



등록특허 10-2577570



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2023년09월11일  
(11) 등록번호 10-2577570  
(24) 등록일자 2023년09월07일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
*H01L 21/67* (2006.01) *H01J 37/32* (2006.01)  
*H01L 21/683* (2006.01)
- (52) CPC특허분류  
*H01L 21/67109* (2013.01)  
*H01J 37/32724* (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2022-7039432(분할)
- (22) 출원일자(국제) 2015년11월20일  
심사청구일자 2022년11월11일
- (85) 번역문제출일자 2022년11월10일
- (65) 공개번호 10-2022-0156108
- (43) 공개일자 2022년11월24일
- (62) 원출원 특허 10-2017-7002761  
원출원일자(국제) 2015년11월20일  
심사청구일자 2020년11월19일
- (86) 국제출원번호 PCT/US2015/062010
- (87) 국제공개번호 WO 2016/085826  
국제공개일자 2016년06월02일

(30) 우선권주장  
14/555,467 2014년11월26일 미국(US)

## (56) 선행기술조사문헌

KR1020120130175 A\*

KR1020130076828 A\*

JP2007024069 A

KR1020110117693 A

\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

전체 청구항 수 : 총 7 항

심사관 : 민지현

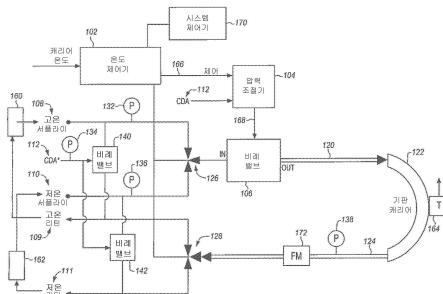
## (54) 발명의 명칭 비례 열 유체 전달 시스템을 사용하는 기판 캐리어

## (57) 요약

비례 열 유체 전달 시스템을 사용하는 기판 캐리어가 설명된다. 일 예에서, 장치는, 기판 캐리어의 유체 채널에 열 유체를 제공하고 그리고 유체 채널로부터 열 유체를 수신(receive)하기 위한 열 교환기를 포함하며, 유체 채널 내의 열 유체는 기판 프로세싱 동안 캐리어의 온도를 제어하기 위한 것이다. 비례 밸브(proportional valv

(뒷면에 계속)

## 대표도



e)가 열 교환기로부터 유체 채널로의 열 유체의 유량을 제어한다. 온도 제어기는, 캐리어의 열 센서로부터 측정된 온도를 수신하며, 그리고 유량을 조정하기 위해, 측정된 온도에 응답하여 비례 밸브를 제어한다.

(52) CPC특허분류

*H01L 21/67017* (2013.01)

메이즈, 브래드 엘.

*H01L 21/67248* (2013.01)

미국 45840 오하이오 핀들레이 오크먼트 드라이브  
2611

*H01L 21/6831* (2013.01)

(72) 발명자

마로흘, 단 에이.

미국 95132 캘리포니아 새너제이 아웃룩 코트 3461

소지, 세르지오 푸쿠다

미국 95120 캘리포니아 새너제이 보세 레인 6582

---

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

워크피스를 프로세싱하기 위한 방법으로서,

플라즈마 챔버에서 가스 이온들을 포함하는 플라즈마를 생성하는 단계;

워크피스 홀더 상의 워크피스에 상기 플라즈마를 적용(applying)하는 단계;

유체 채널에 열 유체를 제공하고 상기 유체 채널로부터 상기 열 유체를 수신하는 열 교환기, 및 상기 유체 채널에 제 2 열 유체를 제공하는 제 2 열 교환기를 사용하여, 상기 워크피스 홀더의 열 유체 채널을 통해 상기 워크피스의 온도를 조절하는 단계를 포함하고,

상기 유체 채널 내의 상기 열 유체는 기판 프로세싱 동안, 상기 열 교환기로부터 상기 유체 채널로의 상기 열 유체의 유량을 제어하기 위한 비례 밸브, 및 상기 워크피스 홀더의 열 센서로부터 측정된 온도를 수신하여 상기 측정된 온도에 응답하여 상기 비례 밸브를 제어하여 상기 열 유체의 유량을 조정하는 온도 제어기를 사용하여, 상기 워크피스 홀더의 온도를 제어하며,

상기 열 교환기는 저온(cold) 열 유체를 제공하고, 상기 제 2 열 교환기는 고온(hot) 열 유체를 제공하며, 상기 열 유체 및 상기 제 2 열 유체는 폴리에테르들(polyethers)을 포함하는,

워크피스를 프로세싱하기 위한 방법.

#### 청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 유량을 제어하는 것은, 상기 온도 제어기가 압력 조절기에 아날로그 전압 신호를 제공하고, 상기 압력 조절기가 상기 아날로그 전압 신호에 응답하여 상기 비례 밸브에 유체 압력을 제공하여 상기 비례 밸브를 제어하는 것을 포함하는,

워크피스를 프로세싱하기 위한 방법.

#### 청구항 3

제 2 항에 있어서,

상기 비례 밸브는 상기 유체 압력에 따른 양만큼 개방되거나 폐쇄되는 통로를 갖는 아날로그 유동 밸브인,

워크피스를 프로세싱하기 위한 방법.

#### 청구항 4

제 2 항에 있어서,

상기 아날로그 전압 신호는 무스텝(stepless)이고, 상기 유체 압력은 무스텝인,

워크피스를 프로세싱하기 위한 방법.

#### 청구항 5

제 2 항에 있어서,

압력 조절형 밸브에 제공되는 상기 유체 압력은 압축 건조 공기(compressed dry air)에 의해 공급되는,

워크피스를 프로세싱하기 위한 방법.

#### 청구항 6

제 1 항에 있어서,

압력 센서로부터 유체 압력을 수신하고 상기 유체 채널 내의 유량계로부터 유체 유량을 수신하는 단계를 더 포함하고,

상기 온도 제어기는 상기 압력 센서 및 상기 유체 채널에 응답하여 상기 비례 밸브를 제어하는,

워크피스를 프로세싱하기 위한 방법.

#### 청구항 7

제 1 항에 있어서,

상기 비례 밸브는 압력 조절형 밸브를 포함하고, 상기 비례 밸브는 상부 챔버 및 하부 챔버를 갖는 밸브 본체를 포함하며, 상기 상부 챔버 내의 상부 다이어프램(diaphragm)은 상기 하부 챔버 내의 하부 다이어프램에 커플링 되는,

워크피스를 프로세싱하기 위한 방법.

