



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2020년04월17일
(11) 등록번호 10-2101222
(24) 등록일자 2020년04월09일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01J 37/32 (2006.01)
(52) CPC특허분류
H01J 37/32926 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2018-0083771
(22) 출원일자 2018년07월19일
심사청구일자 2018년07월19일
(65) 공개번호 10-2019-0092218
(43) 공개일자 2019년08월07일
(30) 우선권주장
JP-P-2018-013338 2018년01월30일 일본(JP)
(56) 선행기술조사문헌
JP2004349419A*
(뒷면에 계속)

(73) 특허권자
주식회사 히타치하이테크
일본국 도쿄도 미나토쿠 토라노몬 1초메 17방 1고
(72) 발명자
가마지 요시토
일본국 도쿄도 미나토쿠 니시 심바시 1-24-14
스미야 마사히로
일본국 도쿄도 미나토쿠 니시 심바시 1-24-14
(74) 대리인
문두현

전체 청구항 수 : 총 15 항

심사관 : 김주승

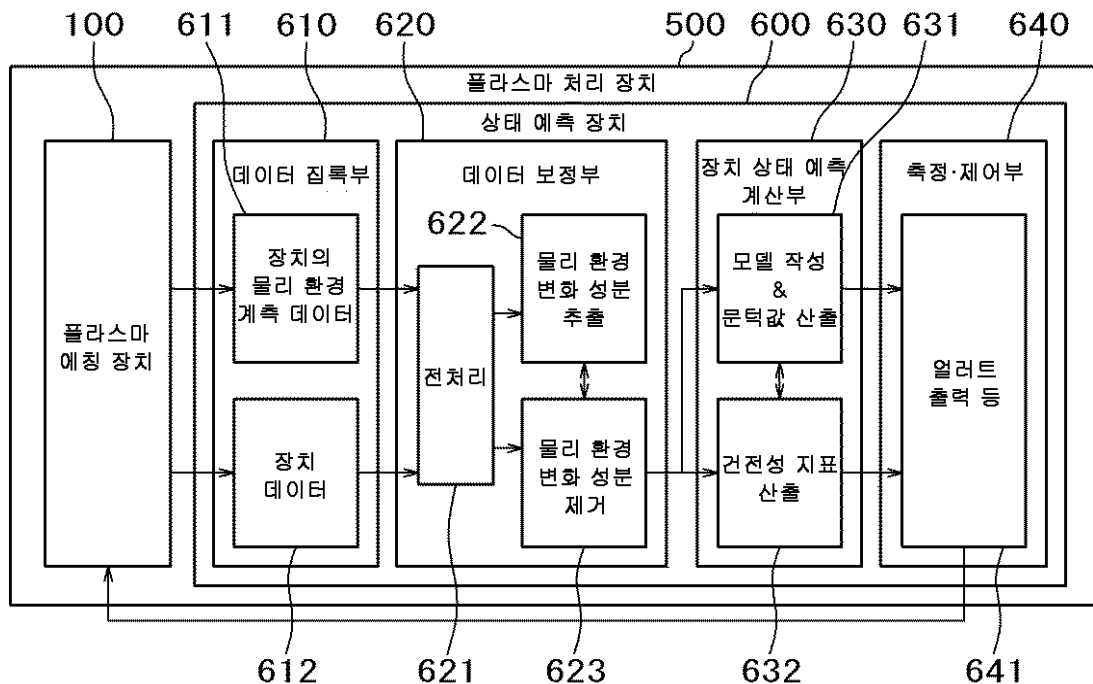
(54) 발명의 명칭 플라즈마 처리 장치 및 상태 예측 장치

(57) 요약

본 발명은, 플라즈마 처리 장치에 있어서, 메인テナンス를 요하는 시기를 정밀도 좋게 예측할 수 있도록 하는 것을 과제로 한다.

이러한 과제를 해결하기 위한 수단으로서, 처리실 내에서 플라즈마를 생성시켜서 시료를 처리하는 플라즈마 처리 (뒷면에 계속)

대표도 - 도2



장치와, 플라스마 처리 장치의 장치 상태를 예측하는 상태 예측 장치를 구비한 플라스마 처리 장치에 있어서, 상태 예측 장치를, 플라스마 처리 장치로부터 시료를 처리 중에 출력되는 장치 데이터를 집록(集錄)하는 장치 데이터 집록부와, 처리실 내의 물리 환경을 계측해서 장치 물리 환경 데이터로서 집록하는 물리 환경 계측 데이터 집록부와, 물리 환경 계측 데이터 집록부에 집록된 복수의 장치 물리 환경 데이터로부터 물리 환경의 경시 변화 성분을 추출하고, 장치 데이터 집록부에 집록된 장치 데이터로부터 물리 환경의 경시 변화 성분을 추출해서 제거하는 데이터 보정부와, 물리 환경의 경시 변화 성분이 제거된 장치 데이터를 입력 데이터로 해서 플라스마 처리 장치의 장치 상태를 예측하기 위한 계산을 행하는 장치 상태 예측 계산부를 구비해서 구성했다.

(56) 선행기술조사문헌

JP2003264175A*

비특허문헌 2*

JP2003264175 A*

JP2004349419 A*

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

명세서

청구범위

청구항 1

시료가 플라즈마 처리되는 처리실과, 상기 처리실의 상태를 예측하는 상태 예측 장치를 구비하는 플라즈마 처리 장치에 있어서,

상기 상태 예측 장치는,

플라즈마 처리 중에 모니터링된 제1 데이터로부터 상기 처리실의 물리 환경의 경시 변화 성분을 제거함과 함께 상기 처리실의 물리 환경의 경시 변화 성분이 제거된 상기 제1 데이터를 입력 데이터로 해서 상기 처리실의 상태를 예측하기 위한 연산을 행하고,

상기 경시 변화 성분은, 상기 처리실의 물리 환경을 나타내는 제2 데이터로부터 추출되는 것을 특징으로 하는 플라즈마 처리 장치.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 상태 예측 장치는, 상기 제2 데이터를 이용한 주성분 분석에 의해 상기 제2 데이터의 주성분 공간을 구축하고, 상기 제1 데이터를 상기 주성분 공간에 투영함에 의해 상기 주성분 공간에 투영된 상기 제1 데이터로부터 제1 주성분 또는 복수의 주성분을 제거하고 원래의 데이터 공간으로 되돌림에 의해서 상기 제1 데이터로부터 상기 경시 변화 성분을 제거하는 것을 특징으로 하는 플라즈마 처리 장치.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 제1 데이터는, 플라즈마의 발광 데이터를 포함하고,

상기 제2 데이터는, 상기 처리실의 내부 상태를 변화시킴에 의해 취득된 외부광의 데이터를 포함하는 것을 특징으로 하는 플라즈마 처리 장치.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 처리실의 내부 상태를 변화시키는 것은, 상기 처리실의 내벽을 덮도록 배치된 석영제 커버의 블러(blur)양, 상기 석영제 커버의 표면 상태 혹은 상기 석영제 커버의 두께 또는 상기 외부광이 투과하는 투과창의 블러양, 상기 투과창의 표면 상태 혹은 상기 투과창의 두께를 변화시키는 것임을 특징으로 하는 플라즈마 처리 장치.

청구항 5

제2항에 있어서,

상기 제1 데이터는, 상기 시료의 플라즈마 처리 중에 있어서의, 상기 시료가 재치되는 시료대에 인가되는 고주파 전압 또는 상기 시료대에 흐르는 고주파 전류에 의해 구해지는 플라즈마 임피던스를 포함하고,

상기 제2 데이터는, 상기 처리실의 내벽을 덮도록 배치된 석영제 커버의 두께를 변화시킴에 의해 취득되고, 상기 고주파 전압 또는 상기 고주파 전류에 의해 구해지는 플라즈마 임피던스를 포함하는 것을 특징으로 하는 플라즈마 처리 장치.

청구항 6

제2항에 있어서,

상기 상태 예측 장치는, PCA-T-squared 또는 PCA-SPE를 이용해서 상기 처리실의 상태를 예측하기 위한 연산을 행하는 것을 특징으로 하는 플라즈마 처리 장치.

청구항 7

제2항에 있어서,

상기 상태 예측 장치는, 상기 제2 데이터에 주성분 분석을 행할 때의 전(前)처리로서 상기 제2 데이터로부터 이상값(outlier)을 제거하는 처리를 행하는 것을 특징으로 하는 플라즈마 처리 장치.

청구항 8

제2항에 있어서,

상기 상태 예측 장치는, 상기 제2 데이터에 주성분 분석을 행할 때의 전처리로서 상기 제2 데이터의 특징량을 추출하는 처리를 행하는 것을 특징으로 하는 플라즈마 처리 장치.

청구항 9

제8항에 있어서,

상기 상태 예측 장치는, 상기 제2 데이터의 특징량으로서 통계값을 추출하는 것을 특징으로 하는 플라즈마 처리 장치.

청구항 10

제8항에 있어서,

상기 상태 예측 장치는, 상기 제2 데이터의 특징량으로서 주파수 성분을 추출하는 것을 특징으로 하는 플라즈마 처리 장치.

청구항 11

제2항에 있어서,

상기 상태 예측 장치는, 상기 제2 데이터로부터 상기 물리 환경의 상기 경시 변화 성분을 추출하는 방법으로서 기계 학습의 알고리즘을 이용하는 것을 특징으로 하는 플라즈마 처리 장치.

청구항 12

제2항에 있어서,

상기 상태 예측 장치는, 상기 제2 데이터로부터 상기 물리 환경의 상기 경시 변화 성분을 추출하는 방법으로서 비선형의 알고리즘을 이용하는 것을 특징으로 하는 플라즈마 처리 장치.

청구항 13

제7항에 있어서,

상기 상태 예측 장치는, 상기 제2 데이터에 주성분 분석을 행할 때의 전처리로서 데이터의 표준화 처리를 행하는 것을 특징으로 하는 플라즈마 처리 장치.

청구항 14

제2항에 있어서,

상기 상태 예측 장치는, 상기 제1 데이터 및 상기 제2 데이터를 5Hz 이상의 샘플링 주파수의 간격마다 취득하는 것을 특징으로 하는 플라즈마 처리 장치.

