



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2018년05월09일  
(11) 등록번호 10-1856430  
(24) 등록일자 2018년05월02일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
H01J 37/32 (2006.01) H05H 1/46 (2006.01)  
(52) CPC특허분류  
H01J 37/321 (2013.01)  
H01J 37/32192 (2013.01)  
(21) 출원번호 10-2017-7018571(분할)  
(22) 출원일자(국제) 2013년06월11일  
심사청구일자 2017년07월05일  
(85) 번역문제출일자 2017년07월05일  
(65) 공개번호 10-2017-0082662  
(43) 공개일자 2017년07월14일  
(62) 원출원 특허 10-2015-7000359  
원출원일자(국제) 2013년06월11일  
심사청구일자 2015년08월26일  
(86) 국제출원번호 PCT/JP2013/066016  
(87) 국제공개번호 WO 2014/010356  
국제공개일자 2014년01월16일  
(30) 우선권주장  
JP-P-2012-153902 2012년07월09일 일본(JP)  
(56) 선행기술조사문헌  
US20110018651 A1\*  
US20110061814 A1\*  
\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자  
도쿄엘렉트론가부시키키가이샤  
일본 도쿄도 미나토구 아카사카 5초메 3반 1고  
(72) 발명자  
이케다, 다로  
일본 야마나시현 니라사끼시 호사까쵸 미쯔자와  
650 도쿄엘렉트론 야마나시 가부시키키가이샤 내  
후지노, 유타카  
일본 야마나시현 니라사끼시 호사까쵸 미쯔자와  
650 도쿄엘렉트론 야마나시 가부시키키가이샤 내  
(뒷면에 계속)  
(74) 대리인  
장수길, 성재동

전체 청구항 수 : 총 11 항

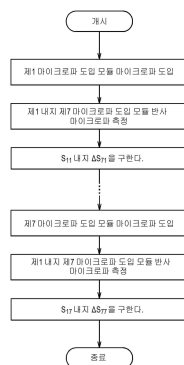
심사관 : 김주승

(54) 발명의 명칭 마이크로파 도입 모듈에서의 이상 검지 방법

(57) 요약

플라즈마 처리 장치(1)는, 처리 용기(2)와, 복수의 마이크로파 도입 모듈(61)을 갖는 마이크로파 도입 장치(5)를 구비하고 있다. 복수의 마이크로파 도입 모듈(61)마다 마이크로파를 도입하고, 이 마이크로파와, 처리 용기(2)로부터 복수의 마이크로파 도입 모듈(61)에 반사된 반사 마이크로파에 기초하여, 복수의 마이크로파 도입 모듈(61)의 조합마다의 S 파라미터를 구한다.

대표도 - 도12



(52) CPC특허분류

**H01J 37/32926** (2013.01)

**H05H 1/46** (2013.01)

**H05H 2001/463** (2013.01)

**H05H 2001/4682** (2013.01)

(72) 발명자

**아다치, 히카루**

일본 야마나시켄 니라사끼시 호사카쵸 미쯔자와  
650 도쿄엘렉트론 야마나시 가부시키키가이샤 내

**미야시타, 히로유키**

일본 야마나시켄 니라사끼시 호사카쵸 미쯔자와  
650 도쿄엘렉트론 야마나시 가부시키키가이샤 내

**오사다, 유키**

일본 야마나시켄 니라사끼시 호사카쵸 미쯔자와  
650 도쿄엘렉트론 야마나시 가부시키키가이샤 내

**야마모토, 노부히코**

일본 야마나시켄 니라사끼시 호사카쵸 미쯔자와  
650 도쿄엘렉트론 야마나시 가부시키키가이샤 내

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

피처리체를 수용하는 처리 용기와,

상기 처리 용기 내에서 플라스마를 생성시키기 위한 마이크로파를 상기 처리 용기 내에 도입하는 복수의 마이크로파 도입 모듈을 갖는 마이크로파 도입 장치와,

상기 처리 용기 내를 감압 배기하는 배기 장치

를 구비한 플라스마 처리 장치에서 상기 마이크로파 도입 모듈에 있어서의 이상을 검지하는 방법으로서,

상기 복수의 마이크로파 도입 모듈은, 각각, 상기 마이크로파를 상기 처리 용기 내의 각각 별도의 장소에 도입하는 것이며,

상기 처리 용기 내를, 진공 상태, 또한, 상기 플라스마가 생성되지 않는 상태로 해서, 상기 복수의 마이크로파 도입 모듈마다 상기 마이크로파를 도입하고,

상기 복수의 마이크로파 도입 모듈마다 상기 마이크로파가 도입할 때에 상기 복수의 마이크로파 도입 모듈 중에서 1개의 마이크로파 도입 모듈에 의해 마이크로파를 상기 처리 용기 내에 도입하고, 다른 마이크로파 도입 모듈로부터의 마이크로파의 도입을 정지한 상태에서, 상기 1개의 마이크로파 도입 모듈에 도입된 마이크로파의 전력값 및 모든 상기 복수의 마이크로파 도입 모듈에 반사된 반사 마이크로파 전력값을 각각 측정하고, 측정된 마이크로파의 전력값과, 반사 마이크로파의 전력값에 기초하여, 상기 복수의 마이크로파 도입 모듈 중에서 선택되는 2개의 조합마다의 S 파라미터를 구하고,

복수의 상기 S 파라미터의 절대값 간의 차분을 구하고, 이 차분에 기초하여 상기 이상을 검지하는 것을 특징으로 하는 이상 검지 방법.

#### 청구항 2

제1항에 있어서,

상기 복수의 마이크로파 도입 모듈은, 각각, 상기 마이크로파 및 상기 반사 마이크로파의 전력값을 측정하는 전력 측정기를 갖는 것을 특징으로 하는, 이상 검지 방법.

#### 청구항 3

제1항에 있어서,

상기 마이크로파는, 상기 복수의 마이크로파 도입 모듈마다 전력값이 상이한 복수의 입사파를 포함하고,

상기 반사 마이크로파는, 각각 상기 복수의 입사파에 대응하는 복수의 반사파를 포함하는 것을 특징으로 하는, 이상 검지 방법.

#### 청구항 4

제3항에 있어서,

상기 복수의 마이크로파 도입 모듈 중에서 선택되는 2개의 조합마다의 S 파라미터는, 상기 복수의 입사파의 전력값과 상기 복수의 반사파의 전력값으로부터, 최소 제곱법에 의해 구해지는 것을 특징으로 하는, 이상 검지 방법.

#### 청구항 5

제1항에 있어서,

상기 마이크로파 도입 장치는, 상기 복수의 마이크로파 도입 모듈로서, 제1 내지 제7 마이크로파 도입 모듈을

갖고,

상기 처리 용기는, 각각 상기 제1 내지 제7 마이크로파 도입 모듈에 의해 도입되는 상기 마이크로파를 상기 처리 용기 내에 통과시키는 제1 내지 제7 마이크로파 도입 포트를 갖는 천장부를 포함하고,

상기 제1 마이크로파 도입 포트는, 상기 천장부의 중앙 부분에 배치되고,

상기 제2 내지 제7 마이크로파 도입 포트는, 각각, 상기 천장부에 있어서, 상기 제1 마이크로파 도입 포트를 중심으로 하는 가상의 정육각형의 정점에 배치되는 것을 특징으로 하는, 이상 검지 방법.

#### 청구항 6

제5항에 있어서,

상기 복수의 마이크로파 도입 모듈 중에서 선택되는 2개의 조합은, 상기 제1 마이크로파 도입 모듈과 상기 제2 내지 제7 중 어느 하나의 마이크로파 도입 모듈과의 조합을 포함하는 것을 특징으로 하는, 이상 검지 방법.

#### 청구항 7

제5항에 있어서,

상기 복수의 마이크로파 도입 모듈 중에서 선택되는 2개의 조합은, 상기 가상의 정육각형의 외주를 따라서 인접하는 2개의 마이크로파 도입 모듈을 조합하는 제1 조합과, 상기 가상의 정육각형의 외주를 따라서 1개 간격으로 인접하는 2개의 마이크로파 도입 모듈을 조합하는 제2 조합과, 상기 가상의 정육각형의 외주를 따라서 2개 간격으로 인접하는 2개의 마이크로파 도입 모듈을 조합하는 제3 조합 중 적어도 1개를 포함하는 것을 특징으로 하는, 이상 검지 방법.

#### 청구항 8

제5항에 있어서,

상기 복수의 마이크로파 도입 모듈 중에서 선택되는 2개의 조합은, 상기 제1 내지 제7 마이크로파 도입 모듈을 모두 망라하는 조합인 것을 특징으로 하는, 이상 검지 방법.

#### 청구항 9

제1항에 있어서,

상기 차분의 절댓값을, 상기 복수의 마이크로파 도입 모듈에서의 이상을 나타내는 소정의 임계값과 비교하는 것을 특징으로 하는, 이상 검지 방법.

#### 청구항 10

제9항에 있어서,

상기 차분은, 취득된 복수의 S 파라미터 모두에 대하여 서로 연산해서 얻어진 복수의 차분인 것을 특징으로 하는, 이상 검지 방법.

#### 청구항 11

제10항에 있어서,

상기 복수의 차분의 절댓값의 최댓값과, 상기 임계값을 비교하는 것을 특징으로 하는, 이상 검지 방법.

### 발명의 설명

### 기술 분야

[0001] 본 발명은 복수의 마이크로파 도입 모듈을 갖는 마이크로파 도입 장치를 구비한 플라즈마 처리 장치에서의 S 파라미터 취득 방법 및 이상 검지 방법에 관한 것이다.

### 배경 기술

- [0002] 반도체 웨이퍼 등의 피처리체에 대하여 소정의 플라즈마 처리를 실시하는 플라즈마 처리 장치로서, 복수의 슬롯을 갖는 평면 안테나를 사용하여 처리 용기 내에 마이크로파를 도입하여 플라즈마를 생성시키는 슬롯 안테나 방식의 플라즈마 처리 장치가 알려져 있다. 또한, 다른 플라즈마 처리 장치로서, 코일 형상의 안테나를 사용하여 처리 용기 내에 고주파를 도입하여 플라즈마를 생성시키는 유도 결합형 플라즈마(Inductively Coupled Plasma; ICP) 방식의 플라즈마 처리 장치가 알려져 있다. 이 플라즈마 처리 장치에서는, 처리 용기 내에서 고밀도의 플라즈마를 생성시키는 것이 가능하고, 생성된 플라즈마에 의해, 예를 들어 산화 처리, 질화 처리, 퇴적 처리, 에칭 처리 등이 행하여진다.
- [0003] 차세대 이후의 디바이스 개발을 목적으로, 예를 들어 3차원 디바이스 가공이나 미세화에 대한 대응을 도모하면서 생산성을 향상시키기 위해서는, 웨이퍼면 내에서의 처리의 균일성을 확보하면서, 현재 300mm 직경의 웨이퍼를 450mm 직경으로 대형화시킬 필요가 있다. 그러기 위해서는, 웨이퍼에 대응하여 대형화하는 처리 용기 내에서의 플라즈마의 분포(밀도 분포)를 균일화시킬 필요가 있다.
- [0004] 상기 슬롯 안테나 방식의 마이크로파 플라즈마 처리 장치에서는, 플라즈마의 분포의 제어는, 슬롯의 형상이나 배치, 처리 용기나 마이크로파 도입창의 형상 설계 등에 의해 행하여지고 있었다. 예를 들어, 처리 내용에 따라서 플라즈마의 분포를 바꾸기 위해서는, 최적으로 조정된 서로 다른 슬롯 형상이나 배치의 평면 안테나로 교환할 필요가 있었다. 또한, 상기의 ICP 방식의 플라즈마 처리 장치에서도, 플라즈마의 분포를 바꾸기 위해서는, 최적으로 조정된 서로 다른 코일 형상이나 배치의 안테나로 변환할 필요가 있었다. 그러나, 이러한 안테나의 교환은, 재설계 등의 수고와 시간을 필요로 하는 대규모의 작업이었다.
- [0005] 또한, 플라즈마의 분포는, 예를 들어 마이크로파의 파워, 처리 압력, 가스 유량 등의 프로세스 파라미터를 바꿈으로써 최적의 플라즈마 환경으로 조정하는 것이 가능하다. 그러나, 이들 프로세스 파라미터는, 프로세스 조건과 분리할 수 없기 때문에, 프로세스 파라미터를 변화시킬 수 있는 범위에서의 플라즈마의 분포의 변화 폭(마진)이 작아, 그 효과에는 한계가 있었다.
- [0006] 또한, 평면 안테나, 처리 용기 등의 제작 공차, 조립 오차, 동일 사양의 장치간에서의 기기차 등의 여러 요인에 의해, 처리 용기 내에서 플라즈마의 대칭성이 무너져 플라즈마의 분포가 편심되는 경우가 있다. 이러한 경우, 이것을 간이한 방법으로 보정하는 수단이 없었기 때문에, 평면 안테나의 교환 등의 대규모의 장치 개변이 필요하게 된다는 문제가 있었다.
- [0007] 따라서, 처리 용기 내에서의 플라즈마의 분포를 균일화시키기 위해서, 마이크로파를 처리 용기 내의 각각 별도의 장소에 도입하고, 이 마이크로파에 의해 생성되는 복수의 플라즈마의 분포를 제어하는 플라즈마 처리 장치를 생각할 수 있다. 이러한 플라즈마 처리 장치에서는, 처리 용기 내에 마이크로파를 도입하는 마이크로파 도입 모듈을 복수(예를 들어 7개) 설치하는 것이 상정된다.
- [0009] \*그런데, 플라즈마 처리 장치에서는, 사용 개시 후에 발생하는 다양한 이상을 검지할 것이 요구된다. 특허문헌 1(일본 특허 공개 2002-305182호 공보)에는, 진공 챔버 내에 설치된 하부 전극에 전력을 공급하여 플라즈마를 발생시키는 플라즈마 처리 장치에 있어서, 하부 전극에 인가되는 전압을 감시하여, 플라즈마 상태의 이상을 판단하는 방법이 기재되어 있다. 특허문헌 2(일본 특허 공개 2004-119179호 공보)에는, 출력 주파수가 상이한 2개의 고주파 전원으로부터 전력이 공급되는 플라즈마 처리 장치에 있어서, 급전 회로 상의 전압 등을 감시하여, 플라즈마 처리 장치의 이상 유무를 감시하는 방법이 기재되어 있다.
- [0010] 또한, 복수의 마이크로파 도입 모듈이 설치된 플라즈마 처리 장치와 같이, 복수의 입사파와 복수의 반사파가 존재하는 장치의 경우, 이 장치의 상태를 나타내는 파라미터로서, 복수의 입사파와 복수의 반사파의 관계를 나타내는 S 파라미터를 사용하는 것을 생각할 수 있다. 특허문헌 3(일본 특허 공개 2006-317448호 공보)에는, 벡터 네트워크 애널라이저의 파워 교정에 있어서, 2 포트 S 파라미터 교정을 실행하는 것이 기재되어 있다.
- [0011] 복수의 마이크로파 도입 모듈이 설치된 플라즈마 처리 장치에서는, 복수의 마이크로파 도입 모듈간에서 밸런스 좋게 마이크로파를 도입할 것이 요구된다. 그러나, 1개 또는 2개 이상의 마이크로파 도입 모듈에 이상이 발생하면, 복수의 마이크로파 도입 모듈간의 균형이 무너지게 되고, 그 결과, 플라즈마 처리가 정상적으로 행하여지지 않게 된다. 그 때문에, 이러한 플라즈마 처리 장치에서는, 복수의 마이크로파 도입 모듈간의 밸런스를 무너뜨리는 마이크로파 도입 모듈에서의 이상을 검지할 것이 요구된다.

