



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2019-0050611
(43) 공개일자 2019년05월13일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

H01L 21/67 (2006.01)

(52) CPC특허분류

H01L 21/67242 (2013.01)

H01L 21/67017 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2017-0146181

(22) 출원일자 2017년11월03일

심사청구일자 없음

(71) 출원인

삼성전자주식회사

경기도 수원시 영통구 삼성로 129 (매탄동)

고려대학교 산학협력단

서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)

(72) 발명자

양유신

서울특별시 서초구 고무래로 35, 106동 601호 (반포동, 반포리체아파트)

이상길

경기도 용인시 수지구 진산로66번길 10, 521동 1202호 (풍덕천동, 진산마을삼성래미안5차아파트)

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

리엔목특허법인

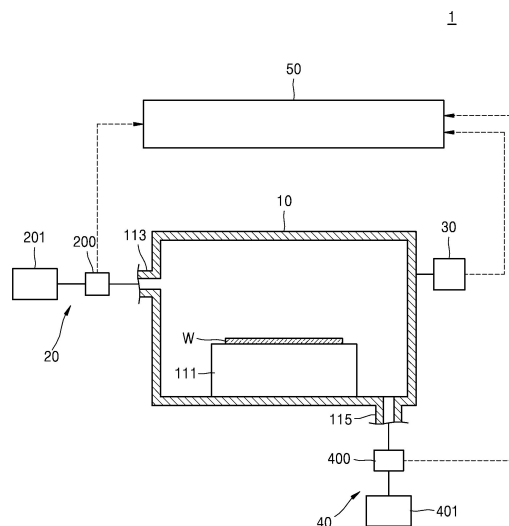
전체 청구항 수 : 총 10 항

(54) 발명의 명칭 모니터링 장치 및 이를 포함하는 반도체 제조 장치

(57) 요약

본 발명의 기술적 사상은 공정 챔버로 공급되는 공정 가스의 유량을 제어하기 위한 질량 유량 제어기로서, 상기 질량 유량 제어기로 유입되는 공정 가스의 유입 유량과 미리 설정된 설정 유량 사이의 차이를 보정하기 위한 보정 신호에 따라 상기 질량 유량 제어기로부터 유출되는 유출 유량을 조절하도록 구성된 상기 질량 유량 제어기, 상기 공정 챔버 내의 압력을 측정하기 위한 센서부, 상기 공정 챔버로부터 배기되는 배기 가스의 배기 속도를 조절하도록 구성된 배기 밸브, 및 상기 보정 신호, 상기 센서부에서 측정된 상기 압력 및 상기 배기 밸브의 상기 배기 속도를 기반으로 상기 질량 유량 제어기의 결함을 검출하도록 구성된 모니터링 장치를 포함하는 반도체 제조 장치를 제공한다.

대표도 - 도1



(72) 발명자

류성윤

경기도 수원시 영통구 산남로73번길 60, 201호 (매탄동)

박규환

서울특별시 강남구 학동로68길 30, 102동 804호 (삼성동, 삼성동중앙하이츠빌리지)

이현

경기도 화성시 동탄공원로1길 6-60, 109동 301호 (반송동, 우림필유타운하우스아파트)

명세서

청구범위

청구항 1

공정 챔버로 공급되는 공정 가스의 유량을 제어하기 위한 질량 유량 제어기로서, 상기 질량 유량 제어기로 유입되는 공정 가스의 유입 유량과 미리 설정된 설정 유량 사이의 차이를 보정하기 위한 보정 신호에 따라 상기 질량 유량 제어기로부터 유출되는 유출 유량을 조절하도록 구성된 상기 질량 유량 제어기;

상기 공정 챔버 내의 압력을 측정하기 위한 센서부;

상기 공정 챔버로부터 배기되는 배기 가스의 배기 속도를 조절하도록 구성된 배기 밸브; 및

상기 보정 신호, 상기 센서부에서 측정된 상기 압력 및 상기 배기 밸브의 상기 배기 속도를 기반으로 상기 질량 유량 제어기의 결함을 검출하도록 구성된 모니터링 장치;

를 포함하는 반도체 제조 장치.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 질량 유량 제어기는,

상기 유입 유량을 측정하고, 상기 유입 유량에 대응하는 신호를 생성하는 유량 센서와,

상기 유입 유량에 대응하는 신호 및 상기 설정 유량에 대응하는 신호를 기반으로 상기 보정 신호를 생성하고, 상기 보정 신호를 상기 모니터링 장치로 전송하는 제어부와,

상기 보정 신호에 따라 상기 유출 유량을 조절하는 밸브부를 포함하는 반도체 제조 장치.

청구항 3

제 2 항에 있어서,

상기 모니터링 장치는 상기 유량 센서의 결함 및 상기 밸브부의 결함 중 적어도 하나를 검출하도록 구성된 반도체 제조 장치.

청구항 4

제 3 항에 있어서,

상기 모니터링 장치는 상기 보정 신호가 변할 때 상기 센서부에서 측정된 상기 압력 및 상기 배기 속도 중 적어도 하나가 변하는 경우, 상기 유량 센서에 결함이 발생된 것으로 판단하도록 구성된 반도체 제조 장치.

청구항 5

제 3 항에 있어서,

상기 모니터링 장치는 상기 보정 신호가 일정할 때 상기 센서부에서 측정된 상기 압력 및 상기 배기 속도 중 적어도 하나가 변하는 경우, 상기 밸브부에 결함이 발생된 것으로 판단하도록 구성된 반도체 제조 장치.

청구항 6

제 2 항에 있어서,

상기 모니터링 장치는 상기 질량 유량 제어기에 결함이 발생된 시점을 검출하도록 구성된 반도체 제조 장치.

청구항 7

제 2 항에 있어서,

상기 제어부는,

상기 설정 유량에 대응하는 신호와 상기 유량 센서에서 측정된 상기 유입 유량에 대응하는 신호 사이의 차이에 대응하는 전압값 또는 전류값을 가지는 상기 보정 신호를 생성하는 처리부와,

상기 처리부로부터 인가된 상기 보정 신호에 따라 상기 밸브부의 구동을 제어하는 구동 회로를 포함하는 반도체 제조 장치.

청구항 8

제 1 항에 있어서,

상기 배기 밸브는 개방 각도(open angle)를 조절하여 상기 배기 속도를 조절하는 버터플라이 밸브(butterfly valve)로 구성되고, 상기 개방 각도를 상기 모니터링 장치로 전송하도록 구성된 반도체 제조 장치.

청구항 9

제 1 항에 있어서,

상기 질량 유량 제어기는 상기 유입 유량을 측정하는 유량 센서 및 상기 보정 신호에 따라 상기 유출 유량을 조절하는 밸브부를 포함하고,

상기 모니터링 장치는 상기 유입 유량에 대응하는 신호 및 상기 설정 유량에 대응하는 신호를 기반으로 상기 보정 신호를 생성하고, 상기 보정 신호를 상기 질량 유량 제어기로 전송하도록 구성된 반도체 제조 장치.

