



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2018-0085690
(43) 공개일자 2018년07월27일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.) H01L 21/67 (2006.01) H01L 21/687 (2006.01)	(71) 출원인 도쿄엘렉트론가부시키키가이샤
(52) CPC특허분류 H01L 21/67248 (2013.01) H01L 21/67069 (2013.01)	(72) 발명자 오카 신스케
(21) 출원번호 10-2018-0006074	(74) 대리인 김태홍, 김진희
(22) 출원일자 2018년01월17일 심사청구일자 없음	
(30) 우선권주장 JP-P-2017-007878 2017년01월19일 일본(JP) JP-P-2017-239167 2017년12월14일 일본(JP)	

전체 청구항 수 : 총 12 항

(54) 발명의 명칭 기관 처리 장치, 온도 제어 방법 및 온도 제어 프로그램

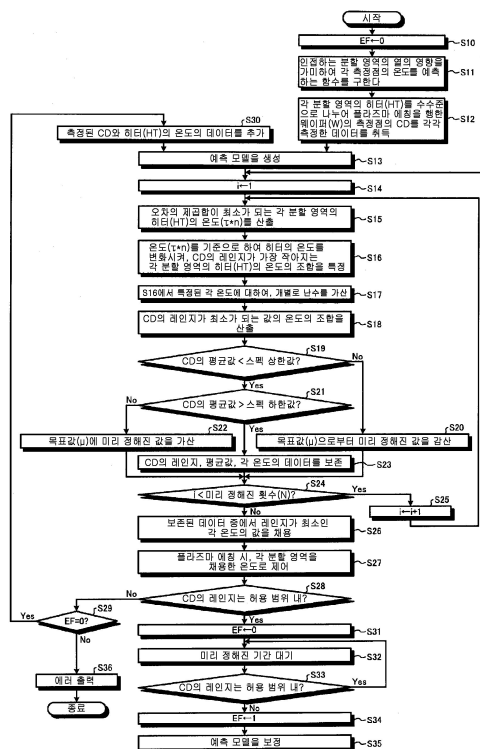
(57) 요약

본 발명은 기관의 측정점의 임계 치수가 미리 정해진 조건을 만족시키도록 각 분할 영역의 히터의 온도를 제어하는 것을 과제로 한다.

배치대는, 기관 및 이 기관을 둘러싸도록 배치되는 링 부재 중 한쪽 또는 양쪽을 배치하는 배치면이 마련되고,

(뒷면에 계속)

대표도 - 도8



배치면을 분할한 각 분할 영역에 온도를 조정할 수 있는 히터가 각각 설치되어 있다. 산출부는, 배치면에 배치된 기관에 미리 정해진 기관 처리를 행하였을 때의 기관의 미리 정해진 측정점에서의 임계 치수를, 각 분할 영역의 히터의 온도를 파라미터로 하여, 측정점과 이 측정점을 포함한 분할 영역 이외의 다른 분할 영역 사이의 거리에 따른 다른 분할 영역의 히터의 온도의 영향을 가미해서 예측하는 예측 모델을 이용하여, 측정점의 임계 치수가 미리 정해진 조건을 만족하는 각 분할 영역의 히터의 목표 온도를 산출한다. 히터 제어부는, 배치면에 배치된 기관에 대하여 기관 처리를 행할 때에, 각 분할 영역의 히터가 산출부에 의해 산출된 목표 온도가 되도록 제어한다.

(52) CPC특허분류

H01L 21/67092 (2013.01)

H01L 21/67098 (2013.01)

H01L 21/68721 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

기관 및 이 기관을 둘러싸도록 배치되는 링 부재 중 한쪽 또는 양쪽을 배치하는 배치면이 마련되고, 상기 배치면을 분할한 각 분할 영역에 온도를 조정할 수 있는 히터가 각각 설치된 배치대와,

상기 배치면에 배치된 상기 기관에 미리 정해진 기관 처리를 행하였을 때의 상기 기관의 미리 정해진 측정점에서의 임계 치수를, 각 분할 영역의 상기 히터의 온도를 파라미터로 하여, 상기 측정점과 이 측정점을 포함한 분할 영역 이외의 다른 분할 영역 사이의 거리에 따른 상기 다른 분할 영역의 상기 히터의 온도의 영향을 가미해서 예측하는 예측 모델을 이용하여, 상기 측정점의 임계 치수가 미리 정해진 조건을 만족하는 각 분할 영역의 상기 히터의 목표 온도를 산출하는 산출부와,

상기 배치면에 배치된 상기 기관에 대하여 기관 처리를 행할 때에, 각 분할 영역의 상기 히터가 산출부에 의해 산출된 목표 온도가 되도록 제어하는 히터 제어부

를 포함하는 것을 특징으로 하는 기관 처리 장치.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 산출부는, 상기 측정점과 이 측정점을 포함한 분할 영역에 인접하는 분할 영역 사이의 거리에 따른 인접하는 분할 영역의 상기 히터의 온도의 영향을 가미해서 예측하는 예측 모델을 이용하여, 상기 측정점의 임계 치수가 미리 정해진 조건을 만족하는 각 분할 영역의 상기 히터의 목표 온도를 산출하는 것을 특징으로 하는 기관 처리 장치.

청구항 3

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 측정점은 기관에 복수 개 정해지고,

상기 산출부는, 상기 예측 모델을 이용하여, 목표 치수에 대한 각 측정점의 임계 치수의 오차의 제곱합이 최소가 되는 각 분할 영역의 상기 히터의 온도를 산출하고, 산출된 각 분할 영역의 온도를 각각 기준으로 하여 각 분할 영역의 상기 히터의 온도를 변화시켜, 각 측정점의 임계 치수의 최대값과 최소값의 차, 또는 각 측정점의 임계 치수의 편차의 제곱합이 가장 작아지는 각 분할 영역의 상기 히터의 목표 온도를 산출하는 것을 특징으로 하는 기관 처리 장치.

청구항 4

제3항에 있어서, 상기 산출부는, 산출된 각 분할 영역의 온도를 각각 기준으로 하여 각 분할 영역의 상기 히터의 온도를 변화시켜, 각 측정점의 임계 치수의 평균값이 미리 정해진 스펙의 범위 내에서, 각 측정점의 임계 치수의 최대값과 최소값의 차, 또는 각 측정점의 임계 치수의 편차의 제곱합이 가장 작아지는 각 분할 영역의 상기 히터의 목표 온도를 산출하는 것을 특징으로 하는 기관 처리 장치.

청구항 5

제1항 또는 제2항에 있어서, 각 분할 영역의 상기 히터를 3개 이상의 온도로 제어하여 상기 기관에 상기 기관 처리를 행하였을 때의 상기 측정점의 임계 치수를 각각 측정된 데이터로부터 상기 예측 모델을 생성하는 생성부를 더 포함하고,

상기 산출부는, 상기 생성부에 의해 생성된 상기 예측 모델을 이용하여, 상기 측정점의 임계 치수가 미리 정해진 조건을 만족시키는 각 분할 영역의 상기 히터의 목표 온도를 산출하는 것을 특징으로 하는 기관 처리 장치.

청구항 6

제5항에 있어서, 상기 생성부는, 상기 측정점의 임계 치수를 상기 히터의 온도의 일차 함수로 모델화한 제1 예측 모델 및 상기 측정점의 임계 치수를 상기 히터의 온도의 이차 이상의 함수, 또는, 히터의 절대 온도의 역수

의 지수 함수와 정수의 합으로 모델화한 제2 예측 모델을 생성하고,

상기 산출부는, 상기 제1 예측 모델을 이용하여 임계 치수의 오차의 제곱합이 최소가 되는 각 분할 영역의 상기 히터의 온도를 산출하고, 산출된 각 분할 영역의 온도를 각각 기준으로 하여 각 분할 영역의 상기 히터의 온도를 변화시켜, 상기 제2 예측 모델을 이용하여 각 측정점의 임계 치수의 최대값과 최소값의 차가 가장 작아지는 각 분할 영역의 히터의 목표 온도를 산출하는 것을 특징으로 하는 기관 처리 장치.

청구항 7

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 기관 처리는 플라즈마 에칭이고,

상기 임계 치수는 에칭의 패턴의 폭으로 하는 것을 특징으로 하는 기관 처리 장치.

청구항 8

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 링 부재는 포커스 링, 인슐레이터 링 중 한쪽 또는 양쪽으로 하는 것을 특징으로 하는 기관 처리 장치.

청구항 9

제1항 또는 제2항에 있어서, 상기 기관의 상기 측정점의 임계 치수가 최대가 되는 최대점과 임계 치수가 최소가 되는 최소점이 같은 분할 영역 내에 위치하는 경우, 상기 최대점과 상기 최소점이 상이한 분할 영역에 위치하도록, 상기 배치면에 대한 상기 기관의 배치를 제어하는 배치 제어부를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 기관 처리 장치.

청구항 10

제9항에 있어서, 상기 기관은, 원반형으로 되고,

상기 배치대는, 상기 배치면을 분할한 각 분할 영역 중 적어도 일부가 상기 기관의 둘레 방향을 따라 마련되고,

상기 배치 제어부는, 상기 최대점과 상기 최소점이, 상기 기관의 둘레 방향을 따라서 마련된 같은 분할 영역 내에 위치하는 경우, 상기 최대점과 상기 최소점이 상이한 분할 영역에 위치하도록 상기 기관을 둘레 방향으로 회전시키는 제어를 행하는 것을 특징으로 하는 기관 처리 장치.

청구항 11

기관 및 이 기관을 둘러싸도록 배치되는 링 부재 중 한쪽 또는 양쪽을 배치하는 배치면이 마련되고, 상기 배치면을 분할한 각 분할 영역에 온도를 조정할 수 있는 히터가 각각 설치된 배치대의 상기 배치면에 배치된 상기 기관에 미리 정해진 기관 처리를 행하였을 때의 상기 기관의 미리 정해진 측정점에서의 임계 치수를, 각 분할 영역의 상기 히터의 온도를 파라미터로 하여, 상기 측정점과 이 측정점을 포함한 분할 영역 이외의 다른 분할 영역 사이의 거리에 따른 상기 다른 분할 영역의 상기 히터의 온도의 영향을 가미해서 예측하는 예측 모델을 이용하여, 상기 측정점의 임계 치수가 미리 정해진 조건을 만족하는 각 분할 영역의 상기 히터의 목표 온도를 산출하고,

상기 배치면에 배치된 상기 기관에 대하여 기관 처리를 행할 때에, 각 분할 영역의 상기 히터가 산출된 목표 온도가 되도록 제어하는

처리를 컴퓨터가 실행하는 것을 특징으로 하는 온도 제어 방법.

청구항 12

기관 및 이 기관을 둘러싸도록 배치되는 링 부재 중 한쪽 또는 양쪽을 배치하는 배치면이 마련되고, 상기 배치면을 분할한 각 분할 영역에 온도를 조정할 수 있는 히터가 각각 설치된 배치대의 상기 배치면에 배치된 상기 기관에 미리 정해진 기관 처리를 행하였을 때의 상기 기관의 미리 정해진 측정점에서의 임계 치수를, 각 분할 영역의 상기 히터의 온도를 파라미터로 하여, 상기 측정점과 이 측정점을 포함한 분할 영역 이외의 다른 분할 영역 사이의 거리에 따른 상기 다른 분할 영역의 상기 히터의 온도의 영향을 가미해서 예측하는 예측 모델을 이용하여, 상기 측정점의 임계 치수가 미리 정해진 조건을 만족하는 각 분할 영역의 상기 히터의 목표 온도를 산출하고,

상기 배치면에 배치된 상기 기관에 대하여 기관 처리를 행할 때에, 각 분할 영역의 상기 히터가 산출된 목표 온도가 되도록 제어하는

처리를 컴퓨터에 실행시키는 것을 특징으로 하는 매체에 저장된 온도 제어 프로그램.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명의 여러 가지의 측면 및 실시형태는 기관 처리 장치, 온도 제어 방법 및 온도 제어 프로그램에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 반도체 기술 세대가 진행됨에 따라, 웨이퍼 등의 기관은 직경이 증대하고 있다. 한편, 트랜지스터는 소형화되는 경향이 있다. 이 때문에, 기관 처리에는, 보다 높은 정밀도가 요구되고 있다.

[0003] 기관 처리에 관한 정밀도 중 하나로, 기관 내의 임계 치수의 균일성이 있다. 기관 처리에서는, 기관의 온도에 따라 처리의 진행이 변화한다. 그래서, 기관 처리 장치에는, 기관의 온도 제어를 보다 고도로 행하기 위해, 배치대의 기관을 배치하는 배치면을 복수의 분할 영역으로 분할하고, 각 분할 영역 각각에 히터를 설치하여, 기관의 미리 정해진 위치의 임계 치수가 미리 정해진 조건을 만족시키도록 각 분할 영역의 온도를 조정하는 것이 있다. 예컨대, 배치면의 각 분할 영역의 제어 파라미터와 기관의 미리 정해진 위치의 예상 온도와의 관계를 기술하는 행렬에 기초하여, 각 분할 영역에 대한 히터의 설정값을 구하고 있다(예컨대, 하기 특허문헌 1 참조).

선행기술문헌

특허문헌

[0004] (특허문헌 0001) 일본 특허 공개 제2016-178316호 공보

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 그런데, 배치대의 배치면을 복수의 분할 영역으로 나누어 각 분할 영역의 온도를 조정하는 경우, 각 분할 영역의 인접하는 분할 영역과의 경계 부근은, 인접하는 분할 영역의 영향을 받아 온도가 변화한다. 이 때문에, 종래의 기술에서는, 각 분할 영역의 인접하는 분할 영역과의 경계 부근의 온도가 예상 온도가 되지 않아, 경계 부근에서 임계 치수가 미리 정해진 조건을 만족시키도록 제어할 수 없는 경우가 있다. 이 결과, 종래의 기술에서는, 기관 내의 임계 치수의 균일성을 정밀도 좋게 제어할 수 없다.

[0006] 또한, 기관 처리 장치는, 기관의 주변 영역에도 히터가 설치되는 경우가 있다. 이러한 구성의 경우, 기관 처리 장치는, 주변 영역의 히터의 영향을 받아, 기관의 외연부 부근에서 임계 치수가 미리 정해진 조건을 만족하도록 제어할 수 없는 경우가 있다.

과제의 해결 수단

[0007] 개시하는 기관 처리 장치는, 하나의 실시양태에 있어서, 배치대와, 산출부와, 히터 제어부를 갖는다. 배치대는, 기관 및 이 기관을 둘러싸도록 배치되는 링 부재 중 한쪽 또는 양쪽을 배치하는 배치면이 마련되고, 배치면을 분할한 각 분할 영역에 온도를 조정할 수 있는 히터가 각각 설치되어 있다. 산출부는, 배치면에 배치된 기관에 미리 정해진 기관 처리를 행하였을 때의 기관의 미리 정해진 측정점에서의 임계 치수를, 각 분할 영역의 히터의 온도를 파라미터로 하여, 측정점과 이 측정점을 포함한 분할 영역 이외의 다른 분할 영역 사이의 거리에 따른 다른 분할 영역의 히터의 온도의 영향을 가미해서 예측하는 예측 모델을 이용하여, 측정점의 임계 치수가 미리 정해진 조건을 만족하는 각 분할 영역의 히터의 목표 온도를 산출한다. 히터 제어부는, 배치면에 배치된 기관에 대하여 기관 처리를 행할 때에, 각 분할 영역의 히터가 산출부에 의해 산출된 목표 온도가 되도록 제어한다.

발명의 효과

[0008] 개시하는 기관 처리 장치의 일 양태에 따르면, 기관의 측정점의 임계 치수가 미리 정해진 조건을 만족시키도록 각 분할 영역의 히터의 온도를 제어할 수 있다고 하는 효과를 발휘한다.

도면의 간단한 설명

- [0009] 도 1은 일 실시형태에 따른 기관 처리 시스템의 개략 구성도이다.
- 도 2는 일 실시형태에 따른 기관 처리 장치를 개략적으로 나타내는 도면이다.
- 도 3은 일 실시형태에 따른 배치대를 나타내는 평면도이다.
- 도 4는 일 실시형태에 따른 기관 처리 장치를 제어하는 제어부의 개략적인 구성을 나타낸 블록도이다.
- 도 5는 온도 분포의 일례를 나타내는 도면이다.
- 도 6은 분할 영역의 관계를 설명하는 도면이다.
- 도 7은 오차의 공급합과 레인지의 관계의 일례를 설명하는 도면이다.
- 도 8은 제1 실시형태에 따른 온도 제어 방법의 흐름의 일례를 나타내는 흐름도이다.
- 도 9는 제2 실시형태에 따른 온도 제어 방법의 흐름의 일례를 나타내는 흐름도이다.
- 도 10은 제3 실시형태에 따른 기관 처리 장치를 개략적으로 도시하는 도면이다.
- 도 11은 제3 실시형태에 따른 제1 배치대 및 제2 배치대를 도시하는 평면도이다.
- 도 12는 제4 실시형태에 따른 기관 처리 장치를 제어하는 제어부의 개략적인 구성을 도시하는 블록도이다.
- 도 13은 웨이퍼 상의 CD의 최대점과 최소점을 모식적으로 도시하는 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0010] 이하, 도면을 참조하여 본원이 개시하는 기관 처리 장치, 온도 제어 방법 및 온도 제어 프로그램의 실시형태에 대해서 상세하게 설명한다. 또한, 각 도면에 있어서 동일 또는 상당하는 부분에 대해서는 동일한 부호를 붙이는 것으로 한다. 또한, 본 실시형태에 의해 개시하는 발명이 한정되는 것은 아니다. 각 실시형태는, 처리 내용과 모순되지 않는 범위에서 적절하게 조합하는 것이 가능하다.

[0011] (제1 실시형태)

[0012] [기관 처리 시스템의 구성]

[0013] 처음에, 실시형태에 따른 기관 처리 시스템의 개략 구성에 대해서 설명한다. 기관 처리 시스템은, 웨이퍼 등의 기관에 대하여 미리 정해진 기관 처리를 행하는 시스템이다. 본 실시형태에서는, 기관에 대하여, 기관 처리로서, 플라즈마 에칭을 행하는 경우를 예로 설명한다. 도 1은 일 실시형태에 따른 기관 처리 시스템의 개략 구성도이다. 기관 처리 시스템(1)은 기관 처리 장치(10)와, 계측 장치(11)를 갖는다. 기관 처리 장치(10)와 계측 장치(11) 사이는 네트워크(N)를 통해 서로 통신 가능하게 접속된다. 네트워크(N)에는, 유선 또는 무선을 막론하고, LAN(Local Area Network)이나 VPN(Virtual Private Network) 등의 임의의 종류의 통신망을 채용할 수 있다.

[0014] 기관 처리 장치(10)는 기관에 대하여 미리 정해진 기관 처리를 행하는 장치이다. 본 실시형태에서는, 기관 처리 장치(10)는 기관으로서 반도체 웨이퍼(이하, 「웨이퍼」라고 칭함)에 대하여 플라즈마 에칭을 행한다.

[0015] 계측 장치(11)는 기관 처리 장치(10)에 의해 기관 처리가 행해진 기관의 미리 정해진 위치를 측정점으로 하여, 측정점에서의 임계 치수(Critical Dimension)를 계측하는 장치이다. 본 실시형태에서는, 계측 장치(11)는 임계 치수로서, 측정점에서의 패턴의 폭을 계측한다. 이하에서는, 임계 치수를 「CD」라고도 칭한다. CD를 계측하는 측정점은 웨이퍼의 상이한 위치에 복수개 마련되어 있다. 계측 장치(11)는 각 측정점에서 각각 패턴의 폭을 계측한다. 계측 장치(11)는, 기관의 결함을 검사하는 검사 장치여도 좋다. 계측 장치(11)는 계측된 각 측정점의 CD의 데이터를 기관 처리 장치(10)에 송신한다.

[0016] 기관 처리 장치(10)는, 웨이퍼를 배치하는 배치면이 복수의 분할 영역으로 분할되어 있고, 계측 장치(11)로부터 수신된 각 측정점의 CD의 데이터에 기초하여, 웨이퍼의 각 측정점의 CD가 미리 정해진 조건을 만족시키도록 각

분할 영역의 온도를 조정하는 제어를 행한다.