#### 청구항 8

삭제

#### 청구항 9

삭제

#### 청구항 10

삭제

#### 청구항 11

삭제

#### 청구항 12

삭제

#### 청구항 13

삭제

#### 청구항 14

삭제

#### 청구항 15

삭제

#### 청구항 16

삭제

#### 청구항 17

삭제

#### 청구항 18

삭제

#### 청구항 19

삭제

청구항 20

삭제

## 발명의 설명

### 기술 분야

[0001]

[0001] 본 발명의 실시예들은 마이크로일렉트로닉스(microelectronics) 제조 산업에 관한 것이며, 보다 특정하게는, 플라즈마 프로세싱 동안 워크피스(workpiece)를 지지하기 위한 온도 제어형 지지부(temperature controlled support)들에 관한 것이다.

### 배경 기술

[0002]

[0002] 반도체 칩들의 제조에 있어서, 실리콘 웨이퍼 또는 다른 기판은 상이한 프로세싱 챔버들에서 여러 가지의 상이한 프로세스들에 노출된다. 챔버들은, 웨이퍼 상에 회로(circuitry) 및 다른 구조들을 형성하기 위해, 웨이퍼를 플라즈마들, 화학 증기들, 금속들, 레이저 에칭, 및 다양한 증착 및 산(acid) 에칭 프로세스들에 노출시킬 수 있다. 이러한 프로세스들 동안, 실리콘 웨이퍼는 정전 척(ESC), 캐리어, 페디스털, 또는 여러 가지의 다른 구조들에 의해 제자리에(in place)에 유지될 수 있다. ESC는, 척의 퍽(puck) 표면 또는 평평한(flat) 표면에 웨이퍼의 후방 측을 클램핑하기 위해, 정전기장을 생성함으로써 웨이퍼를 유지한다. 다른 캐리어들은 진공 압력, 접착제 또는 다른 기법들을 사용한다.

[0003]

[0003] 이를테면 마이크로일렉트로닉스 디바이스들 등의 플라즈마 에칭을 수행하도록 설계된 것들과 같은 플라즈마 프로세싱 장비를 위한 제조 기법들이 진보함에 따라, 프로세싱 동안 웨이퍼의 온도가 더 중요하게 되었다. ESC들은, 종종 워크피스라고 불리는 기판의 표면에 걸쳐서 특정한 열 프로파일을 제공하도록 설계되어 왔다. ESC들은 또한, 워크피스의 온도를 정확하게 조절하도록 설계되어 왔다.

[0004]

[0004] ESC들은 액체 냉각(liquid cooling)을 사용하여, 플라즈마 전력 열을 흡수하고 이를 척으로부터 제거한다. ESC는 또한, 액체를 사용하여 척을 가열할 수 있다. 이는, 상이한 프로세스 및 플라즈마 조건들 하에서 더 넓은 프로세스 윈도우를 허용한다. 열 교환기가, 액체가 척을 통해 펌핑되기 전에 그러한 액체를 가열 또는 냉각시키는 데에 사용되며, 그런 다음, 밸브들이, 척을 통해 펌핑되는 고온(hot) 및 저온(cold) 유체의 혼합물(mixture) 및 유량을 제어한다. 보다 정확한 열적 성능은, 웨이퍼 상에 구조들이 보다 정확하게 형성되는 것을 허용한다.

### 발명의 내용

#### 해결하려는 과제

#### 과제의 해결 수단

[0005]

[0005] 비례 열 유체 전달 시스템을 사용하는 기판 캐리어가 설명된다. 일 예에서, 장치는, 기판 캐리어의 유체 채널에 열 유체를 제공하고 그리고 유체 채널로부터 열 유체를 수신(receive)하기 위한 열 교환기를 포함하며, 유체 채널 내의 열 유체는 기판 프로세싱 동안 캐리어의 온도를 제어하기 위한 것이다. 비례 밸브(proportional valve)가 열 교환기로부터 유체 채널로의 열 유체의 유량을 제어한다. 온도 제어기는, 캐리어의 열 센서로부터 측정된 온도를 수신하며, 그리고 유량을 조정하기 위해, 측정된 온도에 응답하여 비례 밸브를 제어한다.

#### 도면의 간단한 설명

[0006]

[0006] 본 발명의 실시예들은 첨부한 도면들에서 제한이 아닌 예로서 예시된다.

[0007] 도 1은, 본 발명의 실시예에 따른, 웨이퍼 지지부의 비례 유체 유동 제어를 사용하는 온도 조절 시스템의 도면이고;

[0008] 도 2는, 본 발명의 실시예에 따른, 비례 유체 유동을 사용하는 온도 조절을 위한 대안적인 구성이며;

[0009] 도 3은, 본 발명의 실시예에 따른, 비례 밸브 유체 제어 시스템 및 페디스털을 사용하는, 워크피스를 위한 플라즈마 프로세싱 장치의 대안적인 도면이다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0007]

[0010] 이하의 설명에서, 많은 세부 사항들이 설명되지만, 본 발명은 이러한 특정 세부 사항들 없이 실시될 수 있음이 당업자에게 자명할 것이다. 몇몇 경우들에서, 잘 알려진 방법들 및 디바이스들은, 본 발명을 모호하게 하는 것을 피하기 위해, 상세하게 도시되는 것이 아니라, 블록도 형태로 도시된다. 본 명세서 전체에 걸친 "실시예" 또는 "일 실시예"에 대한 언급은, 실시예와 관련하여 설명된 특정한 피처, 구조, 기능 또는 특성이 본 발명의 적어도 하나의 실시예에 포함됨을 의미한다. 따라서, 본 명세서 전체에 걸쳐 다양한 곳들에서 "실시예에 서" 또는 "일 실시예에서"라는 문구의 출현이 반드시 본 발명의 동일한 실시예를 지칭하는 것은 아니다. 또한, 특정한 피처들, 구조들, 기능들 또는 특성들은 하나 또는 그 초과의 실시예들에서 임의의 적절한 방식으로 결합될 수 있다. 예를 들어, 제 1 실시예는, 2개의 실시예들과 연관된 특정한 피처들, 구조들, 기능들 또는 특성이 상호 배타적이지 않은 어디에서든 제 2 실시예와 결합될 수 있다.

[0008]

[0011] 본 발명의 상세한 설명 및 첨부된 청구항들에서 사용되는 바와 같이, 단수 형태들("a", "an" 및 "the")은, 문맥상 명백히 달리 지시되지 않는 한, 또한 복수의 형태들도 포함하도록 의도된다. 본원에서 사용되는 바와 같은 "및/또는"이라는 용어는, 연관된 열거된 항목들 중 하나 또는 그 초과의 임의의 그리고 모든 가능한 조합들을 지칭하고 그리고 그러한 조합들을 포함한다는 것이 또한 이해될 것이다.