청구항 10

기판을 처리하기 위한 처리 공간을 제공하는 공정 챔버;

상기 공정 챔버로 공급되는 공정 가스의 유량을 제어하기 위한 질량 유량 제어기;

상기 공정 챔버 내의 압력을 측정하기 위한 센서부;

상기 공정 챔버로부터 배기되는 배기 가스의 배기 속도를 조절하도록 구성된 배기 밸브; 및

상기 센서부에서 측정된 상기 공정 챔버 내의 압력 및 상기 배기 밸브의 배기 속도를 기반으로 상기 공정 챔버로 공급되는 공정 가스의 유량을 검출하도록 구성된 모니터링 장치;

를 포함하는 반도체 제조 장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명의 기술적 사상은 반도체 제조 장치에 관한 것으로, 보다 상세하게는 반도체 제조 공정 중의 공정 조건의 결함을 검출할 수 있는 모니터링 장치 및 이를 포함하는 반도체 제조 장치에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 반도체 소자는, 박막 공정, 포토 공정, 식각 공정, 확산 공정 등 수많은 단위 공정을 포함하는 반도체 제조 공정을 통하여 제조된다. 최근, 회로 선폭의 미세화 등으로 인해 작은 공정 파라미터의 변화가 반도체 제품의 품질에 미치는 영향이 증대됨에 따라, 반도체 공정의 공정 이상을 조기에 검출하는 공정 모니터링의 중요성이 점점 커지고 있다. 일반적으로, 반도체 공정의 공정 이상은 단위 공정의 진행 후 웨이퍼에 대한 검사를 수행하거나, 또는 반도체 공정을 수행하는 챔버에 부착된 각종 센서를 이용하여 온도, 압력, 플라스마 밀도 등과 같은 공정 파라미터를 모니터링 하는 방법이 이용되고 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0003] 본 발명의 기술적 사상이 해결하고자 하는 과제는 공정 챔버로 공급되는 공정 가스의 유량의 이상 여부를 모니터링 할 수 있는 모니터링 장치 및 상기 모니터링 장치를 포함하는 반도체 제조 장치를 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0004] 상술한 과제를 해결하기 위하여 본 발명의 기술적 사상은 공정 챔버로 공급되는 공정 가스의 유량을 제어하기 위한 질량 유량 제어기로써, 상기 질량 유량 제어기로 유입되는 공정 가스의 유입 유량과 미리 설정된 설정 유량 사이의 차이를 보정하기 위한 보정 신호에 따라 상기 질량 유량 제어기로부터 유출되는 유출 유량을 조절하도록 구성된 상기 질량 유량 제어기, 상기 공정 챔버 내의 압력을 측정하기 위한 센서부, 상기 공정 챔버로부터 배기되는 배기 가스의 배기 속도를 조절하도록 구성된 배기 밸브, 및 상기 보정 신호, 상기 센서부에서 측정된 상기 압력 및 상기 배기 밸브의 상기 배기 속도를 기반으로 상기 질량 유량 제어기의 결함을 검출하도록 구성된 모니터링 장치를 포함하는 반도체 제조 장치를 제공한다.

[0005] 또한, 상술한 과제를 해결하기 위하여 본 발명의 기술적 사상은 기판을 처리하기 위한 처리 공간을 제공하는 공정 챔버, 상기 공정 챔버로 공급되는 공정 가스의 유량을 제어하기 위한 질량 유량 제어기, 상기 공정 챔버 내의 압력을 측정하기 위한 센서부, 상기 공정 챔버로부터 배기되는 배기 가스의 배기 속도를 조절하도록 구성된 배기 밸브, 및 상기 센서부에서 측정된 상기 공정 챔버 내의 압력 및 상기 배기 밸브의 배기 속도를 기반으로 상기 공정 챔버로 공급되는 공정 가스의 유량을 검출하도록 구성된 모니터링 장치를 포함하는 반도체 제조 장치를 제공한다.

[0006] 나아가, 상술한 과제를 해결하기 위하여 본 발명의 기술적 사상은 공정 챔버로 공급되는 공정 가스의 유량을 제어하는 질량 유량 제어기의 결함을 검출하기 위한 모니터링 장치로서, 상기 모니터링 장치는 상기 질량 유량 제어기로 유입되는 유입 유량과 미리 설정된 설정 유량 사이의 차이를 보정하기 위한 보정 신호, 상기 공정 챔버 내의 환경 정보, 및 상기 공정 챔버로부터 배기되는 배기 가스의 배기 속도를 기반으로 상기 질량 유량 제어기의 결함을 검출하도록 구성된 모니터링 장치를 제공한다.

발명의 효과

[0007] 본 발명에 따른 반도체 제조 장치에 의하면, 보정 신호, 공정 챔버 내의 환경 정보, 및 배기 밸브의 배기 속도를 기반으로, 질량 유량 제어기의 이상 유무를 검출하는 가상 계측 모니터링 시스템을 구현할 수 있다. 질량 유량 제어기에서 유량을 조절하기 위한 보정 신호와 함께, 공정 챔버 내의 압력 및 배기 밸브의 배기 속도를 분석함으로써, 질량 유량 제어기의 결함을 검출할 수 있다. 나아가, 질량 유량 제어기의 이상 유무를 실시간으로 모니터링 할 수 있으므로, 질량 유량 제어기의 결함을 조기에 검출하여 반도체 제품의 수율 및 품질이 저하되는 것을 방지할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0008] 도 1은 본 발명의 기술적 사상의 일부 실시예들에 따른 반도체 제조 장치를 개략적으로 보여주는 구성도이다.
 도 2는 도 1의 반도체 제조 장치를 나타내는 블록도이다.
 도 3은 도 2에 도시된 질량 유량 제어기를 보다 상세하게 나타내는 구성도이다.
 도 4는 본 발명의 기술적 사상의 일부 실시예들에 따른 배기 밸브를 나타내는 사시도이다.
 도 5는 본 발명의 기술적 사상의 일부 실시예들에 따른 반도체 제조 장치를 나타내는 블록도이다.
 도 6은 본 발명의 기술적 사상의 일부 실시예들에 따른 질량 유량 제어기를 모니터링 하는 방법을 이용한 반도체 제조 방법을 나타내는 흐름도이다.
 도 7 내지 도 9는 질량 유량 제어기의 결함의 원인을 판단하는 방법을 설명하기 위한 도면들이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0009] 이하, 첨부한 도면을 참조하여 본 발명의 기술적 사상의 실시예들에 대해 상세히 설명한다. 도면 상의 동일한 구성요소에 대해서는 동일한 참조부호를 사용하고, 이들에 대한 중복된 설명은 생략한다.

[0010] 도 1은 본 발명의 기술적 사상의 일부 실시예들에 따른 반도체 제조 장치(1)를 개략적으로 보여주는 구성도이다. 도 2는 도 1의 반도체 제조 장치(1)를 나타내는 블록도이다.

[0011] 도 1 및 도 2를 참조하면, 반도체 제조 장치(1)는 공정 챔버(10), 가스 공급부(20), 센서부(30), 배기부(40), 및 모니터링 장치(50)를 포함할 수 있다.