- [0017] [기관 처리 장치의 구성]
- [0018] 다음에, 기관 처리 장치(10)의 구성에 대해서 설명한다. 도 2는 일 실시형태에 따른 기관 처리 장치를 개략적으로 나타내는 도면이다. 도 2에는 일 실시형태에 따른 기관 처리 장치(10)의 종단면의 구조가 개략적으로 나타나 있다. 도 2에 나타내는 기관 처리 장치(10)는 용량 결합형 평행 평판 플라즈마 예칭 장치이다. 이 기관 처리 장치(10)는 대략 원통형의 처리 용기(12)를 구비한다. 처리 용기(12)는, 예컨대 알루미늄으로 구성되어 있다. 또한, 처리 용기(12)의 표면은 양극 산화 처리가 실시되어 있다.
- [0019] 처리 용기(12) 내에는, 배치대(16)가 마련되어 있다. 배치대(16)는 지지 부재(18) 및 베이스(20)를 포함한다. 지지 부재(18)의 상면은, 기관 처리의 대상이 되는 기관이 배치되는 배치면으로 되어 있다. 본 실시형태에서는, 플라즈마 예칭의 처리 대상이 되는 웨이퍼(W)가 지지 부재(18)의 상면에 배치된다. 베이스(20)는 대략 원반 형상을 가지며, 그 주요부는 예컨대 알루미늄이라고 하는 도전성 금속으로 구성되어 있다. 이 베이스(20)는 하부 전극을 구성한다. 베이스(20)는 지지부(14)에 의해 지지되어 있다. 지지부(14)는 처리 용기(12)의 바닥부로부터 연장되는 원통형의 부재이다.
- [0020] 베이스(20)에는, 정합기(MU1)를 통해 제1 고주파 전원(HFS)이 전기적으로 접속되어 있다. 제1 고주파 전원(HFS)은 플라즈마 생성용의 고주파 전력을 발생시키는 전원이며, 27~100 MHz의 주파수, 일례에 있어서는 40 MHz의 고주파 전력을 발생시킨다. 정합기(MU1)는 제1 고주파 전원(HFS)의 출력 임피던스와 부하측[베이스(20)측]의 입력 임피던스를 정합시키기 위한 회로를 갖는다.
- [0021] 또한, 베이스(20)에는, 정합기(MU2)를 통해 제2 고주파 전원(LFS)이 전기적으로 접속되어 있다. 제2 고주파 전원(LFS)은 웨이퍼(W)에 이온을 인입하기 위한 고주파 전력(고주파 바이어스 전력)을 발생시켜, 그 고주파 바이어스 전력을 베이스(20)에 공급한다. 고주파 바이어스 전력의 주파수는 400 kHz~13.56 MHz의 범위 내의 주파수이고, 일례에 있어서는 3 MHz이다. 정합기(MU2)는 제2 고주파 전원(LFS)의 출력 임피던스와 부하측[베이스(20)측]의 입력 임피던스를 정합시키기 위한 회로를 갖는다.
- [0022] 베이스(20) 상에는, 지지 부재(18)가 마련되어 있다. 일 실시형태에 있어서는, 지지 부재(18)는 정전 척이다. 지지 부재(18)는, 쿨롱력 등의 정전력에 의해 웨이퍼(W)를 흡착하고, 그 웨이퍼(W)를 유지한다. 지지 부재(18)는, 세라믹제의 본체부 내에 정전 흡착용의 전극(E1)을 갖는다. 전극(E1)에는, 스위치(SW1)를 통해 직류 전원(22)이 전기적으로 접속되어 있다.
- [0023] 베이스(20)의 상면의 위, 또 지지 부재(18)의 주위에는, 웨이퍼(W)를 둘러싸도록 링 부재가 배치된다. 예컨대, 베이스(20)의 상면의 위, 또 지지 부재(18)의 주위에는, 링 부재로서 포커스 링(FR)이 설치되어 있다. 포커스 링(FR)은, 플라즈마 처리의 균일성을 향상시키기 위해서 설치되어 있다. 포커스 링(FR)은, 실행하여야 할 플라즈마 처리에 따라서 적절하게 선택되는 재료로 구성되어 있으며, 예컨대, 실리콘 또는 석영으로 구성될 수 있다.
- [0024] 베이스(20)의 내부에는, 냉매 유로(24)가 형성되어 있다. 냉매 유로(24)에는, 처리 용기(12)의 외부에 마련된 칠러 유닛으로부터 배관(26a)을 통해 냉매가 공급된다. 냉매 유로(24)에 공급된 냉매는, 배관(26b)을 통해 칠러 유닛으로 되돌아가도록 되어 있다. 또한, 이 베이스(20) 및 지지 부재(18)를 포함하는 배치대(16)의 상세에 대해서는 후술한다.
- [0025] 처리 용기(12) 내에는, 상부 전극(30)이 마련되어 있다. 이 상부 전극(30)은 배치대(16)의 상방에 있어서, 베이스(20)와 대향 배치되어 있고, 베이스(20)와 상부 전극(30)은 서로 대략 평행하게 설치되어 있다.
- [0026] 상부 전극(30)은 절연성 차폐 부재(32)를 통해, 처리 용기(12)의 상부에 지지되어 있다. 상부 전극(30)은 전극관(34) 및 전극 지지체(36)를 포함할 수 있다. 전극관(34)은 처리 공간(S)에 면해 있고, 복수의 가스 토출 구멍(34a)을 제공하고 있다. 이 전극관(34)은 줄열(Joule heat)이 적은 저저항의 도전체 또는 반도체로 구성될 수 있다.
- [0027] 전극 지지체(36)는 전극관(34)을 착탈 가능하게 지지하는 것이며, 예컨대 알루미늄이라고 하는 도전성 재료로 구성될 수 있다. 이 전극 지지체(36)는 수냉 구조를 가질 수 있다. 전극 지지체(36)의 내부에는, 가스 확산실(36a)이 마련되어 있다. 이 가스 확산실(36a)에서는, 가스 토출 구멍(34a)에 연통하는 복수의 가스 통류 구멍(36b)이 하방으로 연장되어 있다. 또한, 전극 지지체(36)에는 가스 확산실(36a)에 처리 가스를 유도하는 가스 도입구(36c)가 형성되어 있고, 이 가스 도입구(36c)에는, 가스 공급관(38)이 접속되어 있다.

- [0028] 가스 공급관(38)에는, 밸브군(42) 및 유량 제어기군(44)을 통해 가스 소스군(40)이 접속되어 있다. 밸브군(42)은 복수의 개폐 밸브를 가지며, 유량 제어기군(44)은 매스 플로우 컨트롤러라고 하는 복수의 유량 제어를 갖는다. 또한, 가스 소스군(40)은 플라즈마 처리에 필요한 복수종의 가스용 가스 소스를 갖는다. 가스 소스군(40)의 복수의 가스 소스는 대응하는 개폐 밸브 및 대응하는 매스 플로우 컨트롤러를 통해 가스 공급관(38)에 접속되어 있다.
- [0029] 기관 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 도달하여, 가스 통류 구멍(36b) 및 가스 토출 구멍(34a)을 통해 처리 공간(S)에 토출된다.
- [0030] 또한, 도 2에 나타내는 바와 같이, 기관 처리 장치(10)는, 접지 도체(12a)를 더 구비할 수 있다. 접지 도체(12a)는, 대략 원통형의 접지 도체이고, 처리 용기(12)의 측벽으로부터 상부 전극(30)의 높이 위치보다 상방으로 연장되도록 마련되어 있다.
- [0031] 또한, 기관 처리 장치(10)에서는, 처리 용기(12)의 내벽을 따라 디포지션 실드(46)가 착탈 가능하게 마련되어 있다. 또한, 디포지션 실드(46)는, 지지부(14)의 외주에도 마련되어 있다. 디포지션 실드(46)는, 처리 용기(12)에 에칭 부생물(디포지션)이 부착하는 것을 방지하는 것으로, 알루미늄계에 Y2O3 등의 세라믹스를 피복함으로써 구성될 수 있다.
- [0032] 처리 용기(12)의 바닥부측에서는, 지지부(14)와 처리 용기(12)의 내벽 사이에 배기 플레이트(48)가 마련되어 있다. 배기 플레이트(48)는, 예컨대 알루미늄계에 Y2O3 등의 세라믹스를 피복함으로써 구성될 수 있다. 이 배기 플레이트(48)의 하방에 있어서 처리 용기(12)에는, 배기구(12e)가 마련되어 있다. 배기구(12e)에는, 배기관(52)을 통해 배기 장치(50)가 접속되어 있다. 배기 장치(50)는 터보 분자 펌프 등의 진공 펌프를 가지고 있어, 처리 용기(12) 내부를 원하는 진공도까지 감압할 수 있다. 또한, 처리 용기(12)의 측벽에는 웨이퍼(W)의 반입출구(12g)가 마련되어 있고, 이 반입출구(12g)는 게이트 밸브(54)에 의해 개폐 가능하게 되어 있다.
- [0033] 상기한 바와 같이 구성된 기관 처리 장치(10)는, 제어부(100)에 의해, 그 동작이 통괄적으로 제어된다. 이 제어부(100)는, 예컨대, 컴퓨터이며, 기관 처리 장치(10)의 각 부를 제어한다. 기관 처리 장치(10)는, 제어부(100)에 의해, 그 동작이 통괄적으로 제어된다.
- [0034] [배치대의 구성]
- [0035] 다음에, 배치대(16)에 대해서 상세하게 설명한다. 도 3은 일 실시형태에 따른 배치대를 나타내는 평면도이다. 전술한 바와 같이 배치대(16)는 지지 부재(18) 및 베이스(20)를 갖는다. 지지 부재(18)는 세라믹제의 본체부(18m)를 갖는다. 본체부(18m)는 대략 원반 형상을 갖는다. 본체부(18m)는 배치 영역(18a) 및 외주 영역(18b)을 제공하고 있다. 배치 영역(18a)은 평면에서 볼 때에 대략 원형의 영역이다. 이 배치 영역(18a)의 상면 상에는, 웨이퍼(W)가 배치된다. 또한, 배치 영역(18a)의 직경은 웨이퍼(W)와 대략 동일한 직경이거나, 혹은, 웨이퍼(W)의 직경보다 약간 작게 되어 있다. 외주 영역(18b)은 이 배치 영역(18a)을 둘러싸는 영역이며, 대략 환형으로 연장되어 있다. 일 실시형태에서는, 외주 영역(18b)의 상면은 배치 영역(18a)의 상면보다 낮은 위치에 있다.
- [0036] 전술한 바와 같이, 일 실시형태에서는, 지지 부재(18)는 정전 척이다. 이 실시형태의 지지 부재(18)는 배치 영역(18a) 내에 정전 흡착용의 전극(E1)을 갖는다. 이 전극(E1)은 전술한 바와 같이, 스위치(SW1)를 통해 직류 전원(22)에 접속되어 있다.
- [0037] 또한, 배치 영역(18a) 내에, 또 전극(E1)의 하방에는, 복수의 히터(HT)가 설치되어 있다. 일 실시형태에서는, 배치 영역(18a)은, 복수의 분할 영역으로 분할되고, 각각의 분할 영역에 히터(HT)가 설치되어 있다. 예컨대, 도 3에 나타내는 바와 같이, 배치 영역(18a)의 중앙의 원형 영역 내 및 그 원형 영역을 둘러싸는 동심형의 복수의 환형 영역에, 복수의 히터(HT)가 설치되어 있다. 또한, 복수의 환형 영역의 각각에 있어서는, 복수의 히터(HT)가 둘레 방향으로 배열되어 있다. 또한, 도 3에 나타내는 분할 영역의 분할 방법은 일례이며, 이것에 한정되지 않는다. 배치 영역(18a)은 보다 많은 분할 영역으로 분할하여도 좋다. 예컨대, 배치 영역(18a)은, 외주에 가까울수록, 각도폭이 작고, 직경 방향의 폭이 좁은 분할 영역으로 분할하여도 좋다. 히터(HT)는, 베이스(20)의 외주 부분에 마련된 도시하지 않는 배선을 통해, 도 2에 나타내는, 히터 전원(HP)에 개별로 접속되어 있다. 각 히터(HT)에는, 히터 전원(HP)으로부터 개별로 조정된 전력이 공급된다. 이에 의해, 각 히터(HT)가 발하는 열이 개별로 제어되고, 배치 영역(18a) 내의 복수의 분할 영역의 온도가 개별로 조정된다. 웨이퍼(W)의 CD를 측정하는 측정점은, 히터(HT)가 설치된 분할 영역에 적어도 하나 마련되어 있다.

- [0038] [제어부의 구성]
- [0039] 다음에, 제어부(100)에 대해서 상세하게 설명한다. 도 4는 일 실시형태에 따른 기관 처리 장치를 제어하는 제어부의 개략적인 구성을 나타낸 블록도이다. 제어부(100)는 통신 인터페이스(101)와, 프로세스 컨트롤러(102)와, 사용자 인터페이스(103)와, 기억부(104)가 마련되어 있다.
- [0040] 통신 인터페이스(101)는, 네트워크(N)를 통해 계측 장치(11)와 통신 가능하게 되어, 계측 장치(11)와 각종의 데이터를 송수신한다. 예컨대, 통신 인터페이스(101)는 계측 장치(11)로부터 송신된 CD의 데이터를 수신한다.
- [0041] 프로세스 컨트롤러(102)는 CPU(Central Processing Unit)를 구비하여 기관 처리 장치(10)의 각 부를 제어한다.
- [0042] 사용자 인터페이스(103)는, 공정 관리자가 기관 처리 장치(10)를 관리하기 위해 커맨드의 입력 조작을 행하는 키보드나, 기관 처리 장치(10)의 가동 상황을 가시화하여 표시하는 디스플레이 등으로 구성되어 있다.
- [0043] 기억부(104)에는, 기관 처리 장치(10)에서 실행되는 각종 처리를 프로세스 컨트롤러(102)의 제어로 실현하기 위한 제어 프로그램(소프트웨어)이나, 처리 조건 데이터 등이 기억된 레시피가 저장되어 있다. 또한, 제어 프로그램이나 처리 조건 데이터 등의 레시피는, 컴퓨터로 판독 가능한 컴퓨터 기록 매체(예컨대, 하드 디스크, DVD 등의 광 디스크, 플래시블 디스크, 반도체 메모리 등) 등에 저장된 상태의 것을 이용하거나, 혹은, 다른 장치로부터, 예컨대 전용 회선을 통해 수신 전송받아 온라인으로 이용하거나 하는 것도 가능하다.
- [0044] 프로세스 컨트롤러(102)는 프로그램이나 데이터를 저장하기 위한 내부 메모리를 가지며, 기억부(104)에 기억된 제어 프로그램을 읽어내어, 읽어낸 제어 프로그램의 처리를 실행한다. 프로세스 컨트롤러(102)는 제어 프로그램이 동작함으로써 각종 처리부로서 기능한다. 예컨대, 프로세스 컨트롤러(102)는 생성부(102a)와, 산출부(102b)와, 플라즈마 제어부(102c)와, 히터 제어부(102d)의 기능을 갖는다. 또한, 본 실시형태에 따른 기관 처리 장치(10)에서는, 프로세스 컨트롤러(102)가, 생성부(102a), 산출부(102b), 플라즈마 제어부(102c) 및 히터 제어부(102d)의 기능을 갖는 경우를 예로 설명하지만, 생성부(102a), 산출부(102b), 플라즈마 제어부(102c) 및 히터 제어부(102d)의 기능을 복수의 컨트롤러로 분산하여 실현하여도 좋다.
- [0045] 그런데, 플라즈마 예칭 등의 기관 처리에서는, 웨이퍼(W) 전체면에서의 CD의 레인지(CD의 최대값과 CD의 최소값의 차)가 작고, 또한, CD의 평균값이 목표값에 가까운 것이 요구되고 있다. 한편, 기관 처리에서는, 웨이퍼(W)의 온도에 따라 처리의 진행이 변화한다. 예컨대, 플라즈마 예칭에서는, 웨이퍼(W)의 온도에 따라 예칭의 진행 속도가 변화한다. 그래서, 본 실시형태에 따른 기관 처리 장치(10)에서는, 각 히터(HT)의 온도를 파라미터로 하여, 웨이퍼(W)의 미리 정해진 측정점에서의 임계 치수를 예측하는 예측 모델을 이용하여, 웨이퍼(W)의 전체면의 CD의 레인지가 보다 작은 상황 및 CD의 평균값이 목표값에 가까운 상황을 실현한다.
- [0046] 여기서, 예측 모델에 대해서 설명한다. 본 실시형태에서는, 측정점의 임계 치수를 각 히터(HT)의 온도의 1차 함수로 모델화한 예측 모델에 대해서 설명한다.
- [0047] 각 분할 영역의 인접하는 분할 영역과의 경계 부근은 인접하는 분할 영역의 영향도 받아 온도가 변화한다. 측정점에 대한 인접하는 분할 영역의 히터(HT)의 온도의 영향을 가미한 경우, 각 측정점의 온도는 히터(HT)의 온도(T)를 파라미터로 하여 이하의 식 (1)과 같이 나타낼 수 있다.

수학식 1

[0048]
$$T_{i,j} = T_i + \delta T_{i,j} \quad \dots (1)$$

[0049] 여기서, i는 측정점을 포함하는 히터(HT)가 설치된 분할 영역의 번호이다. j는 히터(HT)가 설치된 분할 영역에 포함되는 측정점의 번호이다. T_i 는 번호 i의 분할 영역의 온도를 나타낸다. $\delta T_{i,j}$ 는 번호 i의 분할 영역 내의 측정점(j)의 온도와 T_i 의 온도차를 나타낸다. 이 온도차는 인접한 분할 영역으로부터의 열의 영향에 의해 생긴다. $\delta T_{i,j}$ 는 측정점의 인접하는 분할 영역으로부터의 거리에 의해서도 변화한다.

[0050] $\delta T_{i,j}$ 는 다음과 같이 구한다. 인접하는 2개의 분할 영역의 히터(HT)의 온도를 변경한 상태로서, 적외선 서모그래피에 의해 분할 영역의 온도 분포를 계측한다. 분할 영역의 온도 분포는, 사전에 적어도 1회 구해 두면 좋다. 또한, 분할 영역의 온도 분포는, 기관 처리 장치(10)를 이용하여 계측할 필요는 없고, 배치대(16)와 동일한 구

성으로 한 계측용의 배치대를 이용하여 계측하여도 좋다. 예컨대, 배치대(16)와 동일한 부품에 의한 계측용의 배치대를 이용하여 계측하여도 좋다. 도 5는 온도 분포의 일례를 나타내는 도면이다. 도 5에 나타내는 배치대(16)는, 웨이퍼(W)를 배치하는 배치 영역(18a)이 분할 영역(19a, 19b, 19c, 19d)으로 분할되어 있다. 도 5의 (A)에는 내측의 분할 영역(19a)과 분할 영역(19b, 19c, 19d)에서 히터(HT)의 온도를 변경한 경우의 적외선 서모그래프의 화상이 나타나 있다. 도 5의 (B)에는 분할 영역(19a, 19b)의 경계를 제로로 하여, 경계로부터의 거리(d)에 대한 온도의 변화를 나타낸 그래프가 나타나 있다. 도 5의 (B)의 예에서는, 분할 영역(19a)의 온도가 29.5℃로 되고, 분할 영역(19b, 19c)의 온도가 34℃로 되어 있다. 도 5의 (B)에 나타내는 바와 같이, 분할 영역(19b)의 분할 영역(19a)과의 경계 부근의 온도는, 분할 영역(19a)의 영향을 받아 34℃가 되지 않고, 분할 영역(19a)으로부터의 거리에 의해서도 온도가 변화한다.

[0051] 예컨대, 인접하는 2개의 분할 영역(19)을 분할 영역(19-1), 분할 영역(19-2)으로 하여, 분할 영역(19-1)의 온도를 T_{1-1} 로 하고, 분할 영역(19-2)의 온도를 T_{2-1} 로 한 경우, 분할 영역(19-2)의 경계로부터의 거리 d의 위치의 온도(T)는 이하의 식 (2)과 같이 근사식으로 나타낼 수 있다.

수학식 2

$$T = T_{2-1} + \delta T = T_{2-1} + (T_{1-1} - T_{2-1}) \cdot \frac{1}{1 + \exp\left(\frac{d}{\lambda}\right)} \quad \dots (2)$$

[0052]

[0053] 여기서, λ 는 온도의 변화의 그래프를 근사하기 위한 정수이다. 예컨대, 도 5의 (B)의 온도의 변화의 그래프를 근사하는 경우, λ 는 7.2 mm가 된다.

[0054] 식 (1)은, $\delta T_{i,j}$ 를 식 (2)로 나타낸 경우, 이하의 식 (3)과 같이 나타낼 수 있다.

