



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2024-0088888  
(43) 공개일자 2024년06월20일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
H01J 49/14 (2006.01) G01N 21/27 (2006.01)  
G01N 21/64 (2006.01) H01J 37/32 (2006.01)
- (52) CPC특허분류  
H01J 49/14 (2013.01)  
G01N 21/27 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2024-7012577
- (22) 출원일자(국제) 2022년10월19일  
심사청구일자 없음
- (85) 번역문제출일자 2024년04월16일
- (86) 국제출원번호 PCT/JP2022/038848
- (87) 국제공개번호 WO 2023/074480  
국제공개일자 2023년05월04일
- (30) 우선권주장  
JP-P-2021-178175 2021년10월29일 일본(JP)

- (71) 출원인  
아토나프 가부시기가이샤  
일본 도쿄도 미나토쿠 시바다이몬 1-10-18
- (72) 발명자  
나가오 히로후미  
일본 1050012 도쿄 미나토구 시바다이몬 1-10-18  
아토나프 가부시기가이샤 (내)  
미키 신이치  
일본 1050012 도쿄 미나토구 시바다이몬 1-10-18  
아토나프 가부시기가이샤 (내)  
(뒷면에 계속)
- (74) 대리인  
특허법인(유)남아이피그룹

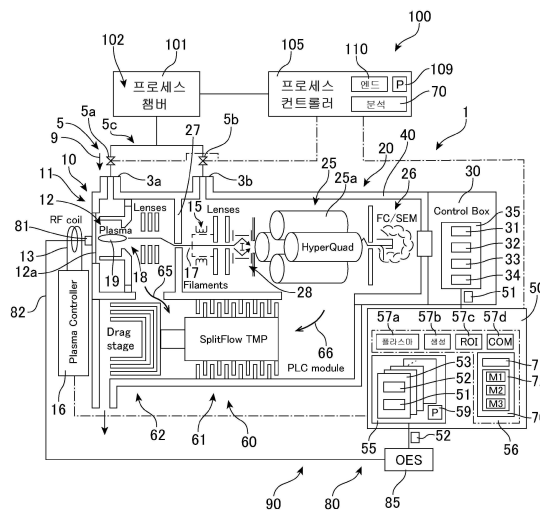
전체 청구항 수 : 총 27 항

(54) 발명의 명칭 가스 분석 장치 및 제어 방법

(57) 요약

가스 분석 장치(1)는, 유전성(誘電性)의 벽체 구조를 구비하며, 측정 대상인 샘플 가스(9)가 유입되는 샘플 챔버(12)와, 유전성의 벽체 구조를 통해 전기장 및/또는 자기장에 의해, 감압된 샘플 챔버 내에서 플라스마(19)를 생성하는 플라스마 생성 기구(機構)(13)와, 샘플 챔버에, 프로세스(102)로부터의 샘플 가스만이 유입되도록 구성된 가스 입력 장치(5)와, 생성된 플라스마 중의 이온화된 가스를 필터링하여 플라스마 중의 성분을 검출하는 제1 검출기(20)와, 샘플 챔버의 플라스마 중의 이온의 발광을 분석하고, 제1 검출기의 제1 검출 결과(51)와 동기(同期)한 제2 검출 결과(52)를 출력할 수 있게 하는 제2 검출기(80)를 가진다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

*G01N 21/64* (2013.01)

*H01J 37/32348* (2013.01)

*H01J 37/3244* (2013.01)

*H01J 37/32834* (2013.01)

*H01J 37/32972* (2013.01)

*H01J 37/32981* (2013.01)

(72) 발명자

**다카하시 나오키**

일본 1050012 도쿄 미나토구 시바다이몬 1-10-18

아토나프 가부시키키가이샤 (내)

**무르티 프라카쉬 스리다르**

일본 1050012 도쿄 미나토구 시바다이몬 1-10-18

아토나프 가부시키키가이샤 (내)

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

유전성(誘電性)의 벽체 구조를 구비하며, 측정 대상인 샘플 가스가 유입되는 샘플 챔버와,  
 상기 유전성의 벽체 구조를 통해 전기장 및/또는 자기장에 의해, 감압된 상기 샘플 챔버 내에서 플라스마를 생성하는 플라스마 생성 기구(機構)와,  
 상기 샘플 챔버에, 프로세스로부터의 상기 샘플 가스만이 유입되도록 구성된 가스 입력 장치와,  
 생성된 상기 플라스마 중의 이온화된 가스를 필터링하여 상기 플라스마 중의 성분을 검출하는 제1 검출기와,  
 상기 샘플 챔버의 상기 플라스마 중의 이온의 발광을 분석하고, 상기 제1 검출기의 제1 검출 결과와 동기(同期)한 제2 검출 결과를 출력할 수 있게 하는 제2 검출기를 가지는 가스 분석 장치.

#### 청구항 2

제1항에 있어서,  
 시간 분할에 의해 취득된 매스 스펙트럼(mass spectrum)을 포함하는 상기 제1 검출 결과와, 상기 제1 검출 결과와 동기하여 비교 가능한 발광 스펙트럼을 포함하는 상기 제2 검출 결과를 관련시킨 분석용 데이터를 생성하는 생성 장치를 가지는, 가스 분석 장치.

#### 청구항 3

제2항에 있어서,  
 상기 매스 스펙트럼은 관심 영역에 한정된 매스 스펙트럼을 포함하는, 가스 분석 장치.

#### 청구항 4

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서,  
 상기 제1 검출 결과와, 상기 제1 검출 결과와 해당 가스 분석 장치에 의해 규정되는 시간 간격을 두고 동기한 상기 제2 검출 결과에 따라, 상기 샘플 가스를 분석하는 제1 분석기를 가지는, 가스 분석 장치.

#### 청구항 5

제1항 내지 제4항 중 어느 한 항에 있어서,  
 상기 샘플 챔버의 한쪽 끝단(端)으로부터 상기 제1 검출기로 상기 이온화된 가스를 공급하는 제1 경로와,  
 상기 샘플 챔버의 다른 쪽 끝단으로부터 상기 제2 검출기에 의한 분광 분석을 위한 광을 공급하는 제2 경로를 가지는, 가스 분석 장치.

#### 청구항 6

제1항 내지 제4항 중 어느 한 항에 있어서,  
 상기 샘플 챔버의 제1 축을 따른 한쪽 끝단으로부터 상기 제1 검출기로 상기 이온화된 가스를 공급하는 제1 경로와,  
 상기 샘플 챔버의 상기 제1 축에 직교하는 방향으로 상기 제2 검출기에 의한 분광 분석을 위한 광을 공급하는 제3 경로를 가지는, 가스 분석 장치.

#### 청구항 7

제1항 내지 제6항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 유전성의 벽체 구조는, 석영, 산화알루미늄 및 질화규소 중 적어도 어느 하나를 포함하며,  
 상기 유전성의 벽체 구조를 통해 상기 샘플 챔버 내의 상기 플라즈마로부터의 광을 상기 제2 검출기로 유도하는 도광로(導光路)를 포함하는, 가스 분석 장치.

**청구항 8**

제1항 내지 제7항 중 어느 한 항에 있어서,  
 상기 제2 검출기는, 상기 샘플 챔버에 광섬유를 통해 접속된 발광 분석기를 포함하는, 가스 분석 장치.

**청구항 9**

제1항 내지 제8항 중 어느 한 항에 있어서,  
 상기 샘플 챔버는, 전체 길이가 1-100mm, 직경이 1-100mm인, 가스 분석 장치.

**청구항 10**

제1항 내지 제9항 중 어느 한 항에 있어서,  
 상기 플라즈마 생성 기구는, 유전 결합 플라즈마, 유전체 배리어 방전 및 전자 사이클로트론 공명 중 적어도 어느 하나에 의해 플라즈마를 발생시키는 기구를 포함하는, 가스 분석 장치.

**청구항 11**

제1항 내지 제10항 중 어느 한 항에 있어서,  
 상기 샘플 챔버로부터 배기하는 배기 장치를 가지는, 가스 분석 장치.

**청구항 12**

제11항에 있어서,  
 상기 배기 장치는, 상기 샘플 챔버로부터 상기 제1 검출기를 바이패스하여 배기하는 제1 배기로를 포함하는, 가스 분석 장치.

**청구항 13**

제1항 내지 제12항 중 어느 한 항에 있어서,  
 상기 샘플 챔버로부터의 가스 및/또는 상기 가스 입력 장치로부터의 샘플 가스를 전자 이온화하여 상기 제1 검출기에 공급하는 전자 이온화 장치를 가지는, 가스 분석 장치.

**청구항 14**

제13항에 있어서,  
 제1 검출기에 의한 상기 플라즈마 중의 성분의 검출과, 상기 제2 검출기에 의한 발광 분석을 병행으로 행하는 제1 모드와,  
 상기 제1 검출기에 의한, 상기 플라즈마로부터 파생된 가스를 상기 전자 이온화 장치에 의해 이온화하는 것에 따른 성분의 검출과, 상기 제2 검출기에 의한 상기 발광 분석을 병행으로 행하는 제2 모드와,  
 상기 제1 검출기에 의한, 상기 플라즈마를 통하지 않고, 상기 샘플 가스를 상기 전자 이온화 장치에 의해 이온화하는 것에 따른 성분의 검출과, 상기 제2 검출기에 의한 상기 발광 분석을 병행으로 행하는 제3 모드를 선택하여 행하는 제2 분석기를 가지는, 가스 분석 장치.

**청구항 15**

제1항 내지 제14항 중 어느 한 항에 기재된 가스 분석 장치를 가지는, 프로세스 모니터링 장치.

**청구항 16**

제1항 내지 제14항 중 어느 한 항에 기재된 가스 분석 장치와,

플라즈마 프로세스가 실시되는 프로세스 챔버로서, 상기 가스 분석 장치에 상기 샘플 가스가 공급되는 프로세스 챔버를 가지는 시스템.

**청구항 17**

제16항에 있어서,

상기 프로세스 챔버 내에서 실시되는 적어도 하나의 플라즈마 프로세스를, 상기 가스 분석 장치의 측정 결과에 근거하여 제어하는 프로세스 제어 장치를 가지는, 시스템.