- [0012] 공정 챔버(10)는 기판(W)을 처리하기 위한 처리 공간을 제공하고, 기판(W)에 대한 반도체 제조 공정, 예컨대 증착 공정, 식각 공정, 확산 공정, 건조 공정, 세정 공정을 수행할 수 있다. 공정 챔버(10)는 기판(W)을 지지하기 위한 기판 지지부(111), 챔버 벽에 형성된 가스 도입 포트(113), 및 챔버 벽에 형성된 가스 배기 포트(115)를 포함할 수 있다.
- [0013] 가스 공급부(20)는 기판(W)을 처리하기 위한 반도체 제조 공정에 필요한 공정 가스를 공급할 수 있다. 가스 공급부(20)는 미리 정해진 공정 레시피에 따라서, 공정 가스로 공급되는 공정 가스의 종류 및/또는 공정 가스의 유량을 조절할 수 있다.
- [0014] 가스 공급부(20)는 공정 가스를 수용하는 가스 공급원(201) 및 공정 챔버(10)로 공급되는 공정 가스의 유량을 제어하기 위한 질량 유량 제어기(mass flow controller, 200)를 포함할 수 있다. 질량 유량 제어기(200)는 가스 공급원(201)과 공정 챔버(10)의 가스 도입 포트(113)를 연결하는 가스 공급 라인에 설치될 수 있다. 질량 유량 제어기(200)는 공정 가스가 미리 정해진 설정 유량으로 공정 챔버(10)에 공급되도록 공정 가스의 유량을 제어할 수 있다.
- [0015] 질량 유량 제어기(200)는 미리 정해진 설정 유량과 상이한 유량으로 공정 가스가 질량 유량 제어기(200)로 유입된 경우, 질량 유량 제어기(200)로부터 유출되는 공정 가스의 유출 유량(Q_{out})이 상기 설정 유량과 같아지도록 공정 가스의 유량을 조절할 수 있다.
- [0016] 질량 유량 제어기(200)는 유량 센서(210), 밸브부(220), 및 제어부(230)를 포함할 수 있다.
- [0017] 유량 센서(210)는 질량 유량 제어기(200)로 유입되는 공정 가스의 유입 유량(Q_{in})을 측정할 수 있다. 예를 들어, 유량 센서(210)는 질량 유량계(mass flow meter)로 구성될 수 있다. 유량 센서(210)는 질량 유량 제어기(200)로 유입되는 유입 유량(Q_{in})에 대응하는 신호(S_{in})를 생성할 수 있다.
- [0018] 제어부(230)는 미리 설정된 설정 유량에 대응하는 설정 신호(S_{set}) 및 유량 센서(210)로부터 전송된 상기 유입 유량(Q_{in})에 대응하는 신호(S_{in})를 수신하고, 상기 설정 신호(S_{set}) 및 상기 유입 유량(Q_{in})에 대응하는 신호(S_{in})를 기반으로 보정 신호($S1$)를 생성할 수 있다. 보정 신호($S1$)는 밸브부(220)에 인가되는 신호로서, 질량 유량 제어기(200)로부터 유출되는 유출 유량(Q_{out})이 상기 설정 유량과 같아지도록 밸브부(220)를 구동시키는데 이용될 수 있다. 보정 신호($S1$)는 상기 유입 유량(Q_{in})에 대응하는 신호(S_{in})와 상기 설정 신호(S_{set}) 사이의 차이에 대응하는 전압값 또는 전류값을 가질 수 있다. 제어부(230)는 보정 신호($S1$)를 밸브부(220) 및 모니터링 장치(50)로 각각 전송할 수 있다.
- [0019] 밸브부(220)는 질량 유량 제어기(200) 내에 마련된 유로에 배치되며, 질량 유량 제어기(200)로부터 유출되는 공정 가스의 유출 유량(Q_{out})을 조절할 수 있다. 밸브부(220)는 제어부(230)로부터 인가된 보정 신호($S1$)에 따라 구동하며, 상기 유출 유량(Q_{out})이 설정 유량과 같아지도록 질량 유량 제어기(200) 내의 유로의 개방도를 조절할 수 있다.
- [0020] 센서부(30)는 공정 챔버(10)에 설치되며, 공정 챔버(10) 내의 환경을 감지할 수 있다. 일부 실시예들에 있어서, 센서부(30)는 공정 챔버(10) 내의 압력을 측정하기 위한 압력 센서 및 공정 챔버(10) 내의 온도를 측정하기 위한 온도 센서를 포함할 수 있다. 센서부(30)는 측정된 공정 챔버(10) 내의 환경 정보에 대응하는 신호($S2$)를 실시간으로 모니터링 장치(50)로 전송할 수 있다.
- [0021] 배기부(40)는 공정 챔버(10)의 가스 배기 포트(115)를 통해 공정 챔버(10) 내의 가스를 배기할 수 있다. 공정 챔버(10) 내의 공정 가스 또는 반응 부산물은 배기부(40)에 의해 공정 챔버(10)에서 배기될 수 있다. 배기부(40)는 공정 챔버(10)로부터 배기되는 배기 가스의 유량을 조절함으로써, 공정 챔버(10)의 압력을 조절할 수 있다.
- [0022] 배기부(40)는 진공 펌프(401) 및 공정 챔버(10)로부터 배기되는 배기 가스의 배기 속도를 조절할 수 있는 배기 밸브(400)를 포함할 수 있다. 배기 밸브(400)는 진공 펌프(401)와 공정 챔버(10)의 가스 배기 포트(115)를 연결하는 가스 배기 라인에 설치될 수 있다. 배기 밸브(400)는 배기 속도를 조절함으로써, 공정 챔버(10) 내의 압력을 조절할 수 있다. 배기 밸브(400)는 배기 속도에 대응하는 신호($S3$)를 실시간으로 모니터링 장치(50)로 전송할 수 있다.
- [0023] 모니터링 장치(50)는 공정 챔버(10)로 공급되고 있는 공정 가스의 유량을 검출할 수 있다. 일부 실시예들에 있

어서, 모니터링 장치(50)는 공정 가스의 유량을 검출하기 위하여, 공정 챔버(10) 내의 압력 및 배기 밸브(400)의 배기 속도를 이용할 수 있다. 모니터링 장치(50)는 설정 유량과 동일한 유량으로 공정 가스가 공정 챔버(10)로 공급되고 있는지 여부를 모니터링 할 수 있다.

[0024] 일반적으로, 공정 챔버(10)로 공급되는 공정 가스의 유량은 공정 챔버(10) 내의 압력 및 배기 밸브(400)의 배기 속도와 다음 식 (1)과 같은 관계를 가질 수 있다.

[0025] $Q \propto P \cdot S$ 식 (1)

[0026] 여기서, Q는 질량 유량 제어기(200)로부터 유출되는 공정 가스의 유출 유량(Q_{out})으로서 공정 챔버(10)로 공급되는 공정 가스의 실제 유량을 의미하고, P는 센서부(30)에서 측정된 공정 챔버(10) 내의 압력을 의미하고, S는 배기 밸브(400)의 배기 속도를 의미한다.

[0027] 상기 식 (1)에 나타난 바와 같이, 공정 챔버(10)로 공급되는 공정 가스의 실제 유량은 공정 챔버(10) 내의 압력과 비례하고, 배기 속도에 비례할 수 있다. 즉, 공정 챔버(10) 내의 압력이 일정할 때, 배기 속도는 공정 챔버(10)로 공급되는 공정 가스의 실제 유량에 따라 변화하게 된다. 바꿔 말해서, 공정 챔버(10) 내의 압력이 일정한 경우, 배기 속도가 상승하면 공정 챔버(10)로 공급되는 공정 가스의 실제 유량이 증가하게 되고, 반대로 배기 속도가 감소하면 공정 챔버(10)로 공급되는 공정 가스의 실제 유량이 감소하게 된다.

[0028] 또한, 상기 식 (1)에 나타난 바와 같이, 배기 속도가 일정한 경우, 공정 챔버(10) 내의 압력이 증가하면 공정 챔버(10)로 공급되는 공정 가스의 실제 유량이 증가하게 되고, 반대로 공정 챔버(10) 내의 압력이 감소하면 공정 챔버(10)로 공급되는 공정 가스의 실제 유량이 감소하게 된다.

[0029] 따라서, 공정 챔버(10) 내의 압력 및 배기 밸브(400)의 배기 속도를 모니터링 함으로써, 공정 챔버(10)로 공급되는 공정 가스의 실제 유량의 변화를 확인할 수 있다.

[0030] 나아가, 모니터링 장치(50)는 질량 유량 제어기(200)의 이상 유무를 검출할 수 있다. 모니터링 장치(50)는 상기 보정 신호(S1), 센서부(30)에서 측정된 공정 챔버(10) 내의 환경 정보에 대응하는 신호(S2), 및 배기 밸브(400)의 배기 속도에 대응하는 신호(S3)를 분석하여, 질량 유량 제어기(200)에 결함이 발생하였는지 여부를 판단할 수 있다.

[0031] 예를 들면, 공정 챔버(10) 내의 환경 정보 및 배기 밸브(400)의 배기 속도에 대한 모니터링을 통해 공정 챔버(10)로 공급되는 공정 가스의 실제 유량의 변화가 확인되에도, 질량 유량 제어기(200)에 의해 공정 챔버(10)로 공급되는 공정 가스의 실제 유량이 설정 유량과 동일해지도록 제어되지 않는다면, 질량 유량 제어기(200)에 결함이 발생한 것으로 판단될 수 있다.

[0032] 나아가, 질량 유량 제어기(200)에 결함이 발생한 것으로 판단되었을 때, 모니터링 장치(50)는 보정 신호(S1), 센서부(30)에서 측정된 공정 챔버(10) 내의 환경 정보에 대응하는 신호(S2), 및 배기 밸브(400)의 배기 속도에 대응하는 신호(S3)를 분석함으로써, 질량 유량 제어기(200)에 발생된 결함의 원인, 즉 질량 유량 제어기(200)에서 결함이 있는 부분을 검출할 수 있고, 질량 유량 제어기(200)에 결함이 발생된 시점을 검출할 수 있다. 질량 유량 제어기(200)에 발생된 결함의 원인을 검출하는 방법에 대하여는, 후술되는 도 7 내지 도 9를 참조하여 보다 상세히 설명하기로 한다.