수학식 3

$$T_{i,j} = T_i + \delta T_{i,j} \quad \dots (1)$$

$$\begin{aligned} &= T_i + \sum_k (T_k - T_i) \frac{1}{1 + \exp\left(\frac{d_{i,j,k}}{\lambda_{i,j,k}}\right)} \\ &= T_i \left\{ 1 - \sum_k \frac{1}{1 + e^{\left(\frac{d_{i,j,k}}{\lambda_{i,j,k}}\right)}} \right\} + \sum_{(k \neq i)} T_k \frac{1}{1 + \exp\left(\frac{d_{i,j,k}}{\lambda_{i,j,k}}\right)} \quad \dots (3) \end{aligned}$$

[0055]

[0056] 여기서, k는 i번째의 분할 영역에 인접하는 분할 영역의 번호이다. $d_{i,j,k}$ 는 i번째의 분할 영역의 j번째의 측정점에 대한 인접하는 k번째의 분할 영역으로부터의 거리이다. 측정점의 위치는, 사전에 정해져 있기 때문에, $d_{i,j,k}$ 는 각각 사전에 구할 수 있다. $\lambda_{i,j,k}$ 는 i번째의 분할 영역의 j번째의 측정점에 대한 인접하는 k번째의 분할 영역의 영향을 나타내는 정수이다. 인접하는 분할 영역의 영향을 같은 것으로 하는 경우, $\lambda_{i,j,k}$ 는 전부 동일한 값으로 하여도 좋다. 예컨대, 도 5의 (B)의 측정 결과를 이용하는 경우, $\lambda_{i,j,k}$ 는 전부 7.2 mm가 된다.

[0057] 도 6은 분할 영역의 관계를 설명하는 도면이다. 도 6에서는, 분할 영역(191~19t)이 나타나 있다. 분할 영역(19p)에는, 분할 영역(191~19o, 19s)이 인접하고 있다. 또한, 분할 영역(19p)에는, 측정점(21)이 포함되어 있다. 분할 영역(19p)의 번호를 i로 한 경우, 분할 영역(191~19o, 19s)의 번호가 k가 된다. 또한, $d_{i,j,k}$ 는 도 6에 있어서 화살표로 나타내는 바와 같은 측정점(21)과 분할 영역(191~19o, 19s) 사이의 거리가 된다.

[0058] 다음에, 예측 모델의 생성에 이용하는 데이터를 얻기 위해, 기관 처리 장치(10)는 각 히터(HT)를 제어해서, 각 분할 영역의 온도를 수(數)수준으로 나누어, 각각의 온도에서 웨이퍼(W)를 교환하여, 각 웨이퍼(W)에 대하여 실제로 실시하는 플라즈마 에칭을 개별로 실시한다. 예컨대, 기관 처리 장치(10)는 각 히터(HT)를 3가지 이상의 온도로 제어해서, 각각의 온도에서 웨이퍼(W)를 교환하여, 실제로 실시하는 플라즈마 에칭을 개별로 실시한다. 일례로서, 기관 처리 장치(10)는 각 히터(HT)를 50℃로 하여, 웨이퍼(W)에 대하여 플라즈마 에칭을 실시한다. 또한, 기관 처리 장치(10)는 각 히터(HT)를 55℃로 하여, 웨이퍼(W)에 대하여 플라즈마 에칭을 실시한다. 또한, 기관 처리 장치(10)는 각 히터(HT)를 45℃로 하여, 웨이퍼(W)에 대하여 플라즈마 에칭을 실시한다. 또한, 예측 모델의 생성에 이용하는 데이터를 얻을 때, 각 분할 영역의 온도는 모든 분할 영역에서 반드시 공통되지 않아도 좋다. 즉, 일부의 분할 영역은 다른 분할 영역과 온도가 상이하어도 좋다. 예컨대, 배치 영역(18a)의 중앙 부근의 분할 영역과 배치 영역(18a)의 외주 부근의 분할 영역에서 온도가 상이하어도 좋다.

[0059] 각 온도에서 플라즈마 에칭이 실시된 각 웨이퍼(W)는 각각 계측 장치(11)에 반송된다. 계측 장치(11)는 반송된 각 웨이퍼(W)에 대해서, 미리 정해진 위치를 측정점으로 하여, 측정점의 CD를 계측한다. 예컨대, 계측 장치(11)는 각 히터(HT)를 45℃, 50℃, 55℃의 3개의 온도로 하여 플라즈마 에칭이 실시된 각 웨이퍼(W)의 각 측정점의 CD를 계측한다. 계측 장치(11)는 계측된 각 측정점의 CD의 데이터를 기관 처리 장치(10)에 송신한다.

[0060] 각 히터(HT)의 온도(T)의 1차 함수로 측정점의 CD를 예측하는 경우, 각 측정점의 CD는, 히터(HT)의 온도(T)를 파라미터로 하여 이하의 식 (4-1)과 같이 나타낼 수 있다.

수학식 4

[0061]
$$CD_{i,j} = A_{11_{i,j}} \cdot (T_{i,j} - T_{i,j_a}) + A_{10_{i,j}} \quad \dots (4-1)$$

[0062] 여기서, i는 측정점을 포함하는 히터(HT)가 설치된 분할 영역의 번호이다. 예컨대, 히터(HT)가 설치된 분할 영역에는 순차 번호 i를 부여한다. j는 히터(HT)가 설치된 분할 영역에 포함되는 측정점의 번호이다. 예컨대, 히터(HT)가 설치된 분할 영역마다, 측정점에는, 순차 번호 j를 부여한다. CD_{i,j}는, 번호 i의 분할 영역에 포함되는 번호 j의 측정점의 CD의 값을 나타낸다. T_i는 번호 i의 분할 영역의 온도를 나타낸다. T_{i,j}는 번호 i의 분할 영역의 번호 j의 측정점의 온도를 나타낸다. A_{11_{i,j}}는 번호 i의 분할 영역에 포함되는 번호 j의 측정점의 CD의 값을 온도(T_{i,j})로부터 구하기 위한 일차 함수의 계수이다. T_{i_a}는, CD를 계측한 3개 이상의 번호 i의 분할 영역의 온도의 평균 온도를 나타낸다. 예컨대, 45℃, 50℃, 55℃의 3개의 온도에서 CD를 계측한 경우, T_{i_a}는 50℃가 된다. T_{i,j_a}는 번호 i의 분할 영역의 번호 j의 측정점의 CD를 계측한 3개 이상의 온도의 평균 온도를 나타낸다. A_{10_{i,j}}는 번호 i의 분할 영역에 포함되는 번호 j의 측정점의 3개 이상의 온도에서 각각 측정된 CD의 평균값을 나타낸다.

[0063] 식 (4-1)은, 식 (4-2)와 같이 나타내고, 온도(τ₁)를 이하의 식 (5-2)와 같이 나타내며, a_{i,j,1}을 이하의 식 (5-3)과 같이 나타낸 경우, 이하의 식 (5-1)과 같이 나타낼 수 있다.

수학식 5

$$CD_{i,j} = A_{11,i,j} \cdot (T_{i,j} - T_{i,j,a}) + A_{0,i,j} \quad \dots (4-1)$$

$$= A_{11,i,j} \cdot (T_i - T_{i,a}) \cdot \left\{ 1 - \sum_k \frac{1}{1 + e^{\left(\frac{d_{i,j,k}}{\lambda_{i,j,k}}\right)}} \right\} + \sum_{(i \neq k)} A_{11,i,j} \cdot (T_k - T_{k,a}) \cdot \frac{1}{1 + e^{\left(\frac{d_{i,j,k}}{\lambda_{i,j,k}}\right)}} + A_{0,i,j}$$

... (4-2)

$$= \sum_l a_{i,j,l} \cdot \tau_l + A_{0,i,j} \quad (i=1 \sim 37) \quad \dots (5-1)$$

$$\tau_l = T_l - T_{l,a} \quad \dots (5-2)$$

$$a_{i,j,l} = \begin{cases} A_{11,i,j} \cdot \left\{ 1 - \sum_k \frac{1}{1 + e^{\left(\frac{d_{i,j,k}}{\lambda_{i,j,k}}\right)}} \right\} & (l=i) \\ A_{11,i,j} \cdot \frac{1}{1 + e^{\left(\frac{d_{i,j,k}}{\lambda_{i,j,k}}\right)}} & (l=k) \\ 0 & (\text{그 외}) \end{cases} \quad \dots (5-3)$$

[0064]

[0065]

여기서, 1은 히터(HT)가 설치된 분할 영역의 번호이다. 예컨대, 히터(HT)가 설치된 분할 영역이 20개 있는 경우, 1=1~20이 된다.

[0066]

예측 모델을 생성하는 경우, 기관 처리 장치(10)는, 각 히터(HT)를 제어하여, 각 분할 영역의 온도를 수(數)수준으로 나누어, 각각의 온도에서 웨이퍼(W)를 교환하여, 실제로 실시하는 플라즈마 에칭을 개별로 실시한다. 예컨대, 기관 처리 장치(10)는, 각 히터(HT)를 3개 이상의 온도로 제어해서, 각각의 온도에서 웨이퍼(W)를 교환하여, 실제로 실시하는 플라즈마 에칭을 개별로 실시한다. 일례로서, 기관 처리 장치(10)는, 각 히터(HT)를 50℃로 하여, 웨이퍼(W)에 대하여 플라즈마 에칭 처리를 실시한다. 또한, 기관 처리 장치(10)는, 각 히터(HT)를 55℃로 하여, 웨이퍼(W)에 대하여 플라즈마 에칭 처리를 실시한다. 또한, 기관 처리 장치(10)는, 각 히터(HT)를 45℃로 하여, 웨이퍼(W)에 대하여 플라즈마 에칭 처리를 실시한다.

[0067]

그리고, 각 온도에서 플라즈마 에칭 처리가 실시된 각 웨이퍼(W)를 각각 계측 장치(11)로 이동시켜, 웨이퍼(W)의 미리 정해진 위치를 측정점으로 하여, 계측 장치(11)에서 측정점의 CD를 계측한다. 즉, 각 히터(HT)를 45℃, 50℃, 55℃의 3개의 온도로 하여 플라즈마 에칭 처리가 실시된 각 웨이퍼(W)의 각 측정점의 CD를 계측한다. 계측 장치(11)는 계측된 각 측정점의 CD의 데이터를 기관 처리 장치(10)에 송신한다.

[0068]

생성부(102a)는 수신된 CD의 데이터로부터 예측 모델을 생성한다. 예컨대, 생성부(102a)는 계측 장치(11)로부터 수신된, 각 히터(HT)를 45℃, 50℃, 55℃의 3개의 온도로 하여 플라즈마 에칭 처리가 실시된 각 웨이퍼(W)의 측정점의 CD의 데이터에 기초해서, 각 측정점의 CD와 각 히터(HT)의 온도를 이용하여, 피팅을 행하여 계수(A_{11,i,j})의 값을 구한다.

[0069]

계수(A_{11,i,j})의 값이 구해지면, 전술한 식 (5-3)으로부터 계수(a_{i,j,l})가 구해지고, 전술한 식 (5-1)을 이용하여, 온도(τ_l)로부터 CD_{i,j}를 산출할 수 있다.

[0070]

생성부(102a)는 구한 계수(A_{11,i,j})의 값을 식 (5-3)에 대입하여, 계수(a_{i,j,l})를 구하고, 예측 모델로서, 구한 계수(a_{i,j,l})를 대입한 식 (5-1)을 생성한다.

[0071]

산출부(102b)는 생성부(102a)에 의해 생성된 예측 모델을 이용하여, 측정점의 CD가 미리 정해진 조건을 만족시키는 각 분할 영역의 히터(HT)의 목표 온도를 산출한다. 예컨대, 산출부(102b)는 예측 모델을 이용하여, 목표값(μ)에 대한 각 측정점의 CD의 오차의 제곱합이 최소가 되는 각 분할 영역의 히터(HT) 온도를 산출한다.

[0072] 오차의 제곱합이 최소가 되는 각 분할 영역의 히터(HT) 온도의 산출 방법을 구체적으로 설명한다.

[0073] 전술한 식 (5-1)은 이하의 식 (6)과 같이 나타낼 수 있다.

수학식 6

[0074]
$$CD_m = \sum_n a_{m,n} \cdot \tau_n + A_{10_m} \quad \dots (6)$$

[0075] 여기서, m은 측정점을 식별하는 번호이다. 예컨대, 측정점이 400개 있는 경우, m은 1~400까지 있다. 식 (5-1)에서는, 측정점에 대하여, 분할 영역마다, 차례로 번호를 부여하지만, 식 (6)에서는, 모든 분할 영역의 측정점에 대하여, 차례로 번호 m을 부여한다. n은 히터(HT)가 설치된 분할 영역의 번호이다. CD_m은 CD_{i,j}에 대응하고, 번호 m의 측정점의 CD를 나타낸다. τ_n은 τ_i에 대응하고, 번호 n의 분할 영역의 히터(HT)의 온도를 나타낸다. a_{m,n}은 a_{i,j,l}에 대응하고, 계수를 나타낸다. A_{10_m}은 A_{10,i,j}에 대응하고, 번호 m의 측정점의 3개 이상의 온도에서 각각 측정된 CD의 평균값을 나타낸다.

[0076] 플라즈마 에칭 등의 기관 처리에서는, 웨이퍼(W) 전체면에서의 CD의 레인지가 작고, 또한, CD의 평균값이 목표치수로 된 목표값에 가까운 것이 바람직하다. 그래서, 모든 측정점에 대하여, CD_m이 거의 목표값[μ(CD_m≒μ)]이 되는 각 분할 영역의 히터(HT)의 온도를 T_n^{*}으로 한다. 전술한 식 (5-2)로부터, τ_n^{*}은 이하의 식 (7)의 관계가 있는 것으로 한다.

수학식 7

[0077]
$$\tau_n^* = T_n^* - T_{n_a} \quad \dots (7)$$

[0078] 각 측정점의 CD에는, 기관 처리 이전의 각 측정점의 CD의 변동이나, 기관 처리의 영향 등에 의해, 목표값(μ)에 대하여 오차가 있는 경우가 있다. 이 때문에, 각 분할 영역의 히터(HT)의 온도를 τ_n^{*}으로 한 경우의 각 측정점의 CD_m은 이하의 식 (8)과 같이 나타낼 수 있다.

수학식 8

[0079]
$$\mu + \varepsilon_m = \sum_n a_{m,n} \cdot \tau_n^* + A_{10_m} \quad \dots (8)$$

[0080] 여기서, ε_m은 번호 m의 측정점에 있어서의 목표값(μ)에 대한 CD의 오차이다.

[0081] 식 (8)로부터, 각 측정점의 오차의 제곱합은, 이하의 식 (9)와 같이 나타낼 수 있다.

수학식 9

[0082]
$$\sum_m \varepsilon_m^2 = \sum_m \left\{ \sum_n a_{m,n} \cdot \tau_n^* + A_{10_m} - \mu \right\}^2 \quad \dots (9)$$

[0083] 식 (9)에 나타내는 오차의 제곱합이 최소가 되는 점은, 극소값이 되는 점이다. 극소값에서는, 식 (9)가 이하의 식 (10-1)을 만족하고, 식 (10-1) 내지 식 (10-2)를 만족한다.

수학식 10

$$\frac{\partial}{\partial \tau_n^*} \sum_m \epsilon_m^2 = \sum_m 2a_{m,l} \{ \sum_n a_{m,n} \cdot \tau_n^* + A_{10_m} - \mu \} = 0 \quad \dots(10-1)$$

$$\sum_n \tau_n^* \cdot \sum_m a_{m,l} \cdot a_{m,n} = \sum_m a_{m,l} (\mu - A_{10_m}) \quad \dots(10-2)$$

[0084]

[0085]

식 (10-2)는, $x_{l,n}$ 을 식 (11-2)로 나타내고, y_l 을 식 (11-3)으로 나타낸 경우, 이하의 식 (11-1)과 같이 나타낼 수 있다. 예컨대, 측정점이 400개 있는 경우, 식 (11-2) 및 식 (11-3)에서는, m 을 1~400으로 한 총합을 구한다.

수학식 11

$$\sum_n x_{l,n} \cdot \tau_n^* = y_l \quad \dots(11-1)$$

$$x_{l,n} = \sum_m a_{m,l} \cdot a_{m,n} \quad \dots(11-2)$$

$$y_l = \sum_m a_{m,l} (\mu - A_{10_m}) \quad \dots(11-3)$$

[0086]

[0087]

여기서, l 은 히터(HT)가 설치된 분할 영역의 번호이다. 예컨대, 히터(HT)가 설치된 분할 영역이 20개 있는 경우, $l=1\sim 20$ 이 된다.

[0088]

이 식 (11-1)은 이하의 식 (12)와 같이 행렬 계산으로서 나타낼 수 있다.

수학식 12

$$\begin{bmatrix} x_{1,1} & x_{1,2} & \dots & x_{1,37} \\ x_{2,1} & x_{2,2} & \dots & x_{2,37} \\ \vdots & & & \vdots \\ x_{37,1} & x_{37,2} & \dots & x_{37,37} \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \tau_1^* \\ \tau_2^* \\ \vdots \\ \tau_{37}^* \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} y_1 \\ y_2 \\ \vdots \\ y_{37} \end{bmatrix} \quad \dots(12)$$

[0089]

[0090]

식 (12)에 나타내는 행렬은, 역행렬을 구함으로써, 이하의 식 (13)의 행렬로 변환할 수 있다.

수학식 13

$$\begin{bmatrix} \tau_1^* \\ \tau_2^* \\ \vdots \\ \tau_{37}^* \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x_{1,1} & \dots & x_{1,37} \\ \vdots & & \vdots \\ x_{37,1} & \dots & x_{37,37} \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} y_1 \\ \vdots \\ y_{37} \end{bmatrix} \quad \dots(13)$$

[0091]

- [0092] 행렬의 $x_{1,n}$ 은 $a_{m,1}$ 및 $a_{m,1}$ 에 대응하는 $a_{i,j,1}$ 을 식 (11-2)에 대입함으로써 산출할 수 있다. 행렬의 y_1 도 $a_{m,1}$ 에 대응하는 $a_{i,j,1}$, $A_{10,m}$ 에 대응하는 $A_{10,i,j}$ 를 식 (11-3)에 대입함으로써 산출할 수 있다.
- [0093] 산출부(102b)는, 식 (13)의 행렬을 풀어서, 오차의 제곱합이 최소가 되는 각 분할 영역의 히터(HT)의 온도(τ_n^*)를 산출한다.
- [0094] 그런데, 오차의 제곱합이 최소가 되어도, CD의 레인지는, 작지 않은 경우가 있다. 도 7은 오차의 제곱합과 레인지의 관계의 일례를 설명하는 도면이다. 도 7의 횡축은 측정점의 번호이다. 도 7의 종축은 측정점에서의 CD이다. 각 측정점에서의 오차는, 목표값(μ)과 CD의 차이이다. 오차의 제곱합을 최소로 하는 경우, 각 측정점에서의 오차가 전체적으로 작아지면 좋다. 이 때문에, 예컨대, 도 7의 나타내는 바와 같이, 하나의 측정점에서 목표값(μ)에 대하여 오차가 커도, 다른 다수의 측정점에서 목표값(μ)에 대하여 오차가 작은 경우, 오차의 제곱합은 작아진다. 한편, CD의 레인지는 CD의 최대값과 CD의 최소값의 차이이다. 도 7의 예의 경우, CD의 레인지는 작은 것이 아니다.
- [0095] 그러나, CD의 레인지와, 오차의 분산에는, 강한 정(正)의 상관 관계가 있다. CD의 레인지가 최소가 되는 각 분할 영역의 히터(HT)의 온도는, 오차의 제곱합이 최소가 되는 각 분할 영역의 히터(HT)의 온도(τ_n^*)의 주변에 있다고 생각된다.
- [0096] 그래서, 산출부(102b)는, 오차의 제곱합이 최소가 되는 각 분할 영역의 히터(HT)의 온도(τ_n^*)를 각각 기준으로 하여, 각 분할 영역의 히터(HT)의 온도(T_n)를 변화시켜, 각 측정점의 CD의 레인지가 가장 작아지는 각 분할 영역의 히터(HT)의 목표 온도를 산출한다. 예컨대, 산출부(102b)는, 각 분할 영역의 히터(HT)의 온도(τ_n^*)를 각각 기준으로 하여, 히터(HT)의 온도를 개별로 플러스와 마이너스로 미리 정해진 온도만큼 변화시켜 각 측정점의 CD를 산출하고, CD의 레인지가 가장 작아지는 각 분할 영역의 히터(HT)의 온도의 조합을 특정한다. 미리 정해진 온도는, 고정값이어도 좋고, 처리 조건에 따라 변화하여도 좋고, 외부 장치로부터 설정 가능하게 하여도 좋다. 본 실시형태에서는, 미리 정해진 온도를 1도로 한다. 산출부(102b)는 특정된 각 분할 영역의 히터(HT)의 온도의 조합에 대해서, 각 분할 영역의 히터(HT)의 온도에 대하여, 개별로 난수를 더한 값을 초기값으로 해서, 예컨대, GRG법(Generalized Reduced Gradient method)을 이용하여, CD의 레인지가 가장 작아지는 각 분할 영역의 히터(HT)의 목표 온도를 산출한다. 또한, 산출부(102b)는 특정된 각 분할 영역의 히터(HT)의 온도의 조합에 대해서, 각 분할 영역의 히터(HT)의 온도를 미리 정해진 온도보다 작은 온도폭으로 랜덤, 또는, 미리 정해진 규칙으로 변화시켜 각 측정점의 CD를 산출하는 것을 반복하여, CD의 레인지가 가장 작아지는 각 분할 영역의 히터(HT)의 목표 온도를 산출하여도 좋다.
- [0097] 플라즈마 제어부(102c)는, 기관 처리 장치(10)의 각 부를 제어하여, 플라즈마 처리를 제어한다. 예컨대, 플라즈마 제어부(102c)는, 실시하는 플라즈마 에칭에 따른 레시피 등을 기억부(104)로부터 읽어내고, 읽어낸 레시피 등에 기초하여, 기관 처리 장치(10)의 각 부를 제어한다.
- [0098] 히터 제어부(102d)는, 플라즈마 제어부(102c)의 제어에 의해, 배치대(16)의 배치 영역(18a)에 배치한 웨이퍼(W)에 대하여 플라즈마 에칭을 행할 때에, 각 분할 영역의 히터(HT)가 산출부(102b)에 의해 산출된 목표 온도가 되도록 제어한다. 예컨대, 히터 제어부(102d)는, 각 히터(HT)에, 각각의 목표 온도에 따른 전력이 공급되도록 히터 전원(HP)을 제어한다.
- [0099] 플라즈마 에칭이 실시된 웨이퍼(W)는 계측 장치(11)에 반송된다. 계측 장치(11)는, 반송된 웨이퍼(W)의 측정점의 CD를 계측하고, 계측된 CD의 데이터를 기관 처리 장치(10)에 송신한다.
- [0100] 산출부(102b)는 계측 장치(11)로부터 수신된 CD의 데이터로부터 CD의 레인지가 허용 범위 이내인지 판정하고, CD의 레인지가 허용 범위 이내가 아닌 경우, 예측 모델의 보정을 행한다. 예컨대, 산출부(102b)는, 각 측정점의 CD-목표값(μ)의 값을, 각각의 예측 모델의 각 측정점의 함수에 더하여, 재차, 오차의 제곱합이 최소가 되는 각 분할 영역의 히터(HT)의 온도(τ_n^*)를 산출한다. 그리고, 산출부(102b)는, 오차의 제곱합이 최소가 되는 각 분할 영역의 히터(HT)의 온도(τ_n^*)를 각각 기준으로 하여, 각 분할 영역의 히터(HT)의 온도(T_n)를 변화시켜, 각 측정점의 CD의 레인지가 가장 작아지는 각 분할 영역의 히터(HT)의 목표 온도를 산출한다. 본 실시형태에 따른 기관 처리 장치(10)에서는, 산출된 각 분할 영역의 히터(HT)의 목표 온도에서 웨이퍼(W)에 대하여 플라즈마 에칭을

실시한 결과, 웨이퍼(W)의 측정점의 CD의 레인지가 허용값 이내가 아닌 경우, 예측 모델을 재생성한다.

