



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2024년08월21일

(11) 등록번호 10-2697645

(24) 등록일자 2024년08월19일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
H01L 21/02 (2006.01) H01L 21/67 (2006.01)
- (52) CPC특허분류  
H01L 21/0228 (2013.01)  
H01L 21/02 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2016-0126354
- (22) 출원일자 2016년09월30일  
심사청구일자 2021년09월28일
- (65) 공개번호 10-2017-0044016
- (43) 공개일자 2017년04월24일
- (30) 우선권주장  
62/236,780 2015년10월02일 미국(US)  
14/929,073 2015년10월30일 미국(US)
- (56) 선행기술조사문헌  
JP2009016799 A\*  
JP2004031782 A  
JP2012515842 A  
\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

- (73) 특허권자  
램 리써치 코퍼레이션  
미국 94538 캘리포니아주 프레몬트 쿠싱 파크웨이 4650
- (72) 발명자  
쿠마 프루쇼탐  
미국, 오리건 97124, 힐스버러, 노스이스트 칼슨 코트 6616
- 라보이 애드리언  
미국, 오리건 97132, 뉴버그, 코요테 루프 12705  
(뒷면에 계속)
- (74) 대리인  
특허법인인벤싱크

전체 청구항 수 : 총 21 항

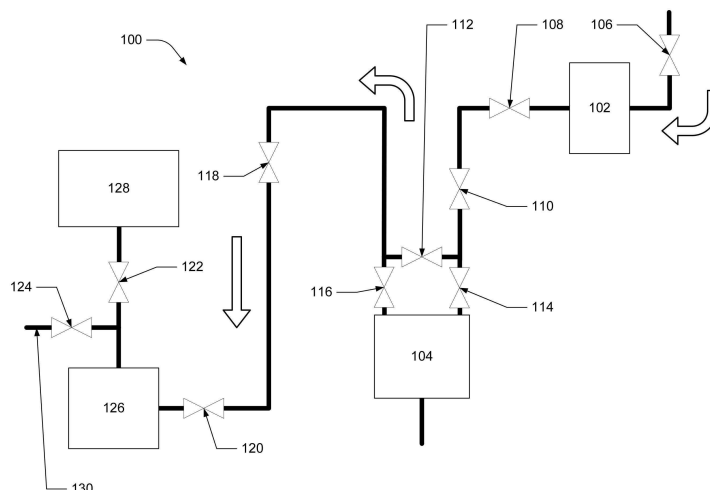
심사관 : 오창석

(54) 발명의 명칭 원자층 증착을 위한 동적 전구체 도장

## (57) 요약

반도체 프로세싱 툴 내에서 전구체 플로우를 제어하기 위한 방법들 및 장치들이 개시된다. 방법은, 가스 라인을 통해 가스를 흘리는 단계, 도즈 단계 전에, 가스 라인을 통해 앰플로부터 프로세스 챔버로 전구체의 플로우를 시작하도록 앰플 밸브(들)를 개방하는 단계, 전구체가 앰플로부터 흐르는 것을 중지시키도록 앰플 밸브(들)를 폐쇄하는 단계, 도즈 단계의 초기에, 전구체의 플로우로 하여금 프로세스 챔버에 진입하게 하도록, 프로세스 챔버 밸브를 개방하는 단계, 및 도즈 단계의 끝에, 전구체의 플로우가 프로세스 챔버에 진입하는 것을 중지시키도록 프로세스 챔버 밸브를 폐쇄하는 단계를 포함할 수도 있다. 제어기는 적어도 하나의 메모리 및 적어도 하나의 프로세서를 포함할 수도 있고 그리고 적어도 하나의 메모리는 반도체 프로세싱 툴 내에서 전구체 플로우를 제어하도록 적어도 하나의 프로세서를 제어하기 위한 인스트럭션들을 저장할 수도 있다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

*H01L 21/02109* (2013.01)

*H01L 21/67005* (2013.01)

*H01L 21/6719* (2013.01)

(72) 발명자

**첸 준**

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

**강 후**

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

**카림 이슈타크**

미국, 오리건 97209, 포틀랜드, 노스웨스트 프론트  
애비뉴 2130, #에이413

**오우 평 수웅**

벨기에, 에터비크, 1050, 루 데스 볼랜드스테스  
71, 비테 4 #3쥐

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

반도체 프로세싱 툴 내에서 전구체 플로우를 제어하기 위한 방법에 있어서,

- (a) 가스 라인을 통해 가스를 흘리는 단계;
- (b) 도즈 단계 전에, 상기 가스 라인을 통해 앰플로부터 프로세스 챔버로 전구체의 플로우를 시작하도록 상기 앰플의 하나 이상의 밸브들을 개방하는 단계;
- (c) 상기 전구체가 상기 앰플로부터 흐르는 것을 중지시키도록 상기 앰플의 상기 하나 이상의 밸브들을 폐쇄하는 단계;
- (d) 상기 도즈 단계의 시작시, 상기 전구체의 플로우로 하여금 상기 프로세스 챔버에 진입하게 하도록, 프로세스 챔버 밸브를 개방하는 단계; 및
- (e) 상기 도즈 단계의 종료시, 상기 전구체의 플로우가 상기 프로세스 챔버에 진입하는 것을 중지시키도록 상기 프로세스 챔버 밸브를 폐쇄하는 단계를 포함하는, 반도체 프로세싱 툴 내에서 전구체 플로우를 제어하기 위한 방법.

#### 청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 단계 (b) 의 상기 앰플의 상기 하나 이상의 밸브들을 개방하는 단계는 라인 충전 시간과 실질적으로 동일한 시간량만큼 상기 도즈 단계 전에 발생하고, 상기 라인 충전 시간은 상기 전구체가 상기 앰플로부터 상기 프로세스 챔버로 흐르기 위해 필요한 시간인, 반도체 프로세싱 툴 내에서 전구체 플로우를 제어하기 위한 방법.

#### 청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 단계 (c) 의 상기 앰플의 상기 하나 이상의 밸브들을 폐쇄하는 단계는 라인 충전 시간과 실질적으로 동일한 시간량만큼 상기 단계 (e) 의 상기 프로세스 챔버 밸브의 폐쇄 단계 전에 발생하고, 상기 라인 충전 시간은 상기 전구체가 상기 앰플로부터 상기 프로세스 챔버로 흐르기 위해 필요한 시간인, 반도체 프로세싱 툴 내에서 전구체 플로우를 제어하기 위한 방법.

#### 청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 단계 (d) 의 상기 프로세스 챔버 밸브를 개방하는 단계는 라인 충전 시간과 실질적으로 동일한 시간량만큼 상기 단계 (b) 에서 상기 앰플의 상기 밸브들을 개방한 후에 발생하고, 상기 라인 충전 시간은 상기 전구체가 상기 앰플로부터 상기 프로세스 챔버로 흐르기 위해 필요한 시간인, 반도체 프로세싱 툴 내에서 전구체 플로우를 제어하기 위한 방법.

#### 청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 단계 (e) 의 상기 프로세스 챔버 밸브를 폐쇄하는 단계는 라인 충전 시간과 실질적으로 동일한 시간량만큼 상기 단계 (c) 에서 상기 앰플의 상기 하나 이상의 밸브들을 폐쇄한 후에 발생하고, 상기 라인 충전 시간은 상기 전구체가 상기 앰플로부터 상기 프로세스 챔버로 흐르기 위해 필요한 시간인, 반도체 프로세싱 툴 내에서 전구체 플로우를 제어하기 위한 방법.

#### 청구항 6

제 1 항, 제 2 항, 제 4 항, 또는 제 5 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 단계 (c) 의 상기 애플의 상기 하나 이상의 밸브들을 폐쇄하는 단계는 흡착 시간과 실질적으로 동일한 시간량만큼 상기 단계 (b) 에서 상기 애플의 상기 밸브들을 개방한 후에 발생하는, 반도체 프로세싱 툴 내에서 전구체 플로우를 제어하기 위한 방법.

#### 청구항 7

제 1 항 내지 제 4 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 단계 (e) 의 상기 프로세스 챔버 밸브를 폐쇄하는 단계는 흡착 시간과 실질적으로 동일한 시간량만큼 상기 단계 (d) 에서 상기 프로세스 챔버 밸브를 개방한 후에 발생하는, 반도체 프로세싱 툴 내에서 전구체 플로우를 제어하기 위한 방법.

#### 청구항 8

제 1 항에 있어서,

상기 단계 (b) 의 상기 애플의 상기 하나 이상의 밸브들을 개방하는 단계는 라인 충전 시간과 실질적으로 동일한 시간량만큼 상기 도즈 단계의 시작 전에 발생하고, 상기 라인 충전 시간은 상기 전구체가 상기 애플로부터 상기 프로세스 챔버로 흐르기 위해 필요한 시간이고;

상기 단계 (c) 의 상기 애플의 상기 하나 이상의 밸브들을 폐쇄하는 단계는 흡착 시간과 실질적으로 동일한 시간량만큼 상기 단계 (b) 에서 상기 애플의 상기 밸브들을 개방한 후에 발생하고;

상기 단계 (d) 의 상기 프로세스 챔버 밸브를 개방하는 단계는 상기 라인 충전 시간과 실질적으로 동일한 시간량만큼 상기 단계 (b) 에서 상기 애플의 상기 밸브들을 개방한 후에 발생하고; 그리고

상기 단계 (e) 의 상기 프로세스 챔버 밸브를 폐쇄하는 단계는 흡착 시간과 실질적으로 동일한 시간량만큼 상기 단계 (d) 에서 상기 프로세스 챔버 밸브를 개방한 후에 발생하는, 반도체 프로세싱 툴 내에서 전구체 플로우를 제어하기 위한 방법.

#### 청구항 9

제 8 항에 있어서,

상기 흡착 시간은: 상기 라인 충전 시간 미만인 시간, 상기 라인 충전 시간 초과인 시간, 및 상기 라인 충전 시간과 동일한 시간으로 구성된 그룹으로부터 선택되는, 반도체 프로세싱 툴 내에서 전구체 플로우를 제어하기 위한 방법.

#### 청구항 10

제 1 항, 제 3 항, 제 4 항, 또는 제 5 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 애플의 상기 하나 이상의 밸브들은 상기 도즈 단계의 시작시 상기 전구체로 하여금 상기 프로세스 챔버에 도달하게 하도록 상기 도즈 단계 전에 개방되는, 반도체 프로세싱 툴 내에서 전구체 플로우를 제어하기 위한 방법.

#### 청구항 11

제 1 항, 제 3 항, 제 4 항, 또는 제 5 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 애플의 상기 하나 이상의 밸브들은 상기 도즈 단계의 시작시 상기 전구체로 하여금 상기 가스 라인을 적어도 부분적으로 충전하게 하도록 상기 도즈 단계 전에 개방되는, 반도체 프로세싱 툴 내에서 전구체 플로우를 제어하기 위한 방법.

#### 청구항 12

제 1 항, 제 2 항, 제 4 항, 또는 제 5 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 애플의 상기 하나 이상의 밸브들은 상기 도즈 단계의 종료시 상기 전구체로 하여금 상기 가스 라인 내에 실질적으로 남아있지 않게 하도록 상기 도즈 단계의 종료 전에 폐쇄되는, 반도체 프로세싱 툴 내에서 전구체 플

로우를 제어하기 위한 방법.

### 청구항 13

제 1 항, 제 2 항, 제 4 항, 또는 제 5 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 앰플의 상기 하나 이상의 밸브들은 웨이퍼 상의 목표된 흡착을 달성하도록 일정량의 상기 전구체가 상기 가스 라인 내에 존재한 후에 폐쇄되는, 반도체 프로세싱 툴 내에서 전구체 플로우를 제어하기 위한 방법.

### 청구항 14

제 1 항 내지 제 4 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 프로세스 챔버의 상기 밸브는 웨이퍼 상에 목표된 흡착이 발생한 후에 폐쇄되는, 반도체 프로세싱 툴 내에서 전구체 플로우를 제어하기 위한 방법.

### 청구항 15

제 1 항 내지 제 4 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 프로세스 챔버의 상기 밸브는 상기 전구체가 상기 가스 라인 내에 실질적으로 남아있지 않을 때 폐쇄되는, 반도체 프로세싱 툴 내에서 전구체 플로우를 제어하기 위한 방법.

### 청구항 16

제 1 항 내지 제 5 항 중 어느 한 항에 있어서,

라인 충전 시간을 결정하는 단계를 더 포함하고, 상기 라인 충전 시간은 상기 전구체가 상기 앰플로부터 상기 프로세스 챔버로 흐르기 위해 필요한 시간인, 반도체 프로세싱 툴 내에서 전구체 플로우를 제어하기 위한 방법.

### 청구항 17

전구체 전달 시스템을 포함하는 반도체 프로세싱 툴을 위한 제어기에 있어서,

상기 제어기는,

적어도 하나의 메모리; 및

상기 적어도 하나의 메모리와 통신 가능하게 연결되고 그리고 상기 반도체 프로세싱 툴 및 상기 전구체 전달 시스템과 통신 가능하게 연결되도록 구성된 적어도 하나의 프로세서를 포함하고, 상기 적어도 하나의 메모리는,

가스 라인을 통한 가스의 플로우를 유발하고,

도즈 단계 전에, 상기 가스 라인을 통해 앰플로부터 프로세스 챔버로 전구체의 플로우를 시작하도록 상기 앰플의 하나 이상의 밸브들을 개방하고,

상기 전구체가 상기 앰플로부터 흐르는 것을 중지시키도록 상기 앰플의 상기 하나 이상의 밸브들을 폐쇄하고,

상기 도즈 단계의 시작시, 상기 전구체의 플로우로 하여금 상기 프로세스 챔버에 진입하게 하도록, 프로세스 챔버 밸브를 개방하고, 그리고

상기 도즈 단계의 종료시, 상기 전구체의 플로우가 상기 프로세스 챔버에 진입하는 것을 중지시키도록 상기 프로세스 챔버 밸브를 폐쇄하도록 상기 적어도 하나의 프로세서를 제어하기 위한 컴퓨터 실행가능 인스트럭션들을 저장하는, 전구체 전달 시스템을 포함하는 반도체 프로세싱 툴을 위한 제어기.

### 청구항 18

제 17 항에 있어서,

상기 메모리는,

상기 도즈 단계의 시작시 상기 전구체로 하여금 상기 프로세스 챔버에 도달하게 하도록 상기 도즈 단계 전에 상기 앰플의 상기 하나 이상의 밸브들을 개방하도록 상기 적어도 하나의 프로세서를 제어하기 위한 컴퓨터 실행가

능 인스트럭션들을 더 저장하는, 전구체 전달 시스템을 포함하는 반도체 프로세싱 툴을 위한 제어기.

#### 청구항 19

제 17 항 또는 제 18 항에 있어서,

상기 메모리는,

상기 도즈 단계의 종료시 상기 전구체로 하여금 상기 가스 라인 내에 실질적으로 남아있지 않게 하도록 상기 도즈 단계 전에 상기 앰플의 상기 하나 이상의 밸브들을 폐쇄하도록 상기 적어도 하나의 프로세서를 제어하기 위한 컴퓨터 실행가능 인스트럭션들을 더 저장하는, 전구체 전달 시스템을 포함하는 반도체 프로세싱 툴을 위한 제어기.

#### 청구항 20

제 17 항 또는 제 18 항에 있어서,

상기 메모리는,

웨이퍼 상의 목표된 흡착을 달성하도록 일정량의 상기 전구체가 상기 가스 라인 내에 존재한 후에 상기 앰플의 상기 하나 이상의 밸브들을 폐쇄하도록 상기 적어도 하나의 프로세서를 제어하기 위한 컴퓨터 실행가능 인스트럭션들을 더 저장하는, 전구체 전달 시스템을 포함하는 반도체 프로세싱 툴을 위한 제어기.

#### 청구항 21

전구체 전달 시스템에 있어서,

앰플;

상기 앰플 및 프로세스 챔버로의 유체적 연결을 위한 복수의 가스 라인들;

적어도 상기 복수의 가스 라인들을 통해, 상기 앰플 내로 그리고 상기 앰플로부터, 그리고 상기 프로세스 챔버 내로의 유체 플로우를 제어하도록 구성된 복수의 밸브들; 및

상기 전구체 전달 시스템 내의 유체 플로우를 제어하기 위한 제어기를 포함하고,

상기 제어기는,

가스 라인을 통한 가스의 플로우를 유발하고,

도즈 단계 전에, 상기 가스 라인을 통해 앰플로부터 상기 프로세스 챔버로 전구체의 플로우를 시작하도록 상기 앰플의 하나 이상의 밸브들을 개방하고,

상기 전구체가 상기 앰플로부터 흐르는 것을 중지시키도록 상기 앰플의 상기 하나 이상의 밸브들을 폐쇄하고,

상기 도즈 단계의 시작시, 상기 전구체의 플로우로 하여금 상기 프로세스 챔버에 진입하게 하도록, 프로세스 챔버 밸브를 개방하고, 그리고

상기 도즈 단계의 종료시, 상기 전구체의 플로우가 상기 프로세스 챔버에 진입하는 것을 중지시키도록 상기 프로세스 챔버 밸브를 폐쇄하기 위한 제어 로직을 포함하는, 전구체 전달 시스템.