## 발명의 내용

## 해결하려는 과제

[0012] 본 발명은, 복수의 마이크로파 도입 모듈이 설치된 플라즈마 처리 장치에 있어서, S 파라미터를 취득하는 방법 및 마이크로파 도입 모듈에서의 이상을 검지하는 방법을 제공한다.

## 과제의 해결 수단

[0013] 본 발명의 S 파라미터의 취득 방법이 적용되는 플라즈마 처리 장치는, 피처리체를 수용하는 처리 용기와, 처리 용기 내에서 플라즈마를 생성시키기 위한 마이크로파를 처리 용기 내에 도입하는 복수의 마이크로파 도입 모듈을 갖는 마이크로파 도입 장치와, 상기 처리 용기 내를 감압 배기하는 배기 장치를 구비하고 있다. 복수의 마이크로파 도입 모듈은, 각각, 마이크로파를 처리 용기 내의 각각 별도의 장소에 도입하는 것이다.

[0014] 본 발명의 S 파라미터의 취득 방법은, 상기 처리 용기 내를, 진공 상태, 또한, 상기 플라즈마가 생성되지 않는 상태로 해서, 복수의 마이크로파 도입 모듈마다 마이크로파를 도입한다. 그리고, 이 마이크로파와, 처리 용기로부터 복수의 마이크로파 도입 모듈에 반사된 반사 마이크로파에 기초하여, 복수의 마이크로파 도입 모듈 중에서 선택되는 2개의 조합마다의 S 파라미터를 구한다.

[0015] 본 발명의 S 파라미터의 취득 방법에 있어서, 복수의 마이크로파 도입 모듈은, 각각, 마이크로파 및 반사 마이크로파의 전력값을 측정하는 전력 측정기를 가져도 된다. 이 경우, 복수의 마이크로파 도입 모듈 중에서 선택되는 2개의 조합마다의 S 파라미터는, 마이크로파 및 반사 마이크로파의 전력값을 사용하여 구해지는 것이어도 된다. 또한, 이 경우, 마이크로파는, 복수의 마이크로파 도입 모듈마다 전력값이 상이한 복수의 입사파를 포함하고, 반사 마이크로파는, 각각 복수의 입사파에 대응하는 복수의 반사파를 포함하고 있어도 된다. 복수의 마이크로파 도입 모듈 중에서 선택되는 2개의 조합마다의 S 파라미터는, 복수의 입사파의 전력값과 복수의 반사파의 전력값으로부터, 최소 제곱법에 의해 구해지는 것이어도 된다.

[0016] 또한, 본 발명의 S 파라미터의 취득 방법에 있어서, 마이크로파 도입 장치는, 복수의 마이크로파 도입 모듈로서, 제1 내지 제7 마이크로파 도입 모듈을 가져도 된다. 그리고, 본 발명의 S 파라미터의 취득 방법에 있어서, 처리 용기는, 각각 제1 내지 제7 마이크로파 도입 모듈에 의해 도입되는 마이크로파를 처리 용기 내에 통과시키는 제1 내지 제7 마이크로파 도입 포트를 갖는 천장부를 포함하고 있어도 된다. 이 경우, 제1 마이크로파 도입 포트는, 천장부의 중앙 부분에 배치되어도 된다. 또한, 제2 내지 제7 마이크로파 도입 포트는, 각각, 천장부에 있어서, 제1 마이크로파 도입 포트를 중심으로 하는 가상의 정육각형의 정점에 배치되어도 된다.

[0017] 또한, 본 발명의 S 파라미터의 취득 방법에 있어서, 마이크로파 도입 장치가 제1 내지 제7 마이크로파 도입 모듈을 갖는 경우, 복수의 마이크로파 도입 모듈 중에서 선택되는 2개의 조합은, 제1 마이크로파 도입 모듈과 제2 내지 제7 중 어느 한쪽의 마이크로파 도입 모듈의 조합을 포함하고 있어도 된다.

[0018] 또한, 본 발명의 S 파라미터의 취득 방법에 있어서, 마이크로파 도입 장치가 제1 내지 제7 마이크로파 도입 모듈을 갖는 경우, 복수의 마이크로파 도입 모듈 중에서 선택되는 2개의 조합은, 이하의 제1 내지 제3 조합 중 적어도 1개를 포함하고 있어도 된다. 여기서, 제1 조합은, 상기 가상의 정육각형의 외주를 따라서 인접하는 2개의 마이크로파 도입 모듈을 조합하는 것이다. 제2 조합은, 상기 가상의 정육각형 외주를 따라서 1개 간격으로 인접하는 2개의 마이크로파 도입 모듈을 조합하는 것이다. 제3 조합은, 상기 가상의 정육각형의 외주를 따라서 2개 간격으로 인접하는 2개의 마이크로파 도입 모듈을 조합하는 것이다.

[0019] 또한, 본 발명의 S 파라미터의 취득 방법에 있어서, 마이크로파 도입 장치가 제1 내지 제7 마이크로파 도입 모듈을 갖는 경우, 복수의 마이크로파 도입 모듈 중에서 선택되는 2개의 조합은, 제1 내지 제7 마이크로파 도입 모듈을 모두 망라하는 조합이어도 된다.

[0020] 본 발명의 이상 검지 방법이 적용되는 플라즈마 처리 장치는, 피처리체를 수용하는 처리 용기와, 처리 용기 내에서 플라즈마를 생성시키기 위한 마이크로파를 처리 용기 내에 도입하는 복수의 마이크로파 도입 모듈을 갖는 마이크로파 도입 장치와, 상기 처리 용기 내를 감압 배기하는 배기 장치를 구비하고 있다. 복수의 마이크로파 도입 모듈은, 각각, 마이크로파를 처리 용기 내의 각각 별도의 장소에 도입하는 것이다.

[0021] 본 발명의 이상 검지 방법은, 본 발명의 S 파라미터의 취득 방법에 의해 취득된, 복수의 S 파라미터의 절댓값의 사이에서 차분을 구하고, 이 차분에 기초하여 상기 이상을 검지한다. 이 경우, 상기 차분의 절댓값을, 복수의 마이크로파 도입 모듈에서의 이상을 나타내는 소정의 임계값과 비교해도 된다. 또한, 상기 차분은, 취득된 복

수의 S 파라미터의 모두에 대하여 서로 연산하여 얻어진 복수의 차분이어도 되고, 또한, 상기 복수의 차분의 절댓값의 최댓값과, 상기 임계값을 비교해도 된다.

[0022] 본 발명의 S 파라미터의 취득 방법에서는, 복수의 마이크로파 도입 모듈마다 마이크로파를 도입하고, 이 마이크로파와 반사 마이크로파에 기초하여 S 파라미터를 구한다. 이에 의해, 본 발명에 따르면, 복수의 마이크로파 도입 모듈이 설치된 플라즈마 처리 장치에 있어서, S 파라미터를 취득할 수 있다.

[0023] 또한, 본 발명의 이상 검지 방법에서는, S 파라미터의 절댓값과, 복수의 마이크로파 도입 모듈의 조합이 상이한 다른 S 파라미터와의 차분을 구하고, 이 차분과, 복수의 마이크로파 도입 모듈에서의 이상을 나타내는 소정의 임계값을 비교한다. 이에 의해, 본 발명에 따르면, 마이크로파 도입 모듈에서의 이상을 검지할 수 있다.

### 도면의 간단한 설명

[0024] 도 1은 본 발명의 일 실시 형태에서의 플라즈마 처리 장치의 개략 구성을 도시하는 단면도이다.

도 2는 도 1에 도시한 제어부의 구성을 도시하는 설명도이다.

도 3은 본 발명의 일 실시 형태에서의 마이크로파 도입 장치의 구성을 도시하는 설명도이다.

도 4는 본 발명의 일 실시 형태에서의 마이크로파 도입 모듈의 일부를 도시하는 단면도이다.

도 5는 본 발명의 일 실시 형태에서의 마이크로파 도입 모듈의 안테나부를 도시하는 사시도이다.

도 6은 본 발명의 일 실시 형태에서의 마이크로파 도입 모듈의 평면 안테나를 도시하는 평면도이다.

도 7은 본 발명의 일 실시 형태에서의 처리 용기의 천장부의 저면을 도시하는 평면도이다.

도 8은 본 발명의 일 실시 형태에서의 복수의 마이크로파 도입 모듈의 제1 조합을 도시하는 설명도이다.

도 9는 본 발명의 일 실시 형태에서의 복수의 마이크로파 도입 모듈의 제2 조합을 도시하는 설명도이다.

도 10은 본 발명의 일 실시 형태에서의 복수의 마이크로파 도입 모듈의 제3 조합을 도시하는 설명도이다.

도 11은 본 발명의 일 실시 형태에 따른 이상 검지 방법의 수순의 일례를 나타내는 흐름도이다.

도 12는 본 발명의 일 실시 형태에 따른 S 파라미터의 취득 방법의 수순의 일례를 나타내는 흐름도이다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0025] [플라즈마 처리 장치]

[0026] 이하, 본 발명의 실시 형태에 대하여 도면을 참조하여 상세하게 설명한다. 먼저, 도 1 및 도 2를 참조하여, 본 발명의 일 실시 형태에 따른 S 파라미터의 취득 방법 및 이상 검지 방법이 적용되는 플라즈마 처리 장치의 개략 구성에 대하여 설명한다. 도 1은, 본 실시 형태에서의 플라즈마 처리 장치(1)는, 연속하는 복수의 동작을 수반하여, 예를 들어 반도체 디바이스 제조용의 반도체 웨이퍼(이하, 간단히 「웨이퍼」라고 기재함)(W)에 대하여 성막 처리, 확산 처리, 에칭 처리, 애싱 처리 등의 소정의 처리를 실시하는 장치이다.

[0027] 플라즈마 처리 장치(1)는, 피처리체인 웨이퍼(W)를 수용하는 처리 용기(2)와, 처리 용기(2)의 내부에 배치되고, 웨이퍼(W)를 적재하는 적재면(21a)을 갖는 적재대(21)와, 처리 용기(2) 내에 가스를 공급하는 가스 공급 기구(3)와, 처리 용기(2) 내를 감압 배기하는 배기 장치(4)와, 처리 용기(2) 내에서 플라즈마를 생성시키기 위한 마이크로파를 처리 용기(2) 내에 도입하는 복수의 마이크로파 도입 모듈(61)을 갖는 마이크로파 도입 장치(5)와, 이들 플라즈마 처리 장치(1)의 각 구성부를 제어하는 제어부(8)를 구비하고 있다. 또한, 처리 용기(2) 내에 가스를 공급하는 수단으로서, 가스 공급 기구(3) 대신에 플라즈마 처리 장치(1)의 구성에는 포함되지 않는 외부의 가스 공급 기구를 사용해도 된다.