청구항 15

시료가 플라즈마 처리되는 처리실의 상태를 예측하는 상태 예측 장치에 있어서,

상기 처리실의 물리 환경의 경시 변화 성분이 제거되고 플라즈마 처리 중에 모니터링된 제1 데이터를 입력 데이터

로 해서 상기 처리실의 상태를 예측하기 위한 연산이 행해지는 연산부를 구비하고,

상기 경시 변화 성분은, 상기 처리실의 물리 환경을 나타내는 제2 데이터로부터 추출되는 것을 특징으로 하는 상태 예측 장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은, 플라스마 처리 장치로부터 출력되는 센서 데이터를 이용해서 연산 처리를 행함으로써 장치의 상태를 예측하는 기능을 구비한 플라스마 처리 장치, 및, 시료가 플라스마 처리되는 처리실의 상태를 예측하는 상태 예측 장치에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 반도체 디바이스 제조 공정에서는, 리소그래피나 성막, 에칭 등 각종 제조 프로세스를 반복해서 처리한다. 반도체 디바이스 양산 공장에 있어서, 이들 제조 프로세스를 담당하는 반도체 제조 장치의 가동률 저하를 억제하는 것은 양산 비용 저감에 있어서의 중요 과제의 하나이다.

[0003] 예를 들면, 플라스마 에칭 장치에서는, 장치의 장기 가동에 수반해서, 반응 생성물의 축적이나 파츠의 소모에 수반하는 처리실 내의 경시 변화나, 플라스마 생성 및 제어를 담당하는 컴포넌트의 열화(劣化) 등이 발생한다. 그래서, 정기적인 장치 청소나 파츠 교환을 행하는 정기 메인テナンス나, 예기하지 않은 장치 고장·불량 등의 대응으로서 메인テナンス가 행해진다.

[0004] 이들은 모두 장치 가동률을 저하시키기 때문에, 양산 비용의 관점에서, 장치 메인テナンス 시간은 필요 최소한으로 할 필요가 있다. 장치 메인テナンス에 걸리는 누계 시간을 삭감하기 위해서는, 각 제조 장치의 건전성이나 수명을 예측하고, 또한 메인テナンス해야 할 장치 개소를 사전에 특정함으로써, 최적 시기에 고효율로 메인テナンス를 행하는 것이 요구된다.

[0005] 이때까지, 플라스마 처리 장치에 있어서, 장치 상태를 감시하고, 이상을 검지·예측하는 방법으로서, 이하에 나타내는 바와 같은 기술이 제안되어 있다. 예를 들면, 특허문헌 1이나 특허문헌 2에 기재되는 바와 같은 장치의 운전 시에 취득된 장치 신호 데이터 그룹으로부터 기준으로 되는 모델을 작성하고, 상태를 예측하고 싶은 장치로부터 취득된 장치 신호 데이터에 있어서의 모델로부터의 변화 정도(이하, 장치 건전성 지표)를 산출하고, 장치 건전성 지표에 문턱값을 마련함으로써, 운전 정지 시기를 판정하는 방법이다.

[0006] 이들 방법에 있어서, 모델이나 건전성 지표, 문턱값의 산출에 이용하는 입력 데이터에는, 플라스마 발광 분광 계측 데이터나, 센서나 컴포넌트의 제어 신호나 응답 신호 등의 장치의 임의 점에서의 전기 신호 데이터 등이 이용된다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0007] (특허문헌 0001) 일본 특허 제4570736호 공보
- (특허문헌 0002) 일본 특개2016-192532호 공보
- (특허문헌 0003) 국제공개번호 W02004-19396A1
- (특허문헌 0004) 일본 특허 제3709378호 공보

발명의 내용

해결하려는 과제

[0008] 그러나, 이들 장치로부터 취득된 미보정 데이터 그룹에는, 플라스마 처리 결과에 대해서 무시할 수 있을 정도의 변화밖에 주지 않지만, 데이터에 큰 변화를 주는 변화 성분이 포함되는 경우가 많다.

- [0009] 예를 들면, 장치 내벽 소모 등 장치 내 물리 환경의 변화에 의해서 발생한 변화 성분 등을 들 수 있다. 구체적으로는, 플라즈마 발광 계측 데이터에 있어서, 플라즈마 처리 장치 내벽을 덮도록 설치된 석영제 커버나 분광 계측의 광도입을 위하여 설치된 석영창에 있어서의 석영 블러(blur)양 변화나 막두께의 변화, 요철(러프니스)의 변화에 의해서 발생하는 발광 강도 변화 성분이나, 플라즈마 임피던스 데이터에 있어서, 접지된 장치 내벽부에 형성된 절연막층의 막두께 변화에 의해서 발생하는 플라즈마 임피던스 변화 성분 등이다.
- [0010] 즉, 이들 장치로부터 취득된 미보정 데이터 그룹을 입력 데이터로 해서, 앞서 기술한 플라즈마 처리 장치의 상태 예측을 행하기 위한 모델이나 문턱값, 장치 건전성 지표를 산출할 경우, 예측 대상으로 되는 플라즈마 처리 결과에 영향을 미치는 상태 변화를 정밀도 좋게 예측하는 것이 곤란하게 된다. 그래서, 장치 물리 환경 변화에 수반한 변화 성분을 캔슬(제거)할 필요가 있다.
- [0011] 이 종래 기술로서, 특허문헌 3에 기재되어 있는 바와 같이, 임의 구간의 데이터마다 규격화하는 등 해서 값을 보정하는 기술이 제안되어 있다. 또한, 특허문헌 4에 나타나는 바와 같이, 장치 내벽을 덮는 석영제 커버나 플라즈마 발광 분광 계측용의 광도입 석영창을 투과시키는 외부광이 설치된 플라즈마 처리 장치에 있어서, 미리 취득된 외부광의 참조광과 임의의 장치 상태에 있어서 취득된 외부광의 광량차로부터 석영 블러에 의해서 발생한 광의 감쇠량을 검출하고, 그 광의 감쇠량으로부터 임의의 장치 상태에서 취득된 플라즈마 발광 분광 계측 데이터를 보정하는 방법이 제안되어 있다.
- [0012] 그러나, 특허문헌 3에 나타나는 기술에서는, 임의 구간에서 발생한 변화를 이산적으로 보정하기 때문에, 연속적으로 발생하는 경시적인 변화 성분을 제거하기에는, 부적합하다. 또한 특허문헌 4에 나타나는 기술에서는, 각 데이터점에 대해서 보정을 행하기 때문에, 발생한 보정 오차가, 각 데이터점에 대한 새로운 불균일로 될 수 있다는 과제가 있다. 발생한 보정 오차는, 연속적인 경시 변화 성분에 대한 새로운 외란이고, 실용에 있어서는 각 데이터점에 대해서 보정 오차가 발생하지 않도록(혹은 저감하도록) 하기 위한 새로운 연구가 필요하다. 즉, 고정밀도의 장치 상태의 예측에는, 물리 환경 변화의 연속적인 경시 변화 성분을 파악하여, 그 변화 성분만을, 모델 작성이나 문턱값 산출, 건전성 지표 산출을 위한 입력 데이터로부터 제거하는 방법이나 시스템이 필요하다.
- [0013] 본 발명은, 상기 과제를 해결하기 위하여 이루어진 것이며, 플라즈마 장치에 있어서의 물리 환경 변화의 연속적인 경시 변화 성분을 파악하여, 그 변화 성분만을 장치 상태 예측에 있어서의 입력 데이터로부터 캔슬(제거)한 후에, 예측을 위한 기준 모델 및 이상을 판정하는 문턱값, 장치 상태를 나타내는 건전성 지표를 산출함에 의해, 플라즈마 처리 장치에 있어서, 예측 대상으로 되는 플라즈마 처리 결과에 영향을 주는 장치 이상을 고정밀도로 검지할 수 있어, 메인テナンス를 요하는 시기를 정밀도 좋게 예측할 수 있는, 플라즈마 처리 장치 및 시료가 플라즈마 처리되는 플라즈마 처리실의 상태를 예측하는 상태 예측 장치를 제공하는 것을 목적으로 하고 있다.

과제의 해결 수단

- [0014] 상기 목적은, 시료가 플라즈마 처리되는 처리실과, 이 처리실의 상태를 예측하는 상태 예측 장치를 구비하는 플라즈마 처리 장치에 있어서, 상태 예측 장치는, 플라즈마 처리 중에 모니터링된 제1 데이터로부터 처리실의 물리 환경의 경시 변화 성분을 제거하고, 경시 변화 성분이 제거된 제1 데이터를 입력 데이터로 해서 처리실의 상태를 예측하기 위한 연산을 행하고, 경시 변화 성분은, 처리실의 물리 환경을 나타내는 제2 데이터로부터 추출하도록 구성된 것에 의해 달성된다.
- [0015] 또한, 상기 목적은, 시료가 플라즈마 처리되는 처리실의 상태를 예측하는 상태 예측 장치에 있어서, 처리실의 물리 환경의 경시 변화 성분이 제거되고 플라즈마 처리 중에 모니터링된 제1 데이터를 입력 데이터로 해서 처리실의 상태를 예측하기 위한 연산을 행하는 연산부를 구비하고, 경시 변화 성분은, 상기 처리실의 물리 환경을 나타내는 제2 데이터로부터 추출되도록 구성된 것에 의해 달성된다.

발명의 효과

- [0016] 본 발명에 따르면, 시료를 처리하는 처리실을 갖는 플라즈마 처리 장치에 있어서, 플라즈마 처리 결과에는 영향을 주지 않지만 장치로부터 취득되는 데이터에 대해서 크게 영향을 주는 장치 물리 환경 변화의 연속적인 경시 변화 성분을 파악하여, 그 변화 성분만을 장치 상태 예측을 행하는 계산에 있어서의 입력 데이터로부터 제거할 수 있어, 장치 상태의 예측 정밀도를 향상시킬 수 있게 되었다.
- [0017] 또한, 본 발명에 따르면, 플라즈마 처리 장치에 있어서, 예측 대상으로 되는 플라즈마 처리 결과에 영향을 주는

장치 이상을 고정밀도로 검지할 수 있어, 메인テナンス를 요하는 시기를 정밀도 좋게 예측할 수 있게 되었다.