### 발명의 설명

#### 배경 기술

일부 반도체 제작 프로세스들은 웨이퍼 상으로 전구체를 흘리고 그리고 이어서 보통 플라즈마 및/또는 제 2 전구체를 사용하여, 기판 표면의 반응을 활성화시킴으로써 반도체 웨이퍼 상에 막을 생성한다. 일 이러한 프로세스, "ALD" (atomic layer deposition) 에서, 하나 이상의 기화된 전구체들은 ALD 사이클 동안 하나 이상의 "도즈" 단계들의 일부로서 앰플로부터 반도체 웨이퍼 상으로 흐른다. 일부 전통적인 반도체 프로세싱 툴들에서, 전구체가 프로세싱 챔버로 전달되는 일부 방식들은 전구체 폐기를 야기한다.

[0001]

## 발명의 내용

- [0002] 이 개시의 시스템들, 방법들 및 디바이스들은 각각 몇몇의 혁신적인 양태들을 갖고, 그 중 어느 것도 본 명세서에 개시된 바람직한 속성들에 단독으로 책임이 없다. 적어도 다음의 구현예들이 이들 양태들 중에 포함되지만, 추가의 구현예들이 상세한 기술에 제시될 수도 있거나 본 명세서에 제공된 논의로부터 분명해질 수도 있다.
- [0003] 일부 구현예들에서, 반도체 프로세싱 툴 내에서 전구체 플로우를 제어하기 위한 방법이 제공된다. 방법은: (a) 가스 라인을 통해 가스를 흘리는 단계, (b) 도즈 단계 전에, 가스 라인을 통해 앰플로부터 프로세스 챔버로 전구체의 플로우를 시작하도록 앰플의 하나 이상의 밸브들을 개방하는 단계, (c) 전구체가 앰플로부터 흐르는 것을 중지시키도록 앰플의 하나 이상의 밸브들을 폐쇄하는 단계, (d) 도즈 단계의 시작시, 전구체의 플로우로 하여금 프로세스 챔버에 진입하게 하도록, 프로세스 챔버 밸브를 개방하는 단계, 및 (e) 도즈 단계의 종료시, 전구체의 플로우가 프로세스 챔버에 진입하는 것을 중지시키도록 프로세스 챔버 밸브를 폐쇄하는 단계를 포함할 수도 있다.
- [0004] 일부 추가의 구현예들에서, 단계 (b)의 앰플의 하나 이상의 밸브들을 개방하는 단계는 라인 충전 시간과 실질적으로 동일할 수도 있는 시간량만큼 도즈 단계 전에 발생할 수도 있고, 라인 충전 시간은 전구체가 앰플로부터 프로세스 챔버로 흐르기 위해 필요한 시간이다.
- [0005] 일부 추가의 구현예들에서, 단계 (c)의 앰플의 하나 이상의 밸브들을 폐쇄하는 단계는 라인 충전 시간과 실질적으로 동일할 수도 있는 시간량만큼 (e)의 프로세스 챔버 밸브의 폐쇄 단계 전에 발생할 수도 있고, 라인 충전 시간은 전구체가 앰플로부터 프로세스 챔버로 흐르기 위해 필요한 시간이다.
- [0006] 일부 추가의 구현예들에서, 단계 (d)의 프로세스 챔버 밸브를 개방하는 단계는 라인 충전 시간과 실질적으로 동일할 수도 있는 시간량만큼 단계 (b)에서 앰플의 밸브들을 개방한 후에 발생할 수도 있고, 라인 충전 시간은 전구체가 앰플로부터 프로세스 챔버로 흐르기 위해 필요한 시간이다.
- [0007] 일부 추가의 구현예들에서, 단계 (e)의 프로세스 챔버 밸브를 폐쇄하는 단계는 라인 충전 시간과 실질적으로 동일할 수도 있는 시간량만큼 단계 (c)에서 앰플의 하나 이상의 밸브들을 폐쇄한 후에 발생할 수도 있고, 라인 충전 시간은 전구체가 앰플로부터 프로세스 챔버로 흐르기 위해 필요한 시간이다.
- [0008] 일부 추가의 구현예들에서, 단계 (c)의 앰플의 하나 이상의 플로우 밸브들을 폐쇄하는 단계는 흡착 시간과 실질적으로 동일할 수도 있는 시간량만큼 단계 (b)에서 앰플의 플로우 밸브들을 개방한 후에 발생할 수도 있다.
- [0009] 일부 추가의 구현예들에서, 단계 (e)의 프로세스 챔버 밸브를 폐쇄하는 단계는 흡착 시간과 실질적으로 동일할 수도 있는 시간량만큼 단계 (d)에서 프로세스 챔버 밸브를 개방한 후에 발생할 수도 있다.
- [0010] 일부 이러한 구현예들에서, 단계 (b)의 앰플의 하나 이상의 밸브들을 개방하는 단계는 라인 충전 시간과 실질적으로 동일할 수도 있는 시간량만큼 도즈 단계의 시작 전에 발생할 수도 있고, 라인 충전 시간은 전구체가 앰플로부터 프로세스 챔버로 흐르기 위해 필요한 시간이고, 단계 (c)의 앰플의 하나 이상의 플로우 밸브들을 폐쇄하는 단계는 흡착 시간과 실질적으로 동일할 수도 있는 시간량만큼 단계 (b)에서 앰플의 플로우 밸브들을 개방한 후에 발생할 수도 있고, 단계 (d)의 프로세스 챔버 밸브를 개방하는 단계는 라인 충전 시간과 실질적으로 동일할 수도 있는 시간량만큼 단계 (b)에서 앰플의 밸브들을 개방한 후에 발생할 수도 있고, 그리고 단계 (e)의 프로세스 챔버 밸브를 폐쇄하는 단계는 흡착 시간과 실질적으로 동일할 수도 있는 시간량만큼 단계 (d)에서 프로세스 챔버 밸브를 개방한 후에 발생할 수도 있다.
- [0011] 일부 추가의 이러한 구현예들에서, 흡착 시간은 라인 충전 시간 미만인 시간, 라인 충전 시간 초과인 시간, 또는 라인 충전 시간과 동일한 시간일 수도 있다.
- [0012] 일부 추가의 구현예들에서, 앰플의 하나 이상의 밸브들은 도즈 단계의 시작시 전구체로 하여금 프로세스 챔버에 도달하게 하도록 도즈 단계 전에 개방될 수도 있다.
- [0013] 일부 추가의 구현예들에서, 앰플의 하나 이상의 밸브들은 도즈 단계의 시작시 전구체로 하여금 가스 라인을 적어도 부분적으로 충전하게 하도록 도즈 단계 전에 개방될 수도 있다.
- [0014] 일부 추가의 구현예들에서, 앰플의 하나 이상의 밸브들은 도즈 단계의 종료시 전구체로 하여금 가스 라인 내에 실질적으로 남아있지 않게 하도록 도즈 단계의 종료 전에 폐쇄될 수도 있다.
- [0015] 일부 추가의 구현예들에서, 앰플의 하나 이상의 밸브들은 웨이퍼 상의 목표된 흡착을 달성하도록 일정량의 전구

체가 가스 라인 내에 존재한 후에 폐쇄될 수도 있다.

- [0016] 일부 추가의 구현예들에서, 프로세스 챔버의 밸브는 웨이퍼 상에 목표된 흡착이 발생한 후에 폐쇄될 수도 있다.
- [0017] 일부 추가의 구현예들에서, 프로세스 챔버의 밸브는 전구체가 가스 라인 내에 실질적으로 남아있지 않을 때 폐쇄될 수도 있다.
- [0018] 일부 추가의 구현예들에서, 방법은 라인 충전 시간을 결정하는 단계를 더 포함할 수도 있고, 라인 충전 시간은 전구체가 앰플로부터 프로세스 챔버로 흐르기 위해 필요한 시간이다.
- [0019] 일부 실시예들에서, 전구체 전달 시스템을 포함하는 반도체 프로세싱 툴을 위한 제어기가 제공될 수도 있다. 제어기는, 적어도 하나의 메모리, 및 적어도 하나의 메모리와 통신 가능하게 연결되고 그리고 반도체 프로세싱 툴 및 전구체 전달 시스템과 통신 가능하게 연결되도록 구성될 수도 있는 적어도 하나의 프로세서를 포함할 수도 있다. 적어도 하나의 메모리는, 가스 라인을 통한 가스의 플로우를 유발하고, 도즈 단계 전에, 가스 라인을 통해 앰플로부터 프로세스 챔버로 전구체의 플로우를 시작하도록 앰플의 하나 이상의 밸브들을 개방하고, 전구체가 앰플로부터 흐르는 것을 중지시키도록 앰플의 하나 이상의 밸브들을 폐쇄하고, 도즈 단계의 시작시, 전구체의 플로우로 하여금 프로세스 챔버에 진입하게 하도록, 프로세스 챔버 밸브를 개방하고, 그리고 도즈 단계의 종료시, 전구체의 플로우가 프로세스 챔버에 진입하는 것을 중지시키도록 프로세스 챔버 밸브를 폐쇄하도록 적어도 하나의 프로세서를 제어하기 위한 컴퓨터 실행가능 인스트럭션들을 저장할 수도 있다.
- [0020] 일부 실시예들에서, 메모리는, 도즈 단계의 시작시 전구체로 하여금 프로세스 챔버에 도달하게 하도록 도즈 단계 전에 앰플의 하나 이상의 밸브들을 개방하도록 적어도 하나의 프로세서를 제어하기 위한 컴퓨터 실행가능 인스트럭션들을 더 저장할 수도 있다.
- [0021] 일부 실시예들에서, 메모리는, 도즈 단계의 종료시 전구체로 하여금 가스 라인 내에 실질적으로 남아있지 않게 하도록 도즈 단계 전에 앰플의 하나 이상의 밸브들을 폐쇄하도록 적어도 하나의 프로세서를 제어하기 위한 컴퓨터 실행가능 인스트럭션들을 더 저장할 수도 있다.
- [0022] 일부 실시예들에서, 메모리는, 웨이퍼 상의 목표된 흡착을 달성하도록 일정량의 전구체가 가스 라인 내에 존재한 후에 앰플의 하나 이상의 밸브들을 폐쇄하도록 적어도 하나의 프로세서를 제어하기 위한 컴퓨터 실행가능 인스트럭션들을 더 저장할 수도 있다.

### 도면의 간단한 설명

- [0023] 도 1은 예시적인 전구체 전달 시스템의 개략도를 도시한다.
- 도 2는 도 1의 예시적인 전구체 전달 시스템의 가스 라인 섹션의 예를 도시한다.
- 도 3은 라인 충전 시간을 결정하도록 사용될 수도 있는 예시적인 실험의 그래픽 도면을 도시한다.
- 도 4는 흡착 시간이 라인 충전 시간 미만일 수도 있을 때 전구체 전달 시스템의 제 1 예시적인 구현예에 대한 타이밍 및 밸브 동작의 그래픽 도면을 도시한다.
- 도 5는 전구체 로딩의 종료시 제 1 예시적인 구현예의 전구체 전달 시스템을 도시한다.
- 도 6은 도즈 단계의 시작시 제 1 예시적인 구현예의 전구체 전달 시스템을 도시한다.
- 도 7은 흡착 시간이 라인 충전 시간 초과일 수도 있을 때 전구체 전달 시스템의 제 2 예시적인 구현예에 대한 타이밍 및 밸브 동작의 그래픽 도면을 도시한다.
- 도 8은 도즈 단계의 시작시 제 2 예시적인 구현예의 전구체 전달 시스템을 도시한다.
- 도 9는 앰플 밸브의 폐쇄 때의 제 2 예시적인 구현예의 전구체 전달 시스템을 도시한다.
- 도 10은 흡착 시간이 라인 충전 시간과 동일할 수도 있을 때 전구체 전달 시스템의 제 3 예시적인 구현예에 대한 타이밍 및 밸브 동작의 그래픽 도면을 도시한다.
- 도 11은 도즈 단계의 시작시 제 3 예시적인 구현예의 전구체 전달 시스템을 도시한다.
- 도 12는 도즈 단계의 종료시 제 3 예시적인 구현예의 전구체 전달 시스템을 도시한다.
- 도 13은 본 명세서에 논의된 구현예들을 사용하는 것이 적어도 일부 상황들에서, 전구체 사용의 감소를 야기한



다는 것을 나타내는 일부 예증적인 데이터를 도시한다.

도 14는 전구체 전달 시스템을 포함하는 반도체 프로세싱 툴에 대한 예시적인 제어기를 도시한다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0024] 다음의 기술에서, 다수의 특정한 세부 사항들이 제시된 개념들의 완전한 이해를 제공하기 위해서 제시된다. 제시된 개념들은 이러한 특정한 세부 사항들 전부 또는 일부 없이도 실시될 수도 있다. 다른 예들에서, 공지된 프로세스 동작들은 기술된 개념들을 불필요하게 모호하게 하지 않도록 상세히 기술되지 않았다. 일부 개념들은 특정한 실시예들과 함께 기술될 것이지만, 이는 이들 실시예들을 제한하려고 의도된 것이 아님이 이해될 것이다.
- [0025] 본 명세서에 기술되고 예시된 많은 개념들 및 구현예들이 있다. 본 명세서에 논의된 구현예들의 특정한 특징들, 속성들 및 이점들이 기술되고 예시되지만, 본 개시의 많은 다른 것들, 뿐만 아니라 상이한 그리고/또는 유사한 구현예들, 특징들, 속성들 및 이점들이 기술 및 예시들로부터 분명하다는 것이 이해되어야 한다. 이와 같이, 상기 구현예들은 단지 예시적이다. 구현예들은 총망라한 것으로 또는 개시된 정확한 형태들, 기법들, 재료들 및/또는 구성들에 본 개시를 제한하도록 의도되지 않는다. 많은 수정들 및 변동들이 이 개시를 고려하여 가능하다. 다른 구현예들이 활용될 수도 있고 그리고 동작 상의 변화들이 본 개시의 범위로부터 벗어나지 않고 행해질 수도 있다는 것이 이해된다. 이와 같이, 본 개시의 범위는 상기 구현예들의 기술이 예시 및 기술의 목적들을 위해 제시되기 때문에 상기의 기술에만 제한되지 않는다.
- [0026] 본 개시는 임의의 단일의 양태 또는 구현예에, 또는 이러한 양태들 및/또는 구현예들의 임의의 단일의 조합 및/또는 치환에 제한되지 않는다. 게다가, 본 개시의 양태들, 및/또는 본 개시의 구현예들 각각은, 단독으로 또는 본 개시의 다른 양태들 및/또는 구현예들의 하나 이상의 조합으로 채용될 수도 있다. 간결성을 위해, 많은 이러한 치환들 및 조합들이 본 명세서에 별도로 논의되고 그리고/또는 예시되지 않을 것이다.
- [0027] 반도체 기판들 또는 웨이퍼들 상의 막 증착을 사용하는 일부 반도체 제조 프로세스들 동안 프로세스 챔버로의 전구체 전달을 개선하기 위한 방법들 및 장치들이 본 명세서에 개시되고, 반도체 제조 프로세스들 중 일부는 각각 "별개의" 막 두께를 생성하는 복수의 막 증착 사이클들을 수반할 수도 있다. "ALD"는 일 이러한 막 증착 방법이지만, 반복되는 순차적인 방식으로 사용된 박층들을 포함한, 막의 하나 이상의 박층들을 생성하고 (put down) 그리고 복수의 증착 사이클들을 수반하는 것으로 보일 수도 있는 임의의 기법이 이 개시에 적용될 수도 있다. 반도체 웨이퍼 상에 박막을 증착하는 일부 구현예들은 웨이퍼 표면 상의 2 개의 절반 반응들을 포함할 수도 있는 순환적인 프로세스를 수반할 수도 있다. 제 1 절반 반응은 웨이퍼의 표면 상의 하나 이상의 전구체들의 흡착을 포함할 수도 있고 그리고 제 2 절반 반응은 막 또는 층으로의 흡착된 전구체(들)의 변환을 포함할 수도 있다.
- [0028] 예를 들어, ALD는 ALD의 단일의 사이클만이 재료의 단일의 박층을 증착한다는 사실에 기인하는, 컨포멀한 (conformal) 막들의 증착에 잘 맞는 막 형성 기법이고, 두께는 막-형성 화학 반응 자체 전에 기판 표면 상에 흡착될 수도 있는 하나 이상의 막 전구체 반응물질들의 양에 의해 제한된다 (즉, 흡착-제한된 층을 형성함). 그래서 복수의 "ALD 사이클들"이 목표된 두께의 막을 구축하도록 사용될 수도 있고, 그리고 층 각각이 얇고 컨포멀하기 때문에, 결과로 발생한 막은 하부 디바이스들 구조체의 형상과 실질적으로 같아진다 (conform). 특정한 구현예들에서, ALD 사이클 각각은 다음의 단계들: (1) 제 1 전구체에 대한 기판 표면의 노출, (2) 기판이 위치되는 반응 챔버의 퍼지, (3) 통상적으로 플라즈마 및/또는 제 2 전구체를 사용한, 기판 표면의 반응의 활성화, 및 (4) 기판이 위치되는 반응 챔버의 퍼지를 포함한다. 본 명세서에 나열된 제 1 단계는 "도즈 단계"로서 지칭될 수도 있고, 제 2 단계는 "퍼지 단계"로서 지칭될 수도 있고, 제 3 단계는 "RF 단계"로서 지칭될 수도 있고, 그리고 제 4 단계는 "RF 퍼지 단계"로서 지칭될 수도 있다.
- [0029] 전구체를 사용하는 반도체 프로세싱의 일부 구현예들은 하드웨어를 포함할 수도 있고, 그리고 전구체를 프로세싱 챔버로 전달하도록, 방법들을 구현할 수도 있다. 반도체 프로세싱의 특정한 구현예들에서, 액체 전구체는 이송되고 그리고/또는 반도체 웨이퍼 상에 증착되기 전에 증발, 즉 기화될 필요가 있을 수도 있다. 액체 전구체가 앰플에 담길 수도 있고 그리고 불활성 가스 (예컨대, 아르곤), 불활성이 아닌 가스 (예컨대, 산소), 또는 불활성이 아닌 가스 혼합물 (예컨대, 산소와 아르곤) 인 캐리어 가스가 증발된 전구체를 반도체 프로세싱 챔버로 운반하도록 앰플을 통해 흐를 수도 있다. 캐리어 가스는 증발된 전구체를 운반하도록 앰플을 통해 "밀리거나" (가스가 라인들을 통해 가압됨) "당겨질" 수도 있다 (가스가 라인들을 통해, 가능하게는 진공을 통해 당겨짐). 이 개시 전반에 걸쳐, 용어 "전구체"는 액체 상태와 증기 상태 양자의 전구체를 기술하도록 사용될 수도