- [0101] [온도 제어의 흐름]
- [0102] 다음에, 제1 실시형태에 따른 기관 처리 장치(10)를 이용한 온도 제어 방법에 대해서 설명한다. 도 8은 제1 실시형태에 따른 온도 제어 방법의 흐름의 일례를 나타내는 흐름도이다.
- [0103] 생성부(102a)는 에러 플래그(EF)를 0으로 초기화한다(단계 S10). 생성부(102a)는 각 히터(HT)의 온도를 파라미터로 하여, 측정점과 이 측정점을 포함한 분할 영역에 인접하는 분할 영역 사이의 거리에 따른 인접하는 분할 영역의 히터(HT)의 온도의 영향을 가미해서, 측정점의 온도를 예측하는 함수를 구한다(단계 S11). 본 실시형태에서는, 생성부(102a)는 각 히터(HT)의 온도(T)의 1차 함수로 측정점의 CD를 예측하는 함수를 구한다. 예컨대, 생성부(102a)는 식 (5-1), 식 (5-2), 식 (5-3)을 구한다.
- [0104] 생성부(102a)는, 각 분할 영역의 히터(HT)를 수(數)수준으로 나누어 플라즈마 에칭을 행한 웨이퍼(W)의 측정점의 CD를 각각 측정된 데이터를 취득한다(단계 S12). 예컨대, 기관 처리 장치(10)는 각 히터(HT)를 제어해서, 각 분할 영역의 온도를 수(數)수준으로 나누어, 각각의 온도에서 웨이퍼(W)를 교환하여, 실제로 실시하는 플라즈마 에칭을 개별로 실시한다. 각 온도에서 플라즈마 에칭 처리가 실시된 각 웨이퍼(W)를 각각 측정 장치(11)로 이동시켜, 웨이퍼(W)의 미리 정해진 위치를 측정점으로 하여, 측정 장치(11)에서 측정점의 CD를 측정한다. 측정 장치(11)는 측정된 각 측정점의 CD의 데이터를 기관 처리 장치(10)에 송신한다. 생성부(102a)는 측정 장치(11)로부터 측정된 각 측정점의 CD의 데이터를 수신함으로써, 각 분할 영역의 히터(HT)를 수(數)수준으로 나누어 플라즈마 에칭을 행한 웨이퍼(W)의 측정점의 CD를 각각 측정된 데이터를 취득한다.
- [0105] 생성부(102a)는 취득된 데이터로부터 예측 모델을 생성한다(단계 S13). 예컨대, 생성부(102a)는 구한 함수에 대하여, 측정된 각 측정점의 CD와 각 히터(HT)의 온도를 이용해서 피팅을 행하여, 각 히터(HT)의 온도로부터 측정점의 CD를 예측하는 함수를 예측 모델로서 구한다.
- [0106] 산출부(102b)는 카운터(i)를 1로 초기화한다(단계 S14). 그리고, 산출부(102b)는 생성된 예측 모델을 이용하여, 목표값(μ)에 대한 각 측정점의 CD의 오차의 제곱합이 최소가 되는 각 분할 영역의 히터(HT)의 온도(τ_n^*)를 산출한다(단계 S15).
- [0107] 산출부(102b)는 각 분할 영역의 히터(HT)의 온도(τ_n^*)를 각각 기준으로 하여, 히터(HT)의 온도를 개별로 플러스와 마이너스로 미리 정해진 온도(예컨대, 1도)만큼 변화시켜 각 측정점의 CD를 산출하고, CD의 레인지가 가장 작아지는 각 분할 영역의 히터(HT)의 온도의 조합을 특정한다(단계 S16).
- [0108] 산출부(102b)는 특정된 각 분할 영역의 히터(HT)의 온도에 대하여, 개별로 난수를 구하여 가산한다(단계 S17). 산출부(102b)는 난수를 가산한 값을 초기값으로 하여, 예컨대, GRG법에 따라, CD의 레인지가 가장 작아지는 각 분할 영역의 히터(HT)의 온도를 산출한다(단계 S18).
- [0109] 산출부(102b)는, 각 분할 영역의 히터(HT)를 산출한 온도로 한 경우의 각 측정점의 CD의 평균값을 구하여, CD의 평균값이 요구되는 스펙의 상한 미만인지를 판정한다(단계 S19). CD의 평균값이 요구되는 스펙의 상한 미만인 아닌 경우(단계 S19: No), 산출부(102b)는 목표값(μ)으로부터 미리 정해진 값을 감산한다(단계 S20).
- [0110] 한편, CD의 평균값이 요구되는 스펙의 상한 미만인 경우(단계 S19: Yes), 산출부(102b)는 CD의 평균값이 요구되는 스펙의 하한보다 큰지를 판정한다(단계 S21). CD의 평균값이 요구되는 스펙의 하한 이하인 경우(단계 S21: No), 산출부(102b)는 목표값(μ)에 미리 정해진 값을 가산한다(단계 S22).
- [0111] 한편, CD의 평균값이 요구되는 스펙의 하한보다 큰 경우(단계 S21: Yes), 산출부(102b)는 CD의 평균값, CD의 레인지 및 각 분할 영역의 히터(HT)의 온도의 데이터를 보존한다(단계 S23).
- [0112] 산출부(102b)는 카운터(i)가 미리 정해진 처리 횟수(N)보다 작은지의 여부를 판정한다(단계 S24). 카운터(i)가 미리 정해진 처리 횟수(N)보다 작은 경우(단계 S24: Yes), 산출부(102b)는 카운터(i)에 1을 가산하고(단계 S25), 전술한 단계 S15로 이행한다.
- [0113] 카운터(i)가 미리 정해진 처리 횟수(N) 이상인 경우(단계 S24: No), 산출부(102b)는 보존된 데이터 중에서, CD의 레인지가 가장 작은 데이터의 각 분할 영역의 히터(HT)의 온도를 목표 온도로 채용한다(단계 S26).
- [0114] 히터 제어부(102d)는 배치대(16)의 배치 영역(18a)에 배치된 웨이퍼(W)에 대하여 플라즈마 에칭을 행할 때에,

각 분할 영역의 히터(HT)가 채용한 목표 온도가 되도록 제어한다(단계 S27).

- [0115] 플라즈마 에칭이 실시된 웨이퍼(W)는 계측 장치(11)에 반송된다. 계측 장치(11)는, 반송된 웨이퍼(W)의 측정점의 CD를 계측하고, 계측된 CD의 데이터를 기관 처리 장치(10)에 송신한다.
- [0116] 산출부(102b)는 계측 장치(11)로부터 수신된 CD의 데이터로부터 CD의 레인지가 허용 범위 이내인지 판정한다(단계 S28). CD의 레인지가 허용 범위 이내가 아닌 경우(단계 S28: No), 산출부(102b)는, 에러 플래그(EF)가 0인지 판정한다(단계 S29). 에러 플래그(EF)가 0인 경우(단계 S29: Yes), 생성부(102a)는 예측 모델 생성용 데이터로서, 측정된 CD와 히터(HT)의 온도의 데이터를 추가하고(단계 S30), 재차 단계 S13으로 이행하여, 측정된 CD와 히터(HT)의 온도의 데이터와, 단계 S12에서 취득된 데이터로부터 예측 모델을 재생성한다.
- [0117] 한편, CD의 레인지가 허용 범위 이내인 경우(단계 S28: Yes), 산출부(102b)는 에러 플래그(EF)를 0으로 초기화한다(단계 S31). 그리고, 산출부(102b)는 미리 정해진 기간의 처리 대기를 행한다(단계 S32). 미리 정해진 기간은, 예컨대, 미리 정해진 매수의 웨이퍼(W)의 플라즈마 에칭이 행해지는 기간으로 하여도 좋고, 일정 시간 경과하는 기간으로 하여도 좋다.
- [0118] 기관 처리 장치(10)는, 미리 정해진 기간 동안, 각 분할 영역의 히터(HT)가 채용한 목표 온도가 되도록 제어하여 웨이퍼(W)의 플라즈마 에칭을 행한다.
- [0119] 산출부(102b)는 미리 정해진 기간 후에, 계측 장치(11)로부터 수신된 CD의 데이터로부터 CD의 레인지가 허용 범위 이내인지 판정한다(단계 S33). CD의 레인지가 허용 범위 이내인 경우(단계 S33: Yes), 재차 단계 S32로 이행하여 미리 정해진 기간의 처리 대기를 행한다.
- [0120] 한편, CD의 레인지가 허용 범위 이내가 아닌 경우(단계 S33: No), 산출부(102b)는 에러 플래그(EF)에 1을 세트한다(단계 S34). 산출부(102b)는, 예측 모델의 보정을 행한다(단계 S35). 예컨대, 산출부(102b)는, 각 측정점의 CD-목표값(μ)의 값을, 각각의 예측 모델의 각 측정점의 함수에 더하는 보정을 행한다. 그리고, 산출부(102b)는 재차 단계 S14로 이행하여, 재차, 목표 온도를 산출한다.
- [0121] 한편, 에러 플래그(EF)가 0이 아닌 경우는(단계 S29: No), 보정된 예측 모델이라도 CD의 레인지가 허용 범위가 되지 않는 경우이다. 이 경우, 생성부(102a)는 취득된 데이터로부터 적절한 예측 모델을 생성할 수 없기 때문에, 에러를 출력하고(단계 S36), 처리를 종료한다. 예컨대, 생성부(102a)는, 각 분할 영역의 히터(HT)를 수(數)수준으로 나누어 플라즈마 에칭을 행한 웨이퍼(W)의 측정점의 데이터를 다시 취득해 주십시오라고 하는 메시지를 사용자 인터페이스(103)에 출력하고, 처리를 종료한다.
- [0122] 에러가 출력된 경우, 공정 관리자는 기관 처리 장치(10)의 각 히터(HT)를 제어해서, 각 분할 영역의 온도를 수(數)수준으로 나누어, 각각의 온도에서 웨이퍼(W)를 교환하고, 실제로 실시하는 플라즈마 에칭을 개별로 실시하여, 예측 모델 생성용 데이터를 재차 취득한 후, 본 실시형태에 따른 온도 제어 방법을 실시한다.
- [0123] 이와 같이, 제1 실시형태에 따른 기관 처리 장치(10)는, 배치대(16)의 배치면에 배치된 웨이퍼(W)에 플라즈마 에칭을 행하였을 때의 웨이퍼(W)의 미리 정해진 측정점에서의 CD를, 각 분할 영역의 히터(HT)의 온도를 파라미터로 하여, 측정점과 이 측정점을 포함한 분할 영역에 인접하는 분할 영역 사이의 거리에 따른 인접하는 분할 영역의 히터(HT)의 온도의 영향을 가미해서 예측하는 예측 모델을 이용하여, 측정점의 CD가 미리 정해진 조건을 만족시키는 각 분할 영역의 히터(HT)의 목표 온도를 산출한다. 기관 처리 장치(10)는 배치면에 배치된 웨이퍼(W)에 대하여 플라즈마 에칭을 행할 때에, 각 분할 영역의 히터(HT)가 목표 온도가 되도록 제어한다. 이에 의해, 기관 처리 장치(10)는 웨이퍼(W)의 측정점의 CD가 미리 정해진 조건을 만족시키도록 각 분할 영역의 히터(HT)의 온도를 제어할 수 있다.
- [0124] 또한, 제1 실시형태에 따른 기관 처리 장치(10)는 예측 모델을 이용하여, 목표 치수에 대한 각 측정점의 CD의 오차의 제곱합이 최소가 되는 각 분할 영역의 히터(HT)의 온도를 산출한다. 기관 처리 장치(10)는 산출된 각 분할 영역의 온도를 각각 기준으로 하여 각 분할 영역의 히터(HT)의 온도를 변화시켜, 각 측정점의 CD의 최대값과 최소값의 차가 가장 작아지는 각 분할 영역의 히터의 목표 온도를 산출한다. 이에 의해, 기관 처리 장치(10)는, 웨이퍼(W)의 CD의 균일성이 높아지는 히터(HT)의 온도를 정밀도 좋게 산출할 수 있다.
- [0125] 또한, 제1 실시형태에 따른 기관 처리 장치(10)는, 각 분할 영역의 히터(HT)를 3개 이상의 온도로 제어하여 웨이퍼(W)에 플라즈마 에칭을 행하였을 때의 측정점의 CD를 각각 측정된 데이터로부터 예측 모델을 생성한다. 기관 처리 장치(10)는 생성된 예측 모델을 이용하여, 측정점의 CD가 미리 정해진 조건을 만족시키는 각 분할 영역의 히터(HT)의 목표 온도를 산출한다. 이에 의해, 기관 처리 장치(10)는, 측정점에서의 CD를 정밀도 좋게 예측

할 수 있는 예측 모델을 생성할 수 있다.

[0126] (제2 실시형태)

[0127] 다음에, 제2 실시형태에 대해서 설명한다. 제2 실시형태에 따른 기관 처리 시스템(1) 및 기관 처리 장치(10)는, 도 1 내지 도 4에 나타내는 제1 실시형태에 따른 기관 처리 시스템(1) 및 기관 처리 장치(10)의 구성과 동일하기 때문에, 설명을 생략한다.

[0128] 다음에, 제2 실시형태에 따른 예측 모델에 대해서 설명한다. 각 히터(HT)의 온도(T)와 측정점의 CD에는, 이하의 식 (14)의 관계가 있다.

수학식 14

[0129]
$$\frac{d}{dt}CD = A' \cdot \exp\left(\frac{B'}{T}\right) \quad \dots(14)$$

[0130] 여기서, A'는 히터의 절대 온도의 역수의 지수 함수의 계수이다. B'는 활성화 에너지이고, CD의 경우는 물리 흡착 에너지 정도의 크기이다. 구체적으로는 B' ≒ 0.25[eV] × 1.7E4[K/eV] = 4.3E3K 정도가 된다.

[0131] CD는 식 (14) 내지 식 (15)와 같이 나타낼 수 있다.

수학식 15

[0132]
$$CD = A' \cdot t \cdot \exp\left(\frac{B'}{T}\right) + CD_0 \quad \dots(15)$$

[0133] 여기서, CD₀은 CD의 정수항이다.

[0134] 식 (15)의 exp(B'/T)는, 이하의 식 (16-1)과 같이 CD를 계측한 3개 이상의 온도의 평균 온도(T_a)와의 차분(τ)으로 온도(T)를 나타낸 경우, 이하의 식 (16-2)와 같이 나타낼 수 있다.

수학식 16

$$\tau \equiv T - T_a \quad \dots(16-1)$$

[0135]
$$\exp\left(\frac{B'}{T}\right) = \exp\left(\frac{B'}{T_a + \tau}\right) \quad \dots(16-2)$$

[0136] 식 (16-2)는 이하의 식 (17-2)와 같이 x를 나타낸 경우, 이하의 식 (17-1)과 같이 나타낼 수 있다.

수학식 17

$$\begin{aligned} \exp\left(\frac{B'}{T}\right) &= \exp\left(\frac{B'}{T_a + \tau}\right) \quad \dots(16-2) \\ &= \exp\left(\frac{B'}{T_a\left(1 + \frac{\tau}{T_a}\right)}\right) \\ &= \exp\left\{\frac{B'}{T_a} \cdot \left(1 + \frac{\tau}{T_a}\right)^{-1}\right\} \\ &= \exp\left\{\frac{B'}{T_a} \left(1 - x + \frac{1}{2}x^2 + \dots\right)\right\} \quad \dots(17-1) \\ x &\equiv \frac{\tau}{T_a} \ll 1 \quad \dots(17-2) \end{aligned}$$

[0137]

[0138] 식 (17-1)은, 이하의 식 (18-1)과 같이 근사할 수 있고, 식 (18-2)와 같이 나타낼 수 있다.

수학식 18

$$\begin{aligned} \exp\left(\frac{B'}{T_a}\right) &= \exp\left\{\frac{B'}{T_a} \left(1 - x + \frac{1}{2}x^2 + \dots\right)\right\} \quad \dots(17-1) \\ &\doteq \exp\left\{\frac{B'}{T_a} (1 - x)\right\} \quad \dots(18-1) \\ &= \exp\left(\frac{B'}{T_a}\right) \cdot \left\{1 - \left(\frac{B'}{T_a} x\right) + \frac{1}{2}\left(\frac{B'}{T_a} x\right)^2 - \frac{1}{6}\left(\frac{B'}{T_a} x\right)^3 + \dots\right\} \quad \dots(18-2) \end{aligned}$$

[0139]

[0140] 예컨대, 평균 온도(T_a)=300[K]이고, τ =10[K]인 경우, 예컨대, 식 (18-2)의 x 의 1차 항은 0.47이 되고, x 의 2차 항은 0.11이 되고, 3차 항은 0.02가 되어, x 의 차수가 클수록 값이 작아진다.

[0141] 예컨대, 식 (18-2)는 x 의 2차 항까지 근사한 경우, 이하의 식 (19)와 같이 나타낼 수 있다.

수학식 19

$$\exp\left(\frac{B'}{T_a}\right) \doteq \exp\left(\frac{B'}{T_a}\right) \cdot \left\{1 - \left(\frac{B'}{T_a} x\right) + \frac{1}{2}\left(\frac{B'}{T_a} x\right)^2\right\} \quad \dots(19)$$

[0142]

[0143] 따라서, 식 (15)는 $\exp(B'/T)$ 에 식 (19)를 이용한 경우, 이하의 식 (20)과 같이 나타낼 수 있다.

수학식 20

$$CD = A't \cdot \exp\left(\frac{B'}{T_a}\right) \left\{ 1 - \left(\frac{B'}{T_a} x\right) + \frac{1}{2} \left(\frac{B'}{T_a} x\right)^2 \right\} + CD_0 \quad \dots (20)$$

[0144]

[0145] 또한, 보다 정밀도를 요구하는 경우는, $\exp(B'/T)$ 에 식 (18-2)의 2차보다 큰 항까지 이용하여 근사하여도 좋다. 또한, $\exp(B'/T)$ 로서 지수 함수를 그대로 이용하여도 좋다.

