상기 웨이퍼 인텍싱 동작은 상기 기판 프로세싱 챔버 내의 상기 복수의 프로세싱 스테이션들로의 상기 기판의 이송 및 배향을 포함하는, 상기 전구체로 상기 앰플을 충진하는 단계;

(c) 앰플 충진 정지 조건이 충족되는지를 결정하는 단계; 및

(d) 상기 전구체로 상기 앰플을 충진하는 단계를 중지하는 단계를 포함하는, 앰플을 충진하기 위한 방법.

#### 청구항 2

삭제

#### 청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 앰플 충진 시작 조건은 증착 동작들의 시퀀스가 상기 기판 프로세싱 장치 내에 포함된 기판들 상에서 완료되었는지를 결정하는 것을 포함하는, 앰플을 충진하기 위한 방법.

#### 청구항 4

제 3 항에 있어서,

상기 증착 동작들의 시퀀스는 원자층 증착 (Atomic Layer Deposition) 과 연관된 증착 동작들인, 앰플을 충진하기 위한 방법.

#### 청구항 5

제 1 항, 및 제 3 항 내지 제 4 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 앰플 충진 시작 조건은 전구체 볼륨이 임계치 볼륨 미만인지를 결정하는 것을 포함하는, 앰플을 충진하기 위한 방법.

#### 청구항 6

제 5 항에 있어서,

상기 임계치 볼륨은 총 앰플 볼륨의 50 % 미만의 전구체 볼륨인, 앰플을 충진하기 위한 방법.

#### 청구항 7

제 1 항, 및 제 3 항 내지 제 4 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 앰플 충진 시작 조건은 증착 동작들에 대한 셋업이 동시에 수행되는지를 결정하는 것을 포함하는, 앰플을 충진하기 위한 방법.

## 청구항 8

삭제

## 청구항 9

제 1 항, 및 제 3 항 내지 제 4 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 앰플을 충진하는 것과 동시에 수행되는 적어도 하나의 다른 기판 프로세싱 동작은, 상기 전구체 및/또는 상기 기판의 온도 소크 (soak) 를 포함하는, 앰플을 충진하기 위한 방법.

## 청구항 10

제 1 항, 및 제 3 항 내지 제 4 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 앰플을 충진하는 것과 동시에 수행되는 적어도 하나의 다른 기판 프로세싱 동작은, 펌프 투 베이스 (pump to base) 동작을 포함하는, 앰플을 충진하기 위한 방법.

## 청구항 11

제 1 항, 및 제 3 항 내지 제 4 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 앰플 충진 정지 조건은: 앰플 풀 센서 (full sensor) 가 트리거링되었는지 (trigger) 를 결정하는 것, 앰플 충진 타이머가 만료되었는지를 결정하는 것, 또는 앰플 충진 정지가 트리거링되었는지를 결정하는 것으로 구성된 그룹으로부터 선택되는, 앰플을 충진하기 위한 방법.

## 청구항 12

제 11 항에 있어서,

상기 앰플 풀 센서는 상기 앰플이 총 앰플 볼륨의 80 %를 초과하는 전구체 볼륨을 가질 때 트리거링되는, 앰플을 충진하기 위한 방법.

## 청구항 13

제 11 항에 있어서,

상기 앰플 풀 센서는 상기 앰플이 총 앰플 볼륨의 70 % 내지 100 %의 범위 내의 전구체 볼륨을 가질 때 트리거링되는, 앰플을 충진하기 위한 방법.

## 청구항 14

제 11 항에 있어서,

상기 앰플 충진 타이머는 45 초 미만의 시간의 기간인, 앰플을 충진하기 위한 방법.

## 청구항 15

제 11 항에 있어서,

상기 앰플 충진 정지는:

상기 전구체로 상기 기판 프로세싱 장치의 플로우 경로를 충전하는 것 (charge); 및

상기 기판 상에서 증착 동작들의 시퀀스를 수행하는 것 중 하나 이상 전에 트리거링되는, 앰플을 충진하기 위한 방법.

## 청구항 16

제 1 항, 및 제 3 항 내지 제 4 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 단계 (d) 후에, 상기 전구체로 상기 기판 프로세싱 장치의 플로우 경로를 충전하는 것을 더 포함하는, 앰플을 충진하기 위한 방법.

**청구항 17**

제 1 항, 및 제 3 항 내지 제 4 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 단계 (d) 후에, 상기 기판 상에서 증착 동작들의 시퀀스를 수행하는 것을 더 포함하는, 앰플을 충진하기 위한 방법.

**청구항 18**

전구체 재충진 시스템으로서,

전구체를 포함하고, 기판 프로세싱 챔버 내 복수의 프로세싱 스테이션들을 갖는 기판 프로세싱 장치의 컴포넌트 (component)이고, 그리고 전구체 전달 시스템 및 전구체 소스와 유체적으로 연통되도록 구성된, 앰플; 및

하나 이상의 제어기들을 포함하고,

상기 하나 이상의 제어기들은:

(a) 상기 기판 프로세싱 장치가 하나 이상의 기판들이 상기 기판 프로세싱 챔버의 상기 복수의 프로세싱 스테이션들 안으로 로드된 후, 상기 하나 이상의 기판들 중 어느 것이 상기 기판 프로세싱 장치로부터 언로드되기 전, 그리고 증착이 상기 기판 프로세싱 챔버에서 발생되지 않는 동안의 단계에 있거나 막 진입하는지를 결정함으로써 앰플 충진 시작 조건이 충족되는지를 결정하도록 구성되고;

(b) 상기 앰플로 하여금 상기 전구체 소스로부터의 전구체로 충진되게 하도록 구성되고, 상기 전구체로 상기 앰플을 충진하는 것은 웨이퍼 인덱싱 동작을 포함하는 적어도 하나의 다른 기판 프로세싱 동작과 동시에 수행되고, 상기 웨이퍼 인덱싱 동작은 상기 기판 프로세싱 챔버 내의 상기 복수의 프로세싱 스테이션들로의 상기 기판의 이송 및 배향을 포함하고;

(c) 앰플 충진 정지 조건이 충족되는지를 결정하도록 구성되고; 그리고

(d) 상기 전구체로 상기 앰플을 충진하는 것을 중지하도록 구성되는, 전구체 재충진 시스템.

**청구항 19**

제 18 항에 있어서,

상기 앰플 및 상기 전구체 소스는 제 1 플로우 경로를 통해 유체적으로 연통되고;

상기 제 1 플로우 경로는 밸브를 포함하고;

상기 전구체로 상기 앰플을 충진하는 것은 상기 밸브를 개방하는 것을 포함하고; 그리고

상기 전구체로 상기 앰플을 충진하는 것을 중지하는 것은 상기 밸브를 폐쇄하는 것을 포함하는, 전구체 재충진 시스템.

**청구항 20**

제 18 항에 있어서,

상기 앰플 및 상기 전구체 전달 시스템은 제 2 플로우 경로를 통해 유체적으로 연통되고;

상기 제 2 플로우 경로는 밸브를 포함하고; 그리고

상기 전구체로 상기 앰플을 충진함으로써 발생되는 상기 전구체의 교반이 상기 단계 (a)에서 기판들의 일관성에 최소한 영향을 미치는 동안의 단계는, 상기 제 2 플로우 경로 상에서 상기 밸브가 폐쇄될 때의 단계를 포함하는, 전구체 재충진 시스템.

**청구항 21**

제 18 항 내지 제 20 항 중 어느 한 항에 있어서,

증착 챔버; 및

상기 증착 챔버 내에 포함된 기판 프로세싱 스테이션을 더 포함하고, 상기 기판 프로세싱 스테이션은 기판을 수

용하도록 구성된 기판 홀더를 포함하고, 상기 전구체 전달 시스템은 상기 기판 프로세싱 스테이션에 의해 수용된 상기 기판의 프로세싱 동안 상기 전구체를 전달하도록 구성되는, 전구체 재충진 시스템.

## 발명의 설명

### 배경 기술

[0001] 특정한 기판 프로세싱 동작들은 전구체를 이용할 수도 있다. 전구체는 앰플 내에 포함될 수도 있다. 일관된 헤드 볼륨 (head volume) 및 일관된 전구체 온도가 프로세싱된 기판들의 균일성을 보장하기 위해서 요구될 수도 있다. 또한, 재충진으로부터의 전구체의 교반은 기판들이 프로세싱될 때 바람직하지 않을 수도 있다. 최종적으로, 재충진 시간들은 처리량에 영향을 미칠 수도 있고 높은 처리량이 요구될 수도 있다.

### 발명의 내용

[0002] 특정한 구현예들에서, 기판 프로세싱 장치의 앰플을 충진하기 위한 방법이 상세히 열거될 수도 있다. 방법은 (a) 앰플 재충진 시작 조건이 충족되는지를 결정하는 단계로서, 앰플 재충진 시작 조건은 기판 프로세싱 장치가 전구체로 앰플을 재충진함으로써 발생되는 전구체의 교반이 기판 프로세싱 장치에 의해 프로세싱되는 기판들의 일관성에 최소한 영향을 미치는 동안의 단계에 있거나 또는 단계에 막 진입하는지를 결정하는 것을 포함하는, 앰플 재충진 시작 조건이 충족되는지를 결정하는 단계, (b) 전구체로 앰플을 재충진하는 단계로서, 전구체로 앰플을 재충진하는 단계는 적어도 하나의 다른 기판 프로세싱 동작과 동시에 수행되는, 전구체로 앰플을 재충진하는 단계, (c) 앰플 재충진 정지 조건이 충족되는지를 결정하는 단계, 및 (d) 전구체로 앰플을 재충진하는 단계를 중지하는 단계를 포함할 수도 있다.

[0003] 방법의 일부 이러한 구현예들에서, 단계 (a)에서 전구체로 앰플을 충진함으로써 발생되는 전구체의 교반이 기판 프로세싱 장치에 의해 프로세싱되는 기판들의 일관성에 최소한 영향을 미치는 동안의 단계는, 전구체가 기판 프로세싱 챔버에 전달되지 않을 때의 상태일 수도 있고, 기판 프로세싱 챔버는 기판을 수용하고 기판에 전구체를 전달하도록 구성된다.

[0004] 방법의 일부 다른 또는 추가의 구현예들에서, 앰플 재충진 시작 조건은 증착 동작들의 시퀀스가 기판 프로세싱 장치 내에 포함된 기판들 상에서 완료되는지를 결정하는 것을 포함할 수도 있다. 일부 이러한 구현예들에서, 증착 동작들의 시퀀스는 원자층 증착 (Atomic Layer Deposition) 과 연관된 증착 동작들일 수도 있다.