있다.

[0030] 도 1은 예시적인 전구체 전달 시스템의 개략도를 도시한다. 보이는 바와 같이, 예시적인 전구체 전달 시스템 (100)은 플로우 제어기 (102), 앰플 (104), 혼합 어셈블리 (126), 및 유체, 예를 들어 액체 및/또는 가스가 흐를 수도 있는 일련의 파이프들 및 밸브들에 연결되는 프로세스 챔버 (128)를 포함한다. 일반적으로, 유체 플로우의 방향은 도 1의 우측으로부터 도 1의 좌측을 향할 수도 있고, 이러한 일반적인 방향들은 흰색의 3개의 화살표들로 나타낸다. 예를 들어, 플로우 제어기 (102)는 앰플 (104)로부터 그리고 혼합 어셈블리 (126)로부터 업스트림에 있다고 간주될 수도 있다. 도 1에서, 예시적인 전구체 전달 시스템 (100)의 가스 라인 및/또는 파이프는 선 (예를 들어, 실선, 파선, 또는 점선일 수도 있음)으로서 도시되고 반면에 밸브는 "보타이" (예를 들어, 2개의 반대되는 삼각형들)로서 도시되고; 개방된 밸브는 어둡지 않지만, 폐쇄된 밸브는 어둡다. 도 1의 모든 밸브들은 개방되는 것으로 도시된다.

[0031] 플로우 제어기 (102)는 밸브 (106)로부터 다운스트림에 그리고 시스템의 나머지로써 업스트림에 연결된다. 푸시 (push) 가스, 또는 다른 유체가 시스템 내로 흐를 수도 있고 그리고 플로우 제어기 (102)를 통해 흐를 수도 있다. 일부 구현예들에서, 플로우 제어기 (102)는 푸시 가스 또는 다른 유체의 플로우를 제어한다. 플로우 제어기 (102)는 밸브 (108)로부터 업스트림에 있고, 밸브 (108)는 밸브 (110)로부터 업스트림에 있고, 밸브 (110) 뒤에 밸브 (112)와 밸브 (114) 사이의 접합 지점이 있다. 앰플 (104)은 가스 플로우가 앰플 (104)에 진입하고 그리고/또는 앰플 (104)을 나가게 허용할 수도 있는, 2개의 밸브들, 밸브 (114) 및 밸브 (116)를 포함한다. 밸브 (112)는 밸브들 (114 및/또는 116)이 폐쇄될 수도 있을 때를 포함하여, 가스가 앰플 (104)을 바이패싱하거나 앰플 (104) 주위에서 방향 전환하게 허용하는 바이패스 (bypass) 밸브이다. 밸브 (116 및 112) 사이에 또 다른 접합 지점이 있고, 또 다른 접합 지점 뒤에, 예를 들어 다운스트림에 밸브 (118)와 밸브 (120)가 있고, 뒤이어 혼합 어셈블리 (126)가 있다. 혼합 어셈블리 (126)로부터 다운스트림에 밸브 (122 및 124) 사이에 있는 제 3 접합 지점이 있다. 밸브 (124)는 프로세스 챔버 (128) 내로 흐르지 않을 수도 있는 전방선 (foreline) (130)으로 흐르지만, 밸브 (122)는 프로세스 챔버 (128)로의 플로우를 허용한다. 이 개시의 목적들을 위해, 어구 "가스 라인 섹션" 및/또는 "가스 라인"은 앰플 (104)을 혼합 어셈블리 (126)에 연결할 수도 있고 그리고 밸브들 (116, 118, 및 120)을 포함할 수도 있는 예시적인 전구체 전달 시스템의 하나 이상의 부분들을 기술하도록 사용될 수도 있다. 일부 실시예들에서, 가스 라인 섹션은 또한 혼합 어셈블리 (126)와 밸브 (122) 사이, 그리고/또는 밸브 (122)와 프로세스 챔버 (128) 사이에 라인을 포함하는 것으로 간주될 수도 있다. 도 2는 도 1의 예시적인 전구체 전달 시스템의 예시적인 가스 라인 섹션을 도시한다. 보이는 바와 같이, 이 가스 라인 섹션은 앰플 (104)로부터 프로세스 챔버 (128)로의 가스 라인을 포함한다.

[0032] 이 개시의 목적들을 위해, 어구 "앰플 밸브 (114/116)" 및/또는 "앰플 밸브"는, "앰플 밸브 (114/116)"가 개방될 때, 밸브들 (114 및 116)이 개방되고 그리고 전구체가 앰플로부터 그리고 가스 라인 섹션 내로 흐를 수도 있고, 그리고 "앰플 밸브 (114/116)"가 폐쇄될 때, 전구체가 가스 라인 섹션 내로 흐르지 않을 수도 있도록 밸브들 (116 및 114)이 폐쇄되도록 밸브들 (116 및 114)을 기술하기 위해서 사용될 수도 있다. 일부 구성들에서, "앰플 밸브 (114/116)"가 개방될 수도 있을 때, 따라서 밸브 (112)는 폐쇄될 수도 있고; 유사하게, "앰플 밸브 (114/116)"가 폐쇄될 수도 있을 때, 밸브 (112)가 개방될 수도 있다. 마찬가지로, 밸브 (122)는 밸브 (122)가 프로세스 챔버 (128) 내로의 플로우를 허용하거나 방지할 수도 있기 때문에 "프로세스 챔버 밸브 (122)"로 간주될 수도 있지만, 밸브 (124)는 밸브 (124)가 전방선 (130)으로의 플로우를 허용하거나 방지할 수도 있기 때문에 "전방선 밸브 (124)"로 간주될 수도 있다. 밸브 (112)는 밸브 (112)가 유체로 하여금 앰플 (104) 내로 흐르거나 앰플 (104)에서 방향 전환하거나 앰플 (104)을 바이패싱하게 허용하거나 방지하기 때문에 "바이패스 밸브 (112)"로 간주될 수도 있다.

[0033] 일부 다른 전구체 전달 시스템들이 일부 상이한 엘리먼트들 (elements) 및/또는 구성들을 가질 수도 있지만, 본 명세서에 논의된 구현예들은 여전히 이러한 다른 시스템들에 적용될 수도 있다. 도 1에 도시된 전구체 전달 시스템과 같은 전구체 전달 시스템은 반도체 프로세싱 툴의 부분일 수도 있고, 그리고 하나 이상의 프로세스 챔버들에 연결될 수도 있다. 예증적인 목적들을 위해, 본 명세서에 논의된 전구체 전달 시스템은 일 프로세스 챔버를 수반하지만, 일부 구현예들에서, 전구체 전달 시스템은 2 이상의 프로세스 챔버를 수반할 수도 있다.

[0034] 전구체 전달 시스템은 전구체를 프로세스 챔버 (128)로 전달하도록 복수의 방법들로 구현될 수도 있다. 일부 구현예들에서, 아르곤과 같은 불활성 가스 또는 산소와 같은 불활성이 아닌 가스와 같은 푸시 가스가 예를 들어 플로우 제어기 (102)에 의해, 개방된 밸브들 (108, 110, 및 114)을 통해 앰플 (104) 내로 흐르게 될 때 전구체는 전구체 전달 시스템 내로 흐르게 될 수도 있다. 이러한 상황에서, 밸브 (112)가 폐쇄될 수도 있다. 앰플 (104) 내의 기화된 전구체는 푸시 가스에 의해 앰플 (104)로부터 그리고 개방된 밸브들 (116 및 118)을 통

해 혼합 어셈블리 (126) 내로 밀릴 수도 있다. 일부 이러한 상황들에서, 전구체는 밸브들 (112 및 124) 이 폐쇄될 수도 있는 동안, 개방된 밸브 (122) 를 통해 프로세스 챔버 (128) 내로 흐르게 될 수도 있다.

[0035] 기화된 전구체가 앰플 (104) 로부터 프로세스 챔버 (128) 로 흐르는데 걸리는 시간은 "라인 충전 시간"으로 간주될 수도 있다. 그러나, 라인 충전 시간은 또한 전구체가 앰플 (104) 로부터 프로세스 챔버 (128) 로부터 업스트림에, 예를 들어 프로세스 챔버 밸브 (122) 에 있을 수도 있는 또 다른 위치로 흐르는데 걸리는 시간으로 간주될 수도 있다. 부분적으로 충전된 가스 라인이 모든 전구체가 아닌 일부 전구체를 담을 수도 있는 가스 라인이고 반면에 완전히 충전된 가스 라인이 실질적으로 모든 전구체를 담을 수도 있도록, 가스 라인의 충전은 가스 라인 내로 전구체를 로딩하는 프로세스로 간주될 수도 있다. 특정한 양, 또는 백분율의 전구체가 웨이퍼에 흡착하는데 걸리는 시간은 "흡착 시간"으로 간주될 수도 있다. 이 흡착 시간은 포화 시간, 포화 시간 미만, 또는 포화 시간 초과일 수도 있다. 포화 시간은 전구체를 사용하여, 워크피스 표면, 예를 들어, 웨이퍼 또는 기판을 완전히 포화시키는데 필요한 시간이다. 포화는 부가적인 전구체가 워크피스 표면 상에 흡착되지 않을 수 있거나 그렇지 않으면 워크피스 표면과 물리적으로 그리고/또는 화학적으로 연관되지 않을 수 있는 지점으로 간주된다.

[0036] 이제 전구체 전달의 일부 현재의 일반적인 구현예들이 논의될 것이다. 일 현재의 일반적인 구현예에서, ALD 사이클의 2 이상의 단계 동안, 기화된 전구체가 앰플 (104) 로부터 다운스트림으로 연속적으로 흐르도록 푸시 가스가 예를 들어 플로우 제어기 (102) 에 의해, 앰플 (104) 내로 연속적으로 흐르게 될 수도 있지만, 이 연속적으로 흐르는 전구체는 전구체가 프로세스 챔버 (128) 로 전달되는 것이 목표되지 않는 단계들 동안 프로세스 챔버 (128) 에서 이격되어 방향 전환되고, 그리고 전구체가 프로세스 챔버 (128) 에서 필요할 때, 예를 들어, 도즈 단계 동안 프로세스 챔버 (128) 내로 지향된다. 예를 들어, 전구체가 프로세스 챔버 (128) 로 전달되지 않는 단계들에서, 예를 들어 RF 단계 동안, 밸브 (122) 가 폐쇄될 수도 있고 그리고 밸브 (124) 가 개방될 수도 있어서 전구체를 전방선 (130) 으로 방향 전환시키고; 역으로, 전구체가 프로세스 챔버 (128) 내에서 목표될 때, 밸브 (124) 가 폐쇄될 수도 있고 그리고 밸브 (122) 가 개방될 수도 있다. 그러나, 이러한 연속적으로 흐르는 기화된 전구체는 이로 제한되지 않지만, 상당한 전구체 사용 및/또는 전구체 폐기를 포함한 복수의 단점들을 나타낸다.

[0037] 일부 다른 현재의 일반적인 구현예들에서, 앰플 밸브의 활성화는 프로세스의 단계의 시작 및/또는 종지와 결부되고 (tied), 예를 들어 프로세스의 단계의 시작 및/또는 종지와 커플링되고, 그리고/또는 프로세스의 단계의 시작 및/또는 종지에 따라 결정될 수도 있다. 예를 들어, 앰플 밸브 (114/116) 는 도즈 단계 또는 RF 퍼지 단계의 시작시 개방될 수도 있고, 그리고 앰플 밸브 (114/116) 는 도즈 단계의 종료시 폐쇄될 수도 있다. 일부 이러한 구현예들에서, 앰플 (104) 로부터 프로세스 챔버 (128) 를 향하는 전구체 플로우는 프로세스 단계, 예를 들어 RF 퍼지 단계의 시작과 동시에 시작할 수도 있고, 그리고 전구체 플로우가 도즈 단계의 종료시 중지될 수도 있다. 이러한 방법은 이로 제한되지 않지만, 전구체 폐기 및/또는 부가적인 시간 사용 (이는 웨이퍼 쓰루풋을 감소시킬 수도 있음) 을 포함한 복수의 단점들을 갖는다.

[0038] 예를 들어, 전구체가 도즈 단계의 시작시 앰플 (104) 로부터 프로세스 챔버 (128) 로 흐르게 되는 일부 현재의 구현예들에서, 총 도즈 단계 시간은 적어도 라인 충전 시간 더하기 흡착 시간을 포함한다. 게다가, 도즈 단계 후에, 전구체는 앰플 (104) 과 프로세스 챔버 (128) 사이의 가스 라인 섹션에 남아 있을 수도 있고, 이는 "슬러그 (slug)"로서 지칭될 수도 있다. 슬러그가 나중의 웨이퍼 프로세싱 단계들에서 사용된다면, 원치 않는 웨이퍼 디펙트들을 야기할 수도 있는 응결이 가스 라인 섹션에서 발생할 수도 있기 때문에, 이 슬러그는 프로세스 챔버 (128) 에 이격되어 방향 전환될 수도 있고, 즉, 전방선 (130) 으로 "덤핑될" (dumped) 수도 있다. 이 예의 단점들 중 일부는 다른 것들 중에서, 쓰루풋 (즉, 프로세스 효율 및 총 프로세스 시간) 을 감소시킬 수도 있는 긴 도즈 시간뿐만 아니라 전구체 폐기를 포함한다.