[0033] 일부 실시예들에 있어서, 모니터링 장치(50)는 수신부(510) 및 판단부(520)를 포함할 수 있다.

[0034] 수신부(510)는 질량 유량 제어기(200)로부터 전송된 보정 신호(S1)를 수신하는 제1 수신부(511), 센서부(30)로부터 전송된 공정 챔버(10) 내의 환경 정보에 대응하는 신호(S2)를 수신하는 제2 수신부(513), 및 배기 밸브(400)의 배기 속도에 대응하는 신호(S3)를 수신하는 제3 수신부(515)를 포함할 수 있다. 도면에는 도시되지 않았으나, 모니터링 장치(50)는 수신부(510)로 수신된 신호들은 저장하기 위한 데이터 베이스를 구비할 수 있다.

[0035] 판단부(520)는 수신부(510)로 수신된 신호들을 처리하기 위한 처리 알고리즘을 포함할 수 있으며, 수신부(510)로 수신된 신호들을 기반으로 질량 유량 제어기(200)의 이상 유무를 판단할 수 있다. 또한, 질량 유량 제어기(200)의 결함이 검출된 경우, 판단부(520)는 질량 유량 제어기(200)의 결함의 원인을 검출할 수 있다. 예를 들어, 판단부(520)는 유량 센서(210)의 결함 및 밸브부(220)의 결함 중 적어도 하나를 검출하도록 구성될 수 있다.

[0036] 일부 실시예들에 있어서, 모니터링 장치(50)는 일반 PC(Personal Computer), 워크스테이션(workstation), 슈퍼 컴퓨터 등으로 구성될 수 있다. 모니터링 장치(50)에는 상기 신호들을 분석하기 위한 분석 프로그램이 설치되어

있을 수 있다.

- [0037] 일반적으로, 공정 챔버(10)로 공급되는 공정 가스의 유량의 이상 여부를 검출하기 위해, 질량 유량 제어기(200)로부터 얻어진 신호를 이용하여 공정 챔버(10)로 공급되는 공정 가스의 유량을 모니터링 하는 방법이 이용되고 있다. 예를 들어, 질량 유량 제어기(200)의 유량 센서(210)에서 측정된 공정 가스의 유량과 설정 유량 사이의 차이를 보정하기 위한 보정 신호(S1)를 이용하여 공정 챔버(10)로 공급되는 공정 가스의 유량을 모니터링 하고 있다. 그러나, 질량 유량 제어기(200)에 결함이 생긴 경우, 보정 신호(S1)만을 모니터링 하는 방법으로는 설정 유량과 상이한 유량의 공정 가스가 공정 챔버(10)로 공급되는 문제를 검출하지 못할 수 있다. 예를 들어, 공정 챔버(10)로 공급되고 있는 공정 가스의 실제 유량이 설정 유량과 상이하더라도, 유량 센서(210)에 결함이 발생한 경우에는 설정 유량과 동일한 유량의 공정 가스가 공정 챔버(10)로 공급되고 있음을 나타내는 잘못된 보정 신호(S1)가 생성될 수 있다. 또한, 밸브부(220)에 결함이 발생한 경우, 설정 유량으로 공정 가스의 유량을 보정하기에 적합한 보정 신호(S1)가 생성되더라도, 밸브부(220)의 오작동으로 인해 설정 유량과 상이한 유량의 공정 가스가 질량 유량 제어기(200)로부터 유출될 수 있다. 이러한 경우, 설정 유량과 상이한 유량의 공정 가스가 공정 챔버(10)로 공급되므로, 반도체 제품의 수율 및 품질이 저하되는 문제가 발생할 수 있다.
- [0038] 반면, 본 발명에 따른 반도체 제조 장치(1)는 상기 보정 신호(S1), 센서부(30)에서 측정된 공정 챔버(10) 내의 환경 정보, 및 배기 밸브(400)의 배기 속도를 파라미터로 이용하여, 질량 유량 제어기(200)의 이상 유무를 검출하는 가상 계측(virtual metrology, VM) 모니터링 시스템을 구현할 수 있다. 질량 유량 제어기(200)에서 유량을 조절하기 위한 보정 신호(S1)와 함께, 공정 챔버(10) 내의 환경 정보 및 배기 밸브(400)의 배기 속도를 분석함으로써, 질량 유량 제어기(200)의 결함을 검출할 수 있다. 또한, 본 발명의 기술적 사상에 의하면, 질량 유량 제어기(200)의 이상 유무를 실시간으로 모니터링 할 수 있으므로, 질량 유량 제어기(200)의 결함을 조기에 검출할 수 있다.
- [0039] 도 3은 도 2에 도시된 질량 유량 제어기(200)를 보다 상세하게 나타내는 구성도이다.
- [0040] 도 3을 참조하면, 질량 유량 제어기(200)는 공정 가스가 흐르는 경로를 제공하며, 메인 경로(211)와 바이패스 경로(212)를 포함할 수 있다. 좀 더 구체적으로, 질량 유량 제어기(200)의 가스 유입구로 도입된 공정 가스의 일부는 메인 경로(211)로부터 분기된 바이패스 경로(212)를 따라 흐르고, 밸브부(220)에 도달하기 전에 다시 메인 경로(211)로 합류할 수 있다. 유량 센서(210)는 바이패스 경로(212) 상에 마련되며, 바이패스 경로(212)를 따라 흐르는 공정 가스의 유량을 검출하도록 구성될 수 있다.
- [0041] 일부 실시예들에 있어서, 제어부(230)는 제1 신호 변환부(231), 처리부(232), 트랜시버(transceiver, 233), 제2 신호 변환부(234), 및 구동 회로(235)를 포함할 수 있다.
- [0042] 제1 신호 변환부(231)는 유량 센서(210)에서 검출된 공정 가스의 유량에 대응하는 아날로그 신호를 디지털 신호로 변환하여 처리부(232)로 출력하고, 트랜시버(233)는 설정 유량에 대응하는 설정 신호(도 2의 S_{set})를 수신하여 처리부(232)로 전송할 수 있다. 처리부(232)는 유량 센서(210)에서 검출된 공정 가스의 유량에 대응하는 신호 및 상기 설정 신호를 기반으로, 보정 신호(도 2의 S1)를 생성할 수 있다. 처리부(232)에서 생성된 상기 보정 신호는 제2 신호 변환부(234)를 통해서 밸브부(220)를 구동하기에 적합한 형태의 신호, 예를 들어 아날로그 신호로 변환될 수 있다. 구동 회로(235)는 제어부(230)에서 전송된 상기 보정 신호를 이용하여, 밸브부(220)를 구동할 수 있다.
- [0043] 밸브부(220)는 제어부(230)에서 인가된 보정 신호(S1)를 기반으로, 질량 유량 제어기(200)에 마련된 유로의 개방도를 조절함으로써, 질량 유량 제어기(200)로부터 유출되는 공정 가스의 유출 유량(도 2의 Q_{out})을 조절할 수 있다. 일부 실시예들에 있어서, 밸브부(220)는 유로를 개폐할 수 있는 다이어프램(diaphragm, 221) 및 보정 신호(S1)에 따라 구동하고 상기 다이어프램(221)에 연결된 액츄에이터(actuator, 223)를 포함할 수 있다.
- [0044] 도 4는 본 발명의 기술적 사상의 일부 실시예들에 따른 배기 밸브(400a)를 나타내는 사시도이다.
- [0045] 도 4를 참조하면, 배기 밸브(400a)는 개방 각도(open angle, θ)에 따라서 배기 밸브(400a)를 통해 배기되는 배기 가스의 배기 속도를 제어하도록 구성된 버터플라이 밸브(butterfly valve)로 구성될 수 있다.
- [0046] 일부 실시예들에 있어서, 배기 밸브(400a)는 배기 가스가 흐를 수 있는 유로를 제공하는 플랜지(410) 및 플랜지(410)에 회전 가능하게 설치된 회전 몸체(420)를 포함할 수 있다. 회전 몸체(420)는 회전 축(rotation axis, 430)을 중심으로 회전하도록 구성될 수 있다. 회전 몸체(420)가 플랜지(410)가 제공하는 유로를 폐쇄할 때를 기준으로, 회전 몸체(420)가 회전 축(430)을 중심으로 회전된 상기 개방 각도(θ)에 따라서, 배기 속도가 조절될

수 있다.

