(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2024년04월03일
(11) 등록번호 10-2654894
(24) 등록일자 2024년04월01일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 21/67 (2006.01)
(52) CPC특허분류
H01L 21/67276 (2013.01)
H01L 21/67017 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2020-7012048
(22) 출원일자(국제) 2018년09월21일
심사청구일자 2021년09월16일
(85) 번역문제출일자 2020년04월24일
(65) 공개번호 10-2020-0049877
(43) 공개일자 2020년05월08일
(86) 국제출원번호 PCT/US2018/052246
(87) 국제공개번호 WO 2019/067323
국제공개일자 2019년04월04일
(30) 우선권주장
62/563,129 2017년09월26일 미국(US)
62/590,815 2017년11월27일 미국(US)
(56) 선행기술조사문헌
WO2017160614 A1
US20120156363 A1
KR1020010101946 A
KR1020010101571 A

(73) 특허권자
램 리써치 코포레이션
미국 94538 캘리포니아주 프레몬트 쿠싱 파크웨이 4650
(72) 발명자
그레고르, 마리우츠
미국, 95020 캘리포니아, 길로이, 밀러 애비뉴 7280
(74) 대리인
특허법인인벤싱크

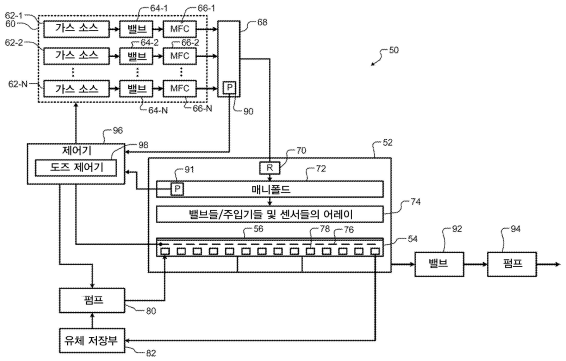
전체 청구항 수 : 총 16 항 심사관 : 송윤선

(54) 발명의 명칭 **펄스 폭 조정된 도즈 제어를 위한 시스템들 및 방법들**

(57) 요 약

기판을 처리하기 위한 기판 프로세싱 시스템은 매니폴드 및 프로세싱 챔버 내에 위치된 복수의 주입기 어셈블리들을 포함한다. 복수의 주입기 어셈블리들 각각은 매니폴드와 유체로 연통하고 그리고 유입구 및 유출구를 포함하는 밸브를 포함한다. 도즈 제어기가 복수의 주입기 어셈블리들 각각의 밸브와 통신하고; 그리고 목표된 도즈로 하여금 복수의 주입기 어셈블리들 각각의 밸브로부터 공급되게 하도록, 복수의 주입기 어셈블리들 각각의 밸브들 사이의 제작상 차이들 및 복수의 주입기 어셈블리들 각각의 밸브들의 불균일성들 중 적어도 하나에 기초하여 복수의 주입기 어셈블리들 각각의 밸브로 공급된 펄스 폭을 조정하도록 구성된다.

대 표 도



(52) CPC특허분류
H01L 21/67248 (2013.01)
H01L 21/67253 (2013.01)

명 세 서

청구범위

청구항 1

기판을 처리하기 위한 기판 프로세싱 시스템에 있어서,

매니폴드;

프로세싱 챔버 내에 위치된 복수의 주입기 어셈블리들로서,

상기 복수의 주입기 어셈블리들 각각은 상기 매니폴드와 유체로 연통하고 그리고 유입구 및 유출구를 포함하는 밸브를 포함하는, 상기 복수의 주입기 어셈블리들; 및

도즈 제어기를 포함하고,

상기 도즈 제어기는,

상기 복수의 주입기 어셈블리들 각각의 상기 밸브와 통신하고; 그리고

상기 복수의 주입기 어셈블리들 각각의 상기 밸브로부터 목표된 도즈가 공급되게 하도록, 상기 복수의 주입기 어셈블리들 각각의 상기 밸브들 사이의 제작상 차이들 및 상기 복수의 주입기 어셈블리들 각각의 상기 밸브들의 불균일성들 중 적어도 하나에 기초하여 상기 복수의 주입기 어셈블리들 각각의 상기 밸브로 공급된 펄스 폭을 조정하도록 구성되는, 기판 프로세싱 시스템.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 복수의 주입기 어셈블리들 각각은 상기 복수의 주입기 어셈블리들 각각의 상기 밸브에서 압력을 센싱하는 압력 센서를 더 포함하는, 기판 프로세싱 시스템.

청구항 3

제 2 항에 있어서,

상기 도즈 제어기는 상기 대응하는 센싱된 압력에 기초하여 밸브 각각에 대한 상기 각각의 펄스 폭을 조정하도록 구성되는, 기판 프로세싱 시스템.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 복수의 주입기 어셈블리들 각각은 상기 복수의 주입기 어셈블리들 각각의 상기 밸브에서 가스 온도를 센싱하는 온도 센서를 더 포함하는, 기판 프로세싱 시스템.

청구항 5

제 4 항에 있어서,

상기 도즈 제어기는 상기 대응하는 센싱된 가스 온도에 기초하여 밸브 각각에 대한 상기 각각의 펄스 폭을 조정하도록 구성되는, 기판 프로세싱 시스템.

청구항 6

제 1 항에 있어서,

상기 도즈 제어기는 상기 기판에 대한 상기 복수의 주입기 어셈블리들의 대응하는 위치들에 기초하여 상기 펄스 폭들을 가변시키도록 구성되는, 기판 프로세싱 시스템.

청구항 7

제 1 항에 있어서,

상기 도즈 제어기는 상기 복수의 주입기 어셈블리들에 대한 대응하는 실험 데이터에 기초하여 상기 펄스 폭들을 가변시키도록 구성되는, 기판 프로세싱 시스템.

청구항 8

제 1 항에 있어서,

상기 매니폴드 내부 압력을 조절하기 위한 압력 조절기를 더 포함하는, 기판 프로세싱 시스템.

청구항 9

제 1 항에 있어서,

상기 도즈 제어기는 상기 밸브들로 하여금 동일한 도즈를 제공하게 상기 펄스 폭들을 조정하도록 구성되는, 기판 프로세싱 시스템.

청구항 10

제 1 항에 있어서,

상기 도즈 제어기는 상기 밸브들로 하여금 상이한 도즈들을 제공하게 상기 펄스 폭들을 조정하도록 구성되는, 기판 프로세싱 시스템.

청구항 11

제 1 항에 있어서,

상기 복수의 주입기 어셈블리들 각각은 오리피스를 더 포함하는, 기판 프로세싱 시스템.

청구항 12

제 1 항에 있어서,

상기 복수의 주입기 어셈블리들 각각은 상기 밸브의 상기 유입구에 연결된 유입구를 갖는 바이패스 밸브를 더 포함하는, 기판 프로세싱 시스템.

청구항 13

제 12 항에 있어서,

상기 복수의 주입기 어셈블리들 각각은 상기 복수의 주입기 어셈블리들 각각의 상기 대응하는 밸브에서 압력을 센싱하는 압력 센서를 더 포함하고, 그리고 상기 도즈 제어기는 상기 대응하는 센싱된 압력들에 기초하여 상기 밸브들 및 상기 바이패스 밸브들에 대한 상기 펄스 폭들을 조정하도록 구성되는, 기판 프로세싱 시스템.

청구항 14

제 12 항에 있어서,

상기 복수의 주입기 어셈블리들 각각은 상기 복수의 주입기 어셈블리들 각각의 상기 대응하는 밸브에서 가스 온도를 센싱하는 온도 센서를 더 포함하고, 그리고 상기 도즈 제어기는 상기 대응하는 센싱된 가스 온도들에 기초하여 상기 밸브들 및 상기 바이패스 밸브들에 대한 상기 펄스 폭들을 조정하도록 구성되는, 기판 프로세싱 시스템.

청구항 15

제 12 항에 있어서,

상기 도즈 제어기는 상기 복수의 주입기 어셈블리들 각각에 대한 상기 밸브 및 상기 바이패스 밸브의 목표된 오버랩에 기초하여 상기 각각의 펄스 폭을 가변시키도록 구성되는, 기판 프로세싱 시스템.

청구항 16

제 1 항에 있어서,

상기 도즈 제어기는 공간적 스큐 (spatial skew) 를 제공하기 위해 상기 복수의 주입기 어셈블리들에 의해 출력된 도즈들을 가변시키도록 구성되는, 기판 프로세싱 시스템.

청구항 17

삭제

청구항 18

삭제

청구항 19

삭제

청구항 20

삭제

청구항 21

삭제

청구항 22

삭제

청구항 23

삭제

청구항 24

삭제

청구항 25

삭제

청구항 26

삭제

청구항 27

삭제

청구항 28

삭제

청구항 29

삭제

청구항 30

삭제

청구항 31

삭제

청구항 32

삭제

청구항 33

삭제

청구항 34

삭제

청구항 35

삭제

청구항 36

삭제

청구항 37

삭제

청구항 38

삭제

청구항 39

삭제

청구항 40

삭제

청구항 41

삭제

청구항 42

삭제

청구항 43

삭제

청구항 44

삭제

청구항 45

삭제

청구항 46

삭제

청구항 47

삭제

청구항 48

삭제

청구항 49

삭제

청구항 50

삭제

청구항 51

삭제

청구항 52

삭제

청구항 53

삭제

청구항 54

삭제

청구항 55

삭제

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 관련 출원들에 대한 교차 참조

[0002] 본 출원은 2017년 11월 27일 출원된 미국 특허 가출원 번호 제 62/590,815 호 및 2017년 9월 26일 출원된 미국 특허 가출원 번호 제 62/563,129 호의 이익을 주장한다. 참조된 출원들의 전체 개시들은 참조로서 본 명세서에 인용되었다.

[0003] 본 개시는 기판 프로세싱 시스템들, 보다 구체적으로, 펄스 폭 조정된 도즈 제어를 갖는 기판 프로세싱 시스템들에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0004] 본 명세서에 제공된 배경기술 기술 (description) 은 본 개시의 맥락을 일반적으로 제시할 목적이다. 이 배경기술 섹션에 기술된 정도의 본 명세서에 명명된 발명자들의 업적, 뿐만 아니라 출원시 종래 기술로서 달리 인증되지 않을 수도 있는 본 기술의 양태들은 본 개시에 대한 종래 기술로서 명시적으로나 암시적으로 인정되지 않는다.

[0005] 기판 프로세싱 시스템들은 반도체 웨이퍼들과 같은 기판들을 처리하도록 사용될 수도 있다. 기판 처리들의 예들은, 에칭, 증착, 포토레지스트 제거, 등을 포함한다. 프로세싱 동안, 기판은 정전 척과 같은 기판 지지부 상에 배치되고 하나 이상의 프로세스 가스들이 프로세싱 챔버 내로 도입될 수도 있다.

[0006] 하나 이상의 프로세싱 가스들은 프로세싱 챔버로 가스 전달 시스템에 의해 전달될 수도 있다. 일부 시스템들에서, 가스 전달 시스템은 프로세싱 챔버 내에 위치되는 샤워헤드에 하나 이상의 도관들에 의해 연결된 매니폴드를 포함한다. 대부분의 가스 전달 시스템들은 5 또는 10 초보다 긴 기간들 동안 가스들을 전달한다. 매니폴드에서 혼합에 의해 유발된 레이턴시, 도관들을 통한 전달, 및 샤워헤드의 플로우 저항은 가스 혼합물들을 신속하게 변화시키는 것 또는 가스 도즈들을 공간적으로 또는 시간적으로 가변시키는 것을 어렵게 한다. 게다가, 가

스 혼합물들은 가스 전달 시스템을 통한 이동 동안 반응할 수도 있다. ALE (atomic layer etching), ALD (atomic layer deposition), 등과 같은 일부 프로세스들은 통상적으로 1 초 또는 수 초 미만인 매우 짧은 인터벌들 동안 상이한 가스 혼합물들이 프로세싱 챔버로 전달될 것을 필요로 한다.

발명의 내용

[0007] 기판을 처리하기 위한 기판 프로세싱 시스템은 매니폴드 및 프로세싱 챔버 내에 위치된 복수의 주입기 어셈블리들을 포함한다. 복수의 주입기 어셈블리들 각각은 매니폴드와 유체로 연통하고 그리고 유입구 및 유출구를 포함하는 밸브를 포함한다. 도즈 제어기는, 복수의 주입기 어셈블리들 각각의 밸브와 통신하고; 그리고 목표된 도즈로 하여금 복수의 주입기 어셈블리들 각각의 밸브로부터 공급되게 하도록, 복수의 주입기 어셈블리들 각각의 밸브들 사이의 제작상 차이들 및 복수의 주입기 어셈블리들 각각의 밸브들의 불균일성들 중 적어도 하나에 기초하여 복수의 주입기 어셈블리들 각각의 밸브로 공급된 펄스 폭을 조정하도록 구성된다.

[0008] 다른 특징들에서, 복수의 주입기 어셈블리들 각각은 복수의 주입기 어셈블리들 각각의 밸브에서 압력을 센싱하는 압력 센서를 더 포함한다. 도즈 제어기는 대응하는 센싱된 압력에 기초하여 밸브 각각에 대한 각각의 펄스 폭을 조정하도록 구성된다. 복수의 주입기 어셈블리들 각각은 복수의 주입기 어셈블리들 각각의 밸브에서 가스 온도를 센싱하는 온도 센서를 더 포함한다. 도즈 제어기는 대응하는 센싱된 가스 온도에 기초하여 밸브 각각에 대한 각각의 펄스 폭을 조정하도록 구성된다.

[0009] 다른 특징들에서, 도즈 제어기는 기판에 대한 복수의 주입기 어셈블리들의 대응하는 위치들에 기초하여 펄스 폭들을 가변시키도록 구성된다. 도즈 제어기는 복수의 주입기 어셈블리들에 대한 대응하는 실험 데이터에 기초하여 펄스 폭들을 가변시키도록 구성된다. 압력 조절기가 매니폴드 내부 압력을 조절한다. 도즈 제어기는 밸브들로 하여금 대략적으로 동일한 도즈를 제공하게 펄스 폭들을 조정하도록 구성된다. 도즈 제어기는 밸브들로 하여금 대략적으로 상이한 도즈들을 제공하게 펄스 폭들을 조정하도록 구성된다. 복수의 주입기 어셈블리들 각각은 제한된 오리피스를 더 포함한다. 복수의 주입기 어셈블리들 각각은 밸브의 유입구에 연결된 유입구를 갖는 바이패스 밸브를 더 포함한다.

[0010] 다른 특징들에서, 복수의 주입기 어셈블리들 각각은 복수의 주입기 어셈블리들 각각의 대응하는 밸브에서 압력을 센싱하는 압력 센서를 더 포함한다. 도즈 제어기는 대응하는 센싱된 압력들에 기초하여 밸브들 및 바이패스 밸브들에 대한 펄스 폭들을 조정하도록 구성된다. 복수의 주입기 어셈블리들 각각은 복수의 주입기 어셈블리들 각각의 대응하는 밸브에서 가스 온도를 센싱하는 온도 센서를 더 포함한다. 도즈 제어기는 대응하는 센싱된 가스 온도들에 기초하여 밸브들 및 바이패스 밸브들에 대한 펄스 폭들을 조정하도록 구성된다.

[0011] 다른 특징들에서, 도즈 제어기는 복수의 주입기 어셈블리들 각각에 대한 밸브 및 바이패스 밸브의 목표된 오버랩에 기초하여 각각의 펄스 폭을 가변시키도록 구성된다. 도즈 제어기는 공간적 스큐 (spatial skew) 를 제공하기 위해 복수의 주입기 어셈블리들에 의해 출력된 도즈들을 가변시키도록 구성된다.

[0012] 기판을 처리하기 위한 기판 프로세싱 시스템은 매니폴드 및 프로세싱 챔버 내에 위치된 복수의 주입기 어셈블리들을 포함한다. 복수의 주입기 어셈블리들 각각은 매니폴드와 유체로 연통하고 그리고 유입구 및 유출구를 포함하는 밸브를 포함한다. 도즈 제어기는, 복수의 주입기 어셈블리들 각각의 밸브와 통신하고; 공간적 도징 (spatial dosing) 및 이전 프로세스에 의해 유발된 업스트림 스큐를 보상하는 것 그리고 후속 프로세스로부터 예상된 다운스트림 스큐를 사전 보상하는 것 중 적어도 하나를 제공하기 위해 복수의 주입기 어셈블리들 각각의 밸브로 공급된 펄스 폭을 조정하도록 구성된다.

[0013] 다른 특징들에서, 복수의 주입기 어셈블리들 각각은 복수의 주입기 어셈블리들 각각의 밸브에서 압력을 센싱하는 압력 센서를 더 포함한다. 도즈 제어기는 대응하는 압력들에 기초하여 펄스 폭들을 조정하도록 구성된다. 복수의 주입기 어셈블리들 각각은 복수의 주입기 어셈블리들 각각의 밸브에서 가스 온도를 센싱하는 온도 센서를 더 포함한다. 도즈 제어기는 대응하는 가스 온도들에 기초하여 펄스 폭들을 조정하도록 구성된다.

[0014] 다른 특징들에서, 도즈 제어기는 복수의 주입기 어셈블리들 각각의 밸브들 사이의 제작상 차이들 및 복수의 주입기 어셈블리들 각각의 밸브들의 불균일성들 중 적어도 하나에 기초하여 펄스 폭들을 가변시키도록 구성된다. 압력 조절기가 매니폴드 내부 압력을 조절한다. 복수의 주입기 어셈블리들 각각은 제한된 오리피스를 더 포함한다. 복수의 주입기 어셈블리들 각각은 밸브의 유입구에 연결된 유입구를 갖는 바이패스 밸브를 더 포함한다. 복수의 주입기 어셈블리들 각각은 복수의 주입기 어셈블리들 각각의 대응하는 밸브에서 압력을 센싱하는 압력 센서를 더 포함한다. 도즈 제어기는 대응하는 압력들에 기초하여 밸브들 및 바이패스 밸브들의 펄스 폭들을 조

정하도록 구성된다.

[0015] 다른 특징들에서, 복수의 주입기 어셈블리들 각각은 복수의 주입기 어셈블리들 각각의 대응하는 밸브에서 가스 온도를 센싱하는 온도 센서를 더 포함한다. 도즈 제어기는 대응하는 가스 온도들에 기초하여 밸브들 및 바이패스 밸브들의 펄스 폭들을 조정하도록 구성된다. 도즈 제어기는 복수의 주입기 어셈블리들 각각에 대한 밸브 및 바이패스 밸브의 목표된 오버랩에 기초하여 펄스 폭들을 가변시키도록 구성된다.

