



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2024년11월22일  
(11) 등록번호 10-2733735  
(24) 등록일자 2024년11월20일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

H01J 37/32 (2006.01)

(52) CPC특허분류

H01J 37/32935 (2013.01)

H01J 37/32724 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2019-0121937

(22) 출원일자 2019년10월02일

심사청구일자 2022년07월01일

(65) 공개번호 10-2020-0039579

(43) 공개일자 2020년04월16일

(30) 우선권주장

JP-P-2018-190173 2018년10월05일 일본(JP)

JP-P-2019-100392 2019년05월29일 일본(JP)

(56) 선행기술조사문헌

JP2017005128 A\*

JP2010171288 A\*

JP2008177285 A

JP2000164481 A

\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

도쿄엘렉트론가부시기가이샤

일본 도쿄도 미나토쿠 아카사카 5초메 3반 1고

(72) 발명자

오카 신스케

일본 미야기켄 구로카와군 다이와쵸 테크노 힐스

1 도쿄엘렉트론미야기가부시기가이샤 내

(74) 대리인

제일특허법인(유)

전체 청구항 수 : 총 21 항

심사관 : 이병수

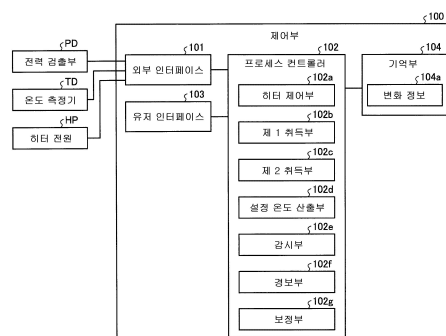
(54) 발명의 명칭 플라즈마 처리 장치, 감시 방법 및 감시 프로그램

(57) 요약

(과제) 센서를 배치하는 일 없이 이상의 발생을 검출하는 것.

(해결 수단) 플라즈마 처리 장치는, 기억부와, 제 2 취득부와, 감시부를 갖는다. 기억부는, 탑재대에 탑재된 웨이퍼에 대한 플라즈마 처리의 처리 조건이 변화한 경우의 탑재대의 온도에 관한 값의 변화를 나타낸 변화 정보를 기억한다. 제 2 취득부는, 탑재대의 온도에 관한 값을 소정의 사이클로 취득한다. 감시부는, 변화 정보에 근거하여, 제 2 취득부에 의해 취득되는 탑재대의 온도에 관한 값의 변화로부터 플라즈마 처리의 처리 조건의 변화를 감시한다.

대표도



## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

피처리체가 탑재되는 탑재면의 온도를 조정 가능한 히터가 마련된 탑재대에 탑재된 상기 피처리체에 대한 플라즈마 처리의 처리 조건이 변화한 경우의 상기 탑재대의 온도에 관한 값의 변화를 나타낸 변화 정보를 기억한 기억부와,

상기 탑재대의 온도에 관한 값을 소정의 사이클로 취득하는 취득부와,

상기 변화 정보에 근거하여, 상기 취득부에 의해 취득되는 상기 탑재대의 온도에 관한 값의 변화로부터 플라즈마 처리의 처리 조건의 변화를 감시하는 감시부

를 갖고,

상기 탑재대의 온도에 관한 값은, 상기 피처리체와 상기 탑재대의 사이의 열저항, 및, 플라즈마를 점화한 점화 상태에서 플라즈마로부터 상기 탑재대에 유입되는 입열량의 적어도 하나로 되고,

상기 취득부는, 상기 히터의 온도가 일정하게 되도록 상기 히터로의 공급 전력을 제어한 상태에서, 플라즈마를 점화하고 있지 않은 미점화 상태와, 플라즈마를 점화하고 나서 상기 히터로의 공급 전력이 저하되는 과도 상태에서의 공급 전력을 계측하고, 계측된 미점화 상태와 과도 상태의 공급 전력을 이용하여, 상기 입열량 및 상기 열저항 중 적어도 하나를 산출하는

플라즈마 처리 장치.

#### 청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 탑재대는, 상기 피처리체가 탑재되는 탑재면이 복수의 분할 영역으로 분할되고, 각 분할 영역에 상기 히터가 마련되고,

상기 변화 정보는, 플라즈마 처리의 처리 조건으로 된 처리 파라미터의 변화마다 각 분할 영역의 상기 탑재대의 온도에 관한 값의 변화 패턴이 기억되고,

상기 취득부는, 각 분할 영역의 상기 탑재대의 온도에 관한 값을 취득하고,

상기 감시부는, 상기 변화 정보에 근거하여, 상기 취득부에 의해 취득되는 각 분할 영역의 상기 탑재대의 온도에 관한 값의 변화 패턴으로부터 변화한 처리 파라미터를 특정하는

플라즈마 처리 장치.

#### 청구항 3

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

상기 감시부에 의한 감시의 결과, 플라즈마 처리의 처리 조건에 소정 이상의 변화가 검출된 경우, 경보를 발하는 경보부를 더 갖는 플라즈마 처리 장치.

#### 청구항 4

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

상기 감시부에 의한 감시의 결과, 소정 이상의 플라즈마 처리의 처리 조건의 변화가 검출된 경우, 그 처리 조건

의 변화를 없애도록 플라즈마 처리의 처리 조건을 보정하는 보정부를 더 갖는 플라즈마 처리 장치.

#### 청구항 5

피처리체가 탑재되는 탑재면의 온도를 조정 가능한 히터가 마련되고, 상기 피처리체가 탑재되어 플라즈마 처리가 행하여지는 탑재대의 온도에 관한 값을 소정의 사이클로 취득하는 처리, 및

상기 피처리체에 대한 플라즈마 처리의 처리 조건이 변화한 경우의 상기 탑재대의 온도에 관한 값의 변화를 나타낸 변화 정보에 근거하여, 취득되는 상기 탑재대의 온도에 관한 값의 변화로부터 플라즈마 처리의 처리 조건의 변화를 감시하는 처리를 실행하고,

상기 탑재대의 온도에 관한 값은, 상기 피처리체와 상기 탑재대의 사이의 열저항, 및, 플라즈마를 점화한 점화 상태에서 플라즈마로부터 상기 탑재대에 유입되는 입열량의 적어도 하나로 되고,

상기 취득하는 처리는, 상기 히터의 온도가 일정하게 되도록 상기 히터로의 공급 전력을 제어한 상태에서, 플라즈마를 점화하고 있지 않은 미점화 상태와, 플라즈마를 점화하고 나서 상기 히터로의 공급 전력이 저하되는 과도 상태에서의 공급 전력을 계측하고, 계측된 미점화 상태와 과도 상태의 공급 전력을 이용하여, 상기 입열량 및 상기 열저항 중 적어도 하나를 산출하는 것을 특징으로 하는

감시 방법.

#### 청구항 6

컴퓨터 판독 가능한 저장매체에 저장된 프로그램으로서, 제어부로 하여금,

피처리체가 탑재되는 탑재면의 온도를 조정 가능한 히터가 마련되고, 상기 피처리체가 탑재되어, 플라즈마 처리가 행해지는 탑재대의 온도에 관한 값을 소정의 사이클로 취득하는 처리, 및

상기 피처리체에 대한 플라즈마 처리의 처리 조건이 변화한 경우의 상기 탑재대의 온도에 관한 값의 변화를 나타내는 변화 정보에 기초하여, 취득되는 상기 탑재대의 온도에 관한 값의 변화로부터 플라즈마 처리의 처리 조건의 변화를 감시하는 처리를 실행시키고,

상기 탑재대의 온도에 관한 값은, 상기 피처리체와 상기 탑재대 사이의 열저항 및 플라즈마를 점화한 점화 상태에서 플라즈마로부터 상기 탑재대로 유입되는 입열량 중 적어도 하나로 되고,

상기 취득하는 처리는, 상기 히터의 온도가 일정하도록 상기 히터로의 공급 전력을 제어한 상태에서, 플라즈마를 점화하지 않은 미점화 상태와, 플라즈마를 점화한 후 상기 히터로의 공급 전력이 저하되는 과도 상태에서의 공급 전력을 계측하고, 계측된 미점화 상태와 과도 상태의 공급 전력을 이용하여, 상기 입열량 및 상기 열저항 중 적어도 하나를 산출하는

것을 특징으로 하는, 컴퓨터 판독 가능한 저장매체에 저장된 프로그램.

#### 청구항 7

피처리체가 탑재되는 탑재면의 온도를 조정할 수 있는 히터가 마련된 탑재대에 탑재된 상기 피처리체에 대한 플라즈마 처리의 처리 조건이 변화한 경우의 상기 탑재대의 온도에 관한 값의 변화를 나타내는 변화 정보를 기억한 기억부와,

상기 탑재대의 온도에 관한 값을 소정의 사이클로 취득하는 취득부와,

상기 변화 정보에 기초하여, 상기 취득부에 의해 취득되는 상기 탑재대의 온도에 관한 값의 변화로부터 변화된 처리 조건을 특정하는 감시부를 포함하고,

상기 탑재대의 온도에 관한 값은, 플라즈마를 점화한 점화 상태에서 플라즈마로부터 상기 탑재대로 유입되는 입열량으로 하고,

상기 취득부는, 상기 히터의 온도가 일정하도록 상기 히터로의 공급 전력을 제어한 상태에서, 플라즈마를 점화

하지 않은 미점화 상태와, 플라스마를 점화하여 상기 히터로의 공급 전력이 안정된 정상 상태에서의 공급 전력을 계측하고, 계측된 미점화 상태와 정상 상태의 공급 전력의 차이로부터 상기 입열량을 산출하는 플라스마 처리 장치.

#### 청구항 8

제 7 항에 있어서,  
상기 탑재대는, 상기 피처리체가 탑재되는 탑재면이 복수의 분할영역으로 분할되고, 각 분할영역에 상기 히터가 마련되고,  
상기 변화 정보는, 플라스마 처리의 처리 조건으로 된 처리 파라미터의 변화마다 각 분할 영역의 상기 탑재대의 온도에 관한 값의 변화 패턴이 기억되고,  
상기 취득부는, 각 분할 영역의 상기 탑재대의 온도에 관한 값을 취득하고,  
상기 감시부는, 상기 변화 정보에 기초하여, 상기 취득부에 의해 취득되는 각 분할 영역의 상기 탑재대의 온도에 관한 값의 변화 패턴으로부터 변화된 처리 파라미터를 특정하는  
플라스마 처리 장치.

#### 청구항 9

제 7 항 또는 제 8 항에 있어서,  
상기 감시부에 의한 감시의 결과, 플라스마 처리의 처리 조건에 소정 이상의 변화가 검출된 경우, 경보를 발생시키는 경보부를 더 포함하는 플라스마 처리,

#### 청구항 10

제 7 항 또는 제 8 항에 있어서,  
상기 감시부에 의한 감시의 결과, 소정 이상의 플라스마 처리의 처리 조건의 변화가 검출된 경우, 당해 처리 조건의 변화를 상쇄하도록 플라스마 처리의 처리 조건을 보정하는 보정부를 더 포함하는  
플라스마 처리 장치.

#### 청구항 11

피처리체가 탑재되는 탑재면의 온도를 조정 가능한 히터가 마련되고, 상기 피처리체가 탑재되어 플라스마 처리가 행해지는 탑재대의 온도에 관한 값을 소정의 사이클로 취득하는 처리, 및  
상기 피처리체에 대한 플라스마 처리의 처리 조건이 변화된 경우의 상기 탑재대의 온도에 관한 값의 변화를 나타내는 변화 정보에 기초하여, 취득되는 상기 탑재대의 온도에 관한 값의 변화로부터 변화된 처리 조건을 특정하는 처리를 실행하고,  
상기 탑재대의 온도에 관한 값은, 플라스마를 점화한 점화 상태에서 플라스마로부터 상기 탑재대로 유입되는 입열량으로 삼고,  
상기 취득하는 처리는, 상기 히터의 온도가 일정하도록 상기 히터로의 공급 전력을 제어한 상태에서, 플라스마를 점화하지 않은 미점화 상태와, 플라스마를 점화하여 상기 히터로의 공급전력이 안정된 정상상태에서의 공급 전력을 계측하고, 계측된 미점화 상태와 정상상태의 공급전력의 차이로부터 상기 입열량을 산출하는 것을 특징으로 하는

감시 방법.

## 청구항 12

컴퓨터 판독 가능한 저장매체에 저장된 프로그램으로서, 제어부로 하여금,

피처리체가 탑재되는 탑재면의 온도를 조정 가능한 히터가 마련되고, 상기 피처리체가 탑재되어 플라즈마 처리가 행해지는 탑재대의 온도에 관한 값을 소정의 사이클로 취득하는 처리, 및

상기 피처리체에 대한 플라즈마 처리의 처리 조건이 변화한 경우의 상기 탑재대의 온도에 관한 값의 변화를 나타내는 변화 정보에 기초하여, 취득되는 상기 탑재대의 온도에 관한 값의 변화로부터 변화된 처리 조건을 특정하는 처리를 실행시키고,

상기 탑재대의 온도에 관한 값은, 플라즈마를 점화한 점화 상태에서 플라즈마로부터 상기 탑재대에 유입되는 입열량으로 하고,

상기 취득하는 처리는, 상기 히터의 온도가 일정하도록 상기 히터로의 공급 전력을 제어한 상태에서, 플라즈마를 점화하지 않은 미점화 상태와, 플라즈마를 점화하여 상기 히터로의 공급전력이 안정된 정상상태에서의 공급 전력을 계측하고, 계측된 미점화 상태와 정상상태의 공급전력의 차이로부터 상기 입열량을 산출하는 것을 특징으로 하는

컴퓨터 판독 가능한 저장매체에 저장된 프로그램.

## 청구항 13

피처리체가 탑재되는 탑재면의 온도를 조정 가능한 히터가 마련된 탑재대에 탑재된 상기 피처리체에 대한 플라즈마 처리의 처리 조건이 변화되었을 경우의 상기 탑재대의 온도에 관한 값의 변화를 나타내는 변화 정보를 기억한 기억부와,

상기 탑재대의 온도에 관한 값을 소정의 사이클로 취득하는 취득부와,

상기 변화 정보에 기초하여, 상기 취득부에 의해 취득되는 상기 탑재대의 온도에 관한 값의 변화로부터 플라즈마 처리의 처리 조건의 변화를 감시하는 감시부를 포함하되,

상기 탑재대의 온도에 관한 값은, 플라즈마를 점화하지 않은 미점화 상태에서 상기 탑재대의 온도를 소정의 온도로 유지하기 위한 상기 히터에서의 발열량으로 하고,

상기 취득부는, 상기 히터의 온도가 일정하도록 상기 히터로의 공급 전력을 제어한 상태에서, 플라즈마를 점화하지 않은 미점화 상태의 공급 전력을 계측하고, 계측된 미점화 상태의 공급 전력으로부터 미점화 상태에서 상기 탑재대의 온도를 소정의 온도로 유지하기 위한 상기 히터에서의 발열량을 산출하는

플라즈마 처리 장치.

## 청구항 14

제 13 항에 있어서,

상기 탑재대는, 상기 피처리체가 탑재되는 탑재면이 복수의 분할영역으로 분할되고, 각 분할영역에 상기 히터가 마련되고,

상기 변화 정보는, 플라즈마 처리의 처리 조건으로 된 처리 파라미터의 변화마다 각 분할 영역의 상기 탑재대의 온도에 관한 값의 변화 패턴이 기억되고,

상기 취득부는, 각 분할 영역의 상기 탑재대의 온도에 관한 값을 취득하고,

상기 감시부는, 상기 변화 정보에 기초하여, 상기 취득부에 의해 취득되는 각 분할 영역의 상기 탑재대의 온도에 관한 값의 변화 패턴으로부터 변화된 처리 파라미터를 특정하는

플라즈마 처리 장치.

#### 청구항 15

제 13 항 또는 제 14 항에 있어서,

상기 감시부에 의한 감시의 결과, 상기 플라즈마 처리의 처리 조건에 소정 이상의 변화가 검출된 경우, 경보를 발생시키는 경보부를 더 포함하는 플라즈마 처리 장치.

#### 청구항 16

제 13 항 또는 제 14 항에 있어서,

상기 감시부에 의한 감시의 결과, 소정 이상의 플라즈마 처리의 처리 조건의 변화가 검출된 경우, 당해 처리 조건의 변화를 상쇄하도록 플라즈마 처리의 처리 조건을 보정하는 보정부를 더 포함하는 플라즈마 처리 장치.

#### 청구항 17

제 2 항, 제 8 항 및 제 14 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 탑재대는, 상기 분할 영역마다 상기 히터의 온도를 검출 가능한 온도 센서가 마련되는 플라즈마 처리 장치

#### 청구항 18

제 2 항, 제 8 항 및 제 14 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 탑재대는, 상기 분할 영역으로서, 중앙의 원형 영역, 상기 원형 영역을 둘러싸는 동심원 형태의 복수의 환상 영역을 갖는 플라즈마 처리 장치.

#### 청구항 19

피처리체가 탑재되는 탑재면의 온도를 조정 가능한 히터가 마련되고, 상기 피처리체가 탑재되어 플라즈마 처리가 행해지는 탑재대의 온도에 관한 값을 소정의 사이클로 취득하는 처리, 및

상기 피처리체에 대한 플라즈마 처리의 처리 조건이 변화되었을 경우의 상기 탑재대의 온도에 관한 값의 변화를 나타내는 변화 정보에 기초하여, 취득되는 상기 탑재대의 온도에 관한 값의 변화로부터 플라즈마 처리의 처리 조건의 변화를 감시하는 처리를 실행하고,

상기 탑재대의 온도에 관한 값은, 플라즈마를 점화하지 않은 미점화 상태에서 상기 탑재대의 온도를 소정의 온도로 유지하기 위한 상기 히터에서의 발열량으로 하고,

상기 취득하는 처리는, 상기 히터의 온도가 일정하도록 상기 히터로의 공급전력을 제어한 상태에서, 플라즈마를 점화하지 않은 미점화 상태의 공급전력을 측정하고, 측정된 미점화 상태의 공급전력으로부터 미점화 상태에서 상기 탑재대의 온도를 소정의 온도로 유지하기 위한, 상기 히터에서의 발열량을 산출하는 것을 특징으로 하는

감시 방법.

#### 청구항 20

컴퓨터 판독 가능한 저장매체에 저장된 프로그램으로서, 제어부로 하여금,

피처리체가 탑재되는 탑재면의 온도를 조정 가능한 히터가 마련되고, 상기 피처리체가 탑재되어 플라즈마 처리

가 행해지는 탑재대의 온도에 관한 값을 소정의 사이클로 취득하는 처리, 및

상기 피처리체에 대한 플라즈마 처리의 처리 조건이 변화되었을 경우의 상기 탑재대의 온도에 관한 값의 변화를 나타내는 변화 정보에 기초하여, 취득되는 상기 탑재대의 온도에 관한 값의 변화로부터 플라즈마 처리의 처리 조건의 변화를 감시하는 처리를 실행시키고,

상기 탑재대의 온도에 관한 값은, 플라즈마를 점화하지 않은 미점화 상태에서 상기 탑재대의 온도를 소정의 온도로 유지하기 위한, 상기 히터에서의 발열량으로 하고,

상기 취득하는 처리는, 상기 히터의 온도가 일정하도록 상기 히터로의 공급전력을 제어한 상태에서, 플라즈마를 점화하지 않은 미점화 상태의 공급전력을 측정하고, 측정된 미점화 상태의 공급전력으로부터 미점화 상태에서 상기 탑재대의 온도를 소정의 온도로 유지하기 위한, 상기 히터에서의 발열량을 산출하는 것을 특징으로 하는

컴퓨터 판독 가능한 저장매체에 저장된 프로그램.

