



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2018년03월08일
(11) 등록번호 10-1835437
(24) 등록일자 2018년02월28일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01J 37/32 (2006.01) H01L 21/67 (2006.01)
(52) CPC특허분류
H01J 37/32935 (2013.01)
H01J 37/3299 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2016-0122799
(22) 출원일자 2016년09월26일
심사청구일자 2016년09월26일
(65) 공개번호 10-2017-0072784
(43) 공개일자 2017년06월27일
(30) 우선권주장
JP-P-2015-245786 2015년12월17일 일본(JP)
(56) 선행기술조사문헌
JP2014072264A*
(뒷면에 계속)

(73) 특허권자
가부시키가이샤 히다치 하이테크놀로지즈
일본국 도쿄도 미나토구 니시신바시 1쵸메 24-14
(72) 발명자
가와구치 요헤이
일본국 도쿄도 지요다쿠 마루노우치 1-6-6
우스이 다테히토
일본국 도쿄도 지요다쿠 마루노우치 1-6-6
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
문두현

전체 청구항 수 : 총 10 항

심사관 : 김주승

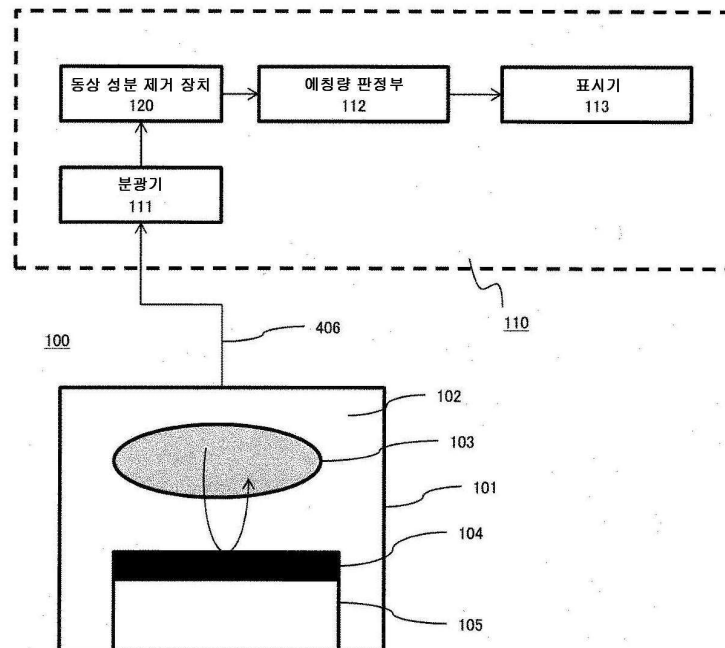
(54) 발명의 명칭 플라즈마 처리 장치 및 플라즈마 처리 장치의 운전 방법

(57) 요약

본 발명은, 남은 막두께나 에칭량을 높은 정밀도로 검출할 수 있는 플라즈마 처리 장치 또는 플라즈마 처리 장치의 운전 방법을 제공하는 것을 과제로 한다.

이러한 과제를 해결하기 위한 수단으로서, 진공 용기 내에 배치된 처리실 내에 배치된 시료를 당해 처리실 내에
(뒷면에 계속)

대표도 - 도1



형성된 플라스마를 이용해서 에칭 처리하는 플라스마 처리 장치로서, 상기 시료의 처리 중의 복수의 시각에서 처리실 내로부터의 복수의 파장의 광의 강도를 검출하는 광검출기와, 이 광검출기의 출력으로부터 얻어진 상기 복수의 시각 중의 임의의 시각에 있어서의 상기 복수의 파장의 시계열의 데이터 사이에서 상관성이 높은 성분을 상기 시계열의 데이터를 주성분 분석한 결과를 이용해서 검출하는 성분 검출기와, 상기 상관성이 높은 성분이 제거된 상기 시계열의 데이터를 이용해서 검출된 적어도 하나의 상기 복수의 파장의 광의 강도의 변화에 의거해서 상기 에칭 처리의 양 또는 종점을 판정하는 판정기를 구비했다.

