(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2023년01월27일
(11) 등록번호 10-2492984
(24) 등록일자 2023년01월25일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 21/67 (2006.01)
(52) CPC특허분류
H01L 21/67253 (2013.01)
C23C 16/448 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2018-0030147
(22) 출원일자 2018년03월15일
심사청구일자 2021년03월11일
(65) 공개번호 10-2018-0106931
(43) 공개일자 2018년10월01일
(30) 우선권주장
15/461,417 2017년03월16일 미국(US)
(56) 선행기술조사문헌
KR1020060003895 A
KR1020160041802 A
KR1020160137400 A
KR100837448 B1

(73) 특허권자
램 리써치 코포레이션
미국 94538 캘리포니아주 프레몬트 쿠싱 파크웨이 4650
(72) 발명자
첸 준
미국, 오리건 97140, 셔우드, 사우스웨스트 레드 펀 드라이브 23965
쿠마 프루쇼탐
미국, 오리건 97124, 힐스버러, 노스이스트 칼슨 코트 6616
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
특허법인인벤싱크

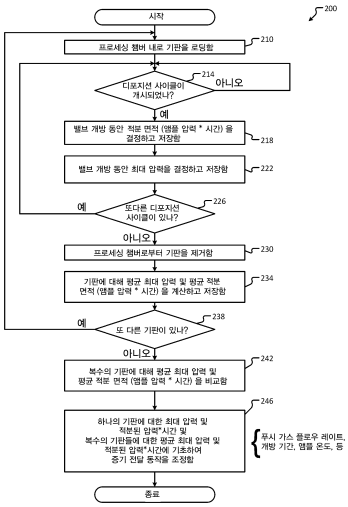
전체 청구항 수 : 총 22 항 심사관 : 이재일

(54) 발명의 명칭 **기판 프로세싱 시스템의 전구체 증기 공급 시스템에서 플로우 모니터링을 위한 시스템들 및 방법들**

(57) 요 약

증기 전달 시스템을 사용하여 기판 프로세싱 시스템에서 기화된 전구체를 전달하는 방법은 (a) 기판의 디포지션 기간 동안 액체 및 기화된 전구체를 저장하는 앰플의 유입구로 푸시 가스를 선택적으로 공급하는 단계; (b) 디포지션 기간 동안 앰플의 유출구에서 푸시 가스 및 기화된 전구체의 압력을 측정하는 단계; (c) 디포지션 기간 동안 최대 압력을 결정하는 단계; (d) 샘플링 인터벌에 기초하여 디포지션 기간 동안 집적된 면적 및 샘플링 인터벌 동안 최대 압력을 결정하는 단계; 및 (e) 기판의 복수의 디포지션 기간들 동안 단계 (a), 단계 (b), 단계 (c) 및 단계 (d) 를 반복하는 단계를 포함한다.

대 표 도 - 도10



(52) CPC특허분류
H01L 21/67017 (2013.01)
H01L 21/67276 (2013.01)
(72) 발명자
라보이 애드리언
미국, 오리건 97132, 뉴버그, 코요테 루프 12705
자이 요우
미국, 일리노이 61801, 어바나, 노스 그레고리 102, 아파트 씨
발드윈 제레미아
미국, 오리건 97062, 투알라틴, 피.오. 박스 3923
김 선제
미국, 오리건 97007, 비버턴, 사우스웨스트 보보링크 스트리트 16035

명 세 서

청구범위

청구항 1

증기 전달 시스템을 사용하여 기판 프로세싱 시스템에서 기화된 전구체를 전달하는 방법에 있어서,

(a) 기판의 디포지션 기간 동안 액체 및 기화된 전구체를 저장하는 앰플의 유입구로 푸시 가스를 선택적으로 공급하는 단계;

(b) 상기 디포지션 기간 동안 상기 앰플의 유출구에서 상기 푸시 가스 및 상기 기화된 전구체의 압력을 측정하는 단계;

(c) 상기 디포지션 기간 동안 최대 압력을 결정하는 단계;

(d) 샘플링 인터벌에 기초하여 상기 디포지션 기간 동안 적분된 면적 및 상기 샘플링 인터벌 동안 상기 최대 압력을 결정하는 단계; 및

(e) 상기 기판의 복수의 디포지션 기간들 동안 상기 단계 (a), 상기 단계 (b), 상기 단계 (c) 및 상기 단계 (d) 를 반복하는 단계를 포함하는, 기판 프로세싱 시스템에서 기화된 전구체를 전달하는 방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

(f) 상기 증기 전달 시스템의 진단 동작 및 상기 최대 압력들 및 상기 적분된 면적들에 기초하여 상기 증기 전달 시스템의 동작 파라미터를 조정하는 동작 중 적어도 하나를 더 포함하는, 기판 프로세싱 시스템에서 기화된 전구체를 전달하는 방법.

청구항 3

제 2 항에 있어서,

상기 동작 파라미터는 상기 앰플의 온도, 상기 푸시 가스의 플로우 레이트, 및 상기 디포지션 기간의 지속기간 중 적어도 하나를 포함하는, 기판 프로세싱 시스템에서 기화된 전구체를 전달하는 방법.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 압력은 압력계를 사용하여 측정되는, 기판 프로세싱 시스템에서 기화된 전구체를 전달하는 방법.

청구항 5

제 1 항에 있어서,

복수의 기판들에 대해 상기 단계 (a), 상기 단계 (b), 상기 단계 (c), 상기 단계 (d) 및 상기 단계 (e) 를 반복하는 단계를 더 포함하는, 기판 프로세싱 시스템에서 기화된 전구체를 전달하는 방법.

청구항 6

제 5 항에 있어서,

(f) 상기 증기 전달 시스템의 진단 동작 및 상기 복수의 기판들에 대해 상기 최대 압력들 및 상기 적분된 면적들에 기초하여 상기 증기 전달 시스템의 동작 파라미터를 조정하는 동작 중 적어도 하나를 더 포함하는, 기판 프로세싱 시스템에서 기화된 전구체를 전달하는 방법.

청구항 7

제 1 항에 있어서,

상기 기판 프로세싱 시스템 내에서 CVD (chemical vapor deposition) 를 수행하는 단계를 더 포함하는, 기판 프로세싱 시스템에서 기화된 전구체를 전달하는 방법.

청구항 8

제 1 항에 있어서,

상기 기판 프로세싱 시스템 내에서 ALD (atomic layer deposition) 를 수행하는 단계를 더 포함하는, 기판 프로세싱 시스템에서 기화된 전구체를 전달하는 방법.

청구항 9

제 5 항에 있어서,

(f) 상기 복수의 기판들 각각에 대해 상기 복수의 디포지션 기간들 동안 상기 최대 압력들을 평균화하는 단계; 및

(g) 상기 증기 전달 시스템의 진단 동작 및 상기 복수의 기판들에 대해 상기 평균된 최대 압력들에 기초하여 상기 증기 전달 시스템의 동작 파라미터를 조정하는 동작 중 적어도 하나를 더 포함하는, 기판 프로세싱 시스템에서 기화된 전구체를 전달하는 방법.

청구항 10

제 5 항에 있어서,

(f) 상기 복수의 기판들 각각에 대해 상기 복수의 디포지션 기간들 동안 상기 적분된 면적들을 평균화하는 단계; 및

(g) 상기 증기 전달 시스템의 진단 동작 및 상기 복수의 기판들에 대해 상기 평균된 적분된 면적들에 기초하여 상기 증기 전달 시스템의 동작 파라미터를 조정하는 동작 중 적어도 하나를 더 포함하는, 기판 프로세싱 시스템에서 기화된 전구체를 전달하는 방법.

청구항 11

제 5 항에 있어서,

(f) 상기 복수의 기판들 각각에 대해 상기 복수의 디포지션 기간들 동안 상기 적분된 면적들을 평균화하는 단계;

(g) 상기 복수의 기판들 각각에 대해 상기 복수의 디포지션 기간들 동안 상기 최대 압력들을 평균화하는 단계; 및

(h) 상기 증기 전달 시스템의 진단 동작 및 상기 복수의 기판들에 대해 상기 평균된 최대 압력들 및 상기 평균된 적분된 면적들에 기초하여 상기 증기 전달 시스템의 동작 파라미터를 조정하는 동작 중 적어도 하나를 더 포함하는, 기판 프로세싱 시스템에서 기화된 전구체를 전달하는 방법.