## 청구항 21

제 1 항에 있어서,

상기 취득부는, 상기 히터의 온도가 일정하게 되도록 상기 히터로의 공급전력을 제어한 상태에서, 플라즈마를 점화하지 않은 미점화 상태와, 플라즈마를 점화하고 나서 상기 히터로의 공급 전력이 저하되는 과도 상태에서의 공급 전력을 측정하고, 플라즈마로부터 상기 탑재대로 유입되는 입열량 및 피처리체와 상기 탑재대 사이의 열저항을 파라미터로 하여, 상기 과도 상태의 공급 전력을 산출하는 산출 모델에 대하여, 측정된 미점화 상태와 과도 상태의 공급 전력을 사용하여 피팅을 행하여, 상기 입열량 및 상기 열저항을 산출하는

플라즈마 처리 장치.

## 발명의 설명

### 기술 분야

[0001] 본 개시는, 플라즈마 처리 장치, 감시 방법 및 감시 프로그램에 관한 것이다.

### 배경 기술

[0002] 특허문헌 1에는, 고주파 전원으로부터 정합기를 거쳐서 처리실에 공급되는 고주파 전력의 정합기에서의 입력 전력의 값과 전력 설정치의 차이를 구하고, 정합기의 입력 전력의 값이 전력 설정치가 되도록 고주파 전원의 출력 전력을 제어하는 기술이 제안되어 있다.

### 선행기술문헌

#### 특허문헌

[0003] (특허문헌 0001) 특허문헌 1 : 일본 특허 공개 2008-251462호 공보

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

[0004] 본 개시는, 센서를 배치하는 일 없이 이상의 발생을 검출할 수 있는 기술을 제공한다.

### 과제의 해결 수단

[0005] 본 개시의 일 태양에 따른 플라즈마 처리 장치는, 기억부와, 취득부와, 감시부를 갖는다. 기억부는, 탑재대에 탑재된 피처리체에 대한 플라즈마 처리의 처리 조건이 변화한 경우의 탑재대의 온도에 관한 값의 변화를 나타낸

변화 정보를 기억한다. 취득부는, 탑재대의 온도에 관한 값을 소정의 사이클로 취득한다. 감시부는, 변화 정보에 근거하여, 취득부에 의해 취득되는 탑재대의 온도에 관한 값의 변화로부터 플라즈마 처리의 처리 조건의 변화를 감시한다.

### 발명의 효과

[0006] 본 개시에 따르면, 센서를 배치하는 일 없이 이상의 발생을 검출할 수 있다.

### 도면의 간단한 설명

[0007] 도 1은 실시 형태와 관련되는 플라즈마 처리 장치를 개략적으로 나타내는 도면이다.

도 2는 실시 형태와 관련되는 탑재대를 나타내는 평면도이다.

도 3은 실시 형태와 관련되는 플라즈마 처리 장치를 제어하는 제어부의 개략적인 구성을 나타낸 블록도이다.

도 4는 웨이퍼의 온도에 영향을 주는 에너지의 흐름을 모식적으로 나타내는 도면이다.

도 5a는 미점화 상태의 에너지의 흐름을 모식적으로 나타내는 도면이다.

도 5b는 점화 상태의 에너지의 흐름을 모식적으로 나타내는 도면이다.

도 6은 웨이퍼의 온도와 히터로의 공급 전력의 변화의 일례를 나타내는 도면이다.

도 7은 점화 상태의 에너지의 흐름을 모식적으로 나타내는 도면이다.

도 8a는 상부 전극, 퇴적물 실드의 온도가 변화한 경우의 히터로부터의 발열량의 변화의 일례를 나타낸 도면이다.

도 8b는 제 1 고주파 전력, 제 2 고주파 전력이 변화한 경우의 히터로부터의 발열량의 변화의 일례를 나타낸 도면이다.

도 8c는 처리 용기 내의 압력이 변화한 경우의 히터로부터의 발열량의 변화의 일례를 나타낸 도면이다.

도 8d는 전열 가스의 압력, 웨이퍼 W의 이면 막 두께가 변화한 경우의 열저항의 변화의 일례를 나타낸 도면이다.

도 9는 실시 형태와 관련되는 생성 처리의 흐름의 일례를 나타내는 플로차트이다.

도 10은 실시 형태와 관련되는 감시 처리의 흐름의 일례를 나타내는 플로차트이다.

도 11a는 다른 실시 형태와 관련되는 탑재대를 나타내는 평면도이다.

도 11b는 다른 실시 형태와 관련되는 탑재대를 나타내는 평면도이다.

도 11c는 다른 실시 형태와 관련되는 탑재대를 나타내는 평면도이다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0008] 이하, 도면을 참조하여 본원이 개시하는 플라즈마 처리 장치, 감시 방법 및 감시 프로그램의 실시 형태에 대하여 상세하게 설명한다. 본 개시에 있어서는, 플라즈마 처리 장치의 구체적인 예로서, 플라즈마 에칭을 행하는 장치를 예로 들어 상세하게 설명한다. 또, 본 실시 형태에 의해, 개시하는 플라즈마 처리 장치, 감시 방법 및 감시 프로그램이 한정되는 것이 아니다.

[0009] 그런데, 예컨대, 플라즈마 처리 장치에는, 처리 용기 내에 각종 프로브나 각종 전기 센서 등의 센서를 배치하여 센서에서 플라즈마의 상태를 검출하고, 플라즈마의 상태의 변화로부터 이상의 발생을 검출하는 것이 있다. 그러나, 플라즈마 처리 장치는, 처리 용기 내에 센서를 배치하면, 제조 비용이 상승한다. 또한, 플라즈마 처리 장치는, 처리 용기 내에 센서를 배치하면, 센서가 특이점이 되고, 특이점의 주위에서 플라즈마 처리의 균일성이 저하된다. 그래서, 플라즈마 처리 장치에서는, 센서를 배치하는 일 없이 이상의 발생을 검출하는 것이 기대되고 있다.

[0010] [플라즈마 처리 장치의 구성]

[0011] 먼저, 실시 형태와 관련되는 플라즈마 처리 장치(10)의 구성에 대하여 설명한다. 도 1은 실시 형태와 관련되는



플라즈마 처리 장치를 개략적으로 나타내는 도면이다. 도 1에는, 실시 형태와 관련되는 플라즈마 처리 장치(10)의 종단면에 있어서의 구조가 개략적으로 나타나 있다. 도 1에 나타내는 플라즈마 처리 장치(10)는, 용량 결합형 평행 평판 플라즈마 에칭 장치이다. 플라즈마 처리 장치(10)는, 대략 원통 형상의 처리 용기(12)를 구비하고 있다. 처리 용기(12)는, 예컨대, 알루미늄으로 구성되어 있다. 또한, 처리 용기(12)의 표면은, 양극 산화 처리가 실시되어 있다.

[0012] 처리 용기(12) 내에는, 탑재대(16)가 마련되어 있다. 탑재대(16)는, 정전 척(18) 및 기대(20)를 갖는다. 정전 척(18)의 상면은, 플라즈마 처리의 대상이 되는 피처리체가 탑재되는 탑재면으로 되어 있다. 본 실시 형태에서는, 피처리체로서 웨이퍼 W가 정전 척(18)의 상면에 탑재된다. 기대(20)는, 대략 원반 형상을 갖고 있고, 주요 부분이, 예컨대 알루미늄이라고 하는 도전성의 금속에 의해 구성되어 있다. 기대(20)는, 하부 전극을 구성하고 있다. 기대(20)는, 지지부(14)에 의해 지지되어 있다. 지지부(14)는, 처리 용기(12)의 저부로부터 연장되는 원통 형상의 부재이다.

[0013] 기대(20)에는, 정합기 MU1을 거쳐서 제 1 고주파 전원 HFS가 전기적으로 접속되어 있다. 제 1 고주파 전원 HFS는, 플라즈마 생성용의 고주파 전력을 발생시키는 전원이고, 27~100MHz의 주파수, 일례에 있어서는 40MHz의 고주파 전력을 발생시킨다. 이것에 의해, 기대(20) 바로 위에 플라즈마가 생성된다. 정합기 MU1은, 제 1 고주파 전원 HFS의 출력 임피던스와 부하 측(기대(20) 측)의 입력 임피던스를 정합시키기 위한 회로를 갖는다.

[0014] 또한, 기대(20)에는, 정합기 MU2를 거쳐서 제 2 고주파 전원 LFS가 전기적으로 접속되어 있다. 제 2 고주파 전원 LFS는, 웨이퍼 W에 이온을 끌어들이기 위한 고주파 전력(고주파 바이어스 전력)을 발생시키고, 그 고주파 바이어스 전력을 기대(20)에 공급한다. 이것에 의해, 기대(20)에 바이어스 전위가 생긴다. 고주파 바이어스 전력의 주파수는, 400kHz~13.56MHz의 범위 내의 주파수이고, 일례에 있어서는 3MHz이다. 정합기 MU2는, 제 2 고주파 전원 LFS의 출력 임피던스와 부하 측(기대(20) 측)의 입력 임피던스를 정합시키기 위한 회로를 갖는다.

[0015] 기대(20) 상에는, 정전 척(18)이 마련되어 있다. 정전 척(18)은, 쿨롱력 등의 정전력에 의해 웨이퍼 W를 흡착하여, 그 웨이퍼 W를 유지한다. 정전 척(18)은, 세라믹체의 본체부 내에 정전 흡착용의 전극 E1이 마련되어 있다. 전극 E1에는, 스위치 SW1을 거쳐서 직류 전원(22)이 전기적으로 접속되어 있다. 웨이퍼 W를 유지하는 흡착력은, 직류 전원(22)으로부터 인가되는 직류 전압의 값에 의존한다.

[0016] 또한, 정전 척(18) 상의 웨이퍼 W의 주위에는, 포커스 링 FR이 배치된다. 포커스 링 FR은, 플라즈마 처리의 균일성을 향상시키기 위해 마련되어 있다. 포커스 링 FR은, 실행해야 할 플라즈마 처리에 따라 적당히 선택되는 재료로 구성되어 있다. 예컨대, 포커스 링 FR은, 실리콘, 또는 석영에 의해 구성된다.

[0017] 기대(20)의 내부에는, 냉매 유로(24)가 형성되어 있다. 냉매 유로(24)에는, 처리 용기(12)의 외부에 마련된 칠러 유닛으로부터 배관(26a)을 거쳐서 냉매가 공급된다. 냉매 유로(24)에 공급된 냉매는, 배관(26b)을 거쳐서 칠러 유닛에 돌아간다.

[0018] 처리 용기(12) 내에는, 상부 전극(30)이 마련되어 있다. 상부 전극(30)은, 탑재대(16)의 위쪽에 있어서, 기대(20)와 대향 배치되어 있다. 기대(20)와 상부 전극(30)은, 서로 대략 평행하게 마련되어 있다.

[0019] 상부 전극(30)은, 절연성 차폐 부재(32)를 통해서, 처리 용기(12)의 상부에 지지되어 있다. 상부 전극(30)은, 전극판(34)과 전극 지지체(36)를 갖는다. 전극판(34)은, 처리 공간 S에 면하고 있고, 복수의 가스 토출 구멍(34a)이 형성되어 있다. 전극판(34)은, 줄 열(Joule heat)이 적은 저저항의 도전체 또는 반도체에 의해 구성되어 있다. 상부 전극(30)은, 온도의 제어가 가능하게 되어 있다. 예컨대, 상부 전극(30)은, 도시하지 않는 히터 등의 온도 조절 기구가 마련되고, 온도의 제어가 가능하게 되어 있다.

[0020] 전극 지지체(36)는, 전극판(34)을 탈착이 자유롭게 지지한다. 전극 지지체(36)는, 예컨대 알루미늄이라고 하는 도전성 재료에 의해 구성되어 있다. 전극 지지체(36)의 내부에는, 가스 확산실(36a)이 마련되어 있다. 전극 지지체(36)에는, 가스 토출 구멍(34a)에 연통하는 복수의 가스 통류 구멍(36b)이 가스 확산실(36a)로부터 아래 쪽으로 연장되어 있다. 또한, 전극 지지체(36)에는, 가스 확산실(36a)에 처리 가스를 이끄는 가스 도입구(36c)가 형성되어 있다. 가스 도입구(36c)에는, 가스 공급관(38)이 접속되어 있다.

[0021] 가스 공급관(38)에는, 밸브군(42) 및 유량 제어기군(44)을 거쳐서 가스 소스군(40)이 접속되어 있다. 밸브군(42)은, 복수의 개폐 밸브를 갖는다. 유량 제어기군(44)은, 매스 플로 컨트롤러라고 하는 복수의 유량 제어기를 갖는다. 또한, 가스 소스군(40)은, 플라즈마 처리에 필요한 복수 종류의 가스용의 가스 소스를 갖는다. 가스 소스군(40)의 복수의 가스 소스는, 대응하는 개폐 밸브 및 대응하는 매스 플로 컨트롤러를 거쳐서 가스 공급

관(38)에 접속되어 있다.

- [0022] 플라즈마 처리 장치(10)에서는, 가스 소스군(40)의 복수의 가스 소스 중 선택된 하나 이상의 가스 소스로부터의 하나 이상의 가스가, 가스 공급관(38)에 공급된다. 가스 공급관(38)에 공급된 가스는, 가스 확산실(36a)에 도달하고, 가스 통류 구멍(36b) 및 가스 토출 구멍(34a)을 통해서 처리 공간 S에 토출된다.
- [0023] 또한, 도 1에 나타내는 바와 같이, 플라즈마 처리 장치(10)는, 접지 도체(12a)를 더 갖는다. 접지 도체(12a)는, 대략 원통 형상의 접지 도체이고, 처리 용기(12)의 측벽으로부터 상부 전극(30)의 높이 위치보다 위쪽으로 연장되도록 마련되어 있다.
- [0024] 또한, 플라즈마 처리 장치(10)에서는, 처리 용기(12)의 내벽을 따라 퇴적물 실드(46)가 탈착이 자유롭게 마련되어 있다. 또한, 퇴적물 실드(46)는, 지지부(14)의 외주에도 마련되어 있다. 퇴적물 실드(46)는, 처리 용기(12)에 예칭 부생물(퇴적물)이 부착되는 것을 방지하는 것이고, 알루미늄재에 Y2O3 등의 세라믹스를 피복하는 것에 의해 구성되어 있다. 퇴적물 실드(46)는, 온도의 제어가 가능하게 되어 있다. 예컨대, 퇴적물 실드(46)는, 도시하지 않는 히터 등의 온도 조절 기구가 마련되고, 온도의 제어가 가능하게 되어 있다.
- [0025] 처리 용기(12)의 저부 측에 있어서는, 지지부(14)와 처리 용기(12)의 내벽의 사이에 배기 플레이트(48)가 마련되어 있다. 배기 플레이트(48)는, 예컨대, 알루미늄재에 Y2O3 등의 세라믹스를 피복하는 것에 의해 구성되어 있다. 처리 용기(12)는, 배기 플레이트(48)의 아래쪽에 배기구(12e)가 마련되어 있다. 배기구(12e)에는, 배기 관(52)을 거쳐서 배기 장치(50)가 접속되어 있다. 배기 장치(50)는, 터보 분자 펌프 등의 진공 펌프를 갖는다. 배기 장치(50)는, 플라즈마 처리를 실시할 때, 처리 용기(12) 내를 소망하는 진공도까지 감압한다. 또한, 처리 용기(12)의 측벽에는, 웨이퍼 W의 반입출구(12g)가 마련되어 있다. 반입출구(12g)는, 게이트 밸브(54)에 의해 개폐 가능하게 되어 있다.
- [0026] 상기와 같이 구성된 플라즈마 처리 장치(10)는, 제어부(100)에 의해, 그 동작이 통괄적으로 제어된다. 제어부(100)는, 예컨대, 컴퓨터이고, 플라즈마 처리 장치(10)의 각 부를 제어한다. 플라즈마 처리 장치(10)는, 제어부(100)에 의해, 동작이 통괄적으로 제어된다.
- [0027] [탑재대의 구성]
- [0028] 다음으로, 탑재대(16)에 대하여 상세하게 설명한다. 도 2는 실시 형태와 관련되는 탑재대를 나타내는 평면도이다. 상술한 바와 같이, 탑재대(16)는, 정전 척(18) 및 기대(20)를 갖는다. 정전 척(18)은, 세라믹으로 형성되고, 상면이, 웨이퍼 W 및 포커스 링 FR을 탑재하는 탑재 영역(18a)으로 되어 있다. 탑재 영역(18a)은, 평면 뷰(view)에 있어서 대략 원형의 영역으로 되어 있다. 도 1에 나타내는 바와 같이, 정전 척(18)은, 웨이퍼 W가 배치되는 영역에 정전 흡착용의 전극 E1이 마련되어 있다. 전극 E1은, 스위치 SW1을 거쳐서 직류 전원(22)에 접속되어 있다.
- [0029] 또한, 도 1에 나타내는 바와 같이, 탑재 영역(18a) 내의 전극 E1의 아래쪽에는, 복수의 히터 HT가 마련되어 있다. 탑재 영역(18a)은, 복수의 분할 영역(75)으로 분할되고, 각각의 분할 영역(75)에 히터 HT가 마련되어 있다. 예컨대, 탑재 영역(18a)은, 도 2에 나타내는 바와 같이, 중앙의 원 형상의 분할 영역(75a)(센터 부분) 및 3개의 환상의 분할 영역(75b~75d)(미들 부분, 에지 부분, 포커스 링 부분)으로 분할되어 있다. 분할 영역(75a~75d)에는, 각각 히터 HT가 마련되어 있다. 분할 영역(75a~75c)에는, 웨이퍼 W가 배치된다. 분할 영역(75d)에는, 포커스 링 FR이 배치된다. 본 실시 형태에서는, 탑재대(16)의 면 내를 4개의 분할 영역(75a~75d)으로 나누어 온도 제어하는 경우를 예로 설명하지만, 분할 영역(75)의 수는 4개에 한하지 않고, 2개 또는 3개이더라도 좋고, 5개 이상이라도 좋다.
- [0030] 히터 HT는, 도시하지 않는 배선을 거쳐서, 도 1에 나타내는, 히터 전원 HP에 개별적으로 접속되어 있다. 히터 전원 HP는, 제어부(100)로부터 제어의 아래에서, 각 히터 HT에 개별적으로 조정된 전력을 공급한다. 이것에 의해, 각 히터 HT가 발하는 열이 개별적으로 제어되고, 탑재 영역(18a) 내의 복수의 분할 영역의 온도가 개별적으로 조정된다.
- [0031] 히터 전원 HP에는, 각 히터 HT에 공급하는 공급 전력을 검출하는 전력 검출부 PD가 마련되어 있다. 또, 전력 검출부 PD는, 히터 전원 HP와는 별도로, 히터 전원 HP로부터 각 히터 HT로의 전력이 흐르는 배선에 마련하더라도 좋다. 전력 검출부 PD는, 각 히터 HT에 공급하는 공급 전력을 검출한다. 예컨대, 전력 검출부 PD는, 각 히터 HT에 공급하는 공급 전력으로서, 전력량[W]을 검출한다. 히터 HT는, 전력량에 따라 발열한다. 이 때문에, 히터 HT에 공급하는 전력량은, 히터 파워를 나타낸다. 전력 검출부 PD는, 검출한 각 히터 HT로의 공급 전력을

나타내는 전력 데이터를 제어부(100)에 통지한다.