(52) CPC특허분류

H01L 21/67253 (2013.01)

(72) 발명자

도가미 마사히토

일본국 도쿄도 지요다쿠 마루노우치 1-6-6

이노우에 사토미

일본국 도쿄도 미나토쿠 니시 심바시 1-24-14

나카모토 시게루

일본국 도쿄도 미나토쿠 니시 심바시 1-24-14

(56) 선행기술조사문헌

JP2011258967A*

KR1020140118666A*

JP2011238957A*

JP2011258967 A*

KR1020140118666 A*

JP2014072264 A*

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

명세서

청구범위

청구항 1

진공 용기 내에 배치된 처리실 내에 배치된 시료를 당해 처리실 내에 형성된 플라스마를 이용해서 에칭 처리하는 플라스마 처리 장치로서,

상기 시료의 처리 중의 복수의 시각(時刻)에서 처리실 내로부터의 복수의 파장의 광의 강도를 검출하는 광검출기와, 이 광검출기의 출력으로부터 얻어진 상기 복수의 시각 중의 임의의 시각에 있어서의 상기 복수의 파장의 시계열의 데이터 사이에서 상관성이 높은 성분을 상기 시계열의 데이터를 주성분 분석한 결과를 이용해서 검출하는 성분 검출기와, 상기 시계열의 데이터로부터 상기 상관성이 높은 성분을 빼서 얻어진 데이터를 이용해서 검출된 적어도 하나의 상기 복수의 파장의 광의 강도의 변화에 의거해서 상기 에칭 처리의 양 또는 중점을 판정하는 판정기를 구비한 플라스마 처리 장치.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 복수의 시각의 간격이 상기 광의 강도의 극대값과 극소값 사이의 변화에 요하는 시간보다 작은 플라스마 처리 장치.

청구항 3

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 성분 검출기는, 상기 광검출기의 출력으로부터 얻어진 상기 복수의 시각 중의 임의의 시각에 있어서의 상기 복수의 파장의 시계열의 데이터의 차분값 사이에서 상관성이 높은 성분을 상기 시계열의 데이터를 주성분 분석한 결과를 이용해서 검출하는 플라스마 처리 장치.

청구항 4

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 성분 검출기는, 상기 광검출기의 출력으로부터 얻어진 상기 복수의 시각 중의 임의의 시각에 있어서의 상기 복수의 파장의 시계열의 데이터 사이에서 당해 시각에 있어서 동기해서 생기는 성분을 상기 시계열의 데이터를 주성분 분석한 결과를 이용해서 검출하는 플라스마 처리 장치.

청구항 5

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 성분 검출기는, 상기 상관성이 높은 성분의 강도가 소정의 분포에 따르는 확률 변수인 확률에 의거해서 당해 상관성이 높은 성분을 검출하는 플라스마 처리 장치.

청구항 6

진공 용기 내에 배치된 처리실 내에 처리 대상의 시료를 배치하고, 당해 처리실 내에 형성된 플라스마를 이용해서 에칭 처리하는 플라스마 처리 장치의 운전 방법으로서,

상기 시료의 처리 중의 복수의 시각에서 처리실 내로부터의 복수의 파장의 광의 강도를 검출하고, 검출된 광의 강도로부터 얻어진 상기 복수의 시각 중의 임의의 시각에 있어서의 상기 복수의 파장의 시계열의 데이터 사이에서 상관성이 높은 성분을 상기 시계열의 데이터를 주성분 분석한 결과를 이용해서 검출하고, 상기 시계열의 데이터로부터 상기 상관성이 높은 성분을 빼서 얻어진 데이터를 이용해서 검출된 적어도 하나의 상기 복수의 파장의 광의 강도의 변화에 의거해서 상기 에칭 처리의 양 또는 중점을 판정하는 플라스마 처리 장치의 운전 방법.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 복수의 시각의 간격이 상기 광의 강도의 극대값과 극소값 사이의 변화에 요하는 시간보다 작게 된 플라스마 처리 장치의 운전 방법.

청구항 8

제6항 또는 제7항에 있어서,

상기 검출된 광의 강도로부터 얻어진 상기 복수의 시각 중의 임의의 시각에 있어서의 상기 복수의 파장의 시계열의 데이터의 차분값 사이에서 상관성이 높은 성분을 상기 시계열의 데이터를 주성분 분석한 결과를 이용해서 검출하는 플라스마 처리 장치의 운전 방법.