**청구항 18**

제17항에 있어서,

상기 프로세스 제어 장치는, 상기 적어도 하나의 플라즈마 프로세스의 엔드 포인트를, 상기 적어도 하나의 플라즈마 프로세스의 부생성물의 상기 가스 분석 장치에 의한 측정 결과에 따라 판단하는 장치를 포함하는, 시스템.

**청구항 19**

가스 분석 장치를 가지는 시스템을 제어하는 방법으로서,

상기 가스 분석 장치는, 유전성의 벽체 구조를 구비하며, 측정 대상인 샘플 가스가 유입되는 샘플 챔버와, 상기 유전성의 벽체 구조를 통해 전기장 및/또는 자기장에 의해, 감압된 상기 샘플 챔버 내에서 플라즈마를 생성하는 플라즈마 생성 기구와, 상기 샘플 챔버에, 프로세스로부터의 상기 샘플 가스만이 유입되도록 구성된 가스 입력 장치와, 생성된 상기 플라즈마 중의 이온화된 가스를 필터링하여 상기 플라즈마 중의 성분을 검출하는 제1 검출기와, 상기 샘플 챔버의 상기 플라즈마 중의 이온의 발광을 분석한 결과를 출력하는 제2 검출기를 포함하며,

해당 방법은, 상기 제1 검출기의 제1 검출 결과와, 상기 제2 검출기의 제2 검출 결과를 동기하여 출력하는 것을 포함하는, 방법.

**청구항 20**

제19항에 있어서,

상기 동기하여 출력하는 것은, 시분할로 취득된 매스 스펙트럼을 포함하는 상기 제1 검출 결과와, 상기 제1 검출 결과와 동기하여 비교 가능한 발광 스펙트럼을 포함하는 상기 제2 검출 결과를 관련시켜 출력하는 것을 포함하는, 방법.

**청구항 21**

제20항에 있어서,

상기 매스 스펙트럼은 관심 영역에 한정된 매스 스펙트럼을 포함하는, 방법.

**청구항 22**

제19항 내지 제21항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 제1 검출 결과와, 상기 제1 검출 결과와 해당 가스 분석 장치에 의해 규정되는 시간 간격을 두고 동기화한 상기 제2 검출 결과에 따라, 상기 샘플 가스를 분석하는 것을 가지는, 방법.

**청구항 23**

제19항 내지 제22항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 가스 분석 장치는, 상기 샘플 챔버로부터의 가스 및/또는 상기 가스 입력 장치로부터의 샘플 가스를 전자 이온화하여 상기 제1 검출기에 공급하는 전자 이온화 장치를 포함하며,

해당 방법은, 제1 검출기에 의한 상기 플라즈마 중의 성분의 검출과, 상기 제2 검출기에 의한 발광 분석을 병행

으로 행하는 제1 모드와,

상기 제1 검출기에 의한, 상기 플라즈마로부터 파생된 가스를 상기 전자 이온화 장치에 의해 이온화하는 것에 따른 성분의 검출과, 상기 제2 검출기에 의한 상기 발광 분석을 병행으로 행하는 제2 모드와,

상기 제1 검출기에 의한, 상기 플라즈마를 통하지 않고, 상기 샘플 가스를 상기 전자 이온화 장치에 의해 이온화하는 것에 따른 성분의 검출과, 상기 제2 검출기에 의한 상기 발광 분석을 병행으로 행하는 제3 모드를 선택하여 행하는 것을 가지는, 방법.

#### 청구항 24

제19항 내지 제23항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 시스템은, 플라즈마 프로세스를 실시하는 프로세스 챔버로서, 상기 가스 입력 장치를 통해 샘플 가스를 상기 가스 분석 장치에 공급할 수 있는 프로세스 챔버를 가지며,

해당 방법은,

상기 샘플 챔버에 있어서 상기 프로세스 챔버와는 독립된 플라즈마를 생성한 상기 가스 분석 장치의 검출 결과에 근거하여 상기 프로세스 챔버 내에서 실시되는 플라즈마 프로세스를 제어하는 것을 가지는, 방법.

#### 청구항 25

제24항에 있어서,

상기 플라즈마 프로세스를 제어하는 것은, 적어도 하나의 플라즈마 프로세스의 엔드 포인트를, 상기 적어도 하나의 플라즈마 프로세스의 부생성물의 상기 가스 분석 장치에 의한 검출 결과에 따라 판단하는 것을 포함하는, 방법.

#### 청구항 26

제25항에 있어서,

상기 적어도 하나의 플라즈마 프로세스는, 에칭, 막 생성, 및 클리닝 중 적어도 하나를 포함하는, 방법.

#### 청구항 27

제19항 내지 제26항 중 어느 한 항에 기재된 가스 분석 장치를 가지는 시스템을 제어하는 방법에 따라, 상기 시스템을 컴퓨터에 의해 제어하기 위한 프로그램으로서,

제19항 내지 제26항 중 어느 한 항에 기재된 방법을 실행하기 위한 명령을 가지는, 프로그램.

### 발명의 설명

#### 기술 분야

[0001] 본 발명은, 가스 분석 장치 및 그 제어 방법에 관한 것이다.

#### 배경 기술

[0002] 일본 특허공개공보 제2016-27327호에는, 글로 방전 발광 분석 장치(GD-OES, Glow discharge optical emission spectrometry)에 있어서, 시료 홀더는, 시료 고정면을 가지는 전극(제2 전극)과, 시료 고정면을 내측에 배치한 외측 통부 및 내측 통부(접촉부)를 구비한다. 글로 방전관의 개구부로부터 시료가 이격된 상태에서, 내측 통부의 개구단(開口端)이 개구부의 둘레 가장자리(周緣)에 접촉된다. 연통된 글로 방전관과 외측 통부 및 내측 통부의 내부를 감압하고, 아르곤 가스를 공급한다. 다음으로, 내측 통부를 외측 통부에 대해 움직여서 시료를 글로 방전관의 양극(제1 전극)의 원통부(단부(端部))의 선단에 접근시키고, 유로(냉각부)에 냉매를 흘려 시료를 냉각하고, 전극에 전압을 인가(印加)하여, 글로 방전 발광 분석을 행하는 것이 기재되어 있다.

#### 발명의 내용

[0003] [0003] 샘플 가스를 이온화하여 샘플 가스에 포함되는 성분을 검출하는 분석 장치에 있어서, 더욱 안정된, 또는, 더욱 정밀도가 높은 검출이 가능한 가스 분석 장치가 요망되고 있다.

[0004] [0004] 본 발명의 하나의 양태는, 유전성(誘電性)의 벽체 구조를 구비하며, 측정 대상인 샘플 가스가 유입되는 샘플 챔버와, 유전성의 벽체 구조를 통해 전기장 및/또는 자기장에 의해, 감압된 샘플 챔버 내에서 플라스마를 생성하는 플라스마 생성 기구(機構)와, 샘플 챔버에, 프로세스로부터의 샘플 가스만이 유입되도록 구성된 가스 입력 장치와, 생성된 플라스마 중의 이온화된 가스를 필터링하여 플라스마 중의 성분을 검출하는 제1 검출기와, 샘플 챔버의 플라스마 중의 이온의 발광을 분석하고, 제1 검출기의 제1 검출 결과와 동기(同期)한 제2 검출 결과를 출력할 수 있게 하는 제2 검출기를 가지는 가스 분석 장치이다. 이 가스 분석 장치에 있어서는, 제1 검출기의 이온원이 되는 플라스마를 제2 검출기에 의해 발광 분석할 수 있다. 이 때문에, 공통의 이온화된 샘플을 동기하여, 즉, 동시에 병행하여, 또는, 이 가스 분석 장치에 고유한, 미리 설정 가능한 한정된 시간 간격(레이턴시) 또는 시차를 두고, 상이한 방법으로 분석할 수 있고, 이들 상이한 방법에 따른 검출 결과를 관련시킨 분석용 데이터를 생성할 수 있다.

[0005] [0005] 전형적으로는, 제1 검출 결과는, 필터로 검출하는 조건을 바꿀 필요가 있기 때문에, 시간 분할(시간 경과)에 의해 취득된, 즉, 시리얼(serial)(시퀀셜(sequential))하게 취득되는 매스 스펙트럼(mass spectrum)을 포함한다. 한편, 제2 검출 결과는, 분광에 의해, 패럴렐(parallel)하게 취득 가능한 발광 스펙트럼을 포함한다. 이 가스 분석 장치에 있어서는, 이온원 및 발광원이 되는 공통된 플라스마를 프로세스와는 별도로 생성하는 샘플 챔버를 포함하며, 그 샘플 챔버에 대해 미리 루트가 고정된 제1 및 제2 검출기를 포함한다. 따라서, 샘플 챔버 내에 생성되는 공통의 플라스마에 대한, 시리얼한 제1 검출 결과와, 패럴렐한 제2 검출 결과를 동기하여 취득할 수 있고, 이들을 관련시켜 분석용 데이터로서 생성·출력할 수 있다. 이 때문에, 예컨대, 시리얼하게 취득되는 제1 검출 결과가 얻어지고 있는 시간 간격 동안의, 패럴렐하게 취득되는 제2 검출 결과의 변동을 확인함으로써, 제1 검출 결과가 동일한 조건, 예컨대, 동일한 조건의 프로세스 혹은 동일한 조건으로 유지된 플라스마로부터의 정보임을 검증하는 것이 가능해져, 더욱 신뢰성이 높은 분석 결과를 얻을 수 있다.

[0006] [0006] 또한, 가스 분석 장치의 샘플 챔버에 마이크로 플라스마를 생성함으로써, 검출 대상이 되는 공통의 이온원 및 발광원의 체적을 축소할 수 있고, 동일한 대상에 대한 제1 검출 결과 및 제2 검출 결과를 얻을 수 있다. 나아가, 시리얼하게 얻어지는 매스 스펙트럼을 관심 영역(ROI)에 한정하는 것도 가능하여, 광범위한 정보는 패럴렐하게 얻어지는 제2 검출 결과로 확인하고, ROI에 대해서는 제1 검출 결과에 따라 시리얼하게 취득함으로써, 광범위한 정보를 확인하면서, ROI에 대해서는 짧은 시간 간격으로, 시간적인 변동도 포함하여, 더욱 정밀도가 높은 분석 결과를 얻는 것이 가능해진다.