도면의 간단한 설명

- [0018] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 플라스마 처리 장치의 구성을 설명하는 종단면의 블록도.
- 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 플라스마 처리 상태 예측 장치의 전체의 구성을 나타내는 블록도.
- 도 3은 본 발명의 실시예에 따른 물리 환경 성분을 제거하는 시퀀스의 원리를 나타내는 플로차트.
- 도 4는 본 발명의 실시예에 따른 석영 표면 변화의 예측과 석영 표면 변화 성분의 제거 시퀀스를 나타내는 플로차트.
- 도 5는 본 발명의 실시예에 따른 석영 표면 변화의 예측과 석영 표면 변화 성분의 제거 시퀀스의 변형예를 나타내는 플로차트.
- 도 6은 본 발명의 실시예에 따른 장치 상태 예측 계산 시퀀스를 나타내는 플로차트.
- 도 7은 본 발명의 실시예에 따른 장치 상태 예측 결과의 일례를 나타내는 그래프.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0019] 본 발명은, 기밀(氣密)한 처리실 내에서 플라스마를 생성시켜서 시료를 처리하는 플라스마 처리 장치와, 플라스마 처리 장치의 장치 상태를 예측하는 상태 예측 장치를 구비한 플라스마 처리 상태 예측 장치에 관한 것이고, 상태 예측 장치를, 플라스마 처리 장치가 시료를 처리 중에 플라스마 처리 장치로부터 출력되는 장치 데이터를 집록(集錄)하는 장치 데이터 집록부와, 처리실 내의 물리 환경을 예측해서 장치 물리 환경 데이터로서 집록하는 물리 환경 예측 데이터 집록부와, 물리 환경 예측 데이터 집록부에 집록된 복수의 장치 물리 환경 데이터로부터 물리 환경의 경시 변화 성분을 추출하고, 장치 데이터 집록부에 집록한 장치 데이터로부터 물리 환경의 경시 변화 성분을 추출해서 제거하는 데이터 보정부와, 물리 환경의 경시 변화 성분이 제거된 장치 데이터를 입력 데이터로 해서 플라스마 처리 장치의 장치 상태를 예측하기 위한 계산을 행하는 장치 상태 예측 계산부를 구비해서 구성한 것이다.

[0020] 또한, 본 발명은, 내부에 시료대를 구비한 처리실을 갖고, 이 처리실의 내부에 플라스마를 발생시켜서 이 플라스마로 상기 시료대에 재치(載置)한 시료를 처리하는 플라스마 처리 장치와, 플라스마 처리 장치의 장치 상태를 예측하는 상태 예측 장치를 구비한 플라스마 처리 상태 예측 장치에 관한 것이고, 상태 예측 장치는, 처리실 내의 물리 환경을 바꿔서 예측해서 얻어진 복수의 장치 물리 환경 데이터와 플라스마 처리 장치에서 시료를 처리 중에 플라스마 처리 장치로부터 출력되는 장치 데이터를 집록하는 데이터 집록부와, 데이터 집록부에 집록된 복수의 장치 물리 환경 데이터와 장치 데이터를 이용해서 장치 데이터로부터 플라스마 처리 장치에 의한 플라스마 처리 결과에는 영향을 주지 않지만 플라스마 처리 장치로부터 취득되는 장치 데이터에 대해서 크게 영향을 주는 장치 물리 환경 변화의 연속적인 경시 변화 성분을 추출해서 제거하는 데이터 보정부와, 장치 물리 환경의 연속적인 경시 변화 성분이 제거된 장치 데이터를 이용해서 플라스마 처리 장치의 플라스마 처리 결과에 영향을 주는 장치 이상을 예측하는 장치 상태 예측부와, 장치 상태 예측부에서 플라스마 처리 장치가 장치 이상으로 되는 것을 예측한 경우에 플라스마 처리 장치의 이상을 경고하는 정보를 출력하는 판정·제어 장치를 구비해서 구성한 것이다.

[0021] 또한, 본 발명은, 상기한 플라스마 처리 상태 예측 장치에 있어서, 데이터 보정부를, 복수의 장치 물리 환경 데이터를 이용해서 주성분 분석함에 의해 복수의 장치 물리 환경 데이터의 주성분 공간을 구축하는 물리 환경 변화 성분 추출부와, 장치 데이터 집록부에 집록된 장치 데이터를 주성분 공간에 투영해서 주성분 공간에 투영된 장치 데이터로부터 제1 주성분 또는 상위 복수의 주성분을 제거하고 다시 원래의 데이터 공간으로 되돌림에 의해 장치 데이터로부터 물리 환경의 경시 변화 성분을 제거하는 물리 환경 성분 제거부를 구비해서 구성한 것이다.

[0022] 또한, 본 발명은, 상기한 데이터 보정부를 구비한 플라스마 처리 상태 예측 장치에 있어서, 처리실은 대향하는 위치에 한 쌍의 광투과창을 구비하고, 이 한 쌍의 광투과창의 한쪽의 측의 광투과창으로부터 처리실의 내부에 외부광을 발사하는 외부광 조사부와, 외부광 조사부로부터 발사되어 한쪽의 측의 광투과창을 투과해서 처리실의 내부에 입사한 외부광 중 한 쌍의 광투과창 중의 다른 쪽의 측의 광투과창을 투과한 외부광을 분광 예측하는 분광 예측부를 갖고, 처리실의 내부에 플라스마가 생성되어 있지 않은 상태에서 외부광 조사부로부터 조사되어 분광 예측부에서 분광 예측하는 것을 처리실의 내부의 조건을 바꿔서 반복해서 취득된 복수의 외부광의 분광 예측

데이터를 물리 환경 계측 데이터 집록부에 집록하는 장치 물리 환경 데이터로 하고, 처리실의 내부에 플라스마가 생성되어 시료를 처리하고 있을 때에 분광 검출부에서 분광 계측해서 취득한 플라스마 발광 분광 계측 데이터를 장치 데이터 집록부에 집록하는 상기 장치 데이터로 하도록 한 것이다.

[0023] 또한, 본 발명은, 상기한 데이터 보정부를 구비한 플라스마 처리 상태 예측 장치에 있어서, 처리실은, 처리실의 내벽을 덮도록 설치된 석영제 커버와, 대향하는 위치에 설치된 한 쌍의 투과창과, 한 쌍의 투과창 중의 한쪽의 투과창을 투과한 광을 분광 계측하는 분광 계측부와, 한 쌍의 투과창 중의 다른 쪽의 투과창으로부터 처리실의 내부에 외부광을 발사하는 외부광 조사부를 갖고, 처리실의 내부에 플라스마가 생성되어 있지 않은 상태에서 석영제 커버 또는 한 쌍의 투과창의 석영 블러양, 표면의 요철, 두께 중 어느 하나를 바꿔서 분광 계측부에서 취득된 복수의 외부광의 분광 계측 데이터를 물리 환경 계측 데이터 집록부에 집록하는 장치 물리 환경 데이터로 하고, 처리실의 내부에 플라스마가 생성되어 있는 상태에서 분광 계측부에서 취득된 플라스마 발광 분광 계측 데이터를 장치 데이터 집록부에 집록하는 장치 데이터로 하도록 한 것이다.

[0024] 또한, 본 발명은, 상기한 데이터 보정부를 구비한 플라스마 처리 상태 예측 장치에 있어서, 처리실은, 이 처리실의 내벽을 덮도록 설치된 석영제 커버와, 대향하는 위치에 설치된 한 쌍의 투과창과, 한 쌍의 투과창 중의 한쪽의 투과창을 투과한 광을 분광 계측하는 분광 계측부와, 한 쌍의 투과창 중의 다른 쪽의 투과창으로부터 처리실의 내부에 외부광을 발사하는 외부광 조사부를 갖고, 처리실의 내부에 초기의 석영제 커버를 장착한 상태에서 시료를 플라스마 처리해서 플라스마 처리 중의 플라스마 발광을 분광 계측부에서 분광 계측해서 얻은 분광 계측 데이터에 의한 플라스마 발광 분광 계측 데이터와, 초기의 석영 커버 대신에 초기의 석영 커버에 대해서 서로 다른 두께로 얇게 한 복수의 석영제 커버를 이용해서 각각의 두께의 석영제 커버마다의 시료에의 플라스마 처리 중의 플라스마 발광을 분광 계측부에서 분광 계측해서 취득한 분광 계측 데이터에 의한 플라스마 발광 분광 계측 데이터를 물리 환경 계측 데이터 집록부에 집록하는 장치 물리 환경 데이터로 하고, 처리실의 내부에 소정의 석영제 커버를 장착한 상태에서 처리실의 내부에 플라스마를 발생시켜서 시료를 플라스마 처리하는 것을 시료를 순차 교체해서 행할 때에 플라스마 처리마다 분광 계측부에서 분광 계측해서 취득한 플라스마 발광 분광 계측 데이터를 장치 데이터 집록부에 집록하는 장치 데이터로 하도록 한 것이다.

[0025] 또한, 본 발명은, 상기한 데이터 보정부를 구비한 플라스마 처리 상태 예측 장치에 있어서, 플라스마 처리 장치는, 처리실의 내부에 배치된 기관 전극과, 처리실의 외부로부터 기관 전극에 고주파 전력을 인가하는 고주파 전원과, 고주파 전원과 기관 전극 사이에서 고주파 전원으로부터 기관 전극에 인가되는 고주파 전력의 고주파 전류값 또는 전압값을 측정하는 전압/전류 프로브와, 전압/전류 프로브에서 고주파 전류값 또는 전압값을 측정할 측정값으로부터 플라스마 임피던스를 산출하는 임피던스 연산부를 갖고, 처리실의 내부에 초기의 석영제 커버를 장착한 상태에서 처리실의 내부에 플라스마를 발생시켜서 기관 전극에 재치한 시료를 플라스마 처리 중에 고주파 전원으로부터 기관 전극에 인가되는 고주파 전력의 고주파 전류값 또는 전압값을 전압/전류 프로브에서 측정해서 얻은 측정값으로부터 임피던스 연산부에서 산출한 플라스마 임피던스와, 초기의 석영 커버 대신에 초기의 석영 커버에 대해서 서로 다른 두께로 얇게 한 복수의 석영제 커버를 이용해서 각각의 두께의 석영제 커버마다의 시료에의 플라스마 처리 중에 고주파 전원으로부터 기관 전극에 인가되는 고주파 전력의 고주파 전류값 또는 전압값을 전압/전류 프로브에서 측정해서 얻은 측정값으로부터 임피던스 연산부에서 산출한 플라스마 임피던스를 물리 환경 계측 데이터 집록부에 집록하는 장치 물리 환경 데이터로 하고, 처리실의 내부에 소정의 석영제 커버를 장착한 상태에서 처리실의 내부에 플라스마를 발생시켜서 시료를 플라스마 처리 중에 고주파 전원으로부터 기관 전극에 인가되는 고주파 전력의 고주파 전류값 또는 전압값을 전압/전류 프로브에서 측정해서 얻은 측정값으로부터 임피던스 연산부에서 산출한 플라스마 임피던스를 장치 데이터 집록부에 집록하는 장치 데이터로 하도록 한 것이다. 이하에 본 발명의 실시예를 도면에 따라서 설명한다.

