(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2024년10월30일
(11) 등록번호 10-2724709
(24) 등록일자 2024년10월28일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H05H 1/24 (2006.01) *H01J 49/10* (2006.01)
H01J 49/42 (2006.01)
(52) CPC특허분류
H05H 1/2431 (2021.05)
H01J 49/10 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2022-7027035
(22) 출원일자(국제) 2021년03월29일
심사청구일자 2022년08월04일
(85) 번역문제출일자 2022년08월04일
(65) 공개번호 10-2022-0123459
(43) 공개일자 2022년09월06일
(86) 국제출원번호 PCT/JP2021/013168
(87) 국제공개번호 WO 2021/200773
국제공개일자 2021년10월07일
(30) 우선권주장
JP-P-2020-062862 2020년03월31일 일본(JP)
(56) 선행기술조사문헌
KR100905128 B1
(뒷면에 계속)
전체 청구항 수 : 총 12 항

(73) 특허권자
아토나프 가부시키가이샤
일본 도쿄도 미나토쿠 시바다이몬 1-10-18
(72) 발명자
타카하시, 나오키
일본 1050012 도쿄 미나토쿠 시바다이몬 1-10-18 아토나프 가부시키가이샤 (내)
(74) 대리인
특허법인(유)남아이피그룹, 특허법인 남앤남

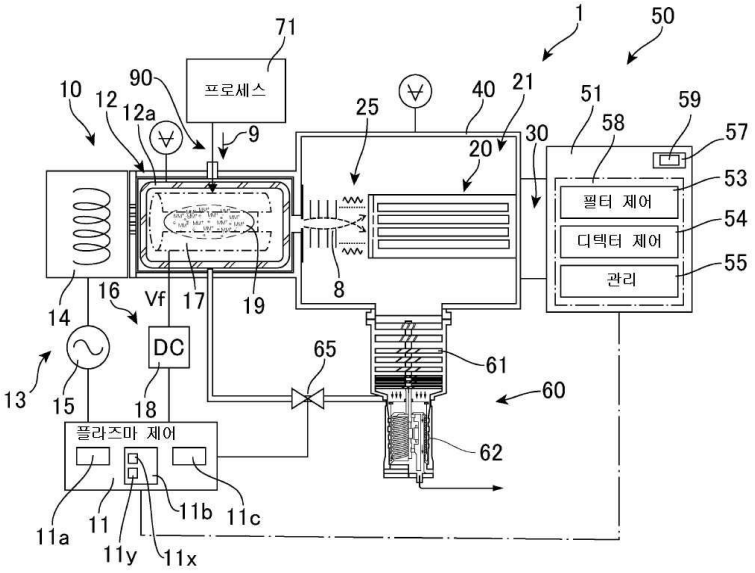
심사관 : 이민형

(54) 발명의 명칭 **플라즈마 생성 장치**

(57) 요 약

플라즈마 생성 장치(10)는, 유전성(誘電性)의 벽체 구조를 구비하며, 측정 대상인 샘플 가스가 유입되는 챔버(12)와, 유전성의 벽체 구조를 통해 전기장 및/또는 자기장에 의해 챔버 내에서 플라즈마를 생성하는 RF 공급 기구(機構)(13)와, 챔버의 내면을 따라 배치된 제1 전극(17)을 포함하는, 부유 전위 공급 기구(16)를 갖는다. RF 공급 기구는, 챔버에 대한 제1 방향으로 배치된 RF장(RF field) 형성 유닛(14)을 포함하고, 제1 전극은, 챔버에 대한 제2 방향으로 배치된 전극을 포함해도 된다.

대 표 도 - 도2



(52) CPC특허분류
H01J 49/42 (2013.01)

(56) 선행기술조사문헌
KR1020080086063 A
KR1020090104876 A
KR1020190092092 A
KR1020190092093 A

명 세 서

청구범위

청구항 1

마이크로 플라즈마의 생성 장치를 갖는 가스 분석 장치로서,

상기 마이크로 플라즈마의 생성 장치는,

유전성(誘電性)의 벽체 구조를 구비하며, 플라즈마화되는 가스가 유입되는 챔버와,

상기 유전성의 벽체 구조를 통해 전기장 및/또는 자기장에 의해 상기 챔버 내에서 플라즈마를 생성하는 RF 공급 기구(機構)와,

상기 챔버의 내면을 따라 배치된 제1 전극을 포함하는, 부유 전위 공급 기구를 포함하고, 추가로,

상기 가스 분석 장치는,

상기 챔버에 측정 대상인 샘플 가스를 공급하는 샘플링 유닛과,

생성된 상기 플라즈마를 통해 상기 샘플 가스를 분석하는 분석 유닛과,

상기 부유 전위 공급 기구에 의해, 상기 플라즈마의 부유 전위를, 상기 분석 유닛에 상기 플라즈마가 유입되도록 제어하는 전위 제어 유닛을 갖는, 가스 분석 장치.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 RF 공급 기구는, 상기 챔버에 대해 제1 방향으로 배치된 RF장(RF field) 형성 유닛을 포함하고,

상기 제1 전극은, 상기 챔버에 대해 제2 방향으로 배치된 전극을 포함하는, 가스 분석 장치.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 챔버는 원통형상이고,

상기 제1 전극은, 둘레면(周面)의 일부가 없는 원통형상의 전극을 포함하는, 가스 분석 장치.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 유전성의 벽체 구조는, 석영, 산화알루미늄 및 질화규소 중 적어도 어느 하나를 포함하는, 가스 분석 장치.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 RF 공급 기구는, 유전 결합 플라즈마, 유전체 장벽 방전 및 전자 사이클로트론 공명 중 적어도 어느 하나에 의해 플라즈마를 발생시키는 기구를 포함하는, 가스 분석 장치.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 전위 제어 유닛은, 상기 분석 유닛의 분석 결과 또는 분석 조건에 따라 유입량을 가변하도록 상기 플라즈마의 부유 전위를 제어하는 유닛을 포함하는, 가스 분석 장치.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 샘플링 유닛은, 상기 챔버에 상기 샘플 가스만을 공급하고, 상기 챔버 내에서 상기 샘플 가스에 의해서만 상기 플라즈마가 생성되는, 가스 분석 장치.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 분석 유닛은, 상기 플라즈마 중의 이온화된 가스를 필터링하는 필터 유닛과,

필터링된 이온을 검출하는 디텍터 유닛을 포함하고,

상기 전위 제어 유닛은, 상기 플라즈마의 부유 전위를, 상기 필터 유닛의 중심 전위에 대해 플러스 전위로 유지하는 유닛을 포함하는, 가스 분석 장치.