[0005] 방법의 일부 다른 또는 추가의 구현예들에서, 앰플 충진 시작 조건은 전구체 볼륨이 임계치 볼륨 미만인지를 결정하는 것을 포함할 수도 있다. 일부 이러한 구현예들에서, 임계치 볼륨은 총 앰플 볼륨의 약 50 % 미만의 전구체 볼륨일 수도 있다.

[0006] 방법의 일부 다른 또는 추가의 구현예들에서, 앰플 충진 시작 조건은 증착 동작들에 대한 셋업이 동시에 수행되는지를 결정하는 것을 포함할 수도 있다.

[0007] 방법의 일부 다른 또는 추가의 구현예들에서, 앰플을 충진하는 것과 동시에 수행되는 적어도 하나의 다른 기판 프로세싱 동작은, 웨이퍼 인덱싱 (indexing) 동작을 포함할 수도 있다.

[0008] 방법의 일부 다른 또는 추가의 구현예들에서, 앰플을 충진하는 것과 동시에 수행되는 적어도 하나의 다른 기판 프로세싱 동작은, 전구체 및/또는 기판의 온도 소크 (soak) 를 포함할 수도 있다.

[0009] 방법의 일부 다른 또는 추가의 구현예들에서, 앰플을 충진하는 것과 동시에 수행되는 적어도 하나의 다른 기판 프로세싱 동작은, 펌프 투 베이스 (pump to base) 동작을 포함할 수도 있다.

[0010] 방법의 일부 다른 또는 추가의 구현예들에서, 앰플 충진 정지 조건은: 앰플 풀 센서 (full sensor) 가 트리거링 되었는지 (trigger) 를 결정하는 것, 앰플 충진 타이머가 만료되었는지를 결정하는 것, 또는 앰플 충진 정지가 트리거링되었는지를 결정하는 것으로 구성된 그룹으로부터 선택될 수도 있다. 일부 이러한 구현예들에서, 앰플 풀 센서는 앰플이 총 앰플 볼륨의 약 80 %를 초과하는 전구체 볼륨을 가질 때 트리거링될 수도 있다. 일부 다른 이러한 구현예들에서, 앰플 풀 센서는 앰플이 총 앰플 볼륨의 약 70 % 내지 약 100 %의 범위 내의 전구체 볼륨을 가질 때 트리거링될 수도 있다. 일부 다른 이러한 구현예들에서, 앰플 충진 타이머는 약 45 초 미만의 시간의 기간일 수도 있다. 일부 다른 이러한 구현예들에서, 앰플 충진 정지는 전구체로 기판 프로세싱 장치의 풀로우 경로를 충전하는 것 (charge), 및 기판 상에서 증착 동작들의 시퀀스를 수행하는 것 중 하나 이상 전에 트리거링될 수도 있다.

- [0011] 일부 다른 또는 추가의 구현예들에서, 방법은 단계 (d) 후에, 전구체로 기판 프로세싱 장치의 플로우 경로를 충전하는 것을 더 포함할 수도 있다.
- [0012] 일부 다른 또는 추가의 구현예들에서, 방법은 단계 (d) 후에, 기판 상에서 증착 동작들의 시퀀스를 수행하는 것을 더 포함할 수도 있다.
- [0013] 특정한 구현예들에서, 전구체 재충전 시스템이 상세히 열거될 수도 있다. 전구체 재충전 시스템은 앰플 및 하나 이상의 제어기들을 포함할 수도 있다. 앰플은 전구체를 포함하고, 기판 프로세싱 장치의 컴포넌트 (component)이고, 그리고 전구체 전달 시스템 및 전구체 소스와 유체적으로 연통되도록 구성될 수도 있다. 하나 이상의 제어기들은: (a) 앰플 충전 시작 조건이 충족되는지를 결정하도록 구성되고, 앰플 충전 시작 조건은 기판 프로세싱 장치가 전구체로 앰플을 충전함으로써 발생되는 전구체의 교반이 기판 프로세싱 장치에 의해 프로세싱되는 기판들의 일관성에 최소한 영향을 미치는 동안의 단계에 있거나 또는 단계에 막 진입하는지를 결정하는 것을 포함하고, (b) 앰플로 하여금 전구체 소스로부터의 전구체로 충전되게 하도록 구성되고, 전구체로 앰플을 충전하는 것은 적어도 하나의 다른 기판 프로세싱 동작과 동시에 수행되고, (c) 앰플 충전 정지 조건이 충족되는지를 결정하도록 구성되고, 그리고 (d) 전구체로 앰플을 충전하는 것을 중지하도록 구성될 수도 있다.
- [0014] 기판 프로세싱 장치의 일부 이러한 구현예들에서, 앰플 및 전구체 소스는 제 1 플로우 경로를 통해 유체적으로 연통될 수도 있고, 제 1 플로우 경로는 밸브를 포함할 수도 있고, 전구체로 앰플을 충전하는 것은 밸브를 개방하는 것을 포함할 수도 있고, 그리고 전구체로 앰플을 충전하는 것을 중지하는 것은 밸브를 폐쇄하는 것을 포함할 수도 있다.
- [0015] 기판 프로세싱 장치의 일부 다른 또는 추가의 이러한 구현예들에서, 앰플 및 전구체 전달 시스템은 제 2 플로우 경로를 통해 유체적으로 연통될 수도 있고, 제 2 플로우 경로는 밸브를 포함할 수도 있고, 그리고 전구체로 앰플을 충전함으로써 발생되는 전구체의 교반이 단계 (a)에서 기판들의 일관성에 최소한 영향을 미치는 동안의 단계는, 제 2 플로우 경로 상에서 밸브가 폐쇄될 때의 단계를 포함할 수도 있다.
- [0016] 기판 프로세싱 장치의 일부 다른 또는 추가의 이러한 구현예들에서, 기판 프로세싱 장치는 증착 챔버 및 증착 챔버 내에 포함된 기판 프로세싱 스테이션 (station)을 더 포함할 수도 있고, 기판 프로세싱 스테이션은 기판을 수용하도록 구성된 기판 홀더를 포함할 수도 있고, 전구체 전달 시스템은 기판 프로세싱 스테이션에 의해 수용된 기판의 프로세싱 동안 전구체를 전달하도록 구성될 수도 있다.
- [0017] 본 발명의 이들 및 다른 특징들이 도면들을 참조하여 아래에 보다 상세히 기술될 것이다.

### 도면의 간단한 설명

- [0018] 도 1a는 온 디맨드 충진 앰플 (fill on demand ampoule)을 가진 예시적인 기판 프로세싱 장치의 개략도를 도시한다.
- 도 1b는 온 디맨드 충진 앰플을 가진 또 다른 예시적인 기판 프로세싱 장치의 개략도를 도시한다.
- 도 2는 온 디맨드 충진 앰플을 이용하는 예시적인 증착 프로세스 동작을 상세하게 나타낸 프로세스 흐름도이다.
- 도 3은 예시적인 온 디맨드 충진 앰플을 제어하기 위한 알고리즘을 상세하게 나타낸 프로세스 흐름도이다.
- 도 4a는 도 1a의 예시적인 기판 프로세싱 장치에 대한 기판 프로세싱의 단계를 도시한다.
- 도 4b는 도 1a의 예시적인 기판 프로세싱 장치에 대한 기판 프로세싱의 또 다른 단계를 도시한다.
- 도 4c는 도 1a의 예시적인 기판 프로세싱 장치에 대한 기판 프로세싱의 추가의 단계를 도시한다.
- 도 4d는 도 1a의 예시적인 기판 프로세싱 장치에 대한 기판 프로세싱의 추가의 단계를 도시한다.
- 도 5는 온 디맨드 충진을 하는 기판 프로세싱 대 온 디맨드 충진이 없는 기판 프로세싱에 대한 기판 프로세싱 결과들의 비교이다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0019] 이 명세서에 기술된 주제의 하나 이상의 구현예들의 상세들은 첨부된 도면들 및 아래의 기술에 제시된다. 다른 특징들, 양태들, 및 이점들은 기술, 도면, 및 청구항들로부터 명백해질 것이다. 다음의 도면들의 상대적인 치수들이 스케일링된 도면들로서 명시적으로 나타내지 않는다면 스케일대로 도시되지 않을 수도 있음을 주의하라.