[0007] [0007] 가스 분석 장치는, 제1 검출 결과와, 제1 검출 결과와 가스 분석 장치에 의해 규정되는 시간 간격을 두고 동기한 제2 검출 결과에 따라, 샘플 가스를 분석하는 제1 분석기를 가져도 된다. 제1 검출 결과와 제2 검출 결과의 스펙트럼 간섭의 상이에 의해, 이들 검출 결과를 협동시킴으로써, 보다 정밀도가 높은 분석이 가능해진다.

[0008] [0008] 본 발명의 다른 양태 중 하나는, 가스 분석 장치를 가지는 시스템을 제어하는 방법으로서, 제1 검출기의 제1 검출 결과와, 제2 검출기의 제2 검출 결과를 동기하여 출력하는 것을 포함한다. 동기하여 출력하는 것은, 시분할(시리얼)로 취득된 매스 스펙트럼을 포함하는 제1 검출 결과와, 제1 검출 결과와 동기하여 비교 가능한 (패럴렐한) 발광 스펙트럼을 포함하는 제2 검출 결과를 관련시켜 출력하는 것을 포함해도 된다. 매스 스펙트럼은 관심 영역(ROI)에 한정된 매스 스펙트럼을 포함해도 된다.

[0009] [0009] 본 발명의 또 다른 발명 중 하나는, 상기의 가스 분석 장치를 가지는 시스템을 제어하는 방법에 따라, 이 시스템을 컴퓨터에 의해 제어하기 위한 프로그램(프로그램 프로덕트)이다. 프로그램은, 시스템의 제어를 실행하기 위한 명령을 포함한다. 프로그램은, 컴퓨터로 판독 가능한 적당한 매체에 기록하여 제공되어도 된다.

**도면의 간단한 설명**

[0010] [0010] 도 1은, 가스 분석 장치를 포함하는 프로세스 모니터링 시스템의 개략 구성을 나타내는 블록도이다.

도 2는, 분석용 데이터의 일례를 나타내는 도면이다.

도 3은, 프로세스 모니터링의 동작의 개요를 나타내는 플로차트이다.

도 4는, 가스 분석 장치를 포함하는 프로세스 모니터링 시스템의 다른 예를 나타내는 도면이다.

도 5는, 가스 분석 장치를 포함하는 프로세스 모니터링 시스템의 또 다른 예를 나타내는 도면이다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

- [0011] [0011] 도 1에, 가스 분석 장치(1)를 포함하는 시스템의 일례로서, 프로세스 모니터링 시스템(100)의 개략 구성을 나타내고 있다. 가스 분석 장치(1)는, 플라즈마 프로세스(102)가 실시되는 프로세스 챔버(101)로부터 공급되는 샘플 가스(9)를 분석한다. 프로세스 챔버(101)에 있어서 실시되는 플라즈마 프로세스(102)는, 전형적으로는, 다양한 종류의 막 혹은 층을 기판 상에 생성하는 공정이나, 기판을 에칭하는 공정이며, CVD(화학 증착, Chemical Vapor Deposition) 또는 PVD(물리 증착, Physical Vapor Deposition)를 포함한다. 플라즈마 프로세스(102)는, 반도체 제조에 관한 프로세스에 한정되지 않고, 렌즈, 필터 등의 광학 부품을 기판으로 하여 다양한 종류의 박막을 적층하는 프로세스여도 된다.
- [0012] [0012] 예컨대, 반도체에 있어서는, 최근에는, 기억 용량의 증대, 로직 속도의 향상, 저전력화 등의 요구에 의해, 반도체 칩 구조가 삼차원화되고 있다. 이 때문에, 반도체 프로세스 제어에서는, 프로세스가 더욱 복잡해지고, 원자 레벨의 품질이 요구되어, 측정 및 모니터링에 필요로 하는 비용이 증대되는 것이 과제가 되고 있다. 프로세스 매칭, 성막(成膜) 시의 천이점 측정, 에칭의 엔드 포인트의 검출에는 반응물이나 부(副)생성물을 포함하는 가스의 감시(monitoring)가 중요하며, 현재 표준적으로 채용되고 있는 플라즈마 발광 측정(Optical Emission Spectroscopy, OES)에서는, 종합적으로 프로세스를 모니터링하는 것은 어려운 것으로 되어 있다. 한편, 통상의 열 필라멘트를 채용한 이온원의 잔류 가스 분석계, 질량 분석계에서는, 반도체 가스로 인한 손상(damage)에 의한 수명이 문제가 된다.
- [0013] [0013] 본 예의 가스 분석 장치(1)를 이용한 프로세스 모니터링 시스템(100)에 있어서는, 가혹한 환경하에서도 실시간 모니터링을 행하여, 신뢰성이 높은 측정 결과를 제공함으로써 혁신적인 프로세스 제어를 제공할 수 있다. 가스 분석 장치(1)는, 반도체 칩 제조에 있어서의 처리량(throughput)을 극적으로 향상시켜, 수율을 최대화하는 것을 목적으로 개발된 토달 솔루션 플랫폼으로서 기능한다. 상기와 같이, 본 예의 가스 분석 장치(1)는, 설치 면적이 매우 작기 때문에, 챔버(101)에 직접 접속하는 것이 가능하다. 또한, 현재, 반도체 제조 프로세스 장치에서 주로 도입되고 있는 표준적인 프로토콜, 예컨대, Either Cat 프로토콜을 PLC(50)에 탑재할 수 있어, 프로세스 기기 제어 시스템(100)에 통합하는 것이 가능하다.
- [0014] [0014] 가스 분석 장치(1)는, 샘플 가스(9)의 이온(이온류)(17)을 생성하는 이온화 장치(10)와, 이온화 장치(10)로부터 공급되거나, 또는 이온화 장치(10)에 있어서 생성되는 이온을 검출하는 센서군(群)(센서 그룹, 센서 스위트(sensor suite), 분석군)(90)을 포함한다. 이온화 장치(10)는, 프로세스(102)로부터 샘플 입력(3a)을 통해 공급되는 측정 대상인 샘플 가스(9)의 플라즈마(19)를 생성하는 플라즈마 생성 유닛(플라즈마 생성 장치)(11)을 포함한다. 플라즈마 생성 유닛(11)은, 유전성의 벽체 구조(12a)를 구비하며, 측정 대상인 샘플 가스(9)가 유입되는 챔버(샘플 챔버)(12)와, 유전성의 벽체 구조(12a)를 통해 고주파 전자기장 및/또는 자기장에 의해, 감압된 샘플 챔버(12) 내에서 플라즈마(19)를 생성하는 고주파 공급 기구(RF 공급 기구, 플라즈마 생성 기구)(13)와, 고주파의 주파수 및 전력을 제어하는 플라즈마 컨트롤러(16)를 포함한다. 샘플 챔버(12)의 한쪽 끝단(端)에 형성된 개구(18)로부터 플라즈마(19)가 이온류(17)로서 후술하는 제1 검출기(20)로 공급된다. 가스 분석 장치(1)는, 샘플 챔버(12)에, 플라즈마 프로세스(102)가 실시되는 프로세스 챔버(101)로부터의 샘플 가스(9)만이 유입되도록 구성된 가스 입력 장치(5)를 포함한다.
- [0015] [0015] 가스 분석 센서군(90)은, 이온(이온류)(17)으로서 공급되는 플라즈마(19) 중의 이온화된 가스를 필터링하여 플라즈마 중의 성분을 검출하는 제1 검출기(20)와, 샘플 챔버(12)의 플라즈마(19) 중의 이온의 발광을 분석(분광 분석)하는 제2 검출기(80)를 포함한다. 제1 검출기(제1 센서, 제1 검출계, 제1 측정 장치)(20)의 일례는 질량 분석형의 검출기(질량 분석계, Mass Spectrometer, MS)이다. 제1 검출기(20)는, 이온화된 샘플 가스(샘플 가스 이온)(17)를 질량 전하비에 따라 필터링하는 필터 유닛(질량 필터, 본 예에 있어서는 사중극 필터)(25)과, 필터링된 이온을 검출하는 디텍터(26)를 포함한다. 가스 분석 장치(1)는, 추가로, 필터 유닛(25) 및 디텍터(26)를 수납한 진공 용기(하우징)(40)와, 하우징(40)의 내부를 적당한 부압 조건(진공 조건)으로 유지하는 배기 시스템(60)을 포함한다.
- [0016] [0016] 본 예의 배기 시스템(60)은, 터보 분자 펌프(turbo molecular pump)(TMP)(61)와, 루트 펌프(62)를 포함한다. 배기 시스템(60)은, 플라즈마 생성 장치(11)의 샘플 챔버(12)의 내압(內壓)도 제어하는 스플릿 플로 타입이다. 배기 시스템(60)의 다단(多段)의 TMP(61) 중, 챔버(12)의 내압에 적합한 부압이 되는 단(段), 또는 루트 펌프(62)의 입력이 챔버(12)와 연통되어, 챔버(12)의 내압이 제어되도록 되어 있다.