[0039] 또 다른 예는 도즈 단계 전인 RF 퍼지 단계의 시작시 앰플 (104) 로부터 프로세스 챔버 (128) 로 흐르기 시작하는 전구체를 수반한다. RF 퍼지 단계가 라인 충전 시간보다 짧은 시간이 걸리는 일부 이러한 상황들에서, RF 퍼지 단계는 전구체로 하여금 프로세스 챔버 (128) 에 도달하게 하도록 필요한 시간보다 길게 걸릴 수도 있다. 이것은 쓰루풋, 웨이퍼 균일성에 부정적으로 영향을 줄 수도 있고, 그리고 RF 퍼지 단계 동안 사용된 부가적인 재료들을 폐기할 수도 있다. RF 퍼지 단계가 라인 충전 시간보다 많은 시간이 걸리는 일부 다른 상황들에서, 전구체는 일부 전구체가 프로세스 챔버 (128) 에 이격되어 방향 전환되고 덤핑되게 하여, 전구체를 폐기하는 RF 퍼지 단계의 종료 전에 프로세스 챔버 (128) 에 도달할 수도 있다. 부가적으로, 상기에 논의된 바와 같이, 도즈 단계가 완료된 후에, 전구체는 앰플 과 프로세스 챔버 (128) 사이의 가스 라인 내에 남아 있을 수도 있고 그

리고 덤핑될 수도 있고, 따라서 부가적인 전구체를 폐기한다.

- [0040] 이러한 현재의 예시적인 구현예들, 뿐만 아니라 본 명세서에 논의되지 않은 다른 현재의 구현예들에서, 전구체 전달 시스템들은 또한 전구체 사용을 감소시키면서 라인 충전 시간 및 도즈 시간을 최적화하도록 구성되지 않는다. 이러한 시스템들은 이로 제한되지 않지만, 라인 충전 시간, 도즈 단계 시간, 쓰루풋에 부정적으로 영향을 주고, 그리고 웨이퍼 디펙트들을 유발하는 것을 포함한 상당한 단점들을 갖는다.
- [0041] 본 개시의 발명자들은 반도체 프로세싱의 저 결함을 달성하면서 전구체를 동적으로 전달하고 그리고 전구체를 효율적으로 활용하기 위한 새로운 방법들, 구현예들, 장치들, 및 기법들을 개발하였다. 일부 구현예들에서, 앰플 밸브 (114/116) 를 개방하고 폐쇄하는 것은, 앰플 밸브 (114/116) 가 프로세싱 단계들의 시작 및 중지와 관계없이 개방되고 그리고/또는 폐쇄될 수도 있도록, 상기에 기술된 바와 같이, 프로세스 단계의 시작 및/또는 중지에서 발생하는 것으로부터 디커플링될 (decoupled) 수도 있다. 일부 이러한 구현예들에서, 앰플 밸브 (114/116) 의 동작은 프로세스 챔버의 ALD 단계들과 관계없을 수도 있다. 일부 구현예들에서, 전구체는 또한 연속적으로 흐르지 않을 수도 있다. 이하에 보다 상세히 논의된 바와 같이, 도즈 단계의 시작시 프로세스 챔버로 목표된 양의 전구체를 전달하도록, 본 구현예들 및 기법들은 다른 인자들 중에서도, (A) 앰플 밸브 (114/116) 가 개방되는 지속기간 및/또는 (B) 도즈 단계 전에 앰플 밸브 (114/116) 가 개방되는 시간을 조정할 수도 있다.
- [0042] 예를 들어, 도 1을 사용하여, 앰플 밸브 (114/116) 는, 전구체가 도즈 단계의 시작시 프로세싱 챔버 (128) 에 도달하도록 도즈 단계 전에 가스 라인 섹션을 충전하거나 부분적으로 충전하기 위해서 도즈 단계 전에 특정한 시간에 개방될 수도 있다. 앰플 밸브 (114/116) 가 도즈 단계 전에 개방될 수도 있는 시간은, 다른 것들 중에서, 전구체 전달 시스템 및/또는 반도체 프로세싱 툴의 하드웨어; 예를 들어, 푸시 가스 플로우, 앰플 온도, 및/또는 상부 공간 (headspace) 압력과 같은 하나 이상의 프로세스 파라미터들; 증기 라인 충전 시간; 및/또는 목표된 흡착 시간에 의존할 수도 있다. 앰플 밸브 (114/116) 는 웨이퍼 흡착의 목표된 양 및/또는 가스 라인 섹션 내에 필요한 전구체의 양을 위해 앰플 (104) 로부터 적절한 그리고/또는 목표된 양의 전구체를 인출, 즉, 로딩하도록 특정한 시간 동안 개방된 채로 남아 있을 수도 있다.
- [0043] 앰플 밸브 (114/116) 는 또한 적절한 그리고/또는 목표된 양의 전구체가 앰플 (104) 로부터 흐른 후에 폐쇄될 수도 있다. 일부 구현예들에서, 목표된 양의 전구체는 웨이퍼의 포화에 충분할 수도 있고, 포화보다 적은 흡착에 충분할 수도 있거나, 보다 많은 전구체는 목표된 흡착 및/또는 포화를 위해 필요할 수도 있고; 이 양은 가변적일 수도 있고, 사이클 별로 변화할 수도 있고, 그리고/또는 사용자에게 의해 제어될 수도 있다. 도즈 단계의 종료쯤에, 목표된 양의 흡착이 발생하고 그리고 가스 라인 섹션 내에 남아 있는 전구체가 실질적으로 없도록, 모든 또는 대다수의 전구체가 프로세스 챔버 (128) 로 흐른 후에, 도즈 단계가 종료될 수도 있고, 예를 들어 프로세스 챔버 밸브 (122) 가 폐쇄될 수도 있다. 일부 이러한 구현예들에서, 연속적인 푸시 가스 플로우, 예를 들어 사이클 동안 중지되지 않을 수도 있고 그리고/또는 앰플 밸브 (114/116) 가 개방되기 전에 시작될 수도 있고 그리고 프로세스 챔버 밸브 (122) 가 폐쇄된 후에 중지될 수도 있는 플로우가 있을 수도 있다.
- [0044] 새로운 구현예들의 일부에서, 밸브 타이밍들은 ALD 도즈 단계의 시작 및 중지와 같은 특정한 증착 동작들의 시작 및/또는 중지와 관련될 수도 있다. 앰플 밸브 (114/116) 의 개방과 도즈 단계의 시작 사이의 시간은 가스 라인 충전 시간 (상기에 논의된 바와 같이, 가스가 앰플 (104) 로부터 프로세스 챔버 (128) 의 입구로 흐르기 위해 필요한 시간일 수도 있음) 과 동일하거나 가스 라인 충전 시간에 기초할 수도 있다. 또한, 앰플 밸브 (114/116) 는 워크피스 표면 상에 전구체를 흡착하기 위해 프로세스 필요조건들을 충족하도록 필요한 시간 (상기에 논의된 바와 같이, 포화 시간 또는 포화 시간의 백분율일 수도 있음) 과 동일하거나 상기 시간에 기초한 지속기간 동안 개방된 채로 남아 있을 수도 있다.
- [0045] 상기에 언급된 바와 같이, 앰플 밸브 (114/116) 가 개방되는 시간 및/또는 앰플 밸브 (114/116) 가 개방되는 지속기간은 흡착 시간 및/또는 라인 충전 시간에 의존할 수도 있다. 라인 충전 시간은 복수의 상이한 방법들에 의해 결정될 수도 있다. 도 3은 라인 충전 시간을 결정하도록 사용될 수도 있는 예시적인 실험의 그래픽 도면을 도시한다. 도 3은 다른 것들 중에서, 파라미터들의 일부, 데이터, 및 이러한 예시적인 실험의 결과들을 포함한다. 보이는 바와 같이, 전체 도즈 단계 332가 도시되고, x-축은 초로 도즈 시간이고, 그리고 y-축은 증착 레이트이다. RF 퍼지 단계 334는 이러한 단계가 도즈 단계 332 전에 발생할 수도 있다는 것을 나타내도록 도 3의 좌측에 도시되고, 반면에 퍼지 단계 336은 이러한 단계가 도즈 단계 332 후에 발생할 수도 있다는 것을 나타내도록 도 3의 우측에 도시된다. 이러한 실험에서, 웨이퍼의 증착 레이트는 라인 충전 시간 및 흡착 시간을 결정하도록 도즈 단계 332의 가변하는 지속기간들 동안 측정되었다 (이 경우에, 포화 시간이 측정되었음). 도 3



의 도즈 단계 332는 3 개의 섹션들을 갖고, 제 1 섹션은 대략 지점 344와 대략 지점 346 사이에서 발생할 수도 있는 라인 충전 시간 338이고, 제 2 섹션은 대략 지점 346과 대략 지점 348 사이에서 발생할 수도 있는 흡착 시간 340 (포화 시간일 수도 있음) 이고, 그리고 제 3 섹션은 대략 지점 348과 350 사이에서 발생할 수도 있는 포화 후 시간 342이다.

[0046] 도 3에 의해 도시된 실험에서 그리고 도 1의 예시적인 전구체 전달 시스템을 참조하면, 전구체가 앰플 (104) 로부터 흐르지 않았지만, 푸시 가스가 시스템을 통해 흘렀고 그리고 밸브 (112) 를 통해 앰플 (104) 주위에서 방향 전환되도록, 도즈 단계 332의 시작 직전에, 앰플 밸브들 (114/116) 이 폐쇄되었고, 밸브들 (106, 108, 110, 112, 118, 120, 및 124) 이 개방되었고, 그리고 밸브 (122) 가 폐쇄되었다. 도즈 단계 332의 시간 0에서, 즉 지점 344에서, 전구체를 앰플 (104) 로부터 프로세스 챔버 (128) 로 흘리는 것을 시작하기 위해서 앰플 밸브 (114/116) 가 개방되었고 그리고 밸브 (112) 가 폐쇄되었다. 도 3에서 보이는 바와 같이, 증착 레이트는 약 0.16 초까지 대략 0으로 남아 있고, 전구체가 프로세스 챔버 (128) 에 도달하고 그리고 웨이퍼 상에 전구체를 증착하기 시작한다는 것을 의미하는 지점 346에서 증착이 시작될 때를 나타내고, 따라서 대략 0.16 초의 라인 충전 시간 338을 제공한다. 도 3의 도즈 페이지 332의 제 2 섹션, 흡착 시간 340은 웨이퍼가 본 명세서에서 포화인, 목표된 흡착에 도달하고, 그 후에 추가의 재료가 웨이퍼에 흡착되지 않고, 그리고 포화가 도즈 단계 332의 시작 후에 대략 0.3 초에서, 즉 지점 348에서 발생하는 시간을 도시한다. 따라서, 포화 시간은 이 예에서 약 0.15 초였다. 도즈 페이지 332의 제 3 섹션, 포화 후 342 동안, 전구체는 프로세스 챔버 (128) 내로 흘려지지만 추가의 흡착이 발생하지 않았다.

[0047] 도 3에 도시된 예에서, 라인 충전 시간 (약 0.16 초) 은 흡착 (예를 들어 포화) 시간 (약 0.15 초) 과 대략 동일하였다. 이들 발견들에 기초하여, 본 발명자들은 일부 상황들에서, 완전히, 또는 실질적으로, 충전된 라인 내의 증기 (예를 들어 밸브 (116) 주위로부터 프로세스 챔버 (128) 주위로 가스 라인 섹션 내의 전구체) 가 목표된 흡착 및/또는 포화를 위해 필요할 수도 있는 모든 또는 대부분의 전구체를 전달할 수도 있다는 것을 알아냈다. 그러나, 상이한 프로세스 조건들을 사용할 수도 있는 일부 다른 구현예들에서, 이것은 참이 아닐 수도 있다. 게다가, 본 발명자들은 라인 충전이 전구체 폐기를 회피하거나 감소시키도록 정확하게 시작될 수도 있다는 것, 그리고 전구체로 이미 충전된 가스 라인 섹션이 남아 있는 도즈 단계 동안 사용될 수도 있도록 도즈 단계의 종료 전에, 예를 들어 앰플 밸브 (114/116) 를 폐쇄함으로써, 예를 들어 앰플 (104) 로부터 가스 라인 섹션 내로의 전구체 플로우가 중지될 수도 있다는 것, 및/또는 전구체 플로우가 챔버의 ALD 단계들로부터 디커플링될 수도 있다는 것을 알아냈다.

[0048] 일부 구현예들에서, 상기와 같은 측정 단계는 사이클, 단계, 또는 프로세스에 대한 라인 충전 시간 및/또는 포화/흡착 시간을 결정하도록 실시될 수도 있다. 이러한 정보는 예를 들어, ALD 프로세스의 도즈 단계에 대하여, 앰플 밸브 개방 및 폐쇄의 타이밍 및 지속기간을 결정하도록 나중에 사용될 수도 있다. 일부 구현예들에서, 이 측정은 ALD 사이클 전, 동안, 그리고/또는 후에 발생할 수도 있고 그리고 사이클, 단계, 및/또는 반도체 제작 프로세스 전반에 걸쳐 반복될 수도 있다.

[0049] 도즈 단계 및 프로세스 챔버 밸브들의 개방 및 폐쇄에 관하여 앰플 밸브의 개방 및 폐쇄의 타이밍을 설명하는 일부 예시적인 구현예들이 이제 논의될 것이다. 상기에 언급된 바와 같이, 앰플 밸브가 개방되고 그리고/또는 폐쇄되는 시간은 흡착 시간 및/또는 라인 충전 시간에 의존할 수도 있다. 흡착 시간이 라인 충전 시간 미만일 수도 있는 상황, 흡착 시간이 라인 충전 시간 초과일 수도 있는 상황, 그리고 흡착 시간이 라인 충전 시간과 실질적으로 동일할 수도 있는 상황을 수반한 3 개의 예시적인 상황들이 논의된다. 이들 예시적인 구현예들의 논의에서, 도 1의 동일한 예시적인 전구체 전달 시스템이 사용된다. 그러나, 이들 예시적인 구현예들은 도 1의 전구체 전달 시스템에 제한되지 않고; 이들 예시적인 구현예들은 임의의 반도체 프로세싱 툴의 임의의 전구체 전달 시스템에 적용될 수도 있다. 게다가, 이러한 예시적인 구현예들에서, 푸시 가스는 시스템을 통해 연속적으로 흐를 수도 있다.

[0050] 제 1 예시적인 구현예에서, 흡착 시간은 라인 충전 시간 미만일 수도 있다. 도 4는 흡착 시간이 라인 충전 시간 미만일 수도 있을 때 전구체 전달 시스템의 제 1 예시적인 구현예에 대한 타이밍 및 밸브 동작의 그래픽 도면을 도시한다. 도 4에 도시된 차트에서, 시간은 x-축이고 그리고 좌측으로부터 우측으로 진행되지만, 단위들이 이로 제한되지 않지만, 프로세스 단계, 전구체, 푸시 가스, 및 프로세스 조건들을 포함한 수많은 인자들에 따라 가변할 수도 있기 때문에 특정한 단위들을 갖지 않고; y-축은 밸브 동작, 즉, 프로세스 챔버 밸브 (122), 전방선 밸브 (124), 앰플 밸브 (114/116), 및 바이패스 밸브 (112) 를 포함한, 4 개의 밸브들에 대한 "개방" 또는 "폐쇄" 동작을 포함한다. 보이는 바와 같이, 모든 전구체가 시스템 내로 로딩되기 전, 즉, 제 1 지점 452 전에, 프로세스 챔버 밸브 (122) 가 폐쇄되고, 전방선 밸브 (124) 가 개방되고, 앰플 밸브 (114/116) 가 폐쇄되

고, 그리고 바이패스 밸브가 개방되고, 이는 푸시 가스로 하여금 다른 아이템들 중에서, 플로우 제어기 (102)로부터, 바이패스 밸브 (112)를 통해, 앰플 (104)이 아닌, 혼합 어셈블리 (126) 내로, 그리고 전방선 (130)을 통해 흐르게 할 수도 있다.

[0051] 도 4의 제 1 시점 452 쯤에서, 앰플 밸브 (114/116)가 개방되고 그리고 바이패스 밸브 (112)가 폐쇄되어, 푸시 가스로 하여금 앰플 (104) 내로 흐르게 하고 전구체로 하여금 시스템 내로 흐르기 시작하게 한다. 이 예시적인 구현예에서, 앰플 밸브 (114/116)는 프로세스 챔버 밸브 (122)가 개방되기 전에 개방될 수도 있고 그리고 앰플 밸브 (114/116)는 흡착 시간 460의 시간 기간과 동일하거나 실질적으로 동일한 시간 기간 동안 개방될 수도 있다. 앰플 밸브 (114/116)는 또한 프로세스 챔버 밸브 (122)가 개방되기 전일 수도 있는 제 2 시점 454 쯤에 폐쇄될 수도 있다. 도 4에서, 제 1 시점 452 쯤과 제 2 시점 454 쯤 사이에 전구체가 가스 라인 섹션에 로딩될 수도 있지만, 도 4에 도시된 구현예들과 같은 일부 이러한 구현예들에서, 앰플 (104)과 프로세스 챔버 (128) 사이의 가스 라인 섹션은 제 2 시점 454 쯤에서 로딩의 종료시 전구체로 완전히 충전되거나 로딩되지 않을 수도 있다. 이것은 목표된 양의 전구체로 하여금 가스 라인 섹션 내로 그리고/또는 프로세스 챔버 (128) 내로 전송되게 할 수도 있다.