[0026] (실시예)

[0027] 본 발명의 실시예에 따른 플라스마 처리 상태 예측 장치에 대하여, 도 1 내지 도 6을 이용해서 설명한다.

[0028] 우선, 본 발명에 따른 플라스마 처리 장치의 일부의 구성인 상태 예측 장치(600)를 제외한 구성인 플라스마 에칭 장치의 일례에 대하여 도 1을 이용해서 설명한다. 도 1은, 본 실시예에 따른 플라스마 에칭 장치(100)의 일례인 마이크로파 ECR(Electron Cyclotron Resonance) 플라스마 에칭 장치의 구성을 설명하기 위한 종단면도이고, 처리실(101)의 내부에 설치된 기관 전극(109), 처리실(101)을 형성하는 진공 용기의 외부에 설치된 전계의 공급 장치(마그네트론(106)), 자계의 공급 장치(솔레노이드 코일(105)), 및 고주파 전원(112) 및 제어 장치(200)를 모식적으로 나타내고 있다. 이들 이외의 기기, 장치는, 본 실시예에 따른 기술분야의 통상의 지식을 갖는 자에 의해, 본 실시예에 따른 발명의 작용, 효과가 현저하게 손상되지 않도록, 요구되는 성능 혹은

사양에 따라서 배치 또는 삭제 가능하다.

- [0029] 도 1에 나타내는 플라즈마 에칭 장치(100)에서는, 상부가 개방된 원통 형상을 갖는 처리실(101)의 위쪽에, 반응성 가스를 도입하기 위한 복수의 개구부(1021)를 갖는 도체로 형성된 원판 형상의 샤워 플레이트(102)와 유전체창(103)(석영제 등)이 설치되어 있고, 처리실(101)의 내부는, 그 유전체창(103)에 의해서 기밀하게 봉지(封止)되어 있다. 반응성 가스는, 가스 공급 장치(104)에 의해서 유량이 제어되고, 샤워 플레이트(102)를 통해서 처리실(101)에 공급된다. 처리실(101)의 바깥 둘레 및 위쪽에는, 처리실(101) 내부에 자장을 형성하는 솔레노이드 코일(105)이 배치되어 있고, 솔레노이드 코일(105)의 전류에 의해서 처리실(101) 내에 형성되는 자장을 제어할 수 있다.
- [0030] 또한, 처리실(101) 상부의 개방부에는, 전자파를 발생시키는 마그네트론(106)과 전자파를 전송하는 도파관(107)(또는 안테나)이 설치되고, 유전체창(103)의 위쪽에 있는 원통 형상의 공간(1013)에 개구부(1014)를 통해서 연결되어 있다. 본 실시예에서 사용되는 전자파는, 마그네트론(106)에 의한 2.45GHz의 마이크로파이지만, 이것은 효과·작용에 의해서, 특별히 한정되지 않는다.
- [0031] 유전체창(103)의 상부에 형성된 원통 형상의 공간(1013)과, 도체로 형성된 원판 형상의 샤워 플레이트(102)와 유전체창(103)으로 구획된 처리실(101) 내부의 공간(1012)에 의해 공동(空洞) 공진기가 형성된다. 공간(1013)과 유전체창(103) 및 공간(1012)으로 구성되는 공동 공진기의 내부는, 개구부(1014)로부터 도입된 마이크로파가 공진하기 위한 조건을 충족시키는 공간이 형성되어 있다.
- [0032] 처리실(101)의 하부에는, 진공 배기관(108)을 통해서 진공 배기 펌프(도시 생략)가 접속되고, 유전체창(103)으로 구획된 처리실(101) 내부의 진공 배기가 가능하다. 또한, 처리실(101) 상부의 샤워 플레이트(102)에 대향하도록 처리실(101) 하부에 설치된 기관 전극(시료대)(109)은, 상면이 유전체막(도시 생략)으로 피복되어 있다.
- [0033] 시료(웨이퍼)(110)는, 로봇 암(arm) 등(도시 생략)의 반송 장치에 의해서 처리실(101) 내부에 반송된다. 그리고, 기관 전극(109) 상에 재치되고, 직류 전원(111)으로부터 기관 전극(109)의 상면을 피복하는 도시하고 있지 않은 유전체막의 내부에 형성된 전극(도시 생략)에 인가되는 직류 전압에 의해서, 기관 전극(109)의 상면을 피복하는 유전체막에 정전적으로 흡착된다. 고주파 전원(112)은, 고주파 정합(整合)기(113)를 통해서, 고주파 전력을 기관 전극(109)에 인가할 수 있다. 처리실(101)의 중단(中段)에는, 그라운드에 접속된 어스(114)가 설치되어 있고, 고주파 전원(112)에 의해 기관 전극(109) 상에 인가된 고주파 전류는, 플라즈마를 통해서 어스(114)로 흘러간다.
- [0034] 처리실(101)은 석영창(201-A)으로 메워진 관통 구멍을 갖고, 외측에는 외부광원(202)이 설치되어 있다. 처리실(101)의 석영창(201-A)이 설치된 관통 구멍의 대각(對角)에 있어서도 마찬가지로 관통 구멍을 갖고, 석영창(201-B)이 메워져 있다. 외부광원(202)으로부터 방사된 외부광은, 석영창(201-A)을 투과해서 처리실(101)의 내부에 입사하고, 그 일부는 대향하는 측에 설치된 석영창(201-B)을 투과해서 분광 계측기(203)에서 계측된다. 분광 계측기(203)는, 외부광원(202)으로부터 방사된 외부광 외에, 처리실(101)의 내부에서 발생한 플라즈마에 의한 플라즈마 발광을 분광 계측할 수 있다.
- [0035] 고주파 전원(112)과 기관 전극(109) 사이에는, 고주파 전류값 또는 전압값을 측정할 수 있는 전압/전류 프로브(V/I 프로브)(301)가 접속되어 있고, 제어 장치(200)의 내부의, 측정값으로부터 플라즈마 임피던스를 산출하는 임피던스 연산부(302)에 접속되어 있다.
- [0036] 가스 공급 장치(104), 솔레노이드 코일(105), 마그네트론(106), 고주파 전원(112), 외부광원(202), 분광 계측기(203)는, 제어 장치(200)와 접속되어 있다.
- [0037] 상기 플라즈마 에칭 장치(100)에 있어서의 에칭 처리는, 이하의 흐름으로 개시된다.
- [0038] 우선, 제어 장치(200)에 의해 제어되어 도시하고 있지 않은 진공 배기 펌프가 작동해서 처리실(101)의 내부가 진공 배기된다. 처리실(101)의 내부가 소정의 진공도(압력)에 달한 단계에서, 제어 장치(200)에 의해 가스 공급 장치(104)를 작동시켜, 처리실(101) 내에 가스 공급 장치(104)로부터 프로세스 가스가 도입되어, 처리실(101)의 내부가 원하는 압력이 제어된다.
- [0039] 이 상태에서 제어 장치(200)에서 마그네트론(106)을 제어해서, 처리실(101) 내부에서 샤워 플레이트(102)와 기관 전극(109)에 재치된 웨이퍼(110) 사이의 공간에, 마그네트론(106)으로부터 공급되는 전자파(마이크로파)에 대해서 ECR 조건을 충족시키는 강도의 자장을 발생시킨다.
- [0040] 다음으로, 제어 장치(200)에서 마그네트론(106)을 제어해서 마그네트론(106)으로부터 전자파(마이크로파)를 받

생시킨다. 마그네트론(106)으로부터 발진된 마이크로파는, 도파관(107) 내부를 전파해서 개구부(1014)로부터, 유전체창(103)의 상부에 형성된 원통 형상의 공간(1013)과, 도체로 형성된 원판 형상의 샤워 플레이트(102)와 유전체창(103)으로 구획된 처리실(101) 내부의 공간(1012)으로 형성되는 공동 공진기의 내부에 도입된다. 공간(1013)과 유전체창(103) 및 공간(1012)으로 구성되는 공동 공진기의 내부는, 개구부(1014)로부터 도입된 마이크로파가 공진하기 위한 조건을 충족시키는 공간이 형성되어 있다.

