



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2025-0048721
(43) 공개일자 2025년04월10일

- | | |
|---|--|
| <p>(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 21/67 (2006.01) C23C 16/46 (2006.01)
C23C 16/52 (2018.01) H01J 37/32 (2006.01)
H01L 21/683 (2006.01)</p> <p>(52) CPC특허분류
H01L 21/67248 (2013.01)
C23C 16/46 (2013.01)</p> <p>(21) 출원번호 10-2025-7006404</p> <p>(22) 출원일자(국제) 2023년07월21일
심사청구일자 없음</p> <p>(85) 번역문제출일자 2025년02월26일</p> <p>(86) 국제출원번호 PCT/JP2023/026740</p> <p>(87) 국제공개번호 WO 2024/034355
국제공개일자 2024년02월15일</p> <p>(30) 우선권주장
JP-P-2022-127153 2022년08월09일 일본(JP)</p> | <p>(71) 출원인
도쿄엘렉트론가부시키키가이샤
일본 도쿄도 미나토쿠 아카사카 5초메 3반 1코</p> <p>(72) 발명자
스와 와타루
일본 9813629 미야기켄 구로카와군 다이와초 테크
노 힐즈 1 도쿄 엘렉트론 미야기 가부시키키가이샤
나이</p> <p>(74) 대리인
김태홍, 김진희</p> |
|---|--|

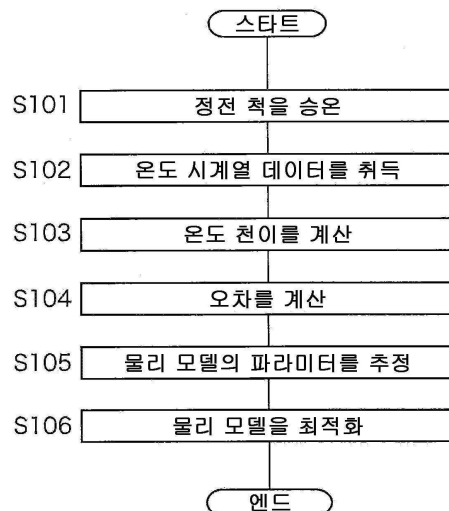
전체 청구항 수 : 총 18 항

(54) 발명의 명칭 파라미터 추정 시스템, 파라미터 추정 방법, 컴퓨터 프로그램 및 기관 처리 장치

(57) 요약

파라미터 추정 시스템, 파라미터 추정 방법, 컴퓨터 프로그램 및 기관 처리 장치를 제공한다. 기관 배치대와, 냉각층을 통해 기관 배치대를 온도 조절하는 냉각 베이스를 구비한 기관 처리 장치에서의 파라미터 추정 시스템으로서, 기관 배치대를 승온할 때, 기관 배치대의 온도를 시계열적으로 측정함으로써 얻어지는 온도 시계열 데이터를 취득하는 취득부와, 물리 모델을 이용하여 기관 배치대의 온도 천이를 계산하는 모델 계산부와, 취득부가 취득한 온도 시계열 데이터와, 모델 계산부로부터 얻어지는 온도 천이 데이터 사이의 오차를 계산하는 오차 계산부와, 오차 계산부가 계산한 오차에 기초하여, 물리 모델에서의, 기관 배치대로의 입열 값과, 냉각층의 열저항 값을 포함하는 파라미터를 추정하는 추정부를 구비한다.

대표도 - 도7



(52) CPC특허분류

C23C 16/52 (2018.01)

H01J 37/32724 (2013.01)

H01L 21/67069 (2013.01)

H01L 21/67103 (2013.01)

H01L 21/6833 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

기관 배치대와, 냉각층을 통해 상기 기관 배치대를 온도 조절하는 냉각 베이스를 구비한 기관 처리 장치에서의 파라미터 추정 시스템으로서,

상기 기관 배치대를 승온할 때, 상기 기관 배치대의 온도를 시계열적으로 측정함으로써 얻어지는 온도 시계열 데이터를 취득하는 취득부와,

물리 모델을 이용하여 상기 기관 배치대의 온도 천이를 계산하는 모델 계산부와,

상기 취득부가 취득한 온도 시계열 데이터와, 상기 모델 계산부로부터 얻어지는 온도 천이 데이터 사이의 오차를 계산하는 오차 계산부와,

상기 오차 계산부가 계산한 오차에 기초하여, 상기 물리 모델에서의, 상기 기관 배치대로의 입열(入熱) 값과, 상기 냉각층의 열저항 값을 포함하는 파라미터를 추정하는 추정부

를 구비하는, 파라미터 추정 시스템.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 기관 배치대는, 직류 전압을 인가함으로써 기관을 흡착하는 정전 척인 것인, 파라미터 추정 시스템.

청구항 3

제1항에 있어서, 상기 기관 배치대는, 세라믹에 의해 형성되는 것인, 파라미터 추정 시스템.

청구항 4

제1항에 있어서, 상기 기관 배치대는, 온도 센서를 내장하는 것인, 파라미터 추정 시스템.

청구항 5

제1항에 있어서, 상기 기관 배치대는, 온도 조절용 히터를 구비하는 것인, 파라미터 추정 시스템.

청구항 6

제5항에 있어서, 상기 기관 처리 장치는, 상기 추정부에 의해 추정되는 상기 입열 값과 상기 열저항 값에 기초하여, 상기 기관 배치대가 설정 온도에 도달할 때 까지의 히터 출력값을 산출하고, 산출한 히터 출력값에 기초하여, 상기 히터를 구동 제어하는 것인, 파라미터 추정 시스템.

청구항 7

제1항에 있어서, 기관 처리의 본 공정을 실시하기 전의 준비 공정에서, 상기 추정부에 의해, 상기 기관 배치대로의 입열의 면 내 분포를 추정하고,

상기 기관 처리 장치는, 상기 추정부에 의해 추정되는 상기 입열의 면 내 분포에 따라, 기관면 내의 가스량을 조정하고, 상기 기관 처리의 본 공정을 실시하는 것인, 파라미터 추정 시스템.

청구항 8

제1항에 있어서, 상기 추정부에 의해 추정되는 상기 열저항 값을, 상기 열저항에 대한 설정값과 비교하고, 비교 결과에 기초하여, 상기 냉각층의 소모를 검지하는 검지부

를 구비하는, 파라미터 추정 시스템.

청구항 9

제8항에 있어서, 기관 처리의 본 공정 또는 플라즈마를 착화하지 않는 온도 조정 공정에서, 상기 검지부가 상기 냉각층의 소모를 검지한 경우, 부품 교환을 재촉하는 경고를 출력하는 출력부를 구비하는, 파라미터 추정 시스템.

청구항 10

제1항에 있어서, 설정 매수의 기관을 처리할 때마다, 상기 추정부에 의한 추정을 실행하고, 상기 추정부에 의해 추정되는 상기 입열 값과, 상기 열저항 값을, 기관의 처리 매수에 관련시켜 기억 장치에 기억시키는 것인, 파라미터 추정 시스템.

청구항 11

제1항에 있어서, 상기 기관 배치대에는, 기관이 배치되는 블록부가 마련되어 있으며, 상기 추정부는, 상기 블록부에 배치된 기관으로의 입열 값과, 상기 블록부의 열저항을 추정하는 것인, 파라미터 추정 시스템.

청구항 12

제11항에 있어서, 상기 기관 배치대의 온도는, 상기 블록부에 배치되는 웨이퍼형 온도 센서에 의해 측정되는 것인, 파라미터 추정 시스템.

청구항 13

제11항에 있어서, 상기 추정부에 의해 추정되는 상기 열저항 값을, 상기 열저항에 대한 설정값과 비교하고, 비교 결과에 기초하여, 상기 블록부의 소모를 검지하는 검지부를 구비하는, 파라미터 추정 시스템.

청구항 14

제13항에 있어서, 기관 처리의 본 공정 또는 플라즈마를 착화하지 않는 온도 조정 공정에서, 상기 검지부가 상기 블록부의 소모를 검지한 경우, 부품 교환을 재촉하는 경고를 출력하는 출력부를 구비하는, 파라미터 추정 시스템.

청구항 15

제1항에 있어서, 상기 추정부는, 상기 오차를 최소화하도록, 상기 물리 모델에서의 상기 파라미터를 추정하는 것인, 파라미터 추정 시스템.

청구항 16

파라미터 추정 방법으로서,
 기관 배치대와, 냉각층을 통해 상기 기관 배치대를 온도 조절하는 냉각 베이스를 구비한 기관 처리 장치에 관해서, 상기 기관 배치대를 승온할 때, 상기 기관 배치대의 온도를 시계열적으로 측정함으로써 얻어지는 온도 시계열 데이터를 취득하고,
 물리 모델을 이용하여 상기 기관 배치대의 온도 천이를 계산하고,
 취득한 온도 시계열 데이터와, 상기 물리 모델로부터 얻어지는 온도 천이 데이터 사이의 오차를 계산하고,
 계산한 오차에 기초하여, 상기 물리 모델에서의, 상기 기관 배치대로의 입열 값과, 상기 냉각층의 열저항 값을 포함하는 파라미터를 추정하는
 처리를 컴퓨터에 의해 실행하는 것인, 파라미터 추정 방법.