[0052] 도 5는 전구체 로딩의 종료시 제 1 예시적인 구현예의 전구체 전달 시스템을 도시한다. 도 4의 차트에 관하여, 도 5는 제 2 시점 454 쯤 직전의 예시적인 전구체 전달 시스템 (100)을 도시한다. 도 5 (뿐만 아니라 도 6, 도 8, 도 9, 도 11, 및 도 12)에서, 하부 우측 코너의 범례에 의해 나타낸 바와 같이, 실선은 플로우 없음을 나타내고, 점선은 푸시 가스를 나타내고, 그리고 파선은 전구체를 나타낸다. 도 5에서 보이는 바와 같이, (예를 들어 밸브들 (114 및 116) 사이의 접합 지점으로부터 밸브들 (122 및 124)의 접합 지점으로의) 가스 라인 섹션은 전구체 및 푸시 가스 양자를 담는다. 이 예시적인 구현예에서, 가스 라인 섹션 내로 로딩될 수도 있는 전구체의 양은 가스 라인 섹션을 완전히 충전하지 않을 수도 있지만, 목표된 흡착 또는 목표된 프로세스에 충분할 수도 있다. 도 5는 또한 바이패스 밸브 (112)가 폐쇄되어 푸시 가스로 하여금 앰플 (104) 내로 진입하게 하는 것을 도시하고, 그리고 또한 프로세스 챔버 밸브 (122)가 폐쇄되고 전방선 밸브 (124)가 개방되어 따라서 푸시 가스로 하여금 프로세스 챔버 (128)가 아닌 전방선 (130)으로 방향 전환하게 하는 것을 도시한다.

[0053] 도 4를 다시 참조하면, 다음의 시점, 제 3 시점 456 쯤에서, 도즈 단계가 시작된다. 제 2 시점 454 쯤에서의 로딩의 종료와 제 3 시점 456 쯤에서의 도즈 단계의 시작 사이에서, 앰플 밸브 (114/116)가 폐쇄될 수도 있고, 바이패스 밸브 (112)가 개방될 수도 있고, 전방선 밸브 (124)가 개방될 수도 있고 그리고 프로세스 챔버 밸브 (122)가 폐쇄될 수도 있다. 일부 예시적인 구현예들에서, 도즈 단계는 라인 충전 시간 462의 시간량과 동일하거나, 실질적으로 동일한 시간량만큼, 전구체 로딩의 시작, 예를 들어 제 1 시점 452 후에 시작될 수도 있다. 이전에 언급된 바와 같이, 라인 충전 시간 462는 전구체가 앰플 (104)로부터 프로세스 챔버 (128)로 이동하는 시간으로 간주될 수도 있다. 이 타이밍은 도징, 예를 들어 도즈 단계의 시작일 수도 있는, 제 3 시점 456 쯤에서 프로세스 챔버 (128)에 전구체가 도달하게 할 수도 있다.

[0054] 이 제 3 시점 456에서의 전구체 전달 시스템은 도 6에 도시될 수도 있다. 도 6은 도즈 단계의 시작시 제 1 예시적인 구현예의 전구체 전달 시스템을 도시한다. 보이는 바와 같이, 앰플 밸브 (114/116)가 폐쇄되고, 바이패스 밸브 (112)가 개방되고, 전방선 밸브 (124)가 폐쇄되고, 그리고 프로세스 챔버 밸브 (122)가 개방되고, 상기의 모두는 가스 라인 섹션 내의 전구체가 프로세스 챔버 (128)에 진입하는 것을 가능하게 한다.

[0055] 도 4를 다시 참조하면, 챔버 밸브 (122)는 목표된 양의 전구체가 프로세스 챔버 (128)에 진입하게 허용할 수도 있는 시간량 동안 개방될 수도 있다. 이 시간량은 제 3 시점 456 쯤과 제 4 시간 기간 458 쯤 사이일 수도 있는, 도 4에 도시된 바와 같은, 흡착 시간 460과 동일하거나 실질적으로 동일할 수도 있다. 일단 프로세스 챔버 밸브 (122)가 흡착 시간 460일 수도 있는, 목표된 시간량 동안 개방된다면, 제 4 시점 458 쯤에 도시된 바와 같이, 프로세스 챔버 밸브 (122)가 폐쇄될 수도 있고 그리고 전방선 밸브 (124)가 개방될 수도 있고; 이 제 4 시점 458은 도즈 단계의 종료로 간주될 수도 있다. 이러한 시간에서, 일부 실시예들에서, 가스 라인 섹션 내에 남아 있는 전구체는 거의 또는 전혀 없을 수도 있다.

[0056] 제 2 예시적인 구현예에서, 흡착 시간은 라인 충전 시간 초과일 수도 있다. 도 7은 흡착 시간이 라인 충전 시간 초과일 수도 있을 때 전구체 전달 시스템의 제 2 예시적인 구현예에 대한 타이밍 및 밸브 동작의 그래픽 도면을 도시한다. 도 4의 차트와 유사하게, 도 7에서, 시간은 x-축이고 그리고 좌측으로부터 우측으로 진행되고, 그리고 y-축은 밸브 동작, 즉, 프로세스 챔버 밸브 (122), 전방선 밸브 (124), 앰플 밸브 (114/116), 및 바이패스 밸브 (112)를 포함하는 동일한 4 개의 밸브들에 대한 "개방" 또는 "폐쇄" 동작을 포함한다. 보이는 바와 같이, 모든 전구체가 시스템 내로 로딩되기 전, 즉, 제 1 시점 752 전에, 프로세스 챔버 밸브 (122)가 폐쇄되

고, 전방선 밸브 (124) 가 개방되고, 앰플 밸브 (114/116) 가 폐쇄되고, 그리고 바이패스 밸브가 개방되고, 이는 푸시 가스로 하여금 다른 아이템들 중에서, 플로우 제어기 (102) 로부터, 바이패스 밸브 (112) 를 통해, 앰플 (104) 이 아닌, 혼합 어셈블리 (126) 내로, 그리고 전방선 (130) 을 통해 흐르게 할 수도 있다.

[0057] 도 7의 제 1 시점 752 쯤에서, 앰플 밸브 (114/116) 가 개방될 수도 있고 그리고 바이패스 밸브 (112) 가 폐쇄될 수도 있어, 푸시 가스로 하여금 앰플 (104) 내로 흐르게 하고 전구체로 하여금 시스템 내로 흐르기 시작하게 한다. 이 제 2 예시적인 구현예에서, 앰플 밸브 (114/116) 는 프로세스 챔버 밸브 (122) 가 개방되기 전에 개방될 수도 있고 그리고 앰플 밸브 (114/116) 는 흡착 시간 760의 시간 기간과 동일하거나 실질적으로 동일한 시간 기간 동안 개방될 수도 있다. 앰플 밸브 (114/116) 는 프로세스 챔버 밸브 (122) 가 제 2 시점 754 쯤에서 (제 1 예시적인 구현예와 상이하게) 개방된 후일 수도 있는 제 3 시점 756 쯤에 폐쇄될 수도 있다. 일부 이러한 구현예들에서, 앰플 밸브 (114/116) 는, 앰플 밸브 (114/116) 및 챔버 밸브 (122) 양자가 일부 시간 기간 동안 함께 개방되도록 전구체가 프로세스 챔버 (128) 에 도달하고 프로세스 챔버 (128) 에 진입한 후에 개방된 채로 남아 있을 수도 있다.

[0058] 도 7의 제 2 시점 754 쯤에, 도즈 단계가 시작된다. 이 제 2 시점 754는 라인 충전 시간 762와 동일하거나 실질적으로 동일할 수도 있는 시간량만큼 제 1 시점 752 후에 발생할 수도 있다. 도 7에서 보이는 바와 같이, 가스 라인 섹션은 전구체로 완전히 충전될 수도 있고, 예를 들어 앰플 (104) 주위로부터 프로세스 챔버 (128) 주위로의 가스 라인 섹션은 이 제 2 시점 754 쯤에서 전구체를 담을 수도 있다. 프로세스 챔버 밸브 (122) 는 또한 전구체가 프로세스 챔버 밸브 (122) 에 도착할 때쯤일 수도 있는 제 2 시점 754 또는 제 2 시점 754 쯤에 개방된다.

[0059] 도 8은 도즈 단계의 시작시 제 2 예시적인 구현예의 전구체 전달 시스템을 도시한다. 도 8은 도 7의 제 2 시점 754 쯤에서의 이 시스템을 도시한다. 보이는 바와 같이, 바이패스 밸브 (112) 는 폐쇄되고, 전구체는 앰플 (104) 로부터 개방된 프로세스 챔버 밸브 (122) 를 통해 그리고 프로세스 챔버 (128) 내로 흐른다.

[0060] 도 7을 다시 참조하면, 제 2 시점 754 쯤과 제 3 시점 756 쯤 사이에서, 프로세스 챔버 밸브 (122) 및 앰플 밸브 (114/116) 양자가 개방된다. 상기에 언급된 바와 같이, 제 3 시점 756 쯤에서, 앰플 밸브 (114/116) 가 폐쇄될 수도 있고 반면에 프로세스 챔버 밸브 (122) 가 개방된 채로 남아 있을 수도 있고, 그리고 이 앰플 밸브 (114/116) 의 폐쇄는 앰플 밸브 (114/116) 가 즉, 제 1 시점 752 쯤에서, 흡착 시간 760과 동일하거나 실질적으로 동일한 양만큼 개방된 후에 발생할 수도 있다. 도 7에서 더 보이는 바와 같이, 제 3 시점 756은 프로세스 챔버 밸브 (122) 가 라인 충전 시간 762과 동일하거나 실질적으로 동일한 양만큼 폐쇄된 후에 발생할 수도 있다.

[0061] 도 9는 앰플 밸브의 폐쇄 때의 제 2 예시적인 구현예의 전구체 전달 시스템을 도시한다. 도 9는 도 7의 제 3 시점 756 쯤에서의 이 시스템을 도시한다. 보이는 바와 같이, 앰플 밸브 (114/116) 는 폐쇄되지만 바이패스 밸브 (112) 는 개방된다.

[0062] 도 7의 제 4 시점 758 쯤에서, 프로세스 챔버 밸브 (122) 가 폐쇄되고 그리고 전방선 밸브 (124) 가 개방된다. 상기에 언급된 바와 같이, 프로세스 챔버 밸브 (122) 가 라인 충전 시간 762과 동일하거나 실질적으로 동일한 양만큼 폐쇄되기 전에 앰플 밸브 (114/116) 가 폐쇄될 수도 있기 때문에, 가스 라인 섹션은 프로세스 챔버 밸브 (122) 가 폐쇄될 때 제 4 시점 758 쯤에서 거의 또는 전혀 전구체를 담지 않을 수도 있다.

[0063] 제 3 예시적인 구현예에서, 흡착 시간은 라인 충전 시간과 동일할 수도 있다. 도 10은 흡착 시간이 라인 충전 시간과 동일할 수도 있을 때 전구체 전달 시스템의 제 3 예시적인 구현예에 대한 타이밍 및 밸브 동작의 그래픽 도면을 도시한다. 도 4 및 도 7의 차트들과 유사하게, 시간은 x-축이고 그리고 좌측으로부터 우측으로 진행되고, 그리고 y-축은 밸브 동작, 즉, 프로세스 챔버 밸브 (122), 전방선 밸브 (124), 앰플 밸브 (114/116), 및 바이패스 밸브 (112) 를 포함하는 동일한 4 개의 밸브들에 대한 "개방" 또는 "폐쇄" 동작을 포함한다. 보이는 바와 같이, 모든 전구체가 시스템 내로 로딩되기 전, 즉, 제 1 시점 1052 전에, 프로세스 챔버 밸브 (122) 가 폐쇄되고, 전방선 밸브 (124) 가 개방되고, 앰플 밸브 (114/116) 가 폐쇄되고, 그리고 바이패스 밸브가 개방되고, 이는 푸시 가스로 하여금 다른 아이템들 중에서, 플로우 제어기 (102) 로부터, 바이패스 밸브 (112) 를 통해, 앰플 (104) 이 아닌, 혼합 어셈블리 (126) 내로, 그리고 전방선 (130) 을 통해 흐르게 할 수도 있다.

[0064] 도 10의 제 1 시점 1052 쯤에서, 앰플 밸브 (114/116) 가 개방될 수도 있고 그리고 바이패스 밸브 (112) 가 폐쇄될 수도 있어, 푸시 가스로 하여금 앰플 (104) 내로 흐르게 하고 전구체로 하여금 시스템 내로 흐르기 시작하게 한다. 이 제 3 예시적인 구현예에서, 앰플 밸브 (114/116) 는 프로세스 챔버 밸브 (122) 가 개방되기 전에

개방될 수도 있고 그리고 앰플 밸브 (114/116) 는 라인 충전 시간 1062과 동일할 수도 있는 흡착 시간 1060의 시간 기간과 동일하거나 실질적으로 동일한 시간 기간 동안 개방될 수도 있다. 도 10은 이것: 앰플 밸브 (114/116) 가 라인 충전 시간 1062과 동일하거나 실질적으로 동일한 흡착 시간 1060과 동일하거나 실질적으로 동일한 시간량 동안 개방된다는 것을 예시한다.

[0065] 2 개의 이벤트들이 제 2 시점 1054 또는 제 2 시점 1054 쯤에 발생한다. 상기에 언급된 바와 같이, 앰플 밸브 (114/116) 는 제 2 시점 1054 또는 제 2 시점 1054 쯤에 폐쇄될 수도 있고 그리고 챔버 밸브 (122) 는 제 2 시점 1054 또는 제 2 시점 1054 쯤에 개방될 수도 있다. 도 11은 도즈 단계의 시작시 제 3 예시적인 구현예의 전구체 전달 시스템을 도시한다. 도 11은 도 10의 제 2 시점 1054 쯤에서의 이 시스템을 도시한다. 보이는 바와 같이, 바이패스 밸브 (112) 가 폐쇄되고 그리고 전구체는 앰플 (104) 로부터 개방된 프로세스 챔버 밸브 (122) 를 통해 그리고 프로세스 챔버 (128) 내로 흐른다.

[0066] 앰플 밸브 (114/116) 와 유사하게, 챔버 밸브 (122) 는 서로 동일한, 흡착 시간 1060과 라인 충전 시간 1062과 동일하거나 실질적으로 동일한 시간량 동안 개방된 채로 남아 있을 수도 있다. 또한, 챔버 밸브 (122) 는 제 3 시간 기간 1056 쯤에 폐쇄될 수도 있다. 이러한 구현예들에서, 가스 라인 섹션은 제 2 시점 1054 쯤에 도즈 단계의 시작 전에 완전히 충전된다. 도 12는 도즈 단계의 종료시 제 3 예시적인 구현예의 전구체 전달 시스템을 도시한다. 도 12는 도 10의 제 3 시점 1056 쯤에서의 이 시스템을 도시한다. 보이는 바와 같이, 푸시 가스가 시스템을 통해 그리고 전방선 (130) 을 통해 흐르도록 바이패스 밸브 (112) 가 개방되고, 앰플 밸브 (114/116) 가 폐쇄되고, 프로세스 챔버 밸브 (122) 가 폐쇄되고, 그리고 전방선 밸브 (124) 가 개방된다. 이 도즈 단계의 종료시, 예를 들어 시간 1056에서, 모든 또는 실질적으로 모든 전구체가 가스 라인 섹션으로부터 배출된다.

[0067] 이 제 3 예시적인 구현예에서, 제 1 시점 1052는 시스템 내로의 전구체 로딩의 시작으로 간주될 수도 있고, 제 2 시점 1054는 전구체 로딩의 종료 및 도즈 단계의 시작 양자로 간주될 수도 있고, 그리고 제 3 시점 1056은 도즈 단계의 종료로 간주될 수도 있다.