- [0017] [0017] 따라서, 본 예의 가스 분석 장치(1)는, 샘플 챔버(12)로부터 배기하는 배기 장치(60)를 가지며, 배기 장치(60)는, 샘플 챔버(12)로부터 제1 검출기(20)를 바이패스하여 배기하는 제1 배기로(65)와, 제1 검출기(20)를 통해 배기하는 제2 배기로(66)를 포함한다. 샘플 챔버(12)로부터 제1 검출기(20)를 바이패스하여 배기하는 제1 배기로(65)를 설치함으로써, 제1 검출기(20)에 필터링을 위해 흐르게 하는 가스 유량과는 별도로, 샘플 챔버(12)로 샘플 가스(9)를 유도하여, 샘플 챔버(12)의 내압을 제어하는 것이 가능해진다. 이 때문에, 제1 검출기(20)를 흐르는 가스량을 안정화할 수 있어, 그 검출 정밀도를 안정적으로 할 수 있다. 한편, 샘플 챔버(12)에 충분한 샘플 가스(9)를 프로세스로부터 가스 입력 장치(5)를 통해 끌어들이 수 있으므로, 프로세스 챔버(101) 내의 상태(변동)를 실시간으로 모니터링할 수 있는 가스 분석 장치(1)를 제공할 수 있다.
- [0018] [0018] 본 예의 질량 필터(25)는, 질량 전하비에 따른 필터링용의 쌍곡 전기장을 형성하기 위해 내측이 쌍곡면으로 마감된 4개의 원통 또는 원기둥 형상의 전극(25a)을 포함한다. 사중극 타입의 질량 필터(25)는, 복수의 유사 쌍곡 전기장을 형성하도록 다수, 예컨대 9개의 원기둥 형상의 전극을, 매트릭스(어레이)를 형성하도록 배치한 것이어도 된다. 디텍터(26)는, 패러데이 컵(Faraday Cap)과 이차 전자 증배기(Secondary Electron Multiplier)를 포함하며, 이들을 조합하거나, 또는, 전환하여 사용해도 된다. 디텍터(26)는, 채널형 이차 전자 증배기(Channel Electron Multiplier), 마이크로 채널 플레이트(Microchannel Plate) 등의 다른 타입이어도 된다.
- [0019] [0019] 본 예의 플라즈마 생성 장치(11)는,하우징(40)의 내부에 일체로 내장된 플라즈마 생성용의 샘플 챔버(12)를 포함한다. 챔버(12)의 외곽은 하스텔로이(hastelloy)제이며, 내부에 절연된 원통 전극이 삽입되고, 그 내부에서 플라즈마(19)가 생성된다. 감압된 샘플 챔버(12)에는, 감시 대상인 프로세스(102)가 행해지는 프로세스 챔버(101)로부터 가스 입력 장치(5)를 통해 샘플 입력(3a)으로부터 샘플 가스(9)만이 유입되고, 샘플 챔버(12)의 내부에서 플라즈마(19)가 형성된다. 즉, 플라즈마 생성 장치(11)에 있어서는, 아르곤 가스 등의 어시스트 가스(서포트 가스)는 이용되지 않고, 샘플 가스(9)에 의해서만 분석용의 플라즈마(19)가 생성된다. 샘플 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 투광성의 유전체이다.
- [0020] [0020] 플라즈마 생성 장치(11)에 있어서, 구체적으로 플라즈마를 생성하는 기구(RF 공급 기구)(13)는, 샘플 챔버(12)의 내부에서, 플라즈마 토치를 이용하지 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 여기(勵起)시키는 기구이다. RF 공급 기구(13)의 예로서는, 유전 결합 플라즈마(ICP, Inductively Coupled Plasma), 유전체 배리어 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 전원과, RF장(field) 형성 유닛을 포함해도 된다. RF장 형성 유닛의 전형적인 것은, 샘플 챔버(12)를 따라 배치된 코일을 포함한다. 본 예의 플라즈마 생성 장치(11)는, RF장의 주파수를 변화시킴으로써 매칭의 상태를 변화시켜 점화하는 기능을 포함한다. 예컨대, 펄스형(狀)으로 고주파 전력을 투입하여 플라즈마를 점화한 후, 정상 동작 상태로 이행함으로써 플라즈마를 생성하여 유지할 수 있다. 또한, 플라즈마 생성 장치(11)는, 아르곤 가스 등의 어시스트 가스에 의한 유도 결합 플라즈마(ICP)를 형성하고 샘플 가스를 도입하여 이온화하는 타입이더라도 되지만, 샘플 가스만으로 플라즈마(19)를 형성하는 것이 바람직하고, 마이크로 플라즈마를 생성함으로써 어시스트 가스를 필요로 하지 않아도 된다.
- [0021] [0021] 본 예의 샘플 챔버(12)의 내압은, 플라즈마가 생성되기 쉬운 압력, 예컨대, 0.01-1kPa의 범위여도 된다. 프로세스 챔버(101)의 내압이 1-수백Pa 정도로 관리되는 경우, 샘플 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, 샘플 챔버(12)는 내부가, 1-10mTorr(0.13-1.3Pa) 정도로 감압되어도 된다. 샘플 챔버(12)를 상술한 정도의 감압으로 유지함으로써, 샘플 가스(9)만으로, 저온에서 플라즈마(19)를 생성하는 것이 가능하다. 샘플 챔버(12)는, 플라즈마(19)를 생성할 수 있을 정도의 소형의, 예컨대, 전체 길이가 1~100mm, 직경이 1~100mm인 챔버여도 되고, 수mm 내지 수십mm 정도인 챔버(미니어처 챔버)여도 된다. 샘플 챔버(12)의 용량을 작게 함으로써, 실시간성이 우수한 가스 분석 장치(1)를 제공할 수 있다. 샘플 챔버(12)는, 원통 형상이어도 된다.
- [0022] [0022] 가스 분석 장치(1)는 이온화 장치(10)로서, 추가로, 프로세스(102)로부터 가스 입력 장치(5)를 통해 샘플 입력(3b)으로부터 공급되는 측정 대상인 샘플 가스(9)를 전자 충격에 의해 이온화(전자 이온화)하는 전자 이온화 장치(필라멘트, EI 이온원)(15)를 포함한다. EI 이온원(15)은 고진공(高眞空)에서 동작하며, 모니터링 대

상인 프로세스 챔버(101)에 있어서의 프로세스가 고진공에서 마이크로 플라즈마(19)의 생성이 어려운 조건인 경우라도, 가스 분석 장치(1)의 도달 압력으로 동작, 나아가서는, 감도 보정을 목적으로 사용할 수 있다. 가스 공급 장치(5)는, 프로세스 챔버(101)와 접속된 접속 파이프(5c)와, 접속 파이프(5c)와 플라즈마 이온화용의 샘플 입력(3a) 사이의 샘플 가스(9)의 유동(flow)을 제어하는 밸브(5a)와, 접속 파이프(5c)와 EI 이온화용의 샘플 입력(3b) 사이의 샘플 가스(9)의 유동을 제어하는 밸브(5b)를 포함한다. 프로세스 컨트롤러(105)에 의해 밸브(5a 및 5b)를 전환함으로써, 가스 분석 장치(1)의 검출 모드(측정 모드)를 자동적으로, 또는 수동으로 전환할 수 있다. EI 이온원(15)은, 샘플 입력(3b)과 필터 유닛(25) 사이에 설치되어 있고, 샘플 챔버(12) 내에 형성되는 플라즈마(마이크로 플라즈마)(19)로부터의 이온 유동(ion flow)(17)의 유로와 공통된 유로에 면해 있다. 따라서, EI 이온원(15)은, 가스 입력 장치(5)로부터의 샘플 가스(9)를 전자 이온화하는 것도 가능하고, 샘플 챔버(12)로부터의 가스(플라즈마(19)의 파생 가스)를 이온화하여 제1 검출기(20)에 공급하는 것도 가능하다.

[0023] 일 실시예에서는, 프로세스 컨트롤러(105)가, 프로세스 챔버(101)의 내압이 높은, 예컨대, 1Pa 이상인 상태에서, 반응성이 높은 프로세스(102)를 실행하는 경우에는, 밸브(5a)를 열어 가스 분석 장치(1)에 샘플 가스(9)를 공급한다. 가스 분석 장치(1)의 제어 장치(50)는, 샘플 가스(9)에 의해, 프로세스(102)와는 상이한, 샘플 가스(9)의 플라즈마(마이크로 플라즈마)(19)를 생성하고, 마이크로 플라즈마(19)로부터 이온(17)을 인출하여 질량 분석을 행한다. 이때, EI 이온원(필라멘트)(15)은 점등하지 않고, 밸브(포트)(5b)는 폐쇄된다. 프로세스 챔버(101)의 내압이 낮은, 예컨대, 도달 압력 등으로 측정할 때에는, 플라즈마 측의 포트(밸브)(15a)를 닫고, EI 측의 포트(5b)를 열어 샘플 가스(9)를 공급하고, 필라멘트를 점등하는(EI 작동시키는) 것에 의해 프로세스 챔버(101)의 내부의 상태를 모니터링해도 된다.

[0024] 가스 분석 장치(1)는, EI 이온화원(源)(15)과 필터(25) 사이에 배치된 에너지 필터(28)를 포함해도 된다. 에너지 필터(28)는, 베셀 박스(Bessel-Box)여도 되고, CMA(Cylindrical Mirror Analyzer)여도 되고, CHA(Concentric Hemispherical Analyzer)여도 된다. 베셀 박스 타입의 에너지 필터(28)는, 원통 전극과 원통 전극의 중심부에 배치한 원판형 전극(원통 전극과 동일 전위), 원통 전극의 양단(兩端)에 배치한 전극으로 구성되며, 원통 전극과 양단 전극의 전위차  $V_{ba}$ 에 의해 만들어지는 전기장과 원통 전극의 전위  $V_{be}$ 에 의해 특정 운동 에너지를 가지는 이온만을 통과시키는 밴드 패스 필터로서 동작한다. 또한, 플라즈마 생성 시에 발생하는 연결 X선이나 기체 이온화 시에 발생하는 광이 원통 전극 중심에 배치되어 있는 원판형 전극에 의해 직접 이온 검출기(디텍터)(26)에 입사하는 것을 저지할 수 있어, 노이즈를 저감할 수 있다. 또한, 에너지 필터(28)에 의해, 이온 생성부 혹은 외부에서 생성되어, 필터 유닛(25)에 대해 중심축과 평행하게 입사하는 이온이나 중성 입자 등도 배제할 수 있으므로, 이들의 검출을 억제할 수 있는 구조로 되어 있다.

[0025] 제2 검출기(검출계, 분석계, 센서)(80)의 일례는 발광 분석형의 검출기이며, 전형적으로는 발광 분광 분석 장치(발광 분광 분석 장치, Optical Emission Spectrometer, OES, Atomic Emission Spectrometry, AES)이다. OES(80)의 일례는, 샘플 챔버(12)의 투광성이며 유전성인 벽체 구조(12a)에, RF 공급 기구(13)와 병렬로, 혹은 RF 공급 기구(13)의 코일과 동축(同軸)으로 부착된 대물 렌즈 등의 수광 또는 집광 소자(81)와, 집광 소자(81)로부터의 광을 유도하는 광섬유(82)와, 광섬유(82)에 의해 공급된 광을 분광 분석하는 분광 분석 유닛(OES 유닛, OES 검출 장치)(85)을 포함한다. 분광 분석 유닛(85)은, 시퀀셜형, 멀티 채널형 등, OES(80)에 채용되는 어느 타입의 검출 장치여도 된다.