[0016] 다른 특징들에서, 도즈 제어기는 공간적 스큐를 제공하기 위해 복수의 주입기 어셈블리들에 의해 출력된 도즈들을 가변시키도록 구성된다.

[0017] 기판을 처리하기 위한 기판 프로세싱 시스템은 N 개의 매니폴드들 및 Y 개의 주입기 어셈블리들의 그룹들을 포함하고, Y 및 N은 1보다 큰 정수들이다. Y 개의 주입기 어셈블리들의 그룹들 각각은 프로세싱 챔버에 위치된 N 개의 주입기 어셈블리들을 포함한다. 주입기 어셈블리들의 그룹 각각의 N 개의 주입기 어셈블리들 각각은 N 개의 매니폴드들 중 일 매니폴드와 각각 유체로 연통하고, 그리고 유입구 및 유출구를 포함하는 밸브를 포함한다. 도즈 제어기가 기판의 시간적 도징을 제공하기 위해 Y 개의 주입기 어셈블리들의 그룹들에 출력된 펄스 폭들을 제어하도록 구성된다.

[0018] 다른 특징들에서, 시간적 도징은 Y 개의 주입기 어셈블리들의 그룹들 중 제 1 주입기 어셈블리를 사용하여 N 개의 매니폴드들 중 제 1 매니폴드로부터 제 1 가스 혼합물을 공급하면서 Y 개의 주입기 어셈블리들의 그룹들 중 제 2 주입기 어셈블리를 사용하여 N 개의 매니폴드들 중 제 2 매니폴드로부터 제 2 가스 혼합물을 동시에 공급하는 단계를 포함한다.

[0019] 다른 특징들에서, N 개의 주입기 어셈블리들 각각은 N 개의 주입기 어셈블리들 각각의 밸브에서 압력을 센싱하는 압력 센서를 더 포함한다. 도즈 제어기는 대응하는 센싱된 압력들에 기초하여 펄스 폭들을 조정하도록 구성된다. N 개의 주입기 어셈블리들 각각은 N 개의 주입기 어셈블리들 각각의 밸브에서 가스 온도를 센싱하는 온도 센서를 더 포함한다. 도즈 제어기는 대응하는 가스 온도들에 기초하여 펄스 폭들을 조정하도록 구성된다.

[0020] 다른 특징들에서, 도즈 제어기는 N 개의 주입기 어셈블리들 각각의 밸브들의 제작상 차이들 및 N 개의 주입기 어셈블리들 각각의 밸브들의 불균일성들 중 적어도 하나에 기초하여 펄스 폭들을 가변시키도록 구성된다. 압력 조절기가 매니폴드 내부의 압력을 조절한다.

[0021] 다른 특징들에서, N 개의 주입기 어셈블리들 각각은 제한된 오리피스를 더 포함한다. N 개의 주입기 어셈블리들 각각은 밸브의 유입구에 연결된 유입구를 갖는 바이패스 밸브를 더 포함한다. N 개의 주입기 어셈블리들 각각은 N 개의 주입기 어셈블리들 각각의 밸브에서 압력을 센싱하는 압력 센서를 더 포함한다. 도즈 제어기는 대응하는 압력들에 기초하여 밸브들 및 바이패스 밸브들의 펄스 폭들을 조정하도록 구성된다.

[0022] 다른 특징들에서, N 개의 주입기 어셈블리들 각각은 N 개의 주입기 어셈블리들 각각의 밸브에서 가스 온도를 센싱하는 온도 센서를 더 포함한다. 도즈 제어기는 대응하는 가스 온도들에 기초하여 밸브들 및 바이패스 밸브들의 펄스 폭들을 조정하도록 구성된다.

[0023] 다른 특징들에서, 도즈 제어기는 N 개의 주입기 어셈블리들 각각에 대해 밸브 및 바이패스 밸브의 목표된 오버랩에 기초하여 펄스 폭들을 가변시키도록 구성된다.

[0024] 기판을 처리하기 위한 기판 프로세싱 시스템은 주 가스 플로우를 공급하기 위한 매니폴드 및 프로세싱 챔버 내에 위치된 복수의 주입기 어셈블리들을 포함한다. 복수의 주입기 어셈블리들 각각은 매니폴드와 유체로 연통하고 그리고 유입구 및 유출구를 포함하는 밸브를 포함한다. 도즈 제어기는, 각각 복수의 주입기 어셈블리들 중 적어도 하나의 주입기 어셈블리를 포함하는 R 개의 그룹들을 규정하고-R은 1보다 큰 정수임-, R 개의 그룹들 각각의 밸브들와 통신하고, 그리고 R 개의 그룹들과 연관된 밸브들에 각각 출력되는 펄스 폭들을 조정함으로써 주 가스 플로우의 R 개의 미리 규정된 유량비들에 대응하는 R 개의 가스 플로우들로 주 가스 플로우를 스플릿하도록 (split) 구성된다. R 개의 미리 규정된 유량비들 중 적어도 하나의 미리 규정된 유량비는 R 개의 미리 규정된 유량비들 중 또 다른 미리 규정된 유량비와 상이하다.

[0025] 다른 특징들에서, 복수의 주입기 어셈블리들 각각은 복수의 주입기 어셈블리들 각각의 밸브에서 압력을 센싱하는 압력 센서를 더 포함한다. 도즈 제어기는 대응하는 센싱된 압력들에 기초하여 펄스 폭들을 조정하도록 구성된다. 복수의 주입기 어셈블리들 각각은 복수의 주입기 어셈블리들 각각의 밸브에서 가스 온도를 센싱하는 온도 센서를 더 포함한다. 도즈 제어기는 대응하는 가스 온도들에 기초하여 펄스 폭들을 조정하도록 구성된다.

[0026] 다른 특징들에서, 도즈 제어기는 복수의 주입기 어셈블리들 각각의 밸브들의 제작상 차이들 및 복수의 주입기 어셈블리들 각각의 밸브들의 불균일성들 중 적어도 하나에 기초하여 펄스 폭들을 가변시키도록 구성된다. 압력 조절기는 매니폴드 내부의 압력을 조절한다.

[0027] 다른 특징들에서, 복수의 주입기 어셈블리들 각각은 제한된 오리피스를 더 포함한다. 복수의 주입기 어셈블리들 각각은 밸브의 유입구에 연결된 유입구를 갖는 바이패스 밸브를 더 포함한다. 복수의 주입기 어셈블리들 각각은 복수의 주입기 어셈블리들 각각의 밸브에서 압력을 센싱하는 압력 센서를 더 포함한다. 도즈 제어기는 대응하는 압력들에 기초하여 밸브들 및 바이패스 밸브들의 펄스 폭들을 조정하도록 구성된다.

[0028] 다른 특징들에서, 복수의 주입기 어셈블리들 각각은 복수의 주입기 어셈블리들 각각의 밸브에서 가스 온도를 센싱하는 온도 센서를 더 포함한다. 도즈 제어기는 대응하는 가스 온도들에 기초하여 밸브들 및 바이패스 밸브들의 펄스 폭들을 조정하도록 구성된다.

[0029] 다른 특징들에서, 도즈 제어기는 복수의 주입기 어셈블리들 각각에 대해 밸브 및 바이패스 밸브의 목표된 오버랩에 기초하여 펄스 폭들을 가변시키도록 구성된다. 도즈 제어기는 공간적 스큐를 제공하도록 복수의 주입기 어셈블리들에 의해 출력된 도즈들을 가변시키도록 구성된다.

[0030] 기판을 처리하기 위한 기판 프로세싱 시스템으로 유체를 공급하기 위한 방법은 유입구 및 유출구를 포함하는 밸브를 각각 포함하는 복수의 주입기 어셈블리들을 프로세싱 챔버에 배치하는 단계; 복수의 주입기 어셈블리들을 매니폴드에 커플링하는 단계; 및 복수의 주입기 어셈블리들 각각의 밸브들 사이의 제작상 차이들, 및 복수의 주입기 어셈블리들 각각의 밸브로부터 목표된 도즈를 공급하기 위해 복수의 주입기 어셈블리들 각각의 밸브들의 불균일성들 중 적어도 하나에 기초하여 복수의 주입기 어셈블리들 각각의 밸브에 공급된 펄스 폭을 조정하는 단계를 포함한다.

[0031] 다른 특징들에서, 방법은 복수의 주입기 어셈블리들 각각의 밸브에서 압력을 센싱하는 단계를 포함한다. 방법은 대응하는 압력들에 또한 기초하여 펄스 폭들을 조정하는 단계를 포함한다. 방법은 복수의 주입기 어셈블리들 각각의 밸브에서 가스 온도를 센싱하는 단계를 포함한다. 방법은 대응하는 가스 온도들에 또한 기초하여 펄스 폭들을 조정하는 단계를 포함한다. 방법은 기판에 대해 복수의 주입기 어셈블리들의 대응하는 위치들에 또한 기초하여 펄스 폭들을 가변하는 단계를 포함한다.

[0032] 다른 특징들에서, 방법은 복수의 주입기 어셈블리들에 대해 대응하는 실험 데이터에 또한 기초하여 펄스 폭들을 가변하는 단계를 포함한다. 방법은 매니폴드 내부의 압력을 조절하는 단계를 포함한다. 방법은 대략적으로 동일한 도즈를 제공하기 위해 복수의 주입기 어셈블리들 각각에 대응하는 펄스 폭을 조정하는 단계를 포함한다. 방법은 상이한 도즈들을 제공하기 위해 복수의 주입기 어셈블리들 각각에 대응하는 펄스 폭을 조정하는 단계를 포함한다. 복수의 주입기 어셈블리들 각각은 제한된 오리피스를 더 포함한다. 복수의 주입기 어셈블리들 각각은 밸브의 유입구에 연결된 유입구를 갖는 바이패스 밸브를 더 포함한다.

[0033] 다른 특징들에서, 방법은 복수의 주입기 어셈블리들 각각의 밸브에서 압력을 센싱하는 단계 및 대응하는 압력들에 또한 기초하여 밸브들 및 바이패스 밸브들의 펄스 폭들을 조정하는 단계를 포함한다.

[0034] 다른 특징들에서, 방법은 복수의 주입기 어셈블리들 각각의 밸브에서 가스 온도를 센싱하는 단계 및 대응하는 가스 온도들에 또한 기초하여 밸브들 및 바이패스 밸브들의 펄스 폭들을 조정하는 단계를 포함한다.

[0035] 다른 특징들에서, 방법은 복수의 주입기 어셈블리들 각각에 대해 밸브 및 바이패스 밸브의 목표된 오버랩에 또한 기초하여 펄스 폭들을 가변시키는 단계를 포함한다. 방법은 공간적 스큐를 제공하기 위해 복수의 주입기 어셈블리들에 의해 출력된 도즈들을 가변시키는 단계를 포함한다.

[0036] 기판을 처리하기 위한 기판 프로세싱 시스템에서 유체를 공급하기 위한 방법은 유입구 및 유출구를 각각 포함하는 밸브를 포함하는 복수의 주입기 어셈블리들을 프로세싱 챔버에 배치하는 단계; 복수의 주입기 어셈블리들을 매니폴드에 커플링하는 단계; 및 공간적 도징 (spatial dosing) 및 이전 프로세스에 의해 유발된 업스트림 스큐를 보상하는 것 그리고 후속 프로세스로부터 예상된 다운스트림 스큐를 사전 보상하는 것 중 적어도 하나를 제공하기 위해 복수의 주입기 어셈블리들 각각의 밸브에 공급된 펄스 폭을 조정하는 단계를 포함한다.

[0037] 다른 특징들에서, 방법은 복수의 주입기 어셈블리들 각각의 밸브에서 압력을 센싱하는 단계를 포함한다. 방법은 대응하는 압력들에 또한 기초하여 펄스 폭들을 조정하는 단계를 포함한다. 방법은 복수의 주입기 어셈블리들 각각의 밸브에서 가스 온도를 센싱하는 단계를 포함한다. 방법은 펄스 폭들에 또한 기초하여 대응하는 가스

온도들을 조정하는 단계를 포함한다.

[0038] 다른 특징들에서, 방법은 복수의 주입기 어셈블리들 각각의 밸브들의 제작상 차이들 및 복수의 주입기 어셈블리들 각각의 밸브들의 불균일성들 중 적어도 하나에 또한 기초하여 펄스 폭들을 가변시키는 단계를 포함한다. 방법은 매니폴드 내부 압력을 조절하는 단계를 포함한다. 다른 특징들에서, 복수의 주입기 어셈블리들 각각은 제한된 오리피스를 더 포함한다. 다른 특징들에서, 복수의 주입기 어셈블리들 각각은 밸브의 유입구에 연결된 유입구를 갖는 바이패스 밸브를 더 포함한다.

[0039] 다른 특징들에서, 방법은 복수의 주입기 어셈블리들 각각의 밸브에서 압력을 센싱하는 단계 및 대응하는 압력들에 또한 기초하여 밸브들 및 바이패스 밸브들의 펄스 폭들을 조정하는 단계를 포함한다. 방법은 복수의 주입기 어셈블리들 각각의 밸브에서 가스 온도를 센싱하는 단계 및 대응하는 가스 온도들에 또한 기초하여 밸브들 및 바이패스 밸브들의 펄스 폭들을 조정하는 단계를 포함한다.

[0040] 다른 특징들에서, 방법은 복수의 주입기 어셈블리들 각각에 대해 밸브 및 바이패스 밸브의 목표된 오버랩에 또한 기초하여 펄스 폭들을 가변하는 단계를 포함한다. 방법은 공간적 스큐를 제공하기 위해 복수의 주입기 어셈블리들에 의해 출력된 도즈들을 가변시키는 단계를 포함한다.

[0041] 기판을 처리하기 위한 기판 프로세싱 시스템으로 유체를 공급하기 위한 방법은 Y 개의 주입기 어셈블리들의 그룹들을 프로세싱 챔버에 배치하는 단계를 포함한다. Y 개의 주입기 어셈블리들의 그룹들 각각은 N 개의 주입기 어셈블리들을 포함한다. 방법은 Y 개의 주입기 어셈블리들의 그룹들의 N 개의 주입기 어셈블리들 각각을 N 개의 매니폴드들 중 일 매니폴드에 각각 커플링하는 단계를 포함한다. N 개의 주입기 어셈블리들 각각은 유입구 및 유출구를 포함하는 밸브를 포함하고, Y 및 N은 1보다 큰 정수들이다. 방법은 기판의 시간적 도징을 제공하기 위해 Y 개의 주입기 어셈블리들의 그룹들에 출력된 펄스 폭들을 제어하는 단계를 포함한다.

[0042] 다른 특징들에서, 시간적 도징을 제공하는 단계는 동시에 상이한 가스 혼합물이 Y 개의 주입기 어셈블리들의 그룹들 중 또 다른 하나의 주입기 어셈블리 그룹을 사용하여 N 개의 매니폴드들 중 또 다른 매니폴드로부터 공급되는 Y 개의 주입기 어셈블리들의 그룹들 중 일 주입기 어셈블리 그룹을 사용하여 N 개의 매니폴드들 중 일 매니폴드로부터 제 1 가스 혼합물을 공급하는 단계를 포함한다. 방법은 N 개의 주입기 어셈블리들 각각의 밸브에서 압력을 센싱하는 단계를 포함한다. 방법은 대응하는 압력들에 또한 기초하여 펄스 폭들을 조정하는 단계를 포함한다. 방법은 N 개의 주입기 어셈블리들 각각의 밸브에서 가스 온도를 센싱하는 단계를 포함한다. 방법은 대응하는 가스 온도들에 또한 기초하여 펄스 폭들을 조정하는 단계를 포함한다.

[0043] 다른 특징들에서, 방법은 N 개의 주입기 어셈블리들 각각의 밸브들의 제작상 차이들 및 N 개의 주입기 어셈블리들 각각의 밸브들의 불균일성들 중 적어도 하나에 기초하여 펄스 폭들을 가변시키는 단계를 포함한다. 방법은 매니폴드 내부의 압력을 조절하는 단계를 포함한다. N 개의 주입기 어셈블리들 각각은 제한된 오리피스를 더 포함한다. N 개의 주입기 어셈블리들 각각은 밸브의 유입구에 연결된 유입구를 갖는 바이패스 밸브를 더 포함한다.

[0044] 다른 특징들에서, 방법은 N 개의 주입기 어셈블리들 각각의 밸브에서 압력을 센싱하는 단계 및 대응하는 압력들에 또한 기초하여 밸브들 및 바이패스 밸브들의 펄스 폭들을 조정하는 단계를 포함한다. 방법은 N 개의 주입기 어셈블리들 각각의 밸브에서 가스 온도를 센싱하는 단계 및 대응하는 가스 온도들에 또한 기초하여 밸브들 및 바이패스 밸브들의 펄스 폭들을 조정하는 단계를 포함한다.

[0045] 다른 특징들에서, 방법은 N 개의 주입기 어셈블리들 각각에 대해 밸브 및 바이패스 밸브의 목표된 오버랩에 또한 기초하여 펄스 폭들을 가변시키는 단계를 포함한다.

[0046] 기판을 처리하기 위한 기판 프로세싱 시스템으로 유체를 공급하기 위한 방법은 매니폴드를 사용하여 주 가스 플로우를 공급하는 단계 및 프로세싱 챔버 내에 복수의 주입기 어셈블리들을 배치하는 단계를 포함한다. 복수의 주입기 어셈블리들 각각은 매니폴드와 유체로 연통하고 그리고 유입구 및 유출구를 포함하는 밸브를 포함한다. 방법은 복수의 주입기 어셈블리들 중 적어도 하나의 주입기 어셈블리를 각각 포함하는 R 개의 그룹들을 규정하는 단계-R은 1보다 큰 정수임-; R 개의 그룹들 각각의 밸브들과 통신하는 단계; 및 R 개의 그룹들과 연관된 밸브들에 각각 출력되는 펄스 폭들을 조정함으로써 주 가스 플로우의 R 개의 미리 규정된 유량비들에 대응하는 R 개의 가스 플로우들로 주 가스 플로우를 스플릿하는 단계를 포함하고, R 개의 미리 규정된 유량비들 중 적어도 하나의 미리 규정된 유량비는 R 개의 미리 규정된 유량비들 중 또 다른 미리 규정된 유량비와 상이하다.