청구항 9

제6항 또는 제7항에 있어서,

상기 검출된 광의 강도로부터 얻어진 상기 복수의 시각 중의 임의의 시각에 있어서의 상기 복수의 파장의 시계열의 데이터 사이에서 당해 시각에 있어서 동기해서 생기는 성분을 상기 시계열의 데이터를 주성분 분석한 결과를 이용해서 검출하는 플라스마 처리 장치의 운전 방법.

청구항 10

제6항 또는 제7항에 있어서,

상기 상관성이 높은 성분의 강도가 소정의 분포에 따르는 확률 변수인 확률에 의거해서 당해 상관성이 높은 성분을 검출하는 플라스마 처리 장치의 운전 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은, 반도체 집적 회로를 제조하는 공정이 이용되고, 진공 용기 내부의 처리실 내에 배치된 반도체 웨이퍼 등의 기관 형상의 시료를 당해 처리실 내에 형성된 플라스마를 이용해서 처리하는 플라스마 처리 장치 또는 플라스마 처리 방법으로서, 처리 중에 검출된 처리실 내로부터의 발광을 이용해서 시료 표면의 막두께 또는 처리의 양을 검출하는 플라스마 처리 장치 또는 플라스마 처리 장치의 운전 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 반도체 디바이스를 제조하는 공정에서는, 반도체 웨이퍼 등의 기관 형상의 시료를 진공 용기 내부의 처리실 내에 배치하고, 당해 처리실 내에 형성된 플라스마를 이용해서, 시료 표면 상에 형성된 유전 재료나 마스크층을 포함하는 복수의 막층을 가진 막 구조를 에칭하여 반도체 디바이스의 회로의 패턴을 형성하는 처리, 소위 드라이 에칭 처리가 실시되고 있다. 이와 같은 에칭 처리에 있어서는, 최근 증대하는 반도체 디바이스의 집적도를 실현하기 위하여, 당해 처리를 상기한 막층을 원하는 막두께 또는 에칭 깊이에서 정지시켜 회로의 패턴을 높은 정밀도로 실현하기 위해서, 에칭의 종점을 보다 정확하게 결정하여 처리의 조건을 적절하게 조절하는 것이 요구되고 있다.

[0003] 일반적으로, 이와 같은 에칭 처리는, 진공 용기 내부의 처리실 내에 반도체 웨이퍼가 배치된 상태에서, 당해 처리실 내에 공급한 처리용의 가스에 전계 또는 자계가 공급되어 그 원자 또는 분자가 여기되어 플라스마가 형성되고, 이것을 이용해서 시료 상의 막 구조의 처리가 행해진다. 처리 중에 있어서는 처리실 내의 플라스마의 발광에 포함되는 특정의 파장의 광의 강도는, 처리 대상의 특정의 막 또는 처리가 진행되고 있는 임의의 막의 에칭의 진행에 수반해서 변화한다.

[0004] 그래서, 종래로부터, 처리의 종점을 정밀도 좋게 검출하는 기술로서, 에칭 처리 중에 처리실로부터의 발광에 포함되는 당해 특정의 파장의 강도의 변화를 검출하고, 이 결과에 의거해서 처리의 종점을 검출하는 것이 알려져 있다. 그러나, 상기한 발광에는 통상적으로, 처리에 큰 상관을 갖는 반응에 의해 발생하는 특정의 파장의 발광 이외에도 상관이 상대적으로 작은 파장의 발광도 포함되어 있어, 종점의 판정 시에는 이와 같은 소위 노이즈에 의해 발생한 검출 대상의 파장의 파형의 변동에 기인한 오검출을 저감 또는 억제할 필요가 있다.