청구항 12

기판 프로세싱 시스템용 증기 전달 시스템에 있어서,

유입구 및 유출구를 포함하고, 액체 전구체 및 기화된 전구체를 저장하는 앰플;

푸시 가스를 선택적으로 공급하기 위한 질량 유량 제어기 (MFC);

상기 앰플의 상기 유입구로 푸시 가스를 선택적으로 공급하기 위한 복수의 밸브들;

상기 앰플의 유출구에서 압력을 측정하기 위한 압력계;

선택적으로 i) 상기 기화된 전구체를 방향전환하고, 또는 (ii) 상기 기화된 전구체를 프로세싱 챔버로 공급하기 위한 밸브; 및

제어기로서, 상기 MFC, 상기 복수의 밸브들 및 상기 압력계와 통신하고,

(a) 기판의 디포지션 기간 동안 액체 및 기화된 전구체를 저장하는 앰플의 유입구로 푸시 가스를 선택

적으로 공급하고;

(b) 상기 디포지션 기간 동안 상기 앰플의 유출구에서 상기 푸시 가스 및 상기 기화된 전구체의 압력이 측정되게 하고;

(c) 상기 디포지션 기간 동안 최대 압력을 결정하고;

(d) 샘플링 인터벌에 기초하여 상기 디포지션 기간 동안 적분된 면적 및 상기 샘플링 인터벌 동안 상기 최대 압력을 결정하고; 그리고

(e) 상기 기판의 복수의 디포지션 기간들 동안 상기 (a), 상기 (b), 상기 (c) 및 상기 (d) 를 반복하도록 구성되는, 상기 제어기를 포함하는, 기판 프로세싱 시스템용 증기 전달 시스템.

청구항 13

제 12 항에 있어서,

상기 제어기는,

(f) 상기 증기 전달 시스템의 진단 동작 및 상기 최대 압력들 및 상기 적분된 면적들에 기초하여 상기 증기 전달 시스템의 동작 파라미터를 조정하는 동작 중 적어도 하나를 하도록 더 구성되는, 기판 프로세싱 시스템용 증기 전달 시스템.

청구항 14

제 13 항에 있어서,

상기 동작 파라미터는 상기 앰플의 온도, 상기 푸시 가스의 플로우 레이트, 및 상기 디포지션 기간의 지속기간 중 적어도 하나를 포함하는, 기판 프로세싱 시스템용 증기 전달 시스템.

청구항 15

제 13 항에 있어서,

상기 앰플의 유출구에서 상기 압력을 측정하도록 상기 제어기와 통신하는 압력계를 더 포함하는, 기판 프로세싱 시스템용 증기 전달 시스템.

청구항 16

제 12 항에 있어서,

상기 제어기는 복수의 기판들에 대해 상기 (a), 상기 (b), 상기 (c), 상기 (d) 및 상기 (e) 를 반복하도록 더 구성되는, 기판 프로세싱 시스템용 증기 전달 시스템.

청구항 17

제 16 항에 있어서,

상기 제어기는,

(f) 상기 증기 전달 시스템의 진단 동작 및 상기 복수의 기판들에 대해 상기 최대 압력들 및 상기 적분된 면적들에 기초하여 상기 증기 전달 시스템의 동작 파라미터를 조정하는 동작 중 적어도 하나를 하도록 더 구성되는, 기판 프로세싱 시스템용 증기 전달 시스템.

청구항 18

제 12 항에 있어서,

상기 기판 프로세싱 시스템은 CVD를 수행하는, 기판 프로세싱 시스템용 증기 전달 시스템.

청구항 19

제 12 항에 있어서,

상기 기판 프로세싱 시스템은 ALD를 수행하는, 기판 프로세싱 시스템용 증기 전달 시스템.

청구항 20

제 16 항에 있어서,

상기 제어기는,

(f) 상기 복수의 기판들에 대해 상기 복수의 디포지션 기간들 동안 상기 최대 압력들을 평균화하고; 그리고

(g) 상기 증기 전달 시스템의 진단 동작 및 상기 평균된 최대 압력들에 기초하여 상기 증기 전달 시스템의 동작 파라미터를 조정하는 동작 중 적어도 하나를 하도록 더 구성되는, 기판 프로세싱 시스템용 증기 전달 시스템.

청구항 21

제 16 항에 있어서,

상기 제어기는,

(f) 상기 복수의 기판들의 상기 복수의 디포지션 기간들 동안 상기 적분된 면적들을 평균화하고; 그리고

(g) 상기 증기 전달 시스템의 진단 동작 및 상기 평균된 적분된 면적들에 기초하여 상기 증기 전달 시스템의 동작 파라미터를 조정하는 동작 중 적어도 하나를 하도록 더 구성되는, 기판 프로세싱 시스템용 증기 전달 시스템.

청구항 22

제 16 항에 있어서,

상기 제어기는,

(f) 상기 복수의 기판들의 상기 복수의 디포지션 기간들 동안 상기 적분된 면적들을 평균화하고;

(g) 상기 복수의 기판들의 상기 복수의 디포지션 기간들 동안 상기 최대 압력들을 평균화하고; 그리고

(h) 상기 증기 전달 시스템의 진단 동작 및 상기 평균된 최대 압력들 및 상기 평균된 적분된 면적들에 기초하여 상기 증기 전달 시스템의 동작 파라미터를 조정하는 동작 중 적어도 하나를 하도록 더 구성되는, 기판 프로세싱 시스템용 증기 전달 시스템.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 개시는 기판 프로세싱 시스템들, 보다 구체적으로 증기 공급시스템에 의해 기판 프로세싱 시스템에 공급된 전구체 증기를 제어하는 시스템들 및 방법들에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 본 명세서에 제공된 배경기술 설명은 일반적으로 본 개시의 맥락을 제공하기 위한 것이다. 본 발명자들의 성과로서 본 배경기술 섹션에 기술되는 정도의 성과 및 출원시 종래 기술로서 인정되지 않을 수도 있는 기술의 양태들은 본 개시에 대한 종래 기술로서 명시적으로나 암시적으로 인정되지 않는다.

[0003] 기판 프로세싱 시스템들이 반도체 웨이퍼들과 같은 기판들을 프로세싱하도록 사용된다. 프로세싱은 종종 프로세싱 챔버 내에서 기판을 가스 혼합물들 및/또는 기화된 전구체들에 노출하는 것을 수반한다. 단지 예를 들면, 기판 상에 층을 증착할 때 CVD (chemical vapor deposition), PECVD (plasma-enhanced CVD), ALD (atomic layer deposition), 및 PEALD (plasma-enhanced ALD) 와 같은 프로세스들이 하나 이상의 가스 혼합물들 및/또는 기화된 전구체들에 기판을 노출한다.

[0004] 기화된 전구체들은 액체 및 증기 전구체를 저장하는 가열된 앰플을 포함하는 증기 전달 시스템을 사용하여 생성될 수도 있다. 푸시 가스 소스가 푸시 가스를 앰플로 공급한다. 푸시 가스는 앰플을 통해 흐르고 기화된 전구체를 비말 동반한다 (entrain). 푸시 가스 및 기화된 전구체는 프로세싱 챔버로 전달된다. 그러나, 프로세싱 챔버로 전달되는 기화된 전구체의 양을 정밀하게 제어하는 것은 어렵고 비용이 많이 든다.

[0005] 많은 증기 전달 시스템들이 실시간 플로우 모니터링 또는 직접 도즈 플럭스 측정이 결여된다. 감소된 레벨의 제어 및/또는 모니터링은 사이클-대-사이클 또는 기판-대-기판 도즈 변동 (fluctuation) 및/또는 하드웨어 오작동들로 인해 시프트하는 불안정한 증착 레이트들, 막 특성들 및 디펙트들을 야기한다.

발명의 내용

[0006] 증기 전달 시스템을 사용하여 기판 프로세싱 시스템에서 기화된 전구체를 전달하는 방법은 (a) 기판의 디포지션 기간 동안 액체 및 기화된 전구체를 저장하는 앰플의 유입구로 푸시 가스를 선택적으로 공급하는 단계; (b) 디포지션 기간 동안 앰플의 유출구에서 푸시 가스 및 기화된 전구체의 압력을 측정하는 단계; (c) 디포지션 기간 동안 최대 압력을 결정하는 단계; (d) 샘플링 인터벌에 기초하여 디포지션 기간 동안 적분된 면적 및 샘플링 인터벌 동안 최대 압력을 결정하는 단계; 및 (e) 기판의 복수의 디포지션 기간들 동안 단계 (a), 단계 (b), 단계 (c) 및 단계 (d) 를 반복하는 단계를 포함한다.