[0047] 다른 특징들에서, 복수의 주입기 어셈블리들 각각은 복수의 주입기 어셈블리들 각각의 밸브에서 압력을 센싱하는 압력 센서를 더 포함한다. 방법은 대응하는 압력들에 또한 기초하여 펄스 폭들을 조정하는 단계를

포함한다. 방법은 복수의 주입기 어셈블리들 각각의 밸브에서 가스 온도를 센싱하는 단계를 포함한다. 방법은 대응하는 가스 온도들에 또한 기초하여 펄스 폭들을 조정하는 단계를 포함한다.

[0048] 다른 특징들에서, 방법은 복수의 주입기 어셈블리들 각각의 밸브들의 제작상 차이들 및 복수의 주입기 어셈블리들 각각의 밸브들의 불균일성들 중 적어도 하나에 또한 기초하여 펄스 폭들을 가변시키는 단계를 포함한다. 방법은 매니폴드 내부 압력을 조절하는 단계를 포함한다. 복수의 주입기 어셈블리들 각각은 제한된 오리피스를 더 포함한다. 복수의 주입기 어셈블리들 각각은 밸브의 유입구에 연결된 유입구를 갖는 바이패스 밸브를 더 포함한다.

[0049] 다른 특징들에서, 방법은 복수의 주입기 어셈블리들 각각의 밸브에서 압력을 센싱하는 단계 및 대응하는 압력들에 또한 기초하여 밸브들 및 바이패스 밸브들의 펄스 폭들을 조정하는 단계를 포함한다. 방법은 복수의 주입기 어셈블리들 각각의 밸브에서 가스 온도를 센싱하는 단계 및 대응하는 가스 온도들에 또한 기초하여 밸브들 및 바이패스 밸브들의 펄스 폭들을 조정하는 단계를 포함한다.

[0050] 다른 특징들에서, 방법은 복수의 주입기 어셈블리들 각각에 대해 밸브 및 바이패스 밸브의 목표된 오버랩에 또한 기초하여 펄스 폭들을 가변시키는 단계를 포함한다. 방법은 공간적 스큐를 제공하도록 복수의 주입기 어셈블리들에 의해 출력된 도즈들을 가변시키는 단계를 포함한다.

[0051] 본 개시의 추가 적용가능 영역들은 상세한 기술, 청구항들 및 도면들로부터 자명해질 것이다. 상세한 기술 및 구체적인 예들은 단지 예시를 목적으로 하고 본 개시의 범위를 제한하도록 의도되지 않는다.

도면의 간단한 설명

[0052] 본 개시는 상세한 기술 및 첨부된 도면들로부터 보다 완전히 이해될 것이다.

도 1은 본 개시에 따른, 멀티-주입기 샤워헤드를 포함하는 기판 프로세싱 시스템의 일 예의 기능적 블록도이다.

도 2는 본 개시에 따른, 제작상 차이들 또는 다른 불균일성들을 갖는 2 개의 주입기들을 사용하여 대략적으로 동일한 가스 도즈를 제공하기 위한 펄스 폭의 의도적인 변동의 일 예를 도시하는 그래프이다.

도 3은 복수의 존들에서 멀티-주입기 샤워헤드의 주입기들의 배치의 일 예를 예시한다.

도 4a 내지 도 4d는 존들에 배치된 개별 주입기들 또는 주입기들의 그룹들 사이의 타이밍의 변동들을 예시하는 그래프들이다.

도 5 내지 도 7은 본 개시에 따른, 멀티-주입기 샤워헤드의 예들의 기능적 블록도들이다.

도 8은 본 개시에 따른, 액티브 샤워헤드를 포함하는 기판 프로세싱 시스템의 일 예의 기능적 블록도이다.

도 9는 액티브 샤워헤드의 액티브 주입기의 일 예의 기능적 블록도이다

도 10 내지 도 13은 본 개시에 따른, 주입기들을 동작시키기 위한 방법들을 예시하는 플로우차트들이다.

도 14는 본 개시에 따른, 도즈 제어기 및 업스트림 및/또는 다운스트림 스큐를 보상하는 복수의 주입기들을 포함하는 프로세싱 챔버의 일 예를 예시하는 기능적 블록도이다.

도 15는 본 개시에 따른, 도즈 제어기 및 업스트림 스큐를 보상하는 복수의 주입기들을 포함하는 프로세싱 챔버의 일 예의 기능적 블록도이다.

도 16은 본 개시에 따른, 인입 (incoming) 기판의 업스트림 스큐를 보상하도록 기판을 프로세싱하기 위한 방법의 일 예를 예시하는 플로우차트이다.

도 17a 및 도 17b는 본 개시에 따른, 도즈 제어기 및 다운스트림 스큐를 보상하는 복수의 주입기들을 포함하는 프로세싱 챔버의 일 예의 기능적 블록도들이다.

도 18은 본 개시에 따른, 다운스트림 스큐를 보상하도록 기판을 프로세싱하기 위한 방법의 일 예를 예시하는 플로우차트이다.

도 19a 내지 도 19c는 본 개시에 따른, 공간적 스큐 또는 시간적 스큐 보상을 인에이블하도록 하나 이상의 그룹들로 주입기들을 파티셔닝하기 위한 방식들의 예들을 예시한다.

도 20 및 도 21은 본 개시에 따른, 공간적 스큐에 대한 주입기 타이밍의 예들을 예시하는 타이밍도들이다.

도 22는 본 개시에 따른, 시간-기반 스큐를 인에이블하도록 주입기 어셈블리들로 상이한 가스 혼합물들을 공급하기 위해 복수의 매니폴드들을 포함하는 프로세싱 챔버의 일 예의 부분적인 기능적 블록도이다.

도 23은 본 개시에 따른, 도 22의 매니폴드들의 일 예의 단면도이다.

도 24는 본 개시에 따른, 시간적 스큐의 일 예를 예시하는 타이밍도이다.

도 25는 본 개시에 따른, 도즈 제어기 및 그룹화되고 미리 규정된 비의 주 플로우 레이트를 제공하도록 제어된 복수의 주입기들을 갖는 프로세싱 챔버의 일 예의 부분적인 기능적 블록도이다.

도 26은 복수의 주입기 그룹들을 사용하여 복수의 가스 플로우들로 주 플로우 레이트를 스플릿하기 위한 방법의 일 예의 플로우차트이다.

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

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0053] 레이턴시를 감소시키기 위해, 본 개시에 따른, 가스 전달 시스템은 복수의 가스 주입기들 및 공통 가스 공급 매니폴드를 사용하여 프로세싱 챔버 내로 가스를 공급한다. 주입기들은 기판 위에 프로세싱 챔버 내부의 다양한 위치들에 배치된다. 동일한 제작사의 동일한 타입들의 가스 주입기들 사이에 제작상 차이들이 종종 있다. 주입기들의 도즈 (또는 펄스 폭) 가 상대적으로 짧을 때, 제작상 차이들은 동일한 펄스 폭이 사용되더라도 상당한 도즈 변동들 및/또는 불균일성을 유발할 수도 있다. 밸브들 간 도징 차들을 제거하기 위해 제작상 오차들을 충분히 감소시키는 것은 비용이 아주 많이 드는 것으로 증명되었다.

[0054] 펄스 당 도즈는 또한 이전 펄스 폭 및/또는 플로우 레이트에 종속된다. ALD 및 ALE를 수행하는 시스템들에서, 정밀한 도즈 제어가 요구되고 상이한 가스 혼합물들 사이에서 매우 신속한 스위칭이 수행된다. 일부 예들에서, 도즈들이 공급되고 기판이 2 초, 1 초, 0.5 초 미만 또는 훨씬 보다 짧은 지속기간들인 기간들 동안 도즈들에 노출된다. 게다가, 이전 펄스 폭들 또는 플로우로 인한 도즈 변동들은 미리 결정된 빈도의 가스 혼합물 스위칭에 용인가능하지 않다.

[0055] 본 개시에 따른 시스템들 및 방법들은 프로세싱 챔버 내부에 위치된 복수의 주입기들을 사용하여 프로세싱 챔버 내로 정밀한 가스 도즈들의 주입을 허용한다. 주입기들은 초크되거나 (choke) 초크되지 않은 플로우 조건들로 동작될 수 있다. 초크된 플로우 조건들에서 동작할 때, 주입기로부터 플로우는 다운스트림 압력에 의해 영향을 받지 않는다. 초크되지 않은 플로우 조건들에서 동작할 때, 주입기로부터의 플로우는 다운스트림 압력에 의해 영향을 받을 수도 있다.

[0056] 펄스 폭들은 주입기들 사이의 제작상 차이들 및/또는 다른 불균일성들을 보상하기 위해 도즈 제어기에 의해 가변될 수 있다. 일부 예들에서, 불균일성들은 직전 주입기 도즈들 및 플로우들, 등에 대한 종속성들로 인해 발생할 수도 있다. 도즈 제어기는 또한 시변 가스 농도들, 공간적 스큐를 갖는 가스 도즈들 및/또는 시간-기반 스큐를 갖는 가스 도즈들을 제공하도록 사용될 수 있다.

[0057] 주입기들이 초크된 플로우 조건에서 동작될 때, 플로우는 다운스트림 압력에 영향을 받지 않는다. 이 예에서, 주입기들 각각은 VFR (variable flow restrictor) 및 FFR (fixed flow restrictor) 을 포함한다. 예를 들어, 셧 오프 밸브 및 제한된 오리피스가 사용될 수 있다. 주입기들은 공통 공급 매니폴드에 의해 공급된다. 일부 예들에서, 매니폴드 압력은 주입기들의 스위칭 주파수보다 높은 샘플링 레이트를 갖는 압력 센서들을 사용하여 매니폴드에서 및/또는 주입기들에서 측정된다. 일부 예들에서, 매니폴드 압력은 주입기들의 스위칭 주파수보다 적어도 10 배 높은 샘플링 레이트를 갖는 갖는 압력 센서들을 사용하여 매니폴드에서 및/또는 주입기들에서 측정된다. 일부 예들에서, 가스 온도는 주입기들 각각에서 측정된다.

[0058] 주입기들 각각에 대한 압력들 및 온도들은 도즈 제어기로 출력된다. 도즈 제어기는 주입기 플로우에 대한 플로우 설정점 및 플로우 함수에 의해 결정될 때 정확한 질량 플로우 레이트를 제공하도록 주입기들 각각의 밸브에 대한 펄스 폭들을 계산한다. 플로우 함수는 매니폴드 압력, 주입기에서 가스 온도, 기하학적 파라미터들 및/또는 실험적 테스트 데이터에 기초한다. 일부 예들에서, 도즈에 대한 펄스 폭은 가스 상태 조건들 없이 규정되고 목표된 도즈, 및/또는 실험 데이터의 조합에 기초한다. 일부 예들에서, 매니폴드 내부 압력은 압력 조절기에 의해 능동적으로 제어된다.

[0059] 주입기들이 초크되지 않은 플로우 조건에서 동작될 때, 다운스트림 압력에 의해 영향을 받을 수도 있다. 이 예에서, 주입기들은 밸브 및 바이패스 밸브를 포함한다. 일부 예들에서, 매니폴드 또는 밸브들에서의 매니폴드 압력이 고 샘플링 레이트를 갖는 압력 센서들을 사용하여 측정된다. 일부 예들에서, 가스 온도는 주입기에서 측정된다.

[0060] 측정된 압력들 및 온도들은 도즈 제어기로 출력된다. 도즈 제어기는 주입기 플로우에 대한 플로우 설정점 및 플로우 함수에 의해 결정될 때 정확한 질량 플로우 레이트를 제공하도록 주입기 각각의 밸브들에 대한 펄스 폭들을 계산한다. 플로우 함수는 매니폴드 압력, 주입기에서 가스 온도, 밸브와 바이패스 밸브 사이에 목표된 오버랩, 기하학적 파라미터들 및/또는 실험적 테스트 데이터에 기초한다. 일부 예들에서, 도즈에 대한 펄스 폭은 가스 상태 조건들 없이 규정되고 목표된 도즈, 밸브와 바이패스 밸브 사이에 목표된 오버랩, 기하학적 파라미터들 및/또는 실험적 테스트 데이터의 조합에 기초한다. 일부 예들에서, 매니폴드 내부 압력은 압력 조절기에 의해 능동적으로 제어된다.

[0061] 이제 도 1을 참조하면, 본 개시에 따른, 기판 프로세싱 시스템 (50) 의 일 예가 도시된다. 기판 프로세싱 시스템 (50) 은 프로세싱 챔버 (52) 를 포함한다. 정전 척 (ESC) 과 같은 기판 지지부 (54) 가 프로세싱 챔버 (52) 에 배치된다. 기판 (56) 이 프로세싱 동안 기판 지지부 (54) 상에 배치된다.

[0062] 가스 전달 시스템 (60) 이 밸브들 (64-1, 64-2, …, 및 64-N (집합적으로 밸브들 (64)) 및 질량 유량 제어기들 (66-1, 66-2, …, 및 66-N (집합적으로 MFC들 (mass flow controllers) (66)) 에 연결된 가스 소스들 (62-1, 62-2, …, 및 62-N) (집합적으로 가스 소스들 (62)) 을 포함한다. MFC들 (66) 은 가스 소스들 (62) 로부터 가스들이 혼합되는 매니폴드 (68) 로 가스들의 플로우를 제어한다. 매니폴드 (68) 의 출력은 선택가능한 압력 조절기 (70) 를 통해 매니폴드 (72) 로 공급된다. 매니폴드 (72) 의 출력은 멀티-주입기 샤워헤드 (74) 에 입력된다. 매니폴드들 (68 및 72) 이 도시되지만, 단일 매니폴드가 사용될 수 있다.

[0063] 일부 예들에서, 기판 지지부 (54) 의 온도가 저항성 히터들 (76) 및/또는 냉각제 채널들 (78) 에 의해 제어될 수도 있다. 냉각제 채널들 (78) 은 유체 저장부 (82) 및 펌프 (80) 로부터 냉각 유체를 공급한다. 압력 센서들 (90, 91) 은 압력을 측정하기 위해 매니폴드 (68) 또는 매니폴드 (72) 에 각각 배치될 수도 있다. 밸브 (92) 및 펌프 (94) 는 프로세싱 챔버 (52) 로부터 반응물질들을 배기하고 그리고/또는 프로세싱 챔버 (52) 내 압력을 제어하도록 사용될 수도 있다.

[0064] 제어기 (96) 는 멀티-주입기 샤워헤드 (74) 에 의해 제공된 도징을 제어하는 도즈 제어기 (98) 를 포함한다. 제어기 (96) 는 또한 가스 전달 시스템 (60) 으로부터 가스 전달을 제어한다. 제어기 (96) 는 밸브 (92) 및 펌프 (94) 를 사용하여 프로세싱 챔버의 압력 및/또는 반응물질들의 배기를 제어한다. 제어기 (96) 는 기판 지지부의 센서들 (미도시) 및/또는 냉각제 온도를 측정하는 센서들 (미도시) 로부터 온도 피드백에 기초하여 기판 지지부 (54) 및 기판 (56) 의 온도를 제어한다.

[0065] 이제 도 2를 참조하면, 동일한 제작사로부터 동일한 타입의 주입기들 중 2 개의 주입기들은 제작상 차이들을 가질 수도 있고 동일한 펄스 폭이 사용될 때-특히 보다 짧은 펄스 폭들에 대해-동일한 도즈를 제공하지 않을 수도 있다. 2 개의 주입기들 (도 2에서 주입기 1 및 주입기 2로 식별됨) 이 동일한 펄스 폭으로 제어되면, 주입기 1은 주입기 2보다 높은 최대 레이트 (예를 들어, sccm (standard cubic centers per minute)) 로 흘리기 때문에 상이한 도즈들을 생성할 것이다. 본 개시에 따라, 동일한 도즈가 목표되면, 주입기 1 및 주입기 2를 제어할 때 상이한 펄스 폭들이 사용된다. 본 명세서에 사용될 때, 용어 동일한 도즈는 5%, 3% 또는 1% 이내의 도징을 지칭한다. 주입기 1로의 제 1 펄스 폭 출력은 동일한 도즈를 제공하기 위해 주입기 2로 제 2 펄스 폭 출력보다 짧을 수도 있다. 달리 말하면, 도즈 제어기 (98) 는 주입기들 간 제작상 차이들을 설명하기 위해 주입기들로 출력된 펄스 폭들을 보상한다. 주입기들이 상이한 도징을 제공하도록 제어될 때 유사한 보상이 이루어질 수 있다. 일부 예들에서, 주입기들은 가스 도징시 차들을 결정하도록 테스트된 벤치 (bench) 이다. 다른 예들에서, 주입기들은 개별적으로 액추에이팅되고 (actuated) 가스 도징은 프로세싱 챔버 내에서 인시츄로 평가된다.

[0066] 이제 도 3 및 도 4a 내지 도 4d를 참조하면, 주입기들은 존들 내에 배치될 수 있고 동일한 도즈, 동일한 도즈 타이밍, 상이한 도즈들 및/또는 상이한 도즈 타이밍을 제공하도록 제어될 수 있다. 예를 들어, 상이한 도즈 타이밍은 프로세싱될 기판을 가로질러 가스 파형을 생성하도록 사용될 수 있다. 달리 말하면, 가스 도즈들은 방사상 외측 방향 (또는 에지로부터 중심으로 반대되는 방향) 으로 연속적인 존들 내에 중앙으로 그리고 이어서 순차적으로 공급될 수 있다. 일부 예들에서, 개별 주입기들에 대한 상이한 도즈들은 두께 불균일성을 제거하기 위해 사용될 수 있다.

[0067] 도 3에서, 복수의 주입기들 (100) (예를 들어, 100-1, 100-2, 100-3) 이 P 개의 존들 (예를 들어, 각각 존 1, 존 2, 존 3) 에 배치되고, P는 0보다 큰 정수이다. 도 4a에서, 복수의 존들의 주입기들 (100) 은 동일한 도즈 및 동일한 도즈 타이밍을 제공한다. 도 4b에서, 복수의 존들의 주입기들 (100) 은 오프셋된 타이밍으로 동일한 도즈를 제공한다. 도 4a 및 도 4b의 주입기들 (100) 은 상기 기술된 바와 같이 동일한 도즈를 제공하도록 개별적으로 보상된다.

[0068] 도 4c에서, 복수의 존들의 주입기들 (100) 은 상이한 도즈들을 제공하고 동시에 시작된다. 도 4d에서, 복수의 존들의 주입기들 (100) 은 상이한 도즈들을 제공하고 동시에 종료된다. 도 4c 및 도 4d의 주입기들 (100) 은 상기 기술된 바와 같이 상이한 도즈들을 제공하도록 개별적으로 보상된다.