[0028] <처리 용기>

[0029] 처리 용기(2)는, 예를 들어 대략 원통 형상을 이루고 있다. 처리 용기(2)는, 예를 들어 알루미늄 및 그 합금 등의 금속 재료에 의해 형성되어 있다. 마이크로파 도입 장치(5)는, 처리 용기(2)의 상부에 설치되고, 처리 용기(2) 내에 전자파(마이크로파)를 도입하여 플라즈마를 생성하는 플라즈마 생성 수단으로서 기능한다. 마이크



로파 도입 장치(5)의 구성에 대해서는, 후술에 상세하게 설명한다.

[0030] 처리 용기(2)는, 판 형상의 천장부(11) 및 저부(13)와, 천장부(11)와 저부(13)를 연결하는 측벽부(12)를 포함하고 있다. 천장부(11)는, 그 상면에서부터 하면에 걸쳐서 관통하도록 형성된 복수의 마이크로파 도입 포트(11a)를 갖고 있다. 복수의 마이크로파 도입 포트(11a)의 배치에 대해서는, 후술에 상세하게 설명한다. 측벽부(12)는, 처리 용기(2)에 인접하는 도시하지 않은 반송실과의 사이에서 웨이퍼(W)의 반출입을 행하기 위한 반출입구(12a)를 갖고 있다. 처리 용기(2)와 도시하지 않은 반송실과의 사이에는, 게이트 밸브(G)가 배치되어 있다. 게이트 밸브(G)는, 반출입구(12a)를 개폐하는 기능을 갖고 있다. 게이트 밸브(G)는, 폐쇄 상태에서 처리 용기(2)를 기밀하게 시일함과 함께, 개방 상태에서 처리 용기(2)와 도시하지 않은 반송실과의 사이에서 웨이퍼(W)의 이송을 가능하게 한다.

[0031] <배기 장치>

[0032] 저부(13)는, 복수(도 1에서는 2개)의 배기구(13a)를 갖고 있다. 플라즈마 처리 장치(1)는 또한, 배기구(13a)와 배기 장치(4)를 접속하는 배기관(14)을 구비하고 있다. 배기 장치(4)는, APC 밸브와, 처리 용기(2)의 내부 공간을 소정의 진공도까지 고속으로 감압하는 것이 가능한 고속 진공 펌프를 갖고 있다. 이러한 고속 진공 펌프로서는, 예를 들어 터보 분자 펌프 등이 있다. 배기 장치(4)의 고속 진공 펌프를 작동시킴으로써, 처리 용기(2)는, 그 내부 공간이 소정의 진공도, 예를 들어 0.133Pa까지 감압된다.

[0033] <적재대>

[0034] 플라즈마 처리 장치(1)는 또한, 처리 용기(2) 내에서 적재대(21)를 지지하는 지지 부재(22)와, 지지 부재(22)와 처리 용기(2)의 저부(13)와의 사이에 설치된 절연 재료로 이루어지는 절연 부재(23)를 구비하고 있다. 적재대(21)는, 피처리체인 웨이퍼(W)를 수평하게 적재하기 위한 것이다. 지지 부재(22)는, 저부(13)의 중앙으로부터 처리 용기(2)의 내부 공간을 향해 연장되는 원통 형상의 형상을 갖고 있다. 적재대(21) 및 지지 부재(22)는, 예를 들어 표면에 알루미늄 처리(양극 산화 처리)가 실시된 알루미늄 등에 의해 형성되어 있다.

[0035] 적재대(21)는, 적재면(21a)에 대하여 돌출 가능하게 설치된 복수의 지지 핀(도시 생략)을 갖고 있다. 복수의 지지 핀은, 임의의 승강 기구에 의해 상하로 변위하고, 상승 위치에서, 도시하지 않은 반송실과의 사이에서 웨이퍼(W)의 전달을 행할 수 있도록 구성되어 있다.

[0036] <고주파 바이어스 전원>

[0037] 플라즈마 처리 장치(1)는 또한, 적재대(21)에 고주파 전력을 공급하는 고주파 바이어스 전원(25)과, 적재대(21)와 고주파 바이어스 전원(25)과의 사이에 설치된 정합기(24)를 구비하고 있다. 고주파 바이어스 전원(25)은, 웨이퍼(W)에 이온을 인입하기 위해서, 적재대(21)에 고주파 전력을 공급한다.

[0038] <온도 제어 기구>

[0039] 도시하지 않지만, 플라즈마 처리 장치(1)는 또한, 적재대(21)를 가열 또는 냉각하는 온도 제어 기구를 구비하고 있다. 온도 제어 기구는, 예를 들어 웨이퍼(W)의 온도를, 25℃(실온) 내지 900℃의 범위 내에서 제어한다.

[0040] <가스 공급 기구>

[0041] 플라즈마 처리 장치(1)는 또한, 처리 용기(2)의 천장부(11)에 설치된 가스 도입부(15)를 구비하고 있다. 가스 도입부(15)는, 원통 형상을 이루는 복수의 노즐(16)을 갖고 있다. 노즐(16)은 그 하면에 형성된 가스 구멍(16a)을 갖고 있다.

[0042] 가스 공급 기구(3)는, 가스 공급원(31)을 포함하는 가스 공급 장치(3a)와, 가스 공급원(31)과 가스 도입부(15)를 접속하는 배관(32)을 갖고 있다. 또한, 도 1에서는, 1개의 가스 공급원(31)을 도시하고 있지만, 가스 공급 장치(3a)는 사용되는 가스의 종류에 따라 복수의 가스 공급원을 포함하고 있어도 된다.

[0043] 가스 공급원(31)은, 예를 들어 플라즈마 생성용의 회가스나, 산화 처리, 질화 처리, 성막 처리, 에칭 처리 및 애싱 처리에 사용되는 처리 가스 등의 가스 공급원으로서 사용된다. 또한, 처리 용기(2)에서 CVD 처리가 행하여지는 경우에는, 가스 공급원(31)은 성막 원료 가스, 처리 용기(2) 내의 분위기를 치환할 때에 사용되는 퍼지 가스, 처리 용기(2) 내를 클리닝할 때에 사용되는 클리닝 가스 등의 공급원으로서 사용된다.

[0044] 도시하지 않지만, 가스 공급 장치(3a)는 또한, 배관(32) 도중에 설치된 매스 플로우 컨트롤러 및 개폐 밸브를 포함하고 있다. 처리 용기(2) 내에 공급되는 가스의 종류나, 이 가스의 유량 등은, 매스 플로우 컨트롤러 및



개폐 밸브에 의해 제어된다.

[0045] <제어부>

[0046] 플라즈마 처리 장치(1)의 각 구성부는, 각각 제어부(8)에 접속되어, 제어부(8)에 의해 제어된다. 제어부(8)는, 전형적으로는 컴퓨터이다. 도 2에 도시한 예에서는, 제어부(8)는 CPU를 구비한 프로세스 컨트롤러(81)와, 이 프로세스 컨트롤러(81)에 접속된 유저 인터페이스(82) 및 기억부(83)를 구비하고 있다.

[0047] 프로세스 컨트롤러(81)는, 플라즈마 처리 장치(1)에 있어서, 예를 들어 온도, 압력, 가스 유량, 바이어스 인가 용의 고주파 전력, 마이크로파 출력 등의 프로세스 조건에 관계되는 각 구성부(예를 들어, 고주파 바이어스 전원(25), 가스 공급 장치(3a), 배기 장치(4), 마이크로파 도입 장치(5) 등)를 통괄하여 제어하는 제어 수단이다.

[0048] 유저 인터페이스(82)는, 공정 관리자가 플라즈마 처리 장치(1)를 관리하기 위하여 커맨드의 입력 조작 등을 행하는 키보드나 터치 패널, 플라즈마 처리 장치(1)의 가동 상황을 가시화하여 표시하는 디스플레이 등을 갖고 있다.

[0049] 기억부(83)에는, 플라즈마 처리 장치(1)에서 실행되는 각종 처리를 프로세스 컨트롤러(81)의 제어에 의해 실행하기 위한 제어 프로그램(소프트웨어)이나, 처리 조건 데이터 등이 기록된 레시피 등이 보존되어 있다. 프로세스 컨트롤러(81)는, 유저 인터페이스(82)로부터의 지시 등, 필요에 따라, 임의의 제어 프로그램이나 레시피를 기억부(83)로부터 호출하여 실행한다. 이에 의해, 프로세스 컨트롤러(81)에 의한 제어 하에서, 플라즈마 처리 장치(1)의 처리 용기(2) 내에서 원하는 처리를 행하거나, 후술하는 S 파라미터의 취득이나 이상 검지에 관한 처리를 행할 수 있다.

[0050] 상기의 제어 프로그램 및 레시피는, 예를 들어 CD-ROM, 하드 디스크, 플렉시블 디스크, 플래시 메모리, DVD, 블루레이 디스크 등의 컴퓨터 판독 가능한 기억 매체에 저장된 상태의 것을 이용할 수 있다. 또한, 상기 레시피는, 다른 장치로부터, 예를 들어 전용 회선을 통해 수시로 전송시켜서 온라인으로 이용하는 것도 가능하다.

[0051] [마이크로파 도입 장치]

[0052] 이어서, 도 1, 도 3 내지 도 6을 참조하여, 마이크로파 도입 장치(5)의 구성에 대하여 상세하게 설명한다. 도 3은, 마이크로파 도입 장치(5)의 구성을 도시하는 설명도이다. 도 4는, 마이크로파 도입 모듈(61)의 일부를 도시하는 단면도이다. 도 5는, 마이크로파 도입 모듈(61)의 안테나부를 도시하는 사시도이다. 도 6은, 마이크로파 도입 모듈(61)의 평면 안테나를 도시하는 평면도이다. 도 1 및 도 3에 도시한 바와 같이, 마이크로파 도입 장치(5)는, 마이크로파를 생성함과 함께, 이 마이크로파를 복수의 경로로 분배하여 출력하는 마이크로파 출력부(50)와, 마이크로파 출력부(50)에 의해 분배된 마이크로파를, 처리 용기(2) 내의 각각 별도의 장소에 도입하는 복수의 마이크로파 도입 모듈(61)을 갖고 있다.

[0053] <마이크로파 출력부>

[0054] 마이크로파 출력부(50)는, 전원부(51)와, 마이크로파 발진기(52)와, 마이크로파 발진기(52)에 의해 발진된 마이크로파를 증폭하는 증폭기(53)와, 증폭기(53)에 의해 증폭된 마이크로파를 복수의 경로로 분배하는 분배기(54)를 갖고 있다. 마이크로파 발진기(52)는, 소정의 주파수(예를 들어, 2.45GHz)로 마이크로파를 발진(예를 들어, PLL 발진)시킨다. 또한, 마이크로파의 주파수는, 2.45GHz에 한하지 않고, 8.35GHz, 5.8GHz, 1.98GHz 등이어도 된다. 또한, 이러한 마이크로파 출력부(50)는, 마이크로파의 주파수를 800MHz 내지 1GHz의 범위 내로 하는 경우에도 적용하는 것이 가능하다. 분배기(54)는, 입력측과 출력측의 임피던스를 정합시키면서 마이크로파를 분배한다.

[0055] <마이크로파 도입 모듈>

[0056] 복수의 마이크로파 도입 모듈(61)은 각각, 서로 다른 위치에 배치되어, 분배기(54)에 의해 분배된 마이크로파를, 처리 용기(2) 내의 각각 별도의 장소에 도입한다. 본 실시 형태에서는, 복수의 마이크로파 도입 모듈(61)의 구성은 모두 동일하다. 각 마이크로파 도입 모듈(61)은, 분배된 마이크로파를 주로 증폭하여 출력하는 증폭기부(62)와, 증폭기부(62)로부터 출력된 마이크로파를 처리 용기(2) 내에 도입하는 마이크로파 도입부(63)를 갖고 있다.

[0057] (증폭기부)

[0058] 증폭기부(62)는, 마이크로파의 위상을 변화시키는 위상기(62A)와, 메인 증폭기(62C)에 입력되는 마이크로파의 전력 레벨을 조정하는 가변 게인 증폭기(62B)와, 솔리드 스테이트 앰프로서 구성된 메인 증폭기(62C)와, 후술하

는 마이크로파 도입부(63)의 안테나부에서 반사되어 메인 증폭기(62C)를 향하는 마이크로파를 분리하는 아이슬레이터(62D)와, 처리 용기(2) 내에 도입되는 마이크로파 및 처리 용기(2)에서 반사된 반사 마이크로파의 전력값(파워)을 측정하는 전력 측정기(62E)를 포함하고 있다.