- [0041] 공동 공진기의 내부에서 공진해서 증폭된 마이크로파는, 샤워 플레이트(102)에 형성된 복수의 개구부(1021)로부터 처리실(101)의 내부에 전파되어, 처리실(101)의 내부에 형성된 자장 중에서, 가스 공급 장치(104)로부터 처리실(101)의 내부에 공급된 처리용의 프로세스 가스를 여기(勵起)해서, 전자 사이클로트론 공명(ECR)에 의해 비교적 밀도가 높은 플라스마를 발생시킨다.
- [0042] 한편, 기관 전극(109)에는, 제어 장치(200)에서 제어된 고주파 전원(112)으로부터 고주파 전력이 인가되고, 처리실(101)의 내부에 발생한 처리용의 프로세스 가스에 의한 플라스마로부터 기관 전극(109) 상에 채지된 웨이퍼(110) 상면에 이온이 들어가, 웨이퍼(110)의 표면에 에칭 처리가 실시된다.
- [0043] 또, 본 발명은 상기한 실시예로 한정되는 것은 아니며, 다양한 변형예가 포함된다. 예를 들면, 상기한 본 실시예에서는, 특히 ECR 플라스마 장치에 대한 실시예를 기술했지만, 본 발명은 다른 플라스마 생성 장치 또는 방법, 예를 들면 유도 결합형 플라스마(ICP), 용량 결합형 플라스마(CCP)를 이용해도 마찬가지로의 효과가 있다. 또한, 상기한 실시예는 본 발명을 알기 쉽게 설명하기 위하여 상세히 설명한 것이며, 반드시 설명한 모든 구성을 구비하는 것으로 한정되는 것은 아니다. 또한, 본 실시예의 구성의 일부에 대하여, 추가·삭제·치환을 하는 것이 가능하다.
- [0044] 도 2는, 본 발명의 실시예에 따른 플라스마 처리 장치(500)의 구성을 도시한 것이다. 본 실시예에 따른 플라스마 처리 장치(500)는, 도 1에서 그 구성을 설명한 웨이퍼(110)를 처리하는 플라스마 에칭 장치(100)와, 플라스마 에칭 장치(100)가 가동 중에 얻어지는 정보로부터 플라스마 에칭 장치(100)의 상태를 예측하는 상태 예측 장치(600)로 구성된다.
- [0045] 상태 예측 장치(600)는, 데이터 집록부(610)와, 데이터 보정부(620), 장치 상태 예측 계산부(630), 판정·제어부(640)를 구비하고 있다.
- [0046] 데이터 집록부(610)는, 플라스마 에칭 장치(100)의 장치 물리 환경 데이터를 집록하는 물리 환경 계측 데이터 집록부(611)와, 장치 데이터를 집록하는 장치 데이터 집록부(612)를 구비하고 있다.
- [0047] 데이터 보정부(620)는, 데이터 집록부(610)의 물리 환경 계측 데이터 집록부(611)에서 집록된 장치 물리 환경 데이터와 장치 데이터 집록부(612)에서 집록된 장치 데이터를 전(前)처리하는 전처리부(621)와, 전처리부(621)에서 전처리된 플라스마 에칭 장치(100)의 장치 물리 환경 데이터 그룹으로부터 물리 환경 변화 성분을 추출하는 물리 환경 변화 성분 추출부(622)와, 물리 환경 변화 성분 추출부(622)에서 추출한 물리 환경 변화 성분의 정보를 이용해서 전처리부(621)에서 전처리된 플라스마 에칭 장치(100)의 장치 데이터의 물리 환경 변화 성분을 제거하는 물리 환경 변화 성분 제거부(623)를 구비하고 있다.
- [0048] 연산부인 장치 상태 예측 계산부(630)는, 데이터 보정부(620)의 물리 환경 변화 성분 제거부(623)에서 플라스마 에칭 장치(100)의 장치 데이터의 물리 환경 변화 성분을 제거한 보정 후의 데이터 그룹을 사용해서 플라스마 에칭 장치(100)의 상태 예측을 행하기 위한 모델의 작성 및 문턱값을 산출하는 모델 작성 및 문턱값 산출부(631)와, 데이터 보정부(620)의 물리 환경 변화 성분 제거부(623)에서 플라스마 에칭 장치(100)의 장치 데이터의 물리 환경 변화 성분을 제거한 보정 후의 데이터 그룹과 모델 작성 및 문턱값 산출부(631)에서 산출한 문턱값을 이용해서 플라스마 에칭 장치(100)의 건전성 지표를 산출하는 건전성 지표 산출부(632)를 구비하고 있다.
- [0049] 판정·제어부(640)는, 장치 상태 예측 계산부(630)의 모델 작성 및 문턱값 산출부(631)에서 산출한 문턱값과 건전성 지표 산출부(632)에서 산출한 플라스마 에칭 장치(100)의 건전성 지표를 이용해서, 플라스마 에칭 장치(100)의 상태를 판정하고, 또한 결과에 따라서 미리 결정된 장치 제어를 행하기 위한 신호를 출력하는 출력부(641)를 구비하고 있다.
- [0050] 도 3에 나타내는 플로차트는, 본 실시예의 원리를 설명하는 도면으로서, 플라스마 처리 장치(500)의 상태 예측 장치(600)에 있어서의 데이터 보정부(620)에서 실행하는 물리 환경 변화 성분 제거 시퀀스를 나타내고 있다. 도 3에 나타낸 본 실시예의 원리를 설명하는 시퀀스는, 주성분 분석을 이용한 경우에 있어서의, 장치 물리 환경 데이터 그룹으로부터 물리 환경 변화 성분을 추출하고, 장치 데이터의 물리 환경 변화 성분을 제거하는 계산 시

퀀스를 나타내고 있다.

- [0051] 우선, 제1 공정으로서, 물리 환경 계측 데이터 집록부(611)에 집록된 장치 물리 환경 데이터를 전처리부(621)에서 전처리한 데이터를 이용해서, 물리 환경 변화 성분 추출부(622)에 있어서 장치 물리 환경 데이터의 주성분 분석을 행하여, 주성분 공간을 구축한다(S3001).
- [0052] 다음으로, 제2 공정으로서, 물리 환경 변화 성분 추출부(622)에 있어서, S3001에 있어서의 장치 물리 환경 데이터의 주성분 분석으로 구축된 주성분 공간에, 전처리부(621)에서 전처리한 장치 데이터를 투영한다(S3002).
- [0053] 제3 공정으로서, 물리 환경 변화 성분 제거부(623)에 있어서, 장치 데이터 집록부(612)에 집록된 장치 데이터를 전처리부(621)에서 전처리한 데이터를 이용해서, S3002에 있어서 주성분 공간에 투영된 장치 데이터로부터 주성분 공간에 있어서의 제1 주성분(또는 상위 복수 주성분)에 대해서 계수 0을 곱한다(S3003).
- [0054] 제4 공정으로서, 물리 환경 변화 성분 제거부(623)에 있어서 장치 데이터를 원래의 데이터 공간으로 재변환한다(S3004).
- [0055] 데이터 집록부(610)의 장치 데이터 집록부(612)에서 집록되는 플라즈마 에칭 장치(100)의 장치 데이터는, 플라즈마 에칭 장치(100)가 가동 중에 얻어지는 임의 점에서의 전기 신호 데이터나, 플라즈마 처리 중에 분광 계측기(203)에서 계속해서 얻어지는 플라즈마 발광 분광 계측 데이터이다.
- [0056] 본 실시예에서는, 장치 데이터를 플라즈마 발광 분광 계측 데이터로 한 경우를 일례로 설명을 행한다. 장치 데이터 집록부(612)에서 집록하는 장치 데이터와 물리 환경 계측 데이터 집록부(611)에서 집록하는 장치 물리 환경 데이터의 데이터종은 같을 필요가 있기 때문에, 장치 데이터 집록부(612)에서 집록하는 장치 데이터를 분광 계측기(203)에서 검출된 발광 분광 계측 데이터로 했을 경우, 물리 환경 계측 데이터 집록부(611)에서 집록하는 장치 물리 환경 데이터도 마찬가지로 분광 계측기(203)에서 검출된 발광 분광 계측 데이터로 된다.
- [0057] 분광 계측기(203)에서 검출되는 발광 분광 계측 데이터는, 처리실(101) 내의 소모 파츠의 상태 변화에 기인해서 계측값이 경시적으로 변화한다. 예를 들면, 처리실(101)의 외측에 설치된 분광 계측기(203)에 광을 도입하기 위한 석영창(201-B)이나, 처리실(101)의 내벽을 덮도록 설치된 석영제 커버(115)에 있어서, 석영 블러양이나 요철, 막두께가 경시적으로 변화함에 의해서, 분광 계측기(203)에서 검출되는 발광 분광 계측 데이터는 변화한다.
- [0058] 이들 석영 변화 성분은 플라즈마 에칭 결과에는 거의 영향을 미치지 않기 때문에, 고정밀도의 장치 상태 예측을 행할 경우, 데이터 집록부(610)에 집록하는 계측 데이터로부터 제외(캔슬)할 필요가 있다.
- [0059] 그래서, 본 실시예에 따른 플라즈마 처리 장치(500)에 있어서는, 도 3에서 설명한 본 실시예의 원리에서 설명한 처리 플로에 더하여, 도 4에 나타내는 바와 같은 방법, 또는 도 5에 나타내는 변형예의 방법에 의해서 장치 데이터에 포함되는 석영 표면 상태의 경시 변화 성분을 제거하도록 했다.
- [0060] 도 4의 플로차트에 나타내는 본 실시예에 따른 외부광을 이용한 석영 표면 변화의 계측과 석영 표면 변화 성분의 제거 시퀀스에서는, 우선, 플라즈마 에칭 장치(100)가 플라즈마 처리를 행하고 있지 않은 시간, 즉 처리실(101)의 내부에 플라즈마가 발생되어 있지 않은 상태에서, 처리실(101)의 외부에 설치된 외부광원(202)으로부터 방사되어 석영창(201-A)을 투과한 외부광을 처리실(101)의 내부에 도입하여, 석영창(201-B)을 투과한 광을 분광 계측기(203)에서 수광해서 분광 계측하고, 그 분광 계측 데이터를 장치의 장치 물리 환경 데이터로서 장치의 물리 환경 계측 데이터 집록부(611)에 집록한다(S4001). 외부광원(202)으로서 이용하는 광원은, 처리실(101)에서 발생하는 플라즈마 발광과 마찬가지로(혹은 유사한) 광성분(파장 성분)을 갖는 것이 바람직하고, 플라즈마 발광의 파장으로서 100nm 내지 1000nm의 광을 포함하는 것이 바람직하다.
- [0061] 그 후, 외부광원(202)을 차단한 상태에서, 처리실(101)의 내부에서 플라즈마를 발생시켜서 웨이퍼(110)를 플라즈마 처리하고, 처리 중의 플라즈마 발광 중 석영창(201-B)을 투과한 광을 분광 계측기(203)에서 수광해서 분광 계측하고, 그 분광 계측 데이터를 장치 데이터로서 장치 데이터 집록부(612)에 집록한다(S4002).
- [0062] 이들을 반복해서 복수 회 실시하여, 복수의 장치 물리 환경 데이터와 장치 데이터를 계측한다. 이들 데이터는, 복수의 반복 처리에 의해 발생한 반응 생성물의 축적이나 온도의 변화, 혹은 석영창(201-B)이나 석영제 커버(115)의 막두께나 표면 상태의 변화에 기인한 경시 변화 성분을 포함하고 있다.
- [0063] 계측된 장치 물리 환경 데이터와 장치 데이터는, 각각 데이터 집록부(610)의 물리 환경 계측 데이터 집록부(611) 또는 장치 데이터 집록부(612)에 집록되어 보존된다. 데이터 집록부(610)에는, 사전에 (S4001)과 (S4002)에 나타나는 방법으로 취득된 장치 물리 환경 데이터와 장치 데이터가 보존되어 있어도 된다. 그 경우

는, 막두께 변화나 요철의 발생, 블러 등의 표면 상태 변화가 발생되어 있지 않은 석영창(201-A, 201-B) 및 석영체 커버(115)가 설치된 처리실(101)에서, 또한 장치 상태가 건전한 것이 기지(既知)인 장치로부터 처리를 개시해서 얻어진 장치 물리 환경 데이터와 장치 데이터가 저장되어 있는 것이 바람직하다.

[0064] 또한, 이와 같은 사전 데이터 세트를 저장하고 있는 경우에는, 사전 데이터 세트가 취득된 장치 상태와 같은(혹은 유사한) 장치 상태에서부터 (S4001) 및 (S4002)에서 나타난 데이터 집록을 개시하는 것이 바람직하다.