[0069] 이제 도 5 내지 도 7을 참조하면, 멀티-주입기 샤워헤드 (74) 의 다양한 배열들이 도시된다. 도 5에서, 멀티-주입기 샤워헤드 (74) 는 주입기 어셈블리들 (150-1, 150-2, …, 및 150-X) (집합적으로 주입기 어셈블리들 (150)) (여기서 X는 1보다 큰 정수이다) 을 포함하는 것으로 도시된다. 주입기 어셈블리들 (150) 은 VFR (154-1, 154-2, …, 및 154-X) (집합적으로 VFR들 (154)) 의 유입구에서 압력을 센싱하기 위해 압력 센서들 (152-1, 152-2, …, 및 152-X) (집합적으로 압력 센서들 (152)) 을 각각 포함한다. 이하에 더 기술될 바와 같이, VFR들 (154) 의 펄스 폭이 도즈 제어기 (98) 에 의해 제어된다. 주입기 어셈블리들 (150) 은 가스 온도를 센싱하는 온도 센서들 (156-1, 156-2, …, 및 156-X) (집합적으로 온도 센서들 (156)) 을 더 포함한다. 일부 예들에서, FFR들 (158-1, 158-2, …, 및 158-X) (집합적으로 FFR들 (158)) 이 VFR들 (154) 의 유출구들에 연결된다.

[0070] 도 6에서, 멀티-주입기 샤워헤드 (74) 는 밸브들 (164-1, 164-2, …, 및 164-X) (집합적으로 밸브들 (164)) 의 유입구에서 압력을 센싱하기 위해 압력 센서들 (162-1, 162-2, …, 및 162-X) (집합적으로 압력 센서들 (162)) 을 각각 포함하는, 주입기 어셈블리들 (160-1, 160-2, …, 및 160-X) (집합적으로 주입기 어셈블리들 (160)) (여기서 X는 1보다 큰 정수이다) 을 포함한다. 이하에 더 기술될 바와 같이, 밸브들 (164) 의 펄스 폭은 도즈 제어기 (98) 에 의해 제어된다. 주입기 어셈블리들 (160) 은 가스 온도를 센싱하는 온도 센서들 (166-1, 166-2, …, 및 166-X) (집합적으로 온도 센서들 (166)) 을 더 포함한다. 일부 예들에서, 고정된 오리피스들 (168-1, 168-2, …, 및 168-X) (집합적으로 고정된 오리피스들 (168)) 이 밸브들 (164) 의 유출구에 연결된다.

[0071] 도 7에서, 멀티-주입기 샤워헤드 (74) 는 압력 센서들 (172-1, 172-2, …, 및 172-X) (집합적으로 압력 센서들 (172)) 을 각각 포함하는 주입기 어셈블리들 (170-1, 170-2, …, 및 170-X) (집합적으로 주입기 어셈블리들 (170)) (여기서 X는 1보다 큰 정수이다) 을 포함하는 것으로 도시된다. 압력 센서들 (172) 은 밸브들 (174-1, 174-2, …, 및 174-X) (집합적으로 밸브들 (174)) 및 바이패스 밸브들 (175-1, 175-2, …, 및 175-X) (집합적으로 바이패스 밸브들 (175)) 의 유입구에서 압력을 센싱한다. 이하에 더 기술될 바와 같이, 밸브들 (174) 및 바이패스 밸브들 (175) 의 펄스 폭들이 도즈 제어기 (98) 에 의해 제어된다. 주입기 어셈블리들 (170) 은 가스 온도를 센싱하는 온도 센서들 (176-1, 176-2, …, 및 176-X) (집합적으로 온도 센서들 (176)) 을 더 포함한다. 일부 예들에서, 고정된 오리피스들 (178-1, 178-2, …, 및 178-X) (집합적으로 고정된 오리피스들 (178)) 이 밸브들 (174) 의 출력에 배치된다.

[0072] 이제 도 8 및 도 9를 참조하면, 도 1의 멀티-주입기 샤워헤드 (74) 를 구현하는 다른 방식들이 있다. 도 8에서, 액티브 샤워헤드 (200) 가 복수의 주입기들 (204) 을 포함한다. 액티브 샤워헤드들 (200) 의 예들은 공동으로 양도되고 XXXXXXXXX, XX, XXXX 출원된 미국 특허 출원번호 제 15/346,920 호 (Lam 관리 번호 4081-1US) 에 도시되고 더 기술되고, 전체가 참조로서 본 명세서에 인용된다. 도 9에서, 액티브 샤워헤드 (200) 의 주입기 (204) 의 일 예가 지지 층 (250), 액추에이터 층 (254), 다이어프램 층 (258), 밸브 시트 층 (262) 및 가스 분배 층 (266) 을 포함하는 것으로 도시된다. 인식될 수 있는 바와 같이, 액티브 샤워헤드 (200) 는 복수의 주입기들을 포함한다. 일부 예들에서, 액티브 샤워헤드 (200) 의 주입기들은 반도체 웨이퍼들과 같은 기판 층들에 형성된다. 기판 층들이 형성될 수 있고 이어서 주입기를 형성하기 위해 함께 본딩된다.

[0073] 액추에이터 층 (254) 은 다이어프램 (272) 을 선택적으로 이동시키는 액추에이터 (272) 를 포함한다. 일부 예들에서, 다이어프램은 선택가능한 돌출부 (273) 를 포함한다. 다이어프램 (272) 은 가스 플로우를 허용하거나 가스 플로우를 방지하기 위해 화살표들로 도시된 바와 같이 위 그리고 아래로 이동된다. 다이어프램 층 (258) 은 캐비티들 (274 및 276) 을 규정한다. 밸브 시트 층 (262) 은 캐비티들 (282 및 283) 을 규정한다. 가스 분배 층 (266) 은 개구부 (290) 및 캐비티들 (292 및 294) 을 규정한다. 일부 예들에서, 필터 (286) 가 캐비티 (294) 내에 배치된다. 매니폴드로부터 또는 다른 가스 소스로부터 가스가 개구부 (290) 로 공급된다. 다이어프램 (272) 이 도 9에 도시된 바와 같이 개방될 때, 가스는 캐비티 (292), 캐비티 (282), 캐비티 (276) 를 통해, 필터 (286) (사용된다면) 를 통해, 그리고 캐비티 (294) 를 통해 프로세싱 챔버 내로 흐른다. 액추에이

터 (272) 는 유입구 (284) 내로 다이어프램 (272) 의 하단 표면 (사용된다면 돌출부 (273)) 을 바이어싱함으로써 다이어프램 (272) 을 폐쇄된 위치로 이동시킨다. 일부 예들에서, 압력 센서 및 온도 센서 (296 및 298) 는 캐비티 (282) 의 압력 및 온도를 측정하도록 각각 사용된다.

[0074] 이제 도 10 내지 도 13을 참조하면, 주입기들을 동작시키기 위한 방법들이 도시된다. 도 10에서, 방법 (300) 은 310에서 복수의 주입기들의 주입기 각각에 대해 목표된 가스 도즈를 결정하는 단계를 포함한다. 320에서, 압력이 매니폴드에서 또는 가스 주입기에서 측정된다. 330에서, 가스 온도는 가스 주입기에서 측정된다. 340에서, 펄스 폭 또는 지속기간은 목표된 가스 도즈를 제공하기 위해 플로우 관계에 기초하여 주입기 각각에 대해 조정된다. 플로우 관계는 측정된 압력 및 온도, 바이패스 밸브와 플로우 밸브 간의 오버랩, 기하학적 파라미터들 및/또는 실험 데이터의 함수이다.

[0075] 도 11에서, 도즈 조정은 가스 상태를 숙지하지 않고 방법 (350) 에서 수행된다. 352에서, 주입기 각각에 대해 목표된 가스 도즈가 결정된다. 354에서, 펄스 폭 또는 지속기간은 목표된 가스 도즈를 제공하기 위해 플로우 관계에 기초하여 주입기 각각에 대해 조정된다. 플로우 관계는 바이패스 밸브와 플로우 밸브 간의 오버랩, 기하학적 파라미터들 및/또는 실험 데이터의 함수이다.

[0076] 도 12에서, 방법 (400) 은 410에서 복수의 주입기들의 주입기 각각에 대해 목표된 가스 도즈를 결정하는 단계를 포함한다. 420에서, 압력이 매니폴드에서 또는 가스 주입기에서 측정된다. 430에서, 가스 온도는 가스 주입기에서 측정된다. 440에서, 펄스 폭 또는 지속기간은 목표된 가스 도즈를 제공하기 위해 플로우 관계에 기초하여 주입기 각각에 대해 조정된다. 플로우 관계는 측정된 압력 및 온도, 바이패스 밸브와 플로우 밸브 간의 오버랩, 기하학적 파라미터들 및/또는 실험 데이터의 함수이다.

[0077] 도 13에서, 도즈 조정은 가스 상태를 숙지하지 않고 방법 (450) 에서 수행된다. 방법 (450) 은 460에서 복수의 주입기들의 주입기 각각에 대해 목표된 가스 도즈를 결정하는 단계를 포함한다. 470에서, 펄스 폭 또는 지속기간은 목표된 가스 도즈를 제공하기 위해 플로우 관계에 기초하여 주입기 각각에 대해 조정된다. 플로우 관계는 바이패스 밸브와 플로우 밸브 간의 오버랩, 기하학적 파라미터들 및/또는 실험 데이터의 함수이다.

[0078] 이제 도 14를 참조하면, 기판 프로세싱 시스템 (480) 은 업스트림 및/또는 다운스트림 기판 불균일성 또는 스큐 (본 명세서에서 집합적으로 스큐로 참조됨) 에 대한 보상을 제공하는 (상기 기술된 것과 같은) 복수의 주입기들을 포함하는 하나 이상의 프로세싱 챔버들을 포함한다. 스큐 데이터는 에지 영역보다 두꺼운 중심 영역, 중심 영역보다 두꺼운 에지 영역, 측면간 (side to side) 변동들, 또는 편평한 표면으로부터 다른 변동들을 갖는 기판 막에 대응할 수도 있다. 스큐는 업스트림 프로세스에 의해 유발될 수도 있고 또는 다운스트림 프로세스로부터 예상되는 예측된 스큐일 수도 있다. 스큐 데이터는 프로세싱될 동일한 기판, 테스트 기판들, 모델링 및/또는 프로세싱될 기판에 선행하는 하나 이상의 기판들에 대해 생성될 수 있다. 스큐 데이터는 2 이상의 기판들의 함수 (예컨대 평균, 이동 평균, 통계 함수, 등) 로서 생성될 수 있다.

[0079] 프로세싱 챔버 (482) 가 기판 상의 증착, 에칭 또는 다른 기판 처리와 같은 기판 처리를 수행한다. 일부 예들에서, 수행되는 기판 처리는 다운스트림 프로세싱 동안 보상되는 스큐를 생성한다. 일부 예들에서, 계측 스테이션 (484) 은 프로세싱 후 기판에 대한 하나 이상의 측정들을 수행하기 위해 그리고 기판에 대한 계측 데이터를 생성하기 위해 프로세싱 챔버 (482) 로부터 다운스트림에 위치된다. 일부 예들에서, 계측 스테이션 (484) 은 막 두께 측정값들에 기초하여 스큐 데이터를 생성하고 그리고/또는 기판에 대한 표면 모델을 생성한다. 계측 스테이션 (484) 은 다운스트림에 위치되는 프로세싱 챔버 (488) 로 계측 데이터를 출력한다. 프로세싱 챔버 (488) 는 복수의 주입기들을 포함하고 스큐에 대해 보상하기 위해 본 명세서에 기술된 바와 같은 도즈 제어를 수행한다. 프로세싱 챔버 (488) 는 프로세싱 챔버 (482) 에 의해 도입되는 스큐를 오프셋하기 위해 필요한 보상의 양을 결정하기 위해 계측 데이터를 사용한다. 다른 예들에서, 계측 스테이션 (484) 은 생략되고 보상은 모델링, 프로세스 설정 동안 이루어진 이전 계측 측정값들 또는 다른 데이터에 기초하여 수행된다.

[0080] 예를 들어, 프로세싱 챔버 (482) 는 막의 증착 또는 막의 에칭을 수행할 수도 있다. 일부 예들에서, 프로세싱 챔버 (482) 는 기판의 중심 또는 에지에서 보다 두꺼운 막의 증착을 수행한다. 일부 예들에서, 프로세싱 챔버 (482) 는 기판의 중심 또는 에지에서 목표된 것보다 많은 막을 제거하는 에칭을 수행한다. 계측 데이터는 스큐를 검출하고 프로세싱 챔버 (488) 와 연관된 도즈 제어기가 스큐를 보상한다.

[0081] 프로세싱 챔버 (488) 에서 기판이 프로세싱된 후, 기판은 프로세싱 챔버 (488) 로부터 다운스트림에 위치되는 프로세싱 챔버 (490) 에서 더 프로세싱될 수도 있다. 프로세싱 챔버 (490) 에서 프로세싱된 후, 계측 데이터는 계측 스테이션 (492) 에 의해 생성된다. 계측 데이터는 다운스트림 스큐에 대한 사전 보상을 허용하도록 프로

세싱 챔버 (488) 로 피드백된다. 다른 예들에서, 계측 스테이션 (484) 은 생략되고 보상은 모델링, 설정 동안 이루어진 이전 계측 측정값들 또는 다른 데이터에 기초하여 수행된다.

[0082] 이제 도 15를 참조하면, 프로세싱 챔버 (488) 는 도즈 제어기 (504) 를 갖는 제어기 (502) 를 포함한다. 도즈 제어기 (504) 는 계측 스테이션 (484), 데이터 저장부 (508) 또는 또 다른 데이터 소스로부터 스큐 데이터를 수신하는, 보상 모듈 (512) 을 더 포함한다. 보상 모듈 (512) 은 인입 기판에 대해 목표된 공간적 맵핑 (510) 을 또한 수신한다. 보상 모듈 (512) 은 도즈 맵핑 모듈 (514) 로 출력되는 스큐 보상 데이터를 생성한다. 도즈 맵핑 모듈 (514) 은 보상 모듈 (512) 로부터 스큐 보상 데이터에 기초하여 기준 도즈 맵핑 (516) 을 보상한다. 예를 들어, 부가적인 또는 감소된 에칭 또는 증착이 특정한 영역에서 목표될 때, 국부적인 도즈 또는 전구체 또는 에칭 가스에 대한 노출 지속기간이 다른 영역들에 대해 각각 상승되거나 감소될 수 있다. 도즈 맵핑 모듈 (514) 은 주입기 제어 모듈 (520) 로 보상된 도즈 맵핑을 출력하고, 이에 따라 주입기들을 제어한다.

[0083] 이제 도 16을 참조하면, 인입 기판의 스큐를 보상하기 위해 스큐 데이터를 사용하여 제어되는 복수의 주입기들을 사용하여 기판을 프로세싱하기 위한 방법 (530) 이 도시된다. 540에서, 기판 (예컨대 공간적 맵핑 또는 파라미터들의 세트) 에 대한 스큐 데이터가 인입 기판 (또는 통상적인 또는 예상된 인입 기판) 에 대해 수신된다. 544에서, 스큐 데이터가 목표된 공간적 맵핑 또는 파라미터들의 세트와 비교된다. 548에서, 업스트림 스큐에 대한 보상이 결정된다. 564에서, 보상된 도즈 맵핑이 기준 도즈 맵핑 및 보상에 기초하여 생성된다.

[0084] 이제 도 17a 및 도 17b를 참조하면, 하나 이상의 다운스트림 프로세스들에 의해 유발된 스큐를 사전 보상하도록 제어되는 주입기들을 포함하는 프로세싱 챔버의 일 예가 도시된다. 도 17a에서, 프로세싱 챔버 (488) 는 도즈 제어기 (554) 를 갖는 제어기 (552) 를 포함한다. 도즈 제어기 (554) 는 하나 이상의 다운스트림 프로세스들에 의해 유발된 스큐에 대해 인출 (outgoing) 기판을 사전 보상하기 위해 목표된 스큐 (558) 를 수신하는 도즈 맵핑 모듈 (560) 을 포함한다. 도즈 맵핑 모듈 (560) 은 다운스트림 스큐에 대해 사전 보상하기 위해 인출 기판에 대해 목표된 스큐에 기초하여 기준 도즈 맵핑 (564) 을 보상한다. 도즈 맵핑 모듈 (560) 은 주입기 제어 모듈 (570) 로 보상된 도즈 맵핑을 출력한다.

[0085] 도 17b에서, 인출 기판에 대해 목표된 스큐를 생성하기 위한 시스템의 일 예가 도시된다. 도즈 제어기 (554) 는 보상 모듈 (572) 로 공간적 맵핑 또는 파라미터들의 세트를 출력하는 계측 스테이션 (492) 또는 데이터 저장부 (508) 를 더 포함한다. 보상 모듈 (572) 은 또한 574에서 다운스트림 기판에 대해 목표된 공간적 맵핑을 수신한다. 보상 모듈 (572) 은 인출 기판에 대해 목표된 스큐를 생성한다. 인식될 수 있는 바와 같이, 도 17b에 도시된 시스템은 도 17a에 도시된 시스템과 결합될 수 있다. 게다가, 도 17a 및 도 17b에 도시된 시스템들은 도 15에 도시된 시스템과 결합될 수 있다.

[0086] 이제 도 18을 참조하면, 하나 이상의 다운스트림 프로세스들에 의해 유발된 스큐를 오프셋하기 위해 인출 기판을 보상하는 주입기들을 사용하여 기판을 프로세싱하기 위한 방법 (580) 이 도시된다. 582에서, 하나 이상의 다운스트림 프로세스들을 위한 스큐 데이터가 수신된다. 584에서, 스큐 데이터는 목표된 공간적 맵핑과 비교된다. 588에서, 보상은 하나 이상의 다운스트림 프로세스들의 스큐를 사전 보상하도록 결정된다. 594에서, 보상된 도즈 맵핑은 기준 도즈 맵핑 및 하나 이상의 다운스트림 프로세스들을 위한 보상에 기초하여 생성된다.