청구항 9

제1항 내지 제8항 중 어느 한 항에 기재된 가스 분석 장치를 갖는, 프로세스 모니터링 장치.

청구항 10

가스 분석 장치의 제어 방법으로서,

상기 가스 분석 장치는, 측정 대상인 샘플 가스가 유입되는 마이크로 플라즈마의 생성 장치와, 상기 생성 장치에 의해 생성된 플라즈마를 통해 상기 샘플 가스를 분석하는 분석 유닛을 포함하고,

상기 생성 장치는, 유전성의 벽체 구조를 구비하며, 상기 샘플 가스가 유입되는 챔버와, 상기 유전성의 벽체 구조를 통해 전기장 및/또는 자기장에 의해 상기 챔버 내에서 플라즈마를 생성하는 RF 공급 기구와, 상기 챔버의 내면을 따라 배치된 제1 전극을 포함하는 부유 전위 공급 기구를 포함하고,

해당 방법은, 상기 부유 전위 공급 기구에 의해, 상기 플라즈마의 부유 전위를, 상기 분석 유닛에 상기 플라즈마가 유입되도록 제어하는 것을 포함하는, 방법.

청구항 11

제10항에 있어서,

상기 제어하는 것은, 상기 분석 유닛의 분석 결과에 따라 플라즈마의 유입량을 가변하도록 상기 플라즈마의 부유 전위를 제어하는 것을 포함하는, 방법.

청구항 12

제10항 또는 제11항에 있어서,

상기 분석 유닛은, 상기 플라즈마 중의 이온화된 가스를 필터링하는 필터 유닛과, 필터링된 이온을 검출하는 디텍터 유닛을 포함하고,

상기 제어하는 것은, 상기 플라즈마의 부유 전위를, 상기 필터 유닛의 중심 전위에 대해 플러스로 유지하는 것을 포함하는, 방법.

청구항 13

삭제

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] [0001] 본 발명은, 내부에서 마이크로 플라즈마를 생성하는 챔버를 갖는 플라즈마 생성 장치에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] [0002] 일본 특허공개공보 제2015-204418호에는, 플라즈마 처리 장치가, 반응 가스가 수용된 반응실과, 이 반응실 내의 반응 가스를 플라즈마화하는 플라즈마 생성부와, 상기 반응실 내에 생긴 플라즈마의 플라즈마 부유 전위를 측정하는 전극과, 플라즈마 부유 전위에 대해 마이너스의 바이어스 전압을 인가(印加)하는 전자 방출원을 구비하고 있는 것이 개시되어 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0003] (특허문헌 0001) 일본 특허공개공보 제2015-204418호

발명의 내용

해결하려는 과제

[0004] [0003] CVD 등의 가공 프로세스에 사용되는 플라즈마, 혹은 자연계에서 볼 수 있는 플라즈마와 같은 매크로 스케일(macroscale) 공간의 플라즈마에 대해, 나노 공간의 플라즈마로 이동하는 경계의 미세 영역(중간 영역), 즉, "메조 공간"에 있어서의 플라즈마로서의 마이크로 플라즈마가 알려져 있다. 마이크로 플라즈마에는, 마이크로미터 오더(micrometer-order)의 플라즈마라는 의미도 포함하는데, 그 크기가 수 ㎜ 정도에서 100㎛ 정도인 영역으로 확장되는 플라즈마가 포함된다. 이와 같은 사이즈의 마이크로 플라즈마는, 나노 사이즈와 같은 특수한 성질 혹은 기술이 요구되는 것에 비해 비교적 취급이 용이하여, 다양한 용도가 검토되고 있다. 그 중 하나는, 분석 장치의 이온 소스이며, 안정적인 이온원으로서 이용하기 위해, 플라즈마의 부유 전위를 제어하는 것이 요망되고 있다.

과제의 해결 수단

[0005] [0004] 본 발명의 하나의 양태는, 마이크로 플라즈마의 생성 장치이다. 이 생성 장치는, 유전성(誘電性)의 벽체 구조를 구비하며, 플라즈마화되는 가스가 유입되는 챔버와, 유전성의 벽체 구조를 통해 전기장 및/또는 자기장에 의해 챔버 내에서 플라즈마를 생성하는 RF 공급 기구(機構)와, 챔버의 내면을 따라 배치된 제1 전극을 포함하는, 부유 전위 공급 기구를 갖는다. 이 플라즈마 생성 장치에 있어서는, 챔버 밖으로부터 고주파를 공급하여 플라즈마를 생성하는 동시에, 마이크로 플라즈마용 챔버 내에, 내면을 따라 전극을 배치함으로써 생성되는 마이크로 플라즈마의 적어도 일부를 둘러싸서, 마이크로 플라즈마의 부유 전위를 제어한다. 매크로 사이즈도 아니고, 나노 사이즈도 아닌, 중간 사이즈의 마이크로 플라즈마라면, 그 주위 또는 주위의 일부를 덮도록 배치된 전극에 의해 플라즈마의 부유 전위의 제어가 가능해진다.

[0006] [0005] RF 공급 기구는, 챔버에 대한 제1 방향으로 배치된 RF장(RF field) 형성 유닛을 포함하고, 제1 전극은, 챔버에 대한 제2 방향으로 배치된 전극을 포함해도 된다. 챔버의 일례는 원통형상이며, 제1 전극은, 둘레면(周面)의 일부가 없는 원통형상의 전극을 포함해도 된다. 유전성의 벽체 구조는, 석영, 산화알루미늄 및 질화규소 중 적어도 어느 하나를 포함해도 된다. RF 공급 기구는, 유전 결합 플라즈마, 유전체 장벽 방전 및 전자 사이클로트론 공명 중 적어도 어느 하나에 의해 플라즈마를 발생시키는 기구를 포함해도 된다.