[0059] 위상기(62A)는, 마이크로파의 위상을 변화시켜서, 마이크로파의 방사 특성을 변화시킬 수 있도록 구성되어 있다. 위상기(62A)는, 예를 들어 마이크로파 도입 모듈(61)마다 마이크로파의 위상을 조정함으로써, 마이크로파의 지향성을 제어하여 플라즈마의 분포를 변화시키는 것에 사용된다. 또한, 이러한 방사 특성의 조정을 행하지 않는 경우에는, 위상기(62A)를 설치하지 않아도 된다.

[0060] 가변 게인 증폭기(62B)는, 개개의 마이크로파 도입 모듈(61)의 편차 조정이나, 플라즈마 강도의 조정을 위하여 사용된다. 예를 들어, 가변 게인 증폭기(62B)를 마이크로파 도입 모듈(61)마다 변화시킴으로써, 처리 용기(2) 내 전체의 플라즈마 분포를 조정할 수 있다.

[0061] 도시하지 않지만, 메인 증폭기(62C)는, 예를 들어 입력 정합 회로, 반도체 증폭 소자, 출력 정합 회로 및 고 Q 공진 회로를 포함하고 있다. 반도체 증폭 소자로서는, 예를 들어 E급 동작이 가능한 GaAsHEMT, GaNHEMT, LD(Laterally Diffused)-MOS가 사용된다.

[0062] 아이슬레이터(62D)는, 써큐레이터와 더미 로드(동축 종단기)를 갖고 있다. 써큐레이터는, 후술하는 마이크로파 도입부(63)의 안테나부에서 반사된 마이크로파를 더미 로드(동축 종단기)에 유도하는 것이다. 더미 로드는, 써큐레이터에 의해 유도된 마이크로파를 열로 변환하는 것이다. 또한, 상술한 바와 같이, 본 실시 형태에서는, 복수의 마이크로파 도입 모듈(61)이 설치되어 있고, 복수의 마이크로파 도입 모듈(61)의 각각의 마이크로파 도입부(63)에 의해 처리 용기(2) 내에 도입된 마이크로파는, 처리 용기(2) 내에서 합성된다. 그 때문에, 개개의 아이슬레이터(62D)는, 소형의 것이어도 되고, 아이슬레이터(62D)를 메인 증폭기(62C)에 인접하여 설치할 수 있다.

[0063] 전력 측정기(62E)는, 처리 용기(2) 내에 도입되는 마이크로파 및 반사 마이크로파의 전력값을 측정할 수 있도록 구성되어 있다. 예를 들어, 전력 측정기(62E)는, 입사파와 반사파를 검출하는 것이 가능한 방향성 결합기에 의해 구성되어 있어도 된다. 또한, 전력 측정기(62E)의 위치는, 도 3에 도시한 예에 한정되지 않고, 임의로 설정할 수 있다. 또한, 증폭기부(62)는, 전력 측정기(62E) 대신에 처리 용기(2) 내에 도입되는 마이크로파의 전력값을 측정하는 전력 측정기와, 반사 마이크로파의 전력값을 측정하는 전력 측정기를 가져도 된다. 이 경우, 이 전력 측정기는, 서로 다른 위치에 배치되어 있어도 된다. 예를 들어, 처리 용기(2) 내에 도입되는 마이크로파의 전력값을 측정하는 전력 측정기는, 마이크로파 발진기(52)에 의해 가까운 위치에 배치되어 있어도 된다.

[0064] (마이크로파 도입부)

[0065] 도 1에 도시한 바와 같이, 복수의 마이크로파 도입부(63)는, 천장부(11)에 설치되어 있다. 도 4에 도시한 바와 같이, 마이크로파 도입부(63)는, 임피던스를 정합시키는 튜너(64)와, 증폭된 마이크로파를 처리 용기(2) 내에 방사하는 안테나부(65)와, 금속 재료로 이루어지고, 동축관을 구성하는 본체 용기(66) 및 내부 도체(67)를 갖고 있다. 본체 용기(66)는, 도 4에서의 상하 방향으로 연장되는 원통 형상의 형상을 갖고, 동축관의 외측 도체를 구성하고 있다. 내측 도체(67)는, 도 4에서의 상하 방향으로 연장되는 막대 형상 또는 통 형상의 형상을 갖고 있다. 본체 용기(66)의 내주면과 내측 도체(67)의 외주면과의 사이의 공간은, 마이크로파 전송로(68)를 형성한다.

[0066] 도시하지 않지만, 마이크로파 도입 모듈(61)은 또한, 본체 용기(66)의 기단측(상단측)에 설치된 급전 변환부를 갖고 있다. 급전 변환부는, 동축 케이블을 통해 증폭기부(62)에 접속되어 있다.

[0067] 안테나부(65)는, 본체 용기(66)에서의 급전 변환부와는 반대측에 설치되어 있다. 후술에 설명한 바와 같이, 본체 용기(66)에서의 안테나부(65)보다 기단측의 부분은, 튜너(64)에 의한 임피던스 조정 범위로 되어 있다.

[0068] 도 4 및 도 5에 도시한 바와 같이, 안테나부(65)는, 내측 도체(67)의 하단부에 접속된 평면 안테나(71)와, 평면 안테나(71)의 상면측에 배치된 마이크로파 지파재(72)와, 평면 안테나(71)의 하면측에 배치된 마이크로파 투과판(73)을 갖고 있다. 마이크로파 투과판(73)의 하면은, 처리 용기(2)의 내부 공간에 노출되어 있다. 마이크로파 투과판(73)은, 본체 용기(66)를 개재하여, 천장부(11)의 복수의 마이크로파 도입 포트(11a)에 끼워 맞춰져 있다.

[0069] 평면 안테나(71)는 원판 형상을 갖고 있다. 또한, 평면 안테나(71)는, 평면 안테나(71)를 관통하도록 형성된 슬롯(71a)을 갖고 있다. 도 5 및 도 6에 나타난 예에서는, 4개의 슬롯(71a)이 형성되어 있고, 각 슬롯(71a)은, 4개로 균등하게 분할된 원호 형상을 갖고 있다. 또한, 슬롯(71a)의 수는, 4개에 한하지 않고, 5개 이상이어도

되고, 1개 이상 3개 이하이어도 된다. 또한, 슬롯(71a)의 형상은, 원호 형상에 한하지 않고, 예를 들어 직사각형상 등이어도 된다.

[0070] 마이크로파 지파재(72)는, 진공보다 큰 유전율을 갖는 재료에 의해 형성되어 있다. 마이크로파 지파재(72)를 형성하는 재료로서는, 예를 들어 석영, 세라믹스, 폴리테트라플루오로에틸렌 수지 등의 불소계 수지, 폴리이미드 수지 등을 사용할 수 있다. 마이크로파는, 진공 중에서는 그 파장이 길어진다. 마이크로파 지파재(72)는, 마이크로파의 파장을 짧게 하여 플라즈마를 조정하는 기능을 갖고 있다. 또한, 마이크로파의 위상은, 마이크로파 지파재(72)의 두께에 따라 변화한다. 그 때문에, 마이크로파 지파재(72)의 두께에 따라 마이크로파의 위상을 조정함으로써, 평면 안테나(71)가 정재파의 배의 위치로 되도록 조정할 수 있다. 이에 의해, 평면 안테나(71)에서의 반사파를 억제할 수 있음과 함께, 평면 안테나(71)로부터 방사되는 마이크로파의 방사 에너지를 크게 할 수 있다. 그 결과, 마이크로파의 파워를 효율적으로 처리 용기(2) 내에 도입할 수 있다.

[0071] 마이크로파 투과관(73)은, 유전체 재료에 의해 형성되어 있다. 마이크로파 투과관(73)을 형성하는 유전체 재료로서는, 예를 들어 석영이나 세라믹스 등이 사용된다. 마이크로파 투과관(73)은, 마이크로파를 TE 모드에서 효율적으로 방사할 수 있는 형상을 이루고 있다. 도 5에 도시한 예에서는, 마이크로파 투과관(73)은 원기둥 형상을 갖고 있다. 또한, 마이크로파 투과관(73)의 형상은, 원기둥 형상에 한하지 않고, 예를 들어 직육면체 형상, 오각형 기둥 형상, 육각형 기둥 형상, 팔각형 기둥 형상이어도 된다.

[0072] 상기와 같이 구성된 마이크로파 도입부(63)에서는, 메인 증폭기(62C)에서 증폭된 마이크로파는, 본체 용기(66)의 내주면과 내측 도체(67)의 외주면과의 사이(마이크로파 전송로(68))를 지나 평면 안테나(71)에 달하고, 평면 안테나(71)의 슬롯(71a)으로부터 마이크로파 투과관(73)을 투과하여 처리 용기(2)의 내부 공간에 방사된다.

[0073] 튜너(64)는 슬래그 튜너를 구성하고 있다. 구체적으로는, 도 4에 도시한 바와 같이, 튜너(64)는, 본체 용기(66)의 안테나부(65)보다 기반부측(상단부측)의 부분에 배치된 2개의 슬래그(74A, 74B)와, 2개의 슬래그(74A, 74B)를 동작시키는 액추에이터(75)와, 이 액추에이터(75)를 제어하는 튜너 컨트롤러(76)를 갖고 있다.

[0074] 슬래그(74A, 74B)는, 판상이면서 또한 환상의 형상을 갖고, 본체 용기(66)의 내주면과 내측 도체(67)의 외주면과의 사이에 배치되어 있다. 또한, 슬래그(74A, 74B)는, 유전체 재료에 의해 형성되어 있다. 슬래그(74A, 74B)를 형성하는 유전체 재료로서는, 예를 들어 비유전율이 10인 고순도 알루미늄을 사용할 수 있다. 고순도 알루미늄은, 통상, 슬래그를 형성하는 재료로서 사용되고 있는 석영(비유전율 3.88)이나 테플론(등록 상표)(비유전율 2.03)보다 비유전율이 크기 때문에, 슬래그(74A, 74B)의 두께를 작게 할 수 있다. 또한, 고순도 알루미늄은, 석영이나 테플론(등록 상표)에 비해, 유전 정접( $\tan \delta$ )이 작아, 마이크로파의 손실을 작게 할 수 있다는 특징을 갖고 있다. 고순도 알루미늄은, 또한, 변형이 작다는 특징과, 열에 강하다는 특징도 갖고 있다. 고순도 알루미늄으로서, 순도 99.9% 이상의 알루미늄 소결체인 것이 바람직하다. 또한, 고순도 알루미늄으로서, 단결정 알루미늄(사파이어)를 사용해도 된다.

[0075] 튜너(64)는, 튜너 컨트롤러(76)로부터의 명령에 기초하여, 액추에이터(75)에 의해, 슬래그(74A, 74B)를 상하 방향으로 이동시킨다. 이에 의해, 튜너(64)는 임피던스를 조정한다. 예를 들어, 튜너 컨트롤러(76)는, 종단부의 임피던스가 50Ω이 되도록, 슬래그(74A, 74B)의 위치를 조정한다.

[0076] 메인 증폭기(62C), 튜너(64) 및 평면 안테나(71)는, 서로 근접하여 배치되어 있다. 특히, 튜너(64) 및 평면 안테나(71)는, 집중 상수 회로를 구성하고, 또한 공진기로서 기능한다. 평면 안테나(71)의 설치 부분에는, 임피던스 부정합이 존재한다. 본 실시 형태에서는, 튜너(64)에 의해, 플라즈마를 포함하여 고정밀도로 튜닝할 수 있어, 평면 안테나(71)에서의 반사의 영향을 해소할 수 있다. 또한, 튜너(64)에 의해, 평면 안테나(71)에 이르기까지의 임피던스 부정합을 고정밀도로 해소할 수 있어, 실질적으로 부정합 부분을 플라즈마 공간으로 할 수 있다. 이에 의해, 튜너(64)에 의해, 고정밀도의 플라즈마 제어가 가능해진다.

[0077] [마이크로파 도입 포트]

[0078] 이어서, 도 7을 참조하여, 천장부(11)에서의 복수의 마이크로파 도입 포트(11a)의 배치에 대하여 설명한다. 도 7은, 처리 용기(2)의 천장부(11)의 저면을 도시하는 평면도이다. 또한, 도 7에서는, 본체 용기(66)의 도시를 생략하고 있다.

[0079] 본 실시 형태에서는, 마이크로파 도입 장치(5)는, 복수의 마이크로파 도입 모듈(61)로서, 제1 내지 제7 마이크로파 도입 모듈(611, 612, 613, 614, 615, 616, 617)을 갖고 있다. 또한, 천장부(11)는, 복수의 마이크로파 도입 포트(11a)로서, 제1 내지 제7 마이크로파 도입 포트(11a1, 11a2, 11a3, 11a4, 11a5, 11a6, 11a7)를 갖고 있다. 제1 내지 제7 마이크로파 도입 포트(11a1 내지 11a7)는, 각각, 제1 내지 제7 마이크로파 도입 모듈(611

내지 617)로부터 도입되는 마이크로파를 처리 용기(2) 내에 통과시킨다.