[0026] 가스 분석 장치(1)는, PCL(50) 하에서 분석 유닛(20)의 각 모듈을 제어하는 제어 모듈(30)을 포함한다. 제어 모듈(30)은, 질량 분석기(20)의 제어를 행하는 제어 모듈(35)을 포함하며, 플라즈마(19)의 인출을 제어하는 유닛(31)과, 전자 이온화 장치(15)를 제어하는 유닛(32)과, 질량 필터(25)의 RF 및 DC 전압을 제어하여 필터(25)로 측정하는 대상물(이온)의 영역(관심 영역, ROI)을 선택하는 필터 제어 기능(필터 제어 장치)(33)과, 디텍터(26)를 제어하여 검출 전류를 취득하는 기능(강도 검출 장치)(34)을 포함한다. 제어 모듈(35)은, 질량 분석기(20)의 렌즈군(群)의 전위를 제어하는 기능, 에너지 필터(28)의 전위를 제어하는 기능 등을 포함하고 있어도 된다. EI 유닛(15)의 제어 유닛(32)은, 필라멘트 전류 및 전압을 제어하는 필라멘트 제어 기능을 포함하고 있어도 된다.

[0027] 가스 분석 장치(1)를 제어하는 PLC(제어 장치)(50)는, CPU(56) 및 메모리(55) 등의 컴퓨터 자원을 포함하며, 프로그램(프로그램 제품)(59)을 로딩하여 실행함으로써 가스 분석 장치(1)를 제어한다. 프로그램(59)은, PLC(50)에 이하에 설명하는 각 기능을 실장하고, 가동시키기 위한 명령을 포함한다. PLC(50)는, 제1 검출기(20)의 제1 검출 결과(51)와, 제2 검출기(80)의 제2 검출 결과(52)를 관련시켜, 동기시킨 분석용 데이터(53)를 생성하는 생성 장치(57b)로서의 기능을 포함한다. 프로그램(59)은 컴퓨터로 판독 가능한 매체에 기록하여 제공

할 수 있다.

- [0028] [0028] 도 2에, 제1 검출 결과(51)와, 제2 검출 결과(52)를 모식적으로 나타내고 있다. 제1 검출기(20)의 일례는, 플라스마 내에서 이온화된 원소의 질량과 강도를 측정하는 질량 분석기(Mass Spectrometer, MS)이다. 제1 검출 결과(51)의 일례는, 질량 전하비(m/z)에 대한 강도이다. 제2 검출기(80)의 일례는, 플라스마 내에서 여기된 원소로부터 방출되는 광의 파장과 강도를 측정하는 광검출기(OES)이다. 제2 검출 결과(52)의 일례는, 파장에 대한 강도이다. 제1 검출기(MS)(20)의 제2 검출기(OES)(80)에 대한 특징(이점)으로서는, 고감도, 폭넓은 다이나믹 렌즈, 다원소의 정량 측정, 동위체비 측정, 스펙트럼이 단순함 등을 들 수 있다. 결점으로서, 질량 스펙트럼 간섭에 의한 분리 능력의 저하를 들 수 있다.
- [0029] [0029] 즉, 감도로서는 MS(20)가 우수하며, OES(80)가 서브 ppb 정도인 데 반해, MS(20)는 서브 ppt의 검출이 가능하다. 한편, 측정 시간으로서, OES(80)의 출력은 발광 스펙트럼이므로, 제2 검출 결과(52)는 기본적으로 스펙트로미터의 감도로 취득할 수 있고, 샘플 가스(9)에 포함되는 원소(성분)의 수가 증가하더라도 측정 시간(검출 시간)에 변환은 없다. 또한, 제2 검출 결과(52)에는, 스펙트럼을 얻을 수 있는 범위이면, 모든 원소(성분)의 정보가 포함된다. MS(20)에서는, 필터(25)의 조건을 시분할로 바꾸어 측정하기 때문에, 측정 시간은, 측정 원소·질량수의 수에 의존하며, 제1 검출 결과(51)에는, 측정 대상으로 한(측정 질량수)의 데이터만이 포함된다. 스펙트럼 간섭의 관점에서 보면, MS(20)는, 동일한 질량 전하비(m/z)를 가지는 원소(성분)의 분리는 불가능하고, OES(80)는 주파수가 동일 또는 근접한 스펙트럼을 구비한 원소(성분)의 분리가 어렵다.
- [0030] [0030] 따라서, 측정 시간에 착안하면, 도 2에 나타낸 바와 같이, 제1 검출 결과(51)는, 시간 분할(시간 경과)에 의해 취득된, 즉, 시리얼(시퀀셜)하게 취득되는 메스 스펙트럼을 포함한다. 즉, 시각 t1에 스펙트럼의 취득을 개시하면(51a), 시각 t2에 나타낸 바와 같이, 차례로 질량 전하비(m/z)를 서치하고(51b), 시각 tn에 원하는 질량 전하(m/z)(관심 영역, ROI)(51r)의 스펙트럼을 구비한 검출 결과(질량 스펙트럼(51c))를 얻을 수 있다. 비교적 고속의 MS라 하더라도, 하나의 m/z로 필터의 조건을 설정한 측정에 1ms 정도가 필요하여, 1초에 1000포인트(m/z)의 측정이 가능하지만, OES(80)와 비교하면 측정 시간은 큰폭으로 증가한다. 나아가, 검출 감도(정량 측정 감도)를 향상시키고자 하면, 하나의 포인트에 있어서의 측정 시간이 증가하기 때문에 시간을 소비한다. 한편, 시간을 소비하면 고정밀도의 측정이 가능하고, 원하는 ROI에 한정하여 성분을 측정함으로써, 고감도의 측정 결과(검출 결과)(51)를 얻을 수 있다.
- [0031] [0031] 한편, 제2 검출 결과(52)는, 분광에 의해, 패럴렐하게, 적어도 제1 검출 결과(51)에 대해 즉각적으로(ms 이하의 오더로) 취득 가능한 발광 스펙트럼을 포함한다. 따라서, 시각 t1, t2 및 tn에 있어서 취득되는 제2 검출 결과(52a, 52b 및 52c)는, 마이크로 플라스마(19)의 상태가 변하지 않으면 동일하다. 따라서, 시리얼하게 취득되는 제1 검출 결과(51)의 신뢰성을, 패럴렐하게 취득되는 제2 검출 결과(52)와 제1 검출 결과(51)를 동기시켜 관련지어 됨으로써 담보할 수 있다. 제1 검출 결과(51)와 제2 검출 결과(52)의 동기에는, 이 가스 분석 장치(1)에 고유한 2개의 레이턴시가 주로 관계한다.
- [0032] [0032] 시간차가 발생하는 하나의 요인은, 제1 검출 결과(51)가 마이크로 플라스마(19)로부터 공급된 이온류(17)를 필터(25)에 의해 선별한 결과이며, 이온이 물리적으로 디텍터(26)에 도달할 필요가 있는 것이다. 즉, 마이크로 플라스마(19)에 변동이 있으면, 그 변동을 검출하기 위해서는, 이온이 물리적으로 제1 검출기(20)의 디텍터(26)에 도달할 때까지의 시간이 필요해져서, 플라스마(19)의 상태와는 시간차(레이턴시)가 있다.
- [0033] [0033] 이에 반해, 제2 검출 결과(52)는, 발광 스펙트럼이며, 마이크로 플라스마(19)의 상태에 변동이 있으면, 시간차 없이 검출 결과에 나타난다. 그러나, 가스 분석 장치(1)는, 고정된 샘플 챔버(12)에 생성되는 마이크로 플라스마(19)가, 제1 검출기(20)와 제2 검출기(80)의 검사 대상이며, 제1 검출 결과(51)와 제2 검출 결과(52)의 시간차는, 가스 분석 장치(1)의 고유의 값으로서 사전에 설정이 가능하다. 따라서, 제1 검출 결과(51)와 제2 검출 결과(52)의 시간차는, 생성 장치(57b)에 있어서 판명하고 있고, 제1 검출 결과(51)와 제2 검출 결과(52)를 동기한 상태에서 분석용 데이터(53)로서 생성할 수 있다. 이에 의해, 동일한 시각의 마이크로 플라스마(19)의 상이한 방법에 따른 검출 결과를 정밀도 있게 얻을 수 있다.
- [0034] [0034] 또 하나의 요인은, 상술한 바와 같이, 제1 검출기(20)에 있어서는, 원하는 ROI를 포함하는 제1 검출 결과(스캔이 완료된 제1 검출 결과, 질량 스펙트럼)(51c)를 취득하기 위해 소정의 시간을 필요로 하는 것이다. 예컨대, 질량 스펙트럼을 스캔하고 있는 동안, 마이크로 플라스마(19)의 상태에 변동이 있으면, 시각 tn에 얻어진 질량 스펙트럼(51c)은, 시각 tn의 마이크로 플라스마(19)의 상태를 반영하고 있다고는 할 수 없을 가능성이 있다. 한편, 질량 스펙트럼을 스캔하고 있는 동안의 제2 검출 결과(52a-52c)에 변화가 없으면, 시각 tn에 얻어진 질량 스펙트럼(51c)이, 시각 tn의 마이크로 플라스마(19)의 상태를 반영하고 있음을 담보할 수 있다. 생성

장치(57b)는, 질량 스펙트럼(51)의 신뢰성을 담보하기 위해, 질량 스펙트럼(51)을 취득하고 있는 동안의 제2 검출 결과(52) 모두를 동기시켜 분석용 데이터(53)로서 생성해도 된다. 생성 장치(57b)는, 질량 스펙트럼(51)을 취득하고 있는 동안의, 모든 제2 검출 결과(52a~52c)가 동일함을 검증하고, 모든 제2 검출 결과(52a~52c)가 동일할 때의 질량 스펙트럼(51c)만을, 제2 검출 결과(52c)와 동기시켜 분석용 데이터(53)로서 생성해도 되고, 조건을 만족하지 않을 때는 질량 스펙트럼(51c)을 과기하도록 해도 된다. 생성 장치(57b)는, 이와 같이 하여 생성한 분석용 데이터(53)를 메모리(55)에 축적하거나, 통신 장치(57d)를 통해 외부의 서버 또는 프로세스 컨트롤러(105)에 출력해도 된다.