[0007] 다른 특징들에서, 방법은 (f) 증기 전달 시스템의 진단 동작 및 최대 압력들 및 적분된 면적들에 기초하여 증기 전달 시스템의 동작 파라미터를 조정하는 동작 중 적어도 하나를 포함한다. 동작 파라미터는 앰플의 온도, 푸시 가스의 플로우 레이트, 및 디포지션 기간의 지속기간 중 적어도 하나를 한다. 압력은 압력계를 사용하여 측정된다.

[0008] 다른 특징들에서, 방법은 복수의 기판들에 대해 단계 (a), 단계 (b), 단계 (c), 단계 (d) 및 단계 (e) 를 반복하는 단계를 포함한다. 방법은 (f) 증기 전달 시스템의 진단 동작 및 복수의 기판들에 대해 최대 압력들 및 적분된 면적들에 기초하여 증기 전달 시스템의 동작 파라미터를 조정하는 동작 중 적어도 하나를 포함한다.

[0009] 다른 특징들에서, 방법은 기판 프로세싱 시스템 내에서 CVD (chemical vapor deposition) 를 수행하는 단계를 포함한다. 방법은 기판 프로세싱 시스템 내에서 ALD (atomic layer deposition) 를 수행하는 단계를 포함한다.

[0010] 다른 특징들에서, 방법은 (f) 복수의 기판들 각각에 대해 복수의 디포지션 기간들 동안 최대 압력들을 평균화하는 단계; 및 (g) 증기 전달 시스템의 진단 동작 및 복수의 기판들에 대해 평균된 최대 압력들 에 기초하여 증기 전달 시스템의 동작 파라미터를 조정하는 동작 중 적어도 하나를 포함한다.

[0011] 다른 특징들에서, (f) 복수의 기판들 각각에 대해 복수의 디포지션 기간들 동안 적분된 면적들을 평균화하는 단계; 및 (g) 증기 전달 시스템의 진단 동작 및 복수의 기판들에 대해 평균된 적분된 면적들에 기초하여 증기 전달 시스템의 동작 파라미터를 조정하는 동작 중 적어도 하나를 포함한다.

[0012] 다른 특징들에서, 방법은 (f) 복수의 기판들 각각에 대해 복수의 디포지션 기간들 동안 적분된 면적들을 평균화하는 단계; (g) 복수의 기판들 각각에 대해 복수의 디포지션 기간들 동안 최대 압력들을 평균화하는 단계; 및 (h) 증기 전달 시스템의 진단 동작 및 복수의 기판들에 대해 평균된 최대 압력들 및 평균된 적분된 면적들에 기초하여 증기 전달 시스템의 동작 파라미터를 조정하는 동작 중 적어도 하나를 포함한다.

[0013] 기판 프로세싱 시스템용 증기 전달 시스템이 유입구 및 유출구를 포함하고, 액체 전구체 및 기화된 전구체를 저장하는 앰플을 포함한다. 질량 유량 제어기 (MFC) 가 푸시 가스를 선택적으로 공급한다. 복수의 밸브들이 앰플의 유입구로 푸시 가스를 선택적으로 공급한다. 압력계가 앰플의 유출구에서 압력을 측정한다. 밸브가 선택적으로 i) 기화된 전구체를 방향전환하고, 또는 (ii) 기화된 전구체를 프로세싱 챔버로 공급한다. 제어기가 MFC, 복수의 밸브들 및 압력계와 통신하고, (a) 기판의 디포지션 기간 동안 액체 및 기화된 전구체를 저장하는 앰플의 유입구로 푸시 가스를 선택적으로 공급하고; 에서 푸시 가스 및 기화된 전구체의 압력이 측정되게 하고; (c) 디포지션 기간 동안 최대 압력을 결정하고; (d) 샘플링 인터벌에 기초하여 디포지션 기간 동안 적분된 면적 및 샘플링 인터벌 동안 최대 압력을 결정하고; 그리고 (e) 기판의 복수의 디포지션 기간들 동안 (a), (b), (c) 및 (d) 를 반복하도록 구성된다.

[0014] 다른 특징들에서, 제어기는, (f) 증기 전달 시스템의 진단 동작 및 최대 압력들 및 적분된 면적들에 기초하여 증기 전달 시스템의 동작 파라미터를 조정하는 동작 중 적어도 하나를 하도록 더 구성된다. 동작 파라미터는 앰플의 온도, 푸시 가스의 플로우 레이트, 및 디포지션 기간의 지속기간 중 적어도 하나를 포함한다.

[0015] 다른 특징들에서, 압력계가 앰플의 유출구에서 압력을 측정하도록 제어기와 통신한다. 제어기는 복수의 기판들에 대해 (a), (b), (c), (d) 및 (e) 를 반복하도록 더 구성된다.

[0016] 다른 특징들에서, 제어기는, (f) 증기 전달 시스템의 진단 동작 및 복수의 기판들에 대해 최대 압력들 및 적분된 면적들에 기초하여 증기 전달 시스템의 동작 파라미터를 조정하는 동작 중 적어도 하나를 하도록 더 구성된

다.

[0017] 다른 특징들에서, 기판 프로세싱 시스템은 CVD를 수행한다. 기판 프로세싱 시스템은 ALD를 수행한다. 제어기는, (f) 복수의 기판들에 대해 복수의 디포지션 기간들 동안 최대 압력들을 평균화하고; 그리고 (g) 증기 전달 시스템의 진단 동작 및 평균된 최대 압력들에 기초하여 증기 전달 시스템의 동작 파라미터를 조정하는 동작 중 적어도 하나를 하도록 더 구성된다.

[0018] 다른 특징들에서, 제어기는, (f) 복수의 기판들에 대해 복수의 디포지션 기간들 동안 적분된 면적들을 평균화하고; 그리고 (g) 증기 전달 시스템의 진단 동작 및 평균된 적분된 면적들에 기초하여 증기 전달 시스템의 동작 파라미터를 조정하는 동작 중 적어도 하나를 하도록 더 구성된다.

[0019] 다른 특징들에서, 제어기는, (f) 복수의 기판들에 대해 복수의 디포지션 기간들 동안 적분된 면적들을 평균화하고; (g) 복수의 기판들에 대해 복수의 디포지션 기간들 동안 최대 압력들을 평균화하고; 그리고 (h) 증기 전달 시스템의 진단 동작 및 평균된 최대 압력들 및 평균된 적분된 면적들에 기초하여 증기 전달 시스템의 동작 파라미터를 조정하는 동작 중 적어도 하나를 하도록 더 구성된다.

[0020] 본 개시의 추가 적용가능 영역들은 상세한 기술, 청구항들 및 도면들로부터 명백해질 것이다. 상세한 기술 및 구체적인 예들은 단지 예시를 목적으로 의도되고, 본 개시의 범위를 제한하는 것으로 의도되지 않았다.

도면의 간단한 설명

[0021] 본 개시는 상세한 기술 및 첨부된 도면들로부터 보다 완전히 이해될 것이다.

도 1은 본 개시에 따른 증기 전달 시스템을 포함하는 기판 프로세싱 시스템의 예의 기능적 블록도이다.

도 2는 본 개시에 따른 증기 전달 시스템의 예의 기능적 블록도이다.

도 3은 증착 사이클 동안 시간의 함수로서 앰플 압력의 예를 예시하는 그래프이다.

도 4는 복수의 증착 사이클들 동안 최대 앰플 압력의 예를 예시하는 그래프이다.

도 5는 복수의 증착 사이클들 동안 적분된 면적 (앰플 압력*시간) 의 예를 예시하는 그래프이다.

도 6은 복수의 웨이퍼들에 대한 평균 최대 앰플 압력의 예를 예시하는 그래프이다.

도 7은 복수의 웨이퍼들에 대한 평균 적분된 면적 (앰플 압력*시간) 의 예를 예시하는 그래프이다.

도 8은 푸시 가스 플로우의 함수로서 적분된 면적 (앰플 압력*시간) 의 예를 예시하는 그래프이다.