[0009]

[0012] "커플링된(coupled)" 및 "연결된(connected)"이라는 용어들은, 이들의 파생어들과 함께, 본원에서 컴포넌트들 간의 기능적 또는 구조적 관계들을 설명하는 데에 사용될 수 있다. 이러한 용어들은 서로에 대해 동의어들로서 의도되지 않는다는 것이 이해되어야 한다. 그 보다는, 특정한 실시예들에서, "연결된"은 둘 또는 그 초과의 엘리먼트들이 서로 직접적으로 물리적, 광학적 또는 전기적으로 접촉하고 있음을 나타내기 위해 사용될 수 있다. "커플링된"은, 둘 또는 그 초과의 엘리먼트들이 서로 직접적으로 또는 (그들 사이의 다른 개재된 엘리먼트들에 의해) 간접적으로, 물리적, 광학적 또는 전기적으로 접촉하고 있음을, 그리고/또는 둘 또는 그 초과의 엘리먼트들이 (예를 들어, 원인과 결과 관계에서와 같이) 서로 협동하거나 상호 작용한다는 것을 나타내기 위해 사용될 수 있다.

[0010]

[0013] 본원에서 사용되는 바와 같은 "위에(over)", "하에(under)", "사이에(between)", 및 "상에(on)"라는 용어들은, 그러한 물리적 관계들이 주목할만한 경우, 하나의 컴포넌트 또는 재료 층의, 다른 컴포넌트들 또는 층들에 대한 상대적인 포지션을 지칭한다. 예를 들어, 재료 층들의 맥락에서, 다른 층 위에 또는 하에 배치된 하나의 층은, 다른 층과 직접적으로 접촉할 수 있거나 하나 또는 그 초과의 개재 층들을 가질 수 있다. 또한, 2개의 층들 사이에 배치된 하나의 층은, 2개의 층들과 직접적으로 접촉할 수 있거나 하나 또는 그 초과의 개재 층들을 가질 수 있다. 반면에, 제 2 층 "상의" 제 1 층은 그러한 제 2 층과 직접적으로 접촉한다. 유사한 구별들이, 컴포넌트 조립체들의 맥락에서 이루어져야 한다.

[0011]

[0014] 정전 척(ESC) 또는 진공 척과 같은 기판 지지부의 온도는 비례 유체 전달 시스템을 사용하여 제어될 수 있다. 펄싱(pulsing) 유체 전달 시스템은 유체 밸브의 개방과 폐쇄를 빠르게 순환(cycle)시킨다. 개방 둑티 사이클(duty cycle)은, 척으로 유동하는 유체의 양을 결정한다. 이는, 비례 제어 시스템만큼 정확하거나 신뢰할 수 없다. 비례 값에 의해 허용되는 유량들은, 높은 바이어스 RF 전력을 갖는 플라즈마 프로세스들의 냉각 요구들을 충족시킨다. 이들은, 고 종횡비 애칭 구조들에 대해 사용되는 그러한 프로세스들을 포함한다. 폐쇄 루프 온도 제어 시스템이 없으면, 척 온도는 웨이퍼 프로세싱 동안 높은 RF 전력의 도입에 의해 꾸준히 증가할 것이다. 설명되는 폐쇄 루프 시스템은 정상 상태(steady state) 온도 제어를 제공하며, 이는 웨이퍼가 프로세싱되는 동안 애칭 형상 성능을 개선할 것이다.

[0012]

[0015] 도 1은, 상기 설명된 바와 같은, ESC 또는 진공 척과 같은 웨이퍼 지지부를 위한 온도 조절 시스템의 도면이다. 시스템은 고온 유체를 위한 소스(source)(108) 및 리턴(return)(109)을 갖는다. 리턴은 유체를 열교환기(160)에 다시 피딩(feed)하며, 열 교환기(160)는 유체를 미리 결정된 온도로 또는 조절된 양만큼 가열하고 그리고 압력 하에서 유체를 서플라이 라인(108)에 제공한다. 유체 온도는 제어 신호에 기초하여 조정될 수 있거나 고정될 수 있다. 유사하게, 시스템은 저온(cool) 유체를 위한 소스(110) 및 리턴(111)을 갖는다. 제 2 열 교환기(162)가 저온 리턴을 수신하고 이를 미리 결정된 온도로 또는 조절된 양만큼 냉각시킨다. 제 1 및 제 2 열 교환기들은 단일 유닛 또는 2개의 별개의 디바이스들일 수 있다. 열 교환기들은 자동 온도 조절로

(thermostatically) 제어될 수 있거나, 또는 이들은 임의의 특정 제어가 있거나 없는 설계에 기초하여 고정된 양의 가열 또는 냉각을 적용할 수 있다. 이하에서 설명되는 바와 같이, 기관 캐리어(122)를 통해 순환되는 냉각제(120)의 온도는, 공급되는 고온(108) 및 저온(110)의 유체들의 온도뿐만 아니라 고온 및 저온의 혼합물 및 유량에 의해서 또한 부분적으로 제어된다. 시스템은, 캐리어(122)로 펌핑되는 유체 출력 라인(120), 및 캐리어로부터 유체를 리터닝하는 리턴 라인(124)을 제공한다.

[0013] 고온 유체 서플라이는, 열 교환기로부터의 고온 유체의 유동을 개방 또는 폐쇄하는 3-웨이(way) 밸브(126)에 제공된다. 저온 유체 서플라이는 유사하게, 제 2 열 교환기로부터의 저온 유체의 유동을 개방 또는 폐쇄하는 동일한 3-웨이 밸브에 제공된다. 이러한 밸브를 통해 허용되는 유체는, 기관 캐리어를 가열 또는 냉각시키기 위해, 캐리어 서플라이 라인(120)을 통해 기관 캐리어(122)에 제공된다. 고온 및 저온 리턴 라인들(109, 111)에 커플링된 부가적인 3-웨이 밸브(128)가 존재한다. 기관 캐리어로부터의 유체는, 캐리어 리턴 라인(124)을 통해 이러한 밸브(128)로 리터닝되고, 이러한 밸브를 통해, 그 유체가 유래된 각각의 열 교환기로 다시 전달되는 것이 허용된다. 3-웨이 밸브들은, 2개의 밸브들에 커플링된 온도 제어기(102)의 제어 하에서 동작된다.

[0014] 온도 제어기(102)는, 직접적으로 또는 간접적으로 기관의 온도를 결정하기 위해, 기관 캐리어(122) 또는 프로세스 챔버 내의 기관에 부착된, 광학 온도 프로브와 같은 열 센서(164)로부터 온도 신호를 수신한다. 이러한 수신된 온도에 기초하여, 제어기는 고온 및 저온 밸브들을 개방 및 폐쇄하며, 기관 캐리어(122)를 통하는 유량을 제어한다. 제어기(102)는 프로브(164) 온도를 사용하여 온도 설정 포인트(set point)로부터의 에러(error)를 결정하며, 그리고 예를 들어 PID(Proportional Integral Derivative) 제어기를 사용하여 출력 전압을 생성한다.