[0035] 즉, 이 가스 분석 장치(1)에 있어서는, 이온원 및 발광원이 되는 공통된 플라즈마(19)를, 프로세스(102)와는 별도로 생성하는 샘플 챔버(12)를 포함하며, 그 샘플 챔버(12)에 대해 미리 루트가 고정된 제1 검출기(20) 및 제2 검출기(80)를 포함한다. 따라서, 샘플 챔버(12) 내에 생성되는 공통의 플라즈마(19)에 대한, 시리얼한 제1 검출 결과(51)와, 패럴렐한 제2 검출 결과(52)를 동기하여 취득할 수 있고, 생성 장치(57b)에 의해, 이들을 관련시켜 분석용 데이터(53)로서 생성하고, 출력할 수 있다. 이 때문에, 시리얼하게 취득되는 제1 검출 결과(51)가 얻어지고 있는 시간 간격 동안의, 패럴렐하게 취득되는 제2 검출 결과(52)의 변동을 확인함으로써, 제1 검출 결과(51)가 동일한 조건, 예컨대, 동일한 조건의 프로세스 혹은 동일한 조건으로 유지된 플라즈마(19)로부터의 정보임을 검증하는 것이 가능해져, 더욱 신뢰성이 높은 분석 결과를 얻을 수 있다.

[0036] 또한, 가스 분석 장치(1)의 샘플 챔버(12)에는 미소한 마이크로 플라즈마(19)가 생성된다. 이 때문에, 제1 검출기(20) 및 제2 검출기(80)의 검출 대상이 되는 공통의 이온원 및 발광원의 체적을 축소할 수 있고, 플라즈마 중의 치우침 등을 삭감하여, 동일한 대상에 대한 제1 검출 결과(51) 및 제2 검출 결과(52)를 얻을 수 있다. 나아가, 시리얼하게 얻어지는 매스 스펙트럼(51)을 관심 영역(ROI)(51r)에 한정하는 것도 가능하여, 광범위한 정보는 패럴렐하게 얻어지는 제2 검출 결과(52)로 확인하고, ROI에 대해서는 제1 검출 결과(51)에 의해 시리얼하게, 시간을 들여 취득하는 것도 가능하다. 즉, 제1 검출 결과(51)는, 도 2에 나타낸 바와 같이, 매스 스펙트럼(51c)을 포함하며, 특히, ROI(51r)에 한정된 매스 스펙트럼(51c)만을 포함하고 있어도 된다. 이 때문에, 광범위한 정보를 확인하면서, ROI에 대해서는 짧은 시간 간격이라 하더라도, 더욱 정밀도가 높은 분석 결과를 얻는 것이 가능해진다.

[0037] PLC(50)는, 추가로, 플라즈마 컨트롤러(16)를 통해 마이크로 플라즈마(19)의 생성 상태를 관리하는 플라즈마 생성 제어 장치(57a)와, 제1 검출기(20)의 필터(25)를 원하는 ROI의 범위의 매스 스펙트럼이 얻어지도록 제어하는 ROI 제어 장치(57c), 유선 및/또는 무선에 의해 프로세스 컨트롤러(105) 및/또는 외부의 서버 등과 통신을 행하기 위한 통신 제어 장치(57d)를 포함하고 있어도 된다.

[0038] PCL(50)는, 추가로, 제1 검출 결과(51) 및 제2 검출 결과(52)를 포함하는 분석용 데이터(53)에 근거하여, 샘플 가스(9)에 포함되는 성분(원소)을 분석하는 분석 장치(분석 유닛, 분석 기능)(70)을 포함하고 있어도 된다. 분석 장치(70)는, 제1 검출 결과(51)와, 제1 검출 결과(51)와 해당 가스 분석 장치(1)에 의해 규정되는 시간 간격을 두고 동기한 제2 검출 결과(52)에 의해, 샘플 가스(9)를 분석하는 제1 분석기(제1 분석 유닛)(71)를 구비하고 있어도 된다.

[0039] 상술한 바와 같이, 스펙트럼 간섭의 관점에서 보면, 제1 검출기(MS)(20)는, 동일한 질량 전하비(m/z)를 가지는 원소(성분)의 분리는 불가능하고, 제2 검출기(OES)(80)는 주파수가 동일 또는 근접한 스펙트럼을 구비한 원소(성분)의 분리가 어렵다. 반대로, 제1 검출기(20)의 제1 검출 결과(51)에 있어서 분리할 수 없는 성분에 대해서는, 제2 검출기(80)의 제2 검출 결과(52)에서는 분리할 수 있고, 제2 검출기(80)의 제2 검출 결과(52)에 있어서 분리할 수 없는 성분에 대해서는, 제1 검출기(20)의 제1 검출 결과(51)에서는 분리할 수 있을 가능성이 있다. 또한, 본 예의 분석 장치(1)에 있어서는, 시간적으로 동기하며, 나아가, 신뢰성이 높은 제1 검출 결과(51)와 제2 검출 결과(52)를 조합한 분석용 데이터(53)가 얻어진다. 따라서, 제1 분석기(71)에 있어서는, 이들 데이터를 협조하여 해석함으로써, 샘플 가스(9)의 성분을 보다 높은 정밀도로 분석하는 것이 가능해진다.

[0040] 분석 장치(협조 제어 모듈)(70)는, 제1 검출기(20)의 검출 결과(51)와, 제2 검출기(80)의 검출 결과(52)를 병렬로, 또는, 해당 가스 분석 장치(1)에 의해 규정되는 시간 간격을 두고 처리한 분석 결과를 취득하는 처리를 행한다. 이 처리에 있어서는, 가스 분석 장치(1)는, 샘플 챔버(12) 외에 전자 이온화 장치(15)를 구비하고 있으므로, 이하의 처리 방법(처리 모드)을 선택할 수 있도록 해도 되고, 분석 장치(70)는, 이하의 모드 M1, M2 및 M3 중 어느 것을 선택하여 분석을 행하는 제2 분석기(72)를 구비하고 있어도 된다.

[0041] (1) 제1 검출기(20)에 의한, 플라즈마(19) 중의 이온화된 성분 검출과, 제2 검출기(80)에 의한 발광 분석을 병행으로 행함(제1 모드, M1).

- [0042] (2) 제1 검출기(20)에 의한, 플라스마(19)로부터 파생된 가스를 전자 이온화 장치(15)에 의해 이온화하는 것에 따른 성분의 검출과, 제2 검출기(80)에 의한 발광 분석을 병행으로 행함(제2 모드, M2).
- [0043] (3) 제1 검출기(20)에 의한, 플라스마(19)를 통하지 않고, 샘플 입력(3b)을 통해 공급된 샘플 가스(9)를 전자 이온화 장치(15)에 의해 이온화하는 것에 따른 성분의 검출과, 제2 검출기(80)에 의한 플라스마(19)의 발광 분석을 병행으로 행함(제3 모드, M3).
- [0044] 이들 처리를 선택하거나, 조합함으로써, 샘플 가스(9)의 성분, 상태, 각 성분의 농도, 시간 변화 등을 정밀도 있게 측정할 수 있다.
- [0045] [0041] 또한, 제3 모드 이외에는, 샘플 입력(3b)은 상류의 밸브(5b)에 의해 폐쇄(閉)이다. 또한, 프로세스 챔버(101)의 내부가 플라스마(19)를 생성하는 것이 곤란할 정도로 부압(진공)으로 되어 있는 경우는, 샘플 입력(3a)을 상류의 밸브(5a)에 의해 폐쇄로 하고, 샘플 입력(3b)으로부터 샘플 가스(9)를 공급하여 전자 이온화 장치(15)에 의해 이온화해도 된다. 이 경우, 마이크로 플라스마(19)는 형성되지 않으므로, 제2 검출기(OES)(80)에 의한 검출 결과(52)는 얻어지지 않는다.
- [0046] [0042] 프로세스 모니터(프로세스 모니터링 장치, 프로세스 모니터링 시스템)(100)는, 플라스마 프로세스(102)가 실시되는 프로세스 챔버(101)로부터 공급되는 샘플 가스(9)를 가스 분석 장치(1)에 의해 분석한 결과에 따라 프로세스(102)를 제어하는 프로세스 컨트롤러(프로세스 제어 장치)(105)를 포함한다. 프로세스 컨트롤러(105)는, CPU 및 메모리 등의 컴퓨터 자원을 구비하고 있어도 되고, 제어용의 프로그램(프로그램 제품)(109)에 의해 가동해도 된다. 프로세스 컨트롤러(105)는, PLC(50)와 공통된 구성의 분석 장치(70)를 포함하고 있어도 되고, 가스 분석 장치(1)로부터 분석용 데이터(53)의 공급을 받아 샘플 가스(9)의 분석과, 프로세스 챔버(101)에 의해 실시되는 하나 또는 복수의 프로세스(102)의 제어를 행해도 된다.
- [0047] [0043] 프로세스 컨트롤러(105)는, 적어도 하나의 플라스마 프로세스(102)의 엔드 포인트를, 그 플라스마 프로세스의 부생성물을 포함하는 샘플 가스(9)를 가스 분석 장치(1)에 의해 검출(측정)한 결과에 따라 판단하는 장치(엔드 포인트 컨트롤러)(110)를 포함한다. 적어도 하나의 플라스마 프로세스(102)는, 에칭, 막 생성, 및 클리닝 중 적어도 하나를 포함해도 된다. 이 프로세스 모니터(100)에 있어서는, 가스 분석 장치(1)에 의해 관리되는 샘플 챔버(12)에 있어서, 프로세스 챔버(101)와는 독립된 플라스마(19)를 생성함으로써, 제1 검출기(질량 분석기, MS)(20)에 의한 성분의 검출과, 제2 검출기(OES)(80)에 의한 성분의 검출을 높은 정밀도로 동기하여 관련짓는 것이 가능해져, 높은 정밀도로 프로세스(102)의 부생성물을, 그 유무뿐만 아니라, 정성적인 분석(해석)을 포함하여 행할 수 있다. 따라서, 프로세스 컨트롤러(105)는, 그 분석에 근거하여, 플라스마 프로세스(102)를 적절히 제어하는 것이 가능해진다.
- [0048] [0044] 도 3에 프로세스 컨트롤러(105)에 의해 플라스마 프로세스(102)를 제어하는 개요를 플로차트로 나타내고 있다. 단계 121에 있어서, 프로세스 챔버(101)에 있어서의 프로세스(102)를 개시한다. 이와 동시에, 또는 전후하여, 단계 122에 있어서, 프로세스 컨트롤러(105)는, 가스 분석 장치(1)에 의한 샘플 가스(9)의 분석을 개시한다. 가스 분석 장치(1)에서는, 단계 123에 있어서, 제1 검출기(MS)(20)와, 제2 검출기(OES)(80)에 의한, 샘플 챔버(12) 내의 플라스마(19)의 성분의 검출을 행하고, 제1 검출 결과(51)와 제2 검출 결과(52)를 동기하여, 관련시킨 분석용 데이터(53)를 생성한다. 제2 검출 결과(52)에서는, 일괄적으로, 패럴렐하게 취득된 발광 스펙트럼에 의해 광범위한 성분에 관한 정보가 얻어진다. 제1 검출 결과(51)에서는, 관심 영역(ROI)에 한정된 매스 스펙트럼(MS)만을 취득할 수 있어, 고정밀도, 고감도의 정보가 얻어진다.
- [0049] [0045] 단계 124에 있어서, 분석용 데이터(53)에 근거하여, 제1 분석기(71)가, 샘플 가스(9)의 성분의 분석을 행한다. 단계 125에 있어서, 측정 모드의 전환이 필요하다고 판단되면, 단계 126에 있어서, 상술한 제1 모드(M1), 제2 모드(M2) 및 제3 모드(M3) 중 어느 것을 선택해도 된다.
- [0050] [0046] 단계 127에 있어서, 프로세스 컨트롤러(105)의 엔드 포인트 컨트롤러(110)가, 샘플 가스(9)의 분석 결과에 근거해서, 프로세스(102)의 상황이나 종료 시기를 판단하여, 프로세스(102)를 종료하는 조건이 갖추어졌다고 판단하면, 단계 128에서 프로세스(102)를 종료한다. 프로세스(102)의 종료는, 플라스마 프로세스(102)의 부생성물의 가스 분석 장치(1)에 의한 검출 결과에 근거하여, 엔드 포인트 컨트롤러(110)가 판단해도 된다. 그 후, 다음 프로세스의 처리를 개시하기 위한 준비를 행하고, 순차적으로 프로세스를 반복하여, 제품을 제조할 수 있다.
- [0051] [0047] 도 4에, 프로세스 모니터링 장치(100)의 다른 예를 나타낸다. 이 프로세스 모니터링 장치(100)는, 가스 분석 장치(1)의 다른 예를 포함한다. 이 가스 분석 장치(1)에 있어서는, 제2 검출기(80)의 분광 분석 유닛(8