[0146] 식 (20)은 A_{20} 을 이하의 식 (21-2)와 같이 나타내고, A_{21} 을 이하의 식 (21-3)과 같이 나타내고, A_{22} 를 이하의 식 (21-4)와 같이 나타낸 경우, 이하의 식 (21-1)과 같이 나타낼 수 있다.

수학식 21

$$CD \equiv A_{20} + A_{21} \cdot \tau + A_{22} \cdot \tau^2 \quad \dots (21-1)$$

$$A_{20} \equiv A't \cdot \exp\left(\frac{B'}{T_a}\right) + CD_0 \quad \dots (21-2)$$

$$A_{21} \equiv -A't \cdot \exp\left(\frac{B'}{T_a}\right) \left(\frac{B'}{T_a}\right) \frac{1}{T_a} \quad \dots (21-3)$$

$$A_{22} \equiv A't \cdot \exp\left(\frac{B'}{T_a}\right) \cdot \frac{1}{2} \left(\frac{B'}{T_a} \cdot \frac{1}{T_a}\right)^2 \quad \dots (21-4)$$

[0147]

[0148] 식 (21-1)에 나타내는 바와 같이, CD는 평균 온도(T_a)의 근처에서는, τ 의 2차 함수로 근사할 수 있다.

[0149] 식 (21-1)은 히터(HT)가 설치된 각 분할 영역의 각 측정점의 $CD_{i,j}$ 의 식으로서 나타내는 경우, 이하의 식 (22)와 같이 나타낼 수 있다.

수학식 22

$$CD_{i,j} = A_{20_{i,j}} + A_{21_{i,j}} \cdot \tau_{i,j} + A_{22_{i,j}} \cdot (\tau_{i,j})^2 \quad \dots (22)$$

[0150]

[0151] 여기서, i는 측정점을 포함하는 히터(HT)가 설치된 분할 영역의 번호이다. j는 히터(HT)가 설치된 분할 영역에 포함되는 측정점의 번호이다.

[0152] 생성부(102a)는 수신된 CD의 데이터로부터, 측정점의 CD를 히터(HT)의 온도의 1차 함수로 모델화한 제1 예측 모델을 생성한다. 예컨대, 생성부(102a)는, 제1 실시형태와 마찬가지로, 계측 장치(11)로부터 수신된, 각 히터(HT)를 45℃, 50℃, 55℃의 3개의 온도로서 플라즈마 예칭 처리가 실시된 각 웨이퍼(W)의 측정점의 CD의 데이터에 기초하여, 각 측정점의 CD와 각 히터(HT)의 온도를 이용해 피팅을 행하여, 제1 예측 모델로서, 각 히터(HT)의 온도(T)의 1차 함수로 측정점의 CD를 예측하는 함수를 구한다. 예컨대, 생성부(102a)는 제1 예측 모델로서, 식 (5-1), 식 (5-2), 식 (5-3)을 구한다.

[0153] 또한, 생성부(102a)는 수신된 CD의 데이터로부터, 측정점의 CD를 히터(HT)의 온도의 2차 이상의 함수, 또는, 히터의 절대 온도의 역수의 지수 함수와 정수의 합으로 모델화한 제2 예측 모델을 생성한다. 예컨대, 생성부

(102a)는 계측 장치(11)로부터 수신된, 각 히터(HT)를 45℃, 50℃, 55℃의 3개의 온도로 하여 플라즈마 에칭 처리가 실시된 각 웨이퍼(W)의 측정점의 CD의 데이터에 기초하여, 각 측정점의 CD와 각 히터(HT)의 온도를 이용해 피팅을 행하여 계수($A_{20,i,j}$, $A_{21,i,j}$, $A_{22,i,j}$)의 값을 구한다.

[0154] 계수($A_{20,i,j}$, $A_{21,i,j}$, $A_{22,i,j}$)가 구해지면, 전술한 식 (16-1)과 전술한 식 (22)로부터, 온도(T_i)에서의 $CD_{i,j}$ 를 산출할 수 있다.

[0155] 또한, 생성부(102a)는 보다 정밀도를 요구하는 경우에는, $\exp(B'/T)$ 에 식 (18-2)의 2차보다 큰 항까지 이용해서 근사한 식을 이용해 피팅을 행하여 제2 예측 모델을 생성하여도 좋다. 또한, 생성부(102a)는 $\exp(B'/T)$ 로서 지수 함수를 그대로 이용해서, 피팅을 행하여 제2 예측 모델을 생성하여도 좋다.

[0156] 산출부(102b)는 생성부(102a)에 의해 생성된 제1 예측 모델 및 제2 예측 모델을 이용하여, 측정점의 CD가 미리 정해진 조건을 만족시키는 각 분할 영역의 히터(HT)의 목표 온도를 산출한다. 예컨대, 산출부(102b)는, 제1 실시형태와 마찬가지로, 제1 예측 모델을 이용하여, 목표값(μ)에 대한 각 측정점의 CD의 오차의 제곱합이 최소가 되는 각 분할 영역의 히터(HT)의 온도(τ_n^*)를 산출한다.

[0157] 그리고, 산출부(102b)는 산출된 각 분할 영역의 히터(HT)의 온도를 각각 기준으로 하여 각 분할 영역의 히터(HT)의 온도를 변화시켜, 제2 예측 모델을 이용해서 각 측정점의 임계 치수의 최대값과 최소값의 차가 가장 작아지는 각 분할 영역의 히터의 목표 온도를 산출한다. 예컨대, 산출부(102b)는, 오차의 제곱합이 최소가 되는 각 분할 영역의 히터(HT)의 온도(τ_n^*)를 각각 기준으로 하여, 각 분할 영역의 히터(HT)의 온도(T_n)를 변화시켜, 전술한 식 (3)과 식 (22)를 이용해서, 각 측정점의 CD의 레인지가 가장 작아지는 각 분할 영역의 히터(HT)의 목표 온도를 산출한다. 예컨대, 산출부(102b)는 각 분할 영역의 히터(HT)의 온도(τ_n^*)를 각각 기준으로 하여, 히터(HT)의 온도를 개별로 플러스와 마이너스로 미리 정해진 온도만큼 변화시켜 각 측정점의 CD를 산출하고, CD의 레인지가 가장 작아지는 각 분할 영역의 히터(HT)의 온도의 조합을 특정한다. 그리고, 산출부(102b)는 특정된 각 분할 영역의 히터(HT)의 온도의 조합에 대해서, 각 분할 영역의 히터(HT)의 온도에 개별로 난수를 더한 값을 초기값으로 해서, 예컨대 GRG법을 이용하여, CD의 레인지가 가장 작아지는 각 분할 영역의 히터(HT)의 목표 온도를 산출한다. 또한, 산출부(102b)는 특정된 각 분할 영역의 히터(HT)의 온도의 조합에 대해서, 각 분할 영역의 히터(HT)의 온도를 미리 정해진 온도보다 작은 온도폭으로 랜덤, 또는, 미리 정해진 규칙으로 변화시켜 각 측정점의 CD를 산출하는 것을 반복하여, CD의 레인지가 가장 작아지는 각 분할 영역의 히터(HT)의 목표 온도를 산출하여도 좋다.

[0158] [온도 제어의 흐름]

[0159] 다음에, 제2 실시형태에 따른 기판 처리 장치(10)를 이용한 온도 제어 방법에 대해서 설명한다. 도 9는 제2 실시형태에 따른 온도 제어 방법의 흐름의 일례를 나타내는 흐름도이다. 제2 실시형태에 따른 온도 제어 방법은, 도 8에 나타난 제1 실시형태에 따른 온도 제어 방법과 일부의 처리가 동일하기 때문에, 동일한 처리에 대해서는 동일한 부호를 붙이고 설명을 생략하며, 주로 다른 처리의 부분에 대해서 설명한다.

[0160] 생성부(102a)는 취득된 데이터로부터 측정점의 CD를 히터(HT)의 온도의 1차 함수로 모델화한 제1 예측 모델 및 측정점의 CD를 히터(HT)의 온도의 2차 이상의 함수, 또는, 히터의 절대 온도의 역수의 지수 함수와 정수의 합으로 모델화한 제2 예측 모델을 생성한다(단계 S13a). 예컨대, 생성부(102a)는 구한 함수에 대하여, 측정된 각 측정점의 CD와 각 히터(HT)의 온도를 이용해 피팅을 행하여, 각 히터(HT)의 온도(T)의 1차 함수로 측정점의 CD를 예측하는 함수와, 각 히터(HT)의 온도(T)의 2차 함수로 측정점의 CD를 예측하는 함수를 각각 구한다.

[0161] 산출부(102b)는 생성된 제1 예측 모델을 이용하여, 목표값(μ)에 대한 각 측정점의 CD의 오차의 제곱합이 최소가 되는 각 분할 영역의 히터(HT)의 온도(τ_n^*)를 산출한다(단계 S15a).

[0162] 산출부(102b)는 산출된 각 분할 영역의 히터(HT)의 온도(τ_n^*)를 각각 기준으로 하여, 제2 예측 모델을 이용해서, 히터(HT)의 온도를 개별로 플러스와 마이너스로 미리 정해진 온도(예컨대, 1도)만큼 변화시켜 각 측정점의 CD를 산출하고, CD의 레인지가 가장 작아지는 각 분할 영역의 히터(HT)의 온도의 조합을 특정한다(단계 S16a).

[0163] 산출부(102b)는 난수를 가산한 값을 초기값으로 해서, 제2 예측 모델을 이용하여, 예컨대 GRG법에 따라, CD의

레인지가 가장 작아지는 각 분할 영역의 히터(HT)의 온도를 산출한다(단계 S18a).

- [0164] 이와 같이, 제2 실시형태에 따른 기관 처리 장치(10)는, 측정점의 CD를 히터(HT)의 온도의 1차 함수로 모델화한 제1 예측 모델을 생성한다. 또한, 기관 처리 장치(10)는, 측정점의 CD를 히터(HT)의 온도의 2차의 함수로 모델화한 제2 예측 모델을 생성한다. 제2 예측 모델은, 2차의 함수로 모델화하였기 때문에, 제1 예측 모델보다 정밀도 좋게 CD를 예측할 수 있다. 기관 처리 장치(10)는 제1 예측 모델을 이용하여 CD의 오차의 제곱합이 최소가 되는 각 분할 영역의 히터(HT)의 온도를 산출한다. 제2 예측 모델로서는 오차의 제곱합이 최소가 되는 각 분할 영역의 히터(HT)의 온도를 산출할 수 없는 경우가 있다. 이 때문에, 기관 처리 장치(10)는 제1 예측 모델을 이용하여 오차의 제곱합이 최소가 되는 각 분할 영역의 히터(HT)의 온도를 산출한다. 기관 처리 장치(10)는 산출된 각 분할 영역의 온도를 각각 기준으로 하여 각 분할 영역의 히터(HT)의 온도를 변화시켜, 제2 예측 모델을 이용해서 각 측정점의 CD의 최대값과 최소값의 차가 가장 작아지는 각 분할 영역의 히터(HT)의 목표 온도를 산출한다. 이에 의해, 기관 처리 장치(10)는 제1 예측 모델을 이용하여 히터(HT)의 목표 온도를 산출한 경우보다, 웨이퍼(W)의 CD의 균일성이 높아지는 히터(HT)의 온도를 정밀도 좋게 산출할 수 있다.
- [0165] (제3 실시형태)
- [0166] 다음에, 제3 실시형태에 관해서 설명한다. 제3 실시형태에 따른 기관 처리 시스템(1)은, 도 1에 도시하는 제1 실시형태 및 제2 실시형태에 따른 기관 처리 시스템(1)의 구성과 마찬가지로이기 때문에 설명을 생략한다.
- [0167] 제3 실시형태에 따른 기관 처리 장치(10)의 구성에 관해서 설명한다. 도 10은 제3 실시형태에 따른 기관 처리 장치를 개략적으로 도시한 도면이다. 제3 실시형태에 따른 기관 처리 장치는, 도 2에 도시한 제1 실시형태 및 제2 실시형태에 따른 기관 처리 장치(10)와 일부가 같은 구성이기 때문에, 동일한 부분에 관해서는 동일한 부호를 붙여 설명을 생략하고, 주로 다른 부분에 관해서 설명한다.
- [0168] 기관 처리 장치(10)는, 처리 용기(12) 내에, 제1 배치대(116)가 마련되어 있다. 제1 배치대(116)는, 상면이 웨이퍼(W)와 같은 정도 사이즈의 대략 원반 형상으로 형성된다. 제1 배치대(116)는, 도 2에 도시한 배치대(16)에 대응하며, 지지 부재(18) 및 베이스(20)를 포함한다.
- [0169] 또한, 기관 처리 장치(10)는, 제1 배치대(116)의 외주면을 따라서 주위에 제2 배치대(120)가 마련되어 있다. 제2 배치대(120)는, 내경이 제1 배치대(116)의 외경보다도 소정 사이즈 큰 원통형으로 형성되고, 제1 배치대(116)와 축을 같게 하여 배치되어 있다. 제2 배치대(120)는, 상측의 면이 웨이퍼(W)를 둘러싸도록 배치되는 링 부재가 배치되는 배치면(120a)으로 되어 있다. 본 실시형태에서는, 링 부재로서 환상의 포커스 링(FR)이 배치면(120a)에 배치된다.
- [0170] 제2 배치대(120)는 베이스(121)와 포커스 링 히터(122)를 포함한다. 베이스(121)는, 예컨대 표면에 양극 산화 피막이 형성된 알루미늄 등으로 구성되어 있다. 베이스(121)는 지지대(4)에 지지되어 있다. 포커스 링 히터(122)는 베이스(121)에 지지되어 있다. 포커스 링 히터(122)는, 상면이 평탄한 환상의 형상으로 되고, 그 상면은 포커스 링(FR)이 배치되는 배치면(120a)으로 되어 있다. 포커스 링 히터(122)는 히터(HT2) 및 절연체(123)를 갖고 있다. 히터(HT2)는 절연체(123)의 내부에 설치되며, 절연체(123)에 내포되어 있다.
- [0171] 도 11은 제3 실시형태에 따른 제1 배치대 및 제2 배치대를 도시하는 평면도이다. 진술한 바와 같이 제1 배치대(116)는, 상면이 웨이퍼(W)와 같은 정도 사이즈의 대략 원반 형상으로 형성되며, 배치 영역(18a)을 제공하고 있다. 배치 영역(18a)은, 평면에서 봤을 때 대략 원형의 영역이다. 이 배치 영역(18a)의 상면 위에는 웨이퍼(W)가 배치된다. 제2 배치대(120)는, 제1 배치대(116)를 둘러싸도록 대략 원통 형상으로 형성되며, 외주 영역(18b)을 제공한다. 외주 영역(18b)은, 평면에서 봤을 때 원환형의 영역이다. 이 외주 영역(18b)의 상면 위에는 포커스 링(FR)이 배치된다.
- [0172] 배치 영역(18a)은, 제1 실시형태 및 제2 실시형태와 마찬가지로, 복수의 분할 영역으로 분할되고, 각각의 분할 영역에 히터(HT1)가 설치되어 있다. 히터(HT1)는, 도 2에 도시한 히터(HT)에 대응한다.
- [0173] 외주 영역(18b)도 복수의 분할 영역으로 분할되어, 각각의 분할 영역에 히터(HT2)가 설치되어 있다. 예컨대, 도 11에 도시한 바와 같이, 외주 영역(18b)은, 둘레 방향으로 복수의 분할 영역으로 분할되어, 각각의 분할 영역에 히터(HT2)가 설치되어 있다. 여기서, 도 3에 도시하는 분할 영역의 분할 수법은 일례이며, 이것에 한정되는 것은 아니다. 외주 영역(18b)은 더 많은 분할 영역으로 분할하여도 좋다. 예컨대, 외주 영역(18b)은, 외주에 가까울수록 각도 폭이 작고, 직경 방향의 폭이 좁은 분할 영역으로 분할하여도 좋다.
- [0174] 히터(HT1) 및 히터(HT2)는, 도시되지 않는 배선을 통해, 도 11에 도시하는 히터 전원(HP)에 개별로 접속되어 있

다. 각 히터(HT1) 및 각 히터(HT2)에는 히터 전원(HP)으로부터 개별로 조정된 전력이 공급된다.

- [0175] 상기한 바와 같이 구성된 기관 처리 장치(10)는, 제어부(100)에 의해서 그 동작이 통괄적으로 제어된다. 제어부(100)는, 도 4에 도시한 제1 실시형태 및 제2 실시형태에 따른 제어부(100)와 같은 구성으로 되어 있고, 통신 인터페이스(101)와, 프로세스 컨트롤러(102)와, 사용자 인터페이스(103)와, 기억부(104)가 마련되어 있다.
- [0176] 프로세스 컨트롤러(102)는, 제어 프로그램이 동작함으로써 각종 처리부로서 기능한다. 예컨대, 프로세스 컨트롤러(102)는, 생성부(102a)와, 산출부(102b)와, 플라즈마 제어부(102c)와, 히터 제어부(102d)의 기능을 갖는다.
- [0177] 그런데, 플라즈마 에칭 등의 기관 처리에서는, 본 실시형태에 따른 기관 처리 장치(10)와 같이 제2 배치대(120)에 히터(HT2)를 설치하여 포커스 링(FR)의 온도를 제어한 경우, 히터(HT2)의 온도에 의해서도 웨이퍼(W)의 외주 부근의 처리의 진행이 변화한다. 예컨대, 플라즈마 에칭에서는, 히터(HT2)의 온도를 높게 한 경우, 포커스 링(FR)의 온도가 상승한다. 그리고, 플라즈마 에칭에서는, 포커스 링(FR)의 온도가 상승하면, 포커스 링(FR)의 상부 부근에서 플라즈마가 소비되어 웨이퍼(W)의 외주 부근의 플라즈마의 농도가 저하함에 따라, 웨이퍼(W)의 외주 부근의 에칭의 진행이 저하하는 현상이 발생한다.
- [0178] 이와 같이, 플라즈마 에칭에서는, 웨이퍼(W)의 온도가 높아지면 에칭의 진행이 빠르게 되지만, 포커스 링(FR)의 온도를 높게 하면, 반대로 웨이퍼(W)의 외주 부근의 에칭의 진행이 저하한다.
- [0179] 그래서, 본 실시형태에 따른 기관 처리 장치(10)에서는, 각 히터(HT1) 및 각 히터(HT2)의 온도를 파라미터로 하여, 웨이퍼(W) 전면(全面)의 CD의 레인지가 보다 작고, 그리고 CD의 평균값이 목표값에 가까운 상황을 실현한다.
- [0180] 여기서, 예측 모델에 관해서 설명한다. 히터(HT1), 히터(HT2)의 온도의 영향을 가미한 경우, 측정점의 CD는 이하의 식 (23)의 관계가 있다.

수학식 23

$$CD = CD_0 + \frac{\partial CD}{\partial T_{FR}} \cdot \Delta T_{FR} \quad \dots (23)$$

- [0181] .
- [0182] 여기서, CD₀는 히터(HT1)의 온도(T)로부터 측정점의 CD를 예측하는 항(모델 부분)이다. CD₀의 예측에 이용하는 식으로서는 전술한 식 (5-1)이 대응한다. T_{FR}는 포커스 링(FR) 부분의 히터(HT2)의 온도이다. $\partial CD / \partial T_{FR} \cdot \Delta T_{FR}$ 는 CD에 대한 포커스 링(FR) 부분의 히터(HT2)의 온도의 영향을 예측하는 항(모델 부분)이다.
- [0183] 다른 분할 영역의 히터(HT1)의 온도의 영향을 가미하면, CD는 측정점의 온도(T)가 CD를 예측한 3개 이상의 온도의 평균 온도(T_a)의 부근인 경우, 전술한 바와 같이, 식 (21-1)에 나타난 바와 같이, τ 의 이차 함수로 근사할 수 있다. 그래서, 또한 히터(HT2)의 온도의 영향을 가미하면, CD는, 측정점의 온도(T)가 CD를 예측한 3개 이상의 온도의 평균 온도(T_a)의 부근이고, 히터(HT2)의 온도(T_{FR})가 CD를 예측한 히터(HT2)의 평균 온도(T_{FR,a})의 부근인 경우, 이하의 식 (24-1)과 같이, τ 및 ξ 을 이용하여 일차 함수로 근사할 수 있다. 또한, CD는, 이하의 식 (24-2)와 같이, τ 및 ξ 을 이용하여 이차 함수로 근사할 수 있다.