- [0032] 또한, 탑재대(16)는, 탑재 영역(18a)의 각 분할 영역(75)에, 각각 히터 HT의 온도가 검출 가능한 도시하지 않는 온도 센서가 마련되어 있다. 온도 센서는, 히터 HT와는 별도로 온도를 측정하는 소자이더라도 좋다. 또한, 온도 센서는, 히터 HT로의 전력이 흐르는 배선에 배치되고, 온도 상승에 따라 전기 저항이 증대되는 성질을 이용하여, 온도를 검출하는 소자이더라도 좋다. 각 온도 센서에 의해 검출된 센서값은, 온도 측정기 TD에 보내진다. 온도 측정기 TD는, 각 센서값으로부터 탑재 영역(18a)의 각 분할 영역(75)의 온도를 측정한다. 온도 측정기 TD는, 탑재 영역(18a)의 각 분할 영역(75)의 온도를 나타내는 온도 데이터를 제어부(100)에 통지한다.
- [0033] 또한, 도시하지 않는 전열 가스 공급 기구 및 가스 공급 라인에 의해 전열 가스, 예컨대 He 가스가 정전 척(18)의 상면과 웨이퍼 W의 이면의 사이에 공급되더라도 좋다.
- [0034] [제어부의 구성]
- [0035] 다음으로, 제어부(100)에 대하여 상세하게 설명한다. 도 3은 실시 형태와 관련되는 플라즈마 처리 장치를 제어하는 제어부의 개략적인 구성을 나타낸 블록도이다. 제어부(100)는, 외부 인터페이스(101)와, 프로세스 컨트롤러(102)와, 유저 인터페이스(103)와, 기억부(104)가 마련되어 있다.
- [0036] 외부 인터페이스(101)는, 플라즈마 처리 장치(10)의 각 부와 통신 가능하게 되어, 각종 데이터를 입출력한다. 예컨대, 외부 인터페이스(101)에는, 전력 검출부 PD로부터 각 히터 HT로의 공급 전력을 나타내는 전력 데이터가 입력된다. 또한, 외부 인터페이스(101)에는, 온도 측정기 TD로부터 탑재 영역(18a)의 각 분할 영역(75)의 온도를 나타내는 온도 데이터가 입력된다. 또한, 외부 인터페이스(101)는, 각 히터 HT에 공급하는 공급 전력을 제어하는 제어 데이터를 히터 전원 HP에 출력한다.
- [0037] 프로세스 컨트롤러(102)는, CPU(Central Processing Unit)를 구비하고 플라즈마 처리 장치(10)의 각 부를 제어한다.
- [0038] 유저 인터페이스(103)는, 공정 관리자가 플라즈마 처리 장치(10)를 관리하기 위해 커맨드의 입력 조작을 행하는 키보드나, 플라즈마 처리 장치(10)의 가동 상황을 가시화하여 표시하는 디스플레이 등으로 구성되어 있다.
- [0039] 기억부(104)에는, 플라즈마 처리 장치(10)에서 실행되는 각종 처리를 프로세스 컨트롤러(102)의 제어로 실행하기 위한 제어 프로그램(소프트웨어)이나, 처리 조건 데이터 등이 기억된 레시피가 저장되어 있다. 또한, 기억부(104)에는, 플라즈마 처리를 행하는데 있어서의 장치나 프로세스에 관한 파라미터 등이 저장되어 있다. 또, 제어 프로그램이나 레시피, 파라미터는, 컴퓨터로 판독 가능한 컴퓨터 기록 매체(예컨대, 하드 디스크, DVD 등의 광 디스크, 플렉서블 디스크, 반도체 메모리 등)에 기억되어 있더라도 좋다. 또한, 제어 프로그램이나 레시피, 파라미터는, 다른 장치에 기억되어, 예컨대 전용 회선을 통해서 온라인으로 읽어내어 이용되더라도 좋다.
- [0040] 프로세스 컨트롤러(102)는, 프로그램이나 데이터를 저장하기 위한 내부 메모리를 갖고, 기억부(104)에 기억된 제어 프로그램을 읽어내고, 읽어낸 제어 프로그램의 처리를 실행한다. 프로세스 컨트롤러(102)는, 제어 프로그램이 동작하는 것에 의해 각종 처리부로서 기능한다. 예컨대, 프로세스 컨트롤러(102)는, 히터 제어부(102a)와, 제 1 취득부(102b)와, 제 2 취득부(102c)와, 설정 온도 산출부(102d)와, 감시부(102e)와, 경보부(102f)와, 보정부(102g)의 기능을 갖는다. 또, 본 실시 형태에서는, 프로세스 컨트롤러(102)가, 각종 처리부로서 기능하는 경우를 예로 설명하지만, 이것으로 한정되는 것이 아니다. 예컨대, 히터 제어부(102a), 제 1 취득부(102b), 제 2 취득부(102c), 설정 온도 산출부(102d), 감시부(102e), 경보부(102f), 보정부(102g)의 기능을 복수의 컨트롤러로 분산하여 실현하더라도 좋다.
- [0041] 그런데, 플라즈마 처리에서는, 웨이퍼 W의 온도에 따라 처리의 진행이 변화한다. 예컨대, 플라즈마 예칭에서는, 웨이퍼 W의 온도에 따라 예칭의 진행 속도가 변화한다. 그래서, 플라즈마 처리 장치(10)에서는, 각 히터 HT에 의해, 웨이퍼 W의 온도를 목표 온도로 제어하는 것을 생각할 수 있다.
- [0042] 그러나, 플라즈마 처리에서는, 플라즈마로부터 웨이퍼 W로 향해 입열(入熱)이 있다. 이 때문에, 플라즈마 처리 장치(10)는, 플라즈마 처리 중의 웨이퍼 W의 온도를 목표 온도로 정밀하게 제어할 수 없는 경우가 있다.
- [0043] 웨이퍼 W의 온도에 영향을 주는 에너지의 흐름을 설명한다. 도 4는 웨이퍼의 온도에 영향을 주는 에너지의 흐름을 모식적으로 나타내는 도면이다. 도 4에는, 웨이퍼 W나, 정전 척(ESC)(18)을 포함하는 탑재대(16)가 간략화하여 나타나 있다. 도 4의 예는, 정전 척(18)의 탑재 영역(18a)의 하나의 분할 영역(75)에 대하여, 웨이퍼 W의 온도에 영향을 주는 에너지의 흐름을 나타내고 있다. 탑재대(16)는, 정전 척(18) 및 기대(20)를 갖는다.

정전 척(18)과 기대(20)는, 접촉층(19)에 의해 접촉되어 있다. 정전 척(18)의 탑재 영역(18a)의 내부에는, 히터 HT가 마련되어 있다. 기대(20)의 내부에는, 냉매가 흐르는 냉매 유로(24)가 형성되어 있다.

[0044] 히터 HT는, 히터 전원 HP로부터 공급되는 공급 전력에 따라 발열하여, 온도가 상승한다. 도 4에서는, 히터 HT에 공급되는 공급 전력을 히터 파워 Ph로서 나타내고 있다. 히터 HT에서는, 히터 파워 Ph를 정전 척(18)의 히터 HT가 마련되어 있는 영역의 면적 A로 나눈 단위 면적당의 발열량(열 유속) qh가 생긴다.

[0045] 플라즈마 처리 장치(10)에서는, 상부 전극(30)이나 퇴적물 실드(46) 등의 처리 용기(12)의 내부 파츠의 온도를 제어하고 있는 경우, 내부 파츠로부터 복사열이 발생한다. 예컨대, 상부 전극(30)이나 퇴적물 실드(46)의 온도를 퇴적물의 부착을 억제하기 위해 고온으로 제어하고 있는 경우, 웨이퍼 W에는, 상부 전극(30)이나 퇴적물 실드(46)로부터 복사열이 입열한다. 도 4에서는, 상부 전극(30)이나 퇴적물 실드(46)로부터 웨이퍼 W로의 복사열 qr로서 나타내고 있다.

[0046] 또한, 플라즈마 처리를 행하고 있는 경우, 웨이퍼 W는, 플라즈마로부터 입열한다. 도 4에서는, 플라즈마로부터 웨이퍼 W로의 입열량을 웨이퍼 W의 면적으로 나눈 단위 면적당의 플라즈마로부터의 열 유속 qp로서 나타내고 있다. 웨이퍼 W는, 플라즈마로부터의 열 유속 qp의 입열이나 복사열 qr의 입열에 의해, 온도가 상승한다.

[0047] 복사열에 의한 입열은, 처리 용기(12)의 내부 파츠의 온도에 비례한다. 예컨대, 복사열에 의한 입열은, 상부 전극(30)이나 퇴적물 실드(46)의 온도에 비례한다. 플라즈마로부터의 입열은, 주로 웨이퍼 W에 조사되는 플라즈마 중의 이온의 양과, 플라즈마 중의 이온을 웨이퍼 W에 끌어들이기 위한 바이어스 전위의 곱에 비례하는 것이 알려져 있다. 웨이퍼 W에 조사되는 플라즈마 중의 이온의 양은, 플라즈마의 전자 밀도에 비례한다. 플라즈마의 전자 밀도는, 플라즈마의 생성에서 인가하는 제 1 고주파 전원 HFS로부터의 제 1 고주파 전력의 파워에 비례한다. 또한, 플라즈마의 전자 밀도는, 처리 용기(12) 내의 압력에 의존한다. 플라즈마 중의 이온을 웨이퍼 W에 끌어들이기 위한 바이어스 전위는, 바이어스 전위의 발생에서 인가하는 제 2 고주파 전원 LFS로부터의 제 2 고주파 전력의 파워에 비례한다. 또한, 플라즈마 중의 이온을 웨이퍼 W에 끌어들이기 위한 바이어스 전위는, 처리 용기(12) 내의 압력에 의존한다. 또, 제 2 고주파 전력이 탑재대(16)에 인가되고 있지 않은 경우, 플라즈마가 생성되었을 때에 생기는 플라즈마의 전위(플라즈마 포텐셜)와 탑재대(16)의 전위차에 의해, 이온이 탑재대에 끌어들여진다.

[0048] 또한, 플라즈마로부터의 입열은, 플라즈마의 발광에 의한 가열이나 플라즈마 중의 전자나 라디칼에 의한 웨이퍼 W로의 조사, 이온과 라디칼에 의한 웨이퍼 W 상의 표면 반응 등이 포함된다. 이들 성분도 고주파 전원의 파워나 처리 용기(12) 내의 압력에 의존한다. 플라즈마로부터의 입열은, 그 외, 플라즈마 생성에 관련되는 장치 파라미터, 예컨대, 탑재대(16)와 상부 전극(30)의 간격 거리나 처리 공간 S에 공급되는 가스 종류에 의존한다.

[0049] 웨이퍼 W에 전해진 열은, 정전 척(18)에 전해진다. 여기서, 정전 척(18)에는, 웨이퍼 W의 열이 모두 전해지는 것이 아니고, 웨이퍼 W와 정전 척(18)의 접촉 정도 등, 열의 전해지기 어려움에 따라 정전 척(18)에 열이 전해진다. 열의 전해지기 어려움, 즉 열저항은, 열의 전열 방향에 대한 단면적에 반비례한다. 이 때문에, 도 4에서는, 웨이퍼 W로부터 정전 척(18)의 표면으로의 열의 전해지기 어려움, 웨이퍼 W와 정전 척(18)의 표면 사이의 단위 면적당의 열저항 Rth·A로서 나타내고 있다. 또, A는, 히터 HT가 마련되어 있는 영역(분할 영역(75))의 면적이다. Rth는, 히터 HT가 마련되어 있는 영역 전체에 있어서의 열저항이다. 또한, 도 4에서는, 웨이퍼 W로부터 정전 척(18) 표면으로의 입열량을, 웨이퍼 W로부터 정전 척(18) 표면으로의 단위 면적당의 열 유속 q로서 나타내고 있다. 또, 열저항 Rth·A는, 정전 척(18)의 표면 상태, 웨이퍼 W의 유지에서 직류 전원(22)으로부터 인가되는 직류 전압의 값, 및 정전 척(18)의 상면과 웨이퍼 W의 이면의 사이에 공급되는 전열 가스의 압력에 의존한다. 또한, 열저항 Rth·A는, 그 외, 열저항 또는 열전도율에 관여하는 장치 파라미터에도 의존한다.

[0050] 정전 척(18)의 표면에 전해진 열은, 정전 척(18)의 온도를 상승시키고, 또한, 히터 HT에 전해진다. 도 4에서는, 정전 척(18) 표면으로부터 히터 HT로의 입열량을, 정전 척(18) 표면으로부터 히터 HT로의 단위 면적당의 열 유속 qc로서 나타내고 있다.

[0051] 한편, 기대(20)는, 냉매 유로(24)에 흐르는 냉매에 의해 냉각되고, 접촉하는 정전 척(18)을 냉각한다. 이때, 도 4에서는, 접촉층(19)을 통과하여 정전 척(18)의 이면으로부터 기대(20)로의 열손실량을, 정전 척(18)의 이면으로부터 기대(20)로의 단위 면적당의 열 유속 qqs로서 나타내고 있다. 이것에 의해, 히터 HT는, 열손실에 의해 냉각되어, 온도가 저하된다.

[0052] 히터 HT의 온도가 일정하게 되도록 제어하고 있는 경우, 히터 HT의 위치에 있어서, 히터 HT에 입열하는 열량 및 히터 HT에서 발생하는 발열량의 총합과, 히터 HT로부터 손실되는 열손실량이 동일한 상태가 된다. 예컨대, 플



라즈마를 점화하고 있지 않은 미점화 상태에서는, 복사열 qr의 열량 및 히터 HT에서 발생하는 발열량의 총합과, 히터 HT로부터 손실되는 열손실량이 동일한 상태가 된다. 도 5a는 미점화 상태의 에너지의 흐름을 모식적으로 나타내는 도면이다. 도 5a의 예에서는, 기대(20)로부터 냉각에 의해, 히터 HT로부터 "100"의 열량이 손실되고 있다. 웨이퍼 W에는, 복사열에 의해 "1"의 열량이 전해진다. 웨이퍼 W나 정전 척(18)의 온도가 대략 일정하게 안정된 상태인 경우, 웨이퍼 W에 전해진 열은, 정전 척(18)에 그대로 전해진다. 웨이퍼 W에 입열한 "1"의 열량은, 정전 척(18)을 거쳐서, 히터 HT에 입열한다. 히터 HT의 온도가 일정하게 되도록 제어하고 있는 경우, 히터 HT에는, 히터 전원 HP로부터 히터 파워 Ph에 의해 "99"의 열량이 발생한다.

[0053] 한편, 예컨대, 플라스마를 점화한 점화 상태에서는, 히터 HT에는, 정전 척(18)을 거쳐서, 플라스마로부터도 입열한다. 도 5b는 점화 상태의 에너지의 흐름을 모식적으로 나타내는 도면이다. 여기서, 점화 상태에는, 과도 상태와 정상(定常) 상태가 있다. 과도 상태는, 예컨대, 웨이퍼 W나 정전 척(18)에 대한 입열량이 열손실량보다 많아, 웨이퍼 W나 정전 척(18)의 온도가 시간에 따라 상승 경향이 되는 상태이다. 정상 상태는, 웨이퍼 W나 정전 척(18)의 입열량과 열손실량이 동일하게 되어, 웨이퍼 W나 정전 척(18)의 온도에 시간에 따른 상승 경향이 없어지고, 온도가 대략 일정하게 된 상태이다.

[0054] 도 5b의 예에서도, 기대(20)로부터 냉각에 의해, 히터 HT로부터 "100"의 열량이 손실되고 있다. 점화 상태의 경우, 웨이퍼 W는, 정상 상태가 될 때까지, 플라스마로부터의 입열에 의해 온도가 상승한다. 히터 HT에는, 정전 척(18)을 거쳐서 웨이퍼 W로부터 열이 전해진다. 상술한 바와 같이, 히터 HT의 온도가 일정하게 되도록 제어하고 있는 경우, 히터 HT에 입열되는 열량과 히터 HT로부터 손실되는 열량은, 동일한 상태가 된다. 히터 HT는, 히터 HT의 온도를 일정하게 유지하기 위해 필요한 열량이 저하된다. 이 때문에, 히터 HT로의 공급 전력이 저하된다.

[0055] 예컨대, 도 5b에 있어서, "과도 상태"로 한 예에서는, 플라스마로부터 웨이퍼 W에 "80"의 열량이 전해진다. 또한, 웨이퍼 W에는, 복사열에 의해 "1"의 열량이 전해진다. 웨이퍼 W에 전해진 열은, 정전 척(18)에 전해진다. 또한, 웨이퍼 W의 온도가 정상 상태가 아닌 경우, 웨이퍼 W에 전해진 열은, 일부가 웨이퍼 W의 온도의 상승에 작용한다. 웨이퍼 W의 온도 상승에 작용하는 열량은, 웨이퍼 W의 열용량에 의존한다. 이 때문에, 웨이퍼 W에 전해진 "81"의 열량 중, "61"의 열량이 웨이퍼 W로부터 정전 척(18)의 표면에 전해진다. 정전 척(18)의 표면에 전해진 열은, 히터 HT에 전해진다. 또한, 정전 척(18)의 온도가 정상 상태가 아닌 경우, 정전 척(18)의 표면에 전해진 열은, 일부가 정전 척(18)의 온도의 상승에 작용한다. 정전 척(18)의 온도 상승에 작용하는 열량은 정전 척(18)의 열용량에 의존한다. 이 때문에, 정전 척(18)의 표면에 전해진 "61"의 열량 중, "41"의 열량이 히터 HT에 전해진다. 이 때문에, 히터 HT의 온도가 일정하게 되도록 제어하고 있는 경우, 히터 HT에는, 히터 전원 HP로부터 히터 파워 Ph에 의해 "59"의 열량이 공급된다.

[0056] 또한, 도 5b에 있어서, "정상 상태"로 한 예에서는, 플라스마로부터 웨이퍼 W에 "80"의 열량이 전해진다. 또한, 웨이퍼 W에는, 복사열에 의해 "1"의 열량이 전해진다. 웨이퍼 W에 전해진 열은, 정전 척(18)에 전해진다. 또한, 웨이퍼 W의 온도가 정상 상태인 경우, 웨이퍼 W는, 입열량과 출열량이 동일한 상태로 되어 있다. 이 때문에, 플라스마로부터 웨이퍼 W에 전해진 "81"의 열량이 웨이퍼 W로부터 정전 척(18)의 표면에 전해진다. 정전 척(18)의 표면에 전해진 열은, 히터 HT에 전해진다. 정전 척(18)의 온도가 정상 상태인 경우, 정전 척(18)은, 입열량과 출열량이 동일하게 되어 있다. 이 때문에, 정전 척(18)의 표면에 전해진 "81"의 열량이 히터 HT에 전해진다. 이 때문에, 히터 HT의 온도가 일정하게 되도록 제어하고 있는 경우, 히터 HT에는, 히터 전원 HP로부터 히터 파워 Ph에 의해 "19"의 열량이 공급된다.

[0057] 도 5a 및 도 5b에 나타낸 바와 같이, 히터 HT로의 공급 전력은, 미점화 상태보다 점화 상태 쪽이 저하된다. 또한, 점화 상태에서는, 히터 HT로의 공급 전력이 정상 상태가 될 때까지 저하된다.