[0065] 다음으로, 데이터 집록부(610)에 보존된 장치 물리 환경 데이터와 장치 데이터에 대해서, 데이터 보정부(620)의 전처리부(621)에 있어서 전처리를 행한다(S4003). 전처리부(621)에 있어서 행하는 전처리란, 이상값의 제거나 특징량의 추출, 표준화 처리이다.

[0066] 추출하는 특징량으로서는, Standard Deviation이나 Mean, Variance, Kurtosis, Crest Factor, Skewness 등의 통계값이나 푸리에 변환 등에 의해서 얻어지는 주파수 성분 등이 이용된다.

[0067] 표준화 처리는, 각 데이터점을 동종의 데이터 그룹의 평균값으로 빼고, 데이터 그룹의 표준 편차에 의해서 나누는 처리이고, 표준화함에 의해서, 데이터 그룹의 평균값을 0, 표준 편차를 1로 되도록 각 데이터점을 변환할 수 있다. 또한, 장치 물리 환경 데이터와 장치 데이터에는 동종·동수의 특징량의 추출과 같은 방법의 표준화 처리를 행해야 한다.

[0068] 그 후, 물리 환경 변화 성분 추출부(622)에 있어서, S4003에서 전처리된 장치 물리 환경 데이터인 외부광 분광 계측 데이터 그룹을 주성분 분석하여, 주성분 공간을 구축한다(S4004 : 도 3의 S3001에 대응).

[0069] 일반적으로 주성분 분석은, 데이터에 대해서 분산이 큰 방향의 정보를 유지한 채로, 데이터의 차원을 줄일 수 있는 자율 학습 알고리즘이다. 분산이 큰 방향을 주성분(Principal Component : PCs)이라 하고, 이 주성분에 의거해서 데이터를 재구축함으로써, 정보의 결손을 피하면서, 고차원 공간에 존재하는 데이터를 저차원 공간에서 표현할 수 있다.

[0070] [식 1]

$$X = t_1 p_1^T + t_2 p_2^T + t_k p_k^T + E = \sum_{i=1}^k t_i p_i^T + E = \hat{X} + E \quad \dots (식 1)$$

즉, PCA는, 식(식 1)에 나타내는 바와 같이, 행렬 데이터 X를 PC scores t_i 와 PC loadings P_i 의 합에 잔차 행렬 E를 더한 것으로서 분해한다. \hat{X} 는 보다 큰 분산을 갖는 방향을 보존하고 있는 행렬이다.

[0071]

[0072] [식 2]

$$cov(X) = \begin{pmatrix} cov(x_1, x_1) & \dots & cov(x_1, x_k) \\ \vdots & \ddots & \vdots \\ cov(x_k, x_1) & \dots & cov(x_k, x_k) \end{pmatrix} \quad \dots (식 2)$$

수학적으로, PCA는, 식(식 2)에서 나타내는 분산·공분산 행렬(X)의 고유 벡터 분해를 실행한다.

$X \in \mathbb{R}^{m \times n}$ 에 있어서의 m은 행 벡터로서 저장되어 있는 샘플수, n은, 열 벡터로서 저장되어 있는 프로세스 변수($n \ll m$)이다. 또한, cov(X)는 k행 k열의 분산·공분산 행렬이다. 각 변수가 평균값 0, 표준 편차 1로서 표준화되어 있을 경우, cov(X)는 상관 행렬을 의미한다.

[0073]

[0074] 대수학에서는, 정방 행렬의 고유 벡터는, 식(식 3)에 나타내는 바와 같이 선형 변환에 있어서, 방향이 유지되는 벡터를 의미한다.

[0075] [식 3]

$$cov(X)p_i = \lambda_i p_i \quad \dots (식 3)$$

λ_i 는, 고유값으로서 알려지는 고유 벡터 p_i 에 의거한 스칼라값이다.

[0076]

[0077] [식 4]

$$Xp_i = t_1 \quad \cdot \cdot \cdot \text{(식 4)}$$

행렬 데이터 X에는 t_i 와 p_i 에 의해서 식(식 4)과 같이 표현된다.

[0078]

[0079]

주성분 분석 결과에서 얻어지는 제1 주성분(혹은 상위 복수 주성분)은, 장치의 물리 환경 계측 데이터 집록부(611)에 집록된 외부광 계측 데이터의 경시 변화 성분이고, 외부광의 계측 데이터의 경시 변화는 주로 석영의 표면 상태의 변화에 의해서 발생하기 때문에, 제1 주성분(혹은 상위 복수 주성분)은, 석영 표면 상태 변화에 수반하는 경시 변화 성분으로 된다.

[0080]

다음으로, 물리 환경 변화 성분 추출부(622)에 있어서, 장치 데이터 집록부(612)에 집록되어 전처리부(621)에서 전처리가 실시된 장치 데이터인 플라즈마 분광 계측 데이터를, 상기 주성분 공간에 투영한다(S4005 : 도 3의 S3002에 대응). 또한, 물리 환경 변화 성분 제거부(623)에 있어서, 플라즈마 분광 계측 데이터로부터 제1 주성분(또는 상위 복수 주성분)에 대해서 계수 0을 곱하여, 제1 주성분(또는 상위 복수 주성분)을 제거한다(S4006 : 도 3의 S3003에 대응). 다음으로, 물리 환경 변화 성분 제거부(623)에 있어서, 플라즈마 분광 계측 데이터를 원래의 데이터 공간으로 재변환하고(S4007 : 도 3의 S3004에 대응), 재변환된 플라즈마 분광 계측 데이터를 장치 상태 예측 계산의 입력 데이터로 해서, 장치 상태 예측 계산부(630)에 있어서 연산을 행한다(S4008 : 도 3의 S3005에 대응).

[0081]

이상의 시퀀스에 의해서, 장치 데이터인 플라즈마 분광 계측 데이터는, 석영의 변화 성분이 캔슬되어, 감시 대상인 반응 생성물의 축적 등에 의해서 발생하는 경시 변화 성분만을 포함한 데이터로 보정된다. 이들 일련의 시퀀스는, 이후, 시료의 플라즈마 처리를 행할 때마다 실시한다. 이것에 의해, 시료 처리마다 얻어진 장치 데이터로부터 석영 상태의 경시 변화에 수반하는 변화 성분을 제거해서 장치 상태를 예측하는 연산이 실행될 수 있다.

[0082]

도 4에서 설명한 석영 표면 변화의 계측과 석영 표면 변화 성분의 제거 시퀀스의 변형예로서, S4001의 외부 분광 계측 데이터 취득 스텝을 바꾼 예를, 본 발명의 실시예의 변형예로서, 도 5를 이용해서 설명한다.

[0083]

도 5에 나타내는 플로차트는, 본 발명의 실시예에 따른 외부광(혹은 희가스 방전)을 이용한 석영 표면 변화의 계측과 석영 표면 변화 성분의 제거 시퀀스의 제2 변형예를 나타낸 것이다.

[0084]

우선, 석영의 소모 정도가 서로 다른 석영창(201-A, 201-B)(혹은 석영제 커버(115))을 복수 준비하고, 그 중의 하나를 플라즈마 에칭 장치(100)에 부착한다(S5001). 이 플라즈마 에칭 장치(100)에 있어서, 플라즈마 처리가 실시되어 있지 않을 때에(처리실(101)의 내부에서 플라즈마가 발생되어 있지 않은 상태), 외부광원(202)으로부터 방사되어 석영창(201-A)을 투과하여 처리실(101)의 내부를 통과한 외부광 중, 석영창(201-B)을 투과한 외부광을 분광 계측기(203)에서 분광 계측한다. 얻어진 분광 계측 데이터를, 참조 데이터로서 데이터 집록부(610)의 장치의 물리 환경 계측 데이터 집록부(611)에 저장한다(S5002 : 도 4의 S4001에 대응).

[0085]

이 S5001과 S5002를, 복수 준비한 석영의 소모 정도가 서로 다른 석영창(201-A, 201-B)(혹은 석영제 커버(115))을 플라즈마 에칭 장치(100)에 바꿔 달면서 반복해서 실행하여, 얻어진 분광 계측 데이터를 참조 데이터로서, 장치의 물리 환경 계측 데이터 집록부(611)에 축적한다.

[0086]

다음으로, S5001과 S5002를 반복해서 실행함에 의해 물리 환경 계측 데이터 집록부(611)에 저장된 참조 데이터의 데이터 그룹에 대해서, 데이터 보정부(620)의 전처리부(621)에 있어서 전처리를 행한다(S5003 : 도 4의 S4003에 대응). S5003에서 실행하는 전처리 방법은, S4003에서 설명한 전처리와 마찬가지로이다.

[0087]

그리고, S5003에서 전처리를 실시한 참조 데이터에 대해서, 물리 환경 변화 성분 추출부(622)에 있어서 주성분 분석을 행하여, 주성분 공간을 구축한다(S5004 : 도 3의 S3001, 도 4의 S4004에 대응). 주성분 분석에 의해서 얻어진 주성분과 그 계수는, 주성분 데이터로서 물리 환경 변화 성분 추출부(622) 내의 주성분 데이터 저장부(도시하지 않음)에 저장한다.

[0088]

다음으로, 제어 장치(200)에서 플라즈마 에칭 장치(100)를 제어해서 처리실(101)의 내부에 플라즈마를 발생시켜서 시료의 플라즈마 처리를 행하고, 그 중에 장치 데이터로서 처리실(101)의 내부에 발생한 플라즈마의 발광을 석영창(201-B)을 통해서 분광 계측기(203)에서 계측함에 의해 플라즈마 발광 분광 계측 데이터를 취득하고, 장치 데이터 집록부(612)에 보존한다(S5101 : 도 4의 S4002에 대응).