도 9는 앰플 온도의 함수로서 적분된 면적 (앰플 압력*시간) 의 예를 예시하는 그래프이다.

도 10은 본 개시에 따른 증기 인출 시스템의 제어 및/또는 진단 동작을 예시하는 플로우차트이다.

도면들에서, 참조 번호들은 유사한 그리고/또는 동일한 엘리먼트들을 식별하도록 재사용될 수도 있다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0022] 본 개시는 상당히 보다 고가인 질량 유량 미터 대신 압력계를 사용하는 실시간 도즈 플럭스 모니터링을 위한 시스템들 및 방법들에 관한 것이다. 일부 예들에서, 시스템들 및 방법들은 앰플이 개방될 때 사이클 각각 동안 최대 압력 및 적분된 면적 (앰플 압력*시간에 대응) 을 결정하는 단계, 복수의 디포지션 사이클들에 걸쳐 기판에 대해 평균 최대 압력 및 평균 적분된 면적을 결정하는 단계, 및 복수의 기판들에 대해 계산들을 반복하는 단계를 포함한다. 계산들이 증기 전달 시스템의 진단 동작 또는 증기 전달 시스템의 하나 이상의 동작 파라미터들을 조정하도록 사용될 수 있다.

[0023] 본 명세서에 기술된 시스템들 및 방법들은 기판 상에서 수행된 복수의 디포지션 사이클들 및/또는 개별 사이클 각각에 대한 도즈 플럭스 정보를 제공한다. 기판 각각에 대응하는 데이터에 대해 또 다른 함수를 평균 또는 수행함으로써, 기판 대 기판 경향들이 결정될 수 있다. 시스템들 및 방법들은 사이클로부터 사이클로 또는 기판으로부터 기판으로 도즈 플럭스가 가변할 때 에러들을 식별하도록 사용될 수 있다.

[0024] 이제 도 1을 참조하면, 예시적인 기판 프로세싱 시스템 (20) 이 도시된다. 전술한 예가 PECVD (plasma enhanced CVD) 의 맥락에서 기술될 것이지만, 본 개시는 ALD (atomic layer deposition), PEALD, CVD, 또는 다른 프로세스와 같은 다른 기판 프로세싱 시스템들에 적용될 수도 있다. 기판 프로세싱 시스템 (20) 은 기판 프

로세싱 시스템 (20) 의 다른 컴포넌트들을 둘러싸고 (사용된다면) RF 플라즈마를 담는 프로세싱 챔버 (22) 를 포함한다. 기판 프로세싱 시스템 (20) 은 상부 전극 (24) 및 ESC (electrostatic chuck) (26) 또는 다른 기판 지지부를 포함한다. 동작 동안, 기판 (28) 이 ESC (26) 상에 배치된다.

[0025] 단지 예를 들면, 상부 전극 (24) 은 프로세스 가스들을 도입하고 분배하는 샤워헤드와 같은 가스 분배 디바이스 (29) 를 포함할 수도 있다. 가스 분배 디바이스 (29) 는 프로세싱 챔버의 상단 표면에 연결된 일 단부를 포함하는 스템 부분을 포함할 수도 있다. 베이스 부분은 일반적으로 실린더형이고, 프로세싱 챔버의 상단 표면으로부터 이격되는 위치에 스템 부분의 반대편 단부로부터 외향으로 방사상으로 연장한다. 샤워헤드의 베이스 부분의 기판-대면 표면 또는 대면 플레이트는 기화된 전구체, 프로세스 가스 또는 퍼지 가스가 흐르는 복수의 홀들을 포함한다. 대안적으로, 상부 전극 (24) 은 도전 플레이를 포함할 수도 있고, 프로세스 가스들은 또 다른 방식으로 도입될 수도 있다.

[0026] ESC (26) 는 하부 전극으로 기능하는 베이스플레이트 (30) 를 포함한다. 베이스플레이트 (30) 는 멀티-존 히팅 플레이트에 대응할 수도 있는, 히팅 플레이트 (32) 를 지지한다. 내열 층 (34) 은 히팅 플레이트 (32) 와 베이스플레이트 (30) 사이에 배치될 수도 있다. 베이스플레이트 (30) 는 베이스플레이트 (30) 를 통해 냉각제를 흘리기 위한 하나 이상의 채널들 (36) 을 포함할 수도 있다.

[0027] 플라즈마가 사용된다면, RF 생성 시스템 (40) 은 RF 전압을 생성하고 상부 전극 (24) 및 하부 전극 (예를 들어, ESC (26) 의 베이스플레이트 (30)) 중 하나로 출력한다. 상부 전극 (24) 및 베이스플레이트 (30) 중 다른 하나는 DC 접지될 수도 있거나, AC 접지될 수도 있거나 플로팅할 수도 있다. 단지 예를 들면, RF 생성 시스템 (40) 은 매칭 및 분배 네트워크 (44) 에 의해 상부 전극 (24) 또는 베이스플레이트 (30) 에 의해 피딩되는 RF 전력을 생성하는 RF 생성기 (42) 를 포함할 수도 있다. 다른 예들에서, 플라즈마는 유도성으로 또는 리모트로 생성될 수도 있다.

[0028] 가스 전달 시스템 (50) 은 하나 이상의 가스 소스들 (52-1, 52-2, …및 52-N (집합적으로 가스 소스들 (52)) 을 포함하고, N은 0보다 큰 정수이다. 가스 소스들 (52) 은 밸브들 (54-1, 54-2, …및 54-N (집합적으로 밸브들 (54)) 및 질량 유량 제어기들 (mass flow controllers) (56-1, 56-2, …및 56-N (집합적으로 질량 유량 제어기들 (56)) 에 의해 매니폴드 (60) 에 연결된다. 증기 전달 시스템 (61) 은 매니폴드 (60) 또는 프로세싱 챔버에 연결되는 또 다른 매니폴드 (미도시) 로 기화된 전구체를 공급한다. 매니폴드 (60) 의 출력은 프로세싱 챔버 (22) 로 피드된다.

[0029] 온도 제어기 (63) 는 히팅 플레이트 (32) 에 배치된 복수의 TCE들 (thermal control elements) (64) 에 연결될 수도 있다. 온도 제어기 (63) 는 ESC (26) 및 기판 (28) 의 온도를 제어하기 위해 복수의 TCE들 (64) 을 제어하도록 사용될 수도 있다. 온도 제어기 (63) 는 채널들 (36) 을 통한 냉각제 플로우를 제어하도록 냉각제 어셈블리 (66) 와 연통할 수도 있다. 예를 들어, 냉각제 어셈블리 (66) 는 냉각제 펌프, 저장부 및/또는 하나 이상의 온도 센서들을 포함할 수도 있다. 온도 제어기 (63) 는 ESC (26) 를 냉각하기 위해 채널들 (36) 을 통해 냉각제를 선택적으로 흘리도록 냉각제 어셈블리 (66) 를 동작시킨다.

[0030] 밸브 (70) 및 펌프 (72) 는 프로세싱 챔버 (22) 로부터 반응물질들을 배기하도록 사용될 수도 있다. 시스템 제어기 (80) 는 기판 프로세싱 시스템 (20) 의 컴포넌트들을 제어하도록 사용될 수도 있다.

[0031] 이제 도 2를 참조하면, 증기 전달 시스템 (61) 은 푸시 가스 소스 (120) 로부터의 가스를 수용한다. 푸시 가스 소스 (120) 에 의해 출력된 푸시 가스의 플로우 레이트는 질량 유량 제어기 (MFC) (126) 또는 다른 플로우 제어 디바이스에 의해 조절된다. 밸브 (124) 는 푸시 가스 소스 (120) 와 MFC (126) 사이에 배치될 수도 있다. MFC (126) 의 출력부는 밸브들 (132 및 134) 의 유입구에 연결된다. 밸브 (134) 의 유출구는 액체 전구체 (112) 및 기화된 전구체 (114) 를 담는 앰플 (110) 에 연결된다. 밸브 (132) 의 유출구는 밸브 (136) 의 유입구 및 밸브 (140) 의 유입구에 연결된다. 밸브 (136) 의 유출구는 앰플 (110) 의 유출구에 연결된다. 밸브 (140) 의 유출구들은 매니폴드 (60) 및 배기 시스템 (141) 에 연결된다.