- [0047] 배기 밸브(400a)는 상기 개방 각도(θ)를 실시간으로 모니터링 장치(도 1의 50)로 전송하며, 상기 모니터링 장치는 상기 개방 각도(θ)를 분석함으로써 배기 밸브(400a)를 통해 배기되는 가스의 배기 속도를 검출할 수 있다.
- [0048] 도 5는 본 발명의 기술적 사상의 일부 실시예들에 따른 반도체 제조 장치(1a)를 나타내는 블록도이다. 도 5에 도시된 반도체 제조 장치(1a)는 보정 신호(S_1)가 반도체 제조 장치(1a)에서 생성되어 질량 유량 제어기(200a)로 전송된다는 점을 제외하고는 도 1 및 도 2를 참조하여 설명된 반도체 제조 장치(1)와 대체로 동일할 수 있다. 도 5에 있어서, 도 1 및 도 2를 참조하여 설명된 것과 중복되는 설명은 생략하거나 간단히 한다.
- [0049] 도 5를 참조하면, 모니터링 장치(50a)는 질량 유량 제어기(200a)로 유입되는 유입 유량(Q_{in})에 대응하는 신호(S_{in}) 및 설정 유량에 대응하는 설정 신호(S_{set})를 수신하고, 상기 유입 유량(Q_{in})에 대응하는 신호(S_{in}) 및 상기 설정 신호(S_{set})를 기반으로 보정 신호(S_1)를 생성할 수 있다.
- [0050] 구체적으로, 모니터링 장치(50)는 수신부(510a), 판단부(520), 및 보정 신호 생성부(530)를 포함할 수 있다.
- [0051] 수신부(510a)는 질량 유량 제어기(200a)의 제어부(230a)로부터 전송된 상기 유입 유량(Q_{in})에 대응하는 신호(S_{in})를 수신하는 제1 서브 수신부(511a) 및 외부로부터 전송된 설정 신호(S_{set})를 수신하는 제2 서브 수신부(511b)를 포함할 수 있다. 제1 서브 수신부(511a) 및 제2 서브 수신부(511b)로 수신된 상기 유입 유량(Q_{in})에 대응하는 신호(S_{in}) 및 설정 신호(S_{set})는 보정 신호 생성부(530)로 전송되며, 보정 신호 생성부(530)는 상기 유입 유량(Q_{in})에 대응하는 신호(S_{in}) 및 설정 신호(S_{set})를 기반으로 보정 신호(S_1)를 생성할 수 있다.
- [0052] 보정 신호 생성부(530)는 생성된 보정 신호(S_1)를 판단부(520) 및 질량 유량 제어기(200a)에 각각 전송할 수 있다. 질량 유량 제어기(200a)는 모니터링 장치(50)로부터 전송된 보정 신호(S_1)를 기반으로, 질량 유량 제어기(200)로부터 유출되는 유출 유량(Q_{out})이 설정 유량과 같아지도록 밸브부(220)의 구동을 조절할 수 있다.
- [0053] 도 6은 본 발명의 기술적 사상의 일부 실시예들에 따른 질량 유량 제어기(200)를 모니터링 하는 방법을 이용한 반도체 제조 방법을 나타내는 흐름도이다. 설명의 편의를 위해, 도 1 및 도 2를 함께 참조하여 설명한다.
- [0054] 도 6을 참조하면, 먼저, 공정 챔버(10) 내의 기관 지지부(111) 상에 기관(W)을 배치한다(S110).
- [0055] 공정 챔버(10) 내에 기관(W)을 배치한 이후, 기관(W)에 대한 반도체 제조 공정, 예컨대 증착 공정, 식각 공정, 확산 공정, 건조 공정, 세정 공정을 진행할 수 있다(S120). 기관(W)에 대한 반도체 제조 공정을 수행하기 위하여, 질량 유량 제어기(200)를 이용하여 공정 챔버(10) 내에 공급되는 공정 가스의 유량을 제어할 수 있다. 질량 유량 제어기(200)는 공정 레시피에 따라 미리 정해진 유량으로 공정 가스를 공정 챔버(10)에 공급할 수 있다.
- [0056] 반도체 제조 공정이 진행되는 동안, 보정 신호(S_1), 공정 챔버(10) 내의 환경 정보, 및 배기 밸브(400)의 배기 속도를 모니터링 한다(S130). 보정 신호(S_1)는 질량 유량 제어기(200)로 유입되는 공정 가스의 유입 유량(Q_{in})과 설정 유량의 차이에 대응하는 신호로서, 질량 유량 제어기(200)에서 생성되고, 모니터링 장치(50)로 전송될 수 있다. 센서부(30)는 공정 챔버(10) 내의 환경 정보, 예컨대 온도 및/또는 압력을 측정하고, 측정값에 대응하는 신호를 실시간으로 모니터링 장치(50)로 전송할 수 있다. 또한, 배기 밸브(400)는 배기 속도를 나타낼 수 있는 정보, 예컨대 버터플라이 밸브의 개방 각도(도 4의 θ)에 대한 정보를 모니터링 장치(50)로 전송할 수 있다.
- [0057] 보정 신호(S_1), 공정 챔버(10) 내의 환경 정보, 및 배기 밸브(400)의 배기 속도를 기반으로, 질량 유량 제어기(200)의 이상 유무를 판단한다(S140). 질량 유량 제어기(200)의 이상 유무는 모니터링 장치(50)에 의해 검출될 수 있으며, 반도체 제조 공정이 진행되는 동안 실시간으로 검출될 수 있다.
- [0058] 질량 유량 제어기(200)의 결함이 검출되지 않은 경우(S140의 NO), 질량 유량 제어기(200)의 결함을 검출하기 위한 모니터링을 종료하고, 기관(W)에 대한 반도체 제조 공정을 완료한다.
- [0059] 한편, 질량 유량 제어기(200)의 결함이 검출된 경우(S140의 YES), 기관(W)에 대한 반도체 제조 공정을 중단하고 질량 유량 제어기(200)의 결함의 원인을 분석한다(S150). 일부 실시예들에 있어서, 모니터링 장치(50)는 보정 신호(S_1), 공정 챔버(10) 내의 압력, 및 배기 밸브(400)의 배기 속도의 시간 흐름에 따른 변화를 모니터링 함으로써, 질량 유량 제어기(200)의 유량 센서(210)의 결함 및/또는 질량 유량 제어기(200)의 밸브부(220)의 결함을 검출할 수 있다. 질량 유량 제어기(200)의 결함의 원인을 검출하는 방법은 도 7 내지 도 9를 참조하여 보다 상

세히 설명하기로 한다.