[0007] [0006] 본 발명의 다른 양태 중 하나는, 상기의 플라즈마 생성 장치와, 챔버에 측정 대상인 샘플 가스를 공급하는 샘플링 유닛과, 생성된 플라즈마를 통해 샘플 가스를 분석하는 분석 유닛과, 부유 전위 공급 기구에 의해, 플라즈마의 부유 전위를, 분석 유닛에 플라즈마가 유입되도록 제어하는 전위 제어 유닛을 갖는 가스 분석 장치이다. 분석 유닛은, 플라즈마 중의 이온화된 가스를 필터링하는 필터 유닛과, 필터링된 이온을 검출하는 디텍터 유닛을 포함하고, 부유 전위 제어 유닛은, 플라즈마의 부유 전위를, 필터 유닛의 중심 전위에 대해 플러스로 유지하고, 플러스로 대전된 마이크로 플라즈마가 필터 유닛에 유입되도록 해도 된다. 가스 분석 장치의 일례는, 사중극(quadrupole) 필터를 구비한 질량 분석 장치이다. 분석 유닛의 분석 결과 또는 분석 조건에 따라 유입량을 가변하도록 플라즈마의 부유 전위를 제어하는 유닛을 포함해도 된다. 대유량으로 단시간에 주된 성분을 분석해도 되고, 저유량으로 장시간 동안 정밀도가 높은 분석을 실시해도 된다. 샘플링 유닛은, 챔버에 샘플링 가스만을 공급하고, 노이즈가 될 가능성이 있는 아르곤 등의 어시스트 가스를 포함하지 않는 상태로, 챔

버 내에서 샘플링 가스에 의해서만 마이크로 플라즈마를 생성해도 된다.

[0008] [0007] 본 발명의 다른 양태 중 하나는, 상기의 가스 분석 장치를 갖는 프로세스 모니터링 장치이다. 또한, 본 발명의 다른 양태 중 하나는, 플라즈마 생성 장치를 포함하는 가스 분석 장치의 제어 방법이다. 이 방법은, 챔버의 내면을 따라 배치된 제1 전극을 포함하는 부유 전위 공급 기구에 의해, 플라즈마의 부유 전위를, 분석 유닛에 플라즈마가 유입되도록 제어하는 것을 포함한다. 이들 방법은, 적당한 기록 매체에 기록된 프로그램(프로그램 제품)으로서 제공되어도 된다.

도면의 간단한 설명

[0009] [0008] 도 1은, 플라즈마 생성 장치를 포함하는 가스 분석 장치의 개요를 나타낸 도면이다.

도 2는, 가스 분석 장치의 구성을 나타낸 도면이다.

도 3은, 가스 분석 장치의 플라즈마 부유 전위의 제어의 개요를 나타낸 플로차트이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0010] [0009] 도 1에, 플라즈마 생성 장치(플라즈마 생성 유닛)를 포함하는 가스 분석 장치의 일례를 나타내고 있다. 이 가스 분석 장치(1)는, 프로세스로부터 공급되는 샘플 가스를 분석함으로써 프로세스를 모니터링하는 프로세스 모니터링 장치(프로세스 모니터)(50)로서 기능한다. 가스 분석 장치(1)는, 프로세스로부터의 샘플 가스(샘플링 가스, 가스 샘플)를 플라즈마화하는 플라즈마 생성 유닛(10)과, 생성된 플라즈마를 통해 샘플 가스를 분석하는 분석 유닛(분석기)(21)과, 제어 유닛(제어 장치, 제어 시스템)(51)과, 배기 시스템(60)을 포함한다.

[0011] [0010] 도 2에, 프로세스 모니터(50)로서 기능하는 가스 분석 장치(1)의 구성을 더욱 자세히 나타내고 있다. 가스 분석 장치(1)는, 플라즈마 프로세스가 실시되는 프로세스 챔버(71)로부터 공급되는 샘플 가스(9)를 분석한다. 프로세스 챔버(71)에 있어서 실시되는 플라즈마 프로세스는, 전형적으로는, 다양한 종류의 막 혹은 층을 기판 위에 생성하는 공정이나, 기판을 에칭하는 공정이며, CVD(화학 증착, Chemical Vapor Deposition) 또는 PVD(물리 증착, Physical Vapor Deposition)를 포함한다. 플라즈마 프로세스는, 렌즈, 필터 등의 광학 부품을 기판으로 하여 다양한 종류의 박막을 적층하는 프로세스여도 된다.

[0012] [0011] 프로세스 모니터(50)는, 프로세스 챔버(71)로부터 공급되는 가스(샘플 가스)(9)를 분석하는 가스 분석 장치(1)를 포함한다. 가스 분석 장치(1)는, 프로세스로부터 공급되는 측정 대상인 샘플 가스(9)의 플라즈마(19)를 생성하는 플라즈마 생성 유닛(플라즈마 생성 장치)(10)과, 플라즈마 생성 장치(10)로 측정 대상인 샘플 가스(9)를 공급하는 샘플링 유닛(샘플링 장치)(90)과, 생성된 플라즈마(19)를 통해 샘플 가스(9)를 분석하는 분석 유닛(21)을 포함한다. 플라즈마 생성 장치(10)는, 유전성의 벽체 구조(12a)를 구비하며, 샘플링 장치(90)를 통해 공급되는 측정 대상인 샘플 가스(9)만이 유입되는 챔버(샘플링 챔버)(12)와, 유전성의 벽체 구조(12a)를 통해 고주파 전기장 및/또는 자기장에 의해, 감압된 샘플링 챔버(12) 내에서 플라즈마(19)를 생성하는 고주파 공급 기구(RF 공급 기구, RF 공급 장치)(13)와, 샘플링 챔버(12) 내의 제어 전극(17)에 의해 플라즈마(19)의 전위(부유 전위) Vf를 제어하는 부유 전위 공급 기구(부유 전위 제어 기구, 부유 전위 공급 장치)(16)를 포함한다.

[0013] [0012] 본 예의 가스 분석 장치(1)는, 질량 분석형이며, 분석 유닛(분석기)(21)은, 플라즈마 생성 장치(10)에서 플라즈마(19)로서 생성된, 이온화된 샘플 가스(샘플 가스 이온)(8)를 질량 전하비에 따라 필터링하는 필터 유닛(필터, 본 예에 있어서는 사중극 필터)(20)과, 플라즈마(19)의 일부를 이온류(流)(8)로서 끌어들이는 포커스 전극(이온 인입 광학계)(25)과, 필터링된 이온을 검출하는 디텍터 유닛(디텍터)(30)과, 분석 유닛(21)을 수납한 진공 용기(하우징)(40)를 갖는다. 가스 분석 장치(1)는, 하우징(40)의 내부를 적당한 부압 조건(진공 조건)으로 유지하는 배기 시스템(60)을 포함한다. 본 예의 배기 시스템(60)은, 터보 몰레큘러 펌프(TMP)(61)와, 루트 펌프(62)를 포함한다. 배기 시스템(60)은, TMP(61)와, 루트 펌프(62) 사이에 형성되는 중간적인 부압을 이용하여 플라즈마 생성 장치(10)의 샘플링 챔버(12)의 내압(內壓)도 제어하는 듀얼 타입이다.