[0015] 제어기(102)는, 고온(108) 또는 저온(110) 유체들 중 어느 하나인, 기관 캐리어 유체 채널(120)에서 사용할 냉각 매체 및 유량을 결정한다. 몇몇 실시예들에서, 저온 열 교환기에 의해 제공되는 유체는 약 0°C이고, 고온 열 교환기에 의해 제공되는 유체는 약 55°C이다. 캐리어의 현재 온도에 따라, 이러한 유체들 중 어느 하나가 유체 채널로 전달된다. 캐리어 온도가 설정 포인트 위에 있다면, 그러면 저온 칠러(cold chiller)로부터의 유체가 사용된다. 캐리어 온도가 설정 포인트 아래에 있다면, 그러면 고온 칠러로부터의 유체가 사용된다. 유체 전달 시스템은, 가변 유동 밸브(variable flow valve)(106)를 사용하여 온도 제어 매체(120)를 적절한 온도 범위 내로 제어한다. 유체 전달 시스템은 또한, 플라즈마 프로세싱 동안 온도 램프업(ramp up) 및 오버슈트(overshoot)를 제어한다.

[0016] 유량을 제어하기 위해, 온도 제어기(102)는 밸브 제어 신호, 예를 들어 아날로그 전압을 생성하고, 그러한 신호를 압력 조절기(104)에 공급한다. 압력 조절기는 밸브 제어 신호에 기초하여 압력을 생성하고, 그러한 압력을 유동 제어 밸브(106)에 제공한다. 유동 제어 밸브는, 열 교환기들(160, 162)로부터 기관 캐리어(122)로의 통로를, 공급되는 압력에 따른 양만큼 개방하거나 폐쇄한다. 그러므로, 캐리어를 통하는 가열 또는 냉각 유체의 유량은 유동 제어 밸브(106)에 의해 제어된다. 따라서, 유동 제어 밸브는, 기관 캐리어에 적용되는 가열 또는 냉각의 양을 제어한다. 더 높은 유량은, 유체가, 더 많은 열을 캐리어로 또는 캐리어로부터 전달하는 것을 허용한다. 캐리어는 프로세싱 챔버 내의 기관에 열적으로 커플링된다. 결과적으로, 저온 유체의 더 높은 유량은 캐리어로부터 더 많은 열을 제거할 것이다. 고온 유체의 더 높은 유량은 캐리어에 더 많은 열을 전달할 것이다.

[0017] 예시된 예에서, 온도 제어기(102)는 전공(electro-pneumatic) 조절기(104)에 커플링된다. 그러한 조절기에는, 제어되고 전형적으로 일정한 압력으로, CDA(압축 건조 공기) 입력(112)이 공급된다. 조절기는, 열 제어기로부터의 전기 제어 신호(166)에 응답하여, 정밀한 공압식 공기 압력 신호(168)를 생성하도록, 입력 CDA를 조절한다. 무스텝(stepless) 아날로그 신호가 조절기에 제공되면, 그러면 조절기는, 또한 무스텝적으로 (steplessly) 변하는 조절기 공기 압력을 제공할 수 있다. 이러한 조절된 공압식 제어 압력은 압력 조절형 밸브(106)의 정상부(top)에 적용된다.

[0021] 몇몇 실시예들에서, CDA는 조절기(104)의 공기 서플라이 솔레노이드(solenoid) 밸브에 적용된다. 입력 제어 전압(166)이 증가함에 따라, 솔레노이드 밸브가 개방된다. 공기 서플라이 밸브를 통해 방출되는(released) 압력은 센서에 의해 측정되고, 제어 회로에 피딩된다. 공기 서플라이 밸브는, 측정된 압력이, 제어 신호에 의해 표시되는 압력과 일치할(align) 때까지 조정된다. 조절기 내의 압력을 다시 CDA 서플라이로 완화(relieve)시키기 위해, 배기 솔레노이드 밸브가 제공된다.

[0022] 압력 조절형 밸브(106)는 압력 조절기(104)로부터의 제어 압력(168)에 응답하여 비례 유체 제어를 제공

한다. 이는, 캐리어(122)를 통한, 3-웨이 밸브(126)로부터의 유체 유동(120)의 무스텝 제어를 허용한다. 밸브는, 펄스형 밸브와 비교하여 매우 조금 이동한다. 이는, 더 적은 서비스(servicing)에 의해 더 긴 하드웨어 수명을 제공한다. 부가적으로, 온도 변화들에 대한 응답이 더 매끄럽다(smoothen). 플라즈마 프로세싱 동안 연속적인 유체 오프 시간들(continuous fluid off times)이 없는 가변 유량을 사용하여, 온도 반응이 더 매끄럽게 되며 온도 변동들(temperature oscillations)이 감소된다.

[0020] 몇몇 실시예들에서, 압력 조절형 밸브는 밸브 본체에 상부 챔버를 갖고, 상부 챔버에는, 상부 챔버에 공급되는 공기 압력에 응답하여 이동하는 상부 다이어프램(diaphragm)이 구비된다. 상부 챔버의 상부 다이어프램은, 샤프트를 통해, 밸브 본체의 하부 챔버에 있는 하부 밸브 게이트 또는 다이어프램에 커플링된다. 상부 다이어프램은, 연결 샤프트에 의해 하부 게이트 또는 다이어프램을 이동시키기 위해, 공기 압력에 응답하여 스프링에 대하여 이동한다. 하부 챔버는 유입구에서 3-웨이 밸브(126)로부터 유체를 수신하고, 그런 다음에, 게이트 또는 하부 다이어프램의 포지션에 기초하여 배출구로의 유량을 변화시킨다. 유량계(172)를 사용하여, 제어 피드백 루프는, 비례 밸브를 통해 원하는 유량을 제공하는 데에 사용될 수 있다.

[0021] 고온 유체 리턴 밸브(140)는, 가열 유체가 고온 서플라이로부터, 기관 캐리어(122)를 바이패싱(bypassing)하고 고온 리턴으로 유동하는 것을 허용한다. 유사한 저온 유체 리턴 밸브(142)는, 냉각 유체가 저온 서플라이로부터, 캐리어를 통과하지 않고 저온 리턴으로 직접적으로 유동하는 것을 허용한다. 3-웨이 밸브들(126, 128)의 설정들 때문에 고온 또는 저온 서플라이가 캐리어에 공급되지 않을 때, 고온 및 저온 유체 리턴 밸브들(140, 142)은, 유체가 캐리어를 통해 유동하지 않고 대응하는 열 교환기를 통해 유동하는 것을 허용한다. 이는, 대응하는 열 교환기가, 일정한(steady) 온도를 확립하고 유체의 서플라이를 원하는 온도로 유지하는 것을 허용한다.