수학식 24

$$CD = A_{10} + A_{11} \cdot \tau + F_{11} \cdot \xi \quad \dots (24-1)$$

$$CD = A_{20} + A_{21} \cdot \tau + A_{22} \cdot \tau^2 + F_{21} \cdot \xi + F_{22} \cdot \xi^2 \quad \dots (24-2)$$

- [0184] .
- [0185] 여기서, τ 는, 전술한 식 (16-1)에 나타난 바와 같이, 측정점의 온도(T)의 평균 온도(T_a)와의 차분이다. ξ 는, CD를 예측했을 때의 히터(HT2)의 온도(T_{FR})를 평균 온도(T_{FR,a})와의 차분으로 나타낸 온도이며, $\xi = T_{FR} - T_{FR,a}$ 이다.
- [0186] 식 (24-1)은 일차 함수로 근사한 모델이다. 식 (24-1)의 우측 변의 1항 및 2항은, 전술한 식 (4-1)의 우측 변의

식이며, 히터(HT1)의 온도(τ)로부터 측정점의 CD를 예측하는 항이다. A_{10} , A_{11} 은 계수이다. 식 (24-1)의 우측 변의 3항은, 히터(HT2)의 온도(ξ)로부터 CD에의 영향을 예측하는 항이다. F_{11} 은 계수이다.

[0187] 식 (24-2)는 이차 함수로 근사한 모델이다. 식 (24-2)의 우측 변의 1항 내지 3항은, 전술한 식 (21-1)의 우측 변의 식이며, 히터(HT1)의 온도(τ)로부터 측정점의 CD를 예측하는 항이다. 식 (24-2)의 우측 변의 4항부터 5항은, 히터(HT2)의 온도(ξ)로부터 CD에의 영향을 예측하는 항이다. F_{21} , F_{22} 는 계수이다.

[0188] 식 (24-2)는 각 분할 영역의 각 측정점의 CD를 구하는 식으로서 각각 개별적으로 얻어진다.

[0189] 본 실시형태에 따른 기관 처리 장치(10)에서는, 예측 모델의 생성에 이용하는 데이터를 얻기 위해서, 각 히터(HT1), 히터(HT2)를 제어하여, 각 분할 영역의 온도를 수(數)수준으로 나누고, 각각의 온도에서 웨이퍼(W)를 교환하여, 각 웨이퍼(W)에 대하여 실제로 실시하는 플라즈마 에칭을 개별로 실시한다. 예컨대, 기관 처리 장치(10)는, 각 히터(HT2)의 온도를 일정하게 하여, 각 히터(HT1)를 3개 이상의 온도로 제어하고, 각각의 온도에서 웨이퍼(W)를 교환하여, 실제로 실시하는 플라즈마 에칭을 개별로 실시한다. 일례로서, 기관 처리 장치(10)는, 각 히터(HT1)를 50℃로 하여, 웨이퍼(W)에 대하여 플라즈마 에칭을 실시한다. 또한, 기관 처리 장치(10)는, 각 히터(HT1)를 55℃로 하여, 웨이퍼(W)에 대하여 플라즈마 에칭을 실시한다. 또한, 기관 처리 장치(10)는, 각 히터(HT1)를 45℃로 하여, 웨이퍼(W)에 대하여 플라즈마 에칭을 실시한다. 또한, 기관 처리 장치(10)는, 각 히터(HT1)의 온도를 일정하게 하고, 각 히터(HT2)를 2개 이상의 온도로 제어하여, 각각의 온도에서 웨이퍼(W)를 교환하고, 실제로 실시하는 플라즈마 에칭을 개별로 실시한다.

[0190] 각 온도에서 플라즈마 에칭이 실시된 각 웨이퍼(W)는, 각각 계측 장치(11)에 반송된다. 계측 장치(11)는, 반송된 각 웨이퍼(W)에 관해서 미리 정해진 위치를 측정점으로 하여 측정점의 CD를 계측한다. 계측 장치(11)는, 계측한 각 측정점의 CD의 데이터를 기관 처리 장치(10)에 송신한다.

[0191] 이에 따라, 측정점마다 이하의 식 (25)에 나타내는 바와 같이, τ , τ^2 , ξ , ξ^2 , 측정점의 CD의 값을 대응시킨 데이터를 얻을 수 있다.

수학식 25

No	τ	τ^2	ξ	ξ^2	CD
1	τ_1	τ_1^2	ξ_1	ξ_1^2	CD_1
2	τ_2	τ_2^2	ξ_2	ξ_2^2	CD_2
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
i	τ_i	τ_i^2	ξ_i	ξ_i^2	CD_i
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮
n	τ_n	τ_n^2	ξ_n	ξ_n^2	CD_n

⋯(25)

[0192]

[0193] 여기서, n은 예측 모델의 생성에 이용하는 데이터를 얻기 위해서, 플라즈마 에칭을 행한 웨이퍼(W)의 장수이다. τ_n 은, n번째 장의 웨이퍼(W)에 대하여 플라즈마 에칭을 행하였을 때의 측정점이 마련된 분할 영역의 히터(HT1)의 온도(τ)이다. ξ_n 은 n번째 장의 웨이퍼(W)에 대하여 플라즈마 에칭을 행하였을 때의 히터(HT2)의 온도(ξ)이다. CD_n 은 n번째 장의 웨이퍼(W)에 대하여 플라즈마 에칭을 행하였을 때의 측정점의 CD의 값이다.

[0194] 생성부(102a)는, 수신한 CD의 데이터로부터, 측정점의 CD를 히터(HT1), 히터(HT2)의 온도의 일차 함수로 모델화한 제1 예측 모델을 생성한다. 예컨대, 생성부(102a)는, 각 측정점의 CD와 각 히터(HT1), 히터(HT2)의 온도를 이용하여, 식 (24-1)에 대하여 피팅을 행하여 계수(A_{10} , A_{11} , F_{11})의 값을 구하고, 구한 계수(A_{10} , A_{11} , F_{11})를 식 (24-1)에 대입하고, 제1 예측 모델로서, 히터(HT1)의 온도(τ) 및 히터(HT2)의 온도(ξ)의 일차 함수로 측정점의 CD를 예측하는 함수를 구한다. 예컨대, 생성부(102a)는 제1 예측 모델로서 식 (24-1)을 구한다.

[0195] 또한, 생성부(102a)는, 수신한 CD의 데이터로부터, 측정점의 CD를 히터(HT1), 히터(HT2)의 이차 함수로 모델화한 제2 예측 모델을 생성한다. 예컨대, 생성부(102a)는, 측정점마다, 식 (25)에 나타난 각 웨이퍼(W)의 측정점

의 CD의 데이터에 기초해서, 측정점의 CD와 각 히터(HT1), 히터(HT2)의 온도를 이용하여, 전술한 식 (24-2)에 대하여 피팅을 행하여 계수(A₂₀, A₂₁, A₂₂, F₂₁, F₂₂)의 값을 구한다. 예컨대, 생성부(102a)는, 피팅을 행하여, 잔차 평방합이 최소인 계수(A₂₀, A₂₁, A₂₂, F₂₁, F₂₂)의 값을 구한다.

[0196] 예컨대, S_{ik}, S_{ki}를 이하의 식 (26-1)과 같이 정의하고, S_{iCD}를 이하의 식 (26-2)와 같이 정의하고, S_{i1}를 이하의 식 (26-3)과 같이 나타내고, x_{i2}를 이하의 식 (26-4)로 하고, x_{i3}를 이하의 식 (26-5)로 하고, x_{i4}를 이하의 식 (26-6)으로 한다.

수학식 26

$$S_{jk} = S_{kj} = \sum_{i=1}^n (x_{ij} - \bar{x}_j)(x_{ik} - \bar{x}_k) \quad \dots(26-1)$$

$$S_{jCD} = \sum_{i=1}^n (x_{ij} - \bar{x}_j)(CD_i - \overline{CD}) \quad \dots(26-2)$$

$$x_{i1} = \tau_i \quad \dots(26-3)$$

$$x_{i2} = \tau_i^2 \quad \dots(26-4)$$

$$x_{i3} = \xi_i \quad \dots(26-5)$$

$$x_{i4} = \xi_i^2 \quad \dots(26-6)$$

[0197]

[0198] 여기서, \bar{x}_i 는 x_i의 평균값이다. \bar{x}_k 는 x_k의 평균값이다. \overline{CD} 는 CD의 평균값이다.

[0199] 잔차 평방합이 최소일 때는, 이하의 식 (27-1)~식 (27-5)의 관계를 만족한다.

수학식 27

$$\overline{CD} = \hat{A}_{20} + \hat{A}_{21} \cdot \bar{\tau} + \hat{A}_{22} \cdot \bar{\tau}^2 + \hat{F}_{21} \cdot \bar{\xi} + \hat{F}_{22} \cdot \bar{\xi}^2 \quad \dots(27-1)$$

$$\hat{A}_{21} \cdot S_{11} + \hat{A}_{22} \cdot S_{12} + \hat{F}_{21} \cdot S_{13} + \hat{F}_{22} \cdot S_{14} = S_{1CD} \quad \dots(27-2)$$

$$\hat{A}_{21} \cdot S_{21} + \hat{A}_{22} \cdot S_{22} + \hat{F}_{21} \cdot S_{23} + \hat{F}_{22} \cdot S_{24} = S_{2CD} \quad \dots(27-3)$$

$$\hat{A}_{21} \cdot S_{31} + \hat{A}_{22} \cdot S_{32} + \hat{F}_{21} \cdot S_{33} + \hat{F}_{22} \cdot S_{34} = S_{3CD} \quad \dots(27-4)$$

$$\hat{A}_{21} \cdot S_{41} + \hat{A}_{22} \cdot S_{42} + \hat{F}_{21} \cdot S_{43} + \hat{F}_{22} \cdot S_{44} = S_{4CD} \quad \dots(27-5)$$

[0200]

[0201] 이 식 (27-2)~식(27-5)는, 행렬을 이용한 경우, 식 (28)과 같이 변환할 수 있다.

수학식 28

$$\begin{bmatrix} \hat{A}_{21} \\ \hat{A}_{22} \\ \hat{F}_{21} \\ \hat{F}_{22} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} S_{11} & & & S_{14} \\ S_{21} & & & S_{24} \\ & \dots & & \\ S_{31} & & & S_{34} \\ S_{41} & & & S_{44} \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} S_{1CD} \\ S_{2CD} \\ S_{3CD} \\ S_{4CD} \end{bmatrix} \quad \dots(28)$$

[0202]

[0203] 생성부(102a)는, 전술한 식 (25)을 이용하여, 식 (26-1)-식 (26-6)으로부터 j=1~4, k=1~4에 관해서 S_{ik}와 S_{jCD}

를 각각 구하고, 식 (28)에 대입하여 계수(A_{21} , A_{22} , F_{21} , F_{22})의 값을 구한다.

- [0204] 생성부(102a)는, 구한 계수(A_{21} , A_{22} , F_{21} , F_{22})와, τ 의 평균값(τ^-), τ^2 의 평균값(τ^{-2}), ξ 의 평균값(ξ^-), ξ^2 의 평균값(ξ^{-2})을 식 (27-1)에 대입하여, 계수(A_{20})의 값을 구한다.
- [0205] 그리고, 생성부(102a)는, 구한 계수(A_{20} , A_{21} , A_{22} , F_{21} , F_{22})를 식 (24-2)에 대입함으로써, 제2 예측 모델을 생성한다.
- [0206] 산출부(102b)는, 생성부(102a)에 의해 생성된 제1 예측 모델 및 제2 예측 모델을 이용하여, 측정점의 CD가 미리 정해진 조건을 만족하는 각 분할 영역의 히터(HT1), 히터(HT2)의 목표 온도를 산출한다.
- [0207] 예컨대, 산출부(102b)는, 제2 실시형태와 마찬가지로, 제1 예측 모델을 이용하여, 목표값(μ)에 대한 각 측정점의 CD의 오차의 제곱합이 최소가 되는 각 분할 영역의 히터(HT1)의 온도(τ_n^*) 및 히터(HT2)의 온도(ξ_n^*)를 산출한다.
- [0208] 그리고, 산출부(102b)는, 산출된 각 분할 영역의 히터(HT1) 및 히터(HT2)의 온도를 각각 기준으로 하여 각 분할 영역의 히터(HT1) 및 히터(HT2)의 온도를 변화시키고, 제2 예측 모델을 이용하여 각 측정점의 임계 치수의 최대값과 최소값의 차가 가장 작아지는 각 분할 영역의 히터(HT1) 및 히터(HT2)의 목표 온도를 산출한다. 예컨대, 산출부(102b)는, 오차의 제곱합이 최소가 되는 각 분할 영역의 히터(HT1)의 온도(τ_n^*) 및 히터(HT2)의 온도(ξ_n^*)를 각각 기준으로 하여, 각 분할 영역의 히터(HT1) 및 히터(HT2)의 온도를 변화시키고, 전술한 식 (24-2)을 이용하여, 각 측정점의 CD의 레인지가 가장 작아지는 각 분할 영역의 히터(HT1) 및 히터(HT2)의 목표 온도를 산출한다. 예컨대, 산출부(102b)는, 각 분할 영역의 히터(HT1)의 온도(τ_n^*)를 각각 기준으로 하여, 히터(HT1)의 온도를 개별로 플러스와 마이너스로 소정의 온도만큼 변화시키고, 또한, 히터(HT2)의 온도(ξ)를, ξ_n^* 을 기준으로 하여 플러스와 마이너스로 소정의 온도만큼 변화시켜 각 측정점의 CD를 산출하여, CD의 레인지가 가장 작아지는 각 분할 영역의 히터(HT1) 및 히터(HT2)의 온도의 조합을 특정한다. 그리고, 산출부(102b)는, 특정한 각 분할 영역의 히터(HT1) 및 히터(HT2)의 온도의 조합에 관해서, 각 분할 영역의 히터(HT1)의 온도에 개별로 난수를 더한 값을 초기값으로 하여, 예컨대, GRG법을 이용하여, CD의 레인지가 가장 작아지는 각 분할 영역의 히터(HT1) 및 히터(HT2)의 목표 온도를 산출한다. 또, 산출부(102b)는, 특정한 각 분할 영역의 히터(HT1) 및 히터(HT2)의 온도의 조합에 관해서, 각 분할 영역의 히터(HT1) 및 히터(HT2)의 온도를 소정의 온도보다도 작은 온도로 랜덤하게 또는 소정의 규칙으로 변화시켜 각 측정점의 CD를 산출하는 것을 반복하여, CD의 레인지가 가장 작아지는 각 분할 영역의 히터(HT1) 및 히터(HT2)의 목표 온도를 산출하여도 좋다.
- [0209] 히터 제어부(102d)는, 플라즈마 제어부(102c)의 제어에 의해, 웨이퍼(W)에 대하여 플라즈마 에칭을 행할 때에, 히터(HT1) 및 히터(HT2)가 산출부(102b)에 의해 산출된 목표 온도가 되도록 제어한다. 예컨대, 히터 제어부(102d)는, 각 히터(HT1) 및 각 히터(HT2)에, 각각의 목표 온도에 따른 전력이 공급되도록 히터 전원(HP)을 제어한다.
- [0210] 이와 같이, 제3 실시형태에 따른 기판 처리 장치(10)는, 웨이퍼(W) 및 이 웨이퍼(W)를 둘러싸도록 배치되는 포커스 링(FR)을 배치하는 배치면이 마련되고, 배치면을 분할한 각 분할 영역에 온도를 조정할 수 있는 히터(HT1, HT2)가 각각 설치된 배치대(제1 배치대(116), 제2 배치대(120))를 갖는다. 기판 처리 장치(10)는, 배치면에 배치된 웨이퍼(W)에 미리 정해진 기판 처리를 행하였을 때의 웨이퍼(W)의 미리 정해진 측정점에서의 임계 치수를, 각 분할 영역의 히터(HT1, HT2)의 온도를 파라미터로 하여, 측정점과 이 측정점을 포함한 분할 영역 이외의 다른 분할 영역 사이의 거리에 따른 다른 분할 영역의 히터(HT1, HT2)의 온도의 영향을 가미해서 예측하는 예측 모델을 이용하여, 측정점의 임계 치수가 미리 정해진 조건을 만족하는 각 분할 영역의 히터(HT1, HT2)의 목표 온도를 산출한다. 기판 처리 장치(10)는, 배치면에 배치된 웨이퍼(W)에 대하여 기판 처리를 행할 때에, 각 분할 영역의 히터(HT1) 및 히터(HT2)가, 산출된 목표 온도가 되도록 제어한다. 이에 따라, 기판 처리 장치(10)는, 웨이퍼(W)의 측정점의 CD가 미리 정해진 조건을 만족하도록 각 분할 영역의 히터(HT1) 및 히터(HT2)의 온도를 제어할 수 있다.
- [0211] (제4 실시형태)

- [0212] 다음에, 제4 실시형태에 관해서 설명한다. 제4 실시형태에 따른 기관 처리 시스템(1) 및 기관 처리 장치(10)는, 도 1 내지 도 3, 도 10, 도 11에 도시한 제1 실시형태 내지 제3 실시형태에 따른 기관 처리 시스템(1) 및 기관 처리 장치(10)의 구성과 마찬가지로 하기 때문에 설명을 생략한다. 또 이하에서는, 도 1 내지 도 3에 도시한 제1 실시형태 및 제2 실시형태에 따른 기관 처리 장치(10)의 구성을 이용하여 제4 실시형태를 설명하지만, 도 10, 도 11에 도시한 제3 실시형태에 따른 기관 처리 장치(10)의 구성에 제4 실시형태를 적용하여도 좋다.
- [0213] 도 12는 제4 실시형태에 따른 기관 처리 장치를 제어하는 제어부의 개략적인 구성을 도시한 블록도이다. 제4 실시형태에 따른 기관 처리 장치를 제어하는 제어부(100)는, 도 4에 도시한 제1 실시형태 내지 제3 실시형태에 따른 제어부(100)와 일부가 같은 구성이기 때문에, 동일한 부분에 관해서는 동일한 부호를 붙여 설명을 생략하고, 주로 다른 부분에 관해서 설명한다.
- [0214] 제4 실시형태에 따른 기관 처리 장치를 제어하는 제어부(100)의 프로세스 컨트롤러(102)는 배치 제어부(102e)의 기능을 더 갖는다.
- [0215] 여기서, 진술한 바와 같이, 플라즈마 에칭 등의 기관 처리에서는, 웨이퍼(W) 전면(全面)에서의 CD의 레인지가 작을 것이 요구되고 있다. CD의 레인지는 CD의 최대값과 CD의 최소값의 차이이다.
- [0216] 기관 처리 장치(10)에서는, 각 분할 영역의 히터(HT)의 온도를, 산출부(102b)에 의해 산출된 목표 온도로 하여, 웨이퍼(W)에 대하여 플라즈마 에칭을 행한다. 이에 따라, 웨이퍼(W)의 각 측정점의 CD의 레인지가 가장 작아진다.
- [0217] 그런데, 웨이퍼(W)의 측정점의 CD가 최대가 되는 최대점과 CD가 최소가 되는 최소점이 동일한 분할 영역 내에 위치하는 경우가 있다.
- [0218] 도 13은 웨이퍼 상의 CD의 최대점과 최소점을 모식적으로 도시한 도면이다. 도 13(A)에는, 웨이퍼(W) 상에서 측정점의 CD가 최대가 되는 최대점(P1)과 CD가 최소가 되는 최소점(P2)이 도시되어 있다. 또한, 도 13(A)에는, 배치대(16)의 웨이퍼(W)가 배치되는 배치 영역(18a)이 모식적으로 도시되어 있다. 배치 영역(18a)은, 복수의 분할 영역으로 분할되고, 각각의 분할 영역에 히터(HT)가 설치되어 있다. 본 실시형태에서는, 배치 영역(18a)은, 중앙의 원형 영역(150) 및 이 원형 영역을 둘러싸는 4개의 환상 영역(151)의 5개의 분할 영역으로 분할되어 있다. 즉, 배치대(16)는, 배치 영역(18a)을 분할한 각 분할 영역 중 적어도 일부(환상 영역(151))가 웨이퍼(W)의 둘레 방향을 따라서 마련되어 있다. 각 분할 영역(원형 영역(150) 및 환상 영역(151))은 각각에 히터(HT)가 설치되어 있다.
- [0219] 도 13(A)에 도시하는 웨이퍼(W)를 배치 영역(18a)에 배치한 경우, 도 13(B)에 도시한 바와 같이, 최대점(P1)과 최소점(P2)은 동일한 분할 영역 내에 위치한다. 도 13(B)의 예에서는, 최대점(P1)과 최소점(P2)은 동일한 환상 영역(151) 내에 위치한다. 측정점의 CD는 히터(HT)의 온도에 따라서 변화한다. 그러나, 최대점(P1)과 최소점(P2)이 동일한 분할 영역 내에 위치하는 경우, 최대점(P1) 및 최소점(P2)의 CD는, 동일한 히터(HT)에 의해서 온도 제어되기 때문에, 히터(HT)의 온도 변화에 따라서 마찬가지로 변화한다. 이 때문에, CD의 레인지를 보다 작게 하기가 어려운 상태가 된다.
- [0220] 이러한 경우, 도 13(C)에 도시한 바와 같이, 웨이퍼(W)를 회전시켜 배치 영역(18a)에 배치하면, 최대점(P1)과 최소점(P2)을 별도의 분할 영역에 배치할 수 있다. 도 13(C)의 예에서는, 최대점(P1)과 최소점(P2)을 별도의 환상 영역(151)에 배치할 수 있다. 이와 같이 최대점(P1)과 최소점(P2)을 별도의 분할 영역에 배치한 경우, 별도의 히터(HT)에 의해서 온도 제어할 수 있기 때문에, CD의 레인지를 보다 작게 하는 것이 가능하게 된다.
- [0221] 그래서, 배치 제어부(102e)는, 생성부(102a)에 의해 생성된 예측 모델을 이용하여, 각 히터(HT)의 목표 온도로 한 경우의 각 측정점의 CD를 산출한다. 또, 측정점의 CD는, 실제로 플라즈마 에칭을 행하여 계측 장치(11)에 의해 계측된 값을 이용하여도 좋다.
- [0222] 배치 제어부(102e)는, 각 측정점의 CD 중, CD가 최대가 되는 최대점과 CD가 최소가 되는 최소점을 특정한다. 배치 제어부(102e)는, 최대점과 최소점이 웨이퍼(W)의 둘레 방향을 따라서 마련된 동일한 분할 영역 내에 위치하는지를 판정한다. 예컨대, 배치 제어부(102e)는, 최대점과 최소점이 웨이퍼(W)의 둘레 방향을 따라서 마련된 동일한 분할 영역 내에 위치하는지를 판정한다. 배치 제어부(102e)는, 판정 결과, 최대점과 최소점이 동일한 분할 영역 내에 위치하는 경우, 최대점과 최소점이 상이한 분할 영역에 위치하도록 배치면에 대한 웨이퍼(W)의 배치를 제어한다. 예컨대, 배치 제어부(102e)는, 최대점과 최소점이 웨이퍼(W)의 둘레 방향을 따라서 마련된 동일한 분할 영역 내에 위치하는 경우, 최대점과 최소점이 상이한 분할 영역에 위치하도록 웨이퍼(W)를 둘레 방향으로 회전시키는 제어를 행한다. 예컨