[0032] 사용 중이 아닐 때, 밸브들 (132, 134 및 136) 이 폐쇄된 상태일 수도 있다. 증착 직전 기간 동안, 밸브 (140) 는 기화된 전구체의 플로우로 하여금 안정 상태에 도달하게 하도록 배기 시스템 (141) 으로의 방향 전환 위치에 배치될 수도 있다. 이 기간 동안 밸브들 (134 및 136) 은 개방되고 밸브 (132) 는 폐쇄된다. 푸시 가스 소스 (120) 로부터의 푸시 가스는 밸브 (134), 앰플 (110), 밸브 (136) 및 밸브 (140) 를 통해 배기 시스템 (141) 내로 지향된다.

[0033] 증착 동안, 밸브 (140) 는 기화된 전구체의 플로우로 하여금 배기 시스템 (141) 대신 매니폴드 (60) 로 흐르게

하도록 비-방향전환 위치에 배치된다. 증착 동안, 밸브들 (134 및 136) 은 개방되고 밸브 (132) 는 폐쇄된다. 푸시 가스 소스 (120) 로부터의 푸시 가스는 밸브 (134), 앰플 (110), 밸브 (136) 및 밸브 (140) 및 밸브 (140) 를 통해 매니폴드 (60) 내로 지향된다.

[0034] 이제 도 3을 참조하면, 앰플 압력은 디포지션에 선행하는 시간 및 디포지션 동안 시간의 함수로서 가변한다. 밸브들 (134 및 136) 이 개방되고 밸브 (132) 이 폐쇄될 때, 밸브 (140) 는 방향전환 또는 "폐쇄된" 위치로 이동되고, 앰플 압력이 감소되고 이어서 안정-상태 값을 향해 상승한다. 밸브 (140) 가 비-방향전환 또는 "개방된" 위치로 이동할 때, 앰플 압력은 일반적으로 일부 압력 변동을 갖는 안정한 값을 갖는다. 일부 예들에서, 방향전환 또는 "폐쇄된" 위치의 기간은 0.1 초 내지 2 초의 범위이다. 일부 예들에서, 비-방향전환 또는 "개방된" 위치의 기간은 0.1 초 내지 2 초의 범위이다. 일부 예들에서, 복수의 디포지션 사이클들이 기판 상에서 수행된다.

[0035] 이제 도 4 및 도 5를 참조하면, 도 4에 도시된 바와 같이, 디포지션 사이클 각각 동안, 최대 앰플 압력이 결정되고 비-방향전환 또는 "개방된" 위치 동안 저장된다. 이에 더하여, 도 5에 도시된 바와 같이, 디포지션 사이클 각각에 동안, 적분된 면적 (앰플 압력*시간) 이 결정되고 비-방향전환 또는 "개방된" 위치 동안 저장된다. 일부 예들에서, 시간은 앰플 압력의 샘플 레이트에 대응한다. 복수의 사이클들 동안 최대 앰플 압력이 기판에 대해 평균되고 저장된다. 유사하게, 복수의 사이클들 동안 적분된 면적이 평균되고 저장된다.

[0036] 이제 도 6 및 도 7을 참조하면, 도 4 및 도 5에 예시된 단계들이 부가적인 기판들에 대해 반복된다. 도 6에서, 디포지션 동안 평균 최대 앰플 압력이 복수의 기판들에 대해 결정된다. 도 7에서, 디포지션 동안 평균 적분된 면적 (앰플 압력*시간) 이 복수의 기판들에 대해 결정된다.

[0037] 이제 도 8 및 도 9를 참조하면, 전술한 계산들에 기초하여, 증기 전달 시스템의 진단 및/또는 제어가 수행될 수 있다. 예를 들어, 전술한 측정들 및 계산들을 수행하는 한편 푸시 가스 플로우를 가변하는 것은 적분된 면적 (앰플 압력*시간) 으로 하여금 푸시 가스 플로우의 함수로서 특징화되게 한다. 즉, 도 8에서 알 수 있는 바와 같이, 푸시 가스 플로우는 기화된 전구체 도즈 플럭스를 조정하도록 가변될 수 있다.

[0038] 예를 들어, 전술한 측정들 및 계산들을 수행하는 한편 앰플 온도를 가변하는 것은 적분된 면적 (앰플 압력*시간) 으로 하여금 앰플 온도의 함수로서 특징화되게 한다. 즉, 도 9에서 알 수 있는 바와 같이, 앰플 온도는 기화된 전구체 도즈 플럭스를 조정하도록 가변될 수 있다.

[0039] 이제 도 10을 참조하면, 본 개시에 따른 증기 인출 시스템의 제어 및/또는 진단 동작을 위한 방법 (200) 이 도시된다. 210에서, 기판이 프로세싱 챔버 내로 로딩된다. 214에서, 방법은 디포지션 사이클이 개시되었는지 여부를 결정한다. 일부 예들에서, 디포지션 사이클은 밸브 (140) 의 비-방향전환 또는 개방에 대응한다.

[0040] 214가 참이면, 방법은 218에서 밸브 (140) 가 개방 (예를 들어, 기화된 전구체가 매니폴드 (60) 로 전달) 될 때 앰플 압력*시간을 승산함으로써 적분된 면적을 생성하고 적분된 면적을 저장한다. 222에서, 디포지션 사이클 동안 최대 앰플 압력이 결정된다. 226에서, 디포지션 사이클 동안 최대 앰플 압력이 결정된다. 226이 참이면, 방법은 218로 돌아간다. 그렇지 않으면, 방법은 230으로 계속되고, 기판이 프로세싱 챔버로부터 제거된다.

[0041] 234에서, 방법은 기판에 대해 평균 최대 앰플 압력 및 적분된 면적 (앰플 압력*시간에 대응) 을 계산하고 값들을 저장한다. 238에서, 방법은 또 다른 기판에 대해 디포지션이 수행되는지 여부를 결정한다. 238이 참이면, 방법은 210으로 돌아간다. 238이 거짓이면, 방법은 242에서 계속되고 복수의 기판들에 대해 앰플 압력*시간에 대응하는 평균 최대 압력 및 적분된 면적을 비교한다.

[0042] 246에서, 증기 전달 시스템의 동작이 하나의 기판 또는 복수의 기판들에 대한 최대 압력 및 적분된 압력*시간에 기초하여 조정되거나 진단된다. 대안적으로, 증기 전달 시스템의 동작이 복수의 기판들에 대한 평균 최대 압력 및 적분된 압력*시간에 기초하여 조정되거나 진단된다. 예를 들어, 증기 전달 시스템의 동작은 푸시 가스 플로우 레이트들, 밸브들 (134, 136) 의 개방 기간 및/또는 앰플 온도 또는 다른 동작 파라미터들을 조정함으로써 조정될 수 있다. 대안적으로, 이들 값들은 진단 프로세스 드리프팅 또는 다른 에러 조건들에 사용될 수 있다.

[0043] 전술한 기술은 본질적으로 단순히 예시적이고 어떠한 방법으로도 개시, 이들의 애플리케이션 또는 용도들을 제한하도록 의도되지 않는다. 개시의 광범위한 교시가 다양한 형태들로 구현될 수 있다. 따라서, 본 개시는 특정한 예들을 포함하지만, 다른 수정 사항들이 도면들, 명세서, 및 이하의 청구항들을 연구함으로써 명백해질 것이기 때문에, 본 개시의 진정한 범위는 이렇게 제한되지 않아야 한다. 방법 내의 하나 이상의 단계들이 본 개시의 원리들을 변경하지 않고 상이한 순서로 (또는 동시에) 실행될 수도 있다는 것이 이해되어야 한다. 또한, 실시예들 각각이 특정한 피처들을 갖는 것으로 상기에 기술되었지만, 본 개시의 임의의 실시예에 대하여 기술된

임의의 하나 이상의 이들 피처들은, 조합이 명시적으로 기술되지 않아도, 임의의 다른 실시예들의 피처들로 및/또는 임의의 다른 실시예들의 피처들과 조합하여 구현될 수 있다. 즉, 기술된 실시예들은 상호 배타적이지 않고, 하나 이상의 실시예들의 또 다른 실시예들과의 치환들이 본 개시의 범위 내에 남는다.