- [0060] 질량 유량 제어기(200)의 결함의 원인을 검출한 후, 검출된 질량 유량 제어기(200)의 결함을 제거한다(S160). 예를 들어, 질량 유량 제어기(200)에 대한 정비(maintenance)를 수행하거나, 질량 유량 제어기(200)를 교체하거나, 또는 공정 챔버(10)로 공급되는 공정 가스의 유량이 설정 유량과 같아지도록 적절한 피드백 작업을 수행할 수도 있다. 질량 유량 제어기(200)의 결함이 제거되면, 다시 기판(W)에 대한 반도체 제조 공정을 진행하고, 질량 유량 제어기(200)에 대한 모니터링을 수행할 수 있다.
- [0061] 도 7 내지 도 9는 질량 유량 제어기(200)의 결함의 원인을 판단하는 방법을 설명하기 위한 도면들이다. 도 7 및 도 8은 각각 보정 신호(S1), 공정 챔버(10) 내의 압력에 대응하는 신호(S2), 및 배기 밸브(400)의 배기 속도에 대응하는 신호(S3)를 나타낸 그래프들이다. 도 9는 도 7 및 도 8의 그래프에 대응하여, 공정 챔버(10)로 공급되는 공정 가스의 유량을 나타낸 그래프이다. 설명의 편의를 위해, 도 1 및 도 2를 함께 참조하여 설명한다.
- [0062] 도 7을 참조하면, 질량 유량 제어기(200)의 결함의 원인을 검출하기 위하여, 보정 신호(S1), 공정 챔버(10) 내의 압력에 대응하는 신호(S2), 및 배기 밸브(400)의 배기 속도에 대응하는 신호(S3)는 동일한 시간 축으로 동기화할 수 있다. 도 7에 도시된 그래프에서, 공정 챔버(10) 내의 압력은 제1 시점(T1)과 제2 시점(T2) 사이에서 설정 압력으로부터 점점 감소하지만, 배기 밸브(400)의 배기 속도가 낮아지면서 제2 시점(T2)과 제3 시점(T3) 사이에서 증가하고, 제3 시점(T3) 이후 상기 설정 압력을 유지하는 것을 확인할 수 있다.
- [0063] 전술한 바와 같이, 공정 챔버(10)로 공급되는 공정 가스의 유량은 공정 챔버(10) 내의 압력 및 배기 밸브(400)의 배기 속도에 비례하므로, 도 9에 도시된 것과 같이 제1 시점(T1) 이후부터 공정 챔버(10)로 공급되는 공정 가스의 유량이 설정 유량(Q_{set}) 보다 감소되는 것을 확인할 수 있다. 즉, 질량 유량 제어기(200)의 결함으로 인하여, 제1 시점(T1) 이후 설정 유량(Q_{set})과 상이한 유량의 공정 가스가 공정 챔버(10)로 공급되고 있음을 확인할 수 있다.
- [0064] 도 7에 도시된 바와 같이, 공정 챔버(10)로 공급되는 공정 가스의 유량이 감소하기 시작한 제1 시점(T1)에서 보정 신호(S1)가 변하므로, 잘못된 보정 신호(S1)로 인하여 공정 챔버(10)로 공급되는 공정 가스의 유량에 문제가 생기는 것을 확인할 수 있다. 즉, 유량 센서(210)의 결함으로 인해, 잘못된 유입 유량(Q_{in})이 측정되고, 밸브부(220)는 잘못된 유입 유량(Q_{in})을 이용하여 생성된 보정 신호(S1)에 의해 설정 유량(Q_{set}) 보다 적은 유량의 공정 가스가 질량 유량 제어기(200)로부터 유출되도록 구동할 수 있다. 그러므로, 도 7에 도시된 것과 같이, 보정 신호(S1)가 변할 때 공정 챔버(10) 내의 압력 및 배기 밸브(400)의 배기 속도 중 적어도 하나가 같이 변하는 경우, 유량 센서(210)에 결함이 있는 것으로 판단할 수 있다.
- [0065] 또한, 도 8에 도시된 그래프에서, 공정 챔버(10) 내의 압력 및 배기 밸브(400)의 배기 속도는 도 7과 동일하게 변하는 것을 확인할 수 있다. 즉, 도 9에 도시된 것과 같이, 제1 시점(T1) 이후부터 공정 챔버(10)로 공급되는 공정 가스의 유량이 설정 유량(Q_{set}) 보다 감소되는 것을 확인할 수 있다.
- [0066] 도 8에 도시된 바와 같이, 보정 신호(S1)에 변화가 없음에도, 제1 시점(T1) 이후 공정 챔버(10)로 공급되는 공정 가스의 유량이 감소하는 것을 확인할 수 있다. 즉, 설정 유량(Q_{set})과 동일한 유입 유량(Q_{in})이 유량 센서(210)에서 검출되어 공정 가스의 유량을 보정할 필요가 없음을 나타내는 보정 신호(S1)가 생성되었으나, 밸브부(220)의 결함으로 인하여 제1 시점(T1) 이후 공정 챔버(10)로 공급되는 공정 가스의 유량이 설정 유량(Q_{set}) 보다 감소된 것을 확인할 수 있다. 그러므로, 도 8에 도시된 바와 같이, 보정 신호(S1)가 일정할 때 공정 챔버(10) 내의 압력 및 배기 밸브(400)의 배기 속도 중 적어도 하나가 변하는 경우, 밸브부(220)에 결함이 있는 것으로 판단할 수 있다.
- [0067] 따라서, 본 발명의 일부 실시예들에 따른 반도체 제조 장치(1)에 의하면, 질량 유량 제어기(200)에 결함이 발생된 구성요소를 검출할 수 있고, 또한 결함이 발생된 시점을 정확하게 검출할 수 있다.
- [0068] 이상에서와 같이 도면과 명세서에서 예시적인 실시예들이 개시되었다. 본 명세서에서 특정한 용어를 사용하여 실시예들을 설명되었으나, 이는 단지 본 개시의 기술적 사상을 설명하기 위한 목적에서 사용된 것이지 의미 한정이나 청구범위에 기재된 본 개시의 범위를 제한하기 위하여 사용된 것은 아니다. 그러므로 본 기술분야의 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 타 실시예가 가능하다는 점을 이해할 것이다. 따라서, 본 개시의 진정한 기술적 보호범위는 첨부된 청구범위의 기술적 사상에 의해 정해져야 할 것이다.

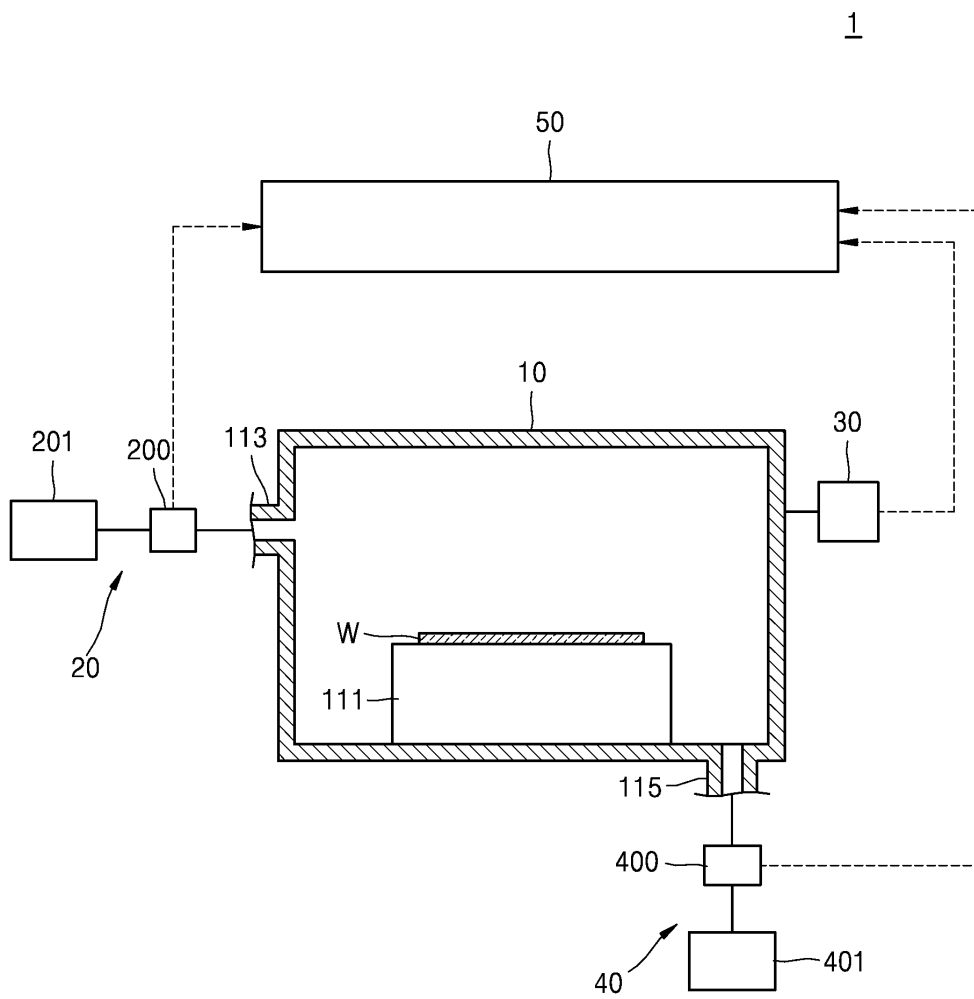
부호의 설명

[0069]