청구항 17

컴퓨터 프로그램으로서,

기관 배치대와, 냉각층을 통해 상기 기관 배치대를 온도 조절하는 냉각 베이스를 구비한 기관 처리 장치에 관해서, 상기 기관 배치대를 승온할 때, 상기 기관 배치대의 온도를 시계열적으로 측정함으로써 얻어지는 온도 시계열 데이터를 취득하고,

물리 모델을 이용하여 상기 기관 배치대의 온도 천이를 계산하고,

취득한 온도 시계열 데이터와, 상기 물리 모델로부터 얻어지는 온도 천이 데이터 사이의 오차를 계산하고,

계산한 오차에 기초하여, 상기 물리 모델에서의, 상기 기관 배치대로의 입열 값과, 상기 냉각층의 열저항 값을 포함하는 파라미터를 추정하는

처리를 컴퓨터에 실행시키기 위한 것인, 컴퓨터 프로그램.

청구항 18

제1항 내지 제15항 중 어느 한 항에 기재된 파라미터 추정 시스템을 구비하는, 기관 처리 장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 개시는, 파라미터 추정 시스템, 파라미터 추정 방법, 컴퓨터 프로그램 및 기관 처리 장치에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 센서에 의해 기관 지지체의 온도를 측정하고, 측정값에 따라 기관 지지체의 온도를 조절하는 기능을 구비한 플라즈마 처리 장치가 특허문헌 1에 개시되어 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0003] (특허문헌 0001) 특허문헌 1: 일본 특허 공개 제2008-85329호 공보

발명의 내용

해결하려는 과제

[0004] 본 개시는, 기관 배치대의 온도 천이를 계산하기 위한 물리 모델에서의 파라미터를 추정할 수 있는 파라미터 추정 시스템, 파라미터 추정 방법, 컴퓨터 프로그램 및 기관 처리 장치를 제공한다.

과제의 해결 수단

[0005] 본 개시의 일 형태에 관한 파라미터 추정 시스템은, 기관 배치대와, 냉각층을 통해 상기 기관 배치대를 온도 조절하는 냉각 베이스를 구비한 기관 처리 장치에서의 파라미터 추정 시스템으로서, 상기 기관 배치대를 승온할 때, 상기 기관 배치대의 온도를 시계열적으로 측정함으로써 얻어지는 온도 시계열 데이터를 취득하는 취득부와, 물리 모델을 이용하여 상기 기관 배치대의 온도 천이를 계산하는 모델 계산부와, 상기 취득부가 취득한 온도 시계열 데이터와, 상기 모델 계산부로부터 얻어지는 온도 천이 데이터 사이의 오차를 계산하는 오차 계산부와, 상기 오차 계산부가 계산한 오차에 기초하여, 상기 물리 모델에서의, 상기 기관 배치대로의 입열(入熱) 값과, 상기 냉각층의 열저항 값을 포함하는 파라미터를 추정하는 추정부를 구비한다.

발명의 효과

[0006] 본 개시에 의하면, 기관 배치대의 온도 천이를 계산하기 위한 물리 모델에서의 파라미터를 추정할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0007] 도 1은 플라즈마 처리 시스템의 구성예를 도시하는 개략도이다.
- 도 2는 기관 온도의 조정 기구를 설명하는 설명도이다.
- 도 3은 정전 척의 온도의 시간 변화를 나타내는 그래프이다.
- 도 4a는 파라미터를 변화시킨 경우의 승온 커브의 변화를 나타내는 그래프이다.
- 도 4b는 파라미터를 변화시킨 경우의 승온 커브의 변화를 나타내는 그래프이다.
- 도 5는 파라미터를 변화시킨 경우의 오차 분포를 나타내는 그래프이다.
- 도 6은 대각선 방향의 오차 분포를 나타내는 그래프이다.
- 도 7은 플라즈마 처리 시스템의 제어부가 실행하는 처리 순서를 나타내는 플로우차트이다.
- 도 8은 실시 형태 2에서 처리부가 실행하는 처리 순서를 나타내는 플로우차트이다.
- 도 9는 실시 형태 3에서 처리부가 실행하는 처리 순서를 나타내는 플로우차트이다.
- 도 10은 실시 형태 4에서 처리부가 실행하는 처리 순서를 나타내는 플로우차트이다.
- 도 11은 실시 형태 5에서의 정전 척의 구성을 도시하는 모식도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0008] 이하, 본 발명을 그 실시 형태를 나타내는 도면에 기초하여 구체적으로 설명한다.
- [0009] (실시 형태 1)
- [0010] 도 1은 플라즈마 처리 시스템(1)의 구성예를 도시하는 개략도이다. 일 실시 형태에서, 플라즈마 처리 시스템(1)은, 플라즈마 처리 장치(1a) 및 제어부(1b)를 포함한다. 플라즈마 처리 장치(1a)는, 플라즈마 처리 챔버(10), 가스 공급부(20), RF(Radio Frequency) 전력 공급부(30) 및 배기 시스템(40)을 포함한다. 또한, 플라즈마 처리 장치(1a)는, 지지부(11) 및 상부 전극 샤워 헤드(12)를 포함한다. 지지부(11)는, 플라즈마 처리 챔버(10) 내의 플라즈마 처리 공간(10s)의 하부 영역에 배치된다. 상부 전극 샤워 헤드(12)는, 지지부(11)의 상부에 배치되고, 플라즈마 처리 챔버(10)의 천장부(ceiling)의 일부로서 기능할 수 있다.
- [0011] 지지부(11)는, 플라즈마 처리 공간(10s)에서 기관(W)을 지지하도록 구성된다. 일 실시 형태에서, 지지부(11)는, 하부 전극(111), 정전 척(112), 및 엣지 링(113)을 포함한다. 정전 척(112)은, 하부 전극(111) 상에 배치되고, 정전 척(112)의 상면에서 기관(W)을 지지하도록 구성된다. 정전 척(112)은, 세라믹에 의해 형성된다. 엣지 링(113)은, 하부 전극(111)의 주연부 상면에서 기관(W)을 둘러싸도록 배치된다. 또한, 도시는 생략하지만, 일 실시 형태에서, 지지부(11)는, 정전 척(112) 및 기관(W) 중 적어도 하나를 타겟 온도로 조절하도록 구성되는 온도 조절 모듈을 포함하여도 좋다. 온도 조절 모듈은, 히터, 유로, 또는 이들의 조합을 포함하여도 좋다. 유로에는, 냉매, 전열 gas와 같은 온도 조절 유체가 흐른다.
- [0012] 상부 전극 샤워 헤드(12)는, 가스 공급부(20)로부터의 1 또는 그 이상의 처리 가스를 플라즈마 처리 공간(10s)에 공급하도록 구성된다. 일 실시 형태에서, 상부 전극 샤워 헤드(12)는, 가스 입구(12a), 가스 확산실(12b), 및 복수의 가스 출구(12c)를 갖는다. 가스 입구(12a)는, 가스 공급부(20) 및 가스 확산실(12b)과 유체 연통하고 있다. 복수의 가스 출구(12c)는, 가스 확산실(12b) 및 플라즈마 처리 공간(10s)과 유체 연통하고 있다. 일 실시 형태에서, 상부 전극 샤워 헤드(12)는, 1 또는 그 이상의 처리 가스를 가스 입구(12a)로부터 가스 확산실(12b) 및 복수의 가스 출구(12c)를 통해 플라즈마 처리 공간(10s)에 공급하도록 구성된다.
- [0013] 가스 공급부(20)는, 1 또는 그 이상의 가스 소스(21) 및 1 또는 그 이상의 유량 제어기(22)를 포함하여도 좋다. 일 실시 형태에서, 가스 공급부(20)는, 1 또는 그 이상의 처리 가스를, 각각에 대응하는 가스 소스(21)로부터 각각에 대응하는 유량 제어기(22)를 통해 가스 입구(12a)에 공급하도록 구성된다. 각 유량 제어기(22)는, 예컨대, 매스플로우 컨트롤러 또는 압력 제어식의 유량 제어기를 포함하여도 좋다. 또한, 가스 공급부(20)는, 1 또는 그 이상의 처리 가스의 유량을 변조 또는 펄스화하는 1 또는 그 이상의 유량 변조 디바이스를 포함하여도 좋다.
- [0014] RF 전력 공급부(30)는, RF 전력, 예컨대, 1 또는 그 이상의 RF 신호를, 하부 전극(111), 상부 전극 샤워 헤드(12), 또는, 하부 전극(111) 및 상부 전극 샤워 헤드(12)의 쌍방과 같은 1 또는 그 이상의 전극에 공급하도록

구성된다. 이것에 의해, 플라즈마 처리 공간(10s)에 공급된 1 또는 그 이상의 처리 가스로부터 플라즈마가 생성된다. 따라서, RF 전력 공급부(30)는, 플라즈마 처리 챔버에서 1 또는 그 이상의 처리 가스로부터 플라즈마를 생성하도록 구성되는 플라즈마 생성부의 적어도 일부로서 기능할 수 있다. 일 실시 형태에서, RF 전력 공급부(30)는, 2개의 RF 생성부(31a, 31b) 및 2개의 정합 회로(32a, 32b)를 포함한다. 일 실시 형태에서, RF 전력 공급부(30)는, 제1 RF 신호를 제1 RF 생성부(31a)로부터 제1 정합 회로(32a)를 통해 하부 전극(111)에 공급하도록 구성된다. 예컨대, 제1 RF 신호는, 27 MHz~100 MHz의 범위 내의 주파수를 가져도 좋다.