[0087] 이제 도 19a 내지 도 19c를 참조하면, 다양한 타입들의 존들 또는 존 형상들을 규정하기 위해 주입기들은 개별적으로 어드레싱되고 그리고/또는 그룹들로 배치된다. 예를 들어, 그룹들은 방사상 존들, 파이-형상 존들 및/또는 슬라이스된 (sliced) 존들에 대응할 수도 있다. 도 19a에서, 주입기들은 방사상 존들 Z1, Z2, Z3 및 Z4로 그룹화된다. 4 개의 방사상 존들이 도시되지만, 부가적인 또는 보다 적은 수의 방사상 존들이 사용될 수 있다. 도 19b에서, 주입기들은 방사상 존들로 그리고/또는 파이 형상 존들 Q1, Q2, Q3 및 Q4로 그룹화된다. 4 개의 파이 형상 존들이 도시되지만, 부가적인 또는 보다 적은 수의 파이 형상 존들이 사용될 수 있다. 도 19c에서, 도 19a 및 도 19b의 예들에 부가하여 또는 대신 사용될 수 있는 슬라이스들 S1, S2, …, 및 S10이 도시된다. 일부 예들에서, 슬라이스들의 측면들은 평행하고 가까운 슬라이스들에 인접하다. 슬라이스들의 각도 배향 또는 각도 오프셋은 기판의 슬롯에 대해 또는 프로세싱 챔버 내 미리 결정된 기준에 대해 필요에 따라 가변할 수 있다. 슬라이스들은 측면간 스큐를 수용하도록 사용될 수도 있다.

[0088] 이제 도 20 및 도 21을 참조하면, 개별 주입기들 또는 주입기들의 그룹들에 의한 공간-기반 스큐에 대한 주입기 타이밍을 예시하는 타이밍 도들의 예들이 도시된다. 도 20의 하나 이상의 타이밍 도들은 개별 주입기들 또는 주입기들의 그룹들에 상이한 주입기 도즈 제어 타이밍을 제공한다. 타이밍 프로파일 A와 연관된 개별 주입기들 또는 주입기들의 그룹들은 시간의 함수로서 천천히 감소하는 펄스 폭들을 갖는다. 타이밍 프로파일 B 및 타이밍 프로파일 C와 연관된 개별 주입기들 또는 주입기들의 그룹들은 타이밍 프로파일 A과 비교할 때 약간 보다 빠

른 레이트로 감소하는 펄스 폭들을 갖는다. 타이밍 프로파일 D와 연관된 개별 주입기들 또는 주입기들의 그룹들은 대응하는 기간들 동안 고정된 펄스 폭들을 갖는다. 개별 주입기들 또는 주입기들의 그룹들과 연관된 가변 펄스 폭들은 공간적 도징 및/또는 시간적 도징의 정밀한 제어를 가능하게 한다.

[0089] 도 21에서, 타이밍 프로파일들은 상이한 공간적 패턴들을 생성하도록 사용될 수 있다. 타이밍 프로파일 D와 연관된 주입기들 또는 주입기들의 그룹들은 대응하는 기간들 동안 고정된 펄스 폭들을 갖는다. 타이밍 프로파일 B 및 타이밍 프로파일 C와 연관된 주입기들 또는 주입기들의 그룹들은 타이밍 프로파일 D에서 펄스들의 지속기간의 약 ½을 갖는다. 타이밍 프로파일 A와 연관된 주입기들 또는 주입기들의 그룹들은 어떤 시간 기간들에는 타이밍 프로파일 B 및 타이밍 프로파일 C와 유사한 펄스 폭을 갖고 다른 시간 기간들은 생략된다 (skip). 개별 주입기들 또는 주입기들의 그룹들과 연관된 가변 펄스 폭들은 공간적 도징 및/또는 시간적 도징의 정밀한 제어를 가능하게 한다.

[0090] 이제 도 22를 참조하면, 프로세싱 챔버 (650) 의 일부가 복수의 매니폴드들 (654-1, 654-2, …, 및 654-N) (집합적으로 매니폴드들 (654)) 및 가스 전달 시스템들 (658-1, 658-2, … 658-N) (집합적으로 가스 전달 시스템들 (658)) 을 포함하는 것으로 도시되고, 여기서 N 는 1보다 큰 정수이다. 매니폴드들 (654) 은 상이한 가스 혼합물들을 주입기 어셈블리들의 그룹들 (660-1, 660-2, …, 및 660-Y) (집합적으로 주입기 어셈블리들의 그룹들 (660)) 에 공급하고, Y 는 1보다 큰 정수이다. 매니폴드 당 일 가스 전달 시스템이 도시되지만, 부가적인 또는 보다 적은 가스 전달 시스템들이 사용될 수 있다.

[0091] 이하에 더 기술될 바와 같이, 주입기 어셈블리들 (660) 은 시간적 스큐를 생성하도록 구성될 수 있다. 주입기 어셈블리들의 그룹들 (660-1, 660-2, …, 및 660-Y) 각각은 N 개의 주입기들 (662-11, 662-12, …, 및 662-YN) 을 포함한다. 주입기 어셈블리들의 그룹들 (660) 의 N 개의 주입기들 각각은 N 개의 매니폴드들 (654-1, 654-2, …, 및 654-N) 의 일 매니폴드에 각각 연결된다. 이 배치는 N 개의 매니폴드들 (654) 로 공급된 가스 혼합물들로 하여금 주입기 어셈블리들의 그룹들 (660) 각각으로 전달되게 한다.

[0092] 이제 도 23을 참조하면, 매니폴드들 (654-1, 654-2, …, 및 654-N) 각각은 플레넘 (668-1, 668-2, …, 및 668-N) (집합적으로 플레넘들 (668)) 을 규정하고 복수의 쓰루 홀들 (670) 을 포함한다. 일부 예들에서, 플레넘들 (668) 은 일반적으로 편평한 실린더와 유사하게 성형된다. 플레넘 (668-1) 으로부터 가스 혼합물들의 분리를 유지하기 위해, 대응하는 정렬된 쓰루 홀들 (673) 을 갖는 포스트들 (672) 은 플레넘 (668-1) 내 가스 혼합물로 하여금 플레넘들 (668-2 … 668-N) 에서 섞이지 않고 대응하는 주입기에 도달하도록 쓰루 홀들 (670 및 673) 을 통해 이동하게 하도록 보다 낮은 플레넘들 (668-2 … 668-N) 에 배치된다. 유사한 접근방법이 플레넘들 (668) 중 다른 플레넘을 위해 사용된다. 매니폴드들의 특정한 배치가 도시되지만, 다른 매니폴드 배치들이 사용될 수 있다.

[0093] 도 22 및 도 23에 도시된 프로세싱 챔버를 사용하여, 시간적 스큐가 수행될 수 있다. 시간적 스큐의 일 예가 도 24에 도시된다. (하나 이상의 주입기 어셈블리들을 포함하는) 제 1 위치들 1에서, 가스 혼합물은 시간 t1에서 제 1 가스 혼합물 1로부터 제 2 가스 혼합물 2로, 그리고 이어서 시간 t3에서 제 3 가스 혼합물 3으로 스위칭된다. (하나 이상의 주입기 어셈블리들을 포함하는) 제 2 위치들 2에서, 가스 혼합물은 시간 t2에서 제 1 가스 혼합물 1로부터 제 2 가스 혼합물 2로, 그리고 이어서 시간 t4에서 제 3 가스 혼합물 3으로 스위칭된다. (하나 이상의 주입기 어셈블리들을 포함하는) 제 3 위치들 3에서, 가스 혼합물은 시간 t3에서 제 1 가스 혼합물 1로부터 제 2 가스 혼합물 2 로, 그리고 이어서 시간 t4에서 제 3 가스 혼합물 3으로 스위칭된다. (하나 이상의 주입기 어셈블리들을 포함하는) 제 4 위치 4에서, 가스 혼합물은 시간 t4에서 제 1 가스 혼합물 1로부터 제 2 가스 혼합물 2로, 그리고 이어서 시간 t5에서 제 3 가스 혼합물 3으로 스위칭된다.

[0094] 예를 들어, 제 1 위치들 1은 중앙 존에 대응할 수도 있고, 위치 2 내지 위치 4는 (동일한 접근방법이 다른 형상들을 갖는 주입기들의 다른 그룹들에 대해 사용될 수 있지만) 중앙 존 둘레의 증가하는 방사상 존들에 대응할 수도 있다. 인식될 수 있는 바와 같이, 사용되는 가스 혼합물들은 프로세스에 종속될 것이고 증착 가스 혼합물들, 에칭 가스 혼합물들, 퍼지 가스, 또는 다른 가스 혼합물들을 포함할 수도 있다. 예를 들어, 가스 혼합물 1은 ALD 또는 ALE 프로세스를 위한 제 1 전구체를 포함할 수도 있고, 제 2 가스 혼합물은 퍼지 가스를 포함할 수도 있고, 그리고 제 3 가스 혼합물은 ALD 또는 ALE 프로세스를 위한 제 2 전구체를 포함할 수도 있다.

[0095] 이제 도 25를 참조하면, 프로세싱 챔버 (700) 는 본 명세서에 기술된 바와 같은 다양한 방식들로 그룹화된 복수의 주입기들 (722) 을 포함한다. 주입기들 (722) 은 미리 규정된 비들의 주 플로우 레이트를 제공하기 위해 도즈 제어기 (720) 에 의해 제어된다. 주 플로우 레이트는 가스 소스들 (710) 및 MFC들 (714) 을 포함하는 가스 전달 시스템 (708) 에 의해 매니폴드 (718) 로 공급된다. 도 25에 도시된 예에서, 주입기들 (722) 은 기판의 R

개의 공간적 영역들과 연관되는, R 개의 그룹들 (GRP 1, GRP 2, … 및 GRP R) 로 분할된다. R 개의 그룹들 각각은 동일한 수 또는 상이한 수의 주입기들을 포함할 수도 있다.

[0096] 일 예에서, 2 개 이상의 상이한 비들의 미리 결정된 주 플로우 레이트를 기판의 R 개의 공간적 영역들에 공급하는 것이 바람직하다. 예를 들어, 에칭 또는 증착 프로세스들이 기판의 다른 영역들과 비교할 때 중심 또는 에지 영역들에서 전달될 보다 많은 에칭 가스 또는 증착 전구체 가스를 필요로 할 수도 있다. R 개의 그룹들의 주입기들로의 펄스 폭들을 가변시키는 것은 플로우 스플리터들 (splitter) 을 필요로 하지 않고, 미리 결정된 비들의 주 플로우로 하여금 매니폴드 (718) 에서 R 개의 공간적 영역들로 전달되게 한다.

[0097] 관습적으로, 매니폴드 (718) 로부터 흐르는 가스는 플로우 스플리터들을 사용하여 스플릿된다. 일부 예들에서, 플로우 스플리터들은 소닉 (sonic) 노즈들을 포함한다. 그러나, 플로우 스플리터를 사용하는 시스템들은 정상 상태 플로우 조건들에 도달하기 위해 긴 시간이 걸린다. 따라서, 플로우 스플리터들은 ALD 프로세스 및 ALE 프로세스와 같은, 개선된 공간적 제어 및/또는 신속한 가스 교환들을 필요로 하는 프로세스들에 사용하기 어렵다.

[0098] R 개의 그룹들과 연관된 주입기들은 매니폴드 (718) 로 공급된 R 개의 미리 결정된 비들의 주 플로우 레이트를 제공하기 위해 R 개의 펄스 폭들을 사용하여 제어되고, 여기서 R은 0보다 크다.

[0099] 예를 들어, R 개의 그룹들 모두는 동일한 도즈를 공급하도록 동일한 펄스 폭들을 사용하여 펄싱될 수 있다 (그룹들이 동일한 수의 주입기들을 갖는다고 가정함). 대안적으로, 2 이상의 상이한 펄스 폭들은 R 개의 그룹들 중 적어도 일부에 대한 비들을 가변시키도록 사용될 수 있다. 예를 들어, R 개의 그룹들 중 하나는 R 개의 그룹들 중 하나로 보다 적게 흐르고 R 개의 그룹들 중 다른 하나로 보다 많이 흐르도록 R 개의 그룹들의 다른 그룹들의 펄스 폭의 ½을 사용하여 펄싱될 수도 있다. 또 다른 예에서, R 개의 그룹들 모두로의 펄스 폭들은 증가하는 공간적 프로파일, 감소하는 공간적 프로파일, 종 형상 프로파일, 반전된 종 형상 프로파일 또는 다른 가스 도징 프로파일들을 제공하도록 가변한다.

[0100] 이제 도 26을 참조하면, 기판의 R 개의 공간적 영역들로 공급된 R 개의 가스 플로우들로 주 가스 플로우를 스플릿하기 위한 방법 (750) 이 도시된다. 754에서, 기판의 R 개의 공간적 영역들 각각으로 전달될 주 가스 플로우의 비가 결정된다. 758에서, R 개의 비들을 제공하기 위해 기판의 R 개의 공간적 영역들에 대응하는 주입기들에 대한 펄스 폭들이 결정된다. 762에서, 주 가스 플로우 레이트는 매니폴드로 공급된다. 766에서, 매니폴드로 공급된 가스 플로우 레이트는 R 개의 공간적 영역들의 주입기들에 대응하는 R 개의 펄스 폭 값들을 사용하여 스플릿된다.

[0101] 전술한 기술은 본질적으로 단지 예시이고, 어떠한 방식으로도 본 개시, 이의 적용예, 또는 사용들을 제한하도록 의도되지 않는다. 본 개시의 광범위한 교시들은 다양한 형태들로 구현될 수 있다. 따라서, 본 개시가 특정한 예들을 포함하지만, 본 개시의 진정한 범위는 다른 수정들이 도면들, 명세서, 및 이하의 청구항들을 연구함으로써 자명해질 것이기 때문에 이렇게 제한되지 않아야 한다. 방법의 하나 이상의 단계들은 본 개시의 원리들을 변경하지 않고 상이한 순서로 (또는 동시에) 실행될 수도 있다는 것이 이해되어야 한다. 또한, 실시예들 각각은 특정한 특징들을 갖는 것으로 상기 기술되었지만, 본 개시의 임의의 실시예에 대해 기술된 이들 특징들 중 임의의 하나 이상의 특징들이 다른 실시예들의 임의의 실시예에서 구현될 수 있고 그리고/또는 이러한 조합이 명시적으로 기술되지 않지만, 다른 실시예들의 임의의 실시예의 특징들과 결합될 수 있다. 달리 말하면, 기술된 실시예들은 상호 배타적이지 않고, 하나 이상의 실시예들의 다른 실시예와의 치환들이 본 개시의 범위 내에 남는다.

[0102] 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 명세서에 사용된 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.

[0103] 일부 구현예들에서, 제어기는 상술한 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, 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 하위부분들을 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.

[0104] 일반적으로 말하면, 제어기는 인스트럭션들을 수신하고, 인스트럭션들을 발행하고, 동작을 제어하고, 세정 동작들을 인에이블하고, 엔드 포인트 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 엔지니어들에 의해서 규정된 레시피의 일부일 수도 있다.

[0105] 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 목적들을 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.

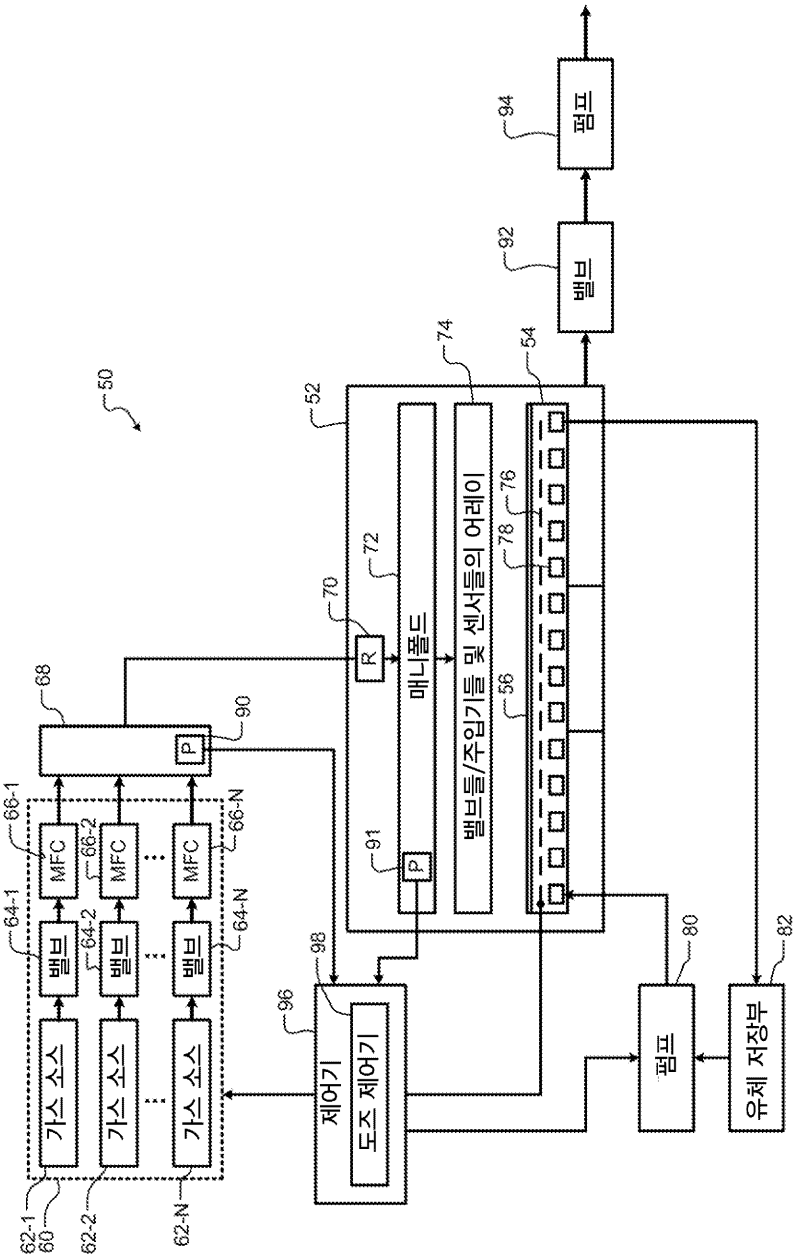
[0106] 비한정적으로, 예시적인 시스템들은 플라즈마 에칭 챔버 또는 모듈, 증착 챔버 또는 모듈, 스핀-린스 챔버 또는 모듈, 금속 도금 챔버 또는 모듈, 세정 챔버 또는 모듈, 베벨 에지 에칭 챔버 또는 모듈, PVD (physical vapor deposition) 챔버 또는 모듈, CVD (chemical vapor deposition) 챔버 또는 모듈, ALD (atomic layer deposition) 챔버 또는 모듈, ALE (atomic layer etch) 챔버 또는 모듈, 이온 주입 챔버 또는 모듈, 트랙 (track) 챔버 또는 모듈, 및 반도체 웨이퍼들의 제조 및/또는 제작 시에 사용되거나 연관될 수도 있는 임의의 다른 반도체 프로세싱 시스템들을 포함할 수도 있다.