[0068] 모든 이러한 구현예들에서, 푸시 가스가 연속적으로 흐를 수도 있다. 이 연속적인 플로우는 전구체의 연속적인 플로우뿐만 아니라 가스 라인의 연속적인 퍼지를 보장할 수도 있다. 앰플 밸브 (114/116) 가 폐쇄될 때, 푸시 가스가 프로세스 챔버 (128) 를 향해 계속해서 흐르도록 바이패스 밸브 (112) 를 통해 앰플 주위에서 방향 전환될 수도 있다.

[0069] 일부 구현예들에서, 가스 라인 섹션은 도즈 단계의 종료시 실질적으로 모든 전구체가 배출될 수도 있지만, 일부 구현예들에서, 일부 전구체는 가스 라인 섹션 내에 남아 있을 수도 있다.

[0070] 일부 구현예들에서, 앰플 밸브 (114/116) 가 개방될 수도 있는 시간의 지속기간은 포화 시간 및/또는 흡착 시간 초과 또는 미만일 수도 있다.

[0071] 상기에 논의된 바와 같이, 일부 구현예들에서 밸브 동작들의 타이밍은 라인 충전 시간, 흡착 시간, 또는 일부 다른 시간을 사용하여 설정될 수도 있다. 게다가, 밸브들의 동작에 대한 기준의 프레임은 도즈 단계의 시작, 도즈 단계의 중지, 도즈 단계 동안 임의의 다른 이벤트, 및/또는 ALD 사이클 동안 임의의 이벤트일 수도 있다.

[0072] 상기에 논의된 3 개의 예시적인 구현예들을 포함한 일부 구현예들에서, 목표된 흡착 양을 위해 필요한 것보다 많을 수도 있는 일정량의 전구체가 가스 라인을 통해 전송될 수도 있다. 이 부가적인 전구체는 또한 전구체가 도즈 단계의 시작 전, 도즈 단계 후, 그리고/또는 목표된 흡착/포화가 달성된 후에 도착하도록 전송될 수도 있다. 일부 이러한 구현예들에서, 일부 전구체는 도즈 단계 전 및/또는 후에 전방선으로 덤핑될 수도 있다. 일부 이러한 구현예들에서, 앰플 밸브가 개방될 수도 있는 시간의 지속기간, 앰플 밸브가 개방되고 그리고/또는 폐쇄될 수도 있을 때의 타이밍, 챔버 밸브가 개방될 수도 있는 시간의 지속기간, 및/또는 챔버 밸브가 개방될 수도 있을 때의 타이밍은 도 4 내지 도 12에 포함된, 상기 본 명세서에서 논의된 것과 동일하지 않을 수도 있다. 그러나, 폐기를 감소시키도록, 과잉의 전구체는 흡착/포화에 필요한 양의 약 20 % 이하 (또는 약 10 % 이하) 로 제한될 수도 있다.

[0073] 게다가, 일부 구현예들에서, 이벤트 (예를 들어, 앰플 밸브의 개방, 챔버 밸브의 폐쇄) 각각은 의도된 시점에 정확히 발생하지 않을 수도 있다. 부가적으로, 시점 각각에서 전구체의 위치는 상기에 논의된 것만큼 정확하지 않을 수도 있다. 일부 예들에서, 어구 "실질적으로"는 적어도 타이밍 및 양들에 관해서 사용되고, 그리고 이 용어는 기준 아이템 (예를 들어 시간 또는 양) 의 +/- 15 % 이내를 의미할 수도 있다. 예를 들어, 흡착 시간이 0.1 초라면, 그러면 흡착 시간과 실질적으로 동일한 시간은 약 0.09 초 내지 약 0.11 초일 수도 있다.

[0074] 게다가, 밸브들의 타이밍은 라인 충전 시간 및/또는 흡착 시간과 정확히 동일하지 않을 수도 있다. 또한 밸브



가 개방되거나 폐쇄되는데 걸리는 시간과 같은, 시스템의 지연들을 고려하기 (account for) 위한 타이밍 지연이 있을 수도 있다. 일부 실시예들에서, 25 밀리초의 타이밍 지연을 가질 수도 있는 ALD 밸브가 사용될 수도 있다. 또한 25 밀리초일 수도 있는 본 명세서의 구현예들 내의 에러의 마진이 또한 있을 수도 있다.

[0075] 부가적으로, 앰플 밸브가 개방될 때의 타이밍 및/또는 앰플 밸브의 개방의 지속기간은 ALD 사이클과 같은, 각각의 프로세스 사이클에 대해 일정하지 않을 수도 있다. 일부 구현예들에서, 동적 피드백 루프는 흡착 양 이하이거나, 동일하거나, 초과일 수도 있는, 사이클 각각에 대해 목표된 사이클 당 전구체의 동일한 몰수들을 정확히 전달하도록 생성될 수도 있다. 본 명세서에 기술된 바와 같은, 플로우-오버-증기 시스템에 전달된 전구체의 양은 앰플 온도, 상부 공간 압력, 및 푸시 가스 플로우를 포함한 몇몇의 인자들에 의존할 수도 있다. 이들 파라미터들 중 하나 이상이 (예를 들어, 앰플 내에서 변화하는 전구체 레벨에 기인하여) 증착 기간의 과정 동안의 도된 설정 지점들로부터 벗어난다면, 이에 따라 앰플 밸브 개방 시간당 전달된 전구체의 양이 벗어날 것이다. 피드백 루프는 다른 것들 중에서, 예를 들어, 앰플 써모커플들, 압력계들, 및 MFC들, 및 제어기로부터의 센서 데이터 (예를 들어 측정값들)에 의해 생성될 수도 있다. 일 예에서, 압력계 (예를 들어, 마노미터)는 프로세스 챔버로의 입구에 (예를 들어, 밸브 (122) 옆에) 위치된다. 프로세스 챔버로의 전구체의 도착은 압력계에 의해 검출된 압력 변동에 의해 시그널링될 수도 있다. 이러한 피드백 루프에 기초하여 앰플 개방/폐쇄 타이밍을 동적으로 제어함으로써, 전구체 전달은 보다 강건하고 (robust) 그리고 사이클 대 사이클로 반복 가능할 수도 있다. 피드백 루프, 측정들, 및/또는 조정들은 도즈/증착 단계 동안, 사이클의 단계들 사이, 사이클들 사이, 및/또는 프로세스들 사이에 행해질 수도 있다.

[0076] 상기에 언급된 바와 같이, 하나 이상의 프로세싱 사이클들 전에, 예를 들어 상기에 기술되고 그리고 도 3에 도시되는 측정 및/또는 캘리브레이션 단계가 흡착 시간 및/또는 라인 충전 시간을 결정하도록 수행될 수도 있다. 이러한 결정은 예를 들어 상기에 논의된 것과 같은, 전구체 전달 및/또는 프로세스 파라미터들, 및/또는 실험 단계에 영향을 주는 하나 이상의 인자들을 검출할 수도 있는 센서 또는 모니터링 장비에 기초하여 상기에 기술된 것과 유사하게 행해질 수도 있다. 수집된 정보는 앰플 밸브가 개방될 때의 타이밍 및/또는 이러한 개방의 지속기간, 예를 들어 앰플 밸브가 폐쇄될 때에 대한 조정들 또는 변화들을 행하도록 사용될 수도 있다. 이것은 도즈 단계들 사이, 도즈 단계 동안, 사이클들 사이, 또는 프로세스들 사이에 발생할 수도 있다.

[0077] 본 명세서에 논의된 방법들, 실시예들, 및 구현예들은 반도체 프로세싱에 수많은 개선들 및 이득들을 제공한다. 반도체 프로세싱에 대한 일부 중요한 목표들은 예를 들어, 웨이퍼 쓰루풋을 증가시키는 것, 전구체를 포함한 재료, 폐기/사용을 감소시키는 것, 및 웨이퍼 균일성을 증가시키거나 유지하는 것을 포함할 수도 있다. 예를 들어, 도 13은 본 명세서에 논의된 구현예들을 사용하는 것이 적어도 일부 상황들에서, 전구체 사용의 감소를 야기할 수도 있다는 것을 나타내는 일부 예증적인 데이터를 도시한다. 보이는 바와 같이, 차트의 "화학물질 사용량"으로 라벨링된 우측 열의 결과들은 0.323 g/wafer로부터 0.225 g/wafer로의 전구체 감소를 나타낸다. 상단 행은 중간 및 하단 행에 도시된 데이터를 나타낸다. "통상적인 프로세스"로 라벨링된 중간 행은 통상적인 일반적인 전구체 도징 시퀀스를 사용하는 특정한 반도체 프로세스에 대한 화학물질 사용량을 나타내지만 "새로운 프로세스"로 라벨링된 하단 행은 동일한 반도체 프로세스의 화학물질 사용량을 나타내지만 본 명세서에 논의된 구현예들에 적어도 부분적으로 따른 전구체 전달을 나타낸다. 하단 행은 0.15 초의 동일한 도즈 시간 동안, 앰플 밸브 (114/116) 개방 시간이 증착 레이트 및 막 균일성에 대한 악영향 없이 0.3 초로부터 0.2 초로 감소되었다는 것을 나타낸다. depR 및 NU% (R/2) (half-range non-uniformity)는 새로운 프로세스를 사용하여 개선되었고, 이는 앰플 (104) 내의 개선된 전구체 리프레시 (refresh) 레이트를 야기하는 보다 긴 앰플 밸브 (114/116) 폐쇄 시간 때문일 수도 있다. 보다 짧은 앰플 밸브 (114/116) 개방 시간은 감소된 전구체 소비를 야기한다. 새로운 프로세스는 전구체 낭비를 감소시킨다.

[0078] 본 발명의 일부 다른 이점들은 이로 제한되지 않지만, 정체된 가스 라인 볼륨의 제거에 의해, 일정하게 흐르는 푸시 가스에 기인할 수도 있는 완전히 퍼지된 가스 라인 섹션을 가짐으로써, 그리고/또는 전구체의 존재시 챔버 밸브 동작의 제거에 의해 유발될 수도 있는, 감소된 전구체 폐기; 감소된 웨이퍼 결함; 및/또는 도즈 시간 및/또는 도즈 단계의 감소로 쓰루풋을 증가시키는 것을 포함한다.

[0079] 일부 구현예들에서, 제어기는 본 명세서에 기술된 예들의 일부일 수도 있는 시스템의 일부이다. 제어기는 상기에 기술된 바와 같은, 앰플 밸브(들) 개방 및 폐쇄 로직, 또는 본 명세서에 논의된 다른 제어 로직과 같은 "로직"을 포함할 수도 있다. 로직은 (소프트웨어 인스트럭션들을 실행하기 위한 연관된 하드웨어가 있거나 없이) 소프트웨어, 특정한 동작들, 및 동작들의 조합들을 실시하기 위해서 설계되거나 구성된 하드웨어로서 구현될 수도 있다. 이러한 시스템들은, 프로세싱 툴 또는 툴들, 프로세싱 챔버 또는 챔버들, 프로세싱용 플랫폼 또는 플랫폼들, 및/또는 특정 프로세싱 컴포넌트들 (이로 제한되지 않지만, 웨이퍼 페데스탈, 가스 플로우 시스템, 전

구체 전달 시스템, 가스 라인들, 배관, 밸브들, 앰플, 등을 포함함) 을 포함하는, 반도체 프로세싱 장비를 포함할 수도 있다. 이러한 시스템들은 반도체 웨이퍼 또는 기판의 프로세싱 이전에, 프로세싱 동안에 그리고 프로세싱 이후에 그들의 동작을 제어하기 위한 전자장치 (예를 들어, 로직) 에 통합될 수도 있다. 전자장치 (또는 로직) 는 이로 제한되지 않지만, 가스 라인들, 앰플, 배관, 및/또는 프로세스 챔버를 포함할 수도 있는, 시스템 (들)의 하나 이상의 부품들을 통해 유체의 플로우를 제어하도록 구성될 수도 있는 밸브들을 포함하는, 시스템 또는 시스템들의 다양한 컴포넌트들 또는 하위부품들을 제어할 수도 있는 "제어기"로서 지칭될 수도 있다.

[0080] 제어기는, 시스템의 프로세싱 요건들 및/또는 타입에 따라서, 예를 들어 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 재충진, 툴 및 다른 전달 툴들 내외로의 웨이퍼 이송들, 가스 라인들, 앰플, 혼합 어셈블리, 및/또는 프로세스 챔버를 통한 유체 (예를 들어, 전구체 또는 푸시 가스) 의 플로우, 및/또는 특정 시스템과 연결되거나 인터페이싱된 로드록들 내외로의 웨이퍼 이송들을 포함하는, 본 명세서에 개시된 프로세스들 중 임의의 프로세스를 제어하도록 프로그램, 설계, 및/또는 구성될 수도 있다.

[0081] 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 구현예들에서, 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.

[0082] 제어기는, 일부 구현예들에서, 시스템에 통합되거나, 시스템에 커플링되거나, 이와 달리 시스템에 네트워킹되거나, 또는 이들의 조합으로 되는 컴퓨터에 커플링되거나 이의 일부일 수도 있다. 예를 들어, 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 예측치들을 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 들어 서로 네트워킹되어서 함께 공통 목적을 위해서, 예를 들어 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 들어, 플랫폼 레벨에서 또는 원격 컴퓨터의 일부로서) 원격으로 위치한 하나 이상의 집적 회로들과 연동하는 챔버 상의 하나 이상의 집적 회로들일 수 있다.

[0083] 비한정적으로, 예시적인 시스템들은 플라즈마 에칭 챔버 또는 모듈, 증착 챔버 또는 모듈, 스핀-윈스 챔버 또는 모듈, 금속 도금 챔버 또는 모듈, 세정 챔버 또는 모듈, 베벨 에지 에칭 챔버 또는 모듈, PVD 챔버 또는 모듈, CVD 챔버 또는 모듈, ALD 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.

[0084] 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 컴포넌트들, (예를 들어, 전구체 전달 시스템), 클러스터 툴들, 다른 툴 인터

페이스들, 인접 톨들, 이웃하는 톨들, 공장 도처에 위치한 톨들, 메인 컴퓨터, 다른 제어기 또는 톨들 중 하나 이상과 연통할 수도 있다.

[0085] 일부 구현예들에서, 제어기는 적어도 하나의 메모리 및 하나 이상의 프로세서들을 가질 수도 있고, 그리고 메모리는 본 명세서에 논의된 구현예들을 동작하는데 필요한 기능들을 실행하기 위한 인스트럭션들을 포함할 수도 있다. 다른 구현예들에서, 제어기는 소프트웨어 인스트럭션들의 제어 하에서 작용되거나 작용되지 않을 수도 있는 특별히 설계된 프로세서를 포함한다. 제어기는 반도체 프로세싱 시스템을 포함할 수도 있는 반도체 프로세싱 톨 및/또는 전구체 전달 시스템의 하나 이상의 양태들을 제어하도록 구성될 수도 있다. 도 14는 전구체 전달 시스템을 포함하는 반도체 프로세싱 톨을 위한 예시적인 제어기를 도시한다. 보이는 바와 같이, 제어기 (1464)는 메모리 (1466) 및 프로세서 (1468)를 포함하고, 그리고 프로세서는 (반도체 프로세싱 톨 (1470)의 일부인) 전구체 전달 시스템 (1400) 및 반도체 프로세싱 톨 (1470)에 통신 가능하게 연결된다. 이전에 언급된 바와 같이, 메모리 (1466)는 다른 것들 중에서, 전구체 전달 시스템 (1400)을 제어하기 위한 인스트럭션들을 포함할 수도 있고, 예를 들어, 메모리 (1466)는 하나 이상의 애플 밸브들, 애플, 하나 이상의 프로세스 챔버 밸브들, 하나 이상의 전방선 밸브들, 및 이로 제한되지 않지만, 시스템을 통한 전구체 및/또는 푸시 가스의 플로우를 포함한, 전구체 전달 시스템의 임의의 다른 양태를 제어하기 위한 인스트럭션들을 포함할 수도 있다.

[0086] 상기에 기술된 바와 같이, 일부 구현예들에서, 전구체 전달을 위한 시스템은, 이로 제한되지 않지만, 전구체를 담도록 구성되고 그리고 기관 프로세싱 장치 (예를 들어 반도체 프로세싱 톨)의 컴포넌트일 애플, 플로우 제어기, 그리고 애플, 플로우 제어기, 혼합 어셈블리, 및 프로세스 챔버와 유체적으로 연결될 수도 있고 그리고 이러한 시스템을 통한 유체 플로우를 제어하도록 구성될 수도 있는 배관 (예를 들어 가스 라인들, 밸브들, 제한 장치들)을 포함한 상기 컴포넌트들 중 하나 이상을 포함할 수도 있다. 제어기는 또한 이 시스템의 일부일 수도 있고 그리고 이로 제한되지 않지만 상기에 기술된 바와 같은, 전구체 전달 시스템을 포함한 시스템의 하나 이상의 양태들을 제어하도록 구성될 수도 있다.