- [0020] 본 명세서에서 사용되는 바와 같이, 용어 "반도체 웨이퍼"는 반도체 재료, 예를 들어, 실리콘으로 제조된 웨이퍼들, 및 예를 들어, 유전체들 및/또는 전도체들과 같은 일반적으로 반도체들로서 식별되지 않지만 통상적으로 그 상에 제공된 반도체 재료들을 갖는 재료들로 제조된 웨이퍼들을 지칭할 수도 있다. SOI (silicon on insulator) 가 하나의 이러한 예이다. 이 개시에 기술된 장치들 및 방법들은 200 mm, 300 mm, 및 450 mm 직경의 반도체 웨이퍼들을 포함하는, 복수의 크기들의 반도체 웨이퍼들의 프로세싱에서 사용될 수도 있다.
- [0021] 균일성은 고품질 반도체 웨이퍼들의 프로세싱에서 중요한 요인이다. 예를 들어, 증착된 층의 두께 및 품질은 웨이퍼-대-웨이퍼 (wafer-to-wafer)로부터 웨이퍼의 표면을 내까지 균일해야 한다. 반도체 프로세싱의 특정한 구현예들에서, 액체 전구체는 반도체 웨이퍼 상에 증착되기 전에 기화될 필요가 있을 수도 있다. 액체 전구체는 앰플 및 아르곤 또는 다른 비활성 가스들과 같은 캐리어 가스에 포함될 수도 있고, 그리고 반도체 프로세싱 챔버로 기화된 전구체를 운반하도록 앰플을 통해 흐를 수도 있다. 캐리어 가스는 기화된 전구체를 운반하도록 앰플을 통해 "밀릴 수도 있거나 (pushed)" (여기서 가스는 라인들을 통해 가압됨) 또는 "당겨질 수도 있다 (pulled)" (여기서 가스는 라인들을 통해, 가능하다면 진공을 통해 당겨짐). ALD (Atomic Layer Deposition) 와 같은 특정한 증착 프로세스들에서, 웨이퍼 균일성은 앰플 내의 가스의 상대적으로 일정한 헤드 볼륨뿐만 아니라 일정한 전구체 온도로부터 이점을 얻을 수도 있다. 특정한 이러한 구현예들에서, 타깃된 헤드 볼륨은 앰플 볼륨의 약 20 % 내지 약 30 %의 볼륨일 수도 있다. 따라서, 앰플의 약 70 % 내지 약 80 %는 헤드 볼륨이 앰플 볼륨의 약 20 % 내지 약 30 %일 때 전구체로 충진될 수도 있다. 또한, 웨이퍼 균일성은 또한 전구체의 고르지 않은 기화를 발생시키는 전구체 교반의 부족으로부터 이점을 얻을 수도 있다. 최종적으로, 높은 웨이퍼 처리량은 반도체 웨이퍼들의 제작에 있어서 중요하다. 현재, 앰플들은 통상적으로 수동 충진, 자동 충진, 동시에 충진을 통해 재충진되고, 또는 유지 보수 동안 재충진된다. 그러나, 현재의 기법들 중 어느 것도 증착 동안 사용될 때의 꽤 일정한 헤드 볼륨 및 전구체 온도, 증착 동안의 전구체 교반의 부족, 및 높은 웨이퍼 처리량을 결합하지 못한다.
- [0022] 도 1a는 온 디맨드 충진 앰플을 가진 예시적인 기판 프로세싱 장치의 개략도를 도시한다. 도 1a는 프로세싱 챔버 (132) 및 앰플 (102) 을 가진 기판 프로세싱 장치 (100) 를 도시한다.
- [0023] 앰플 (102) 은 도 1a에 도시된 도면에서 전구체 (104) 를 포함한다. 특정한 구현예들에서, 앰플은 약 600 mL 내지 약 3 L의 볼륨을 가질 수도 있다. 도시된 구현예에서, 앰플은 약 1.2 L의 앰플일 수도 있다. 전구체는 플로우 경로 (112) 를 통해 앰플 (102) 내로 흐른다. 밸브 (114) 는 플로우 경로 (112) 를 통한 플로우 통과 전구체를 제어한다. 밸브 (114) 가 개방될 때, 전구체는 플로우 경로 (112) 를 통해 앰플 (102) 내로 흐를 수도 있고, 앰플 (102) 을 충진한다. 밸브 (114) 가 폐쇄될 때, 전구체는 앰플 (102) 내로 흐르지 않을 수도 있다. 도시된 구현예에서, 플로우 경로 (112) 는 앰플 (102) 의 하단에 연결된 플로우 경로이다. 전구체를 포함하는 플로우 경로는 딥스틱 (dipstick) 과 같은 다른 구성들일 수도 있고 앰플의 하단과는 다른 영역들에서 앰플을 충진할 수도 있다.
- [0024] 프로세싱 챔버 (132) 는 매니폴드 (120) 및 샤워헤드 (122) 를 포함한다. 특정한 구현예들은 하나 보다 많은 샤워헤드, 예를 들어, 2개의 샤워헤드들 또는 4개의 샤워헤드들을 포함할 수도 있다. 이러한 구현예들에서, 매니폴드는 유체들을 샤워헤드들로 분배할 수도 있다. 특정한 다른 구현예들은 매니폴드를 주입기와 같은, 전구체들의 분배를 위한 또 다른 디바이스로 대체할 수도 있다. 다른 구현예들에서, 프로세싱 챔버는 매니폴드를 포함하지 않을 수도 있다.
- [0025] 샤워헤드 (122) 는 플로우 경로 (138) 를 통해 매니폴드 (120) 와 유체적으로 연통될 수도 있고 밸브 (130) 는 매니폴드 (120) 로부터 샤워헤드 (122) 로의 유체들의 플로우를 제어하도록 플로우 경로 상에 설치될 수도 있다. 샤워헤드 (122) 는 플로우 경로 (138) 를 통해 흐르는 유체들을 프로세싱 챔버 (132) 내에 위치된 프로세스 스테이션들로 분배할 수도 있다. 프로세스 스테이션들은 기판들을 포함할 수도 있다. 프로세스 스테이션들은 도 1a에 도시되지 않는다.
- [0026] 매니폴드 (120) 는 또한 다른 플로우 경로들을 통해 진공과 연결될 수도 있다. 밸브 (128) 는 진공을 제어할 수도 있다. 특정한 구현예들에서, 밸브들 (130 및 128) 중 최대 하나의 밸브가 임의의 소정 시간에 개방될 수도 있다. 진공은 샤워헤드 (122) 가 유체들의 플로우를 수용할 준비가 되지 않을 때 캐리어 가스 및/또는 전구체 가스의 연속적인 플로우를 허용하도록 사용될 수도 있다.
- [0027] 플로우 경로들 (118 및 136) 은 앰플 (102) 을 매니폴드 (120) 와 연결시킨다. 밸브 (126) 는 플로우 경로

(118) 상에 위치된다. 밸브 (126)는 매니폴드 (120)로의 모든 유체들의 플로우를 제어하고; 밸브 (126)가 폐쇄될 때, 유체들은 매니폴드 (120)로 흐르지 않을 수도 있다. 반대로, 밸브 (126)가 개방될 때, 유체들은 매니폴드로 흐를 수도 있다. 부가적으로, 밸브 (124)는 또한 플로우 경로 (118) 상에 위치된다. 밸브 (124)는 밸브 (126)로의 캐리어 가스의 플로우를 제어한다.

[0028] 밸브 (116)는 플로우 경로 (136) 상에 위치된다. 밸브 (116)는 앰플 (102)로부터 밸브 (126)로의 전구체 가스의 플로우를 제어한다.

[0029] 플로우 경로 (106)는 캐리어 가스의 소스와 기판 프로세싱 장치 (100)를 연결한다. 플로우 경로 (106)를 통한 기판 프로세싱 장치 (100)의 플로우 경로의 나머지 부분 (rest) 내로의 캐리어 가스의 플로우는 밸브 (108)에 의해 제어된다. 밸브 (108)가 폐쇄된다면, 기판 프로세싱 장치 (100)를 통한 유체 플로우는 없을 수도 있다.

[0030] 플로우 경로 (134)는 앰플 (102)과 플로우 경로 (106)를 연결한다. 플로우 경로 (134) 상에 위치된 밸브 (110)는 플로우 경로 (106)로부터 앰플 (102) 내로의 캐리어 가스의 플로우를 제어한다. 캐리어 가스가 앰플 (102) 내로 흐른 후에, 캐리어 가스는 전구체 가스를 형성하도록 기화된 전구체와 혼합될 수도 있다.

[0031] 기판 프로세싱 장치 (100)를 통한 유체들의 플로우는 다양한 밸브들의 개방 및 폐쇄를 통해 제어될 수도 있다. 개방되고 폐쇄된 밸브들의 특정한 구성들은 도 4a 내지 도 4d에서 더 상세히 논의될 것이다.

[0032] 도 1b는 온 디맨드 충진 앰플을 가진 또 다른 예시적인 기판 프로세싱 장치의 개략도를 도시한다. 도 1b의 기판 프로세싱 장치 (100B)는 도 1a의 기판 프로세싱 장치 (100)와 유사하다. 기판 프로세싱 장치 (100B)는 플로우 경로 (142)에 의해 연결된 추가의 밸브 (140)를 포함한다. 도 1b에 도시된 기판 프로세싱 장치 (100B)의 구현예에서, 플로우 경로 (142) 및 밸브 (140)는 밸브 (126)로 흐르도록 캐리어 가스를 위한 추가의 경로를 제공할 수도 있다. 특정한 구현예들에서, 밸브 (124)를 통한 플로우 경로는 기판 프로세싱 장치의 동작 동안 캐리어 가스를 흘리도록 사용될 수도 있지만, 밸브 (140)를 통한 플로우 경로는 기판 프로세싱 장치의 유지 보수 동안 캐리어 가스를 흘리도록 사용될 수도 있다.

[0033] 도 2는 온 디맨드 충진 앰플을 이용하는 예시적인 증착 프로세스 동작을 상세하게 나타낸 프로세스 흐름도이다. 도 2는 프로세스 동작들의 나머지와 비교할 때 앰플 충진 동작들의 시간표 및 앰플 충진 동작들을 상세하게 나타낸다. 도 2에서, 앰플 충진 동작들은 도면의 우측에 도시되지만, 다른 증착 프로세스 동작들은 좌측에 도시된다. 도 2에서 상세하게 나타낸 프로세스 동작은 ALD 프로세싱 동작일 수도 있거나 또는 다른 유형의 기판 프로세싱 동작들일 수도 있다.

[0034] 동작 202에서, 프로세스 동작의 셋업이 수행된다. 동작 202는 장치의 일반적인 점검 (checking), 핀들의 리프팅, 기판들의 로딩, 및 동작들의 프로그래밍과 같은 프로세싱 동작들의 셋업에 수반되는 많은 상이한 태스크들을 포함한다.

[0035] 동작 202 후에, 동작 204는 앰플의 충진을 시작한다. 동작 204는 앰플의 초기 충진을 시작한다. 동작 204의 초기에, 앰플은 완전히 비어있을 수도 있다.

[0036] 앰플이 충진되는 동안, 온도 소크 (temperature soak)가 동작 206에서 발생한다. 온도 소크는 ALD에서 사용된 특정한 전구체들에 대해, 전구체를 약 20 °C 내지 100 °C와 같은 목표된 온도에 이르게 하도록 전구체를 가열할 수도 있고, 및/또는 온도 소크는 증착 전에 기판을 가열할 수도 있다. 전구체가 가열되는 온도는 전구체의 화학적 조성에 의존적일 수도 있다. 특정한 구현예들은 실온으로부터 보다 높은 온도 (예를 들어, 약 25 °C 내지 45 °C의 온도) 까지 전구체 및/또는 기판을 가열할 수도 있다. 다른 구현예들은 실온으로부터 약 25 °C 내지 60 °C의 온도까지 전구체 및/또는 기판을 가열할 수도 있지만, 다른 구현예들은 실온으로부터 최대 훨씬 보다 높은 온도 (예를 들어, 최대 약 80 °C)로 전구체 및/또는 기판을 가열할 수도 있다. 앰플이 충진됨에 따라 전구체의 열 소킹 (soaking)은 목표된 양으로 기화하도록 전구체에 대한 최적의 온도에 있는 전구체를 발생시킬 수도 있다. 추가적으로, 앰플의 충진 동안 전구체를 열 소킹하는 것은 2개의 셋업 동작들이 동시에 수행되기 때문에 보다 큰 기판 처리량을 허용할 수도 있다. 최종적으로, 캐리어 가스가 기화된 전구체 가스를 운반하도록 앰플을 통해 흐르지 않기 때문에, 열 소킹 동안 앰플을 충진하는 것은 또한 충진 동안 전구체의 교반으로부터 발생하는 효과를 최소화할 수도 있다.