대, 배치 제어부(102e)는, 최대점과 최소점의 중간 위치가 분할 영역의 경계에 위치하도록 웨이퍼(W)를 돌려 방향으로 회전시키는 제어를 행한다. 예컨대, 배치 제어부(102e)는, 웨이퍼(W)를 기관 처리 장치(10)에 반송하는 반송계에 있어서, 웨이퍼(W)를 돌려 방향으로 회전시키도록 제어한다. 반송계에는, 기관 처리 장치(10)보다도 앞에, 얼라인먼트 장치나 로봇 아암이 설치되어 있다. 얼라인먼트 장치는, 수평의 회전 스테이지가 설치되어, 웨이퍼(W) 등의 회전 위치의 조정 등 각종 얼라인먼트의 조정이 가능하게 되어 있다. 로봇 아암은, 웨이퍼(W)를 유지하여 반송계의 각 장치에 웨이퍼(W)를 반송한다. 예컨대, 배치 제어부(102e)는, 얼라인먼트 장치나 로봇 아암에 대하여 웨이퍼(W)를 돌려 방향으로 회전시키는 제어 정보를 송신하여, 최대점과 최소점의 중간 위치가 분할 영역의 경계에 위치하도록 웨이퍼(W)를 돌려 방향으로 회전시키는 제어를 행한다.

[0223] 기관 처리 장치(10)는, 이와 같이 배치면에 대한 웨이퍼(W)의 배치를 변경한 경우, 예측 모델을 재생성하여도 좋다. 예컨대, 기관 처리 장치(10)는, 각 히터(HT)를 제어하여, 각 분할 영역의 온도를 수(數)수준으로 나누고, 각각의 온도에서 웨이퍼(W)를 교환하여, 실제로 실시하는 플라즈마 에칭을 개별로 실시한다. 각 온도에서 플라즈마 에칭 처리가 실시된 각 웨이퍼(W)를 각각 계측 장치(11)로 이동시키고, 웨이퍼(W)의 미리 정해진 위치를 측정점으로 하여, 계측 장치(11)로 측정점의 CD를 계측한다. 계측 장치(11)는, 계측한 각 측정점의 CD의 데이터를 기관 처리 장치(10)에 송신한다. 생성부(102a)는, 수신한 CD의 데이터로부터 예측 모델을 재생성한다. 산출부(102b)는, 생성부(102a)에 의해 생성된 예측 모델을 이용하여, 측정점의 CD가 미리 정해진 조건을 만족하는 각 분할 영역의 히터(HT)의 목표 온도를 산출하여도 좋다.

[0224] 또한, 온도 변화에 대한 CD의 변화를 나타내는 변화 특성 데이터를 얻는 경우, 기관 처리 장치(10)는, 배치면에 대한 웨이퍼(W)의 배치를 변경하기 전의 예측 모델을 이용하여, 각 분할 영역의 히터(HT)의 목표 온도를 산출하여도 좋다. 예컨대, 산출부(102b)는, 웨이퍼(W)를 회전시킨 회전 각도에 기초하여 각 측정점에 각각 대응하는 히터(HT)를 특정한다. 산출부(102b)는, 측정점마다, 변화 특성 데이터에 기초하여, 웨이퍼(W)의 배치를 변경하기 전의 히터(HT)의 온도와 변경 후의 히터(HT)의 온도의 차에 따라서 CD의 값을 보정하도록 예측 모델을 보정한다. 산출부(102b)는, 보정한 예측 모델을 이용하여, 측정점의 CD가 미리 정해진 조건을 만족하는 각 분할 영역의 히터(HT)의 목표 온도를 산출하여도 좋다.

[0225] 이와 같이, 제4 실시형태에 따른 기관 처리 장치(10)는, 웨이퍼(W)의 측정점의 CD가 최대가 되는 최대점과 CD가 최소가 되는 최소점이 동일한 분할 영역 내에 위치하는 경우, 최대점과 상기 최소점이 상이한 분할 영역에 위치하도록 배치면에 대한 웨이퍼(W)의 배치를 제어한다. 이에 따라, 기관 처리 장치(10)는, CD가 최대가 된 최대점과 CD가 최소가 된 최소점을 별도의 히터(HT)에 의해서 온도 제어할 수 있기 때문에, CD의 레인지를 보다 작게 하는 것이 가능하게 된다.

[0226] 이상, 실시형태를 이용하여 본 발명을 설명하였지만, 본 발명의 기술적 범위는 상기 실시형태에 기재된 범위에만 한정되지 않는다. 상기 실시형태에 다양한 변경 또는 개량을 추가하는 것이 가능한 것이 당업자에게는 분명하다. 또한, 그와 같은 변경 또는 개량을 추가한 형태도, 청구범위의 기재로부터 본 발명의 기술적 범위에 포함될 수 있는 것이 분명하다.

[0227] 예컨대, 상기 실시형태에서는, 기관으로서 반도체 웨이퍼에 기관 처리를 행하는 경우를 예로 설명하였지만, 이에 한정되지 않는다. 기관은 온도에 의해 기관 처리의 진행에 영향을 받는 것이면 어느 것이라도 좋다.

[0228] 또한, 상기 실시형태에서는, 기관 처리로서 플라즈마 에칭을 행하는 경우를 예로 설명하였지만, 이에 한정되지 않는다. 기관 처리는 온도에 의해 처리의 진행에 영향을 받는 것이면 어느 것이라도 좋다.

[0229] 또한, 상기한 제3 실시형태에서는, 배치대를, 웨이퍼(W)를 배치하는 제1 배치대(116)와 포커스 링(FR)을 배치하는 제2 배치대(120)로 나눈 경우를 예로 설명했지만, 이것에 한정되는 것은 아니다. 배치대를 하나로 구성하고, 웨이퍼(W)와 포커스 링(FR)을 동일 평면으로 된 배치면에 배치하여도 좋다.

[0230] 또한, 상기한 제3 실시형태에서는, 링 부재로서 포커스 링(FR)을 배치한 경우를 예로 설명했지만, 이것에 한정되는 것은 아니다. 링 부재는, 예컨대, 석영 등의 절연성 재료로 구성되며, 절연이나 배치면의 보호를 위해서 설치된 절연체 링이라도 좋다. 또한, 링 부재는 포커스 링(FR) 및 절연체 링이라도 좋다. 이 경우, 예컨대 절연체 링은 포커스 링(FR)을 둘러싸도록 배치된다.

[0231] 또한, 상기한 제1 실시형태 내지 제4 실시형태에서는, 산출부(102b)가, 각 측정점의 임계 치수의 최대값과 최소값의 차가 가장 작아지는 각 분할 영역의 히터의 목표 온도를 산출하는 경우를 예로 설명했지만, 이것에 한정되는 것은 아니다. 산출부(102b)는, 각 측정점의 임계 치수의 편차의 제곱합이 가장 작아지는 각 분할 영역의 히터의 목표 온도를 산출하여도 좋다.

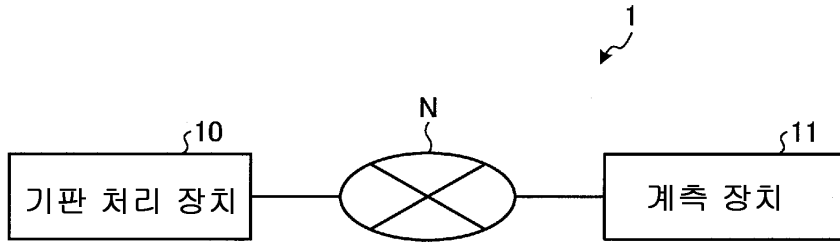
부호의 설명

[0232]

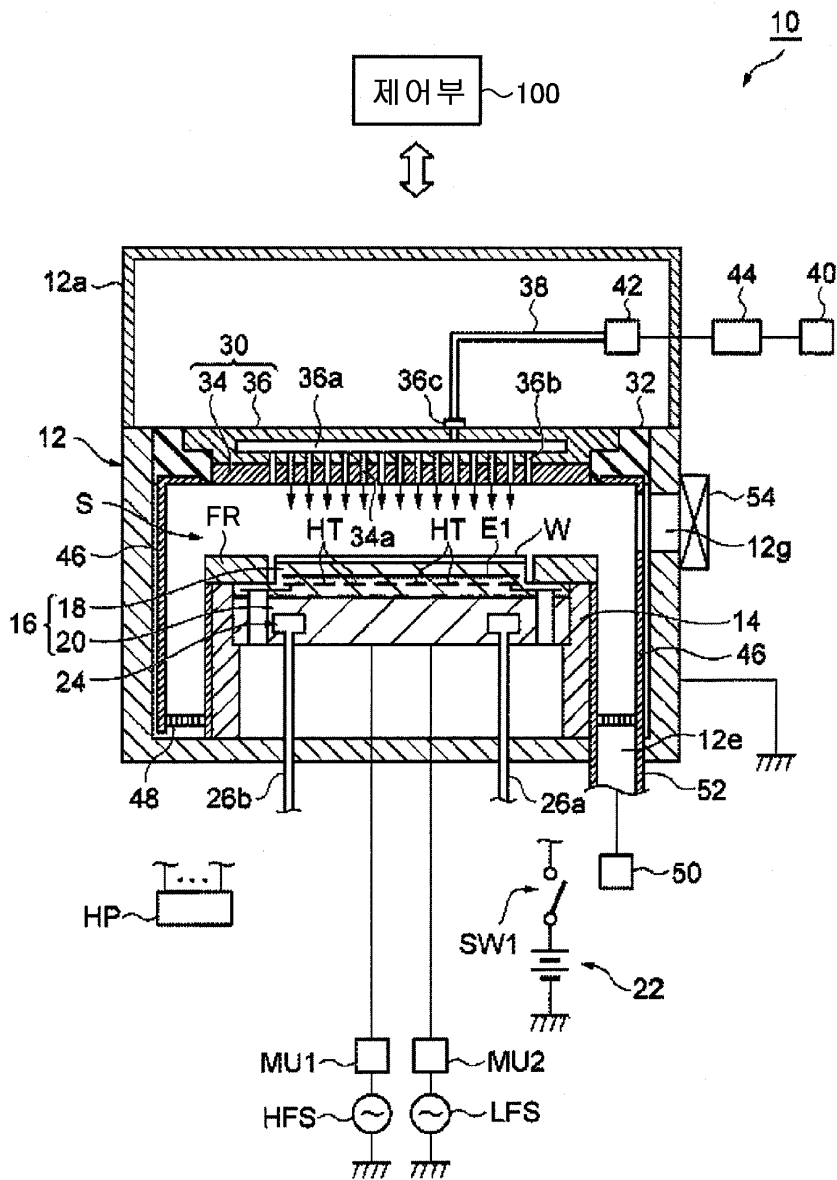
- 1 기관 처리 시스템 10 기관 처리 장치
- 16 배치대 18 지지 부재
- 18a 배치 영역 18b 외주 영역
- 18m 본체부 20 베이스
- 100 제어부 102 프로세스 컨트롤러
- 102a 생성부 102b 산출부
- 102c 플라즈마 제어부 102d 히터 제어부
- 116 제1 배치대 120 제2 배치대
- HT, HT1, HT2 히터