[0080] 제1 마이크로파 도입 포트(11a1)는, 천장부(11)의 중앙 부분에 배치되어 있다. 제2 내지 제7 마이크로파 도입 포트(11a2 내지 11a7)는, 각각, 천장부(11)에서, 제1 마이크로파 도입 포트(11a1)를 중심으로 하는 가상의 정육각형의 정점에 배치되어 있다. 제1 마이크로파 도입 포트(11a1)는, 그 평면 형상(상방에서 본 형상)에서의 중심과 상기 가상의 정육각형의 중심이, 일치 또는 거의 일치하도록 배치되어 있다. 제2 내지 제7 마이크로파 도입 포트(11a2 내지 11a7)는, 각각의 평면 형상에서의 중심과 상기 가상의 정육각형의 정점이, 일치 또는 거의 일치하도록 배치되어 있다. 또한, 평면 형상의 중심과 상기 가상의 정육각형의 중심 또는 정점이 거의 일치한다는 것은, 제1 내지 제7 마이크로파 도입 포트(11a1 내지 11a7)의 가공 정밀도 등의 관점에서, 평면 형상의 중심 위치는, 원하는 위치로부터 약간 어긋나 있어도 됨을 의미한다.

[0081] 제1 내지 제7 마이크로파 도입 모듈(611 내지 617)의 각각 마이크로파 투과판(73)은, 각각 제1 내지 제7 마이크로파 도입 포트(11a1 내지 11a7)에 끼워 맞춰져 있다. 도 4에 도시한 바와 같이, 제1 내지 제7 마이크로파 도입 모듈(611 내지 617)의 일부인 마이크로파 도입부(63)는, 마이크로파 투과판(73)을 포함한 일체 구조를 이루고 있다. 따라서, 제1 내지 제7 마이크로파 도입 모듈(611 내지 617)은, 각각, 도 7에 나타난 제1 내지 제7 마이크로파 도입 포트(11a1 내지 11a7)의 배치에 따라, 서로 다른 위치에 배치되어 있다. 상방에서 보았을 때에, 제1 마이크로파 도입 모듈(611)은, 천장부(11)의 중앙 부분에 배치되어 있다. 또한, 상방에서 보았을 때에, 제2 내지 제7 마이크로파 도입 모듈(612 내지 617)은 각각, 천장부(11)에서, 제1 마이크로파 도입 모듈(611)을 중심으로 하는 가상의 정육각형의 정점에 배치되어 있다.

[0082] 가스 도입부(15)의 복수의 노즐(16)은, 제1 마이크로파 도입 포트(11a1)와 제2 내지 제7 마이크로파 도입 포트(11a2 내지 11a7)의 사이에서, 제1 마이크로파 도입 포트(11a1)의 주위를 둘러싸도록 배치되어 있다.

[0083] [처리 수순]

[0084] 이어서, 플라즈마 처리 장치(1)에서의 플라즈마 처리의 일례에 대하여 설명한다. 여기에서는, 처리 가스로서 질소를 함유하는 가스를 사용하여, 웨이퍼(W)의 표면에 대하여 플라즈마 질화 처리를 실시하는 경우를 예로 들어, 플라즈마 처리의 수순에 대하여 설명한다. 먼저, 예를 들어 유저 인터페이스(82)로부터, 플라즈마 처리 장치(1)에서 플라즈마 질화 처리를 행하도록, 프로세스 컨트롤러(81)에 명령이 입력된다. 이어서, 프로세스 컨트롤러(81)는, 이 명령을 받아, 기억부(83) 또는 컴퓨터 판독 가능한 기억 매체에 보존된 레시피를 판독한다. 이어서, 레시피에 기초하는 조건에 의해 플라즈마 질화 처리가 실행되도록, 프로세스 컨트롤러(81)로부터 플라즈마 처리 장치(1)의 각 엔드 디바이스(예를 들어, 고주파 바이어스 전원(25), 가스 공급 장치(3a), 배기 장치(4), 마이크로파 도입 장치(5) 등)에 제어 신호가 송출된다.

[0085] 이어서, 게이트 밸브(G)가 개방 상태로 되고, 도시하지 않은 반송 장치에 의해, 웨이퍼(W)가, 게이트 밸브(G) 및 반출입구(12a)를 통하여 처리 용기(2) 내에 반입된다. 웨이퍼(W)는, 적재대(21)의 적재면(21a)에 적재된다. 이어서, 게이트 밸브(G)가 폐쇄 상태로 되고, 배기 장치(4)에 의해, 처리 용기(2) 내가 감압 배기된다. 이어서, 가스 공급 기구(3)에 의해, 소정의 유량의 회가스 및 질소 함유 가스가, 가스 도입부(15)를 통해 처리 용기(2) 내에 도입된다. 처리 용기(2)의 내부 공간은, 배기량 및 가스 공급량을 조정함으로써 소정의 압력으로 조정된다.

[0086] 이어서, 마이크로파 출력부(50)에 있어서, 처리 용기(2) 내에 도입하는 마이크로파를 발생시킨다. 마이크로파 출력부(50)의 분배기(54)로부터 출력된 마이크로파는, 복수의 마이크로파 도입 모듈(61)에 입력되고, 각 마이크로파 도입 모듈(61)에 의해 처리 용기(2) 내에 도입된다. 각 마이크로파 도입 모듈(61)에서는, 마이크로파는, 증폭기부(62) 및 마이크로파 도입부(63)를 전파한다. 마이크로파 도입부(63)의 안테나부(65)에 도달한 마이크로파는, 평면 안테나(71)의 슬롯(71a)으로부터, 마이크로파 투과판(73)을 투과하여, 처리 용기(2) 내에서의 웨이퍼(W)의 상방 공간에 방사된다. 이와 같이 하여, 각 마이크로파 도입 모듈(61)에 의해, 처리 용기(2) 내에 마이크로파가 도입된다.

[0087] 처리 용기(2) 내에 도입된 마이크로파는, 처리 용기(2) 내에 도입된 불활성 가스나 질소 함유 가스 등의 처리 가스를 플라즈마화하여, 처리 용기(2) 내에서 합성된다. 그리고, 플라즈마 중의 활성종, 예를 들어 라디칼이나 이온의 작용에 의해, 웨이퍼(W)의 실리콘 표면이 질화되어서 실리콘 질화막(SiN)의 박막이 형성된다.

[0088] 프로세스 컨트롤러(81)로부터 플라즈마 처리 장치(1)의 각 엔드 디바이스에 플라즈마 처리를 종료시키는 제어 신호가 송출되면, 마이크로파의 발생이 정지됨과 함께, 회가스 및 질소 함유 가스의 공급이 정지되어, 웨이퍼(W)에 대한 플라즈마 처리가 종료된다. 이어서, 게이트 밸브(G)가 개방 상태로 되고, 도시하지 않은 반송 장치



에 의해 웨이퍼(W)가 반출된다.

[0089] 또한, 질소 함유 가스 대신에 산소 함유 가스를 사용함으로써, 웨이퍼(W)에 대하여 산화 처리를 실시할 수 있다. 또한, 성막 원료 가스를 사용함으로써, 플라즈마 CVD법에 의해, 웨이퍼(W)에 대하여 성막 처리를 실시할 수 있다.

[0090] [S 파라미터의 취득 방법]

[0091] 이어서, 본 실시 형태에 따른 S 파라미터의 취득 방법에 대하여 설명한다. 여기에서는, 마이크로파 도입 장치(5)가 상술한 제1 내지 제7 마이크로파 도입 모듈(611 내지 617)을 갖는 경우를 예로 들어서 설명한다.

[0092] 제1 내지 제7 마이크로파 도입 모듈(611 내지 617)로부터 처리 용기(2) 내에 도입되는 마이크로파(이하, 입사 마이크로파라고 함)와, 처리 용기(2)로부터 제1 내지 제7 마이크로파 도입 모듈(611 내지 617)에 반사되는 반사 마이크로파의 관계는, 다음의 수학식 1로 표현된다.

### 수학식 1

$$\begin{pmatrix} b_1 \\ b_2 \\ b_3 \\ b_4 \\ b_5 \\ b_6 \\ b_7 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} S_{11} & S_{12} & S_{13} & S_{14} & S_{15} & S_{16} & S_{17} \\ S_{21} & S_{22} & S_{23} & S_{24} & S_{25} & S_{26} & S_{27} \\ S_{31} & S_{32} & S_{33} & S_{34} & S_{35} & S_{36} & S_{37} \\ S_{41} & S_{42} & S_{43} & S_{44} & S_{45} & S_{46} & S_{47} \\ S_{51} & S_{52} & S_{53} & S_{54} & S_{55} & S_{56} & S_{57} \\ S_{61} & S_{62} & S_{63} & S_{64} & S_{65} & S_{66} & S_{67} \\ S_{71} & S_{72} & S_{73} & S_{74} & S_{75} & S_{76} & S_{77} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} a_1 \\ a_2 \\ a_3 \\ a_4 \\ a_5 \\ a_6 \\ a_7 \end{pmatrix}$$

[0093]

[0094] 수학식 1에서,  $a_1$  내지  $a_7$ 은, 각각 제1 내지 제7 마이크로파 도입 모듈(611 내지 617)에 의해 도입되는 입사 마이크로파를 나타내고,  $b_1$  내지  $b_7$ 은, 각각 제1 내지 제7 마이크로파 도입 모듈(611 내지 617)에 반사되는 반사 마이크로파를 나타내고 있다. 여기서,  $i, j$ 는, 각각 1 이상 7 이하의 정수를 나타내는 것으로 한다. 이하의 설명에서는, 제1 내지 제7 마이크로파 도입 모듈(611 내지 617) 중, 임의의 마이크로파 도입 모듈을,  $i, j$ 를 사용하여, 「제 $i$  마이크로파 도입 모듈(61 $i$ )」, 「제 $j$  마이크로파 도입 모듈(61 $j$ )」이라고 나타낸다.  $S_{ij}$ 는, 제 $j$  마이크로파 도입 모듈(61 $j$ )에 의해 도입되는 입사 마이크로파와, 제 $i$  마이크로파 도입 모듈(61 $i$ )에 반사되는 반사 마이크로파의 관계를 나타내는 S 파라미터를 나타내고 있다. 처리 용기(2) 내가 진공 상태이며, 또한, 플라즈마가 생성되어 있지 않은 상태에서는, 이상적으로는, S 파라미터는, 다음의 수학식 2로 표현되는 관계를 만족한다.

### 수학식 2

$$\begin{cases} S_{ij} = S_{ji} \\ S_{i1} = S_{1j} \quad (i \neq j) \\ S_{ii} = S_{jj} \quad (i \neq 1, j \neq 1) \\ S_{i,i+1} = S_{j,j+1} = S_{j,j+5} \quad (i \neq j \neq 1) \\ S_{i,i+2} = S_{j,j+2} = S_{j,j+4} \quad (i \neq j \neq 1) \\ S_{i,i+3} = S_{j,j+3} \quad (i \neq j \neq 1) \end{cases}$$

[0095]

[0096] 수학식 2에서, 등식  $S_{ij}=S_{ji}$ 는, 제 $j$  마이크로파 도입 모듈(61 $j$ )에 의해 도입되는 입사 마이크로파와, 제 $i$  마이크로

로파 도입 모듈(61i)에 반사되는 반사 마이크로파의 관계를 나타내는 S 파라미터( $S_{ij}$ )와, 제i 마이크로파 도입 모듈(61i)에 의해 도입되는 입사 마이크로파와, 제j 마이크로파 도입 모듈(61j)에 반사되는 반사 마이크로파의 관계를 나타내는 S 파라미터( $S_{ji}$ )가 동등한 것을 나타내고 있다. 수학적식 2에서의 그 밖의 등식에 대해서도 마찬가지이다.

[0097] 처리 용기(2) 내에서의 플라즈마의 분포를 균일화시키기 위해서는, S 파라미터는, 수학적식 2로 표현되는 관계를 만족하는 것이 바람직하다. 그러나, 복수의 마이크로파 도입 모듈(61) 중, 1개 또는 2개 이상의 마이크로파 도입 모듈(61)에 이상이 발생하면, 마이크로파 도입 모듈(61) 사이의 균형이 깨짐으로써, 수학적식 2로 표현되는 관계를 만족할 수 없게 된다. 따라서, S 파라미터를 사용함(예를 들어, S 파라미터끼리의 관계를 조사함)으로써, 복수의 마이크로파 도입 모듈(61)에서의 이상을 검지하는 것이 가능하다.

[0098] 이하, S 파라미터의 취득 방법에 대하여 구체적으로 설명한다. 본 실시 형태에서는, S 파라미터는, 전력 측정기(62E)에 의해 측정되는 입사 마이크로파 및 반사 마이크로파의 전력값을 사용하여 구해지는 것이다. 또한, 처리 용기(2)에서 플라즈마가 생성된 상태에서는, 입사 마이크로파가 플라즈마에 흡수되어버려, 반사 마이크로파의 전력값을 정확하게 측정할 수 없게 된다. 이것을 방지하기 위해서, S 파라미터는, 처리 용기(2) 내가 진공 상태이며, 또한, 플라즈마가 생성되지 않는 상태에서 구하는 것이 바람직하다. 여기서, 「플라즈마가 생성되지 않는 상태」란, 예를 들어 처리 용기(2) 내에 대한 처리 가스의 공급을 전혀 행하지 않는 상태나, 파센 커브에 의해 명백하게 플라즈마 방전이 발생하지 않을 정도의 가스 공급량 및 압력 조건인 상태를 의미한다.