[0014] [0013] 배기 시스템(60)에 의해 감압된 샘플링 챔버(12)에는 샘플링 장치(90)를 통해 프로세스 챔버(71)로부터의 샘플 가스(9)만이 유입되고, 샘플링 챔버(12)의 내부에서 플라즈마(19)가 형성된다. 챔버(12)는 매크로 플라즈마도 아니고, 나노 플라즈마도 아닌 중간 영역의 마이크로 플라즈마의 생성을 목적으로 하여 설계되어 있다. 마이크로 플라즈마(19)의 일례는, 크기가 수 ㎜ 정도에서 100㎛ 정도인 영역으로 확장되는 플라즈마이다. 나아가, 이 정도 사이즈의 플라즈마(19)를 생성하는 것을 목적으로 하기 때문에, 플라즈마 생성 유닛(10)

에 있어서는, 아르곤 가스 등의 어시스트 가스(서포트 가스)는 사용하지 않고, 샘플 가스(9)에 의해서만 분석용 플라즈마(19)가 생성된다. 샘플링 챔버(12)의 벽체(12a)는 유전성의 부재(유전체)로 구성되어 있고, 그 일례는, 석영(Quartz), 산화알루미늄(Al_2O_3) 및 질화규소(SiN_3) 등의 플라즈마에 대해 내구성이 높은 유전체이다.

[0015] [0014] 또한, 샘플링 챔버(12)는, 마이크로 플라즈마(19)의 생성에 적합한 소형의 챔버이며, 예컨대, 샘플링 챔버(12)의 전체 길이는 1-100㎜, 직경은 1-100㎜여도 된다. 전체 길이 및 직경은, 5㎜ 이상이어도 되고, 10㎜ 이상이어도 되며, 80㎜ 이하여도 되고, 50㎜ 이하여도 되고, 30㎜ 이하여도 된다. 샘플링 챔버(12)의 용량은, $1㎜^3$ 이상이어도 되고, $10^5㎜^3$ 이하여도 된다. 샘플링 챔버(12)의 용량은, $10㎜^3$ 이상이어도 되고, $30㎜^3$ 이상이어도 되고, $100㎜^3$ 이상이어도 된다. 샘플링 챔버(12)의 용량은, $10^4㎜^3$ 이하여도 되고, $10^3㎜^3$ 이하여도 된다. 이 정도 사이즈의 공간이면, 챔버 내에 배치된 전극(17)에 의해 공간 내부의 전위(전기장)의 제어를 용이하게 행할 수 있다.

[0016] [0015] 플라즈마 생성 유닛(10)의 플라즈마 생성 기구(RF 공급 기구)(13)는, 샘플링 챔버(12)의 내부에서, 전극을 사용하지 않고, 또한, 플라즈마 토치를 사용하지 않고, 유전성의 벽체 구조(12a)를 통해 전기장 및/또는 자기장에 의해 플라즈마(19)를 생성한다. RF 공급 기구(13)의 일례는 고주파(RF, Radio Frequency) 전력으로 플라즈마(19)를 여기하는 기구이다. RF 공급 기구(13)의 예로서는, 유전 결합 플라즈마(ICP, Inductively Coupled Plasma), 유전체 장벽 방전(DBD, Dielectric Barrier Discharge), 전자 사이클로트론 공명(ECR, Electron Cyclotron Resonance) 등의 방식을 들 수 있다. 이들 방식의 플라즈마 생성 기구(13)는, 고주파 전원(15)과, RF장 형성 유닛(14)을 포함한다. RF장 형성 유닛(14)의 전형적인 것은, 샘플링 챔버(12)의 대표적인 방향, 예컨대, 샘플링 챔버(12)가 원통형상이라면, 한쪽 끝면(端面) 또는 직경 방향을 따라 배치된 코일을 포함한다.

[0017] [0016] 샘플링 챔버(용기)(12)의 내압은, 가스 분석 장치(1)와 공통된 배기 시스템(60), 독립된 배기 시스템, 또는 프로세스 장치와 공통된 배기 시스템 등을 이용하여, 적당한 부압으로 제어된다. 샘플링 챔버(12)의 내압은, 마이크로 플라즈마(19)가 생성되기 쉬운 압력, 예컨대, 0.01-1kPa의 범위여도 된다. 프로세스 챔버(71)의 내압이 1-수백Pa 정도로 관리되는 경우, 샘플링 챔버(12)의 내압은, 그보다 낮은 압력, 예컨대, 0.1-수십Pa 정도로 관리되어도 되고, 0.1Pa 이상, 또는 0.5Pa 이상, 10Pa 이하, 또는 5Pa 이하로 관리되어도 된다. 예컨대, 샘플링 챔버(12)는 내부가, 1-10mTorr(0.13-1.3Pa) 정도로 감압되어도 된다. 샘플링 챔버(12)를 상술한 정도의 감압으로 유지함으로써, 샘플 가스(9)만으로, 저온에서 마이크로 플라즈마(19)를 생성하는 것이 가능하다.

[0018] [0017] 프로세스 모니터(50)(가스 분석 장치(1))에 있어서, 감시 대상은 플라즈마 프로세스를 실시하는 프로세스 챔버(71)로부터 샘플링 장치(90)를 통해 공급되는 샘플 가스(9)이다. 이 샘플링 챔버(12) 내에 있어서는, 아크 방전 혹은 플라즈마 토치 등을 이용하지 않고, 적당한 조건으로 RF 전력을 공급함으로써, 샘플 가스(9)를 도입하는 것만으로 플라즈마(19)를 유지할 수 있다. 아르곤 가스 등의 서포트 가스를 필요로 하지 않음으로써, 샘플 가스(9)만이 전리(電離)된 플라즈마(19)를 생성하여, 가스 분석 유닛(21)에 공급할 수 있다. 이 때문에, 샘플 가스(9)의 측정 정밀도가 높고, 가스 성분뿐만 아니라, 성분의 정량 측정을 가능하게 하는 가스 분석 장치(1)를 제공할 수 있다. 이 때문에, 가스 분석 장치(1)를 탑재하는 프로세스 모니터(프로세스 모니터링 장치)(50)에 있어서는, 프로세스 장치의 프로세스 챔버(71)의 내부의 상태를, 장기간에 걸쳐, 안정적이며, 정밀도 있게 감시할 수 있다.