[0107] 상술한 바와 같이, 툴에 의해서 수행될 프로세스 단계 또는 단계들에 따라서, 제어기는, 반도체 제작 공장 내의 툴 위치들 및/또는 로드 포트들로부터/로드 포트들로 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

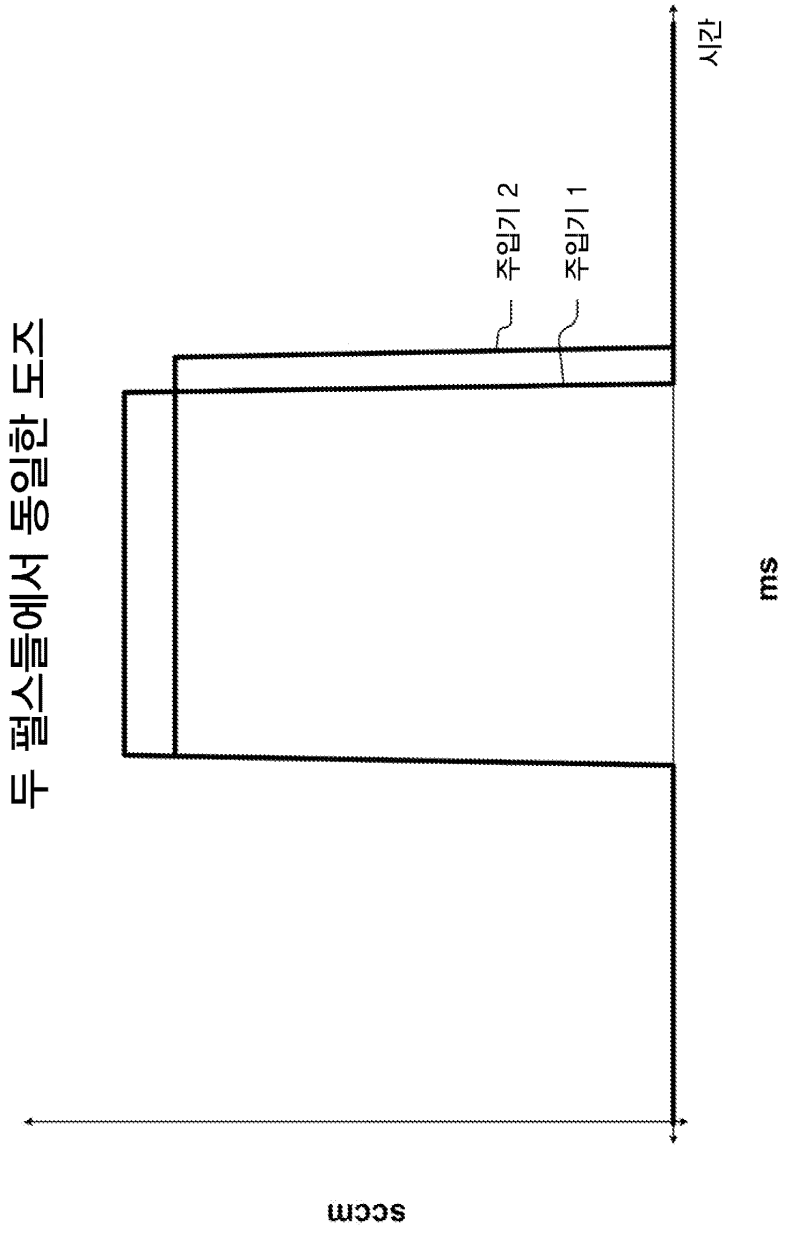
있다.

도면

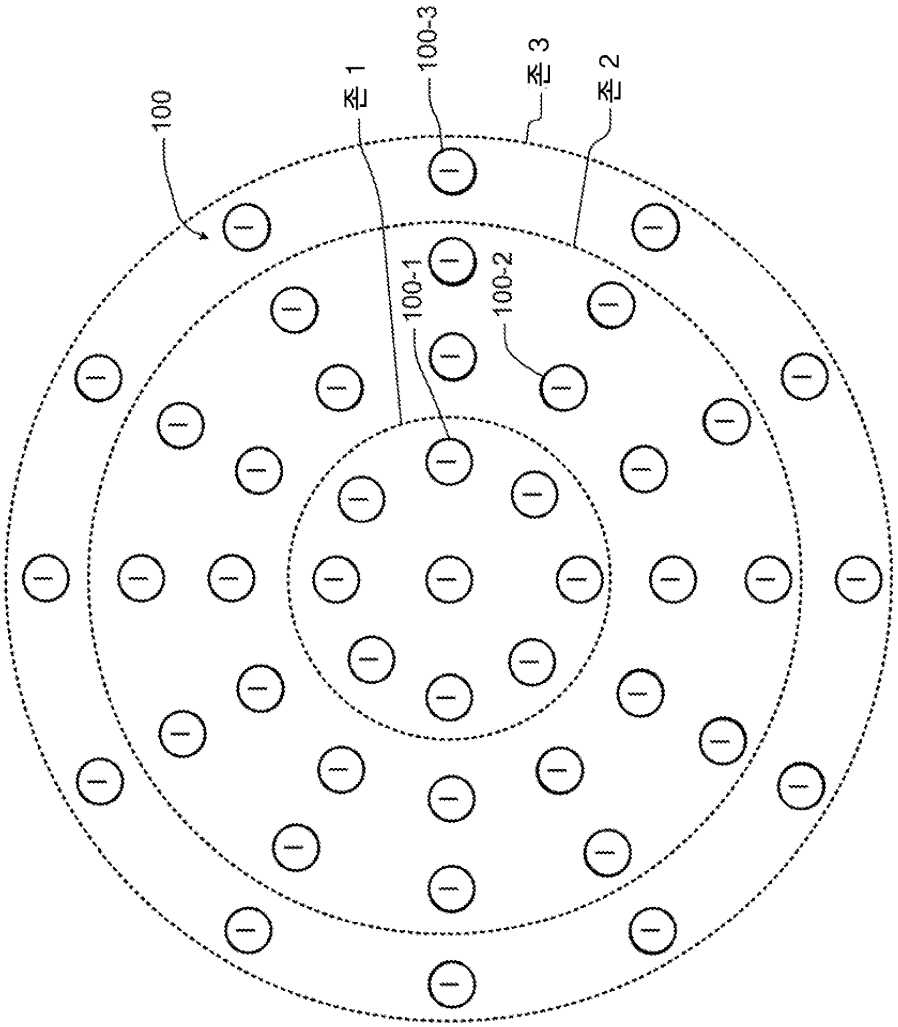
도면1


50
펌프
94
밸브
92
74
54
52
매니폴드
밸브들/주입기들 및 센서들의 어레이
76
78
72
70
56
R
P
68
90
91
66-1
66-2
66-N
64-1
64-2
64-N
MFC
밸브
가스 소스
62-1
60
62-2
62-N
98
96
제어기
도즈 제어기
펌프
80
유체 저장부
82

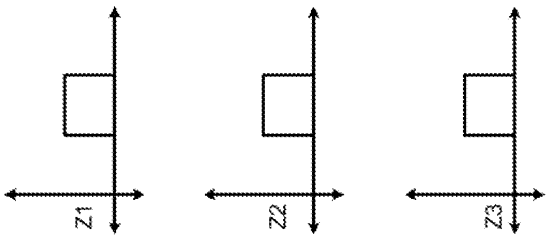
도면2



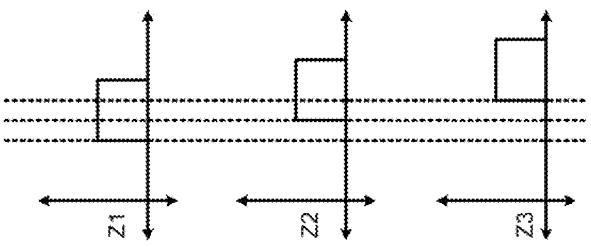
도면3



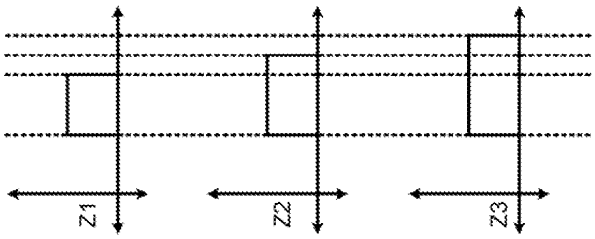
도면4a



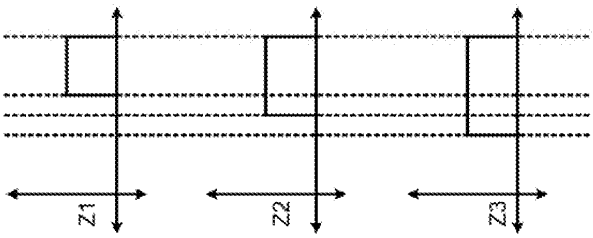
도면4b



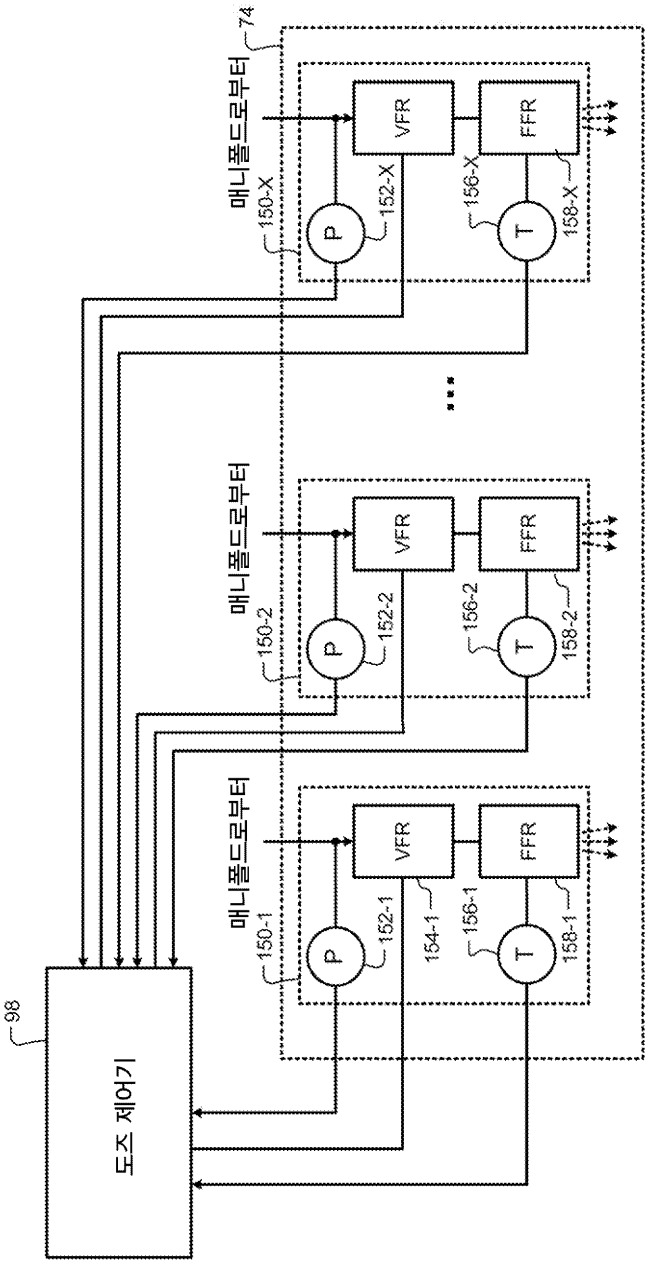
도면4c



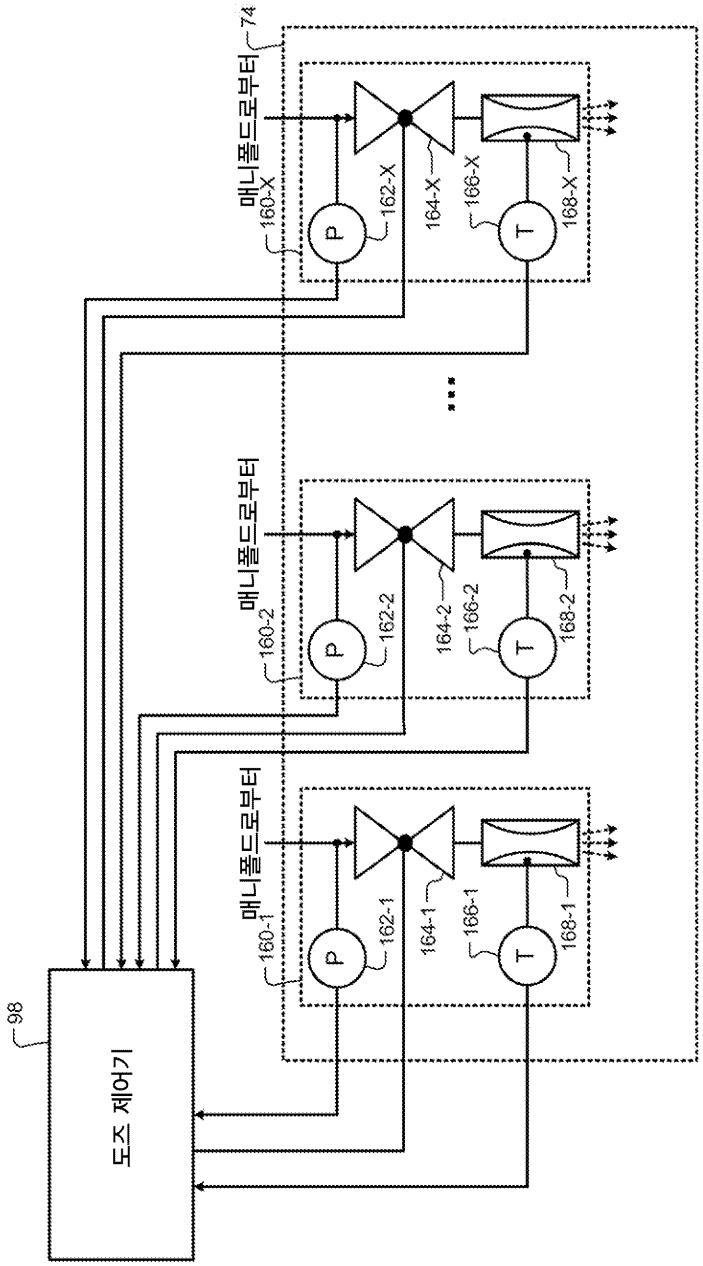
도면4d



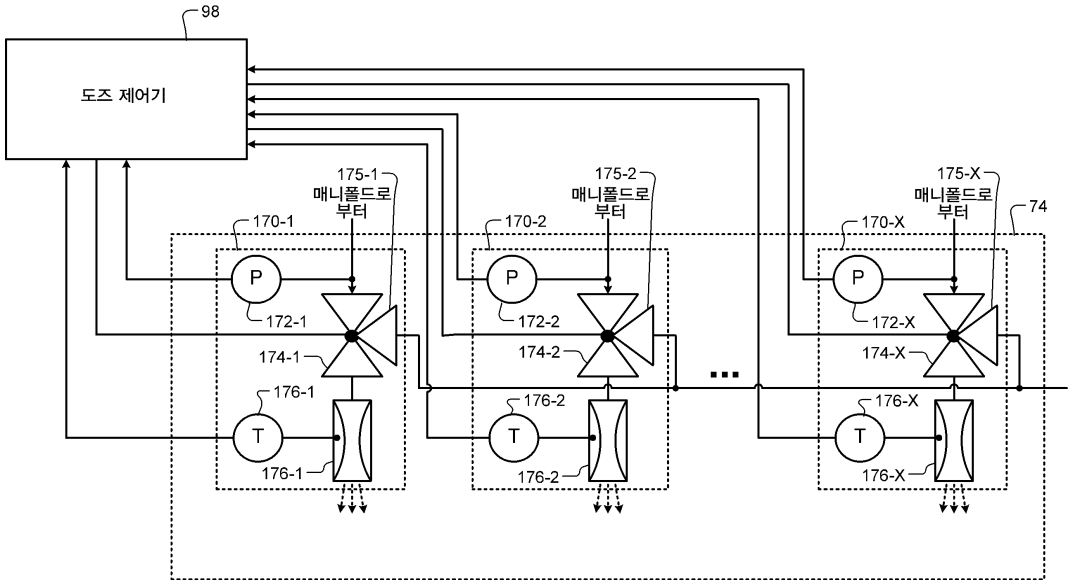
도면5


74
매니폴드로부터
150-X
P
152-X
VFR
156-X
T
158-X
FFR
150-2
152-2
156-2
158-2
150-1
152-1
154-1
156-1
158-1
98
도즈 제어기

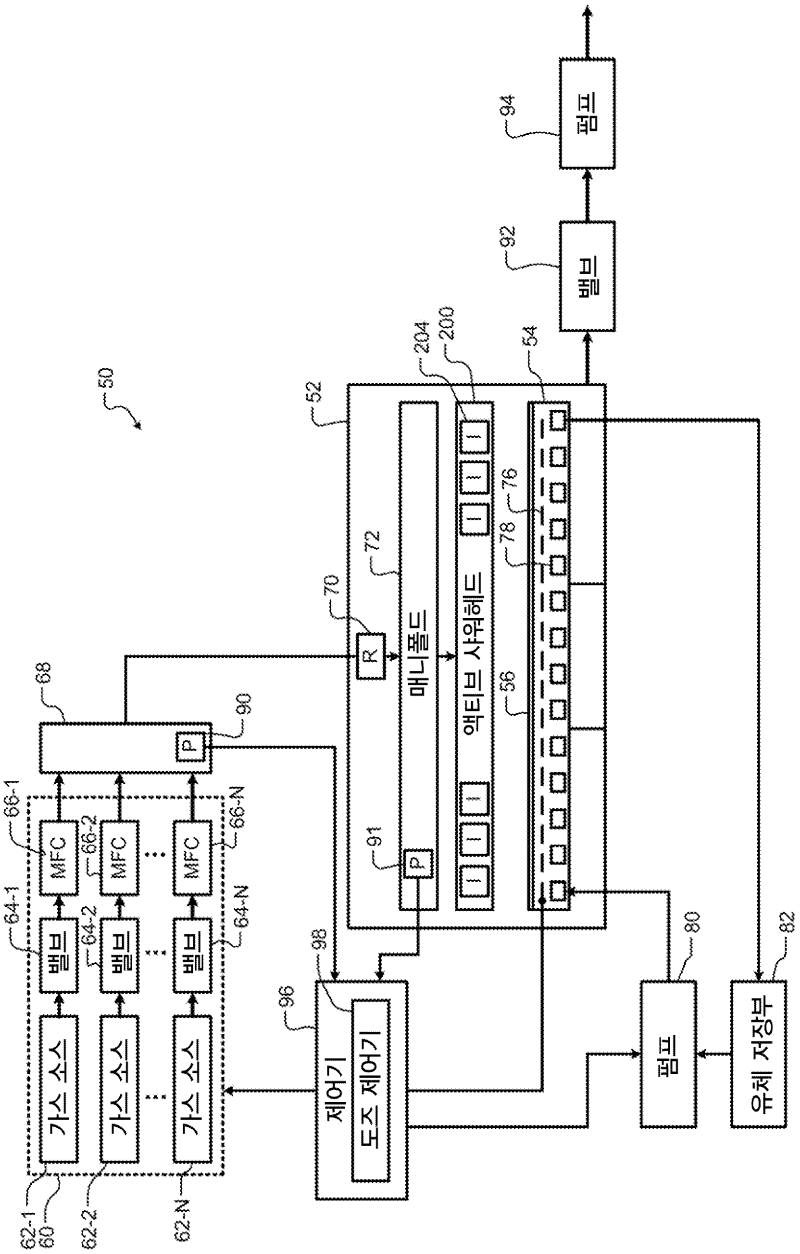
도면6


74
매니폴드로부터
160-X
162-X
164-X
166-X
168-X
P
T
160-2
162-2
164-2
166-2
168-2
160-1
162-1
164-1
166-1
168-1
98
도즈 제어기