[0087] 이 개시의 맥락이 달리 명확히 요구되지 않는 한, 기술 및 실시예들 전반에 걸쳐, 단어들 "포함하다", "포함하는", 등은 배타적이거나 철저한 의미와 반대되는 것으로서 포괄적인 의미로; 즉, "이로 제한되지 않지만, 포함하는"의 의미로 해석된다. 단수 또는 복수를 사용한 단어들은 또한 일반적으로 단수 또는 복수를 각각 포함한다. 부가적으로, 단어들 "본 명세서에", "아래에", "상기에", "이하에", 및 유사한 의미의 단어들은 이 출원의 임의의 특정한 부분들이 아닌 이 출원의 전체를 지칭한다. 단어 "또는"이 2 이상의 아이тем들의 리스트에 관하여 사용될 때, 상기 단어는 단어의 모든 다음의 해석들을 포함한다: 리스트 내의 임의의 아이тем들, 리스트 내의 모든 아이тем들, 및 리스트 내의 아이тем들의 임의의 조합. 용어 "구현예"는 본 명세서에 기술된 기법들 및 방법들의 구현예들뿐만 아니라 본 명세서에 기술된 기법들 및/또는 방법들을 포함하고 그리고/또는 구조들을 구현하는 물리적 객체들을 지칭한다.

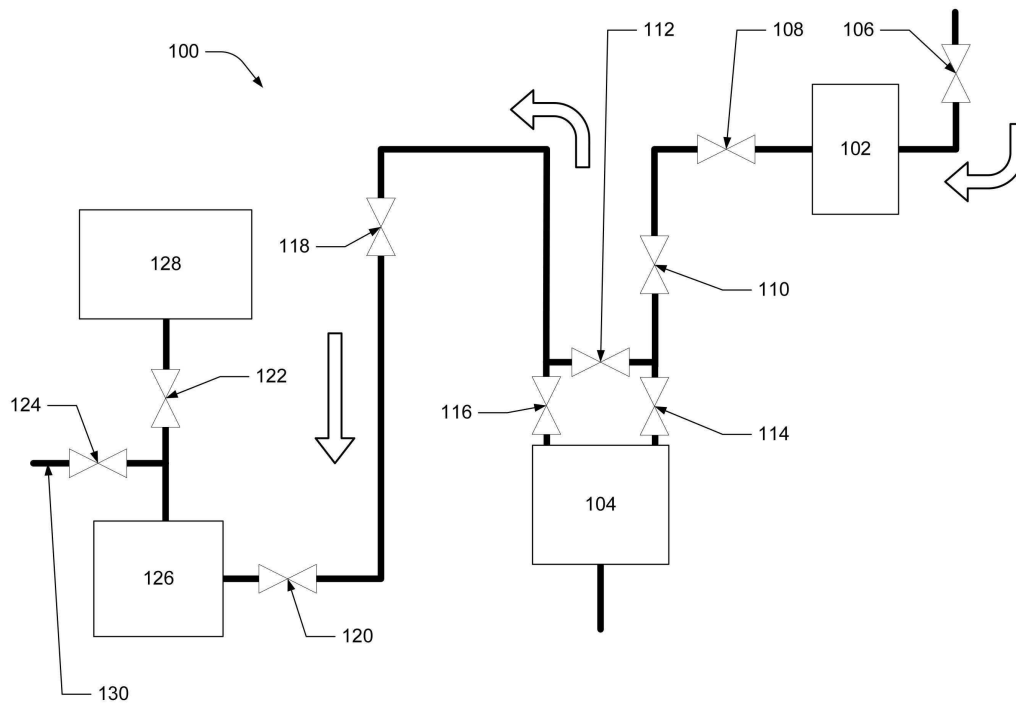
[0088] 많은 개념들 및 구현예들이 본 명세서에 기술되고 예시된다. 본 명세서에 논의된 구현예들의 특정한 특징들, 속성들 및 이점들이 기술되고 예시되지만, 본 개시의 많은 다른 것들, 뿐만 아니라 상이한 그리고/또는 유사한 구현예들, 특징들, 속성들 및 이점들이 기술 및 예시들로부터 분명하다는 것이 이해되어야 한다. 이와 같이, 상기 구현예들은 단지 예시적이다. 구현예들은 총망라한 것으로 또는 개시된 정확한 형태들, 기법들, 재료들 및/또는 구성들에 본 개시를 제한하도록 의도되지 않는다. 많은 수정들 및 변동들이 이 개시를 고려하여 가능하다. 다른 구현예들이 활용될 수도 있고 그리고 동작 상의 변화들이 본 개시의 범위로부터 벗어나지 않고 행해질 수도 있다는 것이 이해된다. 이와 같이, 본 개시의 범위는 상기 구현예들의 기술이 예시 및 기술의 목적들을 위해 제시되기 때문에 상기의 기술에만 제한되지 않는다.

[0089] 중요하게, 본 개시는 임의의 단일의 양태 또는 구현예에, 또는 이러한 양태들 및/또는 구현예들의 임의의 단일의 조합 및/또는 치환에 제한되지 않는다. 게다가, 본 개시의 양태들, 및/또는 본 개시의 구현예들 각각은, 단독으로 또는 본 개시의 다른 양태들 및/또는 구현예들의 하나 이상의 조합으로 채용될 수도 있다. 간결성을 위해, 많은 이러한 치환들 및 조합들이 본 명세서에 별도로 논의되고 그리고/또는 예시되지 않을 것이다.

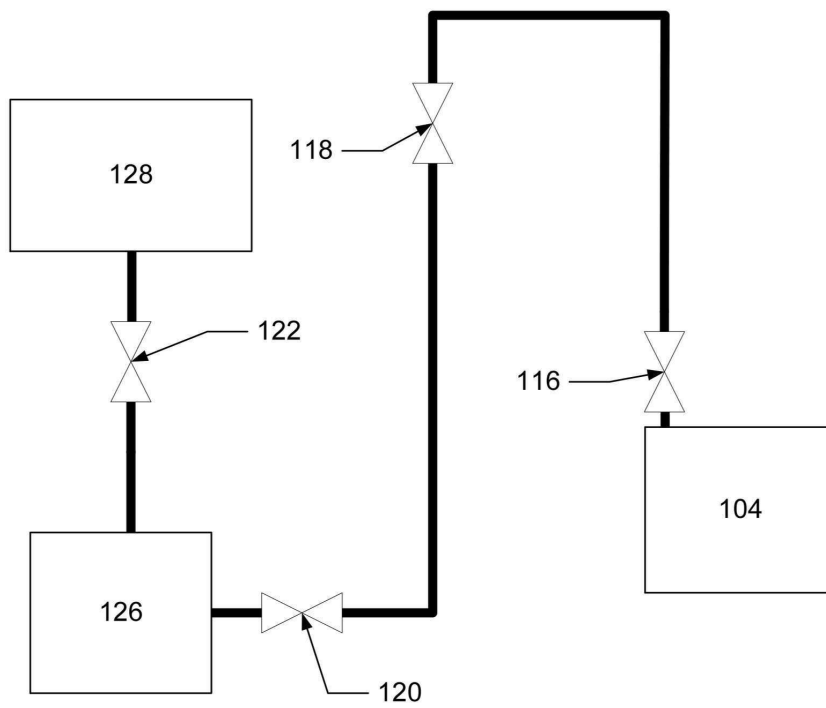
[0090] 계류중인 청구항들 중 어느 것도 "수단 더하기 기능" 또는 "단계 더하기 기능" 형태로 제시된 제한들을 포함하지 않는다 (35 USC § 112(f) 참조). 청구항 제한들 중 어느 것도 35 U.S.C. § 112(f) 하에서 또는 35 U.S.C. § 112(f)에 따라 해석되지 않는다는 것이 출원인들의 의도이다.