[0019] [0018] 나아가, 장기간에 걸쳐, 안정적이며, 정밀도 있게 감시하기 위한 측정 결과를 가스 분석 장치(1)에 있어서 취득하기 위해서는 샘플링 챔버(12) 내에서 부유 전위 Vf 혹은 대전 전압이 안정적인 플라즈마(19)를 생성하는 것도 중요하다. 이 가스 분석 장치(1)에 있어서는 플라즈마(19)의 부유 전위를 제어함으로써, 더욱 안정적인 측정을 가능하게 하고 있다.

[0020] [0019] 프로세스 모니터(50)에 있어서는, 프로세스 챔버(71)와는 독립된, 가스 분석 전용 샘플링 챔버(12)에 의해 샘플 가스(9)의 플라즈마(19)를 생성한다. 따라서, 프로세스 챔버(71)와는 다른 조건으로, 샘플링 및 가스 분석을 위해 적합한 조건의 마이크로 플라즈마(19)를 샘플링 챔버(12) 내에서 생성할 수 있다. 예컨대, 프로세스 챔버(71)에 프로세스 플라즈마 혹은 클리닝 플라즈마가 생성되어 있지 않을 때에도, 프로세스 챔버(71)의 내부의 상태를, 샘플 가스(9)를 플라즈마화함으로써 감시할 수 있다. 또한, 샘플링 챔버(12)는, 마이크로 플라즈마(19)를 생성하는 데 적합한 소형의, 예컨대, 수 ㎜ 내지 수십 ㎜ 정도의 챔버(미니어처 챔버)여도 된다. 샘플링 챔버(12)의 용량이 작음으로써, 분석 장치(1) 전체를 컴팩트하게 그리고 경량으로 통합할 수 있는 동시에,

실시간 측정에 적합한 가스 분석 장치(1)를 제공할 수 있다. 가스 분석 장치(1)는, 가반식(可搬式)이어도 되고, 핸디 타입이어도 된다.

[0021] [0020] 플라즈마(19)의 전위(부유 전위)를 제어하는 부유 전위 공급 기구(공급 장치, 부유 전위 제어 기구)(16)는, 샘플링 챔버(12)의 내면을 따라 배치된 원통형상의 제어 전극(17)과, 제어 전극(17)의 전위를 제어하는 직류 전원(18)을 포함한다. 제어 전극(17)은, 둘레면의 일부가 없는 원통형의 형상이어도 되며, 와전류의 발생을 억제할 수 있다. 제어 전극(17)은, 샘플 가스(9)의 부식성에 문제가 없는 경우는, 스테인리스, 니켈, 몰리브덴 등의 금속을 사용해도 된다. 샘플 가스(9)의 내식성을 고려할 경우는, 내부식성의 재료인 하스텔로이, 텅스텐, 티탄, 카본(그래파이트) 등의 내식성 도전 재료를 사용해도 된다.

[0022] [0021] 샘플링 챔버(12)는, 원통형상이어도 된다. 이 플라즈마 생성 유닛(10)에 있어서는, 원통형상의 샘플링 챔버(12)에 대해, 챔버(12)를 가로지르는 중심축 방향(제2 방향)에 직교하는 직경 방향(제1 방향)으로, RF장 형성 유닛(14)이 예컨대 한쪽 끝면을 따라 배치되고, 중심축 방향(제2 방향)을 따른 챔버(12)의 둘레 방향(周方向)(제2 방향)으로, 원통형상의 내면을 따라, 부유 전위 Vf를 제어하는 전극(제1 전극)(17)이 배치되어 있다. 이 구성이면, 부유 전위를 제어하는 원통형상의 제어 전극(17)의 한쪽 끝단(端) 또는 양쪽 끝단의 개구(開口)에 면하여 배치된 RF장 형성 유닛(14)에 의해 플라즈마(19)를 형성하기 위한 RF장이 공급된다. 이 때문에, 플라즈마(19)를 생성하는 장(field)과, 플라즈마(19)의 부유 전위를 제어하는 장 간의 간섭을 억제할 수 있어, 플라즈마(19)를 안정적으로 생성할 수 있는 동시에, 부유 전위를 제어하기 쉽다.

[0023] [0022] 부유 전위 Vf의 제어용 전극(제1 전극)(17)은, 원통형상이어도 되고, 원통의 일부가 없는 형상이어도 되고, 반원통형상, 평면(평판)의 조합 등이어도 된다. RF장 형성 유닛(14)에 의해 공급되는 RF장에 의해, 마이크로 플라즈마(19)를 제1 전극(17)에 둘러싸인 범위로 부유시키도록 형성함으로써, 제1 전극(17)에 의해 마이크로 플라즈마(19)의 전위 제어가 용이해진다. 특히, 마이크로 플라즈마(19)의 사이즈(마이크로 플라즈마(19)가 생성되는 공간의 사이즈)라면, 전극(17)과 RF장 형성 유닛(14)을 직교하는 배치로 하여, 전극(17)의 한쪽 끝단 혹은 양쪽 끝단으로부터 RF장을 공급함으로써 전극(17)의 내부에 플라즈마(19)를 생성할 수 있다. 부유 전위 Vf를 제어하는 전극(17)과 RF장 형성 유닛(14) 간의 배치는 상기에 한정되지 않지만, 이들을 직교하도록 배치하는 것은, 상호 간의 간섭을 억제하여 효율적으로 플라즈마(19)를 생성하는 동시에, 생성된 플라즈마(19)의 부유 전위(부유 전압) Vf를 제어하는 데 적합한 배치 중 하나이다.

[0024] [0023] 분석 유닛(21)의 제어 유닛(제어 장치)(51)은, 프로세스 감시 장치(50)인 분석 장치(1)의 제어 유닛을 겸하고 있어도 된다. 제어 장치(51)는, 필터 유닛(필터)(20)의 제어를 행하는 필터 제어 유닛(필터 제어 기능, 필터 제어 장치)(53)과, 디텍터 유닛(디텍터)(30)의 제어를 행하는 디텍터 제어 유닛(디텍터 제어 기능, 디텍터 제어 장치)(54)과, 관리 제어 장치(관리 장치, 관리 기능, 관리 유닛)(55)를 포함한다. 제어 유닛(51)은, 메모리(57) 및 CPU(58)를 포함하는 컴퓨터 자원을 구비하고 있어도 되고, 제어 유닛(51)의 기능은 메모리(57)에 기록된 프로그램(59)에 의해 제공되어도 된다. 프로그램(프로그램 제품)(59)은, 적당한 기록 매체에 기록하여 제공되어도 된다.