[0022] 도시된 바와 같이, 이러한 유체 바이패스 밸브들(140, 142)은 또한, 조절형 CDA(압축 건조 공기) 소스(112)에 의해, 또는 비조절형 온/오프 CDA에 의해 제어되는 비례 밸브들일 수 있다. 이러한 밸브들은 또한, 3-웨이 밸브들과 함께, 원하는 유동을 제공하기 위해, 온도 제어기에 의해 제어될 수 있다.

[0023] 온도 조절 시스템은 또한, 다양한 압력 센서들(132, 134, 136, 138) 및 유량계들(172)을 포함할 수 있다. 이들은 시스템 제어기(170)에 커플링될 수 있고, 시스템 제어기(170)는 온도 제어기(102), 열 교환기들(160, 162), 기관 캐리어(122), 및 기관 상에서 수행되고 있는 프로세스들의 다른 양상들을 제어한다. 고온 및 저온 서플라이들 각각에 대한 압력 센서(132, 136)는, 열 교환기들의 동작이 측정되는 것을 허용한다. CDA 압력을 각각에 대한 압력 센서(134)는, CDA 압축이 측정되고 그에 따라 조정되는 것을 허용한다.

[0024] 캐리어를 통하는 유체 라인(120, 124)에서의 유량계(172)는 유량이 측정되게 허용한다. 그 후에, 측정된 유량은, 원하는 경우에, 비례 밸브(106)를 사용하여 조정될 수 있다. 라인에서의 압력이 또한, 압력 센서(138)에 의해 측정될 수 있고, 비례 밸브를 사용하여 조정될 수 있다. 예시된 예에서, 유량 및 압력은 캐리어로부터의 리턴 라인(124)에서 측정된다. 이는, 시스템이 동작 중에 있는 동안에, 캐리어를 통하는 시스템 동작이 체크되게 허용한다. 임의의 유동 또는 압력 손실이 관찰될 것이고, 비례 밸브의 포지션을 변경하는 것에 대한 효과가 또한 측정될 수 있다.

[0025] 설명되는 온도 조절 시스템은 기관 캐리어에서의 채널을 통해 유동하는 유체의 온도가, 예를 들어 0 °C 내지 55 °C의 범위로 제어되게 허용한다. 기관 캐리어는 하나 초과의 열 유체 채널을 가질 수 있고, 그러한 경우에, 도 1의 시스템은 각각의 부가적인 채널을 지원하도록 중복될 수 있다. 압력 조절형 밸브(106) 내로의 혼합물 및 압력 조절형 밸브를 통하는 유량이 독립적으로 제어될 수 있기 때문에, 단일 고온 및 단일 저온 열 교환기가 하나 초과의 채널에 유체를 제공하기 위해 사용될 수 있다.

[0026] 도 2는 외측 열 유체 채널(282) 및 내측 열 유체 채널(284)을 갖는 ESC(280)와 같은 기관 캐리어를 위한 예시적인 구성을 도시한다. 외측 및 내측 채널들은 기관의 상이한 위치들 상의 상이한 조건들을 보상하기 위해 사용될 수 있다. 웨이퍼 플라즈마 프로세싱의 경우에, 예를 들어, 웨이퍼의 외측 에지가 챔버에 노출되는 더 많은 표면 면적을 갖기 때문에, 웨이퍼의 외측 에지가 웨이퍼의 내부보다 더 빠르게 가열되는 경향을 갖는다. 그러한 예에서, 웨이퍼가 그 표면에 걸쳐 더 일관된 온도로 유지될 수 있도록, 내측 유체 채널보다 외측 유체 채널에 더 많은 냉각 유체 유동이 제공될 수 있다. 도 2의 원리들은, 하나 초과의 유체 채널에 대해 독립적인 제어가 사용되는 다른 타입들의 ESC들 및 다른 타입들의 기관 캐리어들에 적용될 수 있다.

[0027] 저온 서플라이 열 교환기(202)가 저온 서플라이 라인(206)에 칠링된 열 유체를 제공한다. 저온 서플라이는 바이패스 밸브(218)를 통해 저온 리턴 매니폴드(cold return manifold)(220)에 퍼딩되고, 그러한 저온 리

턴 매니폴드(220)는 저온 리턴 라인(210)을 통해 저온 열 교환기에 저온 서플라이를 리터닝한다. 바이패스 밸브(218)는 압력 센서(216)를 사용하여 제어될 수 있다. 저온 서플라이 라인(206)에서의 압력이 높은 경우에, 라인에서의 압력을 완화시키기 위해, 바이패스 밸브가 압력 센서에 의해 개방된다. 저온 서플라이 라인에서의 압력이 낮은 경우에, 시스템의 동작을 지원할 정도로 충분한 압력이 존재하는 것을 보장하기 위해, 바이패스 밸브가 폐쇄된다. 저온 리턴 라인에서의 저온 유량계(222)는, 압력 센서(216)와 조합되어, 적절한 시스템 동작을 보장하기 위해 열 제어기(미도시) 또는 시스템 제어기(미도시)에 의해 사용될 수 있는 다른 센서를 제공한다.

[0028] [0031] 바이패스 밸브(218)는 외부 제어기에 의해 수동적으로 동작 또는 제어될 수 있는 다이어프램 밸브일 수 있다. 바이패스 밸브는 압력에 기초한 부분적인 자기-조절형이고, 또한, 압력 센서에 의해 제어될 수 있다. 저온을 위한 바이패스 밸브 및 고온 리턴(212)을 위한 다른 바이패스 밸브(226)는 모든 동작 모드들 동안의 지속되는 유동 및 유량들에서의 매끄러운(smooth) 변화들을 보장하는 것을 돋는다.

[0029] [0032] 고온 서플라이 열 교환기(204)가 유사하게, 고온 서플라이 라인(208)에 가열된 열 유체를 제공한다. 고온 서플라이 라인은, 리턴 매니폴드(228)에 고온 서플라이를 피드백하기 위해, 압력 센서(224)에 의해 제어되는 고온 바이패스 밸브(226)를 통해 피딩된다. 리턴 매니폴드에서의 고온 열 유체는 고온 리턴 라인으로 피딩되고, 고온 서플라이 열 교환기(204)로 피드백된다. 고온 리턴 라인은 또한, 모든 소스들로부터의 리턴 라인에서의 유동을 측정하기 위해 유량계(230)를 갖는다.