[0044] 엘리먼트들 간 (예를 들어, 모듈들, 회로 엘리먼트들, 반도체 층들, 등 간) 의 공간적 및 기능적 관계들은, "연결된 (connected)", "인게이지된 (engaged)", "커플링된 (coupled)", "인접한 (adjacent)", "옆에 (next to)", "~의 상단에 (on top of)", "위에 (above)", "아래에 (below)", 및 "배치된 (disposed)"을 포함하는, 다양한 용어들을 사용하여 기술된다. "직접적 (direct)"인 것으로 명시적으로 기술되지 않는 한, 제 1 엘리먼트와 제 2 엘리먼트 간의 관계가 상기 개시에서 기술될 때, 이 관계는 제 1 엘리먼트와 제 2 엘리먼트 사이에 다른 중개하는 엘리먼트가 존재하지 않는 직접적인 관계일 수 있지만, 또한 제 1 엘리먼트와 제 2 엘리먼트 사이에 (공간적으로 또는 기능적으로) 하나 이상의 중개하는 엘리먼트들이 존재하는 간접적인 관계일 수 있다. 본 명세서에서 논의된 바와 같이, 구 A, B, 및 C 중 적어도 하나는 비배타적인 논리 OR를 사용하여, 논리적으로 (A 또는 B 또는 C) 를 의미하는 것으로 해석되어야 하고, "적어도 하나의 A, 적어도 하나의 B, 및 적어도 하나의 C"를 의미하도록 해석되지 않아야 한다.

[0045] 일부 구현예들에서, 제어기는 상술한 예들의 일부일 수도 있는 시스템의 일부일 수 있다. 이러한 시스템들은, 프로세싱 툴 또는 툴들, 챔버 또는 챔버들, 프로세싱용 플랫폼 또는 플랫폼들, 및/또는 특정 프로세싱 컴포넌트들 (웨이퍼 페데스탈, 가스 플로우 시스템, 등) 을 포함하는, 반도체 프로세싱 장비를 포함할 수 있다. 이들 시스템들은 반도체 웨이퍼 또는 기판의 프로세싱 이전에, 프로세싱 동안에 그리고 프로세싱 이후에 그들의 동작을 제어하기 위한 전자장치에 통합될 수도 있다. 전자장치들은 시스템 또는 시스템들의 다양한 컴포넌트들 또는 하위부품들을 제어할 수도 있는 "제어기"로서 지칭될 수도 있다. 제어기는, 시스템의 프로세싱 요건들 및/또는 타입에 따라서, 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, 툴들 및 다른 이송 툴들 및/또는 특정 시스템과 연결되거나 인터페이싱된 로드록들 내외로의 웨이퍼 이송들을 포함하는, 본 명세서에 개시된 프로세스들 중 임의의 프로세스들을 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 될 수 있는 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 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 인에이블하는 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 수도 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

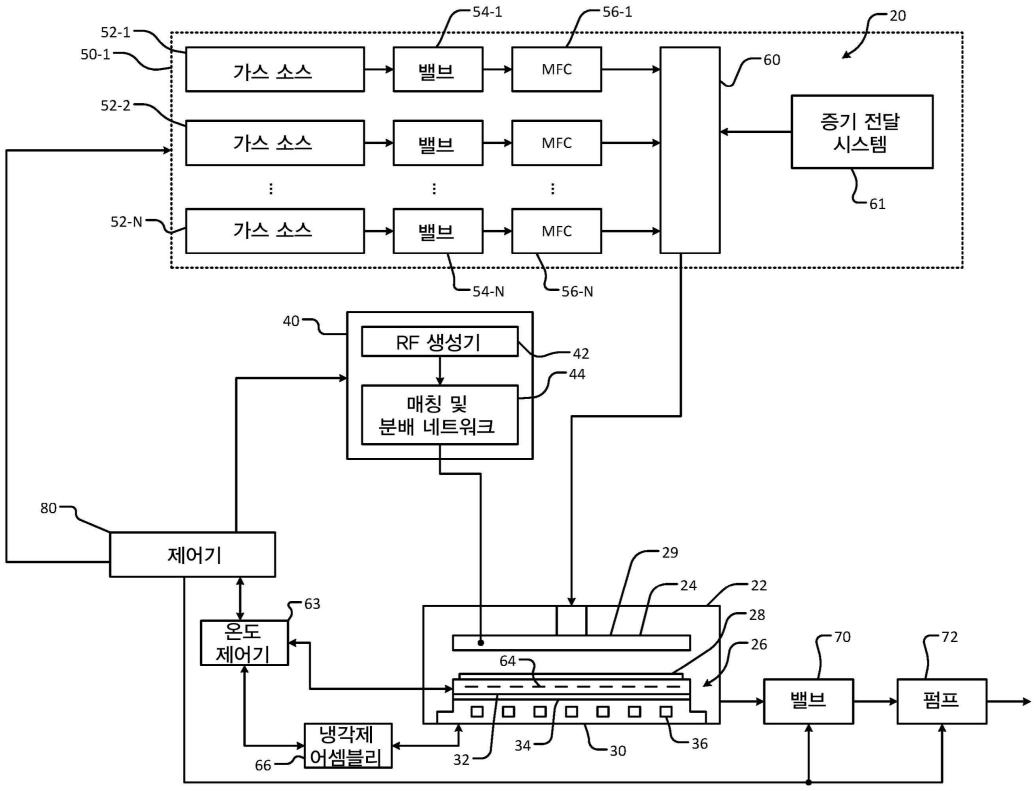
제어기들을 포함함으로써 분산될 수도 있다. 이러한 목적을 위한 분산형 제어기의 예는 챔버 상의 프로세스를 제어하도록 조합되는, (예를 들어, 플랫폼 레벨에서 또는 원격 컴퓨터의 일부로서) 원격으로 위치한 하나 이상의 집적 회로들과 통신하는 챔버 상의 하나 이상의 집적 회로들일 수 있다.

[0048] 비한정적으로, 예시적인 시스템들은 플라즈마 에칭 챔버 또는 모듈, 증착 챔버 또는 모듈, 스핀-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.

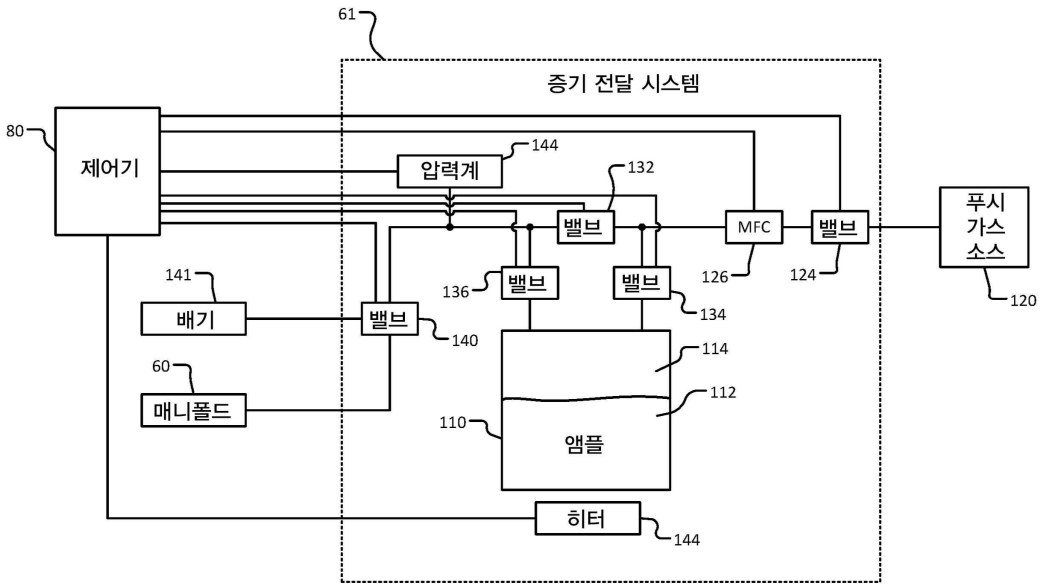
[0049] 상술한 바와 같이, 툴에 의해서 수행될 프로세스 단계 또는 단계들에 따라서, 제어기는, 반도체 제작 공장 내의 툴 위치들 및/또는 로드 포트들로부터/로 웨이퍼들의 컨테이너들을 이동시키는 재료 이송 시에 사용되는, 다른 툴 회로들 또는 모듈들, 다른 툴 컴포넌트들, 클러스터 툴들, 다른 툴 인터페이스들, 인접 툴들, 이웃하는 툴들, 공장 도처에 위치한 툴들, 메인 컴퓨터, 또 다른 제어기 또는 툴들 중 하나 이상과 통신할 수도 있다.