[0025] [0024] 본 예의 분석 유닛(21)은 질량 분석형, 특히, 사중극 질량 분석형이고, 필터 유닛(20)은 사중극 필터이다. 필터 제어 유닛(53)은, 사중극에 대해 고주파 및 직류를 인가하는 구동 유닛(RF/DC 유닛)으로서의 기능을 포함한다. 필터 유닛(20)은, 마이크로 플라즈마(19)로서 공급되는 이온화된 샘플 가스(이온류)(8)를 질량 전하비에 따라 필터링한다. 디텍터 제어 유닛(54)은, 필터 유닛(20)을 통과한 이온에 의해 디텍터 유닛(검출 유닛, 컬렉터 유닛, 디텍터)(30), 예컨대, 패러데이 컵에서 생성되는 이온 전류를 포착하여 샘플 가스(9)에 포함되는 성분을 검출하는 기능을 포함한다.

[0026] [0025] 관리 제어 장치(관리 제어 유닛)(55)는, 분석 유닛(21)에 의해 실행되는 측정(검출) 모드를 제어한다. 측정 모드에는, 샘플 가스(9)에 포함되는 주요한 성분을 단시간에 측정하는 모드, 샘플 가스(9)에 포함되는 모든 성분을 비교적 긴 시간 동안 측정하는 모드, 샘플 가스(9)의 특정한 하나 또는 복수의 성분을 검출하는 모드, 성분이 판명되어 있는 테스트 가스가 샘플 가스로서 공급되었을 때, 그 성분을 소정의 모드로 검출하여 필터 유닛(20) 및 디텍터 유닛(30)의 설정을 변경하거나, 측정 결과를 캘리브레이션(calibration)하는 모드 등이 포함된다. 관리 제어 유닛(55)은, 측정 대상의 성분의 비율이 너무 높거나 너무 낮음으로써 디텍터(30)의 적당한 감도가 얻어지는 범위에서 측정 결과를 얻을 수 없을 때, 분석 유닛(21)에 이온류(8)로서 유입되는 플라즈마(19)의 양을 제어하거나, 혹은 제어하도록 플라즈마(19)의 부유 전위 Vf의 변경을 요청하는 기능을 구비하고 있어도 된다.

[0027] [0026] 플라즈마 생성 유닛(10)을 제어하는 플라즈마 생성 제어 유닛(플라즈마 생성 제어 장치, 생성 제어

장치)(11)은 프로그래머블한 제어 장치여도 되며, 샘플링 챔버(12)에 있어서 플라즈마(19)를 생성하기 위한 고주파 전원(15)의 주파수, 전압 등을 제어하는 기능(RF 제어 유닛)(11a)과, 부유 전위 공급 기구(16)의 제어 전극(17)에 공급되는 전압을 제어하는 기능(플라즈마 전위 제어 유닛, 전위 제어 장치, 전압 제어 장치)(11b)을 포함한다. 플라즈마 생성 제어 유닛(11)은, 배기 시스템(60)과의 접속 라인에 설치된 압력 제어 밸브(65)에 의해 샘플링 챔버(12)의 내압을 제어하는 기능(11c)을 구비하고 있어도 된다. 이들 팩터(factor)를 제어함으로써, 프로세스 챔버(71)에 있어서 실시되는 프로세스의 종류가 바뀌거나, 분석 유닛(21)의 제어 장치(51)의 관리 유닛(55)으로부터의 요구에 근거하여 프로세스의 상태가 변화하더라도, 샘플링 챔버(12) 내에 플라즈마(19)를 안정적으로 생성할 수 있다. 따라서, 분석 장치(1)를 포함하는 프로세스 감시 장치(50)에 의해 계속해서 샘플 가스(9)를 분석하고, 프로세스를 감시할 수 있다.

[0028] [0027] 전위 제어 유닛(11b)은, 챔버(12)의 내면을 따라 배치된 제1 전극(17)에 의해, 플라즈마(19)의 부유 전위 Vf를, 챔버(12)로부터 분석 유닛(21)으로 플라즈마(19)가 이온류(8)로서 유입되도록 제어한다. 샘플 가스(9)의 플라즈마(19)의 양(正)이온의 검출 및 계측을 행하는 경우는, 플라즈마 전위(부유 전위)를 사중극 전기장의 중심 전위에 대해 +5~15V 정도, 플러스(플러스 전위, 양(正)전위)로 부유시키도록 제어 전극(17)에 전압을 공급한다. 필터 유닛(20)의 중심 전위에 대해, 플라즈마(19)의 부유 전위 Vf를 양전위로 유지함으로써, 필터 유닛(20)에 대해, 플라즈마(19), 즉, 검출 대상의 양이온을 공급하기 쉬워져, 정밀도가 높은 검출 또는 계측이 가능해진다. 사중극의 중심 전위는, 예컨대, 표유(迷走; stray) 이온이나 표유 전자의 검출에 의한 노이즈를 저감시키기 위해, 양이온 검출 시에는 +10V 이상, 예컨대, +10V~100V 정도 인가한다. 음(負)이온의 계측이 필요한 경우에는, 이온원이 되는 플라즈마(19)의 부유 전위를 접지 전위에 대해 음(負)으로 바이어스하고, 디텍터 유닛(30)의 패러데이 컵을 접지 전위로 해도 된다.

[0029] [0028] 전위 제어 유닛(11b)은, 부유 전위 Vf를 필터 유닛(20)의 중심 전위에 대해 미리 설정된 소정의 전위차 ΔV를 구비한 기준 전위 V0을 유지하도록 설정하는 제1 제어 유닛(제어 장치)(11x)과, 기준 전위 V0에 대해, 분석 유닛(21)의 분석 결과 또는 분석 조건에 따라 분석 유닛(21)에 대한 플라즈마(19)의 유입량이 변화하도록 부유 전위 Vf를 상하로 변동시키는 제2 제어 유닛(제어 장치)(11y)을 포함한다. 즉, 전위 제어 유닛(11b)은, 부유 전위 Vf를 필터 유닛(20)의 중심 전위에 대해 미리 설정된 소정의 전위차 ΔV를 구비한 기준 전위 V0을 유지하도록 설정하고, 요구가 있으면, 이 기준 전위 V0에 대해, 분석 유닛(21)의 분석 결과 또는 분석 조건에 따라 분석 유닛(21)에 대한 플라즈마(19)의 유입량이 변화하도록 부유 전위 Vf를 상하로 변동시키도록 구성되어 있다.