[0030] [0033] 저온 및 고온 열 유체 서플라이는, 외측 냉각 채널(282)에 대해, 저온 또는 고온 열 유체 중 어느 하나 또는 양자 모두를 선택하는 제 1의 3-웨이 밸브(240)에 피딩된다. 동일한 저온 및 고온 열 유체 서플라이가 또한, ESC(280)의 내측 냉각 채널(284)에 대해, 저온 또는 고온 열 유체 중 어느 하나 또는 양자 모두를 선택하는 제 2의 3-웨이 밸브(242)에 피딩된다. 3-웨이 밸브들 각각으로부터의 출력의 유량은 위에서 설명된 바와 같은 압력 조절형 밸브와 같은 각각의 비례 밸브(260, 262)에 의해 제어된다. 그러나, 도 1의 예에서와 같이, 임의의 다른 타입의 비례 밸브가 사용될 수 있다. 각각의 비례 밸브는 위에서 설명된 바와 같은 압력 조절기와 같은 각각의 밸브 제어기(250, 252)를 갖는다. 압력 조절기들은 열 제어기로부터의 제어 신호(미도시) 및 CDA 소스(286)에 커플링된다. 2개의 비례 밸브들은 각각의 냉각 채널을 통하는 유량의 독립적인 제어를 제공한다. 도 2의 구성을 사용하면, 열 교환기들이 공유되면서, 각각의 냉각 채널을 통하는 열 유체의 유량 및 온도 양자 모두가 독립적으로 제어된다.

[0031] [0034] 유량 및 온도 제어된 유체는 외측 채널 비례 밸브(260)로부터 ESC(280)의 외측 채널(282)로의 외측 채널 서플라이 라인(270)에 제공된다. 그러한 유량 및 온도 제어된 유체는 ESC의 외측 채널을 통해 외측 리턴 라인(274)으로 유동한다. 유사하게, 내측 채널 비례 밸브(262)로부터의 유량 및 온도 제어된 유체는 ESC(280)의 내측 채널(284)로의 내측 채널 서플라이 라인(272)에 제공된다. 그러한 유량 및 온도 제어된 유체는 ESC의 내측 채널을 통해 내측 리턴 라인(276)으로 유동한다.

[0032] [0035] ESC 리턴 라인들(274, 276)은 유체 소스에 따라 냉각 또는 가열되도록 열 교환기들로 피드백된다. 외측 리턴(274)은 유량계(258)를 통해 그리고 그 후에 압력 센서(254)를 통해 3-웨이 밸브(244)로 통과된다. 3-웨이 밸브는 열 유체가 유래된 열 교환기(202, 204)의 리턴 매니폴드(220, 228)로 리턴 유체를 라우팅한다. 유사하게, 내측 리턴 라인(276)은 유량계(268) 및 압력 센서(256)를 통해 상이한 3-웨이 밸브(246)로 통과된다. 3-웨이 밸브는 또한, 내측 채널로부터 대응하는 열 교환기(202, 204)로 유체를 리터닝하기 위해 리턴 매니폴드들(220, 228)에 커플링된다.

[0033] [0036] 4개의 3-웨이 밸브들(240, 242, 244, 246)은 모두, 요구되는 바에 따라, 서플라이 및 리턴 라인들에 열 유체들을 라우팅하는 것을 보장하기 위해, 온도 제어기에 의해 제어될 수 있다. 열 교환기들 중 하나가 서플라이 라인들 중 어느 하나에도 커플링되지 않은 경우에, 대응하는 바이패스 밸브(218, 226)가 개방될 수 있다. 시스템 전반에 걸친 유동 및 압력 센서들은 적절한 동작을 보장하기 위해 시스템이 상이한 포인트들에서 항상 모니터링되게 허용한다.

[0034] [0037] 도 3은 본 발명의 실시예에 따른, 척 어셈블리(42)를 포함하는 플라즈마 에칭 시스템(10)의 개략도이다. 플라즈마 에칭 시스템(10)은, 이를테면 Enabler<sup>®</sup>, DPS II<sup>®</sup>, AdvantEdge<sup>TM</sup> G3, EMAX<sup>®</sup>, Axiom<sup>®</sup>, 또는 Mesa<sup>TM</sup> 챔버들과 같지만 이에 제한되지는 않는 본 기술분야에 알려져 있는 임의의 타입의 고 성능 에칭 챔버일 수 있고, 상기 챔버들 모두는 미국, 캘리포니아의 어플라이드 머티어리얼스에 의해 제조된다. 다른 상업적으로 입수 가능한 에칭 챔버들이 유사하게, 본원에서 설명되는 척 어셈블리들을 활용할 수 있다. 예시적인 실시예들이 플라즈마 에칭 시스템(10)의 상황에서 설명되지만, 본원에서 설명되는 척 어셈블리는 또한, 임의의 플라

즈마 제조 프로세스를 수행하기 위해 사용되는 다른 프로세싱 시스템들(예를 들어, 플라즈마 증착 시스템들 등)에 적응 가능하다.

[0035]

[0038] 도 3을 참조하면, 플라즈마 에칭 시스템(10)은 접지된 챔버(5)를 포함한다. 프로세스 가스들은 챔버에 연결된 가스 소스(들)(29)로부터 질량 유동 제어기(49)를 통해 챔버(5)의 내부로 공급된다. 챔버(5)는 고 용량 진공 펌프 스택(55)에 연결된 배기 밸브(51)를 통해 진공배기된다. 플라즈마 전력이 챔버(5)에 인가되는 경우에, 워크피스(10) 위의 프로세싱 영역에서 플라즈마가 형성된다. 플라즈마 바이어스 전력(25)이 플라즈마를 에너자이징하기 위해 척 어셈블리(42) 내에 커플링된다. 플라즈마 바이어스 전력(25)은 전형적으로, 약 2 MHz 내지 60 MHz의 저 주파수를 갖고, 예를 들어, 13.56 MHz 대역에 있을 수 있다. 예시적인 실시예에서, 플라즈마 에칭 시스템(10)은 RF 매치(27)에 연결된, 약 2 MHz 대역에서 동작하는 제 2 플라즈마 바이어스 전력(26)을 포함한다. 플라즈마 바이어스 전력(25)은 또한, RF 매치에 커플링되고, 또한, 전력 도관(28)을 통해 하측 전극에 커플링된다. 플라즈마 소스 전력(30)이, 플라즈마를 유도성으로 또는 용량성으로 에너자이징하도록 고 주파수 소스 전력을 제공하기 위해, 다른 매치(미도시)를 통해 플라즈마 생성 엘리먼트(35)에 커플링된다. 플라즈마 소스 전력(30)은 플라즈마 바이어스 전력(25)보다 더 높은 주파수, 이를테면 100 내지 180 MHz를 가질 수 있고, 예를 들어, 162 MHz 대역에 있을 수 있다.