[0037] 동작 206의 온도 소크가 완료된 후, 하지만 라인들이 동작 210에서 충전되기 (charge) 전에, 앰플은 동작 208에서 충진되는 것을 중지한다. 앰플은 다양한 상이한 조건들에 기인하여 충진되는 것을 중지할 수도 있다. 이러한 조건들은 도 3에 보다 상세히 기술된다. 특정한 구현예들에서, 앰플은 처음에 풀 레벨일 수도 있다. 이러한

한 구현예들에서, 앰플의 초기 충진은 생략될 수도 있다.

[0038] 동작 210에서, 라인 충전이 수행된다. 라인 충전은 전구체 가스를 프로세싱 챔버 내로 전달하기 전에 기관 프로세싱 장치의 플로우 경로들을 통한 가스의 플로우이다. 즉, 챔버로 이어지는 라인들은 챔버로의 밸브들이 개방될 때 지연을 제거하도록 충전된다. 예를 들어, 특정한 구현예들은 앰플로부터 전구체 가스를 운반하도록 다양한 플로우 경로들을 통해 캐리어 가스를 흘릴 수도 있다. 이러한 전구체 가스의 사전 흐름은, 프로세싱 챔버로 이어지는 밸브가 개방 상태로 전환될 때, 전구체 가스가 프로세싱 챔버에 보다 빠르게 도달하도록 증착에서 사용된 전구체 가스로 플로우 경로들을 사전 충전함으로써 증착의 보다 일관된 초기 사이클들을 갖는 것을 도울 수도 있다.

[0039] 동작 210에서의 라인 충전 후에, 증착이 동작 212에서 수행된다. 동작 212에서 수행된 증착은 증착의 단일 사이클일 수도 있거나, 또는 ALD 동안 수행되는 증착과 같은 증착의 복수의 사이클들일 수도 있다.

[0040] 증착이 동작 212에서 수행된 후, 이차 앰플 충진이 동작 216에서 시작된다. 동작 216에서의 이차 앰플 충진은 폴 레벨로 다시 앰플을 충진할 수도 있거나 또는 또 다른 충진 정지 조건이 충족될 때까지 앰플을 충진하도록 설계될 수도 있다. 충진 정지 조건이 동작 220에서 충족될 때, 이차 앰플 충진 동작이 중지된다. 이차 앰플 충진은 앰플로 하여금 상대적으로 일관된 헤드 볼륨을 유지하도록 하고, 보다 큰 웨이퍼 균일성을 야기한다. 이차 앰플 충진 동안, 앰플은 보다 일관된 전구체 온도들을 허용하도록 가열될 수도 있다. 도 2에 기술된 구현 예와 같은 특정한 구현예들에서, 이차 앰플 충진은 충진으로부터 발생하는 전구체의 교반이 기관 프로세싱에 최소한의 영향을 미칠 때의 기간 동안 발생하도록 타이밍된다. 일부 구현예들에서, 이러한 기간들은 증착이 수행되지 않을 때의 기간들일 수도 있다. 다른 구현예들에서, 증착은 전구체의 증기압이 특정한 임계치 아래에 있으면 이러한 기간들 동안 수행될 수도 있다. 낮은 증기압들을 가진 전구체들은 재충진으로부터의 교반에 있어서 보다 덜 민감할 수도 있고 그래서 증착이 수행되는 동안 재충진하는데 있어서 보다 적합할 수도 있다. 예를 들어, 약 1 Torr 미만의 증기압을 가진 전구체들은 증착 동안 재충진될 수도 있는 전구체들이다. 특정한 구현 예들에서, 이차 앰플 충진의 임의의 단일 동작 동안 재충진되는 전구체의 양은 총 앰플 볼륨의 약 40 % 미만, 예를 들어, 총 앰플 볼륨의 약 20 % 미만, 총 앰플 볼륨의 약 10 % 미만, 총 앰플 볼륨의 약 5 % 미만, 또는 총 앰플 볼륨의 약 2 % 미만일 수도 있다.

[0041] 이차 앰플 충진이 수행되는 동안, 펌프 투 베이스 (pump to base) 및 웨이퍼 인덱싱 (indexing) 과 같은 다른 프로세스 동작들이 여전히 수행된다. 동작 214에서, 펌프 투 베이스가 수행된다. 펌프 투 베이스는 진공 펌프에 의해 제공된 기준 압력으로 챔버를 배기하는 프로세스이다. 프로세스는 예를 들어, 프로세싱 챔버 내의 진공 포트들을 통해 기관 프로세싱 챔버로부터 잔류 재료들을 제거한다.

[0042] 동작 218에서, 웨이퍼 인덱싱이 수행된다. 웨이퍼 인덱싱은 기관 프로세싱 챔버 내의 추가의 프로세스 스테이션으로의 기관의 배향 및 이송이다. 웨이퍼 인덱싱은 기관 프로세싱 챔버가 복수의 프로세싱 스테이션들을 가질 때 수행될 수도 있다. 오직 하나의 프로세싱 스테이션을 가진 프로세싱 챔버를 수반하는 구현예들과 같은, 특정한 구현예들에서, 웨이퍼 인덱싱이 수행되지 않을 수도 있다.

[0043] 동작 218에서의 웨이퍼 인덱싱 후에, 프로세스는 동작 212로 다시 진행할 수도 있고 모든 요구된 증착이 수행될 때까지 증착을 다시 수행할 수도 있다. 앰플 충진은 증착의 라운드 각각 사이에서 수행될 수도 있다.

[0044] 도 3은 예시적인 온 디맨드 충진 앰플을 제어하기 위한 알고리즘을 상세하게 나타낸 프로세스 흐름도이다. 동작 302에서, 명령이 전구체 충진을 수행하도록 제공된다. 동작 302는 도 2의 동작 204 또는 동작 216에 대응할 수도 있다. 전구체 충진을 수행하기 위한 명령은 제어기에 포함된 로직을 통해 제공될 수도 있다. 제어기는 기관 프로세싱 장치의 다른 증착 동작들을 제어하도록 사용된 제어기일 수도 있거나 또는 제어기는 앰플과 연관된 동작들을 제어하기 위한 전용 개별 제어기일 수도 있다.

[0045] 일부 구현예들에서, 제어기는 본 명세서에 기술된 예들의 일부일 수도 있는 시스템의 일부이다. 이러한 시스템들은, 프로세싱 툴 또는 툴들, 챔버 또는 챔버들, 프로세싱용 플랫폼 또는 플랫폼들, 및/또는 특정 프로세싱 컴포넌트들 (웨이퍼 페데스탈, 가스 플로우 시스템, 앰플 등) 을 포함하는, 반도체 프로세싱 장비를 포함할 수도 있다. 이러한 시스템들은 반도체 웨이퍼 또는 기관의 프로세싱 이전에, 프로세싱 동안에 그리고 프로세싱 이후에 그들의 동작을 제어하기 위한 전자장치에 통합될 수도 있다. 전자장치는 시스템 또는 시스템들의 다양한 컴포넌트들 또는 하위부품들을 제어할 수도 있는 "제어기"로서 지칭될 수도 있다. 제어기는, 시스템의 프로세싱 요건들 및/또는 타입에 따라서, 예를 들어서 프로세싱 가스들의 전달, 온도 설정사항들 (예를 들어, 가열 및/또는 냉각), 압력 설정사항들, 진공 설정사항들, 전력 설정사항들, 무선 주파수 (RF) 생성기 설정사항들, RF 매칭

회로 설정사항들, 주파수 설정사항들, 플로우 레이트 설정사항들, 유체 전달 설정사항들, 위치 및 동작 설정사항들, 앰플들의 재충전, 툴들 및 다른 전달 툴들 및/또는 특정 시스템과 연결되거나 인터페이싱된 로드록들 내외로의 웨이퍼 이송들을 포함하는, 본 명세서에 개시된 프로세스들 중 임의의 프로세스를 제어하도록 프로그램될 수도 있다.

[0046] 일반적으로 말하면, 제어기는 인스트럭션들을 수신하고 인스트럭션들을 발행하고 동작을 제어하고 세정 동작들을 인에이블하고, 엔드포인트 측정들을 인에이블하는 등을 하는 다양한 집적 회로들, 로직, 메모리, 및/또는 소프트웨어를 갖는 전자장치로서 규정될 수도 있다. 집적 회로들은 프로그램 인스트럭션들을 저장하는 펌웨어의 형태의 칩들, 디지털 신호 프로세서들 (DSP), ASIC (application specific integrated circuit) 으로서 규정되는 칩들 및/또는 프로그램 인스트럭션들 (예를 들어, 소프트웨어) 을 실행하는 하나 이상의 마이크로프로세서들, 또는 마이크로제어기들을 포함할 수도 있다. 프로그램 인스트럭션들은 반도체 웨이퍼 상에서 또는 반도체 웨이퍼에 대한 특정 프로세스를 실행하기 위한 동작 파라미터들을 규정하는, 다양한 개별 설정사항들 (또는 프로그램 파일들) 의 형태로 제어기로 또는 시스템으로 전달되는 인스트럭션들일 수도 있다. 일부 실시예들에서, 동작 파라미터들은 하나 이상의 층들, 재료들, 금속들, 산화물들, 실리콘, 이산화 실리콘, 표면들, 회로들, 및/또는 웨이퍼의 다이들의 제조 동안에 하나 이상의 프로세싱 단계들을 달성하도록 프로세스 엔지니어에 의해서 규정된 레시피의 일부일 수도 있다.