- [0089] 장치 데이터 집록부(612)에는, 미리 사전에 (S5101)에 나타나는 방법으로 취득된 장치 데이터가 보존되어 있어도 된다. 그 경우에는, 막두께 변화나 요철의 발생, 블러 등의 표면 상태 변화가 발생되어 있지 않은 석영창(201-A, 201-B) 및 석영제 커버(115)가 설치된 처리실에서, 또한 장치 상태가 건전한 것이 기지인 장치로부터 처리를 개시해서 얻어진 장치 데이터가 저장되어 있는 것이 바람직하다. 또한, 이와 같은 사전 데이터 세트를 저장하고 있는 경우는, 사전 데이터 세트가 취득된 장치 상태와 같은(혹은 유사한) 장치 상태로부터, (S5101)에서 나타난 장치 데이터의 집록을 개시하는 것이 바람직하다.
- [0090] 그 후, 전처리부(621)에 있어서 S5003에서 설명한 전처리와 마찬가지로 전처리를 행한다(S5102 : 도 4의 S4003에 대응). 그리고, 물리 환경 변화 성분 추출부(622)에 있어서 주성분 데이터 저장부에 저장된 주성분 데이터를 이용해서, 장치 데이터인 플라즈마 분광 계측 데이터를 주성분 공간에 투영하고(S5103 : 도 3의 S3002, 도 4의 S4005에 대응), 물리 환경 변화 성분 제거부(623)에 있어서 주성분 공간에 투영한 플라즈마 분광 계측 데이터로부터 제1 주성분(또는 상위 복수 주성분)에 대해서 계수 0을 곱하여, 제1 주성분(또는 상위 복수 주성분)을 제거한다(S5104 : 도 4의 S4006에 대응).
- [0091] 마지막으로, 물리 환경 변화 성분 제거부(623)에 있어서 플라즈마 분광 계측 데이터를 원래의 데이터 공간으로 재변환하고(S5105 : 도 4의 S4007에 대응), 재변환된 플라즈마 분광 계측 데이터를 장치 상태 예측 계산부(630)의 입력 데이터로 해서, 장치 상태 예측 계산부(630)에서 장치 상태를 예측하기 위한 연산을 행한다(S5106 : 도 4의 S4008에 대응).
- [0092] 이들 일련의 시퀀스는, 이후, 플라즈마 에칭 장치(100)에서 시료의 플라즈마 처리를 행할 때마다 반복해서 실시한다. 이것에 의해, 시료 처리마다 얻어진 플라즈마 에칭 장치(100)의 장치 데이터로부터 석영창(201-B)의 석영 상태(플라즈마광의 투과율)의 경시 변화에 수반하는 변화 성분을 제거해서 플라즈마 에칭 장치(100)의 장치 상태를 예측하는 연산이 실행될 수 있다.
- [0093] 또, 본 실시예에서는, 플라즈마 발광 계측 데이터에 있어서, 플라즈마 에칭 장치(100)의 내벽을 덮도록 설치된 석영제 커버(115)나 분광 계측의 광도입을 위하여 설치된 석영창(201-A, 201-B)에 있어서의 석영 블러양 변화나 막두께의 변화, 요철(리프니스)의 변화에 의해서 발생하는 발광 강도 변화 성분의 제거를 일례로 설명을 행했지만, 플라즈마 임피던스 계측 데이터에 있어서, 접지된 장치 내벽부에 형성된 절연막층의 막두께 변화에 의해서 발생하는 플라즈마 임피던스 변화 성분을 제거할 때에도 마찬가지로의 방법을 적용할 수 있다. 그 때는, 상기한 외부광 계측과 플라즈마 분광 계측을 플라즈마 임피던스 계측으로 치환하면 된다.
- [0094] 플라즈마 임피던스 계측에 있어서는, 상기 석영창(201-A, 201-B) 및 상기 석영제 커버(115)의 두께의 경시 변화 성분 이외에, 기관 전극(109) 상이나 어스(114) 상에 형성된 절연층의 막두께의 경시 변화 성분을 제거 대상으로 할 수 있다.
- [0095] 도 6은, 본 발명의 실시예에 따른 장치 상태 예측 계산 시퀀스를 나타낸 것이고, 도 4에서 설명한 본 실시예에 있어서의 처리 플로의 S4007, 또는, 도 5에서 설명한 변형예에 있어서의 처리 플로의 S5105의 상세한 내용에 상당한다. 장치 상태 예측 계산 시퀀스는, 장치 상태 예측 계산부(630)로부터의 데이터를 받아서, 장치 상태 예측 계산부(630)에서 실행한다.
- [0096] 우선, 장치 상태 예측 계산부(630)의 물리 환경 변화 성분 제거부(623)에서 S4008 또는 S5106에서 재변환된 장치 데이터를 입력 데이터로 해서, 모델 작성 및 문턱값 산출부(631)에 있어서 기준으로 되는 모델 작성용의 데이터 세트와 상태 예측하고 싶은 장치 데이터를 분할한다(S6001). 본 실시예에 있어서, 기준으로 되는 모델 작성용의 데이터 세트란, 건전한 장치 상태로 해서 기지인 기간에 수집된 데이터 세트이고, 본 실시예에 있어서는, 장치의 초기 상태에 집록된 데이터 세트를 이용한다.
- [0097] 다음으로, 모델 작성 및 문턱값 산출부(631)에 있어서 모델의 작성과 문턱값의 산출을 행한다(S6002). 마지막으로, 건전성 지표 산출부(632)에 있어서, 장치 상태 예측 계산부(630)의 물리 환경 변화 성분 제거부(623)로부터 입력한 상태 예측하고 싶은 장치 데이터에 있어서의 모델 작성 및 문턱값 산출부(631)에 있어서 작성한 모델로부터의 해리량을 산출한다(S6003).
- [0098] 모델 작성 및 문턱값 산출부(631)에 있어서의 모델의 작성이나 문턱값의 산출 및 건전성 지표 산출부(632)에 있어서의 건전성 지표값의 산출에는, 기계 학습 알고리즘이 이용된다. 예를 들면 Kevin P. Murphy저 Machine learning에 집록되어 있는 바와 같은 일반적으로 알려진 각종 기계 학습 알고리즘을 적용할 수 있다. 본 실시예에서는, 다변량 해석의 일종인 주성분 분석을 응용한 T-squared statistics 및 Q statistics를 이용한 경우에 대하여 설명한다.

[0099] 도 4에 나타낸 시퀀스의 S4007, 또는, 도 5에 나타낸 시퀀스의 S5105에서, 물리 환경 변화 성분 제거부(623)에 있어서 장치 데이터로부터 장치 물리 환경의 경시 변화 성분을 제거한 후, 도 6을 이용해서 설명한 시퀀스에 따라, S6001에서 모델 작성용의 데이터 세트와 상태 예측하고 싶은 장치 데이터를 분할한 후, 모델 작성용의 데이터 세트에 대해서 주성분 분석을 행한다. 그 후, 학습 데이터와 평가 데이터를 주성분 공간에서 재구축하고, S6002에서 이상을 판단하기 위한 문턱값의 산출을 행하고, S6003에서 각 상태 예측하고 싶은 장치 데이터에 대해서 장치 상태를 나타내는 건전성 지표값을 계산한다.

[0100] 전술한 바와 같이, S6002에 있어서의 문턱값의 산출과, S6003에 있어서의 건전성 지표값의 산출에는, T-squared statistics와 Q statistics를 이용하고 있다. T-squared statistics에서는, 변화량은 F 분포에 의거한다. 문턱값은 신뢰 구간 99%를 제외한 기각역 1%로 하고, 기각역에 해당하는 상태 예측하고 싶은 장치 데이터는 이상으로 판정되도록 정의한다.

[0101] 문턱값의 산출에는, 식(식 5)을 이용한다.

[0102] [식 5]

$$T_{\alpha}^2 = \frac{r(m-1)}{m-r} F_{r,m-r,\alpha} \quad \dots \text{(식 5)}$$

여기에서, T_{α}^2 는, 신뢰 구간 99%를 갖는 문턱값을 나타내고, m은, X의 샘플수, r은 보존된 주성분 PCs의 수, $F_{r,m-r,\alpha}$ 는, r과 (m-r)개의 자유도를 갖는 F 분포의 기각역 α 를 나타낸다.

[0103]

[0104] S6002에 있어서의 문턱값의 산출 후, S6003에 있어서의 각 상태 예측하고 싶은 장치 데이터의 건전성 지표값을, 이하의 식(식 6)에 의해서 산출한다.

[0105] [식 6]

$$T^2 = \mathbf{t} \Sigma^{-1} \mathbf{t}^T \quad \dots \text{(식 6)}$$

t는 PC 공간에 투영된 k열을 갖는 데이터이며, Σ^{-1} 는 상관 행렬이 큰 순서대로 r번째까지의 고유값 λ_i 의 역정방 행렬이다.

Q statistics는, X^2 분포에 의거한다. Q statistics의 경우도 T-squared statistics의 경우와 마찬가지로, 문턱값은 신뢰 구간 99%를 제외한 기각역 1%로 하고, 기각역에 해당하는 상태 예측하고 싶은 장치 데이터는 이상으로 판정되도록 정의한다.

[0106]

[0107] 문턱값의 산출에는, 다음 식을 이용한다.

[0108] [식 7]

$$SPE_{\alpha} = \theta_1 \left[\frac{c_{\alpha} \sqrt{2\theta_2 h_0^2}}{\theta_1} + 1 + \frac{\theta_2 h_0 \sqrt{\theta_2 h_0 (h_0 - 1)}}{\theta_1} \right]^{\frac{1}{h_0}} \quad \dots \text{(식 7)}$$

$$\theta_1 = \sum_{s=r+1}^n \lambda_s^i, \quad i = 1, 2, 3, \quad h_0 = 1 - \frac{2\theta_1 \theta_3}{3\theta_2^2}$$

[0109]

[0110] 또한, Q statistics는, 식(식 8)과 같이 나타난다.

[0111] [식 8]

$$Q = \sum E^2 = \sum_{j=1}^n e_j^2 \quad \dots \text{(식 8)}$$

Q statistics에서는, 다음 식과 같이 각 상태 예측하고 싶은 장치 데이터의 에러항 E의 제곱합으로서 산출된다. e_j 는 j번째의 잔차를 나타낸다.

[0112]

[0113] 도 7은, 장치 물리 환경 데이터의 경시 변화 성분을 제거하여, 보정된 장치 데이터를 이용해서, S6001부터 S6003까지의 공정에 의해서 산출된 본 발명의 실시예에 따른 장치 상태 예측 계산 결과의 일례이며, 웨이퍼 처리 매수에 대한 건전성 지표값의 추이와 문턱값의 관계를 나타내고 있다. 건전성 지표값의 추이와 문턱값은, T-squared를 이용해서 산출했다. 장치의 연속 가동 시간(웨이퍼 처리 매수)이 증가하는데 수반하여, 건전성 지표값이 증가하여 있는 것을 알 수 있다. 이와 같이, 산출된 건전성 지표값과 문턱값의 관계를 감시함으로써 이상 판정 검지가 가능하게 된다.