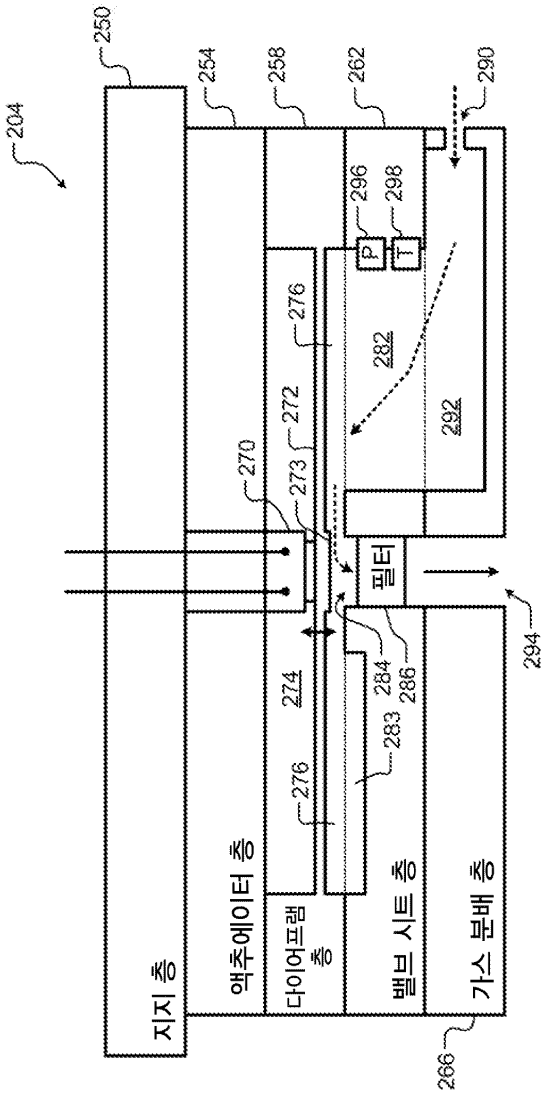
도면7


98
도즈 제어기
175-1
매니폴드로부터
175-2
매니폴드로부터
175-X
매니폴드로부터
74
170-1
170-2
170-X
P
172-1
172-2
172-X
174-1
174-2
174-X
176-1
176-2
176-X
T
176-1
176-2
176-X

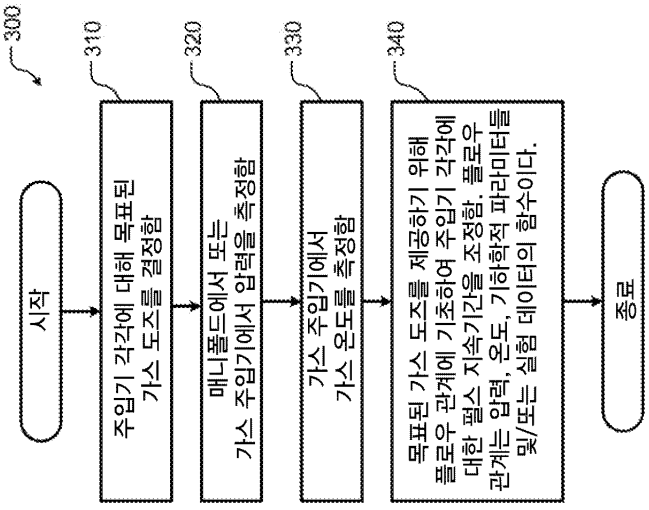
도면8


50
펌프
94
밸브
92
54
204
200
52
72
70
76
78
56
R
매니폴드
액티브 샤워헤드
68
90
P
91
P
66-1
66-2
66-N
MFC
MFC
MFC
64-1
64-2
64-N
밸브
밸브
밸브
98
96
가스 소스
가스 소스
가스 소스
제어기
도즈 제어기
80
82
펌프
유체 저장부
62-1
60
62-2
62-N

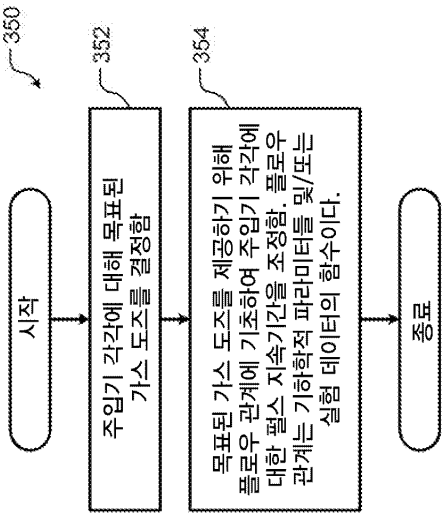
도면9


204
250
254
258
262
290
296
298
P
T
276
272
270
273
282
292
274
276
283
284
286
294
266
지지 층
액추에이터 층
다이어프램 층
밸브 시트 층
필터
가스 분배 층

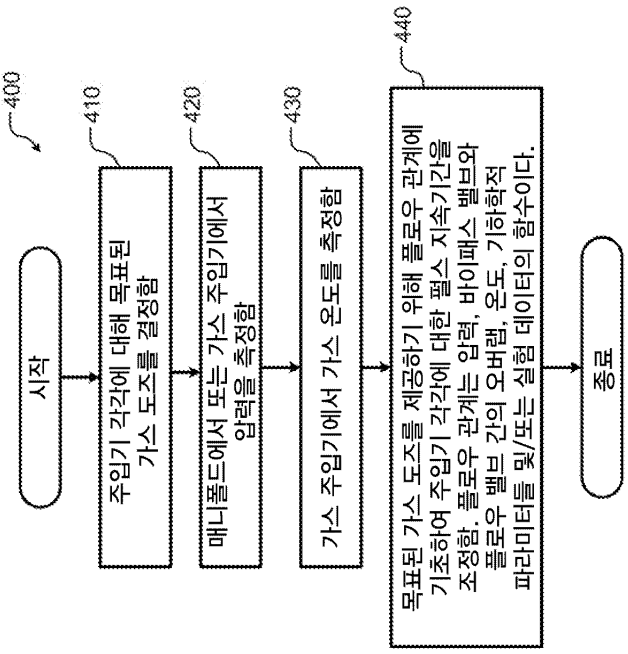
도면10


300
시작
310
주입기 각각에 대해 목표된 가스 도즈를 결정함
320
매니폴드에서 또는 가스 주입기에서 압력을 측정함
330
가스 주입기에서 가스 온도를 측정함
340
목표된 가스 도즈를 제공하기 위해 플로우 관계에 기초하여 주입기 각각에 대한 펄스 지속기간을 조정함. 플로우 관계는 압력, 온도, 기하학적 파라미터들 및/또는 실험 데이터의 함수이다.
종료

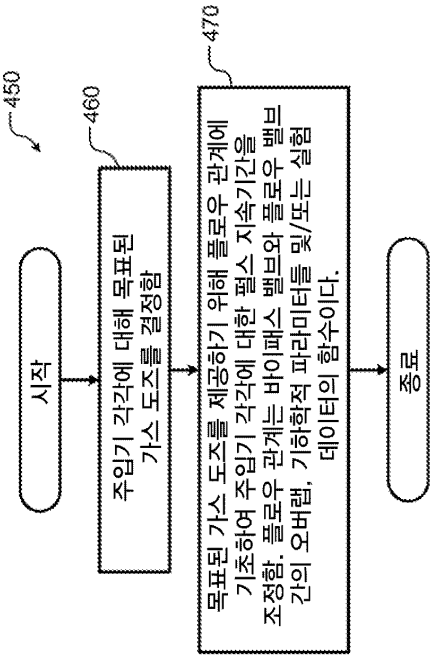
도면11


350
352
354
시작
주입기 각각에 대해 목표된
가스 도즈를 결정함
목표된 가스 도즈를 제공하기 위해
플로우 관계에 기초하여 주입기 각각에
대한 펄스 지속기간을 조정함. 플로우
관계는 기하학적 파라미터들 및/또는
실험 데이터의 함수이다.
종료

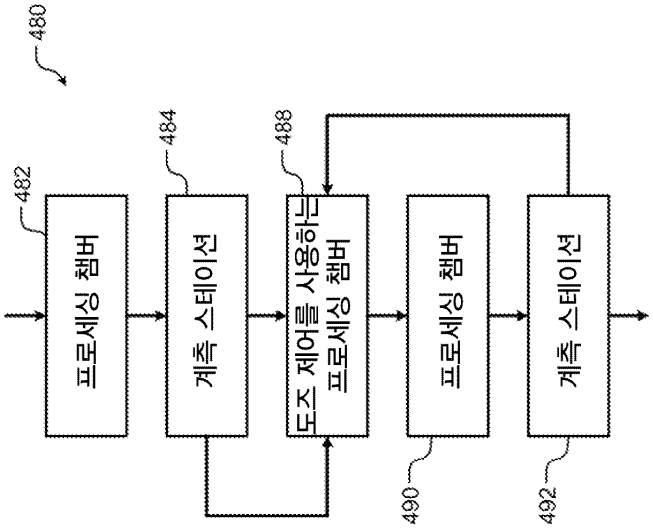
도면12


400
410
420
430
440
시작
주입기 각각에 대해 목표된
가스 도즈를 결정함
매니폴드에서 또는 가스 주입기에서
압력을 측정함
가스 주입기에서 가스 온도를 측정함
목표된 가스 도즈를 제공하기 위해 플로우 관계에
기초하여 주입기 각각에 대한 펄스 지속기간을
조정함. 플로우 관계는 압력, 바이패스 밸브와
플로우 밸브 간의 오버랩, 온도, 기하학적
파라미터들 및/또는 실험 데이터의 함수이다.
종료

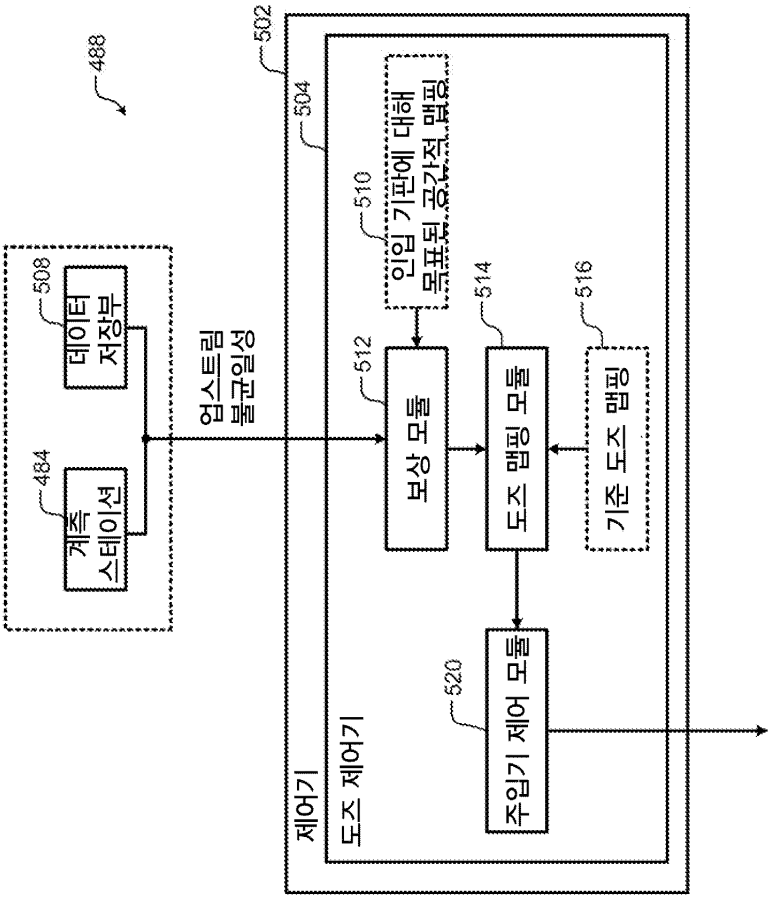
도면13


450
460
470
시작
주입기 각각에 대해 목표된
가스 도즈를 결정함
목표된 가스 도즈를 제공하기 위해 플로우 관계에
기초하여 주입기 각각에 대한 펄스 지속기간을
조정함. 플로우 관계는 바이패스 밸브와 플로우 밸브
간의 오버랩, 기하학적 파라미터들 및/또는 실험
데이터의 함수이다.
종료

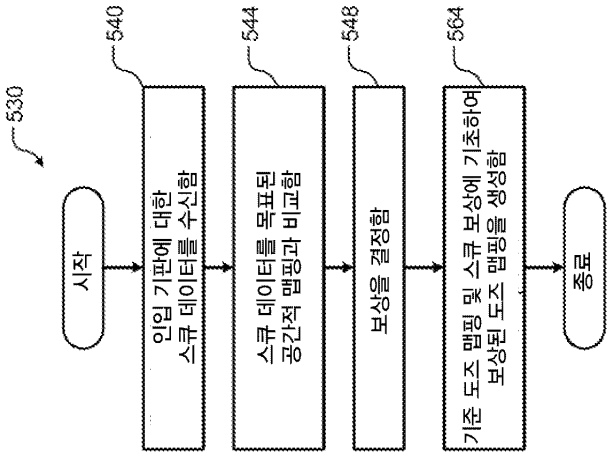
도면14


480
482
484
488
490
492
프로세싱 챔버
계측 스테이션
도즈 제어를 사용하는
프로세싱 챔버
프로세싱 챔버
계측 스테이션

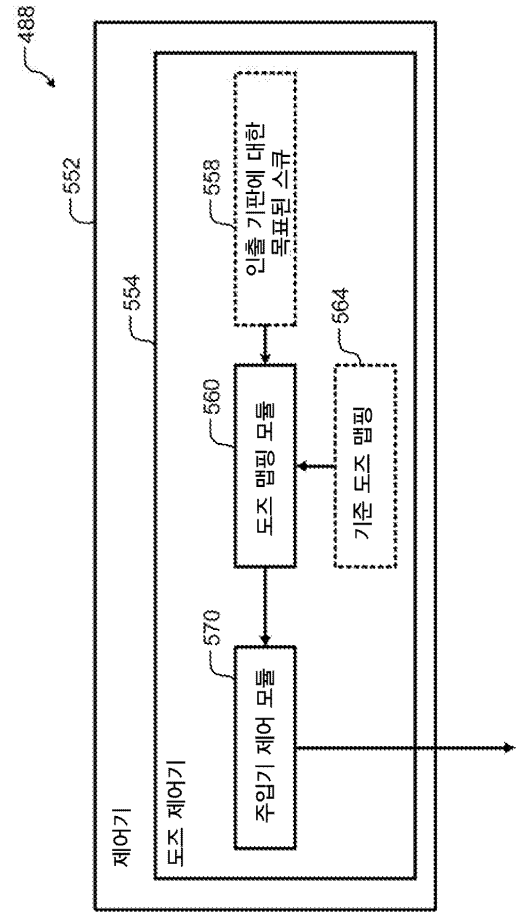
도면15


488
502
504
508
데이터 저장부
484
계측 스테이션
업스트림 불균일성
510
인입 기판에 대해 목표되 공간적 맵핑
512
보상 모듈
514
도즈 맵핑 모듈
516
기준 도즈 맵핑
520
주입기 제어 모듈
제어기
도즈 제어기

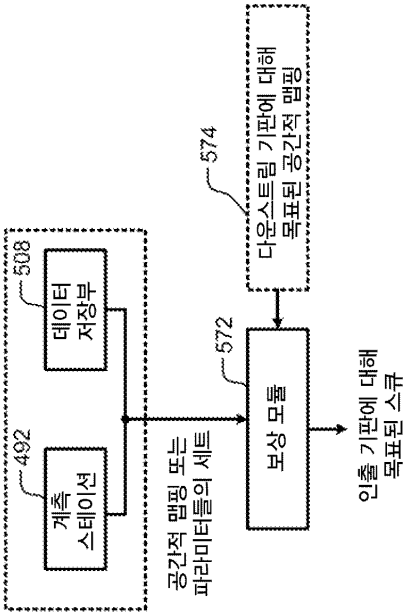
도면16


530
시작
540
인입 기판에 대한 스큐 데이터를 수신함
544
스큐 데이터를 목표된 공간적 맵핑과 비교함
548
보상을 결정함
564
기준 도즈 맵핑 및 스큐 보상에 기초하여 보상된 도즈 맵핑을 생성함
종료

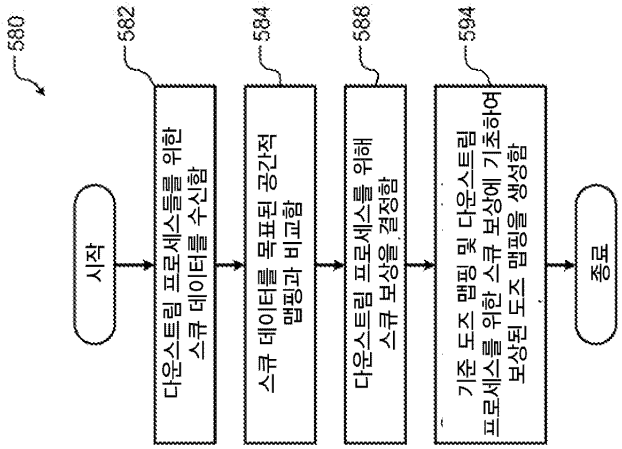
도면17a


488
552
554
558
인출 기판에 대한
목표된 스큐
560
도즈 맵핑 모듈
564
기준 도즈 맵핑
570
주입기 제어 모듈
도즈 제어기
제어기