[0015] 또한, 일 실시 형태에서, RF 전력 공급부(30)는, 제2 RF 신호를 제2 RF 생성부(31b)에서 제2 정합 회로(32b)를 통해 하부 전극(111)에 공급하도록 구성된다. 예컨대, 제2 RF 신호는, 400 kHz~13.56 MHz의 범위 내의 주파수를 가져도 좋다. 대신에, 제2 RF 생성부(31b)를 대신하여, DC(Direct Current) 펄스 생성부를 이용하여도 좋다.

[0016] 또한, 도시는 생략하지만, 본 개시에서는 다른 실시 형태를 생각할 수 있다. 예컨대, 대체 실시 형태에서, RF 전력 공급부(30)는, 제1 RF 신호를 RF 생성부에서 하부 전극(111)에 공급하고, 제2 RF 신호를 다른 RF 생성부에서 하부 전극(111)에 공급하고, 제3 RF 신호를 또 다른 RF 생성부에서 하부 전극(111)에 공급하도록 구성되어도 좋다. 추가로, 다른 대체 실시 형태에서, DC 전압이 상부 전극 샤워 헤드(12)에 인가되어도 좋다.

[0017] 또한, 추가로, 여러 가지의 실시 형태에서, 1 또는 그 이상의 RF 신호(즉, 제1 RF 신호, 제2 RF 신호 등)의 진폭이 펄스화 또는 변조되어도 좋다. 진폭 변조는, 온 상태와 오프 상태 사이, 혹은, 2 또는 그 이상의 상이한 온 상태 사이에서 RF 신호 진폭을 펄스화하는 것을 포함하여도 좋다.

[0018] 배기 시스템(40)은, 예컨대, 플라즈마 처리 챔버(10)의 바닥부에 마련된 배기구(10e)에 접속될 수 있다. 배기 시스템(40)은, 압력 밸브 및 진공 펌프를 포함하여도 좋다. 진공 펌프는, 터보 분자 펌프, 러핑 펌프 또는 이들의 조합을 포함하여도 좋다.

[0019] 일 실시 형태에서, 제어부(1b)는, 본 개시에서 진술되는 여러 가지의 공정을 플라즈마 처리 장치(1a)에 실행시키는 컴퓨터 실행 가능한 명령을 처리한다. 제어부(1b)는, 여기서 진술되는 여러 가지의 공정을 실행하도록 플라즈마 처리 장치(1a)의 각 요소를 제어하도록 구성될 수 있다. 일 실시 형태에서, 제어부(1b)의 일부 또는 전부가 플라즈마 처리 장치(1a)에 포함되어도 좋다. 제어부(1b)는, 예컨대, 컴퓨터(51)를 포함하여도 좋다. 컴퓨터(51)는, 예컨대, 처리부(CPU: Central Processing Unit)(511), 기억부(512), 및 통신 인터페이스(513)를 포함하여도 좋다. 처리부(511)는, 기억부(512)에 저장된 프로그램에 기초하여 여러 가지의 제어 동작을 행하도록 구성될 수 있다. 기억부(512)는, RAM(Random Access Memory), ROM(Read Only Memory), HDD(Hard Disk Drive), SSD(Solid State Drive), 또는 이들의 조합을 포함하여도 좋다. 통신 인터페이스(513)는, LAN(Local Area Network) 등의 통신 회선을 통해 플라즈마 처리 장치(1a) 사이에서 통신하여도 좋다.

[0020] 기억부(512)에는, 처리부(511)에 의해 실행되는 각종 컴퓨터 프로그램이 기억되어도 좋다. 기억부(512)에 기억된 컴퓨터 프로그램은, 예컨대, 정전 척(112)(기관 배치대)의 온도 천이를 계산하기 위한 물리 모델에 관해서, 상기 물리 모델에서 이용되는 파라미터의 추정 처리를 처리부(511)에 실행시키기 위한 컴퓨터 프로그램(PG)을 포함한다. 컴퓨터 프로그램(PG)은, 기록 매체(RM)나 통신에 의해 제공된다. 컴퓨터 프로그램(PG)은, 단일 컴퓨터 프로그램이어도 좋고, 복수의 컴퓨터 프로그램에 의해 구성되는 프로그램 군이어도 좋다. 또한, 컴퓨터 프로그램(PG)은, 기존의 라이브러리를 부분적으로 이용하는 것이어도 좋다.

[0021] 도 2는 기관 온도의 조정 기구를 설명하는 설명도이다. 플라즈마 처리 장치(1a)의 지지부(11)는, 하부 전극(111) 및 정전 척(112)을 구비한다. 본 실시 형태에서, 하부 전극(111)은, 정전 척(112)을 냉각하는 냉각 베이스로서 기능하도록 구성되어 있다. 또한, 정전 척(112)은, 처리 대상의 기관(W)을 배치하는 기관 배치대로서 마련되어 있다. 하부 전극(111) 및 정전 척(112)은, 접촉층(110)에 의해 접합된다.

[0022] 하부 전극(111)의 내부에는, 냉매 유로(62)가 형성되어 있다. 냉매 유로(62)에는, 플라즈마 처리 챔버(10)의 외부에 마련된 칠러 유닛(60)으로부터 입구 배관(61)을 통해 냉매가 공급된다. 냉매에는 브라인 등의 적절한 매체가 이용된다. 냉매 유로(62)에 공급된 냉매는, 출구 배관(63)을 통해 칠러 유닛(60)에 환류된다.

[0023] 정전 척(112)의 내부에는, 히터(71) 및 온도 센서(72)가 마련되어 있다. 히터(71)는, 플라즈마 처리 챔버(10)의 외부에 마련된 히터 전원(70)에 접속되어 있으며, 히터 전원(70)으로부터 공급되는 전력에 따라 발열하고, 정전 척(112) 상에 배치된 기관(W)을 가열하도록 구성되어 있다. 히터(71)에는, 예컨대, 정전 척(112)의 복수의 영역을 각각 독립적으로 가열하는 것이 가능한 복수의 저항 가열식 히터가 이용된다. 온도 센서(72)는, 예컨대, 열전대이며, 정전 척(112) 내의 1 또는 복수 개소에 마련된다. 온도 센서(72)는, 설치 장소의 온도를 시계열적으로 측정함으로써, 온도 시계열 데이터를 제어부(1b)에 출력한다.

[0024] 접착층(110)의 재료로서, 열전도가 높은 접착제를 이용할 수 있다. 하부 전극(111)의 냉각 베이스로서의 기능에 주목한 경우, 접착층(110)은, 하부 전극(111)(냉각 베이스)과 정전 척(112)(기관 배치대) 사이에 개재하는 냉각층으로서 기능한다. 또한, 접착층(110)의 재료로서, 전기 저항이 높은 접착제를 사용하고, 하부 전극(111)과 정전 척(112)을 전기적으로 절연하는 기능을 갖도록 하여도 좋다. 열전도 및 전기 저항이 높은 접착제로서, 예컨대, 실리콘계 재료, 아크릴 베이스 혹은 아크릴레이트 베이스의 아크릴계 재료, 또는 폴리이미드 실리카계 재료를 포함하는 유기계 접착제 등을 이용할 수 있다.

[0025] 플라즈마 처리 장치(1a)의 제어부(1b)는, 온도 센서(72)에 의해 측정되는 정전 척(112)의 온도에 기초하여, 칠러 유닛(60) 및 히터 전원(70)을 제어한다. 즉, 제어부(1b)는, 칠러 유닛(60)이 공급하는 냉매의 온도 및 유속을 제어함과 더불어, 히터 전원(70)이 히터(71)에 공급하는 전력의 크기를 제어함으로써, 정전 척(112)의 온도가 목표 온도가 되도록 온도 조정을 행한다.

[0026] 플라즈마 처리에서, 정전 척(112)의 표면 온도는, 표면 전역에 걸쳐 균일한 것이 바람직하다. 그러나, 정전 척(112)에는, 전술한 히터(71)나 온도 센서(72)가 마련되어 있는 것 외에, 처리 후의 기관(W)을 소요 높이까지 들어올리기 위한 복수의 리프트 핀 등 여러 가지 기구가 마련되어 있다. 이러한 정전 척(112)의 기계 구조에 기인하여, 정전 척(112)의 표면에는 국소적으로 고온 또는 저온이 되는 스폿(이하, 특이점이라고도 함)이 나타난다. 또한, 특이점의 출현에 의해, 정전 척(112)의 표면 온도 분포에는 편차가 생긴다. 정전 척(112)에서의 표면 온도 분포의 편차는, 기관(W)을 가공할 때에 균일성이 저하되는 한가지 원인이 된다.

[0027] 균일성 저하의 요인 분석을 위해, 물리 모델을 이용한 시뮬레이션에 의해 정전 척(112)의 표면 온도 분포를 추정하는 경우, 정전 척(112)으로의 입열, 및, 정전 척(112) 및 하부 전극(111) 간의 열전도율과 같은 파라미터가 필요해진다. 그러나, 전술한 바와 같이, 정전 척(112)의 구조는 복잡하기 때문에, 이들의 파라미터를 정확히 어림하는 것은 곤란하다.