5)이, 샘플 챔버(12)의 투광성이며 유전성인 벽체 구조(12a)에 직결되도록 배치되어 있다. 따라서, 광섬유를 거치는 일 없이 샘플 챔버(12) 내의 플라즈마(19)로부터의 광을 분광 분석할 수 있어, 더욱 정밀도 있게 분광 분석한 결과를 얻을 수 있다. 또한, 플라즈마를 생성하기 위한 RF가 공급되는 벽체(12a)에 인접하여, 혹은 동축적(同軸的)으로 분광 분석 유닛(85)을 배치함으로써, 벽체(12a)의 내면을 플라즈마(19)에 의해 처리하도록 플라즈마(19)를 생성할 수 있다. 이 때문에, 플라즈마(19)의 과생물에 의해 벽체(12a)의 내면이 오염되어 발광이 잘 보이지 않는 사태를 미연에 방지할 수 있다.

[0052] [0048] 이 가스 분석 장치(1)는, 샘플 챔버(12)의 한쪽 끝단에 형성된 개구(18)로부터 제1 검출기(20)로 이온화된 가스의 흐름(이온류)(17)을 공급하는 제1 경로(151)와, 샘플 챔버(12)의 다른 쪽 끝단으로부터 제2 검출기(80)에 의한 분광 분석을 위한 광을 공급하는 제2 경로(152)를 가진다. 분광 분석을 위한 광을 이온류(17)가 흘러나오는 반대 방향으로부터 얻을 수 있어, 제2 검출기(80)의 제2 검출 결과(52)의 예기치 않은 변동을 억제할 수 있다.

[0053] [0049] 도 5에, 프로세스 모니터링 시스템(100)의 또 다른 예를 나타낸다. 이 프로세스 모니터링 시스템(100)은, 가스 분석 장치(1)의 또 다른 예를 포함한다. 이 가스 분석 장치(1)의 샘플 챔버(12)의 투광성이며 유전성인 측벽(12b)을 구비한 원통형상이며, 제2 검출기(80)의 분광 분석 유닛(85)에 광섬유(82)를 통해 광을 유도하기 위한 집광 소자(81)가 측벽(12b)에 부착되어 있다. 따라서, 이 가스 분석 장치(1)는, 샘플 챔버(12)의 제1 축(중심축)(155)를 따른 한쪽 끝단에 형성된 개구(18)로부터 제1 검출기(20)로 이온화된 가스의 흐름(이온류)(17)을 공급하는 제1 경로(151)와, 샘플 챔버(12)의 제1 축(155)에 직교하는 방향으로 제2 검출기(80)에 의한 분광 분석을 위한 광을 공급하는 제3 경로(153)를 포함한다. 원통형상의 챔버(12) 내에서 생성되는 플라즈마(19)에 대해, 제3 경로(153)에 의해 측방으로부터 액세스하는 것이 가능하다. 이 때문에, 제2 검출기(80)는, 플라즈마(19)의 중심부의 원자화된 시료의 발광을 이용하여 발광 분석(분광 분석)하는 것이 가능해져, 보다 정밀도가 높은 검출 결과(52)를 얻을 수 있다.

[0054] [0050] 또한, 플라즈마(19)의 발광을 얻기 위해 분광 분석 유닛(85)을 배치하는 장소, 혹은 광섬유(82)를 장착하는 장소는 상기에 한정되는 것은 아니다.

[0055] [0051] 상기에는, 유전성의 벽체 구조를 구비하며, 측정 대상인 샘플 가스만이 유입되는 샘플 챔버와, 유전성의 벽체 구조를 통해 전기장 및/또는 자기장에 의해, 감압된 상기 샘플 챔버 내에서 플라즈마를 생성하는 플라즈마 생성 기구와, 생성된 플라즈마를 통해 샘플 가스를 분석하는 분석 유닛(센서군)을 가지는 가스 분석 장치가 개시되어 있다. 분석 유닛은, 플라즈마 중의 이온화된 가스를 필터링하는 제1 분석기(제1 검출기), 예컨대 질량 분석기와, 샘플 챔버의 플라즈마 중의 이온을 분광 분석하는 제2 분석기(제2 검출기), 예컨대 발광 분광 분석기를 포함한다. 이 분석 장치는, 제1 분석기의 이온원이 되는 플라즈마의 이온 중별 및 농도를 제2 분석기에 의해 분광 분석할 수 있다. 이 때문에, 공통의 이온화된 샘플을 동시에 병행하여, 또는, 가스 분석 장치 내의 한정된 시간 간격(레이턴시)을 두고 상이한 방법으로 분석할 수 있고, 이들 상이한 방법에 따른 분석 결과를, 하나의 분석 장치의 분석 결과로서 실시간으로 얻을 수 있다. 즉, 분석 유닛은, 제1 분석기의 분석 결과와, 제2 분석기의 분석 결과를 병렬로, 또는, 해당 가스 분석 장치에 의해 규정되는 시간 간격을 두고 처리한 분석 결과를 취득하는 제3 분석기를 포함해도 된다. 즉, 샘플 챔버 내의 플라즈마 중의 이온화된 가스를 시간차 없이, 상이한 분석 방법에 따라 파악한 결과를, 비교하고, 샘플 가스의 성분과 농도를, 시간적인 변동을 포함하여, 높은 정밀도로 분석할 수 있다.

[0056] [0052] 샘플 챔버에 있어서는, 마이크로 플라즈마가 형성되므로, 발광 분광 분석의 대상으로서는 광원의 사이즈가 충분히 작아, 안정된 분석 결과가 얻어진다. 제2 분석기는, 투광성이 높은 유전성의 벽체 구조를 통해 샘플 챔버 내의 플라즈마로부터의 광을 수광하는 유닛을 포함해도 되며, 벽체 구조의 내면이 플라즈마에 의해 항상 리프레시되므로 오염 등에 의한 분석 성능의 저하를 억제할 수 있다. 또한, 제2 분석기는, 샘플 챔버에 광섬유를 통해 접속된 분광 분석기여도 되며, 광섬유에 의한 영향을 없애기 위해 제2 분석기는, 샘플 챔버로부터 광섬유를 통하지 않고 발광을 취득하는 분광 분석기를 포함해도 된다. 제1 분석기는, 샘플 가스를 이온화하기 위한 전자를 생성하는 전자 이온화 유닛을 포함해도 된다.

[0057] [0053] 상기에는, 추가로, 가스 분석 장치를 가지는 프로세스 모니터링 시스템이 개시되어 있다. 프로세스 모니터링 시스템은, 가스 분석 장치와, 플라즈마 프로세스가 실시되는 프로세스 챔버로서, 가스 분석 장치에 샘플 가스가 공급되는 프로세스 챔버를 가지는 시스템의 일례이다.