도면

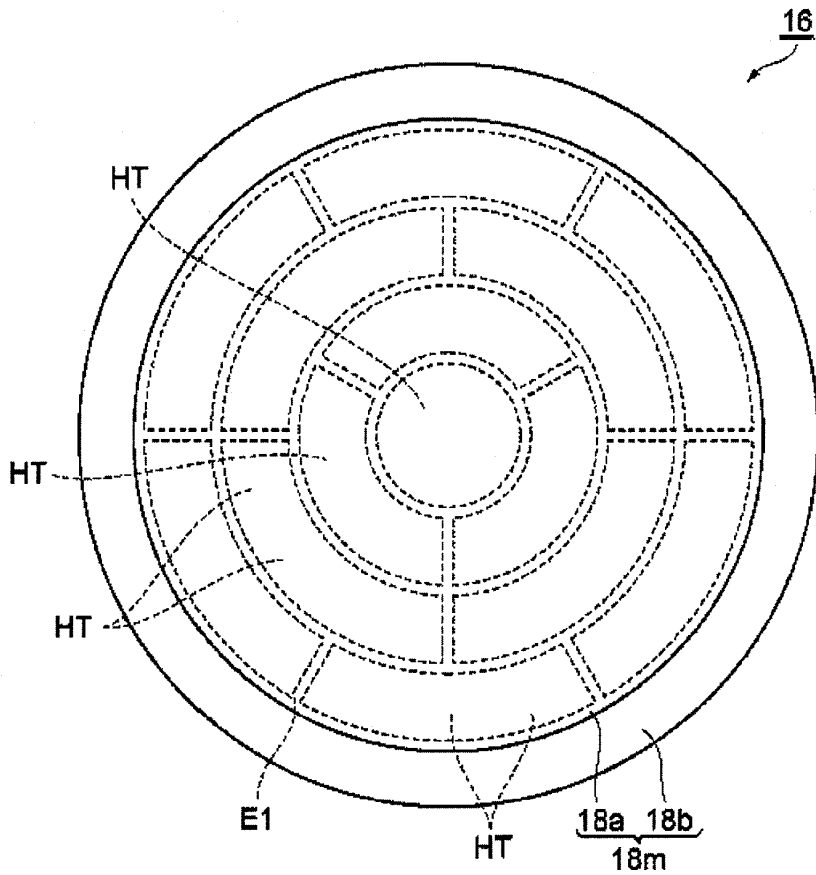
도면1



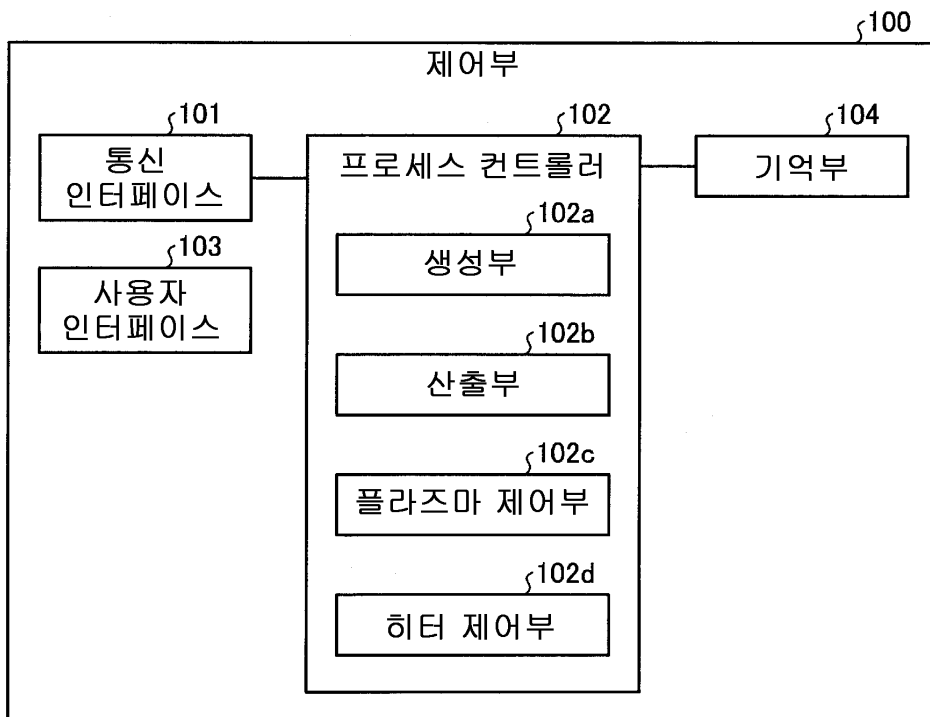
도면2



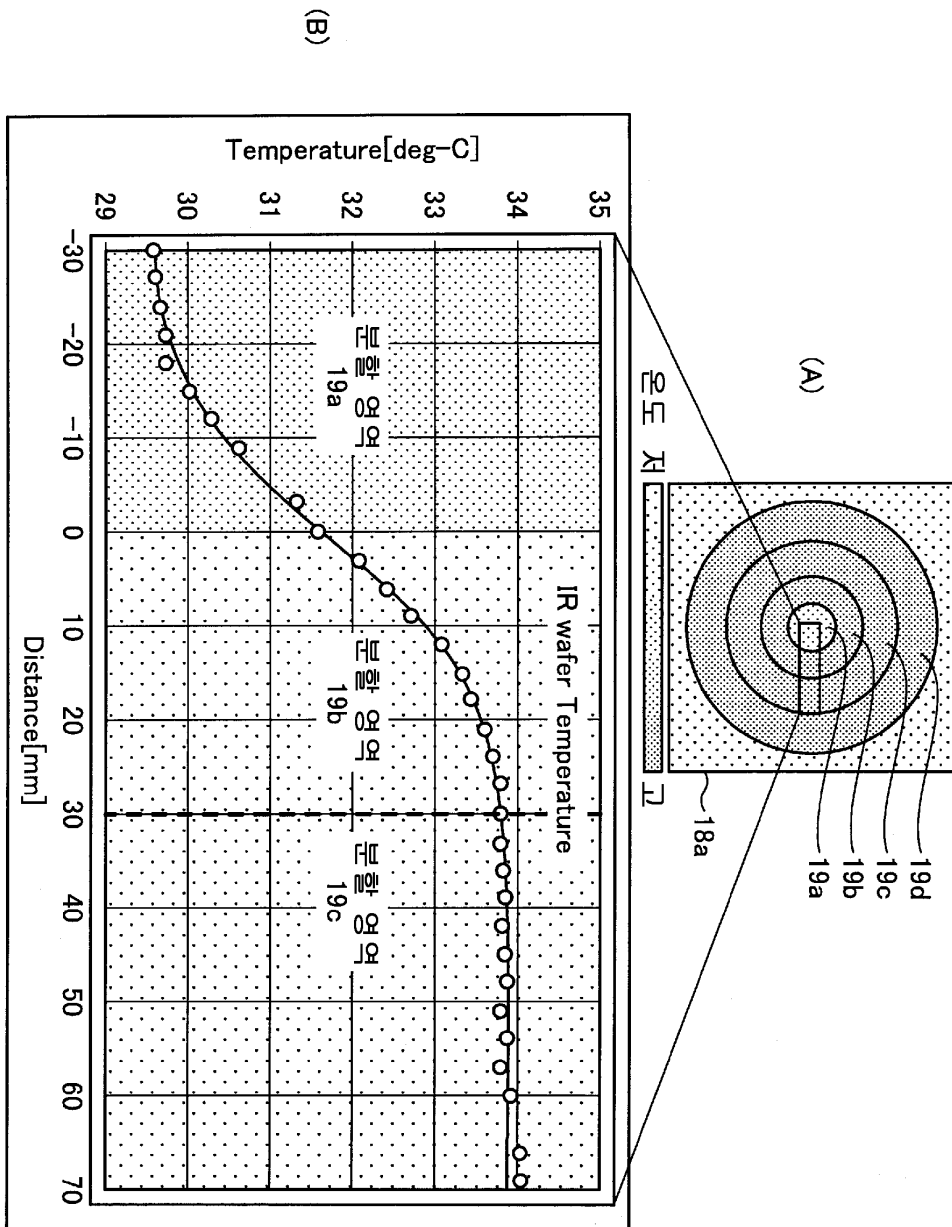
도면3



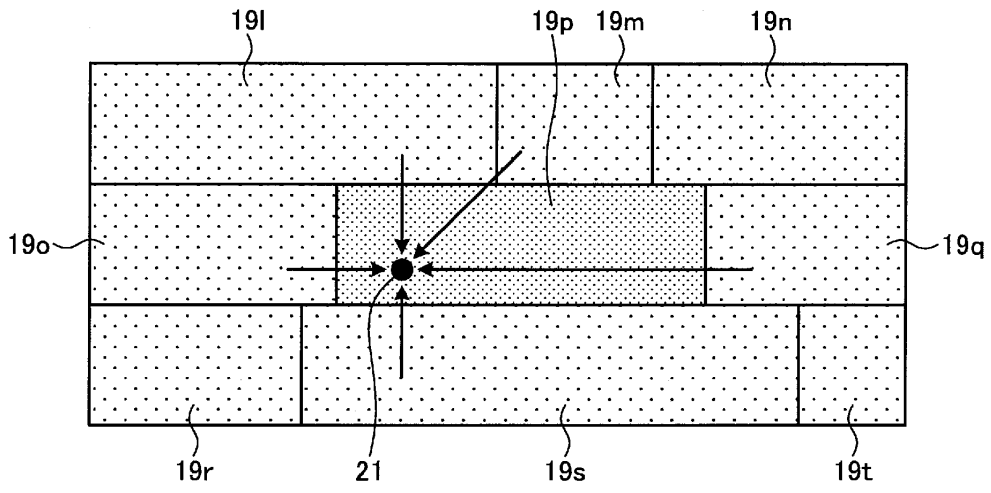
도면4



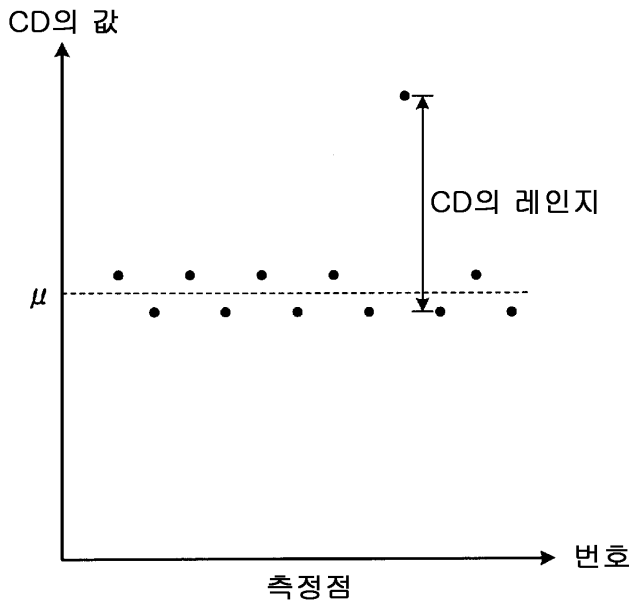
도면5



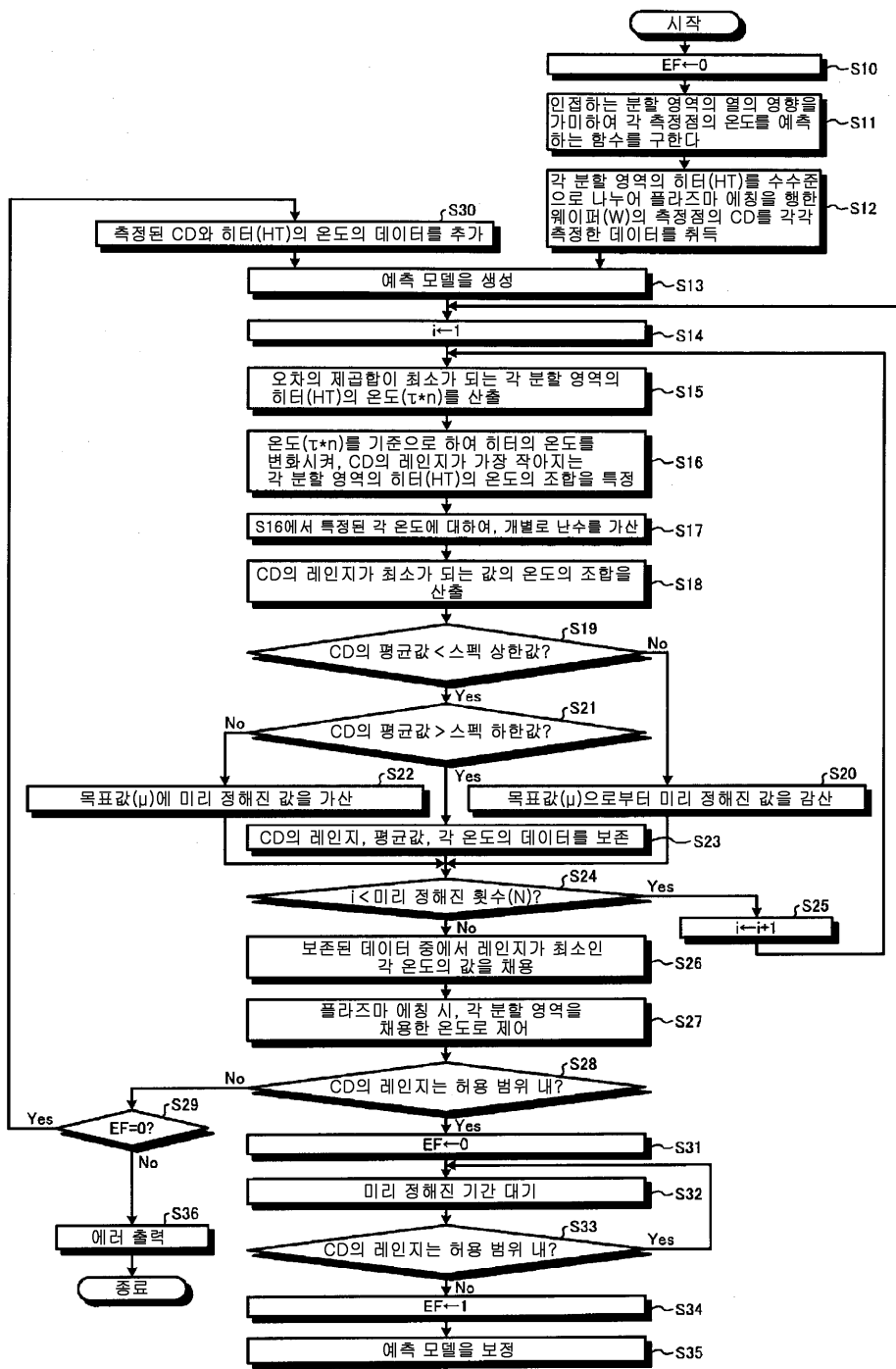
도면6



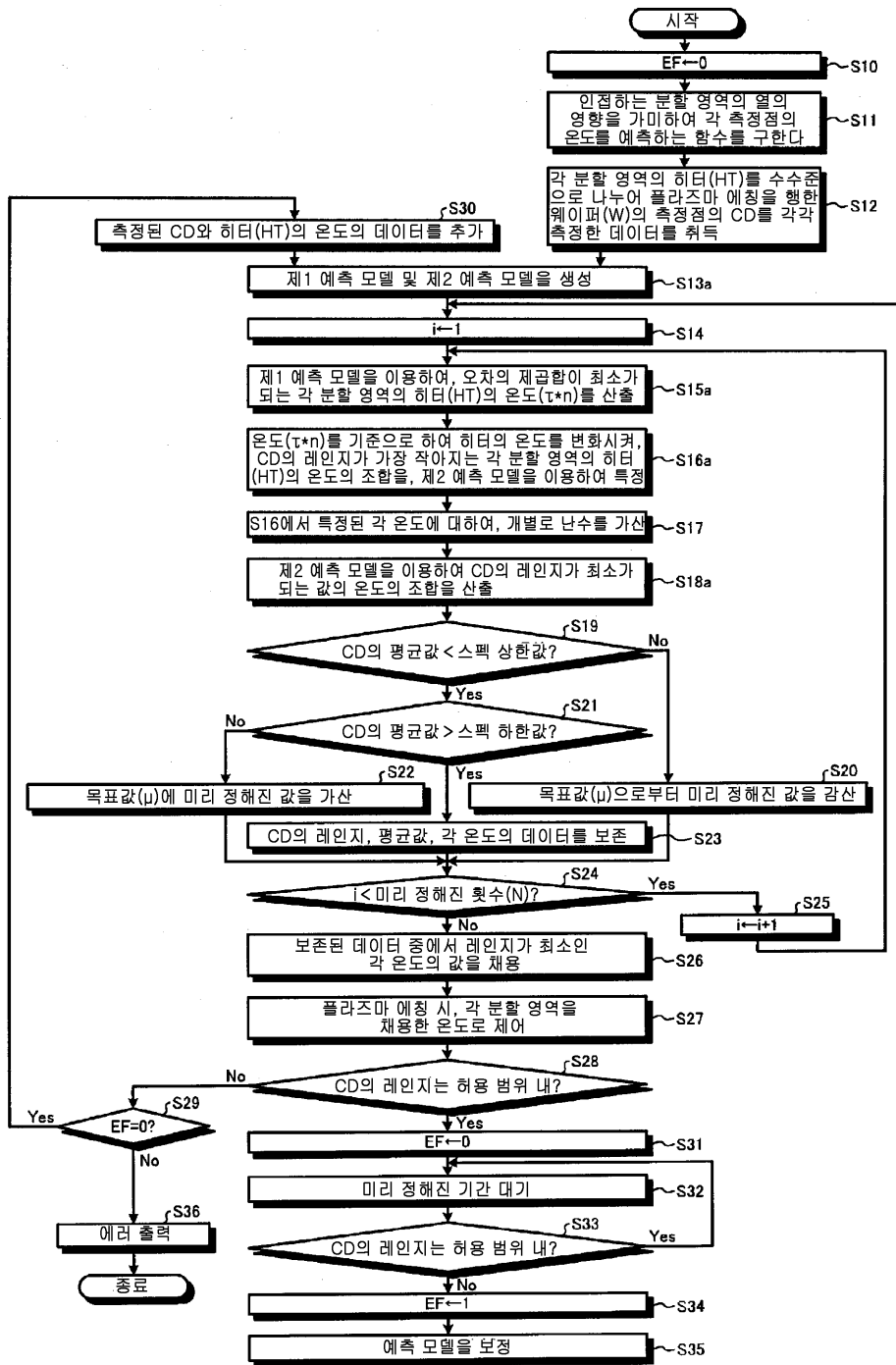
도면7



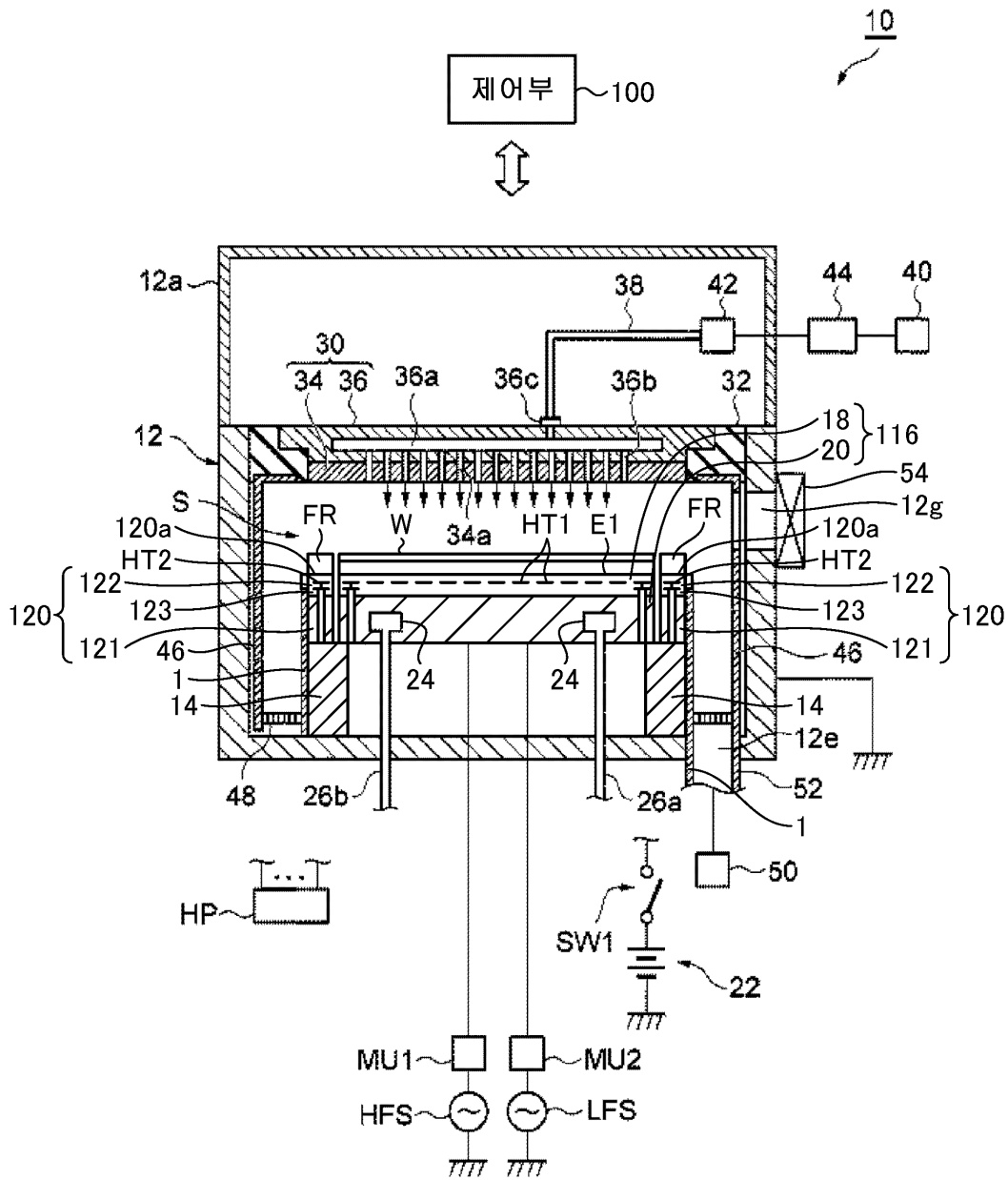
도면8



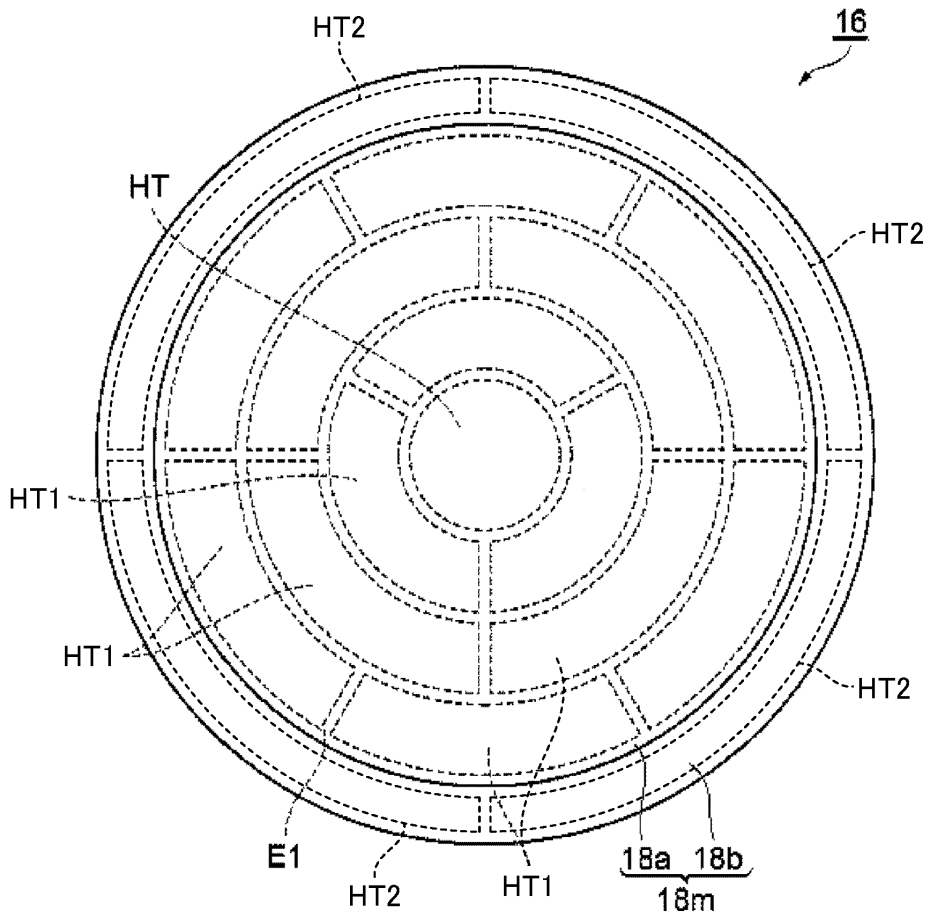
도면9



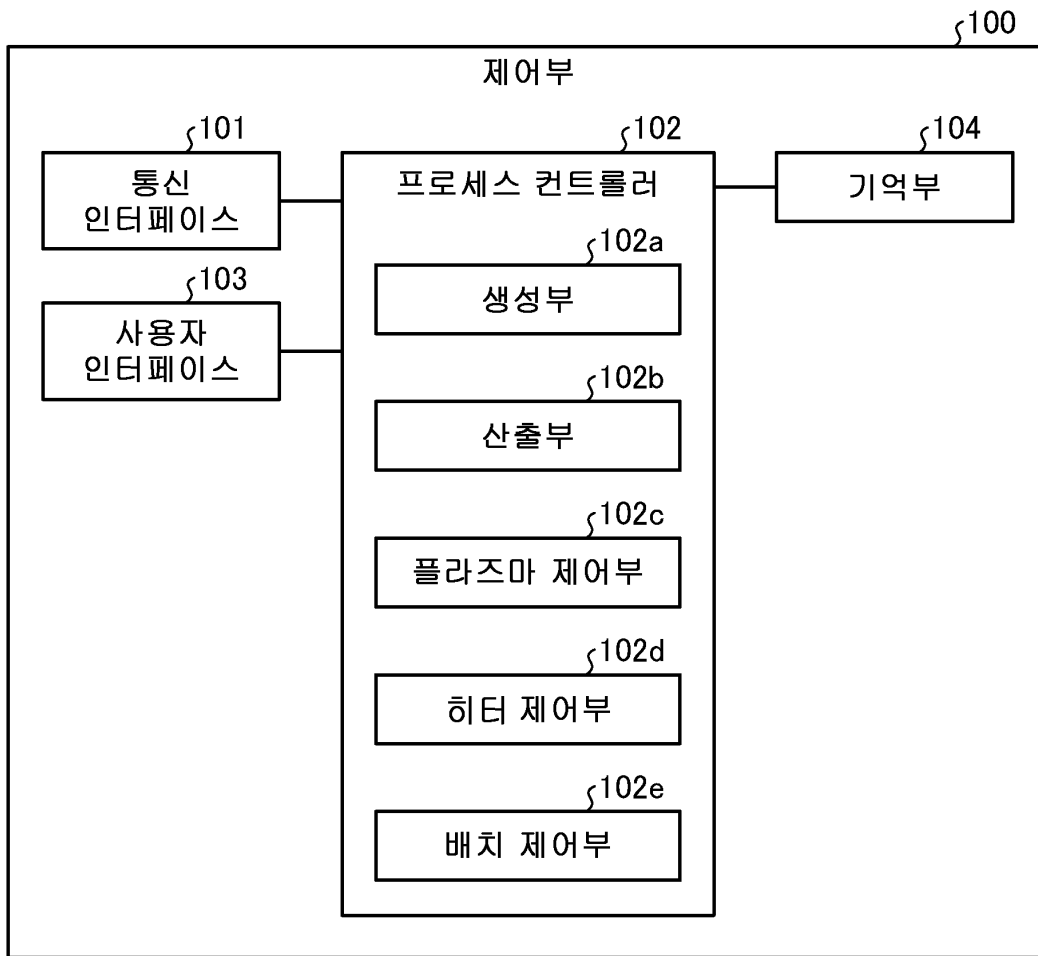
도면10



도면11



도면12



도면13