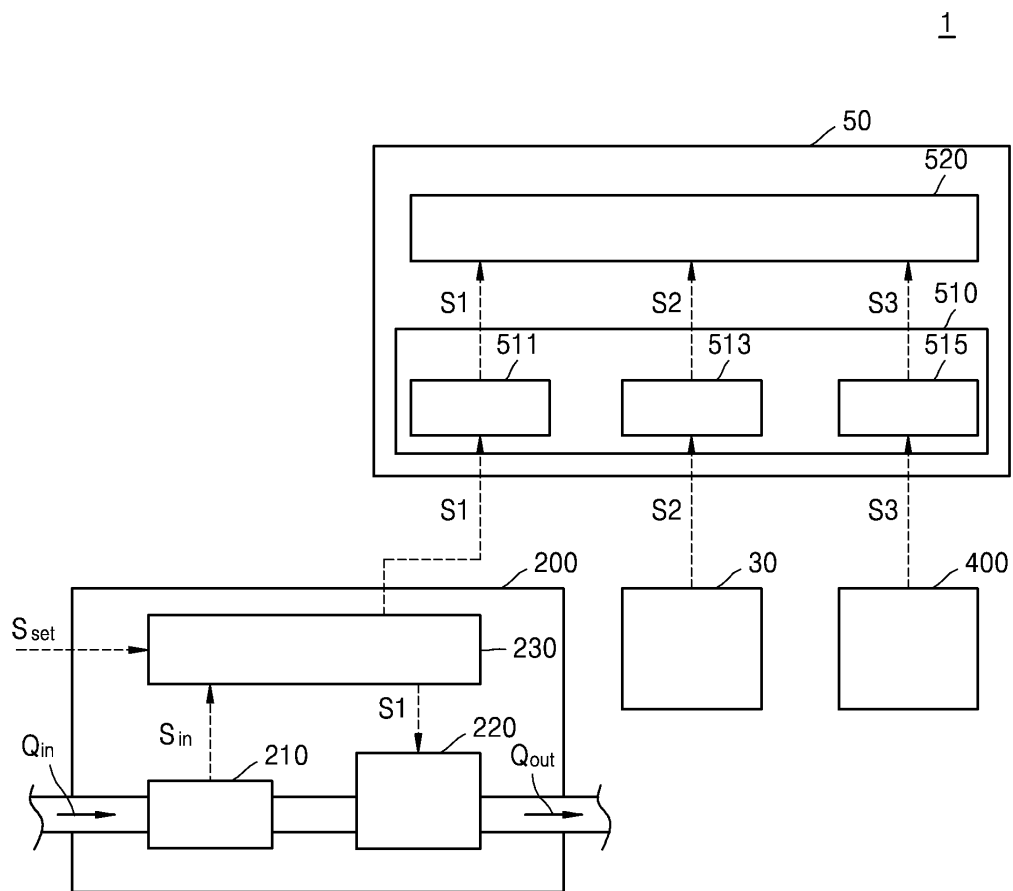
1: 반도체 제조 장치 10: 공정 챔버
20: 가스 공급부 30: 센서부
40: 배기부 50: 모니터링 장치
200: 질량 유량 제어기 210: 유량 센서
220: 밸브부 230: 제어부
400: 배기 밸브