[0099] 먼저, 제1 마이크로파 도입 모듈(611)로부터 처리 용기(2) 내에 도입되는 입사 마이크로파와, 제i 마이크로파 도입 모듈(61i)에 반사되는 반사 마이크로파의 관계를 나타내는 S 파라미터( $S_{i1}$ )를 구하는 방법에 대하여 설명한다. S 파라미터( $S_{i1}$ )를 구하는 경우에는, 먼저, 제2 내지 제7 마이크로파 도입 모듈(612 내지 617)로부터의 마이크로파의 도입을 정지한다. 이 경우에 있어서의 입사 마이크로파와 반사 마이크로파의 관계는, 다음의 수학적식 3으로 표현된다.

### 수학적식 3

$$\begin{pmatrix} b_1 \\ b_2 \\ b_3 \\ b_4 \\ b_5 \\ b_6 \\ b_7 \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} S_{11} & S_{12} & S_{13} & S_{14} & S_{15} & S_{16} & S_{17} \\ S_{21} & S_{22} & S_{23} & S_{24} & S_{25} & S_{26} & S_{27} \\ S_{31} & S_{32} & S_{33} & S_{34} & S_{35} & S_{36} & S_{37} \\ S_{41} & S_{42} & S_{43} & S_{44} & S_{45} & S_{46} & S_{47} \\ S_{51} & S_{52} & S_{53} & S_{54} & S_{55} & S_{56} & S_{57} \\ S_{61} & S_{62} & S_{63} & S_{64} & S_{65} & S_{66} & S_{67} \\ S_{71} & S_{72} & S_{73} & S_{74} & S_{75} & S_{76} & S_{77} \end{pmatrix} \begin{pmatrix} a_1 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \\ 0 \end{pmatrix}$$

[0100]

[0101] 이어서, 제1 마이크로파 도입 모듈(611)에 의해 처리 용기(2) 내에 입사 마이크로파를 도입함과 함께, 제1 마이크로파 도입 모듈(611)의 전력 측정기(62E)에 의해 입사 마이크로파의 전력값을 측정한다. 이어서, 제1 내지 제7 마이크로파 도입 모듈(611 내지 617)의 각각의 전력 측정기(62E)에 의해, 반사 마이크로파의 전력값을 측정한다. 입사 마이크로파의 전력값과 반사 마이크로파의 전력값은, 다음의 수학적식 4로 표현되는 관계를 만족한다.

### 수학적식 4

$$|b_i|^2 = |S_{i1}|^2 \cdot |a_1|^2$$

[0102]



- [0103] 수학식 4에서,  $|a_1|^2$ 는, 제1 마이크로파 도입 모듈(611)에 의해 처리 용기(2) 내에 도입되는 입사 마이크로파의 전력값을 나타내고,  $|b_i|^2$ 는, 제i 마이크로파 도입 모듈(61i)에서 측정된 반사 마이크로파의 전력값을 나타내고,  $|S_{i1}|^2$ 는, S 파라미터( $S_{i1}$ )의 절댓값의 2승을 나타내고 있다. 수학식 4로부터 이해되는 바와 같이,  $|a_1|^2$  및  $|b_i|^2$ 로부터,  $|S_{i1}|^2$ 를 구하는 것이 가능하다. 본 실시 형태에서는, 제1 마이크로파 도입 모듈(611)에 의해 도입되는 입사 마이크로파는, 전력값이 상이한 복수의 입사파를 포함하고 있다. 일례로서, 입사 마이크로파는, 전력값이, 1W 내지 5W의 범위 내에서 1W씩 상이한 5개의 입사파를 포함하고 있어도 된다. 반사 마이크로파는, 각각 복수의 입사파에 대응하는 복수의 반사파를 포함하고 있다. 그리고, 복수의  $|a_1|^2$ 와 복수의  $|b_i|^2$ 로부터, 최소 제곱법에 의해  $|S_{i1}|^2$ 를 구하고, 이에 의해 S 파라미터( $S_{i1}$ )를 구하고 있다.
- [0104] 제2 내지 제7 마이크로파 도입 모듈(612 내지 617)로부터 처리 용기(2) 내에 도입되는 입사 마이크로파와, 제i 마이크로파 도입 모듈(61i)에 반사되는 반사 마이크로파의 관계를 나타내는 S 파라미터( $S_{ij}$ )( $j \neq i$ )의 취득 방법은, 상술한 S 파라미터( $S_{i1}$ )의 취득 방법과 마찬가지로이다. 즉, 입사 마이크로파를 제2 내지 제7 마이크로파 도입 모듈(612 내지 617)마다 도입하여, 제1 내지 제7 마이크로파 도입 모듈(611 내지 617)에 반사되는 반사 마이크로파를 측정함으로써, S 파라미터( $S_{ij}$ )를 구할 수 있다.
- [0105] 복수의 마이크로파 도입 모듈(61) 중에서 선택되는 2개의 조합에 관한 S 파라미터( $S_{ij}$ )는, 복수의 마이크로파 도입 모듈(61) 중에서 선택되는 2개의 모든 조합에 대하여 망라하도록 취득해도 되고, 특정한 조합에 대하여 취득해도 된다. 특정한 조합으로서는, 예를 들어 제1 마이크로파 도입 모듈(611)과 제2 내지 제7 마이크로파 도입 모듈(612 내지 617)의 조합이나, 제2 내지 제7 마이크로파 도입 모듈(612 내지 617) 사이의 조합이 있다. 제2 내지 제7 마이크로파 도입 모듈(612 내지 617) 사이의 조합으로서는, 예를 들어 이하에서 설명하는 제1 내지 제3 조합이 있다.
- [0106] 도 8은, 제1 조합을 도시하는 설명도이다. 제1 조합은, 상술한 가상의 정육각형의 외주를 따라서 인접하는 2개의 마이크로파 도입 모듈(61)을 조합하는 것이다. 도 8에서는, 인접하는 2개의 마이크로파 도입 모듈(61)의 조합을 이점 채선으로 나타내고 있다.
- [0107] 도 9는, 제2 조합을 도시하는 설명도이다. 제2 조합은, 상술한 가상의 정육각형의 외주를 따라서 1개 간격으로 인접하는 2개의 마이크로파 도입 모듈(61)을 조합하는 것이다. 도 9에서는, 1개 간격으로 인접하는 2개의 마이크로파 도입 모듈(61)의 조합을 이점 채선으로 나타내고 있다.
- [0108] 도 10은, 제3 조합을 도시하는 설명도이다. 제3 조합은, 상술한 가상의 정육각형의 외주를 따라서 2개 간격으로 인접하는 2개의 마이크로파 도입 모듈(61)을 조합하는 것이다. 도 10에서는, 2개 간격으로 인접하는 2개의 마이크로파 도입 모듈(61)의 조합을 이점 채선으로 나타내고 있다.
- [0109] [이상 검지 방법]
- [0110] 이어서, 본 실시 형태에 따른 이상 검지 방법에 대하여 설명한다. 본 실시 형태에서는, 상술한 바와 같이 하여 취득된 S 파라미터( $S_{ij}$ )를 사용하여, 복수의 마이크로파 도입 모듈(61)에서의 이상을 검지하고 있다. 또한, 이 이상 검지는, 플라즈마 처리 장치(1)의 사용 개시 후, 임의의 시기에 행할 수 있다. 예를 들어, 특정한 로트의 제품을 처리하기 전에, 이 이상 검지를 실행해도 된다.
- [0111] 이하, 본 실시 형태에 따른 이상 검지 방법에 대하여 구체적으로 설명한다. 본 실시 형태에서는, 복수의 마이크로파 도입 모듈(61) 중에서 선택되는 임의의 2개의 조합의 S 파라미터( $S_{ij}$ )의 절댓값과, 조합이 상이한 다른 2개의 마이크로파 도입 모듈(61)의 S 파라미터( $S_{ij}$ )의 절댓값과의 차분을 구하고, 이 차분의 절댓값과, 복수의 마이크로파 도입 모듈(61)에서의 이상을 나타내는 소정의 임계값을 비교함으로써, 복수의 마이크로파 도입 모듈(61)에서의 이상을 검지한다. 상기의 차분의 절댓값으로서는, 다음의 수학식 5로 정의된  $\Delta S_1$ ,  $\Delta S_2$ ,  $\Delta S_3$ ,  $\Delta S_4$ ,  $\Delta S_5$ ,  $\Delta S_6$ 이 있다.

수학식 5

$$\left\{ \begin{array}{l} \Delta S_1 = \|S_{ij} - |S_{ji}\| \\ \Delta S_2 = \|S_{il} - |S_{lj}\| \quad (i \neq j) \\ \Delta S_3 = \|S_{ii} - |S_{jj}\| \quad (i \neq 1, j \neq 1) \\ \Delta S_4 = \left\{ \begin{array}{l} \|S_{i,i+1} - |S_{j,j+1}\| \\ \|S_{j,j+1} - |S_{j,j+5}\| \\ \|S_{j,j+5} - |S_{i,i+1}\| \end{array} \right. \quad (i \neq j \neq 1) \\ \Delta S_5 = \left\{ \begin{array}{l} \|S_{i,i+2} - |S_{j,j+2}\| \\ \|S_{j,j+2} - |S_{j,j+4}\| \\ \|S_{j,j+4} - |S_{i,i+2}\| \end{array} \right. \quad (i \neq j \neq 1) \\ \Delta S_6 = \|S_{i,i+3} - |S_{j,j+3}\| \quad (i \neq j \neq 1) \end{array} \right.$$

[0112]

[0113] 수학식 5는, 수학식 2에 기초하여 도출된 것이다. 따라서, 이상적으로는,  $\Delta S_1$  내지  $\Delta S_6$ 은 모두 0으로 된다. 그러나, 마이크로파 도입 모듈(61)에 어떠한 이상이 발생하면,  $\Delta S_1$  내지  $\Delta S_6$ 은 0보다 커진다. 마이크로파 도입 모듈(61)에서의 이상으로서는, 예를 들어 증폭기부(62), 튜너(64), 안테나부(65)의 고장 등이 있다.

[0114] 또한,  $\Delta S_4$ 는, 상술한 제1 조합의 S 파라미터( $S_{ij}$ )끼리의 차분의 절댓값을 나타내고,  $\Delta S_5$ 는, 상술한 제2 조합의 S 파라미터( $S_{ij}$ )끼리의 차분의 절댓값을 나타내고,  $\Delta S_6$ 은, 상술한 제3 조합의 S 파라미터( $S_{ij}$ )끼리의 차분의 절댓값을 나타내고 있다.

[0115] 본 실시 형태에서는, 이어서,  $\Delta S_1$  내지  $\Delta S_6$ 의 각각의 최댓값을 구한다. 이하,  $\Delta S_1$  내지  $\Delta S_6$ 의 각각의 최댓값을,  $\Delta S_{1\max}$  내지  $\Delta S_{6\max}$ 라 기재한다. 이어서,  $\Delta S_{1\max}$  내지  $\Delta S_{6\max}$  중 최댓값  $\Delta S_{\max}$ 를 구한다. 이와 같이, 최댓값  $\Delta S_{1\max}$  내지  $\Delta S_{6\max}$  및 최댓값  $\Delta S_{\max}$ 를 사용함으로써, 후술하는 임계값과의 비교에서의 연산 처리의 부하를 경감할 수 있다. 이어서,  $\Delta S_{\max}$ 와, 복수의 마이크로파 도입 모듈(61)에서의 이상을 나타내는 소정의 임계값을 비교한다. 예를 들어,  $\Delta S_{\max}$ 가 소정의 임계값보다 작은 경우에는, 모든 마이크로파 도입 모듈(61)은 정상이라고 판정한다. 또한,  $\Delta S_{\max}$ 가 소정의 임계값 이상인 경우에는, 복수의 마이크로파 도입 모듈(61) 중 적어도 하나가 이상이라고 판정한다. 임계값은, 마이크로파 도입 모듈(61)이 정상인 상태의 S 파라미터와, 이상이 발생한 상태의 S 파라미터를 참조하여 소정의 값으로 설정하는 것이 가능하고, 예를 들어 0.07로 할 수 있다.

[0116] 이상이 발생한 마이크로파 도입 모듈(61)은, 예를 들어 복수의 마이크로파 도입 모듈(61)의 조합 중, 어느 조합에 의해  $\Delta S_{\max}$ 가 얻어진 것인지를 조사함으로써 특정할 수 있다.