[0028] 본 실시 형태에서는, 정전 척(112)의 승온 중에 측정값으로서 얻어지는 온도 시계열 데이터와, 물리 모델을 이용하여 계산되는 온도 천이 데이터를 이용하여, 입열 및 열저항을 포함하는 물리 모델의 파라미터를 추정하는 수법을 제안한다.

[0029] 정전 척(112)의 온도 천이를 추정하기 위한 물리 모델은, 예컨대, 수 1에 의해 나타낸다.

[0030] [수 1]

$$\rho c A \Delta z_{cer} \frac{\partial u}{\partial t} = Q_{IN} - Q_{OUT}$$

[0031] .

[0032] 여기서, ρ 는 정전 척(112)의 밀도(g/m^3), c 는 정전 척(112)의 비열($J/g \cdot K$), A 는 열유속 통과 단면적(m^2), Δz_{cer} 은 정전 척(112)의 두께, u 는 정전 척(112)의 온도(K), t 는 시간(s)을 나타낸다. Q_{IN} 은 정전 척(112)으로의 입열(W), Q_{OUT} 은 정전 척(112)으로부터 하부 전극(111)으로의 발열(W)을 나타낸다. 발열 Q_{OUT} 은, 하부 전극(111)과 정전 척(112) 사이의 온도차, 및 접착층(110)의 열저항 $R_{th}(mK/W)$ 를 이용하여 기술할 수 있다.

[0033] 도 3은 정전 척(112) 온도의 시간 변화를 나타내는 그래프이다. 그래프의 횡축은 시간(s), 종축은 정전 척(112)의 온도($^{\circ}C$)를 나타낸다. 실선의 승온 커브는 실측값을 나타내고, 파선의 승온 커브는 물리 모델에 의한 계산값을 나타내고 있다. 실측의 승온 커브는, 예컨대, 히터(71)에 의해 정전 척(112)을 가열하고, 실온 부근에서 목표 온도(도 3의 예에서는 $350^{\circ}C$)까지 승온시키는 동안, 온도 센서(72)에 의해 정전 척(112)의 온도를 시계열적으로 측정함으로써 얻어진다. 히터(71)에 의한 가열을 대신하여, 플라즈마 처리 챔버(10) 내에 플라즈마를 발생시키고, 플라즈마를 발생시킨 상태를 이용하여 정전 척(112)을 승온하여도 좋다. 정전 척(112)을 승온하고 있는 동안, 히터(71)(혹은 플라즈마)로부터 정전 척(112)으로의 입열뿐만 아니라, 정전 척(112)으로부터 하부 전극(111)으로의 발열도 발생한다.

[0034] 물리 모델에 의한 승온 커브는, 물리 모델에서의 파라미터를 적절한 값으로 설정하고, 각 시각에서의 온도(u)를 물리 모델에 따라 계산함으로써 얻어진다. 물리 모델에서의 파라미터로서, 정전 척(112)으로의 입열($=Q_{IN}$), 및 발열 Q_{OUT} 에 관여하는 열저항 R_{th} (혹은, 그 역수의 열전도율 k)을 이용할 수 있다.

[0035] 도 3의 예는, 실측에 의한 승온 커브와 물리 모델에 의한 승온 커브 사이에 괴리가 있어, 물리 모델의 파라미터

에 개선의 여지가 있음을 나타내고 있다.

- [0036] 도 4a 및 도 4b는 파라미터를 변화시킨 경우의 승온 커브의 변화를 나타내는 그래프이다. 그래프의 횡축은 시간 (s), 종축은 정전 척(112)의 온도(°C)를 나타낸다. 도 4a는 열저항 R_{th} 의 값을 변화시킨 경우의 승온 커브의 변동 범위를 나타내고 있다. 수 1의 물리 모델에서 열저항 R_{th} 의 값을 여러 가지로 변화시킨 경우, 이 물리 모델로부터 얻어지는 승온 커브는 도 4a에 해칭으로 나타내는 범위 내에서 변동한다. 도 4a의 그래프로부터 알 수 있는 바와 같이, 열저항 R_{th} 의 값을 변화시킨 경우에도, 저온 영역(예컨대, 200°C 미만)의 승온 레이트는 거의 변화하지 않고, 대략 일정하다. 한편, 고온 영역(예컨대, 250°C 이상)의 승온 레이트는 열저항 R_{th} 의 값에 의해 변화하고 있으며, 열저항 R_{th} 는, 온도 u 가 포화 온도에 도달할 때까지의 시간에 기여하는 것을 알 수 있다.
- [0037] 도 4b는 입열 Q_{IN} 의 값을 변화시킨 경우의 승온 커브의 변동 범위를 나타내고 있다. 수 1의 물리 모델에서 입열 Q_{IN} 의 값을 여러 가지로 변화시킨 경우, 이 물리 모델로부터 얻어지는 승온 커브는 도 4b에 해칭으로 나타내는 범위 내에서 변동한다. 도 4b의 그래프로부터 알 수 있는 바와 같이, 입열 Q_{IN} 의 값을 변화시킨 경우에도, 정전 척(112)의 온도 u 가 포화 온도에 도달할 때 까지의 시간은 대략 일정하다. 한편, 저온 영역(예컨대, 200°C 미만)의 승온 레이트는 입열 Q_{IN} 의 값에 의해 변화하는 것을 알 수 있다.
- [0038] 이상과 같이, 물리 모델에서의 열저항 R_{th} 의 값을 변화시킴으로써, 고온 영역의 승온 레이트를 변화시킬 수 있고, 입열 Q_{IN} 의 값을 변화시킴으로써, 저온 영역의 승온 레이트를 변화시킬 수 있다. 즉, 열저항 R_{th} 및 입열 Q_{IN} 중 어느 한쪽의 파라미터를 변화시켰다고 해도, 실측값의 승온 커브를 재현하는 것은 곤란하지만, 양방의 파라미터를 동시에 변화시키면, 물리 모델로부터 얻어지는 승온 커브를 실측값의 승온 커브에 가까이 하는 것이 가능하다는 지견을 얻을 수 있다.
- [0039] 그래서, 본 실시 형태에서는, 실측값으로서 얻어지는 온도 시계열 데이터와, 물리 모델을 이용하여 계산되는 온도 천이 데이터 사이의 오차를 계산하고, 계산한 오차를 최소화하도록 물리 모델에서의 파라미터(열저항 R_{th} 및 입열 Q_{IN})를 결정한다.
- [0040] 도 5는 파라미터를 변화시킨 경우의 오차 분포를 나타내는 그래프이다. 그래프의 횡축은 접착층(110)의 열전도율 k (W/mmK), 종축은 정전 척(112)으로의 입열 Q_{IN} (W)을 나타낸다. 열전도율 k 는, 열저항 R_{th} 의 역수이다. 또한, 그래프의 농담은, 실측값으로서 얻어지는 온도 시계열 데이터와, 물리 모델을 이용하여 계산되는 온도 천이 데이터 사이의 시계열 오차의 크기를 나타내고 있다. 시계열 오차에는, 예컨대, 평균 제곱 오차(MSE: Mean Square Error)가 이용된다. 시각 i 에서의 온도 시계열 데이터의 값을 Y_i , 시각 i 에서의 온도 천이 데이터의 값을 y_i 로 했을 때, 평균 제곱 오차는, $\sum(Y_i - y_i)^2 / n$ 에 의해 계산된다. 여기서, n 은 데이터의 총수를 나타낸다.
- [0041] 도 5의 그래프로부터, 오차의 크기는, 그래프의 좌측 상단 영역 및 우측 하단 영역에서 상대적으로 크고, 좌측 상단 영역 및 우측 하단 영역에서 중앙 부근의 영역을 향함에 따라 작아지고, 흰색 화살표 X 로 나타내는 대각선에 따른 영역에서 극소로 되어 있는 것을 알 수 있다. 이 대각선을 따라 오차의 크기를 조사한 결과, 도 6에 나타내는 분포가 얻어졌다.
- [0042] 도 6은 대각선 방향의 오차의 분포를 나타내는 그래프이다. 그래프의 횡축은, 도 5에 흰색 화살표 X 로 나타내는 대각선 상의 점을 나타내고, 종축은 오차의 크기를 나타낸다. 또한, 횡축은, 대각선의 일단이 0, 타단이 100이 되도록 스케일을 고친 좌표를 나타내고 있다.
- [0043] 도 6에 도시하는 바와 같이, 대각선 상의 오차의 크기는 일정하지 않고, 어떤 점(도 6의 예에서는, 열전도율 k 이 2.3×10^{-4} (W/mmK), 입열 Q_{IN} 이 5600 (W)가 되는 점)에서 최소로 되어 있는 것을 알 수 있다.
- [0044] 즉, 실측값으로서 얻어지는 온도 시계열 데이터와, 물리 모델을 이용하여 계산되는 온도 천이 데이터에 기초하여, 양자의 오차를 계산했을 때, 계산한 오차를 최소화하는 열저항 및 입열의 값을 일의(一意)로 정할 수 있다. 또한, 오차를 최소화하는 열저항 및 입열의 값을 파라미터로서 이용함으로써, 물리 모델을 최적화할 수 있다.
- [0045] 도 7은 플라즈마 처리 시스템(1)의 제어부(1b)가 실행하는 처리 순서를 나타내는 플로우차트이다. 플라즈마 처리 시스템(1)의 제어부(1b)는, 플라즈마 처리 장치(1a)의 동작을 제어함으로써, 정전 척(112)을 승온시킨다(단

계 S101). 제어부(1b)는, 히터 전원(70)을 작동시키고, 히터(71)에 의해 정전 척(112)을 가열함으로써, 정전 척(112)을 승온시킬 수 있다. 또한, 제어부(1b)는, RF 전력 공급부(30) 등을 작동시켜, 플라즈마 처리 챔버(10) 내에 플라즈마를 발생시킴으로써, 정전 척(112)을 승온시켜도 좋다. 승온 중의 정전 척(112)의 온도는, 온도 센서(72)에 의해 시계열적으로 측정된다.