[0047] 제어기는, 일부 구현예들에서, 시스템에 통합되거나, 시스템에 커플링되거나, 이와 달리 시스템에 네트워킹되거나, 또는 이들의 조합으로 되는 컴퓨터에 커플링되거나 이의 일부일 수도 있다. 예를 들어서, 제어기는 웨이퍼 프로세싱의 원격 액세스를 가능하게 할 수 있는 공장 (fab) 호스트 컴퓨터 시스템의 전부 또는 일부이거나 "클라우드" 내에 있을 수도 있다. 컴퓨터는 제조 동작들의 현 진행을 모니터링하고, 과거 제조 동작들의 이력을 조사하고, 복수의 제조 동작들로부터 경향들 또는 성능 계측치들을 조사하고, 현 프로세싱의 파라미터들을 변경하고, 현 프로세싱을 따르는 프로세싱 단계들을 설정하고, 또는 새로운 프로세스를 시작하기 위해서 시스템으로의 원격 액세스를 인에이블할 수도 있다. 일부 예들에서, 원격 컴퓨터 (예를 들어, 서버) 는 로컬 네트워크 또는 인터넷을 포함할 수도 있는 네트워크를 통해서 프로세스 레시피들을 시스템에 제공할 수 있다. 원격 컴퓨터는 차후에 원격 컴퓨터로부터 시스템으로 전달될 파라미터들 및/또는 설정사항들의 입력 또는 프로그래밍을 가능하게 하는 사용자 인터페이스를 포함할 수도 있다. 일부 예들에서, 제어기는 하나 이상의 동작들 동안에 수행될 프로세스 단계들 각각에 대한 파라미터들을 특정한, 데이터의 형태의 인스트럭션들을 수신한다. 이 파라미터들은 제어기가 제어하거나 인터페이싱하도록 구성된 툴의 타입 및 수행될 프로세스의 타입에 특정적일 수 있다는 것이 이해되어야 한다. 따라서, 상술한 바와 같이, 제어기는 예를 들어서 서로 네트워킹되어서 함께 공통 목적을 위해서, 예를 들어서 본 명세서에 기술된 프로세스들 및 제어들을 위해서 협력하는 하나 이상의 개별 제어기들을 포함함으로써 분산될 수도 있다. 이러한 목적을 위한 분산형 제어기의 예는 챔버 상의 프로세스를 제어하도록 조합되는, (예를 들어서, 플랫폼 레벨에서 또는 원격 컴퓨터의 일부로서) 원격으로 위치한 하나 이상의 집적 회로들과 통신하는 챔버 상의 하나 이상의 집적 회로들일 수 있다.

[0048] 비한정적으로, 예시적인 시스템들은 플라즈마 에칭 챔버 또는 모듈, 중착 챔버 또는 모듈, 스피-린스 챔버 또는 모듈, 금속 도금 챔버 또는 모듈, 세정 챔버 또는 모듈, 베벨 에지 에칭 챔버 또는 모듈, PVD (physical vapor deposition) 챔버 또는 모듈, CVD (chemical vapor deposition) 챔버 또는 모듈, ALD (atomic layer deposition) 챔버 또는 모듈, ALE (atomic layer etch) 챔버 또는 모듈, 이온 주입 챔버 또는 모듈, 트랙 (track) 챔버 또는 모듈, 및 반도체 웨이퍼들의 제조 및/또는 제작 시에 사용되거나 연관될 수도 있는 임의의 다른 반도체 프로세싱 시스템들을 포함할 수도 있다.

[0049] 상술한 바와 같이, 툴에 의해서 수행될 프로세스 단계 또는 단계들에 따라서, 제어기는, 반도체 제조 공장 내의 툴 위치들 및/또는 로드 포트들로부터/로 웨이퍼들의 컨테이너들을 이동시키는 재료 이송 시에 사용되는, 다른 툴 회로들 또는 모듈들, 다른 툴 커포넌트들, 클러스터 툴들, 다른 툴 인터페이스들, 인접 툴들, 이웃하는 툴들, 공장 도처에 위치한 툴들, 메인 컴퓨터, 다른 제어기 또는 툴들 중 하나 이상과 통신할 수도 있다.

[0050] 도 3을 다시 참조하면, 일단 명령이 전구체 충전을 수행하도록 제공된다면, 전구체는 앰플을 충전하기 시작한다. 전구체 충전이 수행되는 동안, 제어기는 또한 동작 304, 동작 306, 및 동작 308을 동시에 수행할 수도 있다.

[0051] 동작 304에서, 제어기는 앰플 풀 센서가 온 (on) 인지를 알기 위해 점검한다. 앰플은 개별 레벨 센서와 같은 레벨 센서를 포함할 수도 있다. 레벨 센서는 풀 레벨과 같은 앰플 내의 특정한 전구체 레벨을 검출하도록 설정될 수도 있다. 이러한 전구체 풀 레벨은 최적의 헤드 볼륨을 포함하는 앰플을 발생시키도록 계산될 수도 있다.

특정한 구현예들에서, 풀 레벨은 최적의 헤드 볼륨에 도달하도록 계산된 임계치 볼륨일 수도 있다. 이러한 임계치 볼륨들은 예를 들어, 앰플의 총 볼륨의 약 70 % 내지 80 %, 예를 들어, 앰플의 총 볼륨의 약 75 %의 전구체의 볼륨일 수도 있다. 다른 구현예들에서, 임계치 볼륨은 일정 범위의 볼륨일 수도 있다. 이러한 구현예들에서, 범위 내에 속하는 전구체 볼륨은 풀 조건을 만족시킬 수도 있다. 특정한 이러한 구현예들에서, 차후의 이차 앰플 충진들은 검출된 전구체 볼륨에 기초하여 조정될 수도 있다. 예를 들어, 차후의 이차 앰플 충진들의 정지 조건들이 조정될 수도 있다.

[0052] 특정한 다른 구현예들에서, 레벨 센서는 저레벨을 보고할 수도 있다. 저레벨은 앰플 내의 전구체의 볼륨이 앰플 볼륨의 임계치 퍼센트 미만일 때 보고될 수도 있다. 이러한 구현예들에서, 임계치 볼륨은 앰플 볼륨의 약 50 % 미만의 볼륨일 수도 있다. 이러한 구현예들에서, 기판 프로세싱 장치는 레벨 센서가 저레벨을 보고할 때 기판들의 프로세싱을 정지할 수도 있다. 특정한 구현예들에서, 기판 프로세싱 장치는 앰플을 재충진하기 위한 기판 프로세싱을 정지하기 전에 기판 중착 동작들의 시퀀스에서 모든 중착 사이클들을 종료할 수도 있다.

[0053] 동작 306에서, 제어기는 앰플 충진 타이머가 만료되었는지를 알기 위해 점검한다. 앰플 충진 타이머는 앰플 충진 프로세스가 앰플을 풀 레벨로 충진하도록 요구되는 기간과 가까운 기간 동안에만 수행되도록 제어기에 설정된 타이머일 수도 있다. 특정한 구현예들에서, 충진 타이머는 일부 안전 요인을 도입하도록 앰플을 풀 레벨로 충진하도록 요구되는 시간보다 약간 긴 기간일 수도 있다. 다른 구현예들에서, 앰플 충진 타이머는 앰플을 풀 레벨로 충진하도록 요구된 기간보다 훨씬 보다 길 수도 있다. 이러한 구현예들에서, 충진 타이머 지속기간은 앰플을 풀 레벨로 충진하기 위한 최고의 기회를 허용하도록 선택될 수도 있고 앰플 풀 센서는 앰플의 과충진을 방지하기 위한 주 메커니즘으로서 필요될 수도 있다.

[0054] 특정한 구현예들에서, 초기 충진 및 이차 충진에 대한 충진 타이머는 상이할 수도 있다. 이러한 구현예들에서, 초기 충진 타이머는 예를 들어, 45 초 이하일 수도 있지만, 이차 충진 타이머는 예를 들어, 5 초 내지 10 초일 수도 있다. 다른 구현예들에서, 충진 타이머는 보정 계수 (correction factor)에 기초하여 조정될 수도 있다. 보정 계수는 다양한 상이한 기판 프로세싱 장치의 재충진 라인들의 압력들의 차이들을 설명하기 위한 계수일 수도 있다. 따라서, 높은 재충진 라인 압력을 갖는 기판 프로세싱 장치는 보다 짧은 충진 타이머를 발생시키는 낮은 보정 계수를 가질 수도 있지만, 낮은 재충진 라인 압력을 갖는 기판 프로세싱 장치는 보다 긴 충진 타이머를 발생시키는 높은 보정 계수를 가질 수도 있다. 재충진 라인 압력은 기판 프로세싱 장치의 고유 특성들에 기초하여 변경될 수도 있거나 또는 재충진 라인 압력은 장비의 특정 부분에 관한 조작자들의 경험에 기초하여 변경될 수도 있다. 예를 들어, 재충진 라인 압력은 전구체 교반의 추가의 감소가 목표된다면 감소될 수도 있다. 또한, 보정 계수는 전구체 재충진 라인 내의 압력 지시자의 업스트림의 임의의 변화를 설명할 수도 있다. 압력에 영향을 미칠 수도 있는 계수들은 재충진 라인의 길이 및 직경을 포함한다.

[0055] 특정한 구현예들에서, 이차 충진 타이머는 초기 충진 동안 검출된 조건들에 관계 없이 일정하게 유지될 수도 있다. 다른 구현예들에서, 이차 충진 타이머는 초기 충진 동안 검출된 조건들에 따라 조정될 수도 있다. 예를 들어, 초기 충진 동안, 앰플 풀 센서가 온으로 검출되지 않는다면, 이차 충진 타이머의 지속기간은 이차 충진 동작 동안 풀 레벨에 도달하는 앰플의 보다 큰 가능성을 허용하도록 길어질 수도 있다.

[0056] 동작 308에서, 제어기는 명시적 정지 명령이 호출되었는지를 알기 위해 점검한다. 특정한 구현예들에서, 앰플 충진을 중지하기 위한 명시적 정지 명령은 단계들의 수행 동안 앰플의 동시 충진이 전구체의 수용 불가능한 교반을 발생시킬 수도 있는 중착 단계들과 같은, 특정한 중착 단계들의 수행 전에 제어기 내로 프로그램될 수도 있다. 명시적 정지 명령은 앰플 풀 센서 및/또는 앰플 충진 타이머의 고장에 대한 추가의 세이프가드 (safeguard) 일 수도 있다. 추가적으로, 충진 타이머 및/또는 풀 볼륨은 특정한 구현예들에서, 사용자 정의된 파라미터들일 수도 있다. 명시적 정지 명령은 파라미터들의 사용자 정의에서의 여러들이 기판 프로세싱의 품질에 영향을 미치는 것을 방지할 수도 있다.

[0057] 제어기가 동작 304, 동작 306, 또는 동작 308 중 임의의 동작으로부터 "예" 결과를 검출한다면, 제어기는 이어서 동작 310으로 진행하고 전구체 충진이 정지된다. "예" 결과가 동작 304, 동작 306, 또는 동작 308 중 임의의 동작으로부터 검출되지 않는다면, 제어기는 동작 302로 복귀될 수도 있고 전구체 충진을 계속 수행할 수도 있다.