도면

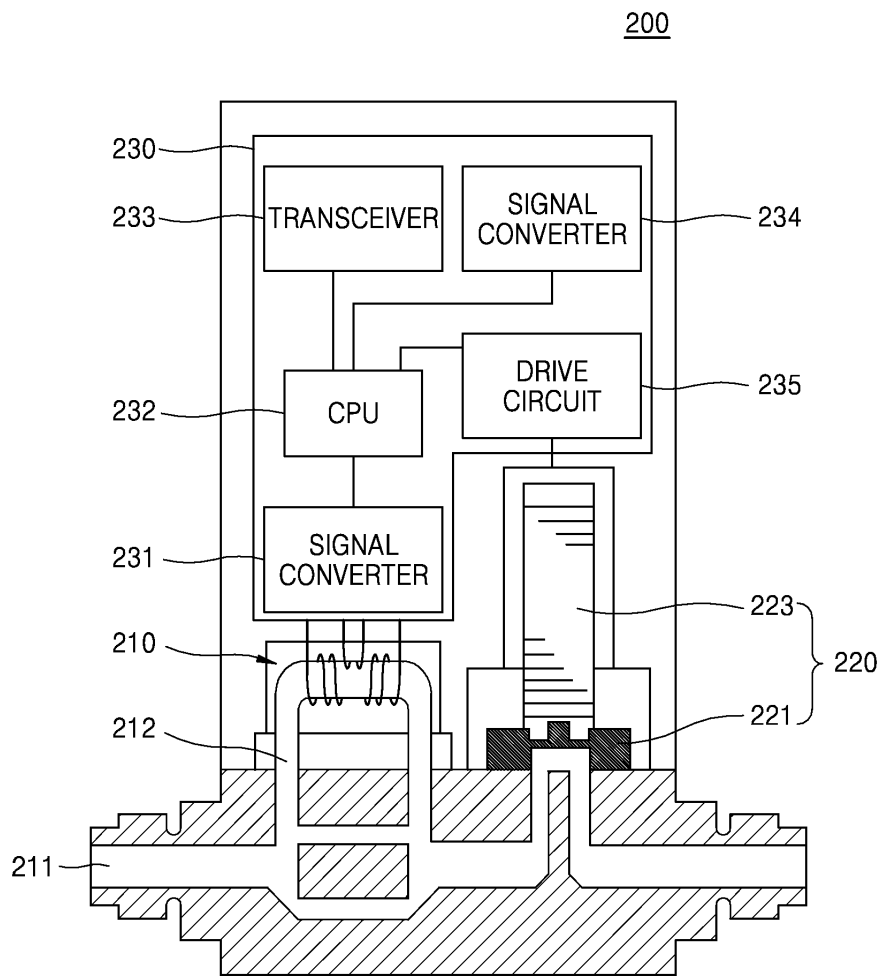
도면1



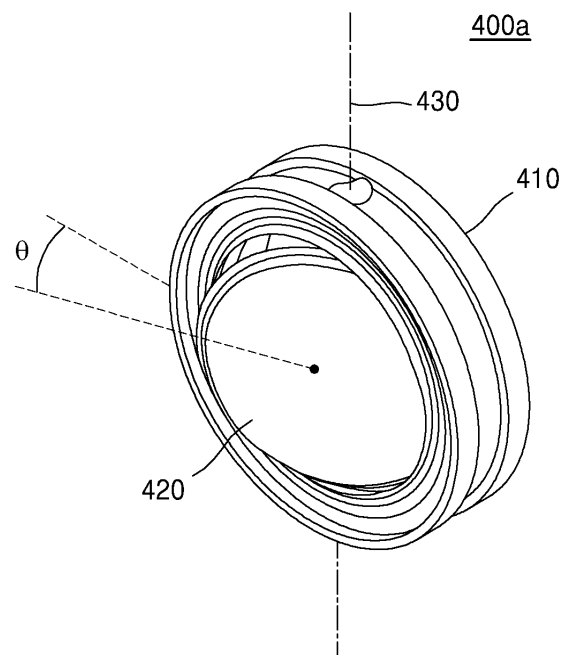
도면2



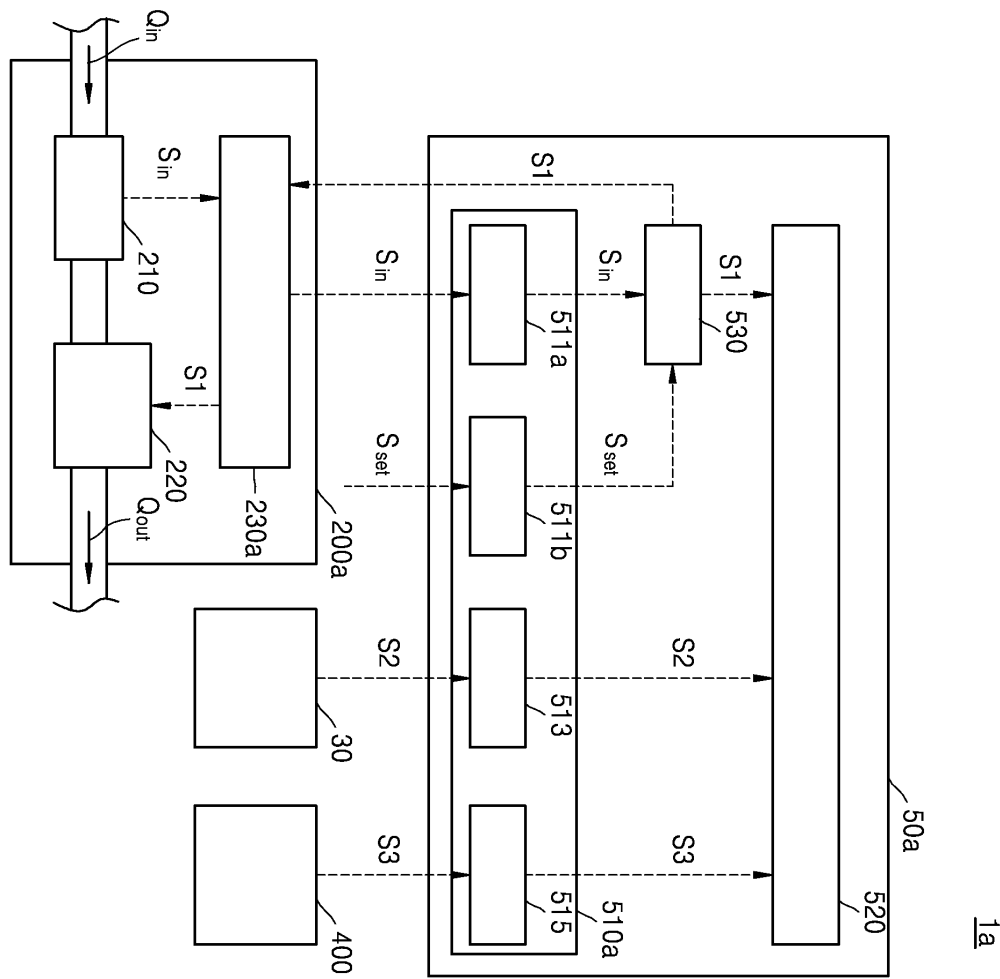
도면3



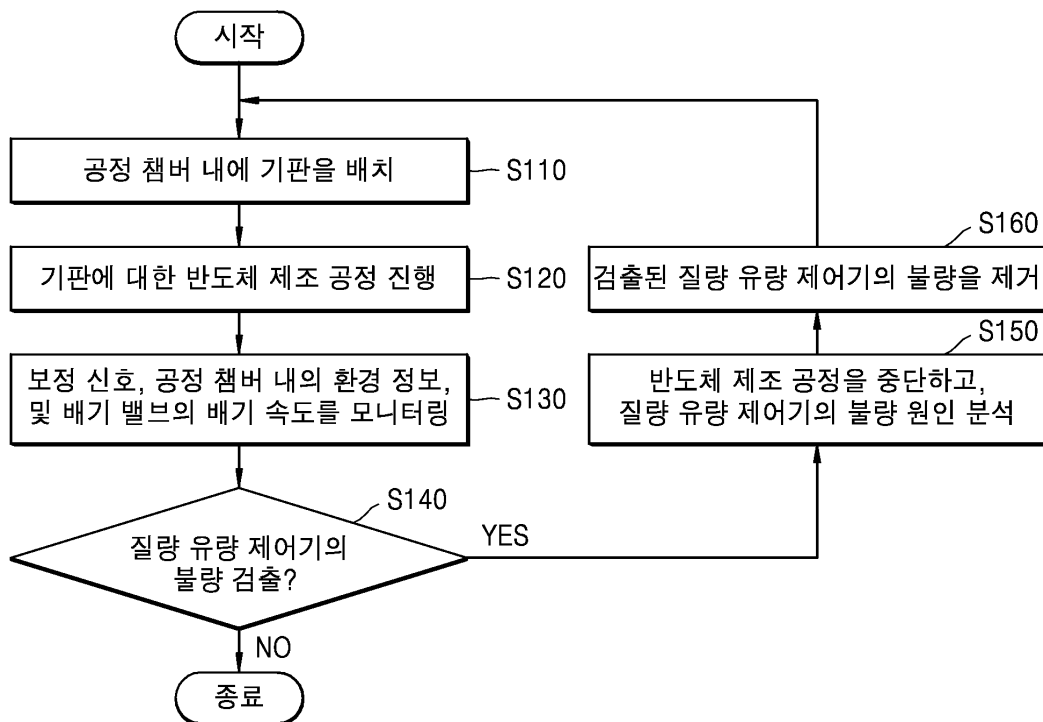
도면4



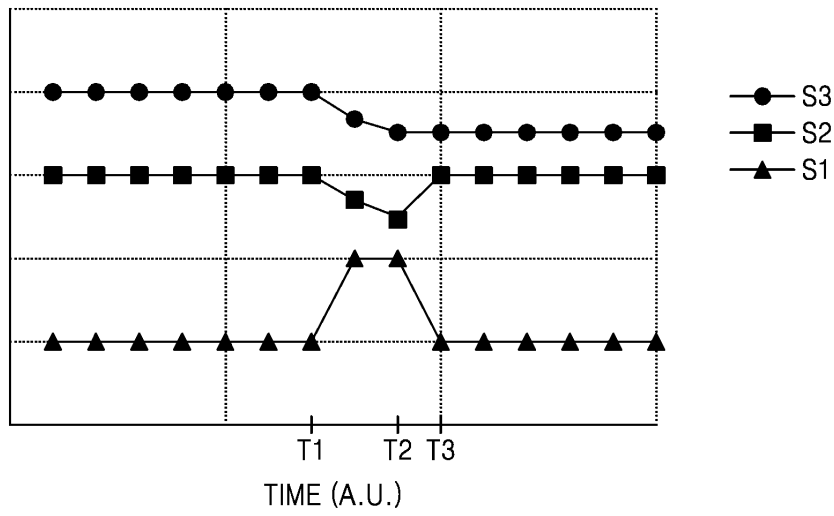
도면5



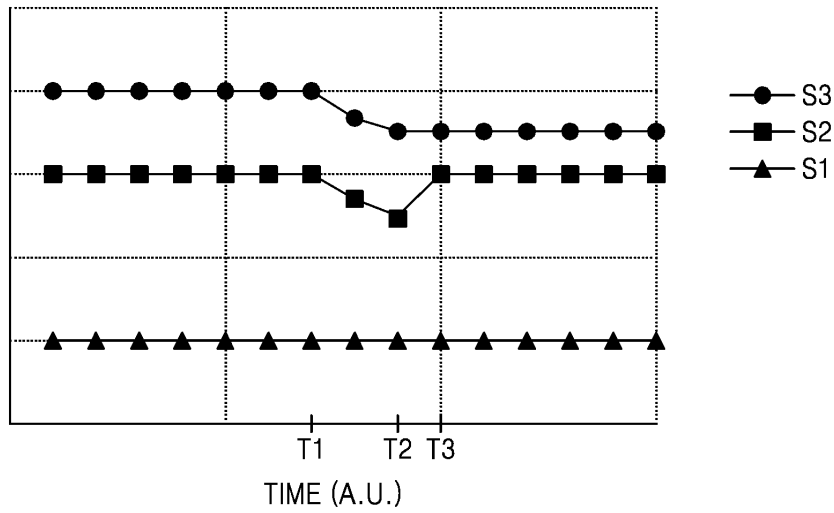
도면6



도면7



도면8



도면9