- [0046] 처리부(511)는, 승온 중의 정전 척(112)의 온도를 시계열적으로 측정함으로써 얻어지는 온도 시계열 데이터를, 예컨대, 통신 인터페이스(513)를 통해 취득한다(단계 S102). 취득한 온도 시계열 데이터는, 기억부(512)에 기억된다.
- [0047] 처리부(511)는, 수 1에 나타내는 물리 모델을 이용하여, 정전 척(112)의 온도 천이를 계산한다(단계 S103). 물리 모델이나 물리 모델에서 이용되는 파라미터(초기 설정값)는, 기억부(512)에 기억되어 있는 것으로 한다. 처리부(511)는, 기억부(512)로부터 물리 모델이나 파라미터를 독출하고, 독출된 물리 모델이나 파라미터에 따라 연산을 행함으로써, 정전 척(112)의 온도 천이를 계산할 수 있다. 계산 후의 온도 천이 데이터는, 기억부(512)에 기억된다.
- [0048] 본 실시 형태에서는, 실측에 의한 온도 시계열 데이터를 취득한 후에, 물리 모델에 의한 계산을 행하는 순서로 했지만, 이들 순서의 실행 순서는 전후하여도 좋고, 동시에 병행적으로 실행되어도 좋다.
- [0049] 처리부(511)는, 단계 S102에서 취득한 온도 시계열 데이터와, 단계 S103에서 계산한 온도 천이 데이터 사이의 오차를 계산한다(단계 S104). 처리부(511)는, 예컨대, 실측값으로서 얻어지는 온도 시계열 데이터와, 물리 모델을 이용하여 계산되는 온도 천이 데이터 사이의 평균 제곱 오차를 산출함으로써, 양자의 시계열 오차를 산출하면 좋다.
- [0050] 처리부(511)는, 계산한 오차에 기초하여, 물리 모델에서의, 정전 척(112)으로의 입열 Q_{IN} 과, 발열 Q_{OUT} 에 관여하는 열저항 R_{th} (혹은 열전도율 k)을 포함하는 물리 모델의 파라미터를 추정한다(단계 S105). 구체적으로는, 처리부(511)는, 유한 차분 시간 영역법(FDTD)을 이용하여, 단계 S104에서 계산한 오차를 최소화하도록, 입열 Q_{IN} 값과 열저항 R_{th} (혹은 열전도율 k)의 값을 결정하면 좋다.
- [0051] 처리부(511)는, 파라미터를 갱신함으로써, 물리 모델을 최적화한다(단계 S106). 처리부(511)는, 단계 S105에서 결정한 입열 Q_{IN} 값과 열저항 R_{th} (혹은 열전도율 k) 값을 새로운 파라미터로서 기억부(512)에 기억시킴으로써, 물리 모델을 최적화할 수 있다.
- [0052] 도 7의 플로우차트에서는, 계산한 오차에 따라 물리 모델을 최적화하는 순서로 했지만, 계산한 오차가 임계값보다 큰 경우, 물리 모델의 최적화를 행하고, 계산한 오차가 임계값보다도 작은 경우, 물리 모델의 최적화를 행하지 않는 순서로 하여도 좋다.
- [0053] 이상과 같이, 본 실시 형태에서는, 물리 모델로부터 얻어지는 온도 천이 데이터를 실측으로 얻어지는 온도 시계열 데이터에 맞추는 과정에서, 입열 Q_{IN} 이나 열저항 R_{th} 라는 직접적으로 관측하기 어려운 파라미터를 추정할 수 있다. 또한, 실측 온도 시계열 데이터를 준비하면, 본 개시의 추정 수법을 실현할 수 있기 때문에, 프로세스의 실행 중에 자동 추정이 가능(즉, 분석 사정의 프로세스가 불필요)하며, 사용자의 생산성에 영향을 미치지 않는다는 이점을 갖는다.
- [0054] 본 실시 형태에서는, 정전 척(112)에 내장되는 온도 센서(72)를 이용하여 온도를 측정하는 구성으로 했지만, 정전 척(112)의 온도를 시계열적으로 측정할 수 있는 것이면, 설치되는 센서의 수나 센서의 종류에 제한은 없다. 예컨대, 정전 척(112)에 복수의 온도 센서(72)를 내장하고, 각 시각에서의 면 내의 온도 분포를 측정함과 더불어, 각 온도 센서(72)에서 정전 척(112)의 온도를 시계열적으로 측정하여도 좋다. 이 경우, 물리 모델은 온도 센서(72)마다 준비되고, 각 온도 센서(72)로부터 얻어지는 온도 시계열 데이터에 기초하여 최적화되면 좋다.
- [0055] 온도 센서(72)로서, 정전 척(112)의 표면으로부터 발생하는 복사열에 따른 상을 촬상하는 적외선 카메라를 이용하여도 좋다. 적외선 카메라는, 정전 척(112)의 표면에 대향하도록 설치되고, 정전 척(112)의 표면 온도 분포를 나타내는 화상을 시계열적으로 출력한다. 이 경우, 물리 모델에 포함되는 온도 u 는, 시간 및 장소의 함수로서 나타낸다. 처리부(511)는, 적외선 카메라로부터 표면 온도 분포의 시계열 데이터(화상 데이터)를 취득함과 더불어, 물리 모델을 이용하여 각 시각의 표면 온도 분포를 계산하고, 양자의 오차를 최소화하도록, 물리 모델에 포함되는 파라미터를 추정하면 좋다.
- [0056] 본 실시 형태에서는, 정전 척(112)의 승온시의 온도 시계열 데이터를 이용하는 구성으로 했지만, 정전 척(112)

의 강온시의 온도 시계열 데이터를 이용해도 되는 것은 물론이다.