[0058] 도 4a는 도 1a의 예시적인 기판 프로세싱 장치에 대한 기판 프로세싱의 단계를 도시한다. 도 4a에 도시된 단계는 도 2의 동작 204에 대응한다. 도 4a뿐만 아니라 도 4b 및 도 4c에 도시된 기판 프로세싱 장치 (100)는, 도 1a에 도시된 기판 프로세싱 장치의 구성과 유사한 구성을 가진 기판 프로세싱 장치일 수도 있다. 도 4a 내지 도 4d에서, 실선들은 플로우가 없는 플로우 경로들을 나타내고, 점선들은 액체 전구체 플로우가 있는 플로우 경

로들을 나타내고, 파선들은 캐리어 가스 플로우가 있는 플로우 경로들을 나타내고, 파선과 점선이 합쳐진 선은 전구체 가스 플로우가 있는 플로우 경로들을 나타낸다.

[0059] 도 4a에서, 앰플 (102)의 초기 충진이 수행된다. 도 4a에 도시된 구현예에서, 밸브 (114)를 제외한 모든 밸브들이 폐쇄된다. 밸브 (114)는 앰플 (102) 내로의 전구체의 플로우를 허용하도록 개방된다. 다른 구현예들에서, 밸브들 (108, 124, 126, 및 128)이 개방될 수도 있다. 도 4a에서 앰플 (102)은 전구체의 기화를 용이하게 하도록 목표된 온도에 전구체가 이르게 하도록 가열될 수도 있다.

[0060] 도 4b는 도 1a의 예시적인 기판 프로세싱 장치에 대한 기판 프로세싱의 또 다른 단계를 도시한다. 도 4b에 도시된 단계는 도 2의 동작 210에 대응한다. 도 4b에서, 밸브 (114)는 이제 전구체의 충진을 정지하도록 요구된 조건들 중 적어도 하나가 트리거링됨에 따라 폐쇄된다.

[0061] 도 4b에서, 밸브들 (108, 110, 116, 및 126)은 기판 프로세싱 장치로 하여금 전구체 가스 플로우로 플로우 경로들 (118 및 136)을 사전 충전하도록 개방된다. 샤워헤드 (122)가 도 2에서 전구체 가스 플로우를 수용할 준비가 되지 않았기 때문에, 플로우 경로들 (118 및 136)을 통해 흐르는 전구체 가스는, 나중에 덤프 소스 (dump source)로 플로우 경로 (138)를 통해 흐른다. 전구체 가스의 연속적인 플로우는 샤워헤드 (122)가 전구체 가스를 수용할 준비가 될 때 전구체 가스의 공급이 준비되는 것을 보장하도록 플로우 경로들 (118 및 136)을 통해 공급된다.

[0062] 도 4b에서, 전구체 가스는 캐리어 가스와 기화된 전구체의 혼합물이다. 캐리어 가스는 앰플 (102)에 들어가도록 각각 개방된 밸브들 (108 및 110)을 갖는, 플로우 경로 (106 및 134)를 통해 흐른다. 앰플은 기화된 전구체를 포함하고 캐리어 가스는 전구체 가스를 형성하도록 기화된 전구체와 혼합된다. 전구체 가스는 이어서 플로우 경로 (136)를 통해 앰플 (102) 외부로 흐른다.

[0063] 도 4c는 도 1a의 예시적인 기판 프로세싱 장치에 대한 기판 프로세싱의 추가의 단계를 도시한다. 도 4c에 도시된 단계는 도 2의 동작 212에 대응한다. 도 4c에서, 밸브 (128)는 이제 폐쇄되지만, 밸브 (130)는 이제 전구체 가스로 하여금 샤워헤드 (122)를 통해 프로세싱 챔버 (132) 내로 흐르도록 개방된다.

[0064] 도 4d는 도 1a의 예시적인 기판 프로세싱 장치에 대한 기판 프로세싱의 추가의 단계를 도시한다. 도 4d에 도시된 단계는 도 2의 동작 214에 대응한다. 도 4d에서, 밸브들 (110 및 116)은 폐쇄되지만, 밸브 (124)는 개방된다. 따라서, 플로우 경로들을 통한 전구체 가스의 플로우는 없지만, 캐리어 가스는 플로우 경로들 (106 및 118)을 통해 흐를 수도 있다. 추가적으로, 밸브 (130)는 이제 샤워헤드 (122) 내로의 캐리어 가스의 플로우를 방지하도록 폐쇄된다. 밸브 (128)는 이제 덤프 소스로의 캐리어 가스의 플로우를 허용하도록 개방된다.

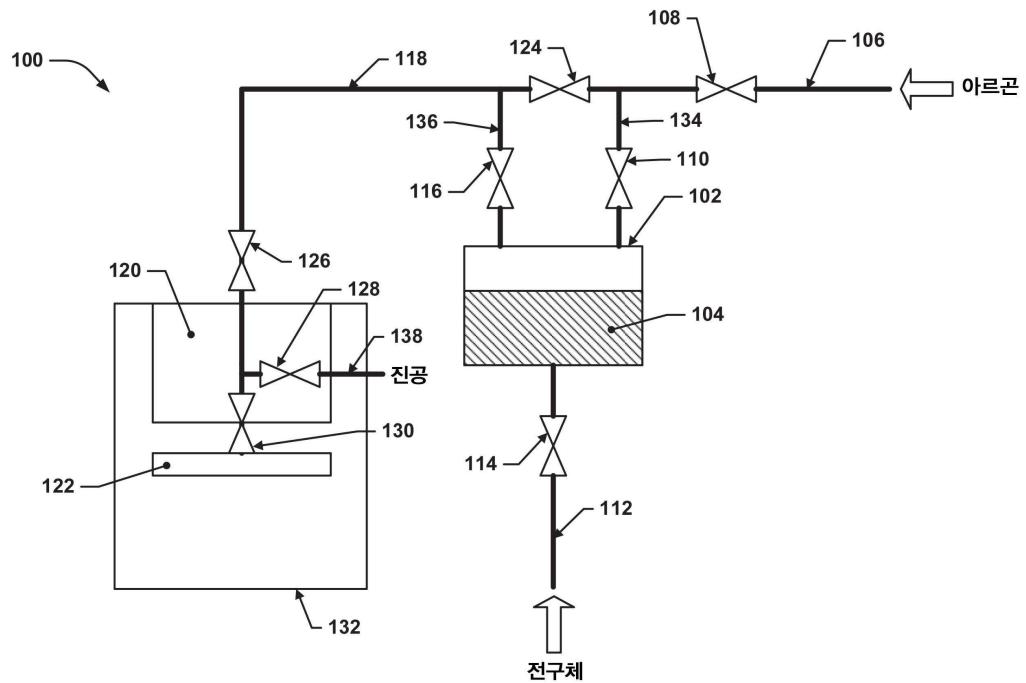
[0065] 도 4d에서, 밸브 (114)는 전구체를 가진 앰플 (102)의 재충전을 허용하도록 개방된다. 도 4d에 도시된 재충전은 이차 전구체 재충전이다.

[0066] 도 5는 온 디맨드 충전을 하는 기판 프로세싱 대 온 디맨드 충전이 없는 기판 프로세싱에 대한 기판 프로세싱 결과들의 비교이다. 도 5에서, "X" 표시들로 나타낸 플롯들은 온 디맨드 충전을 이용하는 증착 프로세스들이지만, 정사각형 표시들로 나타낸 플롯들은 온 디맨드 충전을 이용하지 않는 증착 프로세스들이다.

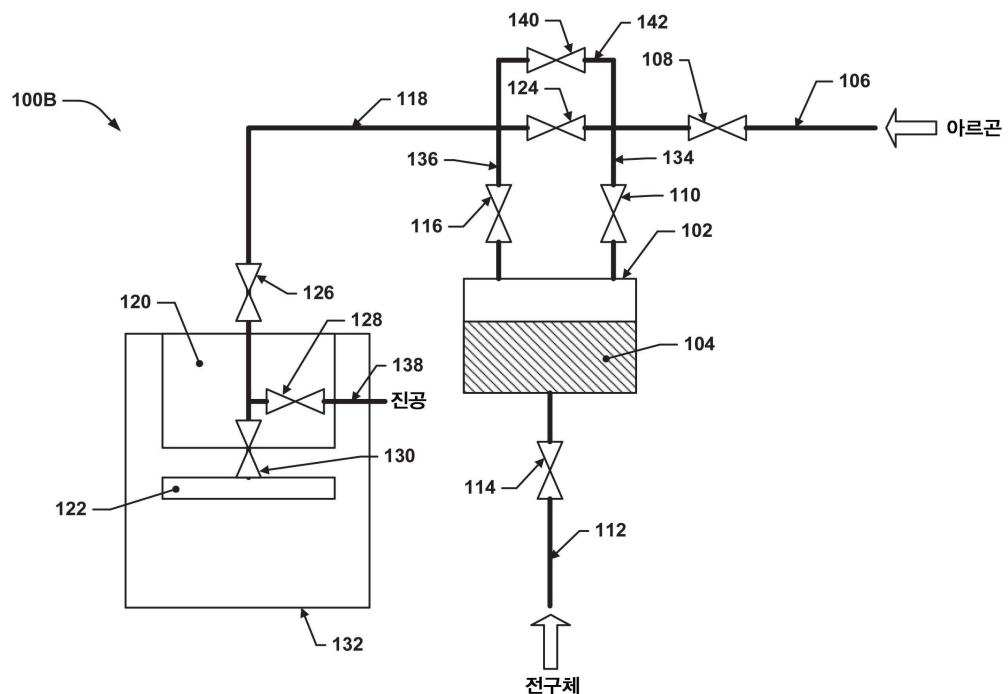
[0067] 도 5에 도시된 바와 같이, 온 디맨드 충전을 이용하는 증착 프로세스들은 보다 일관된 두께를 갖지만, 온 디맨드 충전을 이용하지 않는 증착 프로세스들은 두께에 있어서 보다 큰 변화들을 갖는다. 온 디맨드 충전을 이용하는 증착 프로세스들은 온 디맨드 충전을 이용하지 않는 증착 프로세스들보다 보다 큰 프로세스 균일성을 나타낸다.