[0030] [0029] 예컨대, 관리 제어 유닛(55)에, 분석 유닛(21)에 의해 샘플 가스(9)에 포함되는 주요한 성분을 단시간에 측정하는 모드가 설정되어 있으면, 전위 제어 유닛(11b)은 제2 제어 기능(11y)에 의해 기준 전위 V0에 대해 부유 전위 Vf를 전위차가 커지는 방향으로 변화시켜 분석 유닛(21)과의 사이에 큰 전압 구배를 만들어, 플라즈마(19)의 유입량의 확대를 도모할 수 있다. 반대로, 관리 제어 유닛(55)에 샘플 가스(9)에 포함되는 모든 성분을 비교적 긴 시간 동안 측정하는 모드가 설정되어 있으면, 전위 제어 유닛(11b)은 제2 제어 기능(11y)에 의해 기준 전위 V0에 대해 부유 전위 Vf를 전위차가 작아지는 방향으로 변화시켜 분석 유닛(21)과의 사이의 전압 구배를 축소하여, 분석 유닛(21)에 대한 플라즈마(19)의 유입량의 축소를 도모해도 된다. 관리 제어 유닛(55)이, 측정 대상의 성분의 비율이 너무 높거나 너무 낮음으로써 디텍터(30)의 적당한 감도가 얻어지는 범위에서 측정 결과를 얻을 수 없을 때, 전위 제어 유닛(11b)에 대해, 챔버(12) 내의 플라즈마(19)와 분석 유닛(21) 사이에 적당한 전압 구배가 만들어지는 부유 전위 Vf가 되도록 요구를 내고, 전위 제어 유닛(11b)이 전극(17)의 전위를 제어하여 적당한 부유 전위 Vf를 플라즈마(19)에 설정해도 된다.

[0031] [0030] 도 3에, 분석 장치(1)의 플라즈마 생성 장치(10)의 부유 전위 Vf의 제어 방법의 개요를 플로차트에 의해 나타내고 있다. 단계 81에 있어서, 전위 제어 유닛(11b)이 부유 전위 Vf의 변경 요청을 받지 않은 경우는, 단계 82에 있어서 미리 설정되어 있는 기준 전위 V0, 예컨대, 사중극 전기장의 중심 전위에 대해 +5~15V 정도의 범위 중 어느 값으로 설정한다. 분석 장치(21)의 관리 제어 유닛(55) 등으로부터 부유 전위 Vf의 변경 요청이 있는 경우는, 거기에 대응한다. 예컨대, 단계 83에 있어서, 분석 유닛(분석기)(21)의 필터(20)에 대해, 이온류(8)로서 유입되는 마이크로 플라즈마(19)의 유입량의 증가 요청이 있는 경우는, 단계 84에 있어서, 부유 전위 Vf를 전위차가 확대되는(커지는, 벌어지는) 방향, 예컨대, 더 고전위가 되도록 설정한다(변동시킨다). 단계 85에 있어서, 플라즈마(19)의 유입량의 감소(삭감) 요청이 있는 경우는, 단계 86에 있어서, 부유 전위 Vf를 전위차가 축소되는(적어지는) 방향, 예컨대, 저전위가 되도록 설정한다(변동시킨다). 유입량을 나타내는 요구가 아니라, 예컨대, 관리 제어 유닛(55)으로부터 단시간 측정 혹은 정밀 측정 등의 모드의 변화에 따른 요청이 있는 경우는, 단계 87에 있어서, 소정의 측정 모드에 적합한 부유 전위 Vf를 설정한다.

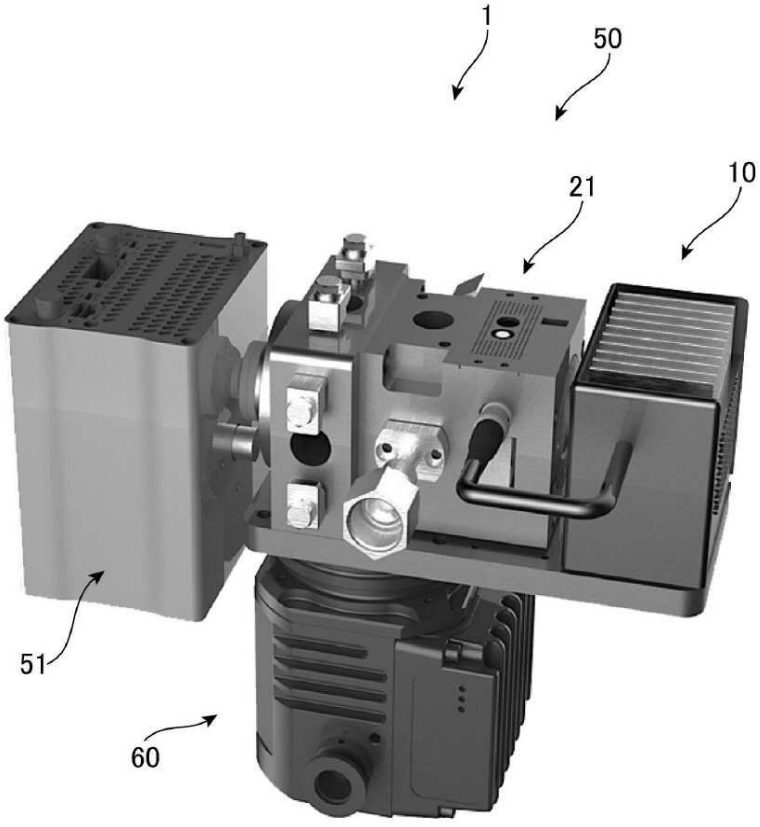
[0032] [0031] 이 제어 방법은 일례이며, 플라즈마 생성 장치(10)는, 챔버(12) 내에 배치된 부유 전위 제어용 전극(17)을 포함하는 전위 제어 기구(전위 공급 기구, 전위 공급 장치)(16)를 구비하고 있으므로, 플라즈마 생성 장치(10)를 이용한 어플리케이션의 요구에 따라, 챔버(12)로부터 공급되는 마이크로 플라즈마(19)의 전위를 자유롭게 조정할 수 있다.