[0058] 또, 도 5a 및 도 5b에 나타낸 바와 같이, 히터 HT의 온도가 일정하게 되도록 제어하고 있는 경우, "미점화 상태", "과도 상태", "정상 상태"의 어느 하나의 상태이더라도, 기대(20)로부터 냉각에 의해, 히터 HT로부터 "100"의 열량이 손실되고 있다. 즉, 히터 HT로부터 기대(20)의 내부에 형성된 냉매 유로(24)에 공급되는 냉매로 향하는 단위 면적당의 열 유속  $q_{sus}$ 는, 항상 일정하게 되고, 히터 HT로부터 냉매까지의 온도 기울기도 항상 일정하다. 그 때문에, 히터 HT의 온도가 일정하게 되도록 제어하기 위해 이용되는 온도 센서는, 반드시 히터 HT에 직접 설치할 필요는 없다. 예컨대, 정전 척(18)의 이면, 접촉층(19) 내, 기대(20)의 내부 등, 히터 HT와 냉매까지의 사이이면, 히터 HT와 온도 센서 사이의 온도차도 항상 일정하고, 히터 HT와 온도 센서의 사이에 있는 재질이 갖는 열전도율, 열저항 등을 이용하여 온도 센서와 히터 HT의 사이의 온도차( $\Delta T$ )를 산출하고, 온도 센서에서 검출되는 온도의 값에 온도차( $\Delta T$ )를 가산하는 것에 의해, 히터 HT의 온도로서 출력하는 것이 가능하다.

고, 실제의 히터 HT의 온도가 일정하게 되도록 제어할 수 있다.

- [0059] 도 6은 웨이퍼의 온도와 히터로의 공급 전력의 변화의 일례를 나타내는 도면이다. 도 6의 (a)는 웨이퍼 W의 온도의 변화를 나타내고 있다. 도 6의 (b)는 히터 HT로의 공급 전력의 변화를 나타내고 있다. 도 6의 예는, 히터 HT의 온도가 일정하게 되도록 제어하고, 플라스마를 점화하고 있지 않은 미점화 상태에서부터 플라스마를 점화하여, 웨이퍼 W의 온도와 히터 HT로의 공급 전력을 측정한 결과의 일례를 나타내고 있다. 웨이퍼 W의 온도는, KLA-Tencor로부터 판매되고 있는 Etch Temp 등의 온도 계측용의 웨이퍼를 이용하여 계측했다. 이 온도 계측용의 웨이퍼는, 고가이다. 이 때문에, 양산 현장에서는, 플라스마 처리 장치(10)의 각 히터 HT의 온도의 조정에 온도 계측용의 웨이퍼를 사용하면, 비용이 상승한다. 또한, 양산 현장에서는, 플라스마 처리 장치(10)의 각 히터 HT의 온도의 조정에 온도 계측용의 웨이퍼를 사용하면, 생산성이 저하된다.
- [0060] 도 6의 기간 T1은, 플라스마를 점화하고 있지 않은 미점화 상태이다. 기간 T1에서는, 히터 HT로의 공급 전력이 일정하게 되어 있다. 도 6의 기간 T2는, 플라스마를 점화한 점화 상태이고, 과도 상태이다. 기간 T2에서는, 히터 HT로의 공급 전력이 저하된다. 또한, 기간 T2에서는, 웨이퍼 W의 온도가 일정한 온도까지 상승한다. 도 6의 기간 T3은, 플라스마를 점화한 점화 상태이다. 기간 T3에서는, 웨이퍼 W의 온도는 일정하고, 정상 상태로 되어 있다. 정전 척(18)도 정상 상태가 되면, 히터 HT로의 공급 전력은, 대략 일정하게 되고, 저하되는 경향의 변동이 안정된다. 도 6의 기간 T4는, 플라스마를 없앤 미점화 상태이다. 기간 T4에서는, 웨이퍼 W에 대한 플라스마로부터 입열이 없어지기 때문에, 웨이퍼 W의 온도가 저하되고, 히터 HT로의 공급 전력이 증가하고 있다.
- [0061] 도 6의 기간 T2에 나타나는 과도 상태에서의 히터 HT로의 공급 전력의 저하의 경향은, 플라스마로부터 웨이퍼 W로의 입열량이나, 웨이퍼 W와 정전 척(18)의 표면 사이의 열저항 등에 의해 변화한다.
- [0062] 도 7은 점화 상태의 에너지의 흐름을 모식적으로 나타내는 도면이다. 또, 도 7은 모두 과도 상태의 예이다. 또한, 복사열의 입열은, 영향이 작기 때문에, 생략하고 있다. 예컨대, 도 7에 있어서, "입열량 : 소, 열저항 : 소"로 한 예에서는, 플라스마로부터 웨이퍼 W에 "80"의 열량이 전해진다. 플라스마로부터 웨이퍼 W에 전해진 "80"의 열량 중, "60"의 열량이 웨이퍼 W로부터 정전 척(18)의 표면에 전해진다. 그리고, 정전 척(18)의 표면에 전해진 "60"의 열량 중, "40"의 열량이 히터 HT에 전해진다. 예컨대, 히터 HT의 온도가 일정하게 되도록 제어하고 있는 경우, 히터 HT에는, 히터 전원 HP로부터 히터 파워 Ph에 의해 "60"의 열량이 공급된다.
- [0063] 또한, 도 7에 있어서, "입열량 : 대, 열저항 : 소"로 한 예에서는, 플라스마로부터 웨이퍼 W에 "100"의 열량이 전해진다. 플라스마로부터 웨이퍼 W에 전해진 "100"의 열량 중, "80"의 열량이 웨이퍼 W로부터 정전 척(18)의 표면에 전해진다. 그리고, 정전 척(18)의 표면에 전해진 "80"의 열량 중, "60"의 열량이 히터 HT에 전해진다. 예컨대, 히터 HT의 온도가 일정하게 되도록 제어하고 있는 경우, 히터 HT에는, 히터 전원 HP로부터 히터 파워 Ph에 의해 "40"의 열량이 공급된다.
- [0064] 또한, 도 7에 있어서, "입열량 : 소, 열저항 : 대"로 한 예에서는, 플라스마로부터 웨이퍼 W에 "80"의 열량이 전해진다. 플라스마로부터 웨이퍼 W에 전해진 "80"의 열량 중, "40"의 열량이 웨이퍼 W로부터 정전 척(18)의 표면에 전해진다. 정전 척(18)의 표면에 전해진 "40"의 열량 중, "20"의 열량이 히터 HT에 전해진다. 예컨대, 히터 HT의 온도가 일정하게 되도록 제어하고 있는 경우, 히터 HT에는, 히터 전원 HP로부터 히터 파워 Ph에 의해 "80"의 열량이 공급된다.
- [0065] 이와 같이, 히터 HT의 온도를 일정하게 제어하고 있는 경우, 히터 파워 Ph는, 플라스마로부터 웨이퍼 W로의 입열량이나, 웨이퍼 W와 정전 척(18)의 표면 사이의 열저항에 의해 변화한다. 따라서, 도 6의 (b)에 나타나는 기간 T2의 히터 HT로의 공급 전력의 저하의 경향은, 플라스마로부터 웨이퍼 W로의 입열량이나, 웨이퍼 W와 정전 척(18)의 표면 사이의 열저항 등에 의해 변화한다. 이 때문에, 기간 T2의 히터 HT로의 공급 전력의 그래프는, 플라스마로부터 웨이퍼 W로의 입열량이나, 웨이퍼 W와 정전 척(18)의 표면 사이의 열저항을 파라미터로 하여 모델화할 수 있다. 즉, 기간 T2의 히터 HT로의 공급 전력의 변화는, 플라스마로부터 웨이퍼 W로의 입열량이나, 웨이퍼 W와 정전 척(18)의 표면 사이의 열저항을 파라미터로 하여, 연산식에 의해 모델화할 수 있다.
- [0066] 본 실시 형태에서는, 도 6의 (b)에 나타내는, 기간 T2의 히터 HT로의 공급 전력의 변화를 단위 면적당의 식으로서 모델화한다. 예컨대, 플라스마로부터의 열 유속이 있을 때의 단위 면적당의 히터 HT로부터의 발열량  $qh$ 는, 이하의 식 (2)와 같이 나타낼 수 있다. 플라스마로부터의 열 유속이 없을 때의 정상 상태에서의 단위 면적당의 히터 HT로부터의 발열량  $qh_0$ 은, 이하의 식 (3)과 같이 나타낼 수 있다. 정전 척(18)의 표면과 히터 사이의 단위 면적당의 열저항  $R_{thc} \cdot A$ 는, 이하의 식 (4)와 같이 나타낼 수 있다. 열 유속  $qp$  및 열저항  $R_{th} \cdot A$ 를 파라미터로 하고,  $a_1$ ,  $a_2$ ,  $a_3$ ,  $\lambda_1$ ,  $\lambda_2$ ,  $\tau_1$ ,  $\tau_2$ 를 이하의 식 (5)-(11)과 같이 나타낸 경우, 발열량  $qh$ 는, 이하의

식 (1)과 같이 나타낼 수 있다.

[수학식 1]

$$q_h = q_{h0} - q_p - \frac{R_{th} \cdot A \cdot q_p}{R_{thc} \cdot A \cdot (\lambda_1 - \lambda_2)} \left\{ \left( 1 + \frac{a_2 + a_3}{a_1 \cdot a_3} \cdot \lambda_2 \right) (a_1 + \lambda_1) \exp\left(-\frac{t}{\tau_1}\right) - \left( 1 + \frac{a_2 + a_3}{a_1 \cdot a_3} \cdot \lambda_1 \right) (a_1 + \lambda_2) \exp\left(-\frac{t}{\tau_2}\right) \right\} \quad \dots (1)$$

$$q_h = P_h / A \quad \dots (2)$$

$$q_{h0} = P_{h0} / A \quad \dots (3)$$

$$R_{thc} \cdot A = \frac{Z_c}{\kappa_c} \quad \dots (4)$$

$$a_1 = \frac{1}{\rho_w \cdot C_w \cdot z_w \cdot R_{th} \cdot A} \quad \dots (5)$$

$$a_2 = \frac{2}{\rho_c \cdot C_c \cdot z_c \cdot R_{th} \cdot A} \quad \dots (6)$$

$$a_3 = \frac{2}{\rho_c \cdot C_c \cdot z_c \cdot R_{thc} \cdot A} \quad \dots (7)$$

$$\lambda_1 = \frac{1}{2} \left\{ -(a_1 + a_2 + a_3) + \sqrt{(a_1 + a_2 + a_3)^2 - 4a_1a_3} \right\} \quad \dots (8)$$

$$\lambda_2 = \frac{1}{2} \left\{ -(a_1 + a_2 + a_3) - \sqrt{(a_1 + a_2 + a_3)^2 - 4a_1a_3} \right\} \quad \dots (9)$$

$$\tau_1 = -\frac{1}{\lambda_1} \quad \dots (10)$$

$$\tau_2 = -\frac{1}{\lambda_2} \quad \dots (11)$$

여기서,

$P_h$ 는, 플라스마로부터의 열 유속이 있을 때의 히터 파워[W]이다.

$P_{h0}$ 은, 플라스마로부터의 열 유속이 없을 때의 정상 상태에서의 히터 파워[W]이다.

$q_h$ 는, 플라스마로부터의 열 유속이 있을 때의 단위 면적당의 히터 HT로부터의 발열량[W/m<sup>2</sup>]이다.

$q_{h0}$ 은, 플라스마로부터의 열 유속이 없을 때의 정상 상태에서의 단위 면적당의 히터 HT로부터의 발열량[W/m<sup>2</sup>]이다.

$q_p$ 는, 플라스마로부터 웨이퍼 W로의 단위 면적당의 열 유속[W/m<sup>2</sup>]이다.

$R_{th} \cdot A$ 는, 웨이퍼 W와 정전 척(18)의 표면 사이의 단위 면적당의 열저항[K · m<sup>2</sup>/W]이다.

$R_{thc} \cdot A$ 는, 정전 척(18)의 표면과 히터 사이의 단위 면적당의 열저항[K · m<sup>2</sup>/W]이다.

$A$ 는, 히터 HT가 마련된 분할 영역(75)의 면적[m<sup>2</sup>]이다.

$\rho_w$ 는, 웨이퍼 W의 밀도[kg/m<sup>3</sup>]이다.

$C_w$ 는, 웨이퍼 W의 단위 면적당의 열용량[J/K · m<sup>2</sup>]이다.

- [0090]  $z_w$ 는, 웨이퍼 W의 두께[m]이다.
- [0091]  $\rho_c$ 는, 정전 척(18)을 구성하는 세라믹의 밀도[kg/m<sup>3</sup>]이다.
- [0092]  $C_c$ 는, 정전 척(18)을 구성하는 세라믹의 단위 면적당의 열용량[J/K · m<sup>2</sup>]이다.
- [0093]  $z_c$ 는, 정전 척(18)의 표면으로부터 히터 HT까지의 거리[m]이다.
- [0094]  $\kappa_c$ 는, 정전 척(18)을 구성하는 세라믹의 열전도율[W/K · m]이다.
- [0095]  $t$ 는, 플라스마를 점화하고 나서의 경과 시간[sec]이다.
- [0096] 식 (5)에 나타낸  $a_1$ 에 대하여,  $1/a_1$ 이 웨이퍼 W의 따뜻해지기 어려움을 나타내는 시정수가 된다. 또한, 식 (6)에 나타낸  $a_2$ 에 대하여,  $1/a_2$ 이 정전 척(18)의 열의 들어가기 어려움, 따뜻해지기 어려움을 나타내는 시정수가 된다. 또한, 식 (7)에 나타낸  $a_3$ 에 대하여,  $1/a_3$ 이 정전 척(18)의 열의 침투하기 어려움, 따뜻해지기 어려움을 나타내는 시정수가 된다.
- [0097] 웨이퍼 W의 밀도  $\rho_w$ , 웨이퍼 W의 단위 면적당의 열용량  $C_w$  및 웨이퍼 W의 두께  $z_w$ 는, 웨이퍼 W의 실제의 구성으로부터 각각 미리 정해진다. 히터 HT의 면적  $A$ , 정전 척(18)을 구성하는 세라믹의 밀도  $\rho_c$ , 및, 정전 척(18)을 구성하는 세라믹의 단위 면적당의 열용량  $C_c$ 는, 플라스마 처리 장치(10)의 실제의 구성으로부터 각각 미리 정해진다. 정전 척(18)의 표면으로부터 히터 HT까지의 거리  $z_c$ , 및, 정전 척(18)을 구성하는 세라믹의 열전도율  $\kappa_c$ 도, 플라스마 처리 장치(10)의 실제의 구성으로부터 각각 미리 정해진다.  $R_{thc} \cdot A$ 는, 열전도율  $\kappa_c$ , 거리  $z_c$ 로부터 식 (4)에 의해 미리 정해진다.
- [0098] 플라스마를 점화하고 나서의 경과 시간  $t$ 마다의 플라스마로부터의 열 유속이 있을 때의 히터 파워  $Ph$ , 및, 플라스마로부터의 열 유속이 없을 때의 정상 상태에서의 히터 파워  $Ph_0$ 은, 플라스마 처리 장치(10)를 이용하여 계측에 의해 구할 수 있다. 그리고, 식 (2)에 나타내는 바와 같이, 구한 히터 파워  $Ph$ 를 히터 HT의 면적  $A$ 로 나누는 것에 의해, 플라스마로부터의 열 유속이 있을 때의 단위 면적당의 히터 HT로부터의 발열량  $q_h$ 를 구할 수 있다. 또한, 식 (3)에 나타내는 바와 같이, 구한 히터 파워  $Ph_0$ 을 히터 HT의 면적  $A$ 로 나누는 것에 의해, 플라스마로부터의 열 유속이 없을 때의 정상 상태에서의 단위 면적당의 히터 HT로부터의 발열량  $q_{h0}$ 을 구할 수 있다.
- [0099] 그리고, 플라스마로부터 웨이퍼 W로의 단위 면적당의 열 유속  $q_p$ , 및, 웨이퍼 W와 정전 척(18)의 표면 사이의 단위 면적당의 열저항  $R_{th} \cdot A$ 는, 계측 결과를 이용하여, 식 (1)의 피팅을 행하는 것에 의해, 구할 수 있다.
- [0100] 또, 도 5b의 정상 상태는, 도 5a에 나타내는 미점화 상태로부터, 플라스마로부터 웨이퍼 W로의 입열분이, 그대로 히터 HT에 입열로서 증가하고 있다. 이 때문에, 플라스마로부터 웨이퍼 W로의 입열량은, 도 6의 기간 T1에 나타낸 미점화 상태의 공급 전력과 기간 T3에 나타낸 정상 상태의 공급 전력의 값의 차이로부터 산출하더라도 좋다. 예컨대, 플라스마로부터 웨이퍼 W로의 단위 면적당의 열 유속  $q_p$ 는, 이하의 식 (12)와 같이, 플라스마로부터의 열 유속이 없을 때(미점화 상태)의 히터 파워  $Ph_0$ 과 기간 T3에 나타낸 정상 상태의 히터 파워  $Ph$ 의 차이를 단위 면적당으로 환산한 값으로부터 산출할 수 있다. 또한, 플라스마로부터 웨이퍼 W로의 단위 면적당의 열 유속  $q_p$ 는, 이하의 식 (12)와 같이, 플라스마로부터의 열 유속이 없을 때(미점화 상태)의 히터 파워  $Ph_0$ 로부터 구해지는 단위 면적당의 히터 HT로부터의 발열량  $q_{h0}$ 과 기간 T3에 나타낸 정상 상태의 히터 파워  $Ph$ 로부터 구해지는 단위 면적당의 히터 HT로부터의 발열량  $q_h$ 의 차이로부터 산출할 수 있다.
- [0101]  $q_p = (Ph_0 - Ph) / A = q_{h0} - q_h \dots (12)$
- [0102] 또한, 도 6의 (a)에 나타나는 기간 T2의 웨이퍼 W의 온도의 그래프도, 플라스마로부터 웨이퍼 W로의 입열량이나, 웨이퍼 W와 정전 척(18)의 표면 사이의 열저항을 파라미터로 하여 모델화할 수 있다. 본 실시 형태에서는, 기간 T2의 웨이퍼 W의 온도의 변화를 단위 면적당의 식으로서 모델화한다. 예컨대, 열 유속  $q_p$ , 및, 열저항  $R_{th} \cdot A$ 를 파라미터로 하고, 식 (5)-(11)에 나타낸  $a_1$ ,  $a_2$ ,  $a_3$ ,  $\lambda_1$ ,  $\lambda_2$ ,  $\tau_1$ ,  $\tau_2$ 를 이용한 경우, 웨이퍼 W의 온도  $TW[^\circ C]$ 는, 이하의 식 (13)과 같이 나타낼 수 있다.



[0103] [수학식 2]

$$T_w = T_h + q_p \cdot (R_{th} \cdot A + R_{thc} \cdot A) + \frac{q_p}{\rho_w \cdot C_w \cdot z_w \cdot (\lambda_1 - \lambda_2)} \left\{ \left( 1 + \frac{a_2 + a_3}{a_1 \cdot a_3} \cdot \lambda_2 \right) \exp\left(-\frac{t}{\tau_1}\right) - \left( 1 + \frac{a_2 + a_3}{a_1 \cdot a_3} \cdot \lambda_1 \right) \exp\left(-\frac{t}{\tau_2}\right) \right\} \quad \dots (13)$$

[0104]

[0105] 여기서,

[0106] TW는, 웨이퍼 W의 온도[℃]이다.