- [0057] (실시 형태 2)
- [0058] 실시 형태 2에서는, 플라즈마 처리 시스템(1)의 운용 형태에 대해서 설명한다.
- [0059] 도 8은 실시 형태 2에서 처리부(511)가 실행하는 처리 순서를 나타내는 플로우차트이다. 처리부(511)는, 설정 매수의 기관(W)을 처리할 때마다, 파라미터의 추정 처리를 실행한다(단계 S201). 설정 매수는 사전에 설정된다. 일례로서는, 설정 매수는 500장이다. 설정 매수를 대신하여, 플라즈마 처리 장치(1a)의 가동 시간을 채용하여도 좋다. 처리부(511)는, 도 7의 플로우차트에 나타내는 단계 S101에서 S105의 순서에 따라, 파라미터의 추정 처리를 실행한다.
- [0060] 처리부(511)는, 추정 처리에 의해 추정 파라미터(즉, 입열 Q_{IN} 및 열저항 R_{th} 의 값)를 토탈 처리 매수에 관련시켜 기억부(512)에 기억시킨다(단계 S202).
- [0061] 처리부(511)는, 추정된 최신의 입열 Q_{IN} 값이 제1 임계값 TH1 미만인지 아닌지를 판단한다(단계 S203). 온도 시계열 데이터로서 정전 척(112)의 표면 온도 분포를 이용한 경우, 입열 Q_{IN} 의 면 내 분포를 모니터링할 수 있고, 입열 Q_{IN} 의 면 내 분포에 기초하여, 플라즈마 밀도의 균일성을 평가할 수 있다.
- [0062] 추정된 최신의 입열 Q_{IN} 값이 제1 임계값 TH1 미만인 경우(S203:YES), 플라즈마 밀도가 불균일해졌을 가능성이 있다고 판단할 수 있기 때문에, 처리부(511)는, 프로세스 조건의 변경을 재촉하는 통지를 행한다(단계 S204). 예컨대, 처리부(511)는, 통신 인터페이스(513)를 통해, 사용자가 소지하는 휴대 단말에 프로세스 조건의 변경을 재촉하는 통지를 송신한다. 대체적으로, 처리부(511)는, 도면에 도시하고 있지 않은 표시부에 프로세스 조건의 변경을 재촉하는 정보를 표시하여도 좋다.
- [0063] 추정된 최신의 입열 Q_{IN} 값이 제1 임계값 TH1 이상인 경우(S203:NO), 또는 단계 S204에서 프로세스 조건의 변경을 재촉하는 통지를 행한 경우, 처리부(511)는, 추정된 최신의 열저항 R_{th} 의 값이 제2 임계값 TH2 초과인지 여부를 판단한다(단계 S205). 처리부(511)는, 열저항 R_{th} 의 값을 모니터링함으로써, 접촉층(110)의 소모 정도를 평가할 수 있다.
- [0064] 추정된 최신의 열저항 R_{th} 값이 제2 임계값 TH2 초과인 경우(S205:YES), 접촉층(110)이 라디칼이나 열의 영향에 의해 소모됨에 따라, 정전 척(112)이 열화되고 있다고 판단할 수 있기 때문에, 처리부(511)는, 부품 교환을 재촉하는 경고를 출력한다(단계 S206). 예컨대, 처리부(511)는, 통신 인터페이스(513)를 통해, 사용자가 소지하는 휴대 단말에 부품 교환을 재촉하는 경고를 송신한다. 대체적으로, 처리부(511)는, 도면에 도시하고 있지 않은 표시부에 부품 교환을 재촉하는 경고를 표시하여도 좋다.
- [0065] 이상과 같이, 실시 형태 2에서는, 설정 매수마다 파라미터의 추정 처리를 실행한다. 처리부(511)는, 입열 Q_{IN} 값을 추정함으로써, 플라즈마 밀도의 균일성을 모니터링하는 것이 가능해지며, 수율의 악화 전에 프로세스 조건의 변경을 재촉하는 것이 가능해진다. 또한, 열저항 R_{th} 를 추정함으로써, 접촉층(110)의 소모 정도를 모니터링하는 것이 가능해지며, 정전 척(112)이 수명에 도달하기 전에 경고를 출력할 수 있다.
- [0066] (실시 형태 3)
- [0067] 실시 형태 3에서는, 전술한 추정 처리에서 추정된 입열 Q_{IN} 및 열저항 R_{th} 값에 기초하여, 히터 출력값을 산출하고, 히터(71)를 구동 제어하는 구성에 대해 설명한다.
- [0068] 도 9는 실시 형태 3에서 처리부(511)가 실행하는 처리 순서를 나타내는 플로우차트이다. 처리부(511)는, 기관 처리의 본 공정을 실시하기 전의 준비 공정에서, 실시 형태 1과 동일한 순서로, 입열 Q_{IN} 및 열저항 R_{th} 의 값을 추정한다(단계 S301). 준비 공정에서는, 정전 척(112)에 더미 웨이퍼를 배치하고, 플라즈마를 생성시킨 상태에서, 정전 척(112)의 온도를 실온에서 목표 온도까지 승온한다. 목표 온도는, 본 공정에서의 프로세스 온도로 설정된다. 처리부(511)는, 실시 형태 1과 동일하게, 물리 모델에 의한 온도 천이 데이터를 실측의 온도 시계열 데이터에 맞춤으로써, 입열 Q_{IN} 및 열저항 R_{th} 의 값을 추정한다.
- [0069] 처리부(511)는, 추정된 입열 Q_{IN} 및 열저항 R_{th} 의 값에 기초하여, 정전 척(112)이 실온에서 목표 온도에 도달할 때까지의 히터 출력값을 산출한다(단계 S302). 본 단계는, 기관(W)을 처리하는 본 공정 전에 실시되면 좋다. 처

리부(511)는, 입열 Q_{IN} 및 열저항 R_{th} 의 값, 및 목표 온도를 부여한 경우, 실온에서 목표 온도에 도달할 때 까지의 히터 출력값을 출력하도록 사전 학습된 변환식 또는 테이블을 이용하여, 히터 출력값을 산출한다. 히터 출력값은 일정할 필요는 없으며, 실온에서 목표 온도에 달할 때까지 시시각각 변화하는 값이어도 좋다.

- [0070] 처리부(511)는, 산출한 히터 출력값에 기초하여, 히터(71)를 구동 제어한다(단계 S303). 기관 처리의 본 공정에서, 처리부(511)는, 제어부(1b)를 통해, 히터 전원(70)의 출력이 단계 S302에서 산출한 히터 출력값이 되도록 제어함으로써, 히터(71)의 구동 제어를 행한다.
- [0071] 이상과 같이, 실시 형태 3에서는, 입열 Q_{IN} 및 열저항 R_{th} 의 값을 파악한 후에 히터(71)의 구동 제어를 행할 수 있으므로, 예컨대, 프로세스의 개시시에 온도가 오버슈트되는 것을 미연에 방지할 수 있다.
- [0072] (실시 형태 4)
- [0073] 실시 형태 4에서는, 입열 Q_{IN} 의 면 내 분포를 추정하고, 추정 결과에 따라 기관면 내의 가스량을 조정하는 구성에 대해서 설명한다.
- [0074] 도 10는 실시 형태 4에서 처리부(511)가 실행하는 처리 순서를 나타내는 플로우차트이다. 처리부(511)는, 기관 처리의 본 공정을 실시하기 전의 준비 공정에서, 실시 형태 1과 동일한 순서로, 입열 Q_{IN} 및 열저항 R_{th} 의 값을 추정한다. 준비 공정에서는, 정전 척(112)에 더미 웨이퍼를 배치하고, 플라즈마를 생성시킨 상태에서, 정전 척(112)의 온도를 실온에서 목표 온도까지 승온한다. 목표 온도는, 본 공정에서의 프로세스 온도로 설정된다. 처리부(511)는, 실시 형태 1과 동일하게, 물리 모델에 의한 온도 천이 데이터를 실측 온도 시계열 데이터로 조정함으로써, 입열 Q_{IN} 및 열저항 R_{th} 의 값을 추정한다.
- [0075] 실시 형태 4에서는, 온도 센서(72)를 복수개 이용하거나, 또는 온도 센서(72)로서 적외선 카메라를 이용함으로써, 기관면 내의 복수의 영역 각각에서 입열 Q_{IN} 및 열저항 R_{th} 의 값을 추정한다. 처리부(511)는, 각 영역의 입열 Q_{IN} 의 값에 기초하여, 입열 Q_{IN} 의 면 내 분포를 추정한다(단계 S401).
- [0076] 처리부(511)는, 추정한 입열 Q_{IN} 의 면 내 분포에 기초하여, 각 영역의 가스량을 조정한다(단계 S402). 기관 처리의 본 공정에서, 처리부(511)는, 제어부(1b)를 통해 가스 공급부(20)의 동작을 제어하고, 예컨대, 이상적인 에칭 형상을 얻을 수 있는 플라즈마 밀도가 되도록, 기관면 내의 각 영역의 가스량을 조정한다.
- [0077] 이상과 같이, 실시 형태 4에서는, 입열 Q_{IN} 의 면 내 분포에 따라 기관 면 내의 각 영역에서의 가스량을 조정하기 때문에, 각 영역에서의 플라즈마 밀도를 제어할 수 있고, 에칭 형상을 최적화할 수 있다.
- [0078] (실시 형태 5)
- [0079] 실시 형태 5에서는, 정전 척(112)이 블록부를 구비하는 구성에 대해서 설명한다.
- [0080] 도 11은 실시 형태 5에서의 정전 척(112)의 구성을 도시하는 모식도이다. 도 11의 모식도에는, 정전 척(112)에 더하여, 접촉층(110), 하부 전극(111), 및 기관(W)이 도시되어 있다. 접촉층(110) 및 하부 전극(111)의 구성 및 기능은, 실시 형태 1과 동일하다.
- [0081] 실시 형태 5에서의 정전 척(112)은, 기관(W)을 배치하기 위한 블록부(112a)를 복수 구비한다. 처리 대상의 기관(W)은, 블록부(112a)의 상면에 배치된다. 블록부(112a)는, 정전 척(112)의 본체와 일체적으로 세라믹에 의해 형성된다. 기관(W)을 블록부(112a)의 상면에 배치했을 때에 생기는 공극(112b)에는, He 가스 등의 전열 가스가 공급된다.
- [0082] 실시 형태 5에서의 처리부(511)는, 실시 형태 1과 동일한 순서로, 블록부(112a)에 배치된 기관(W)으로의 입열 Q_{IN} 의 값과, 블록부(112a)의 열저항의 값을 추정한다. 즉, 처리부(511)는, 물리 모델로부터 얻어지는 온도 천이 데이터를 실측으로서 얻어지는 온도 시계열 데이터로 조정하는 과정에서, 입열 Q_{IN} 및 열저항 R_{th} 의 값을 추정할 수 있다. 실시 형태 5에서는, 온도 센서(72)로서 웨이퍼형의 온도 센서를 사용하고, 각 블록부(112a)의 온도를 측정하면 좋다.
- [0083] 또한, 처리부(511)는, 실시 형태 2와 동일한 순서를 적용하여, 각 블록부(112a)에 대해서 추정한 열저항 R_{th} 의 값과, 미리 설정한 설정값을 비교하고, 비교 결과에 기초하여, 각 블록부(112a)의 소모를 감지하여도 좋다. 또한, 처리부(511)는, 기관 처리의 본 공정 또는 플라즈마를 착화하지 않는 온도 조정 공정에서, 블록부(112a)의

소모를 검지한 경우, 부품 교환을 재촉하는 경고를 출력하여도 좋다.

[0084] 이상과 같이, 실시 형태 5에서는, 개별로 구하기 어려운 각 블록부(112a)의 열저항 R_{th} 의 값을 정밀도 좋게 추정할 수 있다.