도면

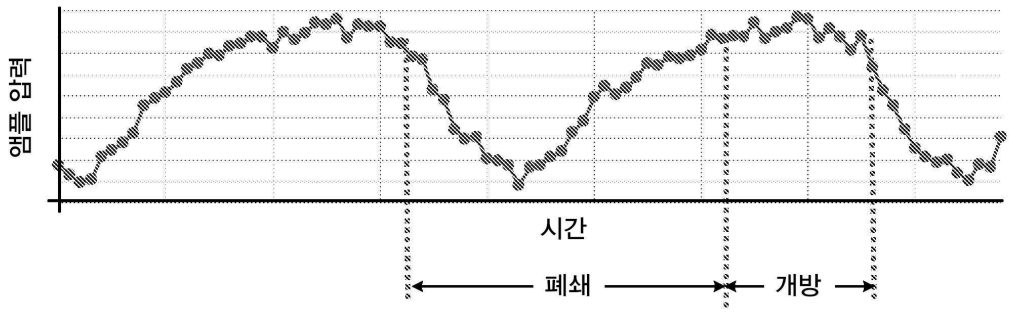
도면1



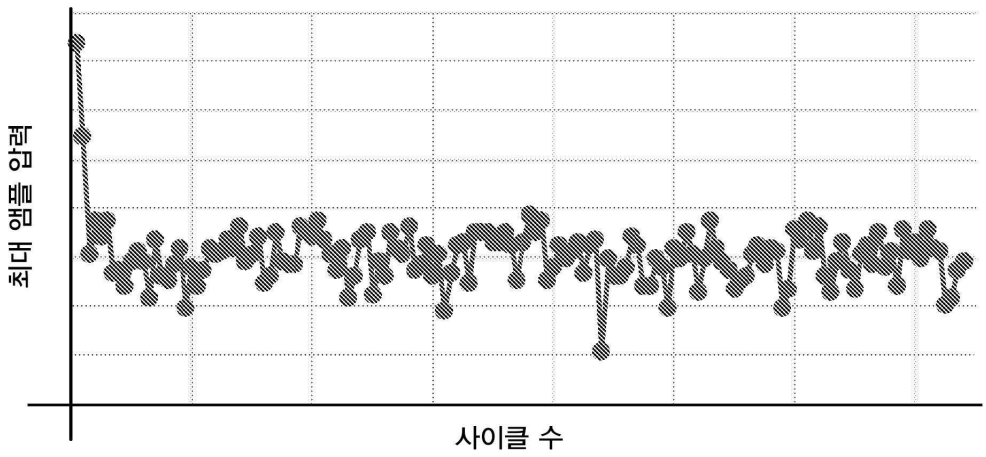
도면2


61
증기 전달 시스템
80
제어기
144
압력계
132
밸브
MFC
밸브
푸시
가스
소스
120
126
124
141
배기
136
밸브
밸브
134
밸브
140
114
60
매니폴드
112
110
앰플
히터
144