[0107] Th는, 일정하게 제어한 히터 HT의 온도[℃]이다.

[0108] 히터의 온도 Th는, 실제로 웨이퍼 W의 온도를 일정하게 제어했을 때의 조건으로부터 구할 수 있다.

[0109] 계측 결과를 이용하여, 식 (1)의 피팅을 행하는 것에 의해, 열 유속 qp, 및, 열저항 Rth · A가 구해진 경우, 웨이퍼 W의 온도 TW는, 식 (13)으로부터 산출할 수 있다.

[0110] 경과 시간 t가, 식 (10), (11)에 나타낸 시정수  $\tau_1$ ,  $\tau_2$ 보다 충분히 긴 경우, 식 (13)은, 이하의 식 (14)와 같이 생략할 수 있다. 즉, 도 6의 기간 T3인 정상 상태로 이행한 후의 웨이퍼 W의 온도 TW가 목표 온도가 되는 히터 HT의 온도 Th를 산출하는 경우, 식 (13)은, 식 (14)와 같이 나타낼 수 있다.

[0111] [수학식 3]

$$T_w = T_h + q_p \cdot (R_{th} \cdot A + R_{thc} \cdot A) \quad \dots (14)$$

[0112] 예컨대, 식 (14)에 의해, 히터의 온도 Th, 열 유속 qp, 열저항 Rth · A, Rthc · A로부터 웨이퍼 W의 온도 TW를 구할 수 있다.

[0114] 그런데, 플라스마 처리 장치(10)는, 이상이나 고장의 발생이나 시간에 따른 변화 등에 의해, 플라스마 처리의 처리 조건이 변화하는 경우가 있다. 예컨대, 플라스마 처리 장치(10)는, 이상이나 고장의 발생이나 시간에 따른 변화 등에 의해, 처리 용기(12) 내의 압력이나, 플라스마 처리에서 인가되는 전력 등이 변화하는 경우가 있다. 이와 같은 플라스마 처리의 처리 조건은, 제 1 고주파 전원 HFS로부터의 제 1 고주파 전력의 파워, 제 2 고주파 전원 LFS로부터의 제 2 고주파 전력의 파워를 들 수 있다. 또한, 이와 같은 플라스마 처리의 처리 조건은, 처리 용기(12) 내의 압력, 탑재대(16)의 표면 거칠기, 전열 가스의 압력, 웨이퍼 W의 이면 막 두께, 웨이퍼 W의 휨, 상부 전극(30)의 온도, 퇴적물 실드(46)의 온도를 들 수 있다. 또, 이와 같은 플라스마 처리의 처리 조건은, 이들로 한정되는 것이 아니고, 이상이나 고장의 발생이나 시간에 따른 변화 등으로 변화하는 것이면 어느 것이더라도 좋다.

[0115] 플라스마 처리 장치(10)에서는, 플라스마 처리의 처리 조건이 변화한 경우, 플라스마로부터의 입열량이나 복사열에 의한 입열량, 웨이퍼 W와 정전 척(18)의 표면 사이의 열저항 등이 변화하고, 탑재대(16)의 온도에 관한 값이 변화한다. 이 탑재대(16)의 온도에 관한 값으로서, 예컨대, 미점화 상태에서 탑재대(16)의 온도를 소정의 온도로 유지하기 위한 히터 HT에서의 발열량, 웨이퍼 W와 탑재대(16)의 사이의 열저항, 점화 상태에서 플라스마로부터 탑재대(16)에 유입되는 입열량을 들 수 있다. 또, 탑재대(16)의 온도에 관한 값은, 이들로 한정되는 것이 아니고, 탑재대(16)의 온도에 관한 값이고, 플라스마 처리의 처리 조건의 변화에 의해 변화가 발생하는 것이면 어느 것이더라도 좋다.

[0116] 예컨대, 플라스마 처리 장치(10)는, 상부 전극(30)의 온도나, 퇴적물 실드(46)의 온도가 변화한 경우, 웨이퍼 W로의 복사열의 입열량이 변한다. 이것에 의해, 미점화 상태에서 각 히터 HT에 공급되는 히터 파워 Ph0이 변화하고, 단위 면적당의 히터 HT로부터의 발열량 qh0이 변화한다. 발열량 qh0은, 히터 파워 Ph0을 히터 HT마다의 면적으로 나누는 것에 의해 구해진다. 도 8a는 상부 전극, 퇴적물 실드의 온도가 변화한 경우의 히터로부터의 발열량의 변화의 일례를 나타낸 도면이다. 도 8a에는, 플라스마 미점화 상태에서 센터 부분(Center), 미들 부분(Middle), 에지 부분(Edge), 포커스 링 부분(F/R)의 각 분할 영역(75)에 마련된 히터 HT에 공급되는 히터 파워 Ph0에 의한 히터 HT로부터의 발열량 qh0의 변화가 나타나 있다. 실선은, 상부 전극(30)의 온도를 40℃로부

터 120℃로 변화시킨 경우의 히터 HT로부터의 발열량  $qh_0$ 의 변화를 나타내고 있다. 파선은, 퇴적물 실드(46)의 온도를 40℃로부터 120℃로 변화시킨 경우의 히터 HT로부터의 발열량  $qh_0$ 의 변화를 나타내고 있다. 이와 같이, 상부 전극(30)의 온도나, 퇴적물 실드(46)의 온도가 상승한 경우, 웨이퍼 W로의 복사열의 입열량이 증가하기 때문에, 히터 HT로부터의 발열량  $qh_0$ 이 저하된다. 또한, 실선과 파선에 나타내는 바와 같이, 상부 전극(30)과 퇴적물 실드(46)에서는, 온도가 변화한 경우의 각 분할 영역(75)에 온도의 변화에 차이가 있다. 예컨대, 상부 전극(30)으로부터의 복사열은, 탑재대(16)의 상부로부터 입열한다. 이 때문에, 상부 전극(30)의 온도가 변화한 경우, 센터 부분, 미들 부분 등 탑재대(16)의 면 내의 중앙 부근의 영역일수록 히터 HT로부터의 발열량  $qh_0$ 이 크게 변화한다. 한편, 퇴적물 실드(46)로부터의 복사열은 탑재대(16)의 측면으로부터 입열한다. 이 때문에, 퇴적물 실드(46)의 온도가 변화한 경우, 에지 부분, 포커스 링 부분 등 탑재대(16)의 면 내의 주변 부근의 영역일수록 히터 HT로부터의 발열량  $qh_0$ 이 크게 변화한다. 따라서, 각 분할 영역(75)의 히터 HT로부터의 발열량  $qh_0$ 의 변화 패턴으로부터 상부 전극(30)과 퇴적물 실드(46)의 어느 쪽의 온도가 변화했는지를 특정할 수 있다.

[0117] 또한, 예컨대, 플라즈마 처리 장치(10)는, 제 1 고주파 전원 HFS로부터의 제 1 고주파 전력의 파워나, 제 2 고주파 전원 LFS로부터의 제 2 고주파 전력의 파워가 변화한 경우, 플라즈마로부터의 입열량이 변한다. 이것에 의해, 플라즈마를 점화한 정상 상태에서 각 히터 HT에 공급되는 히터 파워 Ph가 변화하고, 단위 면적당의 히터 HT로부터의 발열량  $qh$ 가 변화한다. 발열량  $qh$ 는, 히터 파워 Ph를 히터 HT마다의 면적으로 나누는 것에 의해 구해진다. 도 8b는 제 1 고주파 전력, 제 2 고주파 전력이 변화한 경우의 히터로부터의 발열량의 변화의 일례를 나타낸 도면이다. 도 8b에는, 플라즈마를 점화한 정상 상태에서 센터 부분(Center), 미들 부분(Middle), 에지 부분(Edge), 포커스 링 부분(F/R)의 각 분할 영역(75)에 마련된 히터 HT에 공급되는 히터 파워 Ph에 의한 히터 HT로부터의 발열량  $qh$ 의 변화가 나타나 있다. 실선은, 제 1 고주파 전력의 파워를 500W로부터 1000W로 변화시킨 경우의 히터 HT로부터의 발열량  $qh$ 의 변화를 나타내고 있다. 파선은, 제 2 고주파 전력의 파워를 500W로부터 1000W로 변화시킨 경우의 히터 HT로부터의 발열량  $qh$ 의 변화를 나타내고 있다. 이와 같이, 제 1 고주파 전력의 파워나, 제 2 고주파 전력의 파워가 상승한 경우, 플라즈마로부터의 입열량이 증가하기 때문에, 히터 HT로부터의 발열량  $qh$ 가 저하한다. 또한, 실선과 파선에 나타내는 바와 같이, 제 1 고주파 전력과 제 2 고주파 전력에서는 파워의 변화에 의한 각 분할 영역(75)에 온도에는 차이가 있다. 예컨대, 제 1 고주파 전력의 파워가 변화한 경우, 포커스 링 부분 등 탑재대(16)의 면 내의 주변 부근의 영역에서 히터 HT로부터의 발열량  $qh$ 가 크게 변화한다. 한편, 제 2 고주파 전력이 변화한 경우, 센터 부분 등 탑재대(16)의 면 내의 중앙 부근과 포커스 링 부분 등 탑재대(16)의 면 내의 주변 부근의 영역의 히터 HT로부터의 발열량  $qh$ 가 크게 변화한다. 따라서, 각 분할 영역(75)의 히터 HT로부터의 발열량  $qh$ 의 변화 패턴으로부터 제 1 고주파 전력과 제 2 고주파 전력의 어느 쪽의 파워가 변화했는지를 특정할 수 있다.

[0118] 또한, 예컨대, 플라즈마 처리 장치(10)는, 처리 용기(12) 내의 압력이 변화한 경우, 플라즈마로부터의 입열량이 변한다. 이것에 의해, 플라즈마를 점화한 정상 상태에서 각 히터 HT에 공급되는 히터 파워 Ph가 변화하고, 단위 면적당의 히터 HT로부터의 발열량  $qh$ 가 변화한다. 발열량  $qh$ 는, 히터 파워 Ph를 히터 HT마다의 면적으로 나누는 것에 의해 구해진다. 도 8c는 처리 용기 내의 압력이 변화한 경우의 히터로부터의 발열량의 변화의 일례를 나타낸 도면이다. 도 8c에는, 플라즈마를 점화한 정상 상태에서 센터 부분(Center), 미들 부분(Middle), 에지 부분(Edge), 포커스 링 부분(F/R)의 각 분할 영역(75)에 마련된 히터 HT에 공급되는 히터 HT로부터의 발열량  $qh$ 의 변화가 나타나 있다. 실선은, 처리 용기(12) 내의 압력을 30mTorr로부터 50mTorr로 변화시킨 경우의 히터 HT로부터의 발열량  $qh$ 의 변화를 나타내고 있다. 이와 같이, 처리 용기(12) 내의 압력이 증가한 경우, 플라즈마로부터의 입열량이 저하되기 때문에, 히터 HT로부터의 발열량  $qh$ 가 증가한다. 또한, 처리 용기(12) 내의 압력이 증가한 경우, 포커스 링 부분 등 탑재대(16)의 면 내의 주변 부근의 영역의 히터 HT로부터의 발열량  $qh$ 가 크게 변화한다. 따라서, 각 분할 영역(75)의 히터 HT로부터의 발열량  $qh$ 의 변화 패턴으로부터 처리 용기(12) 내의 압력이 변화했는지를 특정할 수 있다.

[0119] 또한, 예컨대, 플라즈마 처리 장치(10)는, 정전 척(18)의 상면과 웨이퍼 W의 이면의 사이에 공급되는 전열 가스의 압력이 변화한 경우, 웨이퍼 W와 정전 척(18)의 표면 사이의 열저항이 변화한다. 또한, 플라즈마 처리 장치(10)는, 웨이퍼 W의 이면 막 두께가 변화한 경우, 웨이퍼 W와 정전 척(18)의 표면 사이의 열저항이 변화한다. 도 8d는 전열 가스의 압력, 웨이퍼 W의 이면 막 두께가 변화한 경우의 열저항의 변화의 일례를 나타낸 도면이다. 도 8d에는, 센터 부분(Center), 미들 부분(Middle), 에지 부분(Edge), 포커스 링 부분(F/R)의 각 분할 영역(75)의 열저항  $R_{th} \cdot A$ 의 변화가 나타나 있다. 실선은, 정전 척(18)의 상면과 웨이퍼 W의 이면의 사이에 공급되는 전열 가스의 압력을 10Torr로부터 30Torr로 변화시킨 경우의 열저항의 변화를 나타내고 있다. 파선은, 웨이퍼 W의 이면의 SiO<sub>2</sub>층의 막 두께를 0nm로부터 1000nm로 변화시킨 경우의 열저항의 변화를 나타내고 있다. 이와 같이, 전열 가스의 압력이나 웨이퍼 W의 이면의 막 두께가 상승한 경우, 열저항이 변화하여 플라스

마로부터의 입열량이 변화한다. 또한, 실선과 파선에 나타내는 바와 같이, 전열 가스의 압력과 웨이퍼 W의 이면의 막 두께에서는 열저항의 변화에 차이가 있다. 예컨대, 전열 가스의 압력이 변화한 경우, 센터 부분 등 웨이퍼 W의 중앙 부근의 영역의 열저항이 크게 변화한다. 한편, 웨이퍼 W의 이면의 막 두께가 변화한 경우, 웨이퍼 W의 영역 전체에서 열저항이 크게 변화한다. 따라서, 각 분할 영역(75)의 열저항의 변화 패턴으로부터 전열 가스의 압력이나 웨이퍼 W의 이면의 막 두께가 변화했는지를 특정할 수 있다.

[0120] 도 3으로 돌아간다. 히터 제어부(102a)는, 각 히터 HT의 온도를 제어한다. 예컨대, 히터 제어부(102a)는, 각 히터 HT로의 공급 전력을 지시하는 제어 데이터를 히터 전원 HP에 출력하여, 히터 전원 HP로부터 각 히터 HT에 공급하는 공급 전력을 제어하는 것에 의해, 각 히터 HT의 온도를 제어한다.

[0121] 플라스마 처리 때, 히터 제어부(102a)에는, 각 히터 HT의 목표로 하는 설정 온도가 설정된다. 예컨대, 히터 제어부(102a)에는, 탑재 영역(18a)의 각 분할 영역(75)마다, 목표로 하는 웨이퍼 W의 온도가, 그 분할 영역(75)의 히터 HT의 설정 온도로서 설정된다. 이 목표로 하는 웨이퍼 W의 온도는, 예컨대, 웨이퍼 W에 대한 플라스마 예칭의 정밀도가 가장 양호해지는 온도이다.

[0122] 히터 제어부(102a)는, 플라스마 처리 때, 각 히터 HT가 설정된 설정 온도가 되도록 각 히터 HT로의 공급 전력을 제어한다. 예컨대, 히터 제어부(102a)는, 외부 인터페이스(101)에 입력하는 온도 데이터가 나타내는 탑재 영역(18a)의 각 분할 영역(75)의 온도를, 분할 영역(75)마다, 그 분할 영역(75)의 설정 온도와 비교한다. 히터 제어부(102a)는, 비교 결과를 이용하여, 설정 온도에 비하여 온도가 낮은 분할 영역(75), 및, 설정 온도에 비하여 온도가 높은 분할 영역(75)을 특정한다. 히터 제어부(102a)는, 설정 온도에 비하여 온도가 낮은 분할 영역(75)에 대한 공급 전력을 증가시키고, 설정 온도에 비하여 온도가 높은 분할 영역(75)에 대한 공급 전력을 감소시키는 제어 데이터를 히터 전원 HP에 출력한다.

[0123] 제 1 취득부(102b)는, 플라스마 처리의 처리 조건이 변화한 경우의 탑재대(16)의 온도에 관한 값의 변화를 나타낸 변화 정보(104a)를 취득한다.

[0124] 먼저, 제 1 취득부(102b)는, 웨이퍼 W를 탑재대(16)에 배치하고, 플라스마 처리의 처리 조건으로 된 처리 파라미터를 표준 조건으로 하여, 플라스마 처리를 실시하여, 탑재대(16)의 온도에 관한 값을 취득한다. 표준 조건은, 예컨대, 반도체를 생산하는 생산 프로세스에서 웨이퍼 W에 대하여 실제의 플라스마 처리를 실시하는 처리 조건으로 한다. 제 1 취득부(102b)는, 처리 조건을 표준 조건으로 하여, 플라스마 처리를 실시하고, 탑재대(16)의 온도에 관한 값을 취득한다.

[0125] 플라스마 처리 때, 히터 제어부(102a)에는, 각 히터 HT의 목표로 하는 설정 온도가 설정된다. 히터 제어부(102a)는, 플라스마 처리 때, 각 히터 HT가 설정된 설정 온도가 되도록 각 히터 HT로의 공급 전력을 제어한다.

[0126] 제 1 취득부(102b)는, 히터 제어부(102a)에 의해, 각 히터 HT의 온도가 일정하게 되도록 각 히터 HT로의 공급 전력을 제어한 상태에서, 플라스마 처리를 실시하여, 탑재대(16)의 온도에 관한 값을 취득한다. 예컨대, 제 1 취득부(102b)는, 플라스마 처리의 개시 전의 플라스마가 미점화 상태에서의 각 히터 HT로의 공급 전력을 계속한다. 또한, 제 1 취득부(102b)는, 플라스마를 점화하고 나서 각 히터 HT로의 공급 전력이 저하되는 경향의 변동이 안정될 때까지의 과도 상태에서의 각 히터 HT로의 공급 전력을 계속한다. 또한, 제 1 취득부(102b)는, 플라스마를 점화한 후, 각 히터 HT로의 공급 전력의 저하가 없어져 안정된 정상 상태에서의 각 히터 HT로의 공급 전력을 계속한다. 미점화 상태에서의 각 히터 HT로의 공급 전력은, 각 히터 HT에서 적어도 하나 계속되고 있으면 되고, 복수 회 계속하여 평균치를 미점화 상태의 공급 전력으로 하더라도 좋다. 과도 상태 및 정상 상태에서의 각 히터 HT로의 공급 전력은, 2회 이상 계속되고 있으면 된다. 공급 전력을 계속하는 계속 타이밍은, 공급 전력이 저하되는 경향이 큰 타이밍을 포함하는 것이 바람직하다. 또한, 계속 타이밍은, 계속 횟수가 적은 경우, 소정 기간 이상 떨어져 있는 것이 바람직하다. 본 실시 형태에서는, 제 1 취득부(102b)는, 플라스마 처리의 기간 중, 소정 주기(예컨대, 0.1초 주기)로 각 히터 HT로의 공급 전력을 계속한다. 이것에 의해, 과도 상태 및 정상 상태에서의 각 히터 HT로의 공급 전력이 다수 계속된다.

[0127] 제 1 취득부(102b)는, 소정의 사이클로, 미점화 상태, 과도 상태 및 정상 상태의 각 히터 HT로의 공급 전력을 계속한다.

[0128] 제 1 취득부(102b)는, 히터 HT마다, 미점화 상태에서 온도를 소정의 온도로 유지하기 위한 히터 HT에서의 발열량을 산출한다. 예컨대, 제 1 취득부(102b)는, 히터 HT마다, 미점화 상태에서의 히터 HT로의 공급 전력으로부터, 미점화 상태의 히터 파워 Ph0을 산출한다.