[0085] 이번에 개시된 실시 형태는, 모든 점에서 예시이며, 제한적인 것이 아니라고 생각되어야 한다. 본 발명의 범위는, 전술한 의미가 아니라, 청구의 범위에 의해 나타내며, 청구의 범위와 균등의 의미 및 범위 내에서의 모든 변경이 포함되는 것이 의도된다.

[0086] 각 실시 형태에 기재한 사항은 서로 조합하는 것이 가능하다. 또한, 청구의 범위에 기재된 독립 청구항 및 종속 청구항은, 인용 형식에 관계 없이, 모든 조합에서, 서로 조합하는 것이 가능하다. 또한, 청구의 범위에는 다른 2 이상의 클레임을 인용하는 클레임을 기재하는 형식(멀티 클레임 형식)을 이용하고 있지만, 이것에 한정되는 것은 아니다. 멀티 클레임을 적어도 하나 인용하는 멀티 클레임(멀티 멀티 클레임)을 기재하는 형식을 이용하고 기재하여도 좋다.

부호의 설명

[0087] 1: 플라즈마 처리 시스템 1a: 플라즈마 처리 장치

1b: 제어부 71: 히터

72: 온도 센서 110: 접촉층

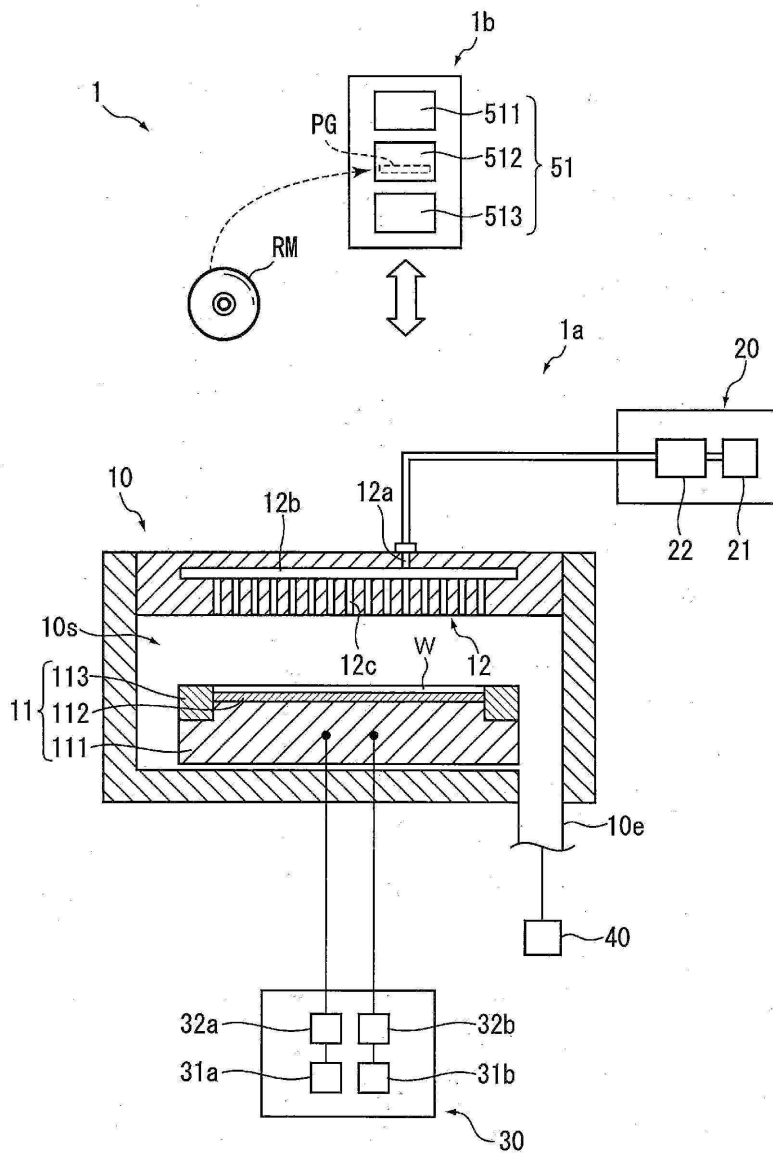
111: 하부 전극 112: 정전 척