## 도면

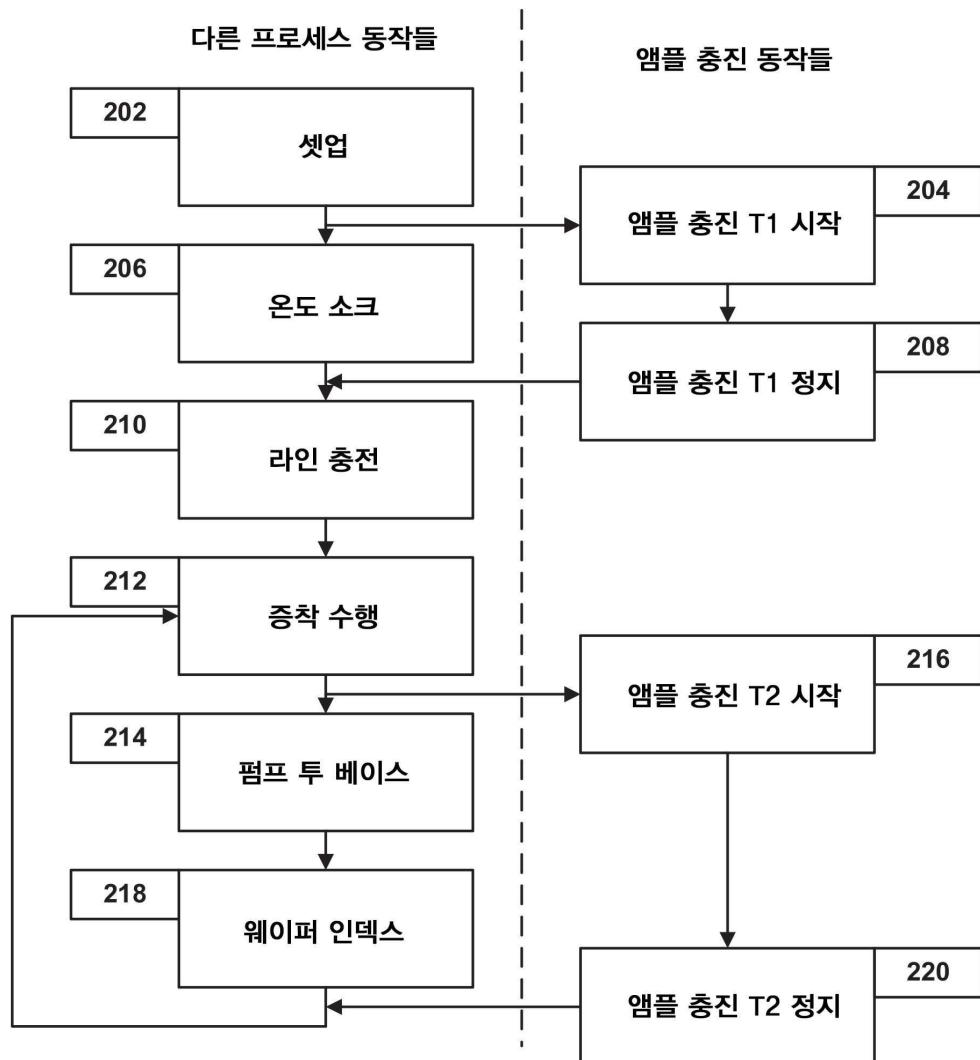
## 도면1a



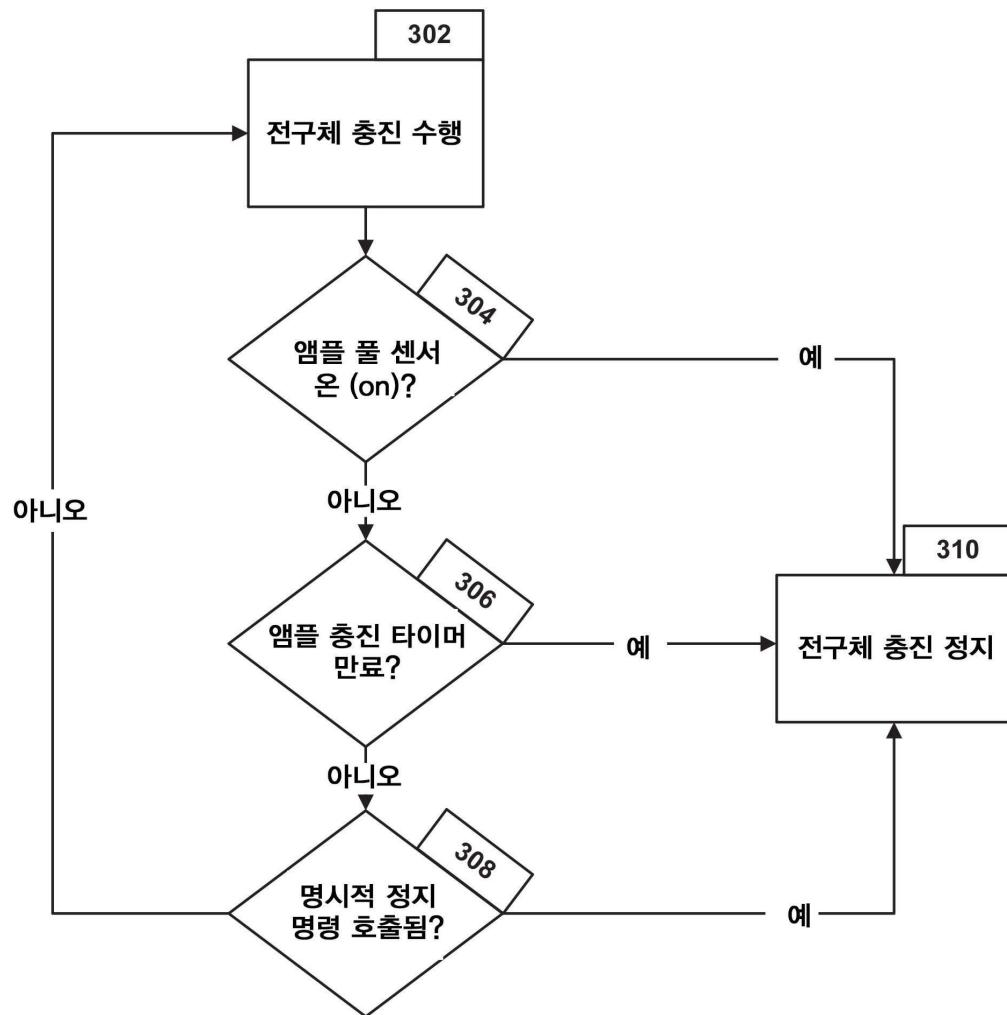
### 도면 1b



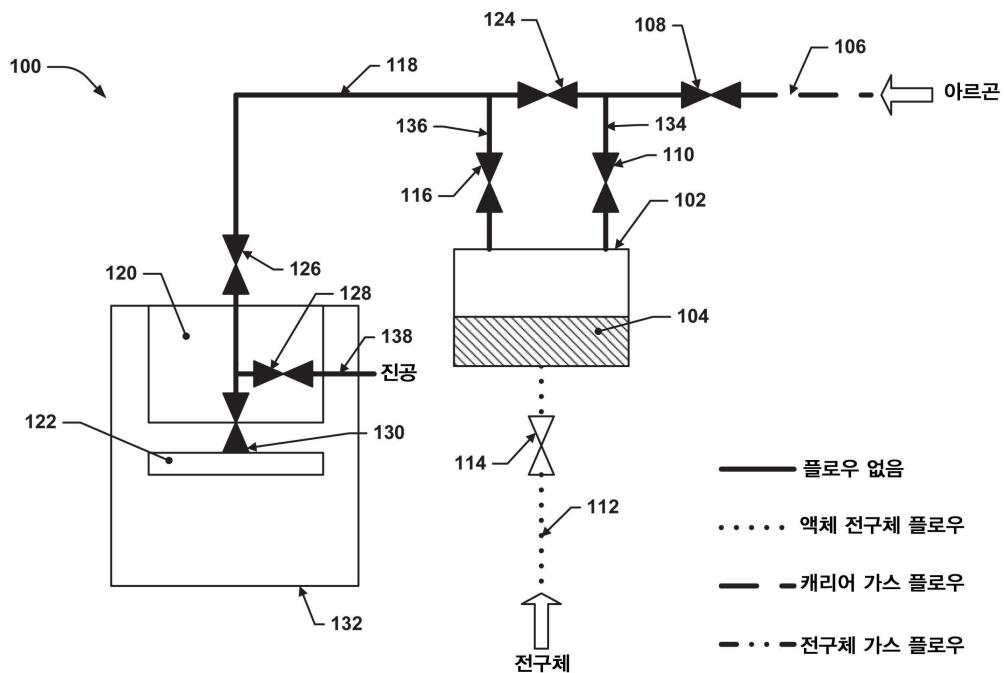
## 도면2



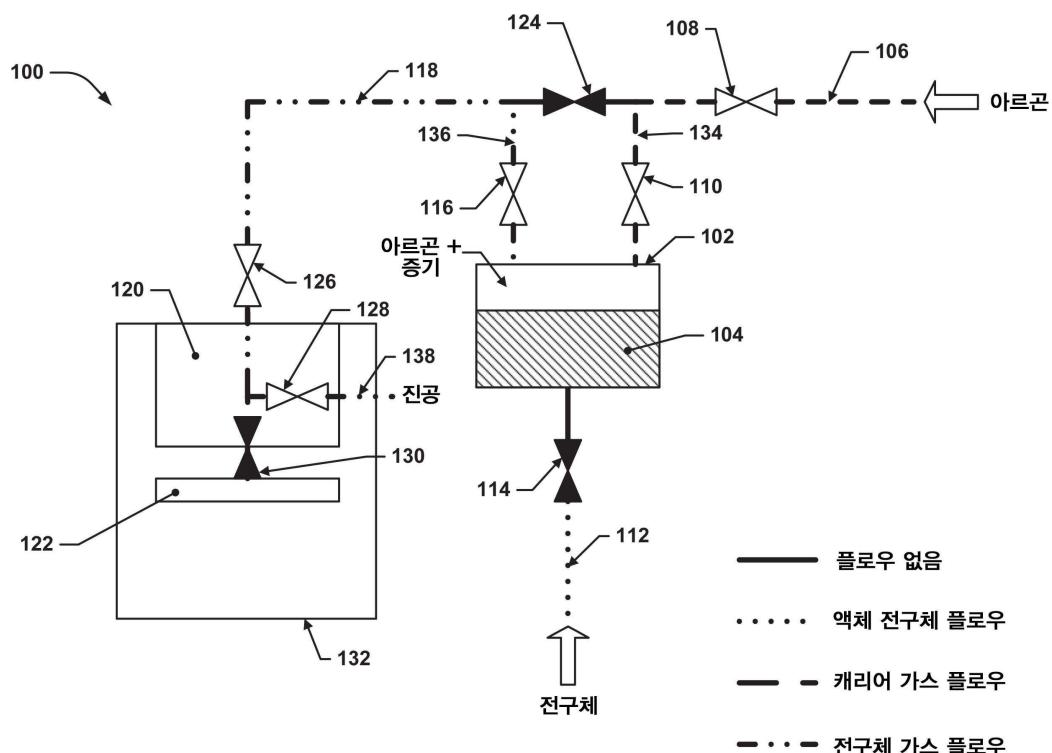
## 도면3



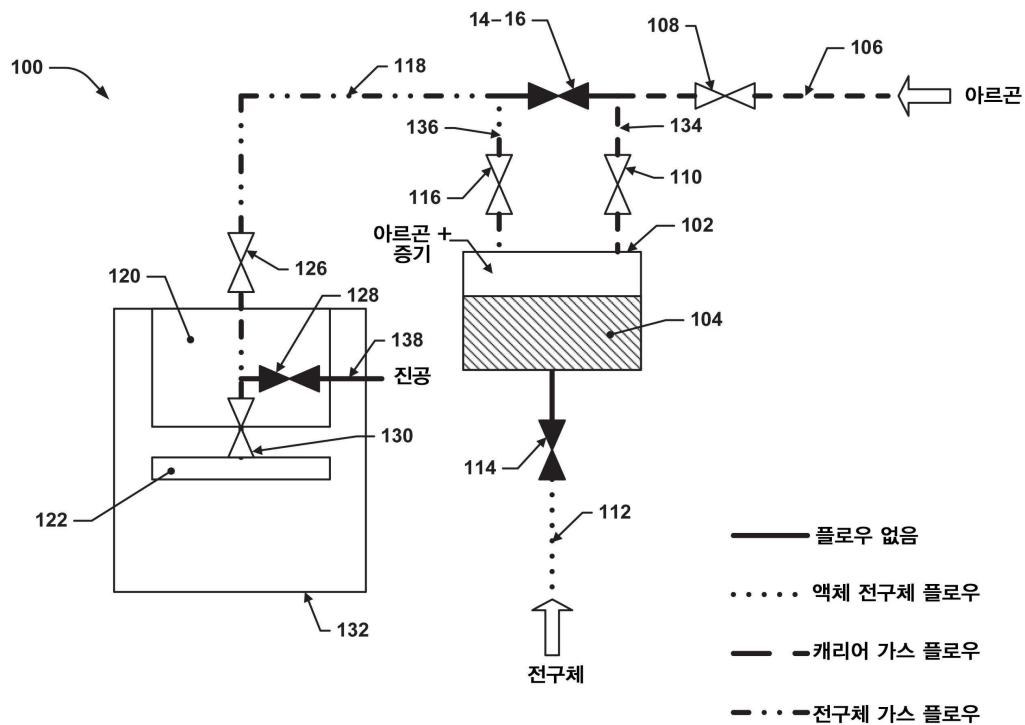
## 도면4a



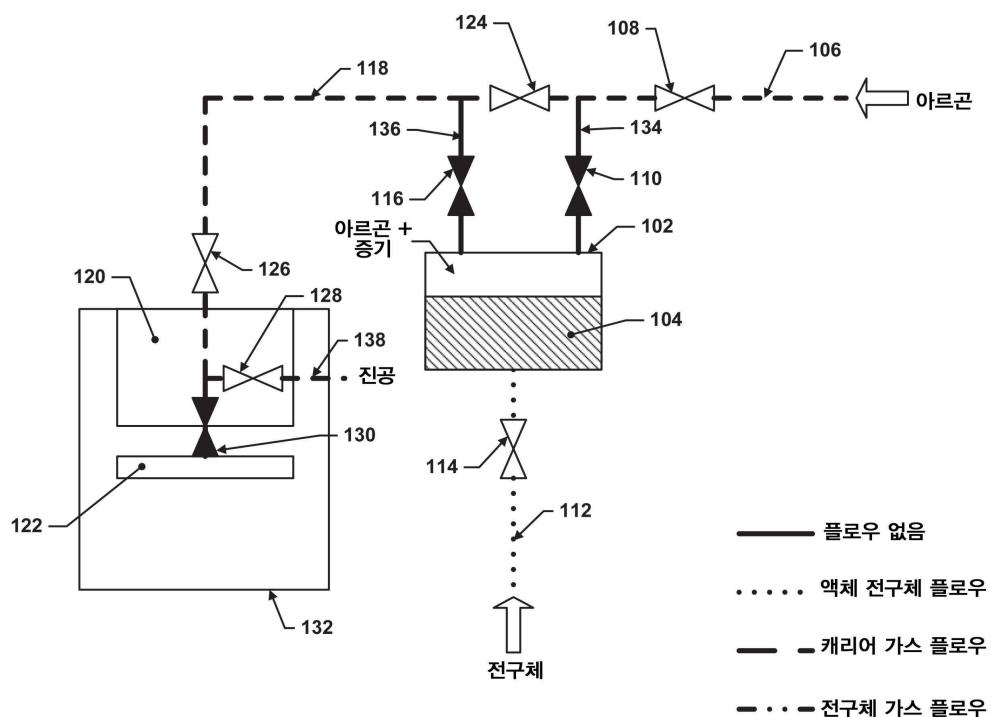
## 도면4b



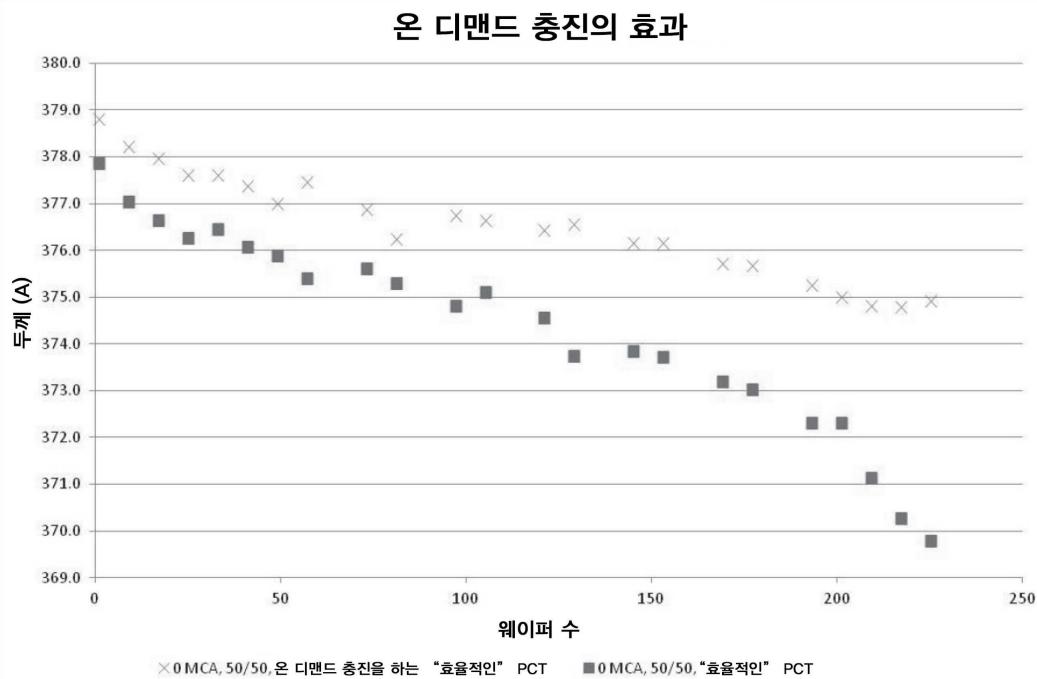
도면4c



도면4d



## 도면5



## 【심사관 직권보정사항】

## 【직권보정 1】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 청구항 1

## 【변경전】

기판 프로세싱 챔버 내 복수의 프로세싱 스테이션들을 갖는 기판 프로세싱 장치의 앰플을 충진하기 위한 방법으로서,

(a) 상기 기판 프로세싱 장치가 하나 이상의 기판들이 상기 기판 프로세싱 챔버의 상기 복수의 프로세싱 스테이션들 안으로 로드된 후, 상기 하나 이상의 기판들 중 어느 것이 상기 기판 프로세싱 장치로부터 언로드되기 전, 그리고 증착이 상기 기판 프로세싱 챔버에서 발생되지 않는 동안의 단계에 있거나 막 진입하는지를 결정함으로써 앰플 충진 시작 조건이 충족되는지를 결정하는 단계;