[0129] 또한, 제 1 취득부(102b)는, 히터 HT마다, 웨이퍼 W와 탑재대(16)의 사이의 열저항, 점화 상태에서 플라스마로

부터 탑재대(16)에 유입되는 입열량을 산출한다. 예컨대, 제 1 취득부(102b)는, 히터 HT마다, 플라스마로부터의 입열량 및 웨이퍼 W와 히터 HT 사이의 열저항을 파라미터로 하고, 과도 상태의 공급 전력을 산출하는 산출 모델에 대하여, 계측된 미점화 상태와 과도 상태의 공급 전력을 이용하여 피팅을 행하여, 히터 HT마다 입열량 및 열저항을 산출한다.

[0130] 예컨대, 제 1 취득부(102b)는, 히터 HT마다, 경과 시간 t마다의 미점화 상태의 히터 파워 Ph0을 구한다. 또한, 제 1 취득부(102b)는, 히터 HT마다, 경과 시간 t마다의 과도 상태의 히터 파워 Ph를 구한다. 제 1 취득부(102b)는, 구한 히터 파워 Ph0을 히터 HT마다의 면적으로 나누는 것에 의해, 경과 시간 t마다의 미점화 상태의 단위 면적당의 히터 HT로부터의 발열량 qh0을 구한다. 또한, 제 1 취득부(102b)는, 구한 히터 파워 Ph를 히터 HT마다의 면적으로 나누는 것에 의해, 경과 시간 t마다의 과도 상태의 단위 면적당의 히터 HT로부터의 발열량 qh를 구한다.

[0131] 그리고, 제 1 취득부(102b)는, 상기의 식 (1)-(11)을 산출 모델로서 이용하여, 히터 HT마다, 경과 시간 t마다의 발열량 qh 및 발열량 qh0의 피팅을 행하고, 오차가 가장 작아지는 열 유속 qp, 및, 열저항 Rth·A를 산출한다.

[0132] 또, 제 1 취득부(102b)는, 미점화 상태의 공급 전력과 정상 상태의 공급 전력의 차이로부터 플라스마로부터 웨이퍼 W로의 입열량을 산출하더라도 좋다. 예컨대, 제 1 취득부(102b)는, 식 (12)를 이용하여, 미점화 상태의 히터 파워 Ph0과 정상 상태의 히터 파워 Ph의 차이를 히터 HT마다의 면적으로 나누는 것으로부터 열 유속 qp를 산출하더라도 좋다.

[0133] 다음으로, 제 1 취득부(102b)는, 플라스마 처리의 처리 조건으로 된 처리 파라미터를 변화시킨다. 예컨대, 제 1 취득부(102b)는, 처리 파라미터로서, 제 1 고주파 전력의 파워, 제 2 고주파 전력의 파워, 전열 가스의 압력, 웨이퍼 W의 이면 막 두께, 상부 전극(30)의 온도, 퇴적물 실드(46)의 온도의 어느 하나를 변화시킨다. 또, 처리 파라미터는, 하나씩 변화시키는 것이 바람직하지만, 복수 동시에 변화시키더라도 좋다.

[0134] 제 1 취득부(102b)는, 탑재대(16)에 새로운 웨이퍼 W를 배치하고, 변화시킨 처리 조건으로 플라스마 처리를 실시하여, 탑재대(16)의 온도에 관한 값을 취득한다. 예컨대, 제 1 취득부(102b)는, 히터 제어부(102a)가 각 히터 HT의 온도가 일정한 설정 온도가 되도록 각 히터 HT로의 공급 전력을 제어하고 있는 상태에서, 플라스마 처리의 미점화 상태, 과도 상태 및 정상 상태에서의 각 히터 HT로의 공급 전력을 계측한다.

[0135] 제 1 취득부(102b)는, 히터 HT마다, 미점화 상태에서의 히터 HT로의 공급 전력으로부터, 미점화 상태에서 온도를 소정의 온도로 유지하기 위한 히터 HT에서의 발열량으로서 미점화 상태의 히터 파워 Ph0을 산출한다. 또한, 제 1 취득부(102b)는, 상술한 산출 모델에 대하여, 계측된 미점화 상태와 과도 상태의 공급 전력을 이용하여 피팅을 행하여, 히터 HT마다 웨이퍼 W로의 입열량 및 열저항을 산출한다. 또, 제 1 취득부(102b)는, 미점화 상태의 공급 전력과 정상 상태의 공급 전력의 차이로부터 플라스마로부터 웨이퍼 W로의 입열량을 산출하더라도 좋다.

[0136] 제 1 취득부(102b)는, 플라스마 처리의 처리 조건으로 된 처리 파라미터를 각각 소정의 범위에서 변화시켜, 탑재대(16)의 온도에 관한 값을 취득한다. 예컨대, 제 1 취득부(102b)는, 플라스마 처리의 처리 조건으로 된 처리 파라미터를 각각 소정의 범위에서 변화시켜, 히터 파워 Ph0, 열 유속 qp, 및, 열저항 Rth·A를 산출한다. 그리고, 제 1 취득부(102b)는, 플라스마 처리의 처리 조건이 변화한 경우의 탑재대(16)의 온도에 관한 값의 변화를 나타낸 변화 정보(104a)를 생성한다. 예컨대, 제 1 취득부(102b)는, 플라스마 처리의 처리 조건으로 된 변화시킨 처리 파라미터마다, 각 분할 영역(75)의 탑재대(16)의 온도에 관한 값의 변화 패턴을 기록한 변화 정보(104a)를 생성한다. 예컨대, 제 1 취득부(102b)는, 제 1 고주파 전력의 파워, 제 2 고주파 전력의 파워, 전열 가스의 압력, 웨이퍼 W의 이면 막 두께, 상부 전극(30)의 온도, 퇴적물 실드(46)의 온도가 변화한 경우의 각 분할 영역(75)의 히터 파워 Ph0, 열 유속 qp, 및, 열저항 Rth·A의 변화를 나타낸 변화 패턴을 기록한 변화 정보(104a)를 생성한다. 변화 정보(104a)는, 처리 조건마다, 히터 파워 Ph0, 열 유속 qp, 및, 열저항 Rth·A를 기억시킨 것으로 하더라도 좋다. 또한, 변화 정보(104a)는, 어느 하나의 처리 조건에서의 히터 파워 Ph0, 열 유속 qp, 및, 열저항 Rth·A를 기준 처리 조건으로 하여, 기준 처리 조건과는 상이한 처리 조건과의 사이에서의 히터 파워 Ph0, 열 유속 qp, 및, 열저항 Rth·A의 차이를 기억한 것으로 하더라도 좋다. 제 1 취득부(102b)는, 생성한 변화 정보(104a)를 기억부(104)에 기억시킨다.

[0137] 이것에 의해, 기억부(104)에는, 변화 정보(104a)가 기억된다. 또, 본 실시 형태에서는, 제 1 취득부(102b)가 처리 조건을 바꾼 플라스마 처리를 실시하여 변화 정보(104a)를 취득하는 경우를 예로 설명하지만, 이것으로 한정되는 것이 아니다. 기억부(104)에는, 사전에 준비된 변화 정보(104a)나 다른 장치에서 생성된 변화 정보



(104a)가 기억되더라도 좋다.

- [0138] 그런데, 상술한 바와 같이, 플라스마 처리 장치(10)는, 이상이나 고장의 발생이나 시간에 따른 변화 등에 의해, 플라스마 처리의 처리 조건이 변화하는 경우가 있다. 그래서, 실시 형태와 관련되는 플라스마 처리 장치(10)는, 반도체를 생산하는 생산 프로세스에서 웨이퍼 W에 플라스마 처리를 행할 때, 기억부(104)에 기억된 변화 정보(104a)에 근거하여, 플라스마 처리의 처리 조건의 변화를 감시한다.
- [0139] 플라스마 처리 때, 히터 제어부(102a)에는, 각 히터 HT의 목표로 하는 설정 온도가 설정된다. 히터 제어부(102a)는, 플라스마 처리 때, 각 히터 HT가 설정된 설정 온도가 되도록 각 히터 HT로의 공급 전력을 제어한다.
- [0140] 제 2 취득부(102c)는, 히터 제어부(102a)가 각 히터 HT의 온도가 일정한 설정 온도가 되도록 각 히터 HT로의 공급 전력을 제어하고 있는 상태에서, 플라스마 처리를 실시하여, 탑재대(16)의 온도에 관한 값을 취득한다. 예컨대, 제 2 취득부(102c)는, 플라스마 처리의 개시 전의 플라스마가 미점화 상태에서의 각 히터 HT로의 공급 전력을 계측한다. 또한, 제 2 취득부(102c)는, 플라스마를 점화하고 나서 각 히터 HT로의 공급 전력이 저하되는 경향의 변동이 안정될 때까지의 과도 상태에서의 각 히터 HT로의 공급 전력을 계측한다. 또한, 제 2 취득부(102c)는, 플라스마를 점화한 후, 각 히터 HT로의 공급 전력의 저하가 없어져 안정된 정상 상태에서의 각 히터 HT로의 공급 전력을 계측한다. 미점화 상태에서의 각 히터 HT로의 공급 전력은, 각 히터 HT에서 적어도 하나 계측되고 있으면 되고, 복수 회 계측하여 평균치를 미점화 상태의 공급 전력으로 하더라도 좋다. 과도 상태 및 정상 상태에서의 각 히터 HT로의 공급 전력은, 2회 이상 계측되고 있으면 된다. 공급 전력을 계측하는 계측 타이밍은, 공급 전력이 저하되는 경향이 큰 타이밍을 포함하는 것이 바람직하다. 또한, 계측 타이밍은, 계측 횟수가 적은 경우, 소정 기간 이상 떨어져 있는 것이 바람직하다. 본 실시 형태에서는, 제 2 취득부(102c)는, 플라스마 처리의 기간 중, 소정 주기(예컨대, 0.1초 주기)로 각 히터 HT로의 공급 전력을 계측한다. 이것에 의해, 과도 상태 및 정상 상태에서의 각 히터 HT로의 공급 전력이 다수 계측된다.
- [0141] 제 2 취득부(102c)는, 소정의 사이클로, 미점화 상태와, 과도 상태와, 정상 상태의 각 히터 HT로의 공급 전력을 계측한다. 예컨대, 제 2 취득부(102c)는, 웨이퍼 W가 교환되고, 교환된 웨이퍼 W를 탑재대(16)에 탑재하여 플라스마 처리를 행할 때에, 매회, 미점화 상태와, 과도 상태와, 정상 상태의 각 히터 HT로의 공급 전력을 계측한다. 또, 예컨대, 제 2 취득부(102c)는, 플라스마 처리마다, 미점화 상태와, 과도 상태와, 정상 상태의 각 히터 HT로의 공급 전력을 계측하더라도 좋다.
- [0142] 제 2 취득부(102c)는, 히터 HT마다, 미점화 상태에서 온도를 소정의 온도로 유지하기 위한 히터 HT에서의 발열량을 산출한다. 예컨대, 제 2 취득부(102c)는, 히터 HT마다, 미점화 상태에서의 히터 HT로의 공급 전력으로부터, 미점화 상태의 히터 파워  $Ph_0$ 을 산출한다.
- [0143] 또한, 제 2 취득부(102c)는, 히터 HT마다, 웨이퍼 W와 탑재대(16)의 사이의 열저항, 점화 상태에서 플라스마로부터 탑재대(16)에 유입되는 입열량을 산출한다. 예컨대, 제 2 취득부(102c)는, 히터 HT마다, 상술한 산출 모델에 대하여, 계측된 미점화 상태와 과도 상태의 공급 전력을 이용하여 피팅을 행하여, 입열량 및 열저항을 산출한다.
- [0144] 예컨대, 제 2 취득부(102c)는, 히터 HT마다, 경과 시간  $t$ 마다의 미점화 상태의 히터 파워  $Ph_0$ 을 구한다. 또한, 제 2 취득부(102c)는, 히터 HT마다, 경과 시간  $t$ 마다의 과도 상태의 히터 파워  $Ph$ 를 구한다. 제 2 취득부(102c)는, 구한 히터 파워  $Ph_0$ 을 히터 HT마다의 면적으로 나누는 것에 의해, 경과 시간  $t$ 마다의 미점화 상태의 단위 면적당의 히터 HT로부터의 발열량  $qh_0$ 을 구한다. 또한, 제 2 취득부(102c)는, 구한 히터 파워  $Ph$ 를 히터 HT마다의 면적으로 나누는 것에 의해, 경과 시간  $t$ 마다의 과도 상태의 단위 면적당의 히터 HT로부터의 발열량  $qh$ 를 구한다.
- [0145] 그리고, 제 2 취득부(102c)는, 상기의 식 (1)-(11)을 산출 모델로서 이용하여, 히터 HT마다, 경과 시간  $t$ 마다의 발열량  $qh$  및 발열량  $qh_0$ 의 피팅을 행하고, 오차가 가장 작아지는 열 유속  $qp$ , 및, 열저항  $R_{th} \cdot A$ 를 산출한다.
- [0146] 또, 제 2 취득부(102c)는, 미점화 상태의 공급 전력과 정상 상태의 공급 전력의 차이로부터 플라스마로부터 웨이퍼 W로의 입열량을 산출하더라도 좋다. 예컨대, 제 1 취득부(102b)는, 식 (12)를 이용하여, 미점화 상태의 히터 파워  $Ph_0$ 과 정상 상태의 히터 파워  $Ph$ 의 차이를 히터 HT마다의 면적으로 나누는 것으로부터 열 유속  $qp$ 를 산출하더라도 좋다.
- [0147] 제 2 취득부(102c)는, 소정의 사이클로, 미점화 상태의 히터 파워  $Ph_0$ , 열 유속  $qp$ , 및, 열저항  $R_{th} \cdot A$ 를 산출한다. 예컨대, 제 2 취득부(102c)는, 웨이퍼 W가 교환될 때마다, 그 웨이퍼 W를 탑재대(16)에 탑재한 상태에서 측정된 미점화 상태와 과도 상태와 정상 상태의 공급 전력을 이용하여, 미점화 상태의 히터 파워  $Ph_0$ , 열 유속

qp, 및, 열저항  $R_{th} \cdot A$ 를 산출한다.

- [0148] 설정 온도 산출부(102d)는, 히터 HT마다, 산출된 입열량 및 열저항을 이용하여, 웨이퍼 W가 목표 온도가 되는 히터 HT의 설정 온도를 산출한다. 예컨대, 설정 온도 산출부(102d)는, 히터 HT마다, 산출된 열 유속 qp, 및, 열저항  $R_{th} \cdot A$ 를 식 (5), (6), (13)에 대입하고, 식 (5)-(11)에 나타낸  $a_1$ ,  $a_2$ ,  $a_3$ ,  $\lambda_1$ ,  $\lambda_2$ ,  $\tau_1$ ,  $\tau_2$ 를 이용하여, 식 (13)으로부터 히터 HT의 온도  $T_h$ 를 산출한다. 예컨대, 설정 온도 산출부(102d)는, 경과 시간 t를 정상 상태로 간주할 수 있을 정도의 큰 소정의 값으로 하여, 히터 HT의 온도  $T_h$ 를 산출한다. 산출되는 히터 HT의 온도  $T_h$ 는, 웨이퍼 W의 온도가 목표 온도가 되는 히터 HT의 온도이다. 또, 히터 HT의 온도  $T_h$ 는, 식 (14)로부터 구하더라도 좋다.
- [0149] 또, 설정 온도 산출부(102d)는, 식 (13)으로부터 각각의 히터에 대하여, 현재의 히터 HT의 온도 T에서의 웨이퍼 W의 온도 TW를 산출하더라도 좋다. 예컨대, 설정 온도 산출부(102d)는, 현재의 히터 HT의 온도 T에서, 경과 시간 t를 정상 상태로 간주할 수 있을 정도의 큰 소정의 값으로 한 경우의 웨이퍼 W의 온도 TW를 산출한다. 다음으로, 설정 온도 산출부(102d)는, 산출한 온도 TW와 목표 온도의 차분  $\Delta TW$ 를 산출한다. 그리고, 설정 온도 산출부(102d)는, 현재의 히터 HT의 온도 T로부터 차분  $\Delta TW$ 의 감산을 행한 온도를, 웨이퍼 W의 온도가 목표 온도가 되는 히터 HT의 온도  $T_h$ 로 산출하더라도 좋다.
- [0150] 설정 온도 산출부(102d)는, 히터 제어부(102a)의 각 히터 HT의 설정 온도를, 웨이퍼 W의 온도가 목표 온도가 되는 히터 HT의 온도로 수정한다.
- [0151] 설정 온도 산출부(102d)는, 소정의 사이클로, 웨이퍼 W의 온도가 목표 온도가 되는 히터 HT의 온도를 산출하고, 각 히터 HT의 설정 온도를 수정한다. 예컨대, 설정 온도 산출부(102d)는, 웨이퍼 W가 교환될 때마다, 웨이퍼 W의 온도가 목표 온도가 되는 히터 HT의 온도를 산출하고, 각 히터 HT의 설정 온도를 수정한다. 또, 예컨대, 설정 온도 산출부(102d)는, 플라스마 처리마다, 웨이퍼 W의 온도가 목표 온도가 되는 히터 HT의 온도를 산출하고, 각 히터 HT의 설정 온도를 수정하더라도 좋다.
- [0152] 이것에 의해, 본 실시 형태와 관련되는 플라스마 처리 장치(10)는, 플라스마 처리 중의 웨이퍼 W의 온도를 목표 온도로 정밀하게 제어할 수 있다.
- [0153] 그런데, 상술한 바와 같이, 플라스마 처리 장치(10)는, 이상이나 고장의 발생이나 시간에 따른 변화 등에 의해, 플라스마 처리의 처리 조건이 변화하는 경우가 있다.
- [0154] 그래서, 감시부(102e)는, 변화 정보(104a)에 근거하여, 제 2 취득부에 의해 취득되는 탑재대(16)의 온도에 관한 값의 변화로부터 플라스마 처리의 처리 조건의 변화를 감시한다. 예컨대, 감시부(102e)는, 소정의 사이클로, 제 2 취득부에 의해 산출되는 각 히터 HT의 미점화 상태의 히터 파워  $Ph_0$ , 열 유속 qp, 및, 열저항  $R_{th} \cdot A$ 를 기억한다. 그리고, 감시부(102e)는, 각 히터 HT의 히터 파워  $Ph_0$ , 열 유속 qp, 및, 열저항  $R_{th} \cdot A$ 에, 변화 정보(104a)에 기억된 어느 하나의 변화 패턴의 변화가 발생했는지를 감시한다. 예컨대, 감시부(102e)는, 최초의 웨이퍼 W와 최근의 웨이퍼 W에서 각각 산출된 각 히터 HT의 히터 파워  $Ph_0$ , 열 유속 qp, 및, 열저항  $R_{th} \cdot A$ 를 비교한다. 그리고, 감시부(102e)는, 최초의 웨이퍼 W와 최근의 웨이퍼 W의 히터 HT마다의 히터 파워  $Ph_0$ , 열 유속 qp, 및, 열저항  $R_{th} \cdot A$ 의 변화를 구한다. 감시부(102e)는, 히터 HT마다의 히터 파워  $Ph_0$ , 열 유속 qp, 및, 열저항  $R_{th} \cdot A$ 의 변화가, 변화 정보(104a)에 기억된 어느 하나의 변화 패턴의 변화에 해당하는지 판정한다. 예컨대, 감시부(102e)는, 히터 HT마다의 히터 파워  $Ph_0$ , 열 유속 qp, 및, 열저항  $R_{th} \cdot A$ 의 어느 하나에 소정의 허용치 이상의 변화가 발생했는지 판정한다. 감시부(102e)는, 소정의 허용치 이상의 변화가 발생하고 있는 경우, 히터 HT마다의 히터 파워  $Ph_0$ , 열 유속 qp, 및, 열저항  $R_{th} \cdot A$ 의 변화 패턴을, 변화 정보(104a)에 기억된 변화 패턴과 비교하여, 소정 이상 유사한 변화 패턴을 특정한다. 예컨대, 감시부(102e)는, 비교의 결과, 히터 파워  $Ph_0$ , 열 유속 qp, 및, 열저항  $R_{th} \cdot A$ 의 어느 하나에서, 각 분할 영역(75)의 차이가 각각 허용치 이내인 변화 패턴을 특정한다. 또, 감시부(102e)는, 변화 패턴을 복수 특정하더라도 좋다. 또한, 감시부(102e)는, 변화 패턴이 복수 특정된 경우, 차이가 가장 작은 변화 패턴을 하나 특정하더라도 좋다. 감시부(102e)는, 특정한 변화 패턴으로 변화시키고 있던 처리 파라미터를, 변화한 플라스마 처리의 처리 조건으로 특정한다.
- [0155] 경보부(102f)는, 감시부(102e)의 감시의 결과, 플라스마 처리의 처리 조건에 소정 이상의 변화가 검출된 경우, 경보를 발한다. 예컨대, 경보부(102f)는, 감시부(102e)의 감시의 결과, 히터 HT마다의 히터 파워  $Ph_0$ , 열 유속 qp, 및, 열저항  $R_{th} \cdot A$ 의 어느 하나에 소정의 허용치 이상의 변화가 발생하고 있는 경우, 경보를 발한다. 또한, 경보부(102f)는, 감시부(102e)에 의해 특정된 처리 파라미터를 변화한 플라스마 처리의 처리 조건으로서 알리는 경보를 발한다. 경보부(102f)는, 변화 패턴이 복수 특정된 경우, 각각의 변화 패턴으로 변화시키고 있

던 처리 파라미터를 변화한 플라즈마 처리의 처리 조건으로서 알리는 경보를 발한다. 정보는, 공정 관리자나 플라즈마 처리 장치(10)의 관리자 등에게 이상을 알릴 수 있으면, 어느 방식이더라도 좋다. 예컨대, 경보부(102f)는, 유저 인터페이스(103)에 이상을 알리는 메시지를 표시한다.