[0036]

[0039] 워크피스(10)가 개구(15)를 통해 로딩되고, 챔버 내부에서 척 어셈블리(42)에 클램핑된다. 반도체 웨이퍼와 같은 워크피스(10)는 임의의 웨이퍼, 기판, 또는 반도체 프로세싱 기술에서 채용되는 다른 재료일 수 있고, 본 발명은 이러한 점에 대해 제한되지 않는다. 워크피스(10)는 척 어셈블리의 냉각 베이스 어셈블리(44) 위에 배치된, 척 어셈블리의 퍼 또는 유전체 층의 상단 표면 상에 배치된다. 클램프 전극(미도시)이 유전체 층에 임베딩된다. 특정 실시예들에서, 척 어셈블리(42)는, 내측 채널(41) 및 외측 채널(99)과 같은 2개 또는 그 초과의 상이한 유체 채널 구역들을 포함할 수 있다. 각각의 채널(41, 99)은 동일한 또는 상이한 온도 설정 포인트들로 독립적으로 제어 가능할 수 있다.

[0037]

[0040] 시스템 제어기(70)가 챔버에서의 제조 프로세스를 제어하기 위해 다양한 상이한 시스템들에 커플링된다. 제어기(70)는 온도 제어 알고리즘들(예를 들어, 온도 피드백 제어)을 실행하기 위해 온도 제어기(75)를 포함할 수 있고, 소프트웨어 또는 하드웨어 중 어느 하나, 또는 소프트웨어와 하드웨어 양자 모두의 조합일 수 있다. 시스템 제어기(70)는 또한, 중앙 프로세싱 유닛(72), 메모리(73), 및 입력/출력 인터페이스(74)를 포함한다. 온도 제어기(75)는 다양한 유체 채널들(41, 99)에 대한 플라즈마 챔버(5) 외부의 열 소스 및/ 또는 열 싱크와 척 어셈블리(42) 사이의 열 전달의 레이트에 영향을 미치는 제어 신호들을 출력하기 위한 것이다. 온도 제어기(75)는, 기판 캐리어 내에 또는 상에 있을 수 있거나, 유체 서플라이 라인들에 커플링될 수 있거나, 또는 임의의 다른 원하는 위치에 있을 수 있는 하나 또는 그 초과의 온도 프로브들(43)에 커플링될 수 있다.

[0038]

[0041] 열 유체 구역들은, 위에서 설명된 바와 같은 구역-특정 온도 피드백 루프에 기초하여 제어되는 별개의 유동 제어를 갖는 별개의 독립적으로 제어되는 열 유체 열 전달 루프들을 포함할 수 있다. 예시적인 실시예에서, 온도 제어기(75)는 제 1 열 교환기(HTX)/칠러(77)에 커플링되고, 추가로, 특정한 구현에 따라서 요구되는 바에 따라, 제 2 HTX/가열기(78) 및 더 많은 열 교환기들(미도시)에 커플링될 수 있다. 척 어셈블리(42)에서의 도관들을 통하는 열 전달 유체 또는 냉각제의 유량은 위에서 설명된 바와 같은 비례 밸브 시스템(86)에 의해 제어된다.

[0039]

[0042] 비례 밸브 시스템(86)은, 상이한 유체 채널들 각각으로의 열 유체 또는 열 전달 유체의 유량을 독립적으로 제어하기 위해, 온도 제어기(75)에 의해 제어된다. 온도 제어기는 또한, 열 유체를 냉각 또는 가열하기 위해 각각의 열 교환기에 의해 사용되는 온도 설정 포인트를 제어할 수 있다. 따라서, 각각의 열 교환기는, 각각의 열 교환기의 각각의 냉각제 채널에 대한 열 유체가, 그러한 열 유체를 유체 채널들에 다시 제공하기 전에, 상이한 온도가 되게 할 수 있다.

[0040]

[0043] 열 전달 유체는, 탈이온수/에틸렌 글리콜과 같지만 이에 제한되지는 않는 액체, 솔베이 솔렉시스, 인코포레이티드(Solvay Solexis, Inc.)로부터의 Galden® 또는 3M으로부터의 Fluorinert®과 같은 플루오르화 냉각제, 또는 파플루오르화 비활성 폴리에테르들을 함유하는 것들과 같은 임의의 다른 적합한 유전 유체들일 수 있다. 본 설명이 플라즈마 프로세싱 챔버의 상황에서 ESC를 설명하지만, 본원에서 설명되는 ESC는 다양한 상이한 챔버들에서 그리고 다양한 상이한 프로세스들을 위해 사용될 수 있다. 특정한 구현에 따라, ESC 대신에, 상이한 기판 캐리어가 사용될 수 있다.

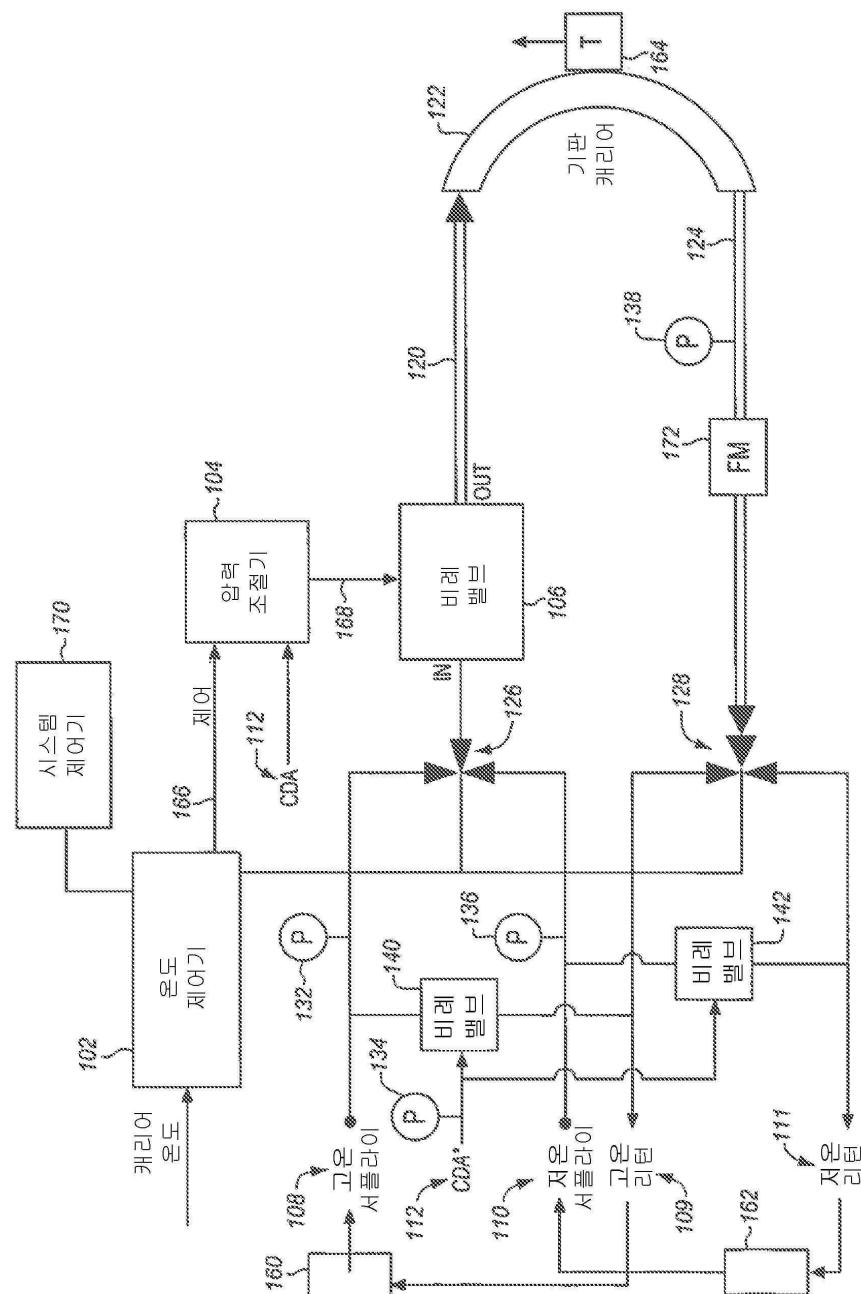
[0041]