[0117] 여기서, 이상이 검지된 후의 처리에 대하여 간단하게 설명한다. 먼저, 이상이 검지된 마이크로파 도입 모듈(61)은, 플라즈마 처리 장치(1)로부터 제거되고, 정상인 마이크로파 도입 모듈(61)과 교환된다. 이에 의해, 플라즈마 처리 장치(1)를 정상으로 사용하는 것이 가능해진다. 한편, 플라즈마 처리 장치(1)로부터 제거된 마이크로파 도입 모듈(61)은, 다양한 동작 확인이 행하여지고, 그 결과에 따라서 부품 교환 등의 수리가 행하여진다. 이에 의해, 이 마이크로파 도입 모듈(61)을 정상인 마이크로파 도입 모듈(61)로서 사용하는 것이 가능해진다.

[0118] 이어서, 도 11 및 도 12를 참조하여, 본 실시 형태에 따른 이상 검지 방법이, 플라즈마 처리 장치(1)에서의 플라즈마 처리 전에 행하여지는 경우에 대하여 예를 들어 설명한다. 도 11은, 이상 검지 방법의 수순의 일례를

나타내는 흐름도이다. 도 12는, S 파라미터의 취득 방법의 수순의 일례를 나타내는 흐름도이다. 이 예에서는, 먼저, S 파라미터( $S_{ij}$ )를 취득한다. 이때, 처리 용기(2) 내는, 진공 상태, 또한, 플라즈마가 생성되지 않는 상태로 해 둔다. 도 12에 도시한 바와 같이, S 파라미터( $S_{ij}$ )를 취득하는 스텝에서는, 먼저, 제1 마이크로파 도입 모듈(611)에 의해 입사 마이크로파를 도입한다. 이어서, 제1 내지 제7 마이크로파 도입 모듈(611 내지 617)에서 반사 마이크로파를 측정한다. 이어서, S 파라미터( $S_{11}$  내지  $S_{71}$ )를 구한다. 이어서, 입사 마이크로파를 도입하는 스텝부터 S 파라미터를 구하는 스텝을, 제2 마이크로파 도입 모듈(612)부터 제7 마이크로파 도입 모듈(617)까지 순차적으로 실행한다. 이상의 연산 처리는, 예를 들어 제어부(8)의 프로세스 컨트롤러(81)에 의해 행할 수 있다.

[0119] 상기와 같이 S 파라미터( $S_{ij}$ )를 취득한 후, 이어서, 도 11에 도시한 바와 같이,  $\Delta S_1$  내지  $\Delta S_6$ 을 구한다. 이어서,  $\Delta S_{1\max}$  내지  $\Delta S_{6\max}$ 를 구한다. 이어서,  $\Delta S_{\max}$ 를 구한다. 이어서,  $\Delta S_{\max}$ 와 복수의 마이크로파 도입 모듈(61)에서의 이상을 나타내는 소정의 임계값을 비교한다. 이상의 연산 처리는, 예를 들어 제어부(8)의 프로세스 컨트롤러(81)에 의해 행할 수 있다. 그리고,  $\Delta S_{\max}$ 가 소정의 임계값보다 작은 경우, 모든 마이크로파 도입 모듈(61)이 정상인 상태인 것을 확인할 수 있었기 때문에, 프로세스 컨트롤러(81)는 소정의 플라즈마 처리를 실행하도록 제어 신호를 송출하여, 처리 용기(2) 내에서 플라즈마 처리가 실행된다.

[0120] 한편,  $\Delta S_{\max}$ 가 소정의 임계값 이상인 경우, 마이크로파 도입 모듈(61)에서의 이상이 검지된다. 이어서, 이상이 발생한 마이크로파 도입 모듈(61)을 특정한다. 이 경우, 예를 들어 제어부(8)의 유저 인터페이스(82)의 디스플레이에, 이상이 검지된 사실과, 이상이 검출된 마이크로파 도입 모듈(61)의 정보를 표시하거나 할 수 있다.

[0121] 여기까지의 수순은, 예를 들어 이상 검지 레시피에 기초하여, 제어부(8)의 프로세스 컨트롤러(81)에 의해 자동으로 실행할 수 있다. 이상이 검지된 마이크로파 도입 모듈(61)은, 정상인 마이크로파 도입 모듈(61)로 교환한다. 이어서, 본 실시 형태에 따른 이상 검지 방법을 다시 실행한다.

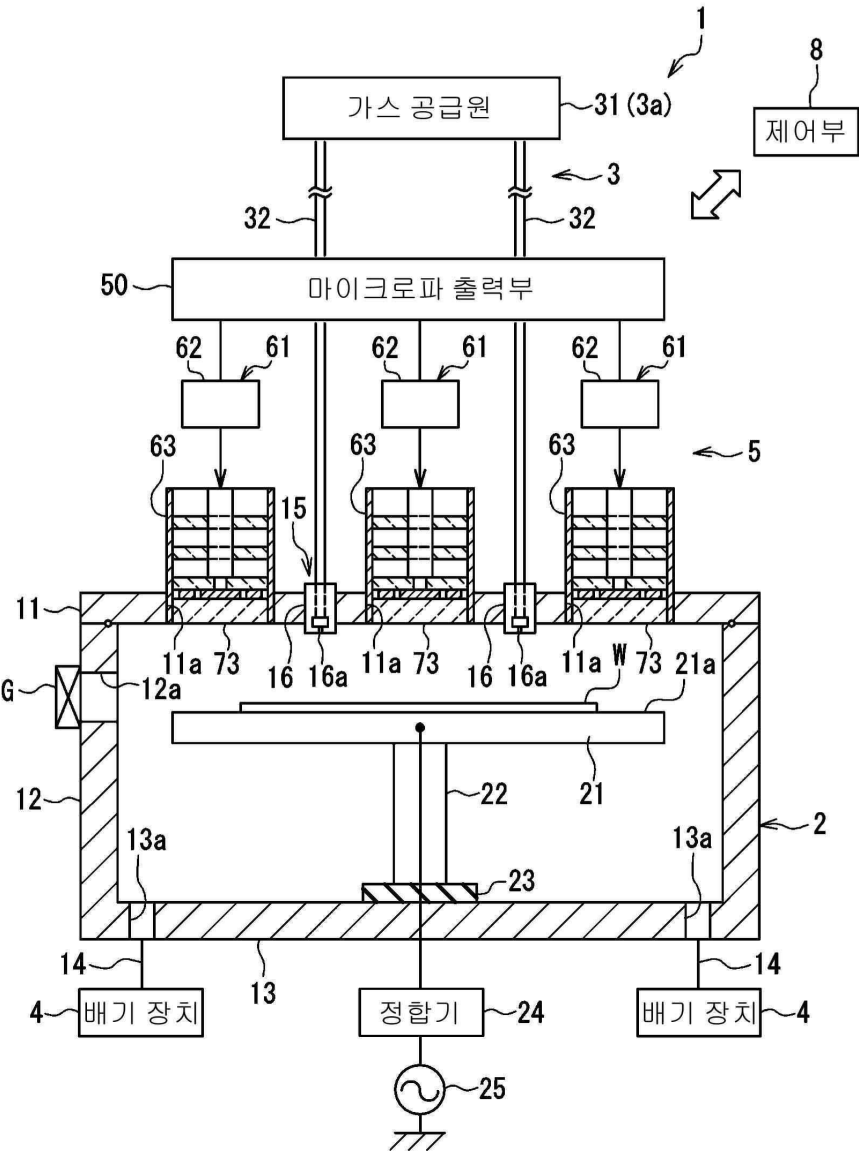
[0122] 이상 설명한 바와 같이, 본 실시 형태에 따른 S 파라미터의 취득 방법에서는, 복수의 마이크로파 도입 모듈(61)(611 내지 617)마다 입사 마이크로파를 도입하고, 입사 마이크로파와, 처리 용기(2)로부터 복수의 마이크로파 도입 모듈(61)에 반사된 반사 마이크로파에 기초하여, 복수의 마이크로파 도입 모듈(61) 중에서 선택되는 임의의 2개의 조합마다의 S 파라미터( $S_{ij}$ )를 구하고 있다. 또한, 본 실시 형태에 따른 이상 검지 방법에서는, 복수의 마이크로파 도입 모듈(61) 중에서 선택되는 임의의 2개의 조합의 S 파라미터( $S_{ij}$ )의 절댓값과, 조합이 상이한 다른 2개의 마이크로파 도입 모듈(61)의 S 파라미터( $S_{ij}$ )의 절댓값의 차분을 구하고, 이 차분의 절댓값의 최댓값과, 복수의 마이크로파 도입 모듈(61)에서의 이상을 나타내는 소정의 임계값을 비교하고 있다. 이러한 점에서, 본 실시 형태에 의하면, 마이크로파 도입 모듈(61)에서의 이상을 검지할 수 있다.

[0123] 또한, 본 발명은 상기 실시 형태에 한정되지 않고, 다양한 변경이 가능하다. 예를 들어, S 파라미터( $S_{ij}$ )끼리의 차분의 절댓값인  $\Delta S_1$  내지  $\Delta S_6$  각각에 대해서, 직접 소정의 임계값과 비교함으로써, 마이크로파 도입 모듈(61)에서의 이상을 검지해도 된다. 또한, 임계값의 설정 방법에 따라, 반드시 S 파라미터( $S_{ij}$ )끼리의 차분의 절댓값  $\Delta S_1$  내지  $\Delta S_6$ 에 따르지 않고, 차분 그 자체를 임계값과 비교해도 된다. 또한, 청구범위의 요건을 충족시키는 한, 마이크로파 도입 모듈(61)의 수 및 배치는, 실시 형태에서 설명한 예에 한정되지 않고 임의로 하여도 된다.

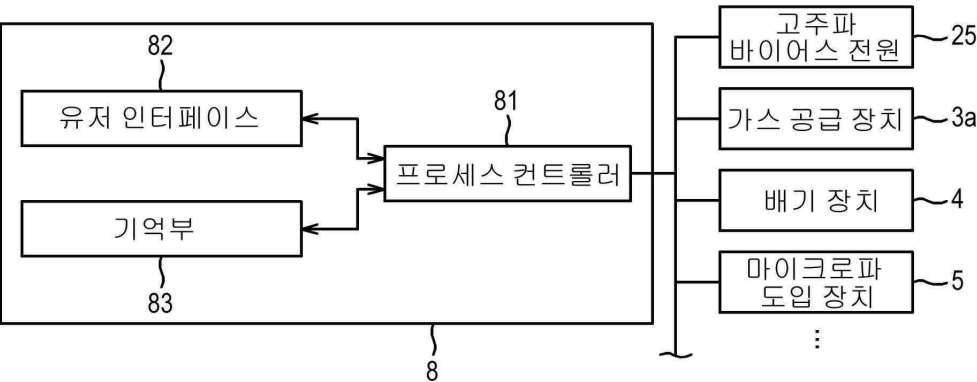
[0124] 본 국제 출원은, 2012년 7월 9일에 출원된 일본 특허 출원 2012-153902호에 기초하는 우선권을 주장하는 것이며, 당해 출원의 전체 내용을 여기에 원용한다.