[0156] 이것에 의해, 본 실시 형태와 관련되는 플라즈마 처리 장치(10)는, 이상이나 고장의 발생이나 시간에 따른 변화 등에 의해, 플라즈마 처리의 처리 조건이 변화한 경우, 이상의 발생을 알릴 수 있다. 또한, 플라즈마 처리 장치(10)는, 이상이 된 처리 파라미터를 알릴 수 있다. 이것에 의해, 공정 관리자나 플라즈마 처리 장치(10)의 관리자는, 이상이나 고장의 발생이나 시간에 따른 변화의 발생을 알 수 있다. 또한, 공정 관리자나 플라즈마 처리 장치(10)의 관리자는, 알려진 처리 파라미터로부터 메인テナンス가 필요한 파츠를 추정할 수 있고, 플라즈마 처리 장치(10)를 조기에 회복시킬 수 있다.

[0157] 보정부(102g)는, 감시부(102e)의 감시의 결과, 플라즈마 처리의 처리 조건에 소정 이상의 변화가 검출된 경우, 검출된 처리 조건의 변화를 없애도록 플라즈마 처리의 처리 조건을 보정한다. 예컨대, 보정부(102g)는, 감시부(102e)에 의해 특정된 처리 파라미터의 값을 변화한 만큼 보정한다.

[0158] 이것에 의해, 본 실시 형태와 관련되는 플라즈마 처리 장치(10)는, 이상이나 고장의 발생이나 시간에 따른 변화 등에 의해, 플라즈마 처리의 처리 조건이 변화한 경우, 변화한 처리 조건을 원래의 상태로 자동으로 보정할 수 있다.

[0159] [처리의 흐름]

[0160] 다음으로, 본 실시 형태와 관련되는 플라즈마 처리 장치(10)가 실시하는 처리의 흐름에 대하여 설명한다. 먼저, 플라즈마 처리 장치(10)가 변화 정보(104a)를 생성하는 생성 처리의 흐름에 대하여 설명한다. 도 9는 실시 형태와 관련되는 생성 처리의 흐름의 일례를 나타내는 플로차트이다. 이 생성 처리는, 소정의 타이밍, 예컨대, 유저 인터페이스(103)에서 생성 처리의 개시를 지시하는 소정 조작이 행하여진 타이밍에 실행된다.

[0161] 히터 제어부(102a)는, 각 히터 HT가 설정 온도가 되도록 각 히터 HT로의 공급 전력을 제어한다(스텝 S10).

[0162] 제 1 취득부(102b)는, 플라즈마 처리의 처리 조건으로 된 처리 파라미터를 표준 조건으로 하여 플라즈마 처리를 실시하여, 탑재대(16)의 온도에 관한 값을 취득한다(스텝 S11).

[0163] 제 1 취득부(102b)는, 처리 파라미터를 각각 소정의 범위에서 변화시킨 모든 처리 조건으로 플라즈마 처리를 실시했는지 여부를 판정한다(스텝 S12). 모든 처리 조건으로 플라즈마 처리를 실시한 경우(스텝 S12 : 예), 후술하는 스텝 S15로 이행한다.

[0164] 한편, 모든 처리 조건으로 플라즈마 처리를 실시하지 않은 경우(스텝 S12 : 아니오), 제 1 취득부(102b)는, 아직 실시하지 않은 처리 조건으로 처리 조건을 변경한다(스텝 S13). 제 1 취득부(102b)는, 변경한 처리 조건으로 플라즈마 처리를 실시하여, 탑재대(16)의 온도에 관한 값을 취득하고(스텝 S14), 상술한 스텝 S12로 이행한다.

[0165] 제 1 취득부(102b)는, 취득한 각 처리 조건에서의 탑재대(16)의 온도에 관한 값으로부터 처리 조건이 변화한 경우의 탑재대(16)의 온도에 관한 값의 변화를 나타낸 변화 정보(104a)를 생성한다(스텝 S15). 제 1 취득부(102b)는, 생성한 변화 정보(104a)를 기억부(104)에 저장하고(스텝 S16), 처리를 종료한다.

[0166] 다음으로, 플라즈마 처리 장치(10)가 이상의 발생을 감시하는 감시 처리의 흐름에 대하여 설명한다. 도 10은 실시 형태와 관련되는 감시 처리의 흐름의 일례를 나타내는 플로차트이다. 이 감시 처리는, 소정의 타이밍, 예컨대, 반도체를 생산하는 생산 프로세스의 플라즈마 처리를 개시하는 타이밍에 실행된다.

[0167] 히터 제어부(102a)는, 각 히터 HT가 설정 온도가 되도록 각 히터 HT로의 공급 전력을 제어한다(스텝 S20).

[0168] 제 2 취득부(102c)는, 플라즈마 처리 때에, 소정의 사이클로, 탑재대(16)의 온도에 관한 값을 취득한다(스텝 S21).

[0169] 감시부(102e)는, 변화 정보(104a)에 근거하여, 제 2 취득부에 의해 취득되는 탑재대(16)의 온도에 관한 값의 변화로부터 플라즈마 처리의 처리 조건의 변화를 감시한다(스텝 S22).

[0170] 경보부(102f)는, 감시부(102e)의 감시의 결과, 플라즈마 처리의 처리 조건에 소정 이상의 변화가 검출되었는지 여부를 판정한다(스텝 S23). 변화가 검출되지 않는 경우(스텝 S23 : 아니오), 후술하는 스텝 S26으로 이행한다.

- [0171] 한편, 변화가 검출된 경우(스텝 S23 : 예), 경보부(102f)는, 경보를 발한다(스텝 S24). 보정부(102g)는, 검출된 처리 조건의 변화를 없애도록 플라즈마 처리의 처리 조건을 보정한다(스텝 S25).
- [0172] 감시부(102e)는, 생산 프로세스의 플라즈마 처리가 모두 완료되었는지 여부를 판정한다(스텝 S26). 생산 프로세스의 플라즈마 처리가 모두 완료되어 있지 않은 경우(스텝 S26 : 아니오), 상술한 스텝 S21로 이행한다.
- [0173] 한편, 생산 프로세스의 플라즈마 처리가 모두 완료된 경우(스텝 S26 : 예), 처리를 종료한다.
- [0174] 이와 같이, 본 실시 형태와 관련되는 플라즈마 처리 장치(10)는, 기억부(104)와, 제 2 취득부(102c)와, 감시부(102e)를 갖는다. 기억부(104)는, 탑재대(16)에 탑재된 웨이퍼 W에 대한 플라즈마 처리의 처리 조건이 변화한 경우의 탑재대(16)의 온도에 관한 값의 변화를 나타낸 변화 정보(104a)를 기억한다. 제 2 취득부(102c)는, 탑재대(16)의 온도에 관한 값을 소정의 사이클로 취득한다. 감시부(102e)는, 변화 정보(104a)에 근거하여, 제 2 취득부(102c)에 의해 취득되는 탑재대(16)의 온도에 관한 값의 변화로부터 플라즈마 처리의 처리 조건의 변화를 감시한다. 이것에 의해, 플라즈마 처리 장치(10)는, 센서를 배치하는 일 없이 이상의 발생을 검출할 수 있다.
- [0175] 또한, 본 실시 형태와 관련되는 플라즈마 처리 장치(10)는, 탑재대(16)에, 웨이퍼 W가 탑재되는 탑재면의 온도를 조정 가능한 히터 HT가 마련되어 있다. 탑재대의 온도에 관한 값은, 미점화 상태에서 탑재대(16)의 온도를 소정의 온도로 유지하기 위한 히터 HT에서의 발열량, 웨이퍼 W와 탑재대(16)의 사이의 열저항, 및, 점화 상태에서 플라즈마로부터 탑재대(16)에 유입되는 입열량의 적어도 하나로 되어 있다. 이것에 의해, 플라즈마 처리 장치(10)는, 센서를 배치하는 일 없이 이상의 발생을 검출할 수 있다.
- [0176] 또한, 제 2 취득부(102c)는, 히터 HT의 온도가 일정하게 되도록 히터 HT로의 공급 전력을 제어한 상태에서, 플라즈마를 점화하고 있지 않은 미점화 상태와, 플라즈마를 점화하고 나서 히터 HT로의 공급 전력이 저하되는 과도 상태에서의 공급 전력을 계측한다. 그리고, 제 2 취득부(102c)는, 플라즈마로부터 탑재대(16)에 유입되는 입열량 및 웨이퍼 W와 탑재대(16)의 사이의 열저항을 파라미터로 하고, 과도 상태의 공급 전력을 산출하는 산출 모델에 대하여, 계측된 미점화 상태와 과도 상태의 공급 전력을 이용하여 피팅을 행하여, 입열량 및 열저항을 산출한다. 이것에 의해, 플라즈마 처리 장치(10)는, 센서를 배치하는 일 없이 입열량 및 열저항을 취득할 수 있다.
- [0177] 또한, 제 2 취득부(102c)는, 히터 HT의 온도가 일정하게 되도록 히터 HT로의 공급 전력을 제어한 상태에서, 플라즈마를 점화하고 있지 않은 미점화 상태와, 플라즈마를 점화하여 히터 HT로의 공급 전력이 안정된 정상 상태에서의 공급 전력을 계측한다. 제 2 취득부(102c)는, 계측된 미점화 상태와 정상 상태의 공급 전력의 차이로부터 입열량을 산출한다. 이것에 의해, 플라즈마 처리 장치(10)는, 센서를 배치하는 일 없이 입열량을 취득할 수 있다.
- [0178] 또한, 제 2 취득부(102c)는, 히터 HT의 온도가 일정하게 되도록 히터 HT로의 공급 전력을 제어한 상태에서, 플라즈마를 점화하고 있지 않은 미점화 상태의 공급 전력을 계측한다. 그리고, 제 2 취득부(102c)는, 계측된 미점화 상태의 공급 전력으로부터 미점화 상태에서 탑재대(16)의 온도를 소정의 온도로 유지하기 위한 히터 HT에서의 발열량을 산출한다. 이것에 의해, 플라즈마 처리 장치(10)는, 센서를 배치하는 일 없이 히터 HT에서의 발열량을 취득할 수 있다.
- [0179] 또한, 탑재대(16)는, 웨이퍼 W가 탑재되는 탑재면이 복수의 분할 영역(75)으로 분할되고, 각 분할 영역(75)에 히터 HT가 마련되어 있다. 변화 정보(104a)는, 플라즈마 처리의 처리 조건으로 된 처리 파라미터의 변화마다 각 분할 영역(75)의 탑재대(16)의 온도에 관한 값의 변화 패턴이 기억되어 있다. 제 2 취득부(102c)는, 각 분할 영역(75)의 탑재대(16)의 온도에 관한 값을 취득한다. 감시부(102e)는, 변화 정보(104a)에 근거하여, 제 2 취득부(102c)에 의해 취득되는 각 분할 영역(75)의 탑재대(16)의 온도에 관한 값의 변화 패턴으로부터 변화한 처리 파라미터를 특정한다. 이것에 의해, 플라즈마 처리 장치(10)는, 센서를 배치하는 일 없이 변화한 처리 파라미터를 특정할 수 있다.
- [0180] 또한, 플라즈마 처리 장치(10)는, 경보부(102f)를 더 갖는다. 경보부(102f)는, 감시부(102e)에 의한 감시의 결과, 플라즈마 처리의 처리 조건에 소정 이상의 변화가 검출된 경우, 경보를 발한다. 이것에 의해, 플라즈마 처리 장치(10)는, 플라즈마 처리의 처리 조건이 소정 이상 변화한 경우, 경보를 발할 수 있다.
- [0181] 또한, 플라즈마 처리 장치(10)는, 보정부(102g)를 더 갖는다. 보정부(102g)는, 감시부(102e)에 의한 감시의 결과, 플라즈마 처리의 처리 조건에 소정 이상의 변화가 검출된 경우, 그 처리 조건의 변화를 없애도록 플라즈마 처리의 처리 조건을 보정한다. 이것에 의해, 플라즈마 처리 장치(10)는, 변화한 플라즈마 처리의 처리 조건을



자동으로 보정할 수 있다.

- [0182] 이상, 실시 형태에 대하여 설명했지만, 이번 개시된 실시 형태는, 모든 점에서 예시이고 제한적인 것이 아니라고 생각되어야 한다. 실제로, 상기한 실시 형태는, 다양한 형태로 구현될 수 있다. 또한, 상기의 실시 형태는, 청구의 범위 및 그 취지를 이탈하는 일 없이, 다양한 형태로 생략, 치환, 변경되더라도 좋다.
- [0183] 예컨대, 상기의 실시 형태에서는, 피처리체로서 반도체 웨이퍼에 플라즈마 처리를 행하는 경우를 예로 설명했지만, 이것으로 한정되는 것이 아니다. 피처리체는, 온도에 따라 플라즈마 처리의 진행에 영향이 있는 것이면 어느 것이더라도 좋다.
- [0184] 또한, 상기의 실시 형태에서는, 경보부(102f)에 의한 경보와, 보정부(102g)에 의한 처리 조건의 보정을 양쪽 모두 행하는 경우를 예로 설명했지만, 이것으로 한정되는 것이 아니다. 예컨대, 플라즈마 처리 장치(10)는, 경보부(102f)에 의한 경보와, 보정부(102g)에 의한 처리 조건의 보정의 어느 한쪽만을 행하는 것으로 하더라도 좋다.
- [0185] 또한, 상기의 실시 형태에서는, 도 2에 나타내는 바와 같이, 정전 척(18)의 탑재 영역(18a)을 지름 방향으로 대략 균등한 간격으로 4개의 분할 영역(75)으로 분할한 경우를 예로 설명했지만, 이것으로 한정되는 것이 아니다. 예컨대, 정전 척(18)의 탑재 영역(18a)은, 웨이퍼 W의 중심 측에서 간격이 크고, 외주 측에서 간격이 작은 분할 영역(75)으로 분할하더라도 좋다. 도 11a는 다른 실시 형태와 관련되는 탑재대를 나타내는 평면도이다. 도 11a에서는, 정전 척(18)의 탑재 영역(18a)은, 중앙의 원 형상의 분할 영역(75a) 및 4개의 환상의 분할 영역(75b~75e)으로 분할되어 있다. 분할 영역(75a~75d)에는, 웨이퍼 W가 배치된다. 분할 영역(75e)에는, 포커스 링 FR이 배치된다. 또한, 웨이퍼 W의 중심 측이 되는 분할 영역(75a)은 폭이 크게 분할되어 있다. 웨이퍼 W의 외주 측이 되는 분할 영역(75b~75d)은 폭이 작게 분할되어 있다. 또한, 정전 척(18)의 탑재 영역(18a)은, 둘레 방향으로 분할되더라도 좋다. 도 11b는 다른 실시 형태와 관련되는 탑재대를 나타내는 평면도이다. 도 11b에서는, 탑재 영역(18a)은, 중앙의 원형의 분할 영역(75)과, 그 원형의 분할 영역(75)을 둘러싸는 동심 형상의 복수의 환상의 분할 영역으로 분할되어 있다. 또한, 환상의 분할 영역은, 둘레 방향으로 복수의 분할 영역(75)으로 분할되어 있다. 또한, 분할 영역(75)의 형상은, 원 형상이나 환상 이외이더라도 좋다. 도 11c는 다른 실시 형태와 관련되는 탑재대를 나타내는 평면도이다. 도 11c에서는, 탑재 영역(18a)은, 격자 형상으로 분할 영역(75)으로 분할되어 있다.
- [0186] 또한, 상기의 실시 형태에서는, 정전 척(18)의 탑재 영역(18a)을 분할한 각 분할 영역(75)에 대하여 탑재대(16)의 온도에 관한 값을 취득하여 플라즈마 처리의 처리 조건의 변화를 감시하는 경우를 예로 설명했지만, 이것으로 한정되는 것이 아니다. 예컨대, 플라즈마 처리 장치(10)는, 정전 척(18)의 탑재 영역(18a) 전체에서 탑재대(16)의 온도에 관한 값을 하나 취득하고, 취득한 값의 변화로부터 플라즈마 처리의 처리 조건의 변화를 감시하더라도 좋다. 또한, 플라즈마 처리 장치(10)는, 어느 하나의 분할 영역(75)에 대하여 탑재대(16)의 온도에 관한 값을 취득하고, 취득한 값의 변화로부터 플라즈마 처리의 처리 조건의 변화를 감시하더라도 좋다.
- [0187] 또한, 상기의 실시 형태에서는, 플라즈마 처리로서 플라즈마 에칭을 행하는 경우를 예로 설명했지만, 이것으로 한정되는 것이 아니다. 플라즈마 처리는, 플라즈마를 이용하고 있고, 온도에 따라 처리의 진행에 영향이 있는 것이면 어느 것이더라도 좋다.