[0044] 위의 설명이 예시적이도록 의도되고, 제한적이도록 의도되지 않는다는 것이 이해될 것이다. 예를

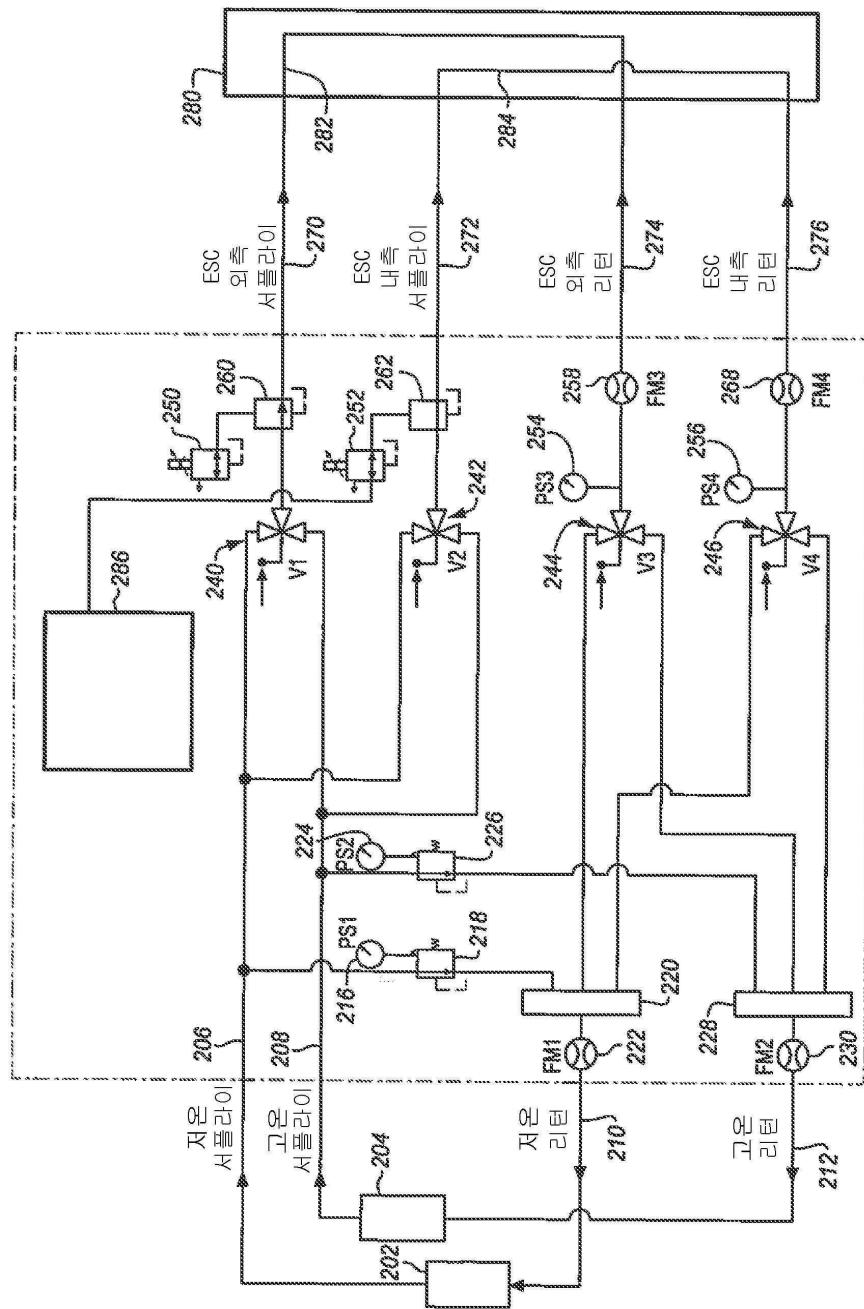
들어, 도면들에서의 흐름도들이 본 발명의 특정한 실시예들에 의해 수행되는 동작들의 특정한 순서를 도시하지만, 그러한 순서는 필수적이지 않다는 것이 이해되어야 한다(예를 들어, 대안적인 실시예들은 상이한 순서로 동작들을 수행할 수 있고, 특정한 동작들을 조합할 수 있고, 특정한 동작들을 중첩할 수 있는 등을 할 수 있다). 게다가, 위의 설명을 읽고 이해할 시에, 다수의 다른 실시예들이 당업자에게 자명하게 될 것이다. 본 발명이 특정한 예시적인 실시예들에 관하여 설명되었지만, 본 발명이 설명된 실시예들에 제한되지 않고, 첨부된 청구항들의 사상 및 범주 내의 변형 및 변경에 의해 실시될 수 있다는 것이 인식될 것이다. 따라서, 본 발명의 범주는 첨부된 청구항들에 관하여, 그러한 청구항들에 권리가 주어지는 균등물들의 전체 범주와 함께, 결정되어야 한다.

## 도면

## 도면1



도면2



## 도면3