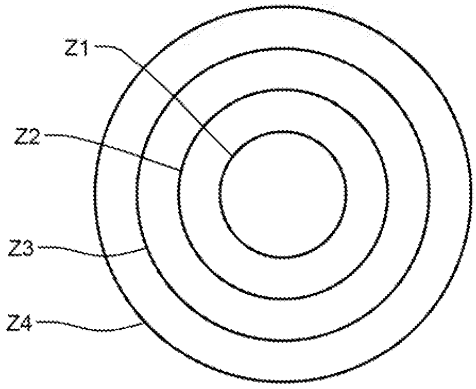
도면17b


508
데이터
저장부
492
계측
스테이션
공간적 맵핑 또는
파라미터들의 세트
572
보상 모듈
574
다운스트림 기판에 대해
목표된 공간적 맵핑
인출 기판에 대해
목표된 스큐

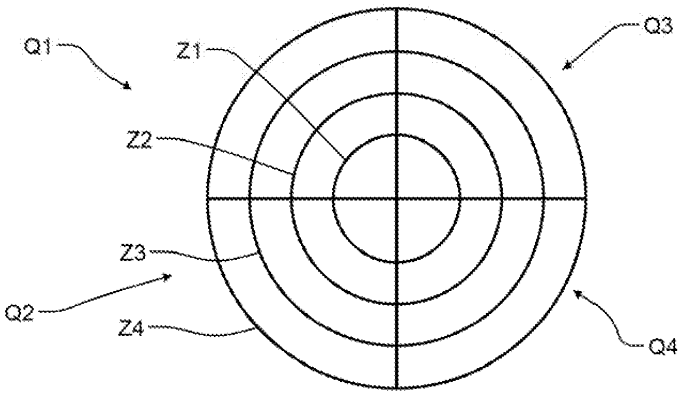
도면18



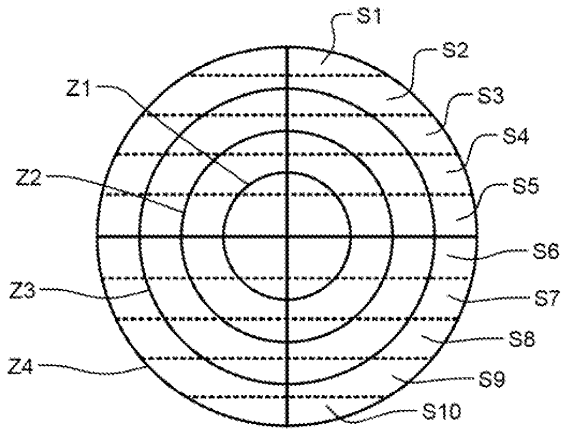
도면19a



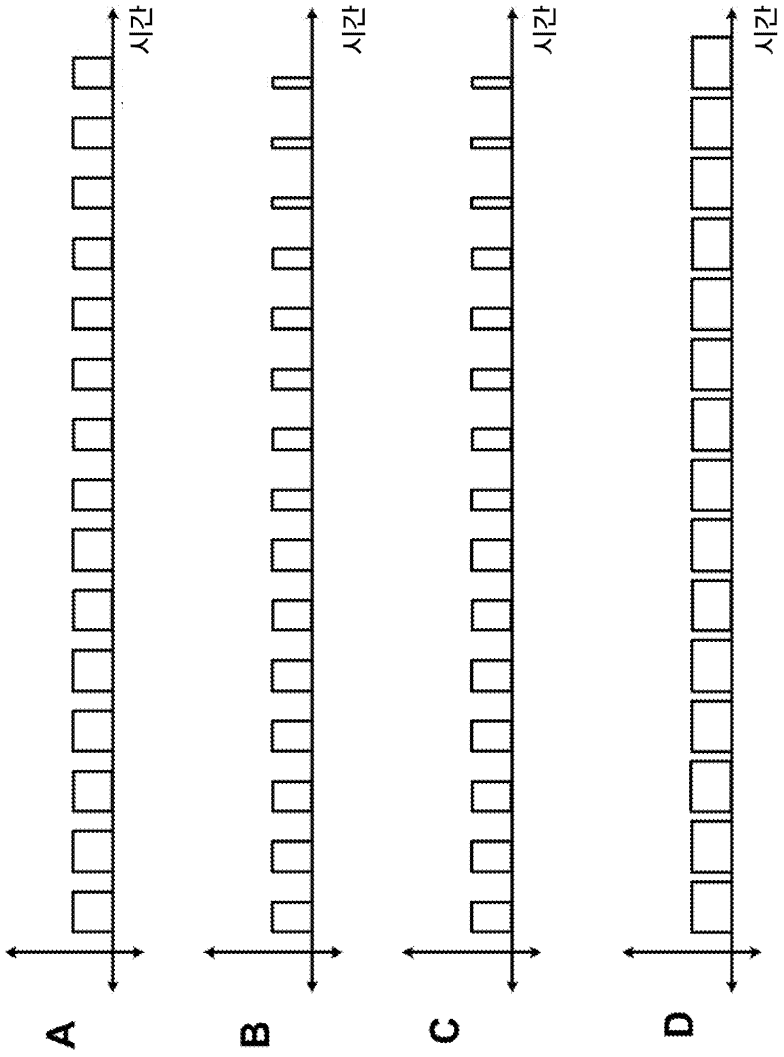
도면19b



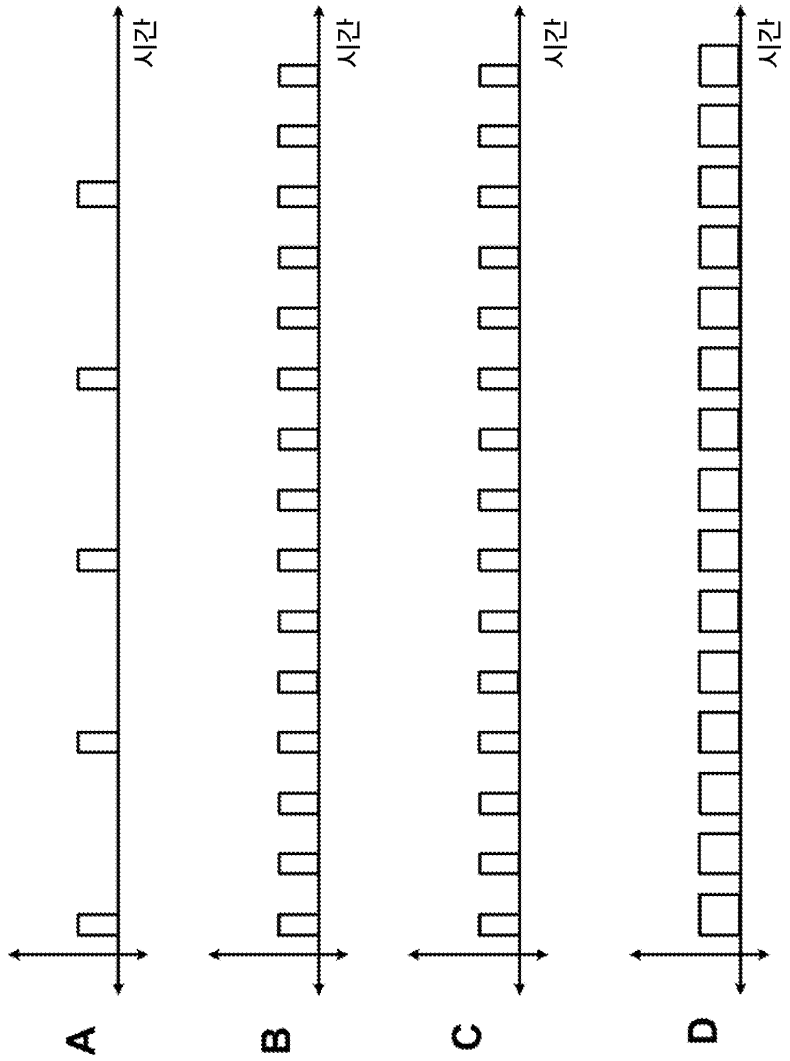
도면19c



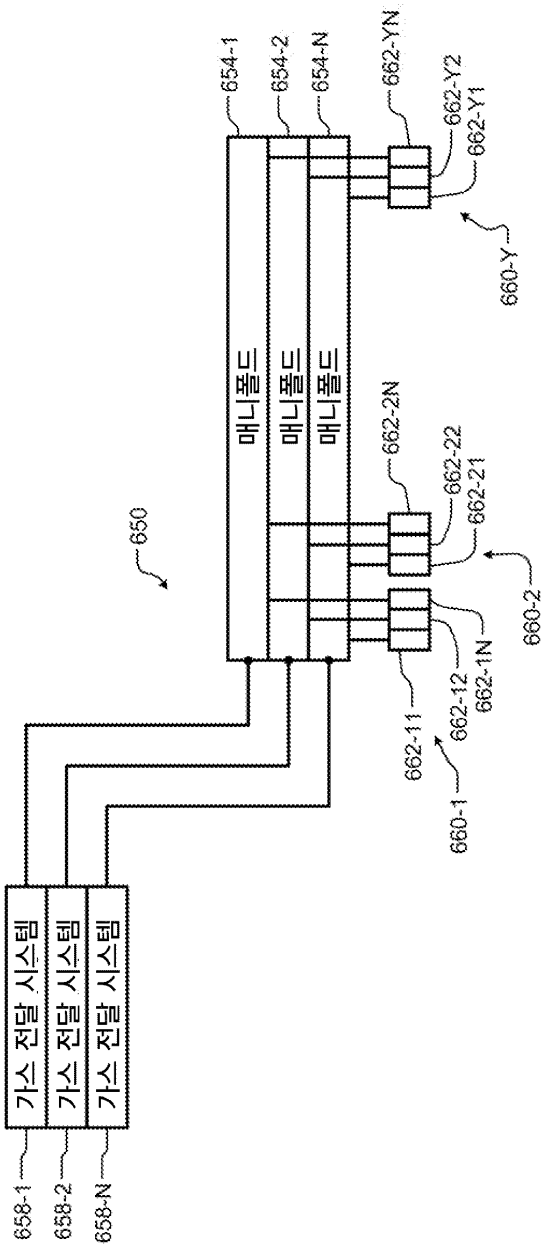
도면20



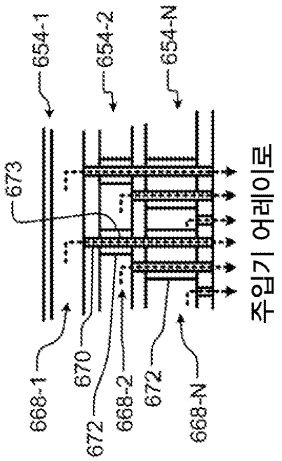
도면21



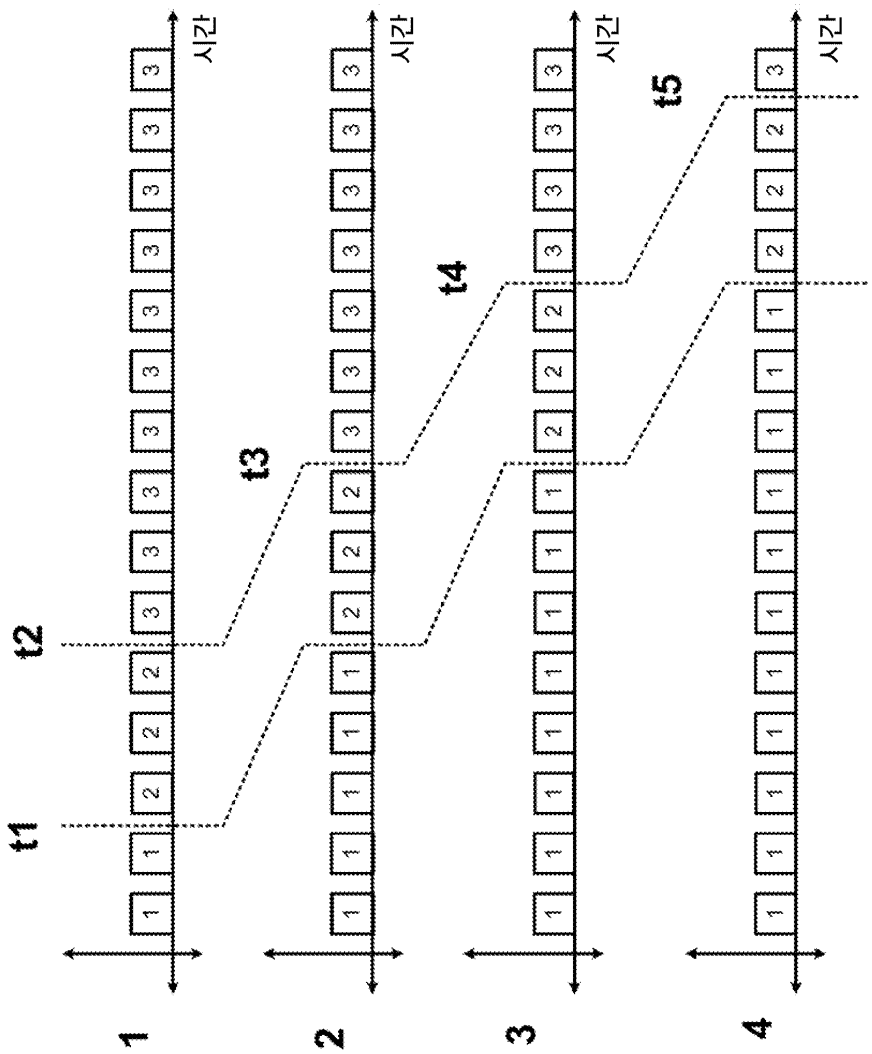
도면22


650
654-1
654-2
654-N
662-YN
662-Y2
662-Y1
660-Y
662-2N
662-22
662-21
660-2
662-1N
662-12
662-11
660-1
매니폴드
매니폴드
매니폴드
가스 전달 시스템
가스 전달 시스템
가스 전달 시스템
658-1
658-2
658-N

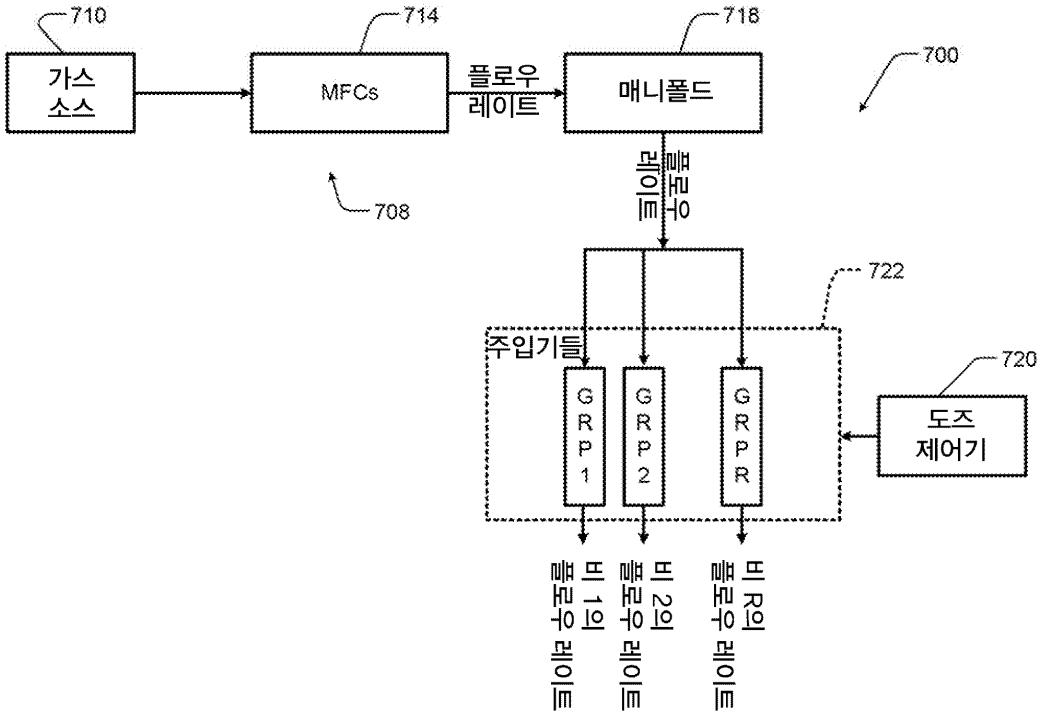
도면23


654-1
654-2
654-N
673
주입기 어레이로
668-1
670
672
668-2
672
668-N

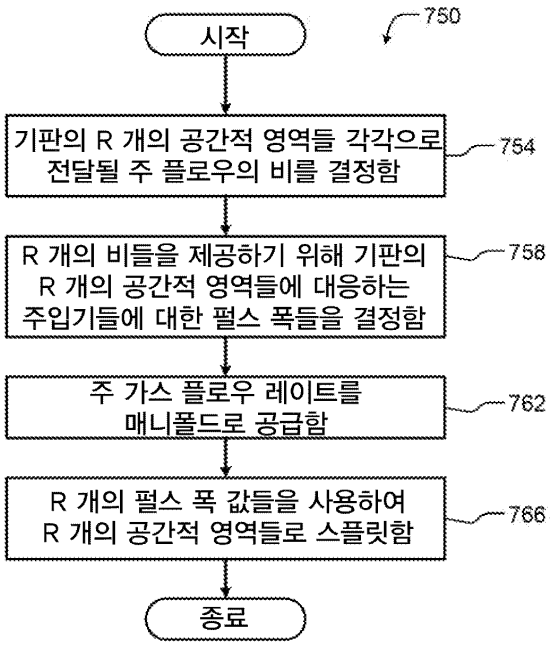
도면24


t1
t2
t3
t4
t5
시간
1
2
3
4

도면25


710
가스 소스
714
MFCs
플로우 레이트
718
매니폴드
700
708
플로우 메이트
722
주입기들
720
도즈 제어기
GRP1
GRP2
GRPR
1의 플로우 메이트
2의 플로우 메이트
R의 플로우 메이트

도면26


750
시작
기판의 R 개의 공간적 영역들 각각으로 전달될 주 플로우의 비를 결정함
754
R 개의 비들을 제공하기 위해 기판의 R 개의 공간적 영역들에 대응하는 주입기들에 대한 펄스 폭들을 결정함
758
주 가스 플로우 레이트를 매니폴드로 공급함
762
R 개의 펄스 폭 값들을 사용하여 R 개의 공간적 영역들로 스플릿함
766
종료