[0033] [0032] 또한, 여분의 표유 전자(음(負)의 전하)에 의한 노이즈 성분의 검출을 방지하기 위해, 필터 유닛(질량 분석계)(20) 및 디텍터 유닛(패러데이 컵)(30)은, 간단하게는 파이프 등의 실드로 둘러싸도 된다. 또한, 상기에서는, 사중극 타입의 질량 분석 장치를 예로 들어 설명하고 있지만, 필터부(20)는, 이온 트랩형이어도 되고, 빈 필터(Wien filter) 등의 다른 타입이어도 된다. 또한, 필터부(20)는, 질량 분석형에 한정되지 않고, 이온 이동도 등의 다른 물리량을 이용하여 가스의 분자 또는 원자를 필터링하는 것이어도 된다. 또한, 가스 분석 유닛은, 발광 분석 유닛 등의 광학 분석 장치여도 된다. 플라즈마 생성 장치의 일례로서 가스 분석 장치에 사용되는 예를 나타내고 있지만, 마이크로 플라즈마는 가스 분석에 한정되지 않고, 미세 가공, 헬스케어 등에 있어서의 박테리아의 불활성화 등, 다종다양한 어플리케이션에 대한 적용이 현재 검토되고 있으며, 이들에 대해서도 본 발명은 유효하다.

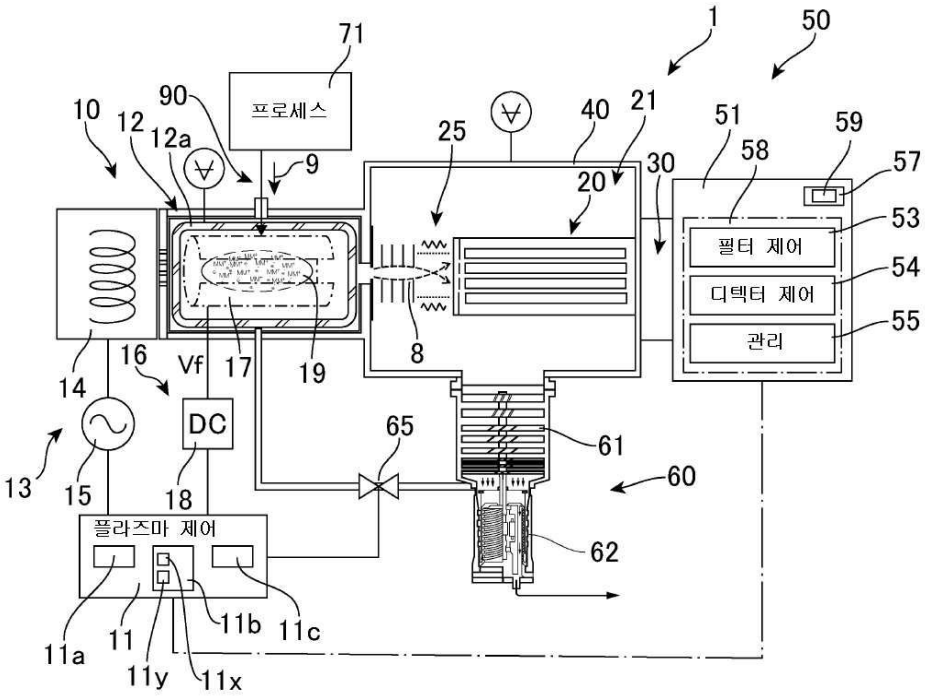
[0034] [0033] 또한, 상기에 있어서는, 본 발명의 특정한 실시형태를 설명하였지만, 다양한 다른 실시형태 및 변형예는 본 발명의 범위 및 정신에서 벗어나지 않고 당업자가 생각해 낼 수 있는 것으로, 이와 같은 다른 실시형태 및 변형은 이하의 청구범위의 대상이 되며, 본 발명은 이하의 청구범위에 의해 규정되는 것이다.

도면

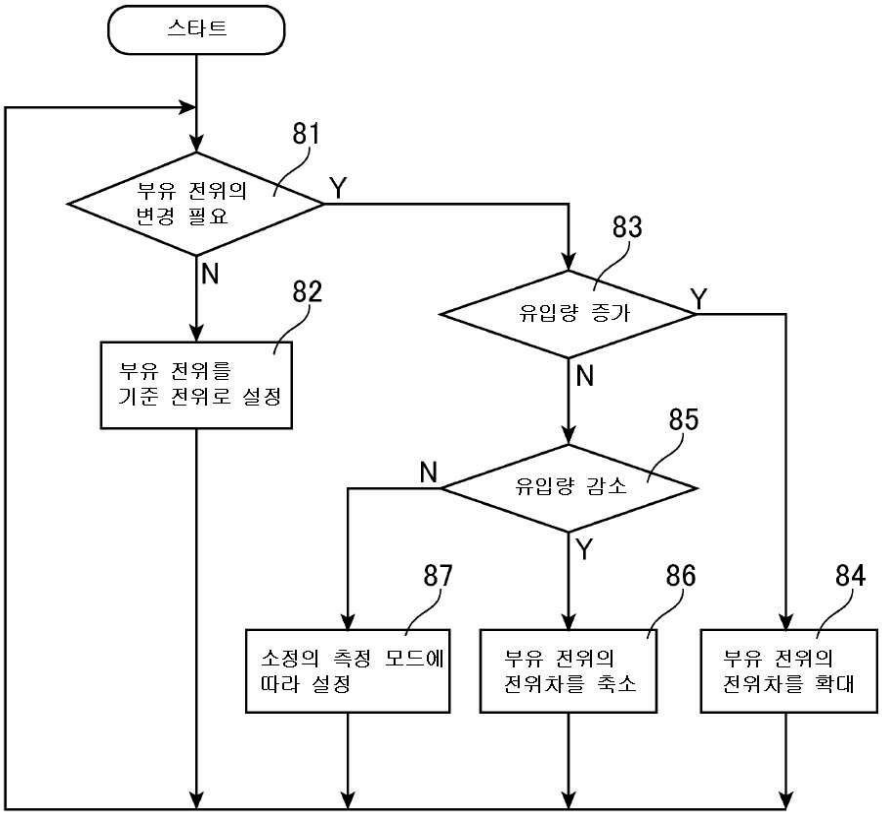
도면1



도면2


71
프로세스
1
50
10
90
12
12a
9
25
40
21
51
59
58
57
20
30
53
필터 제어
54
디텍터 제어
55
관리
16
Vf
17
19
8
14
DC
65
61
60
13
15
18
플라즈마 제어
62
11a
11
11y
11x
11b
11c

도면3


스타트
81
부유 전위의
변경 필요
Y
N
83
유입량 증가
Y
82
부유 전위를
기준 전위로 설정
N
85
N
유입량 감소
Y
87
86
84
소정의 측정 모드에
따라 설정
부유 전위의
전위차를 축소
부유 전위의
전위차를 확대