도면

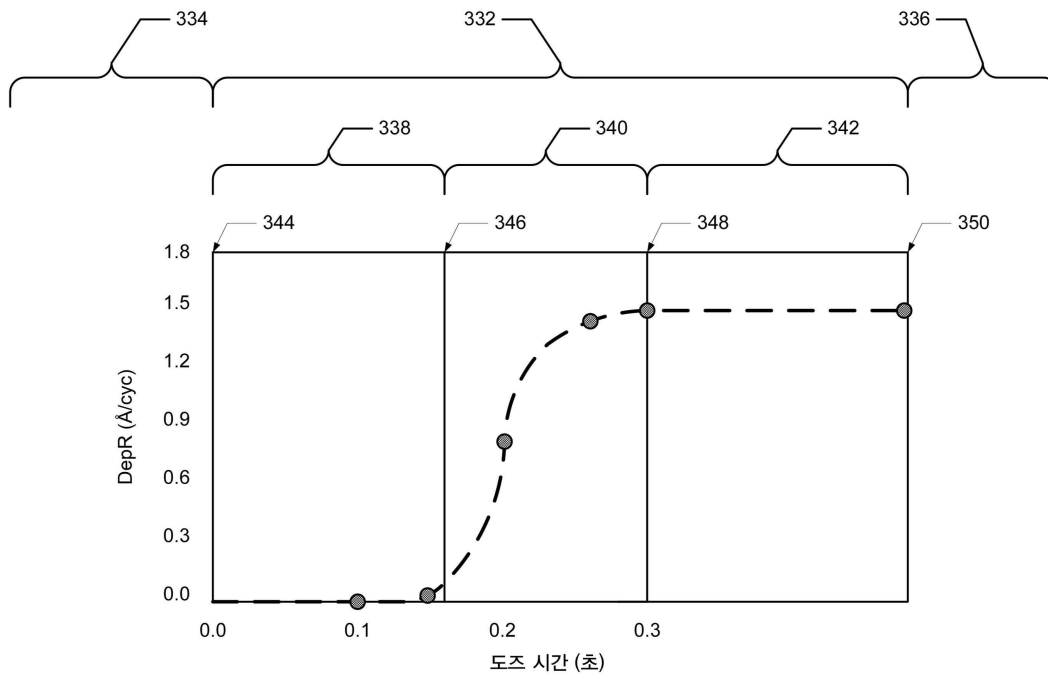
도면1



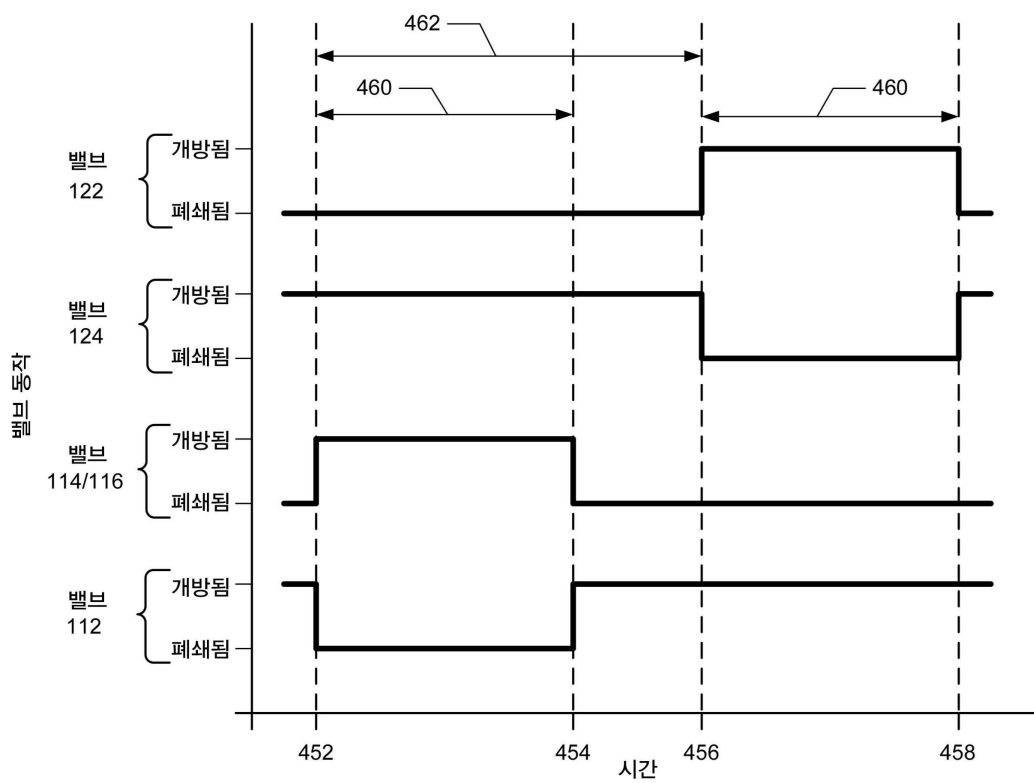
도면2



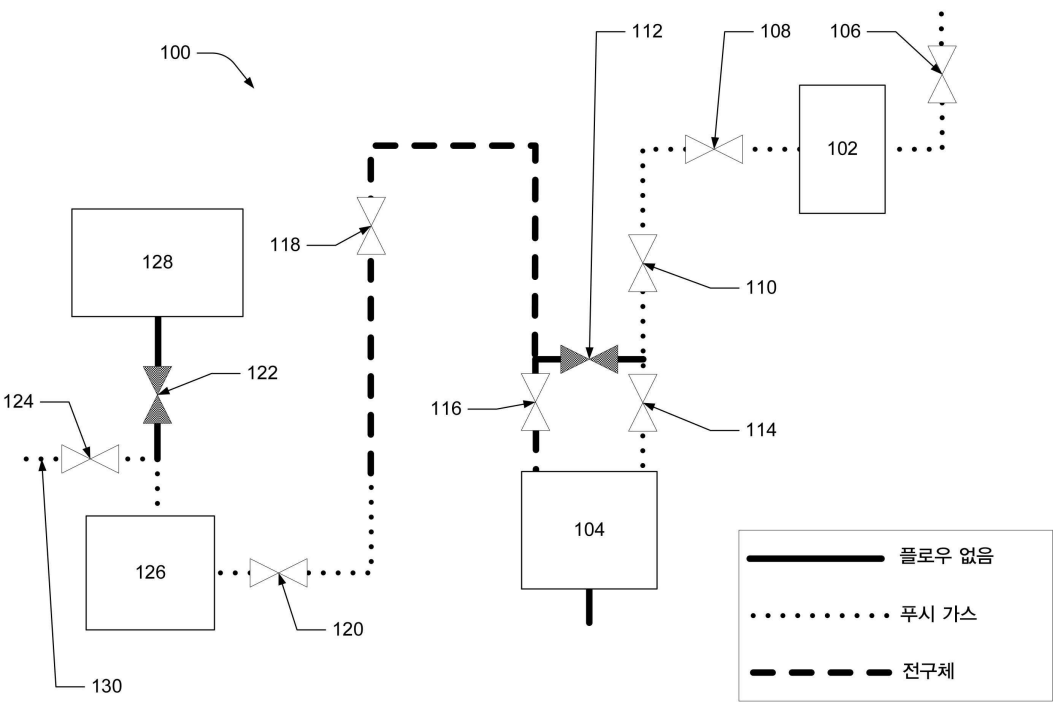
도면3



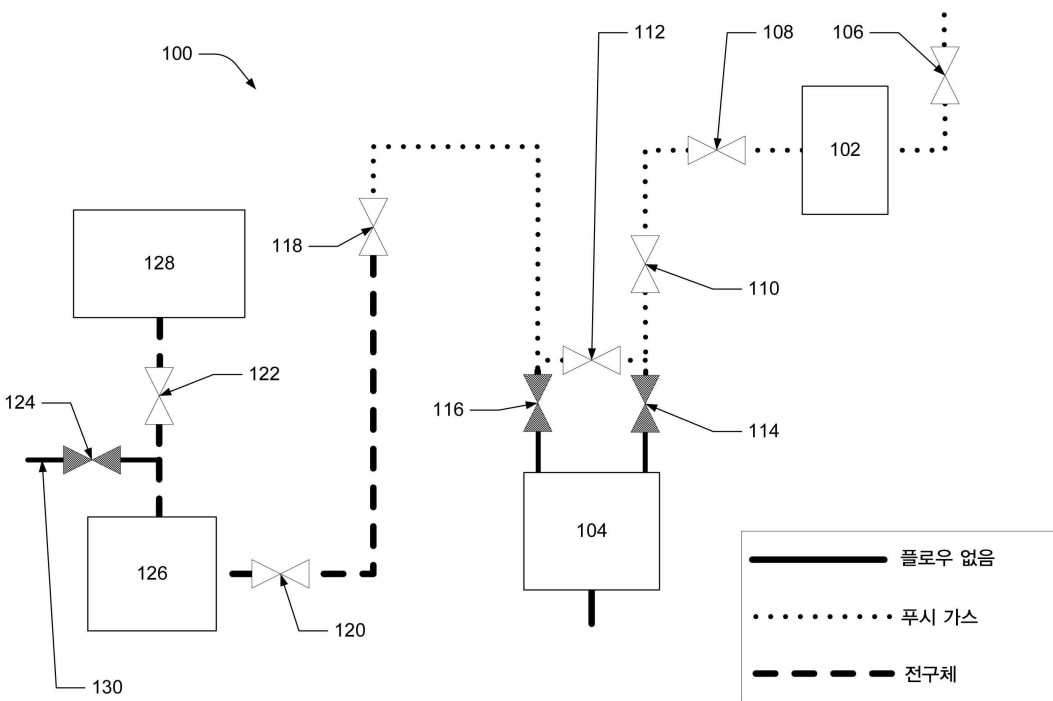
도면4



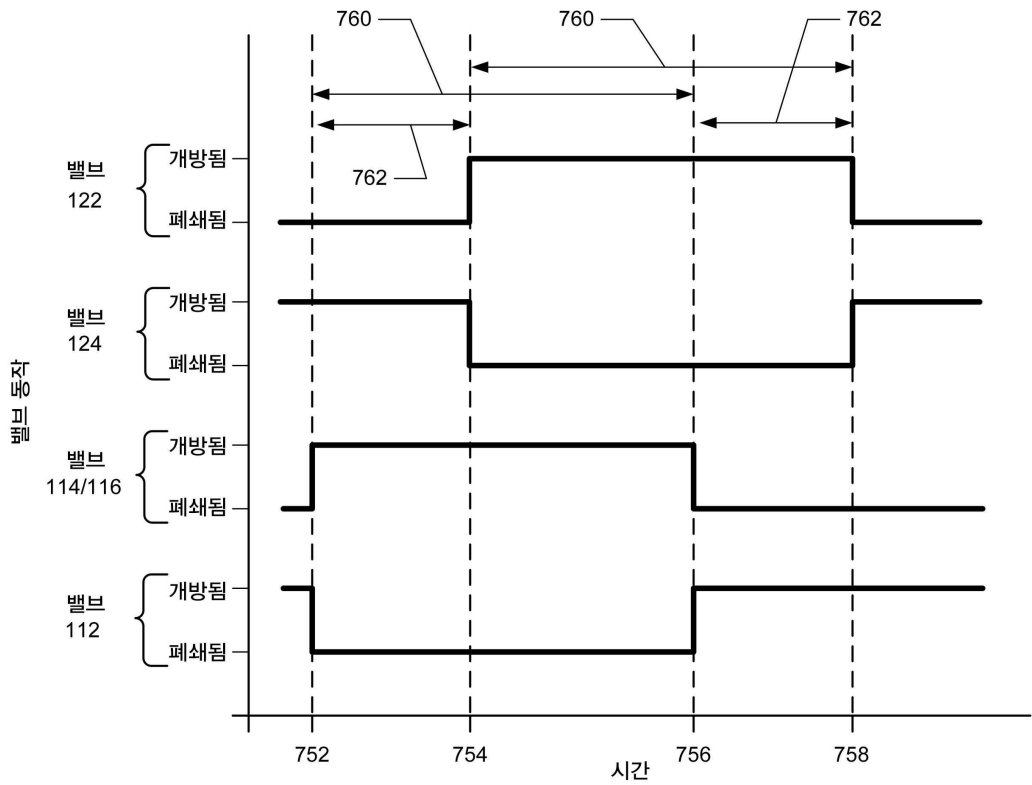
도면5



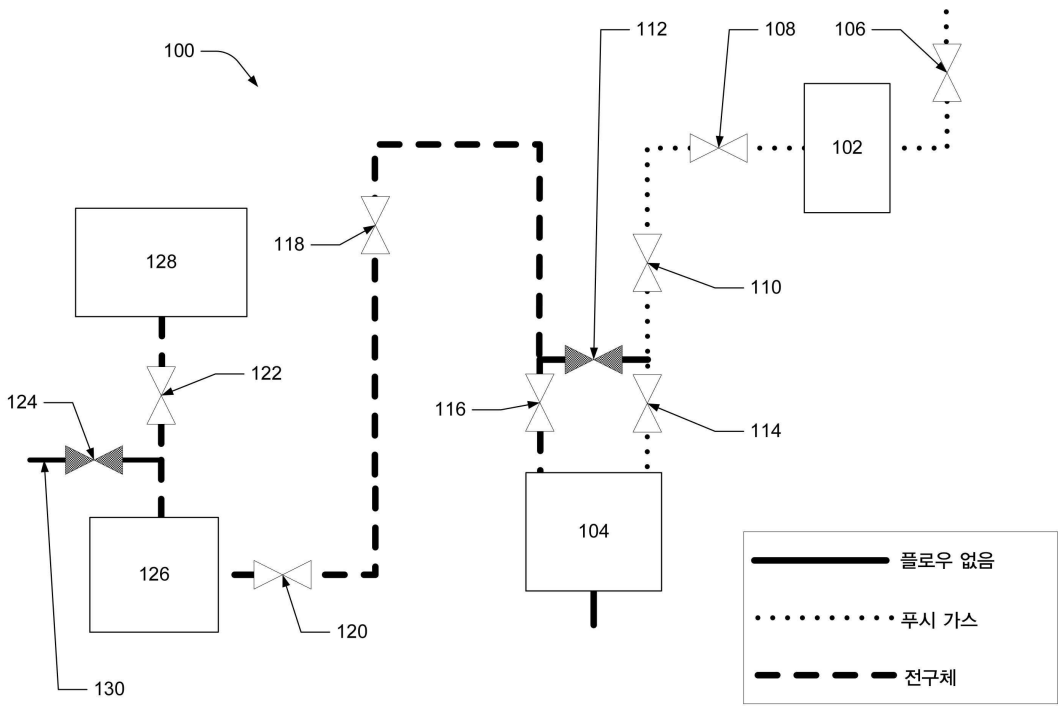
도면6



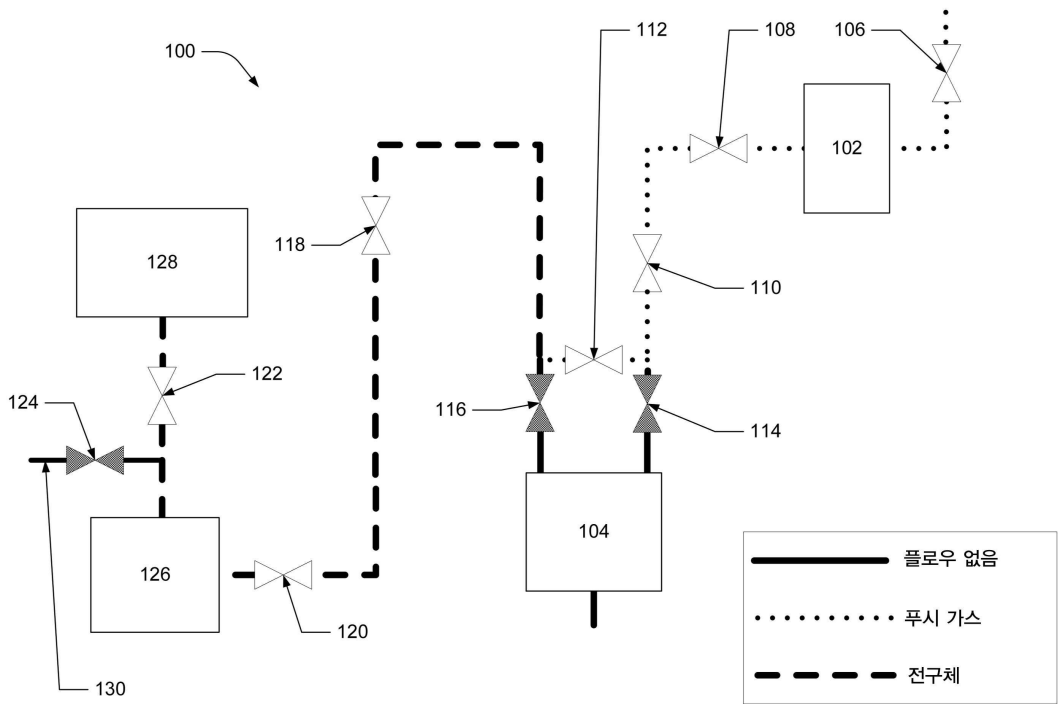
도면7



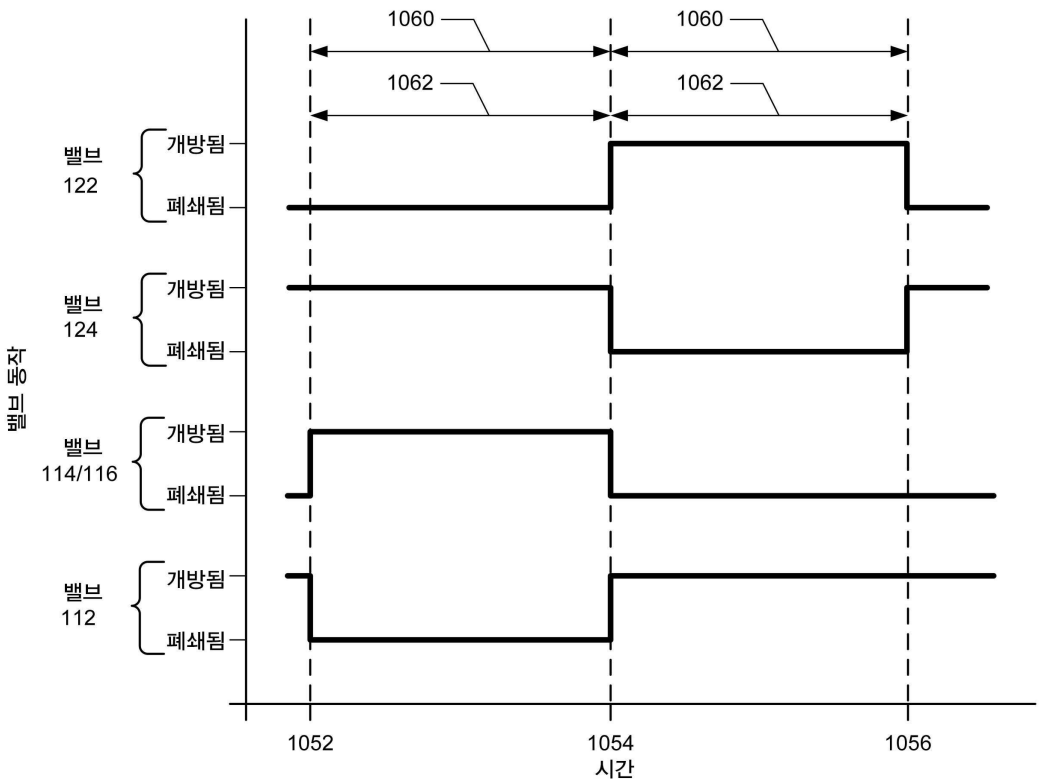
도면8



도면9

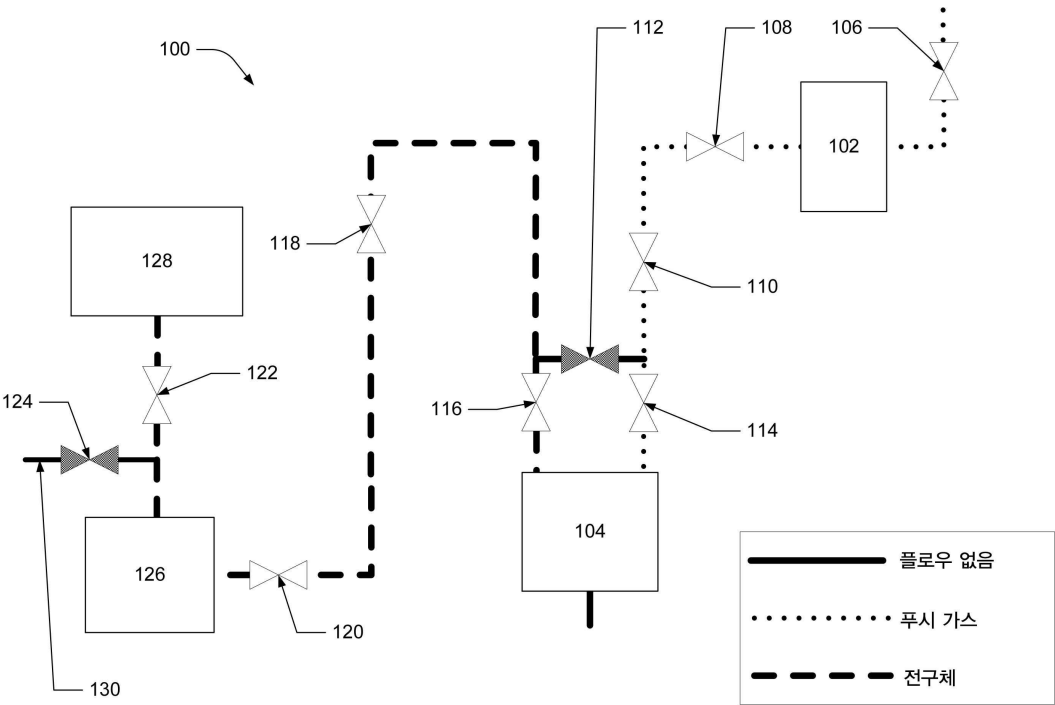


도면10

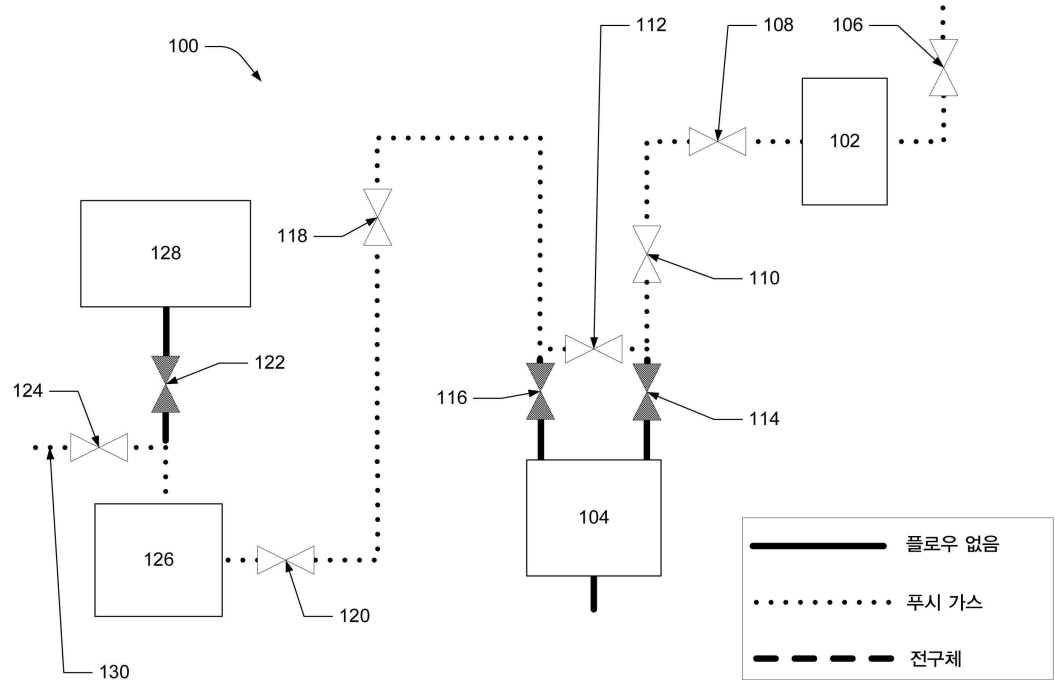




도면11



도면12



도면13

프로세스	도즈 시간 (s)	앰플 개방 시간 (s/cyc)	DepR (A/cyc)	NU% (R/2)	화학물질 사용량 (g/wfr)
통상적인 프로세스	0.15	0.3	1.430	0.68	0.323
새로운 프로세스	0.15	0.2	1.440	0.58	0.225

도면14