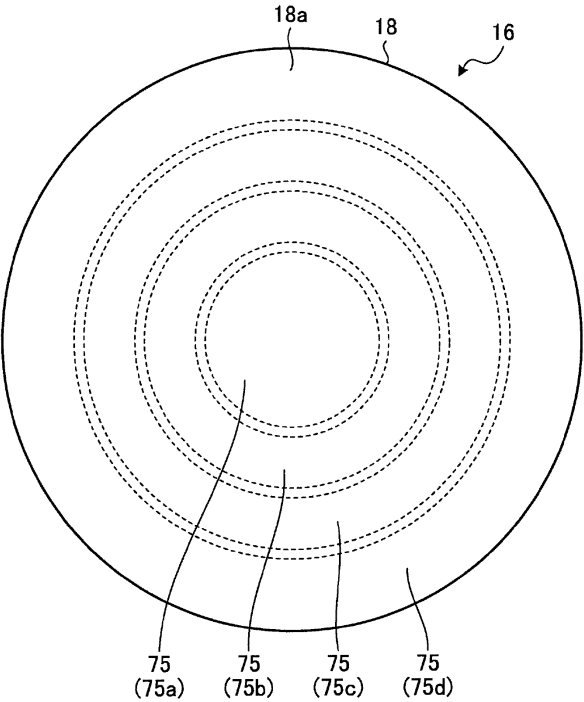
## 부호의 설명

- [0188] 10 : 플라즈마 처리 장치  
16 : 탑재대  
18 : 정전 척  
18a : 탑재 영역  
20 : 기대  
75 : 분할 영역  
100 : 제어부  
102 : 프로세스 컨트롤러

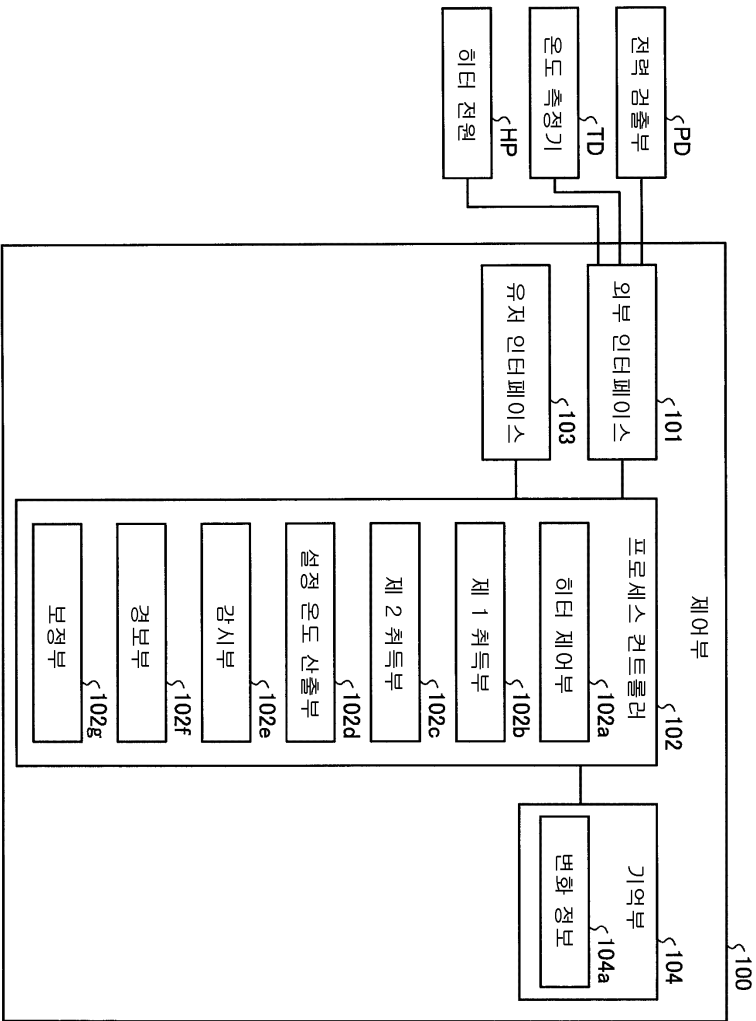
102a : 히터 제어부  
102b : 제 1 취득부  
102c : 제 2 취득부  
102d : 설정 온도 산출부  
102e : 감시부  
102f : 경보부  
102g : 보정부  
104 : 기억부  
104a : 변화 정보  
HP : 히터 전원  
HT : 히터  
PD : 전력 검출부  
TD : 온도 측정기  
W : 웨이퍼



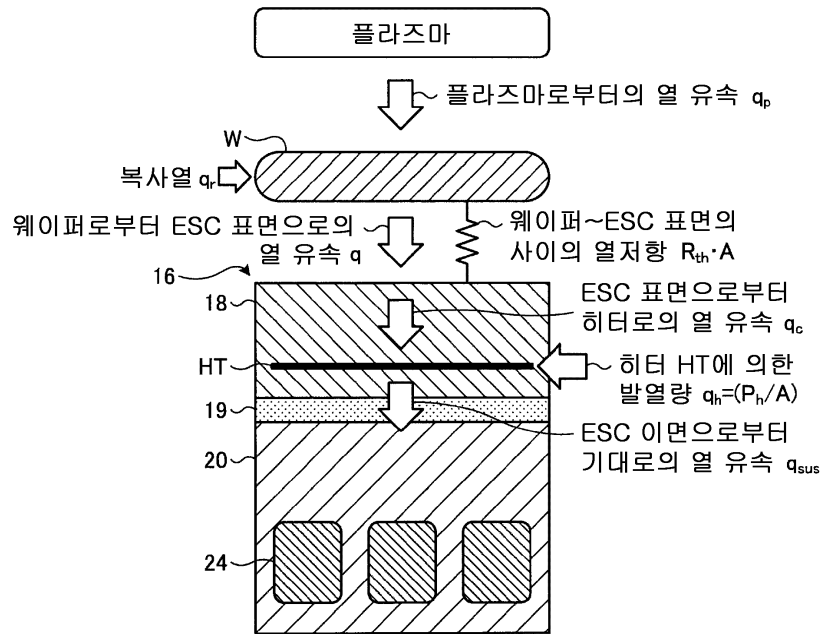
도면2



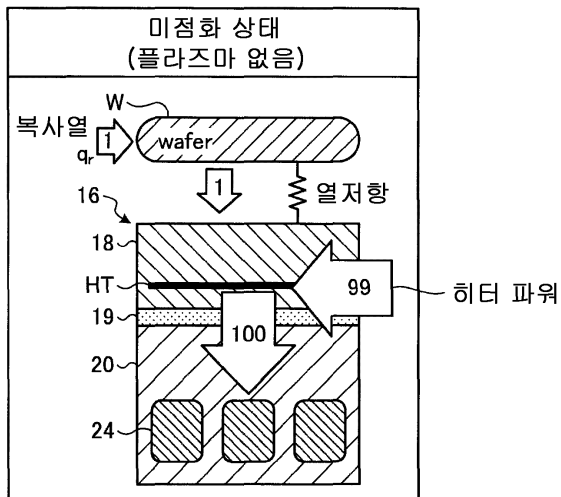
도면3



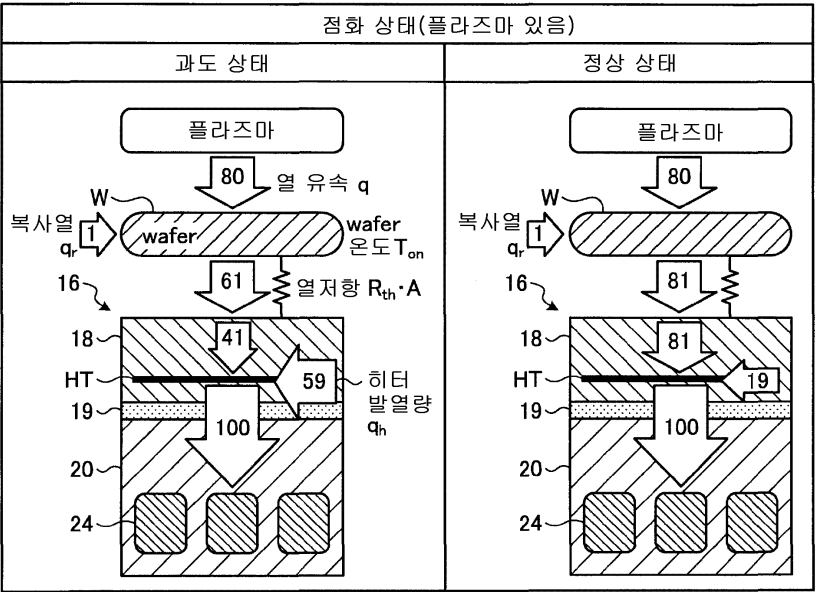
도면4



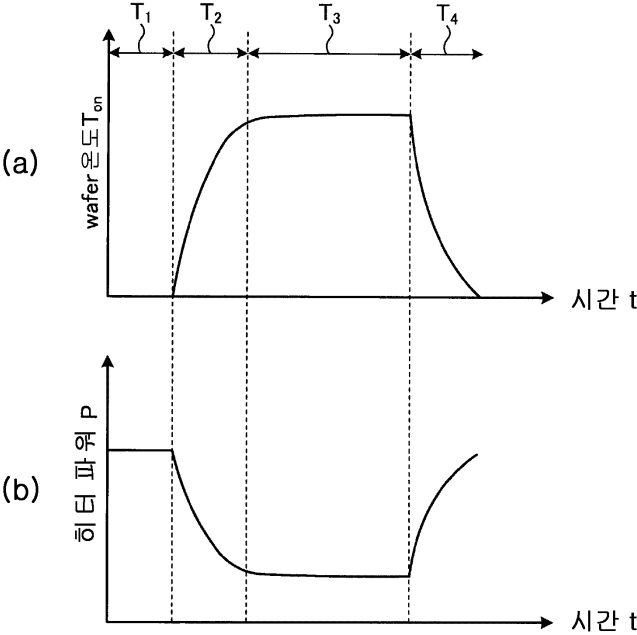
도면5a



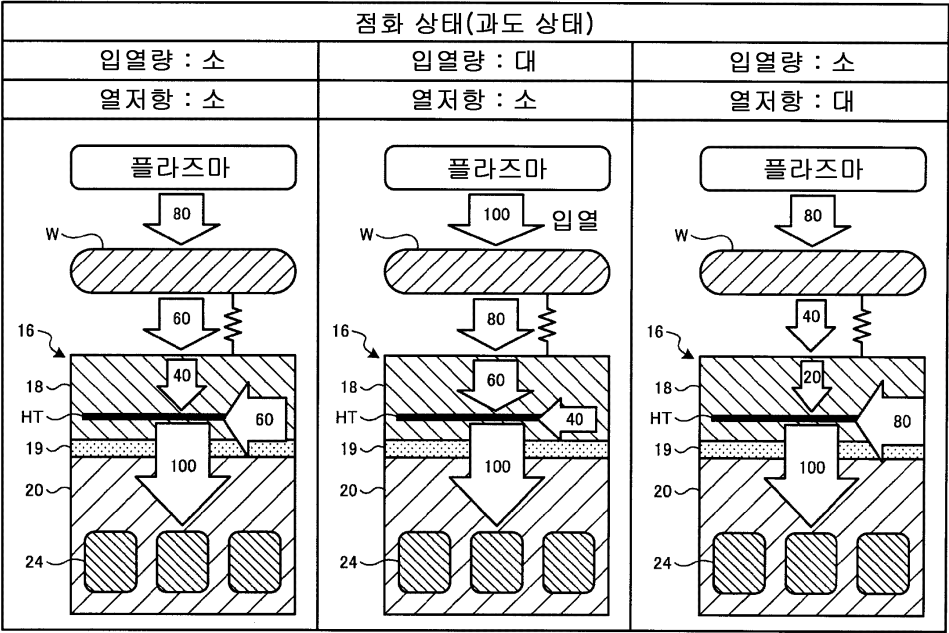
도면5b



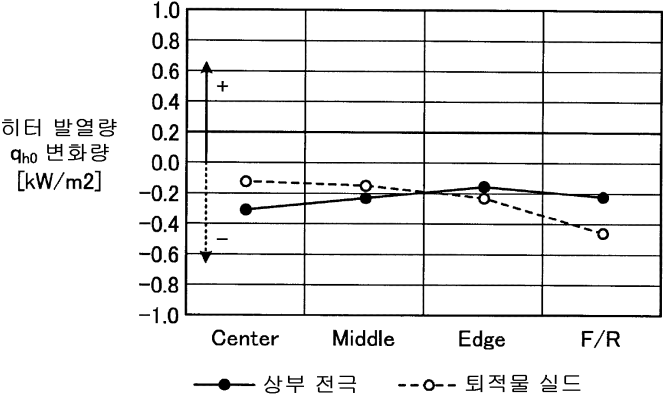
도면6



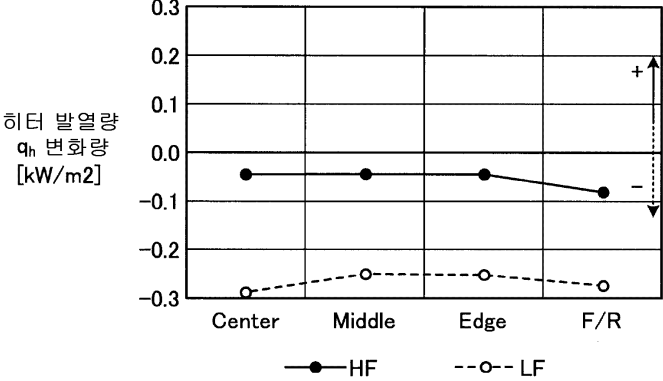
도면7



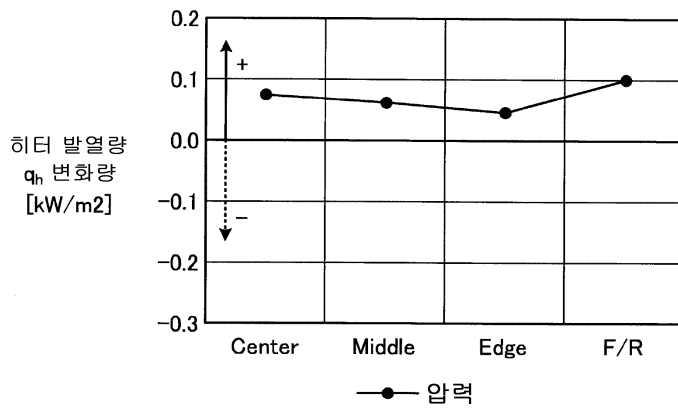
도면8a



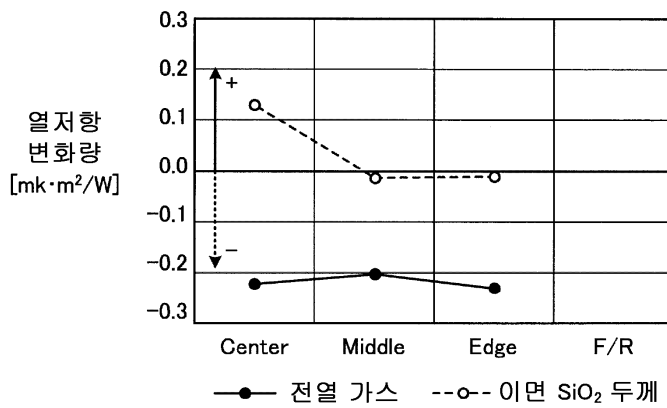
도면8b



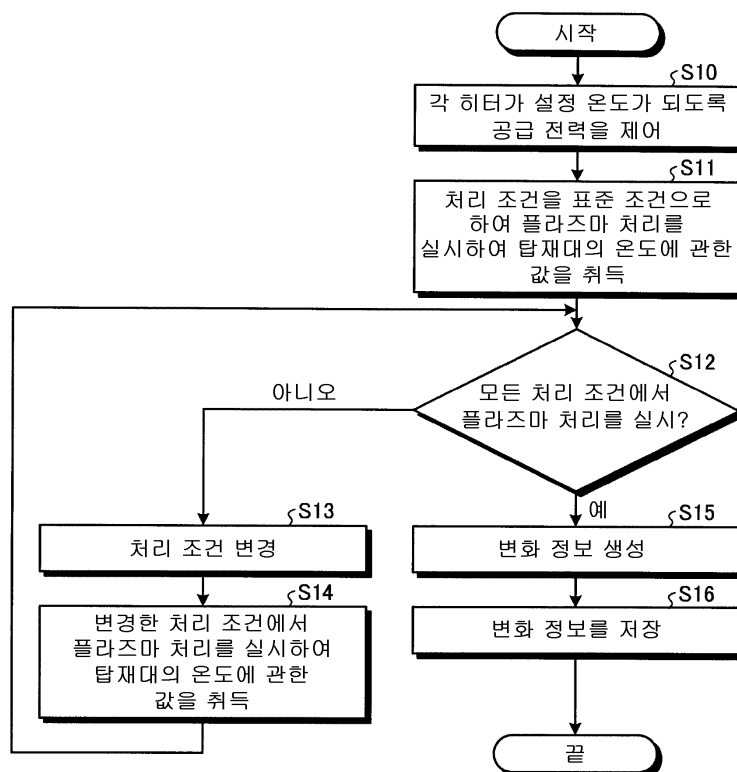
도면8c



도면8d

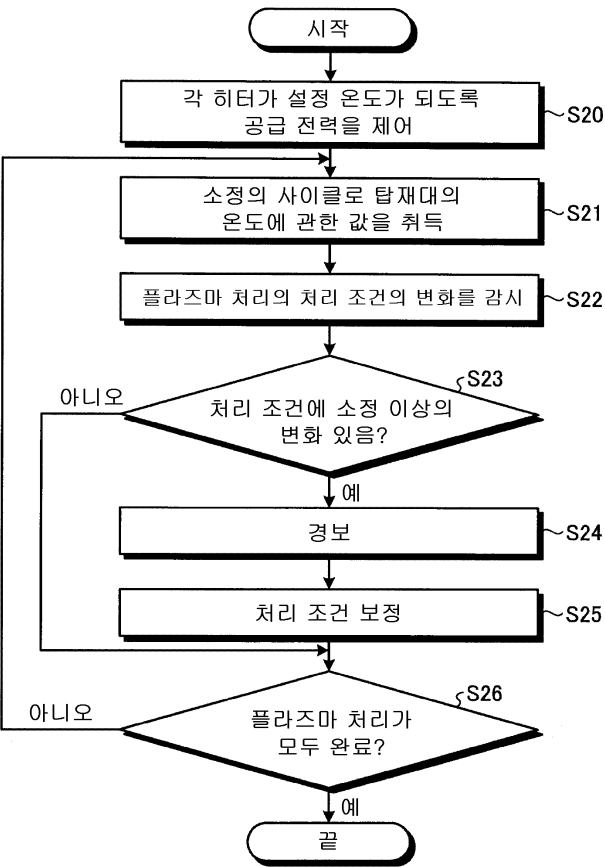


도면9

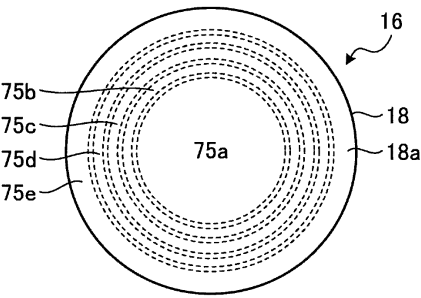




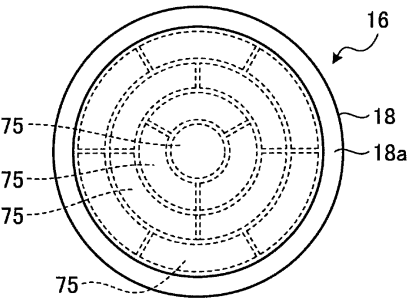
도면10



도면11a



도면11b



도면11c