도면

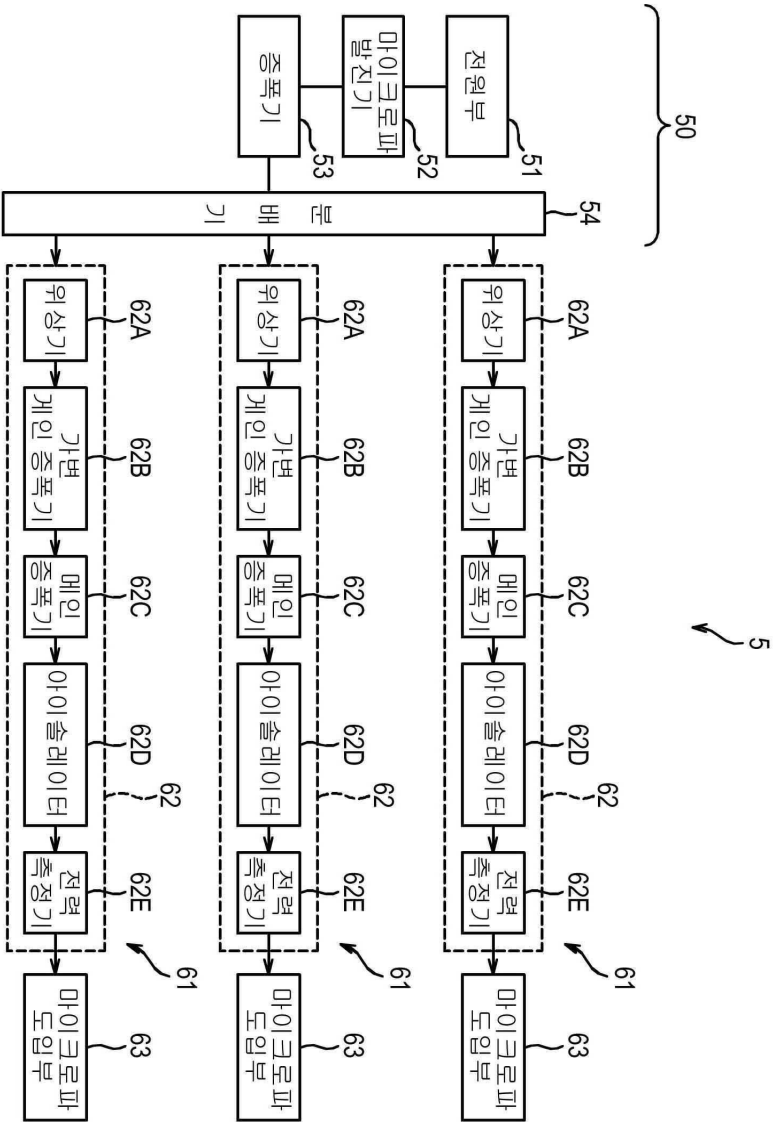
도면1



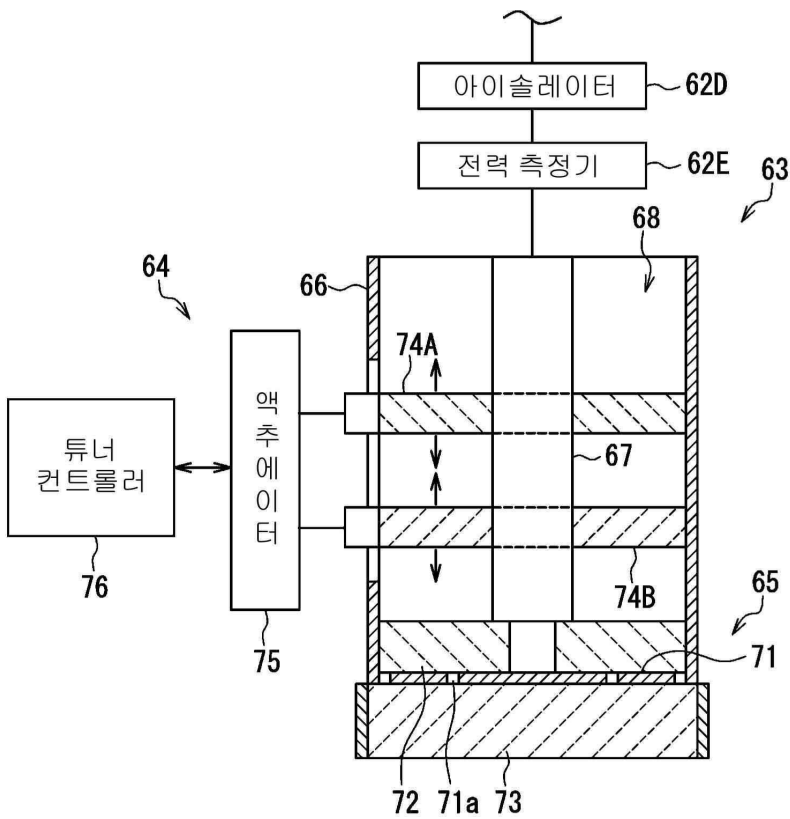
도면2



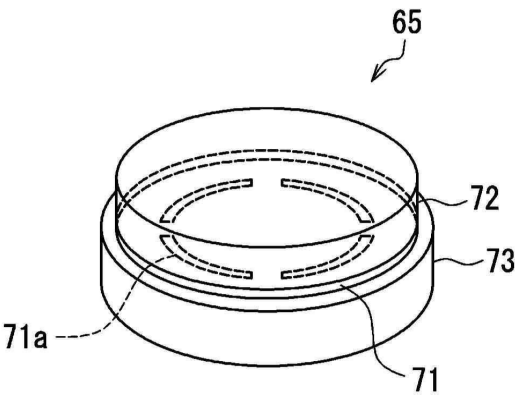
도면3



도면4

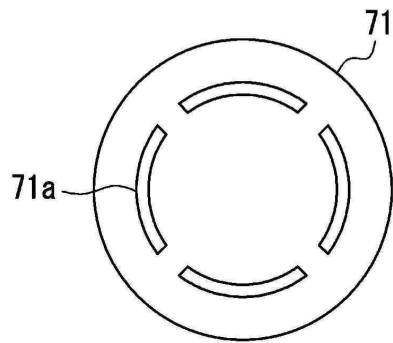


도면5

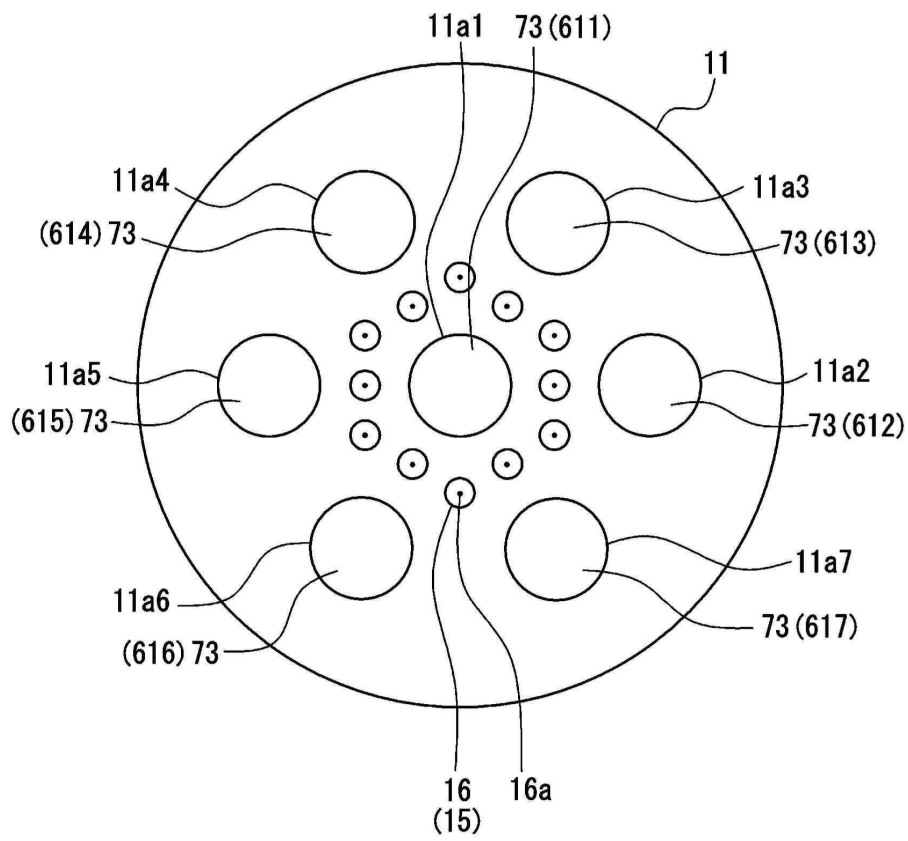




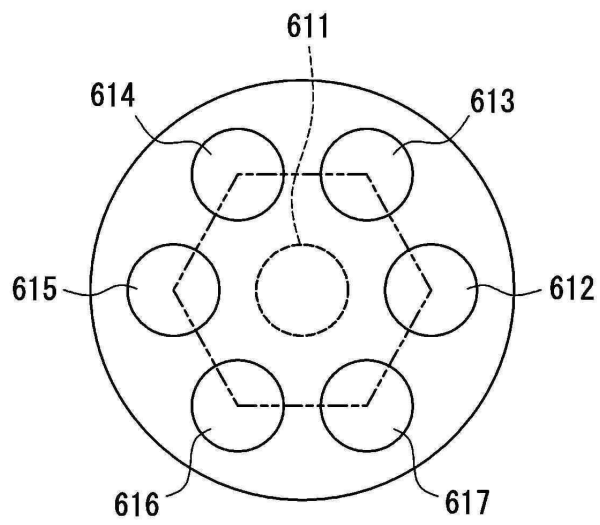
도면6



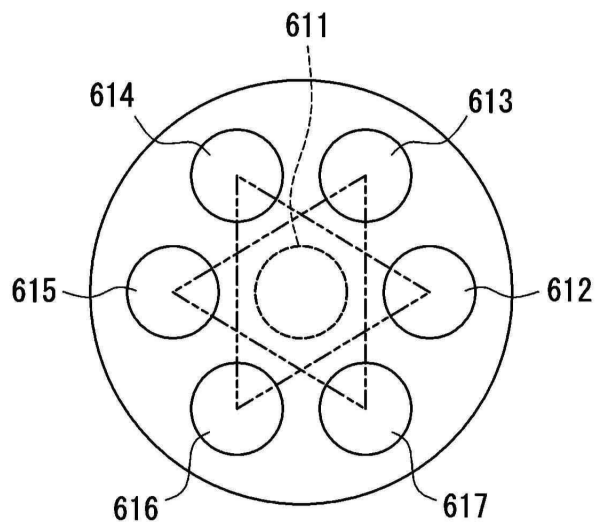
도면7



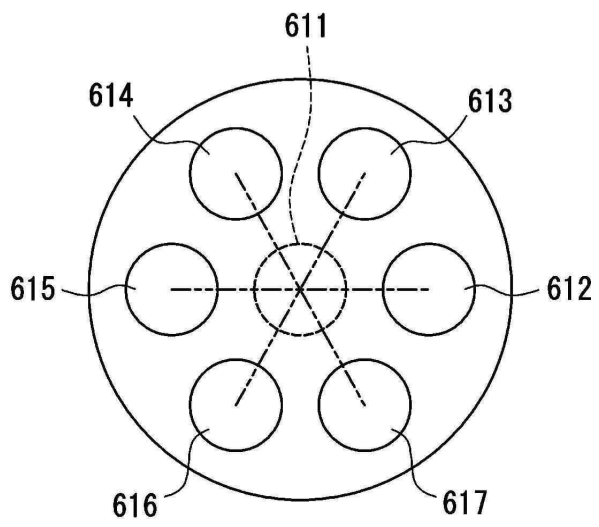
도면8



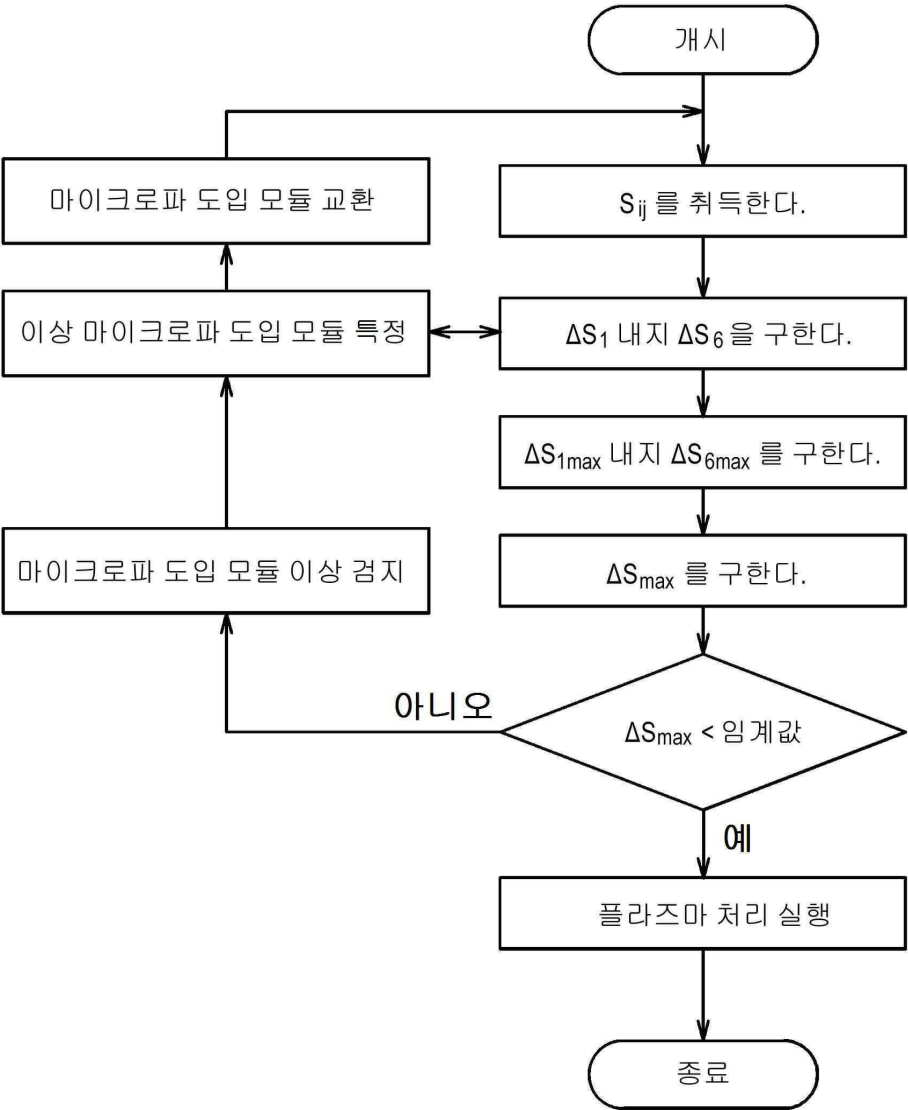
도면9



도면10



도면11



도면12