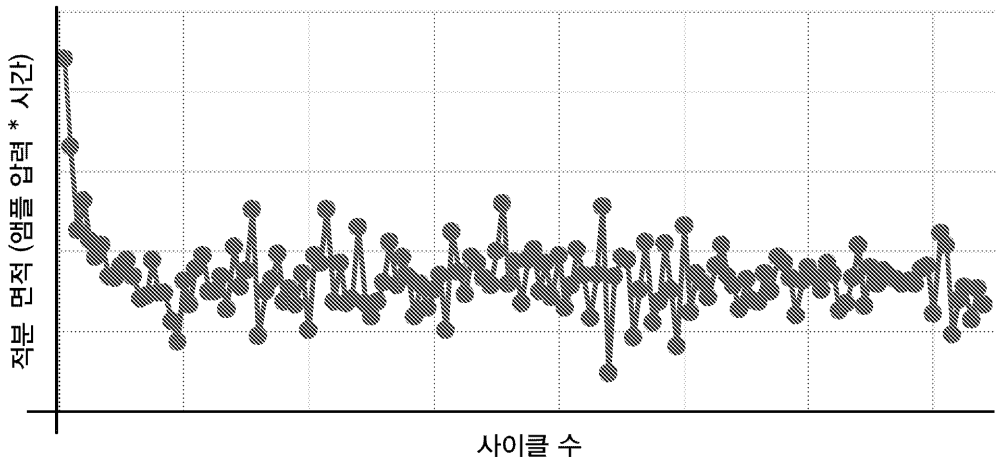
도면3


앰플 압력
시간
폐쇄
개방

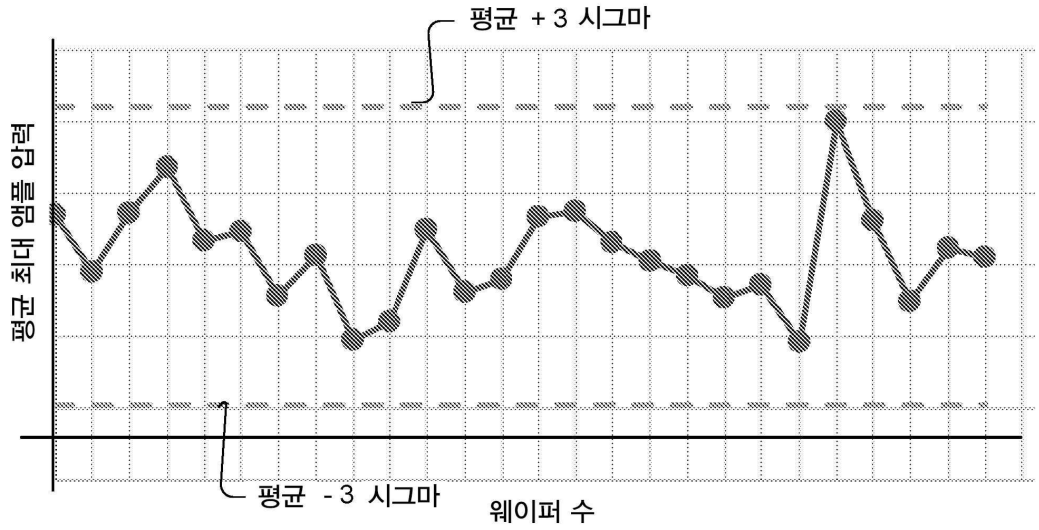
도면4


최대 앰플 압력
사이클 수

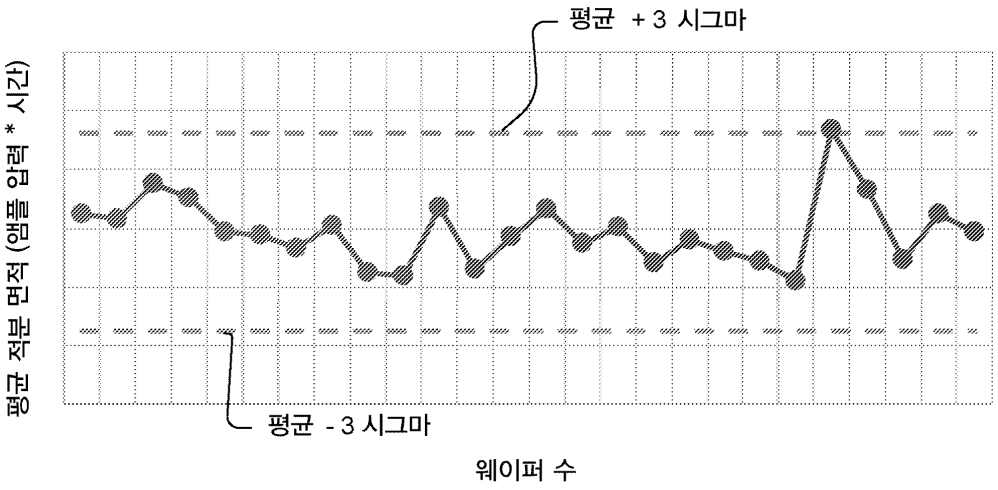
도면5



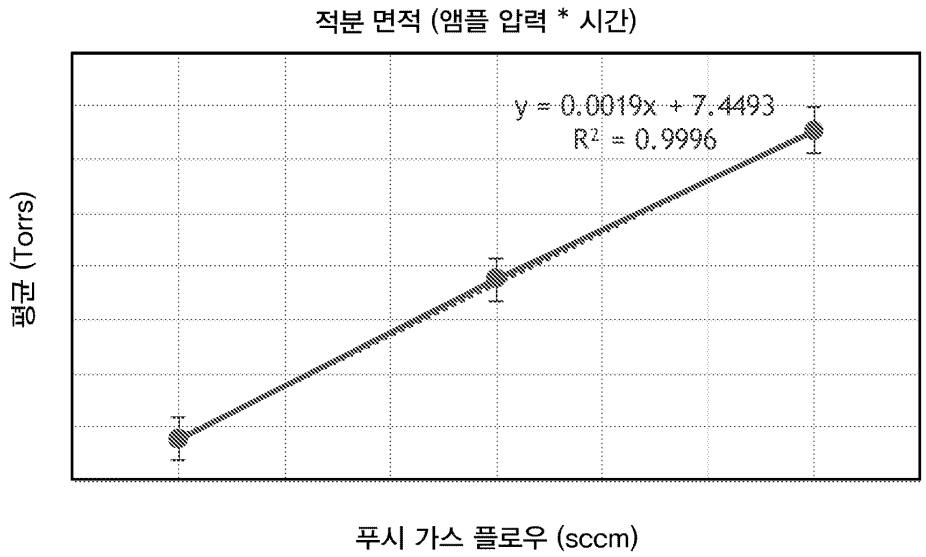
도면6



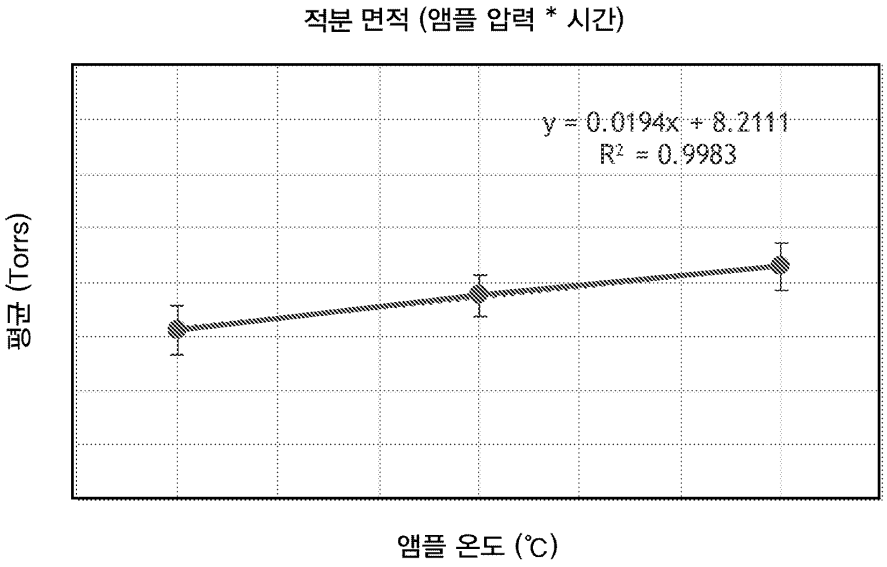
도면7


평균 + 3 시그마
평균 적분 면적 (앰플 압력 * 시간)
평균 - 3 시그마
웨이퍼 수

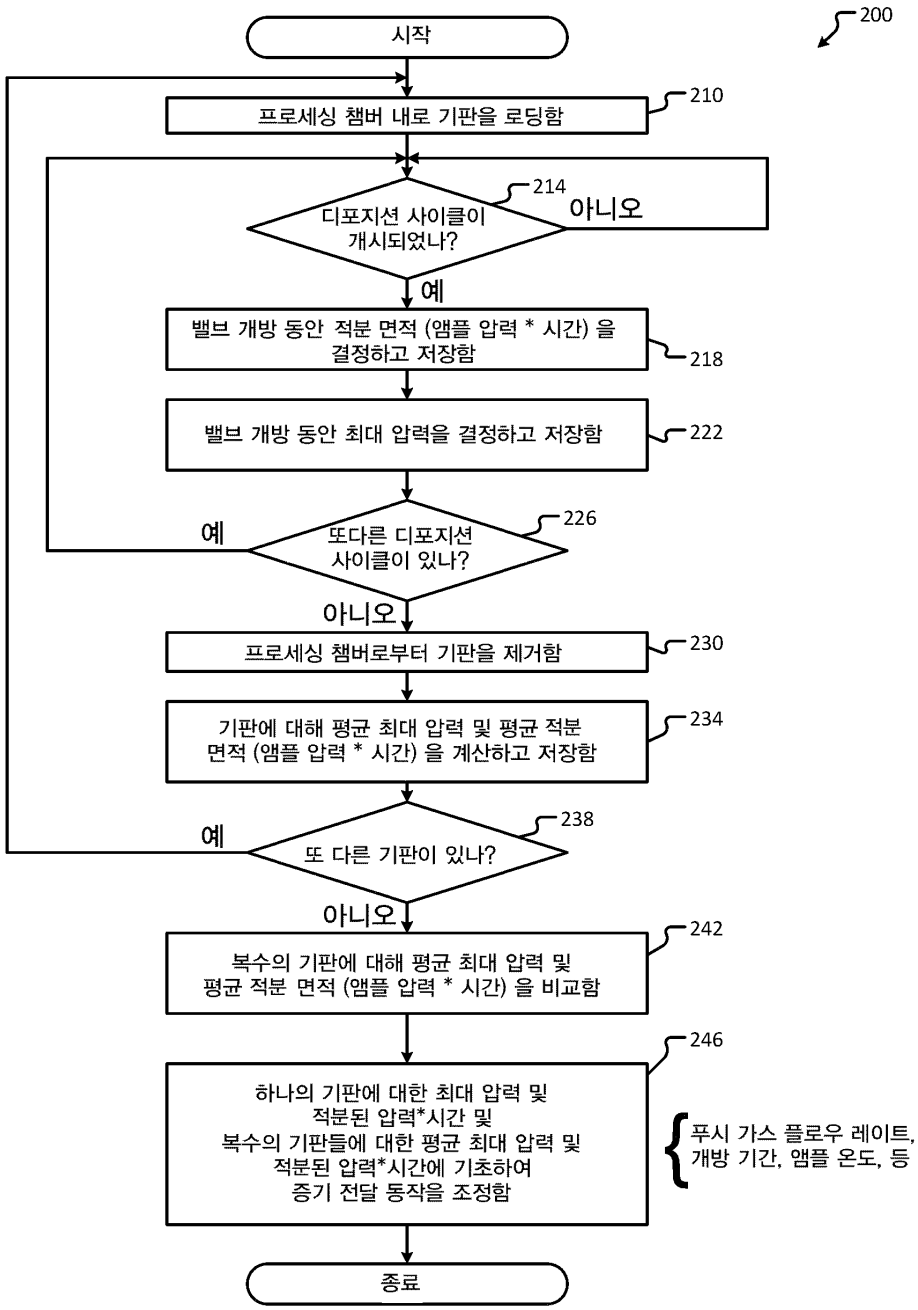
도면8


적분 면적 (앰플 압력 * 시간)
y = 0.0019x + 7.4493
R² = 0.9996
평균 (Torrs)
푸시 가스 플로우 (sccm)

도면9



도면10


200
시작
210
프로세싱 챔버 내로 기판을 로딩함
214
디포지션 사이클이 개시되었나?
아니오
예
218
밸브 개방 동안 적분 면적 (앰플 압력 * 시간) 을 결정하고 저장함
222
밸브 개방 동안 최대 압력을 결정하고 저장함
226
또다른 디포지션 사이클이 있나?
예
아니오
230
프로세싱 챔버로부터 기판을 제거함
234
기판에 대해 평균 최대 압력 및 평균 적분 면적 (앰플 압력 * 시간) 을 계산하고 저장함
238
또 다른 기판이 있나?
예
아니오
242
복수의 기판에 대해 평균 최대 압력 및 평균 적분 면적 (앰플 압력 * 시간) 을 비교함
246
하나의 기판에 대한 최대 압력 및 적분된 압력*시간 및 복수의 기판들에 대한 평균 최대 압력 및 적분된 압력*시간에 기초하여 증기 전달 동작을 조정함
푸시 가스 플로우 레이트, 개방 기간, 앰플 온도, 등
종료