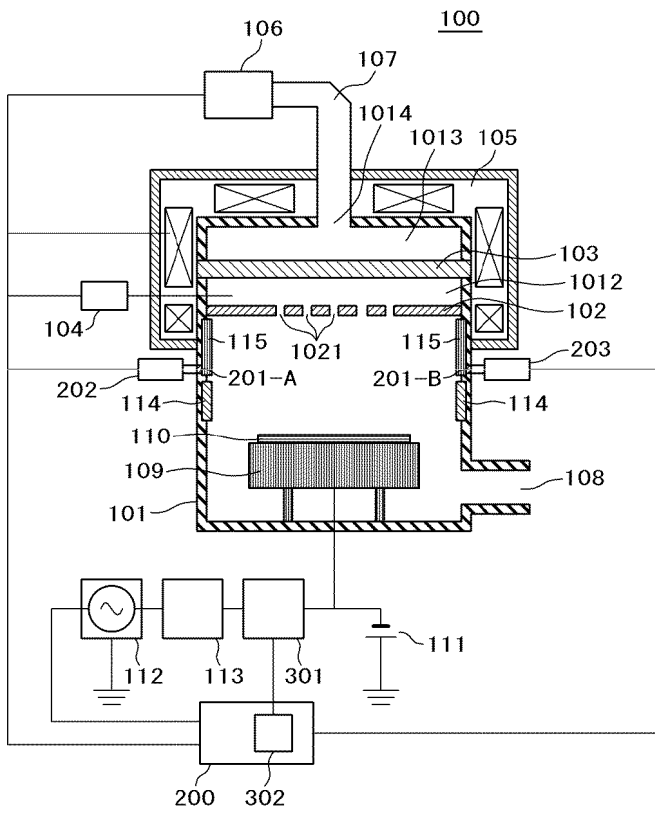
- [0114] 실제의 운용 시에는, 예를 들면, 건전성 지표 산출부(632)에서 산출한 건전성 지표값이 모델 작성 및 문턱값 산출부(631)에서 산출한 문턱값을 연속적으로 초과했을 경우, 판정·제어부(640)의 출력부(641)로부터 플라즈마 에칭 장치(100)를 정지하기 위한 장치 제어 신호를 플라즈마 에칭 장치(100)의 측에 출력하거나, 혹은 메인터넌스를 독촉하는 등의 경고 메시지 신호를 출력하거나, 또는 플라즈마 에칭 장치(100)의 측에의 장치 제어 신호의 출력과 경고 메시지 신호를 출력을 동시에 행하는 등, 미리 룰화한 제어를 행하면 된다.
- [0115] 이상 설명한 본 실시예에 따르면, 시료를 처리하는 플라즈마 처리 장치에 있어서, 플라즈마 처리 결과에는 영향을 주지 않지만 장치로부터 취득되는 데이터에 대해서 크게 영향을 주는 장치 물리 환경 변화의 연속적인 경시 변화 성분을 파악하여, 그 변화 성분만을 장치 상태 예측을 행하는 계산에 있어서의 입력 데이터로부터 제거할 수 있어, 장치 상태의 예측 정밀도를 향상시킬 수 있게 되었다.
- [0116] 또한, 본 실시예에 따르면, 플라즈마 처리 장치에 있어서, 예측 대상으로 되는 플라즈마 처리 결과에 영향을 주는 장치 이상을 고정밀도로 검지할 수 있어, 메인터넌스를 요하는 시기를 정밀도 좋게 예측할 수 있게 되었다.
- [0117] 이상, 본 발명자에 의해서 이루어진 발명을 실시예에 의거하여 구체적으로 설명했지만, 본 발명은 상기 실시예로 한정되는 것은 아니며, 그 요지를 일탈하지 않는 범위에서 각종 변경 가능한 것은 물론이다. 예를 들면, 상기한 실시예는 본 발명을 알기 쉽게 설명하기 위하여 상세히 설명한 것이며, 반드시 설명한 모든 구성을 구비하는 것으로 한정되는 것은 아니다. 또한, 각 실시예의 구성의 일부에 대하여, 다른 구성의 추가·삭제·치환을 하는 것이 가능하다.

부호의 설명

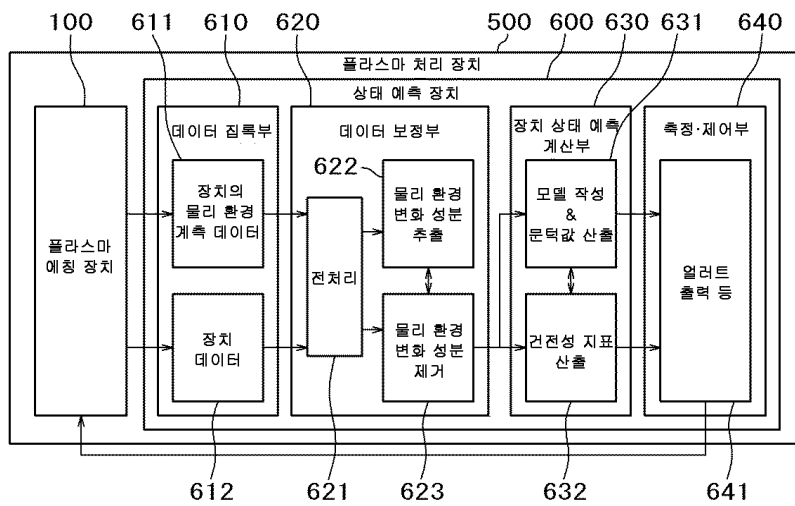
- [0118] 100 : 플라즈마 에칭 장치
- 101 : 처리실
- 102 : 샤워 플레이트
- 103 : 유전체창
- 104 : 가스 공급 장치
- 105 : 솔레노이드 코일
- 106 : 마그네트론
- 107 : 도파관
- 108 : 진공 배기관
- 109 : 기관 전극(시료대)
- 110 : 웨이퍼(시료)
- 111 : 직류 전원
- 112 : 고주파 전원
- 113 : 고주파 정합기
- 114 : 어스
- 115 : 석영제 커버
- 200 : 제어 장치
- 201-A, 201-B : 석영창
- 202 : 외부광원
- 203 : 분광 계측기
- 301 : 전압/전류 프로브(V/I 프로브)
- 302 : 임피던스 연산부
- 500 : 플라즈마 처리 장치
- 600 : 상태 예측 장치
- 610 : 데이터 집록부
- 620 : 데이터 보정부
- 630 : 장치 상태 예측 계산부
- 640 : 판정·제어부

도면

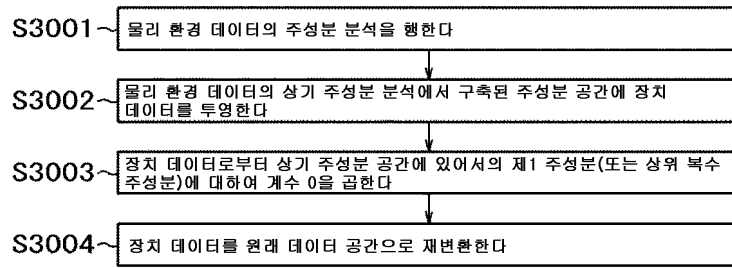
도면1



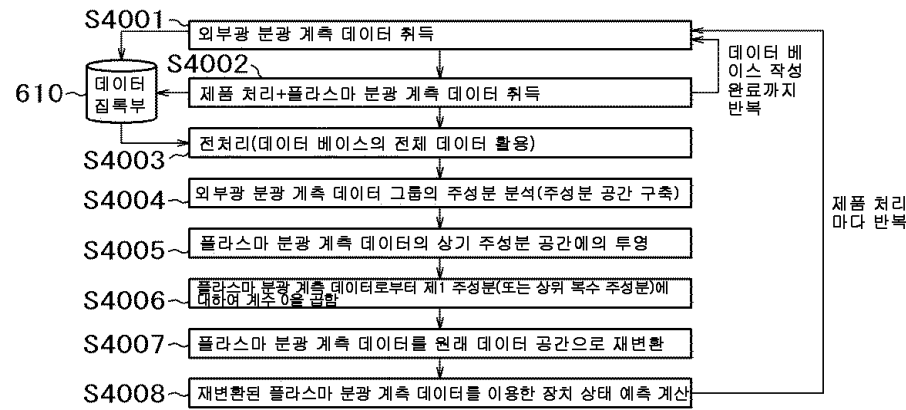
도면2



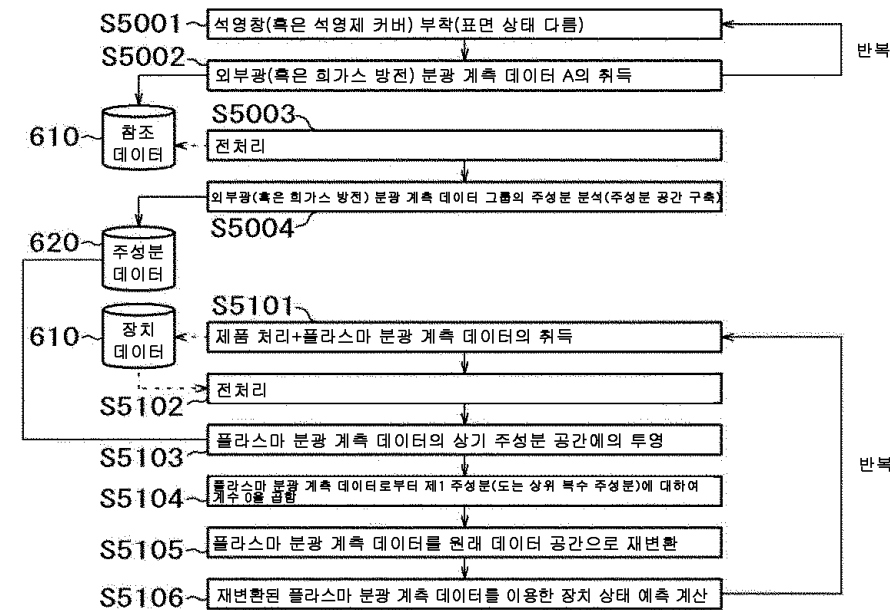
도면3



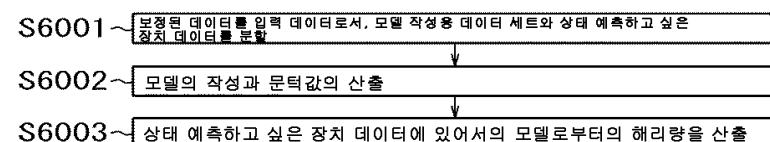
도면4



도면5



도면6



도면7