511: 처리부 512: 기억부

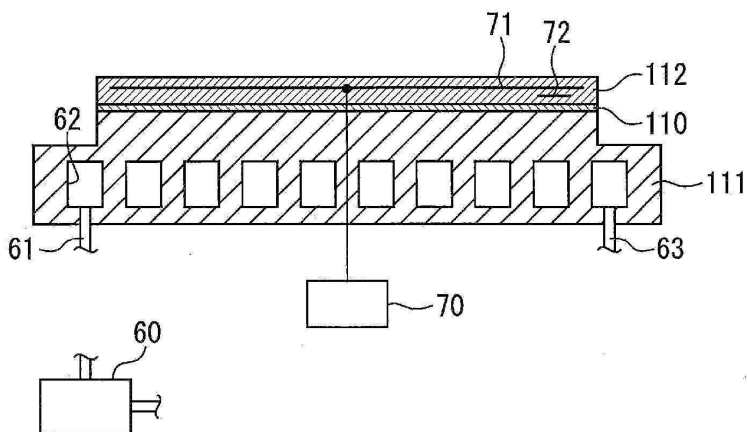
513: 통신 인터페이스

도면

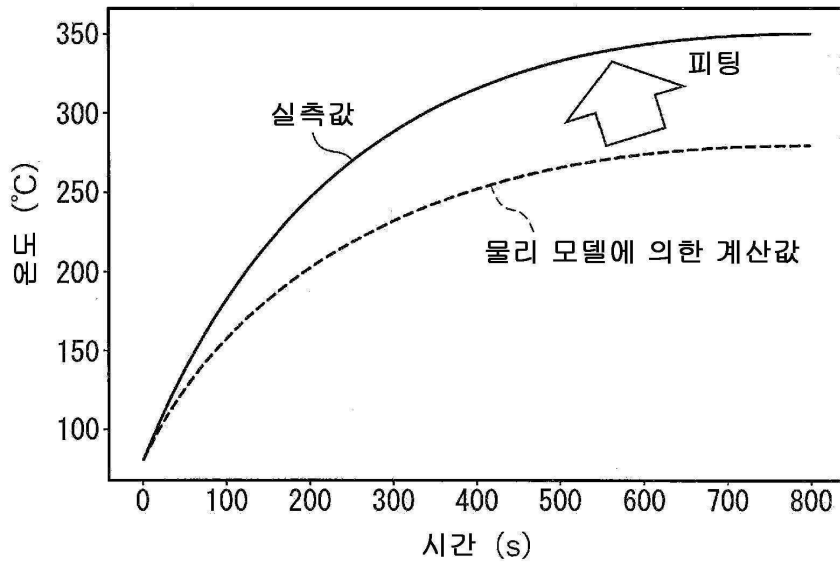
도면1



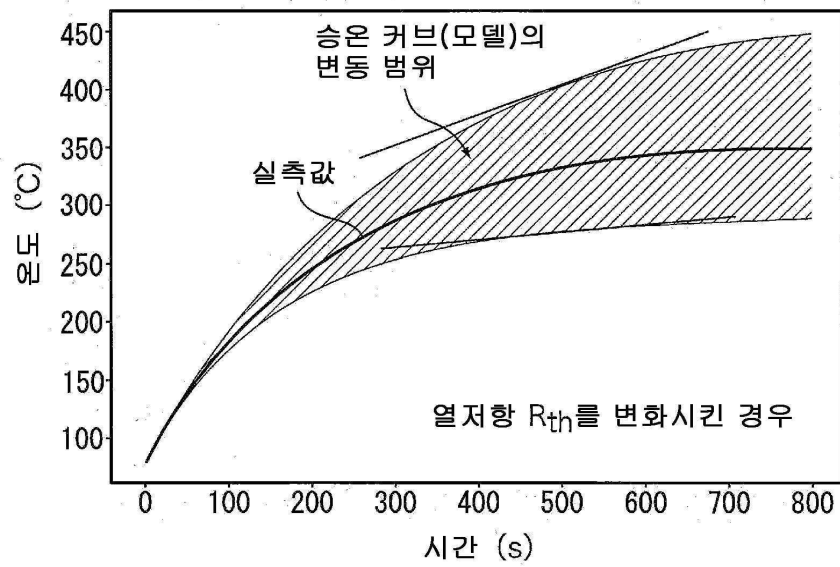
도면2



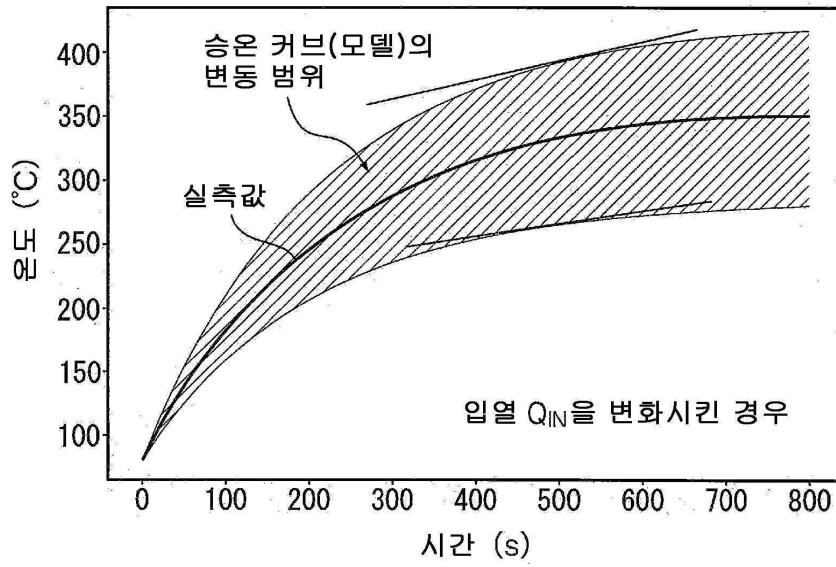
도면3



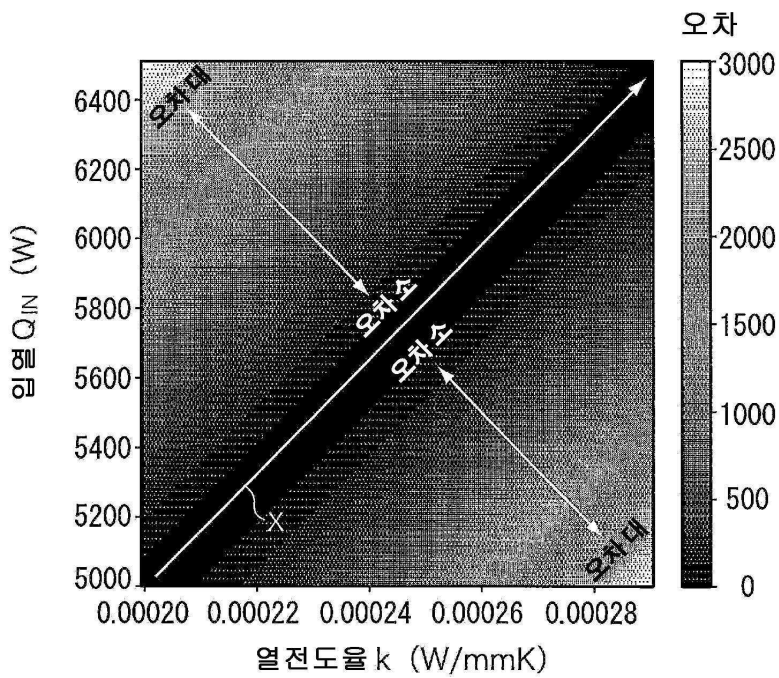
도면4a



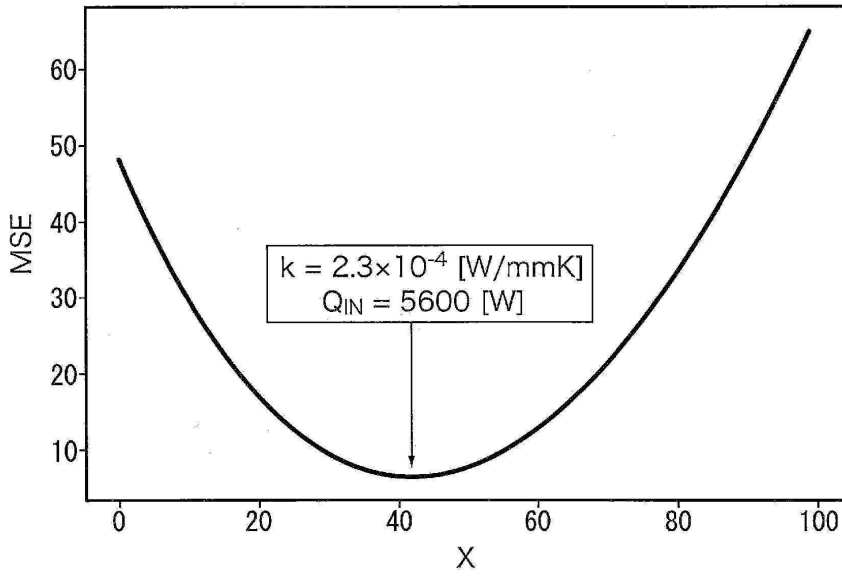
도면4b



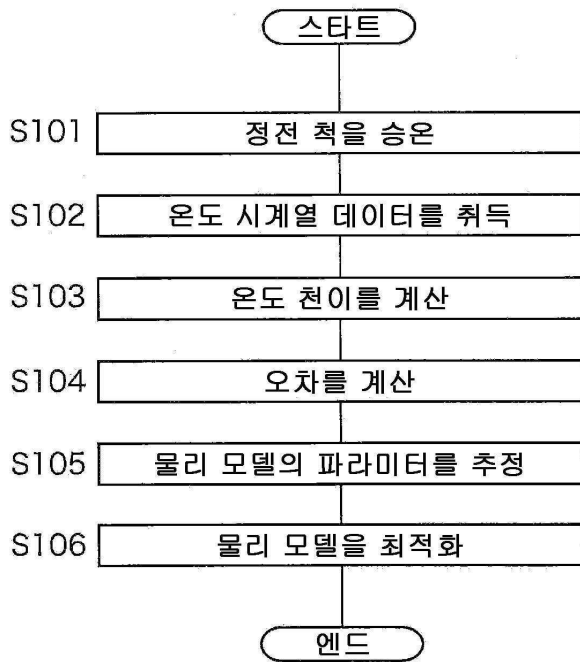
도면5



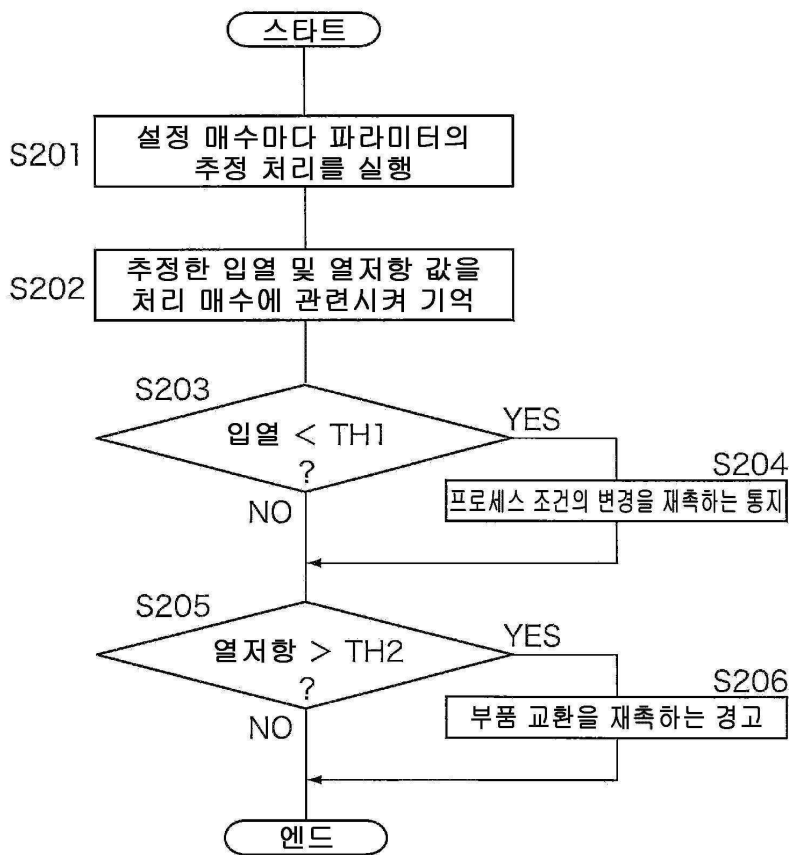
도면6



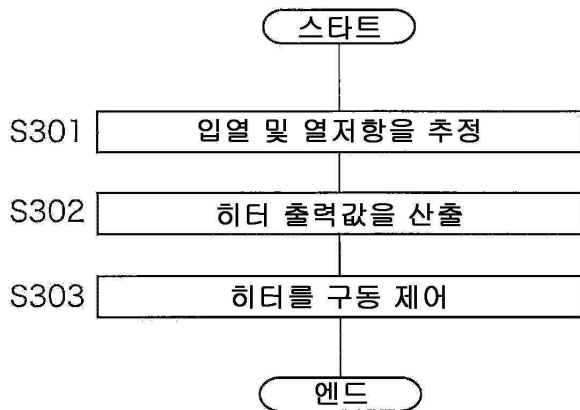
도면7



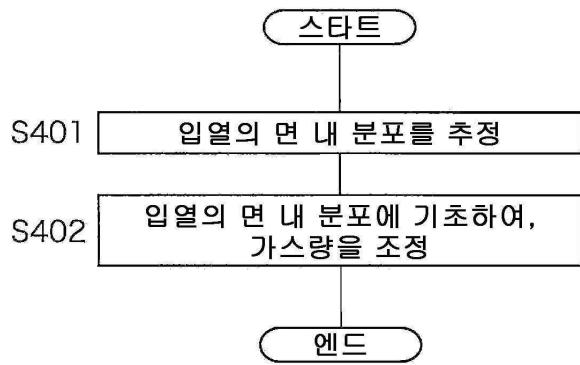
도면8



도면9



도면10



도면11