[0058] [0054] 상기에는, 추가로, 가스 분석 장치에 의해 샘플 가스의 성분을 분석하는 방법이 개시되어 있다. 이 방법은, 제1 분석기의 분석 결과와, 제2 분석기의 분석 결과를 병렬로, 또는, 해당 가스 분석 장치에 의해 규정되

는 시간 간격을 두고 처리한 분석 결과를 취득하는 것을 포함한다. 질량 분석에서는 전하비가 동일하기 때문에 분리할 수 없는 성분이 있더라도, 분광 분석으로 얻어지는 이온화 중별을 추가적으로 고려(加味)하여 질량 분석 결과를 분석함으로써 고정밀도의 분석 결과가 얻어지는 등, 질량 분석과 분광 분석의 협동에 의해 얻어지는 효과는 많다. 제1 분석기가, 샘플 가스를 이온화하기 위한 이온을 생성하는 전자 이온화 유닛을 포함하는 경우는, 이하와 같은 측정 방법을 포함해도 된다. (1) 제1 분석기에 의한, 플라즈마 중의 이온화된 가스의 분석과, 제2 분석기에 의한 플라즈마 중의 가스의 분석을 병행으로 행하는 것. (2) 제1 분석기에 의한, 플라즈마로부터 파생된 가스를 전자 이온화 유닛에 의해 이온화한 분석과, 제2 분석기에 의한 플라즈마 중의 가스 분석을 병행으로 행하는 것. (3) 제1 분석기에 의한, 플라즈마를 통하지 않고, 전자 이온화 유닛에 의해 이온화된 가스의 분석과, 제2 분석기에 의한 플라즈마 중의 가스 분석을 병행으로 행하는 것.

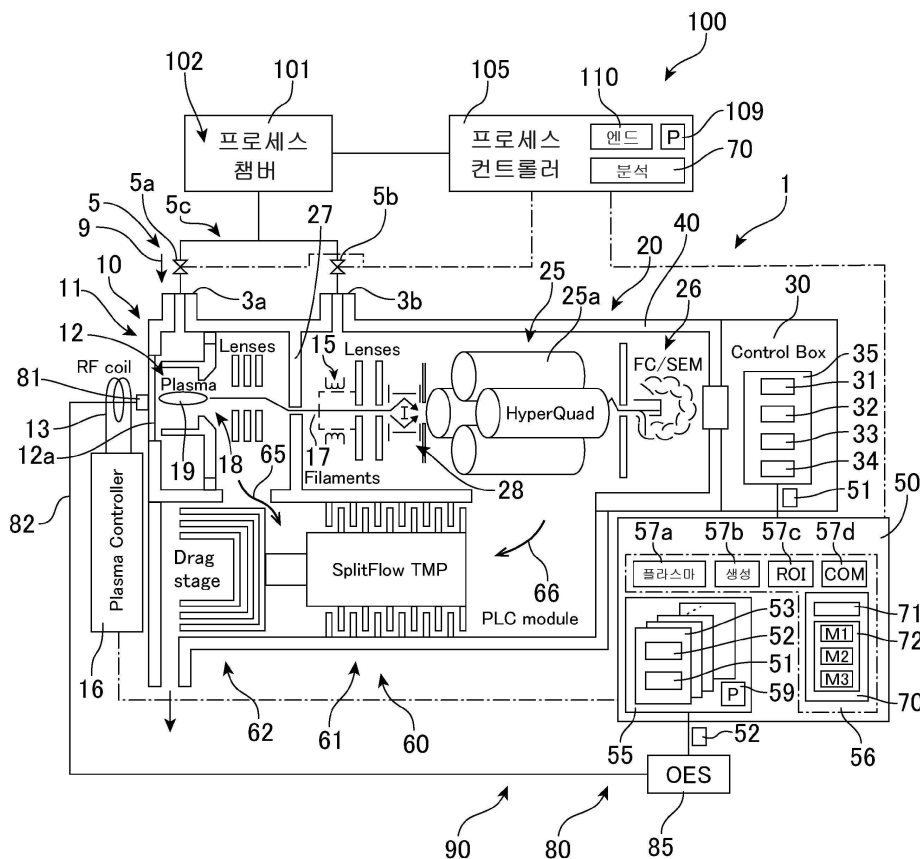
[0059] [0055] 상기에는, 추가로, 플라즈마 프로세스를 실시하는 프로세스 챔버를 가지는 시스템의 제어 방법이 개시되어 있다. 이 시스템은, 상기에 기재된 분석 장치를 가지며, 프로세스 챔버로부터의 샘플 가스만이 샘플 챔버에 유입되고, 해당 방법은, 가스 분석 장치의 측정 결과에 근거하여 프로세스 챔버 내에서 실시되는 플라즈마 프로세스를 제어하는 것을 포함한다.

[0060] [0056] 또한, 상기에서는, 제1 검출기(20)의 필터(25)로서 사중극 타입을 채용한 질량 필터의 예를 설명하고 있지만, 이 필터(25)는, 이온 트랩, 빈(Wien) 필터 등의 다른 타입이어도 된다.

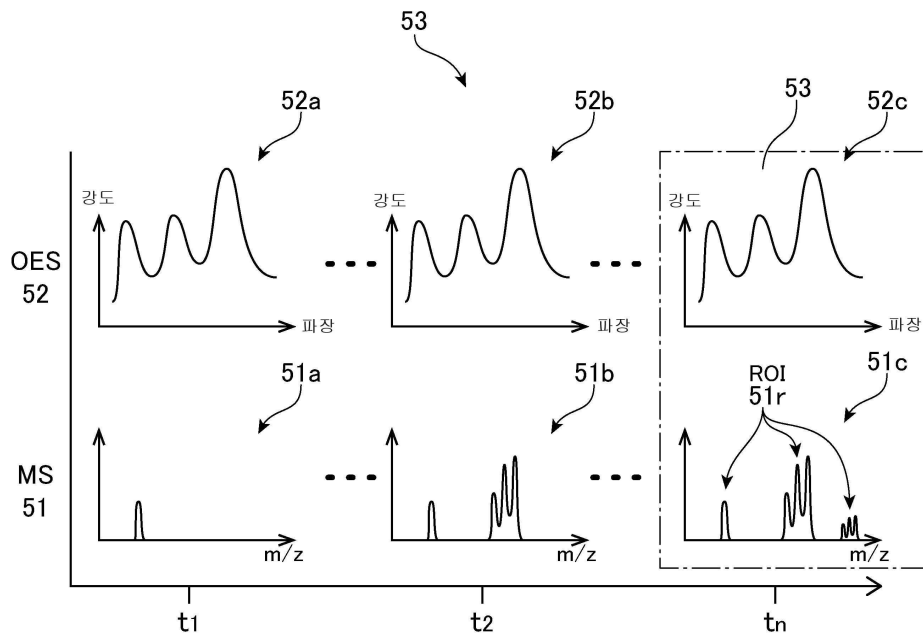
[0061] [0057] 또한, 상기에 있어서는, 본 발명의 특정 실시형태를 설명하였지만, 다양한 다른 실시형태 및 변형에는 본 발명의 범위 및 정신에서 벗어나는 일 없이 당업자가 생각해 낼 수 있는 것이며, 이러한 다른 실시형태 및 변형은 이하의 청구범위의 대상이 되고, 본 발명은 이하의 청구범위에 의해 규정되는 것이다.

도면

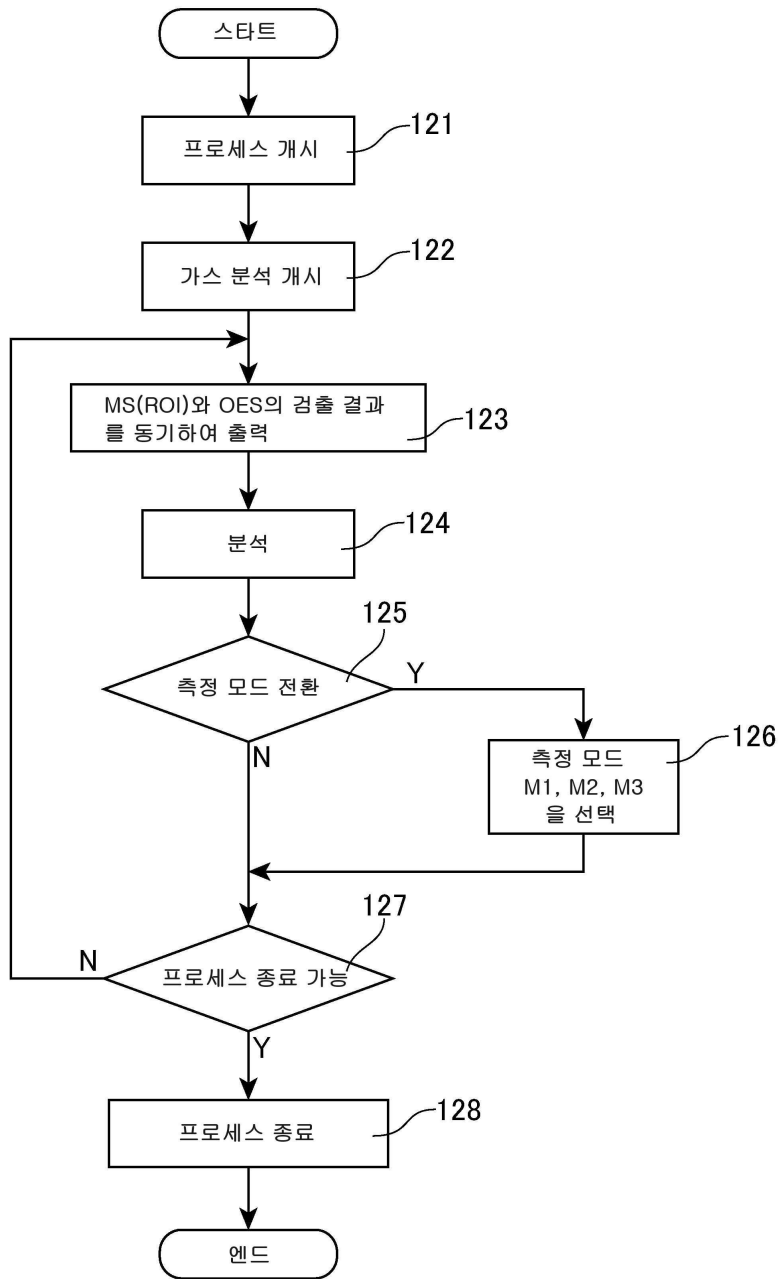
도면1



도면2



도면3



도면4