(b) 상기 전구체로 상기 앰플을 충진하는 단계로서, 상기 전구체로 상기 앰플을 충진하는 단계는 웨이퍼 인텍싱 동작을 포함하는 적어도 하나의 다른 기판 프로세싱 동작과 동시에 수행되고, 상기 웨이퍼 인텍싱 동작은 상기 기판 프로세싱 챔버 내의 상기 복수의 프로세싱 스테이션들로의 상기 기판의 이송 및 배향을 포함하는, 상기 전구체로 상기 앰플을 충진하는 단계;

(c) 앰플 충진 정지 조건이 충족되는지를 결정하는 단계; 및

(d) 상기 전구체로 상기 앰플을 충진하는 단계를 중지하는 단계를 포함하는, 앰플을 충진하기 위한 방법.

## 【변경후】

기판 프로세싱 챔버 내 복수의 프로세싱 스테이션들을 갖는 기판 프로세싱 장치의 앰플을 충진하기 위한 방법으로서,

(a) 상기 기판 프로세싱 장치가 하나 이상의 기판들이 상기 기판 프로세싱 챔버의 상기 복수의 프로세싱 스테이션들 안으로 로드된 후, 상기 하나 이상의 기판들 중 어느 것이 상기 기판 프로세싱 장치로부터 언로드되기 전, 그리고 증착이 상기 기판 프로세싱 챔버에서 발생되지 않는 동안의 단계에 있거나 막 진입하는지를 결정함으로써 앰플 충진 시작 조건이 충족되는지를 결정하는 단계;

(b) 전구체로 상기 앰플을 충진하는 단계로서, 상기 전구체로 상기 앰플을 충진하는 단계는 웨이퍼 인텍싱 동작을 포함하는 적어도 하나의 다른 기판 프로세싱 동작과 동시에 수행되고, 상기 웨이퍼 인텍싱 동작은 상기 기판

프로세싱 챕터 내의 상기 복수의 프로세싱 스테이션들로의 상기 기판의 이송 및 배향을 포함하는, 상기 전구체로 상기 앰플을 충진하는 단계;

(c) 앰플 충진 정지 조건이 충족되는지를 결정하는 단계; 및

(d) 상기 전구체로 상기 앰플을 충진하는 단계를 중지하는 단계를 포함하는, 앰플을 충진하기 위한 방법.