[0005] 이와 같은 노이즈에 대응해서 발광의 강도의 변화를 정밀도 좋게 검출하기 위한 기술로서는, 일본 특개2014-72264호 공보(특허문헌 1)가 있다. 이 종래 기술은, 진공 용기 내에 배치된 처리실 내에 배치된 시료를 처리실 내에 형성된 플라스마를 이용해서 에칭 처리하는 플라스마 처리 장치로서, 처리실 내로부터의 발광을 수광한 수광기로부터의 출력으로부터 검출한 발광의 강도의 데이터로부터, 복수의 파장의 발광의 강도 사이에서 동기해서 같은 증가 또는 감소의 방향으로 발생하는 시간 변화인 동상(同相, in-phase)의 성분을 제거한 결과에 의거해서 에칭 처리의 양을 판정하는 것이 개시되어 있다. 특히, 본 예에서는, 분광기로부터 얻어진 복수의 파장의 발광의 강도를 나타내는 시계열의 데이터는, 상기 동상의 성분을 제거하기 위한 동상 성분 제거 장치로 송신되고, 거기에서 각 시각마다의 데이터의 차분값에서 평균의 성분이 제거된 후, 각 파장의 데이터를 요소로서 갖는 행렬에 대하여 주성분 분석이 이루어져 동상 성분에 상당하는 기저를 포함하는 고유 벡터가 산출된다.

[0006] 또한, 고유 벡터로부터 산출된 기저 벡터가 칼만 필터에 송신되고, 당해 칼만 필터에 의해 상기 각 파장의 차분값에서 동상 성분이 제거되고, 당해 동상 성분이 제거된 차분값은 적분 처리되어 각 파장마다의 시간 파형으로서 복원된다. 본 종래 기술에서는, 이와 같이 잡음의 성분이 제거되어 복원된 발광의 강도를 나타내는 시계열의 데이터가 이용되어, 에칭의 양 또는 그 중점이 높은 정밀도로 검출되는 기술이 나타나 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0007] (특허문헌 0001) 일본 특개2014-72264호 공보

발명의 내용

해결하려는 과제

[0008] 상기한 종래 기술에서는, 다음의 점에 대하여 고려가 불충분했기 때문에 문제가 발생하고 있었다.

[0009] 즉, 특허문헌 1의 기술은, 복수의 파장의 발광의 사이에 돌발적으로 발생한 동상 성분을 포함하는 잡음 성분을 각 파장의 신호로부터 효과적으로 제거하는 것이지만, 발광으로부터 얻어지는 데이터의 시간의 변화에 점유하는 동상 성분의 비율이 커지면, 그 변화에 추종할 수 없어 동상의 성분이 잔류해버려, 큰 강도로 장시간에 걸쳐서 트레인(train)을 갖는 아티팩트(허상)가 발생해버린다. 이와 같은 아티팩트의 강도는 동상 성분이 클수록 커지고, 트레인의 시간도 길어지는 것이 알려져 있다. 이와 같은 아티팩트가 발생하면, 상대적으로 작은 발광의 강도의 변화로서 나타나는 중점이 당해 아티팩트에 의한 변화에 묻혀버려 높은 정밀도로 중점의 판정을 할 수 없게 되어버린다는 문제가 발생하고 있었다.

[0010] 또한, 본 종래 기술에 있어서 칼만 필터에 의해 행해지는 동상 성분의 제거는 비선계(非線系)의 처리이기 때문에, 본래의 발광의 강도의 시계열의 데이터가 나타내는 파형을 변형시키므로, 상기한 중점에 상당하는 강도의 변화가 이 변형에 묻혀버려 높은 정밀도로 중점의 판정을 할 수 없게 되어버린다는 문제가 발생하고 있었다.

[0011] 본 발명의 목적은, 남은 막두께나 에칭량을 높은 정밀도로 검출할 수 있는 플라스마 처리 장치 또는 플라스마 처리 장치의 운전 방법을 제공함에 있다.

과제의 해결 수단

[0012] 상기 목적은, 진공 용기 내에 배치된 처리실 내에 배치된 시료를 당해 처리실 내에 형성된 플라스마를 이용해서 에칭 처리하는 플라스마 처리 장치로서, 상기 시료의 처리 중의 복수의 시각에서 처리실 내로부터의 복수의 파장의 광의 강도를 검출하는 광검출기와, 이 광검출기의 출력으로부터 얻어진 상기 복수의 시각 중의 임의의 시각에 있어서의 상기 복수의 파장의 시계열의 데이터 사이에서 상관성이 높은 성분을 상기 시계열의 데이터를 주 성분 분석한 결과를 이용해서 검출하는 성분 검출기와, 상기 시계열의 데이터로부터 상기 상관성이 높은 성분을 빼서 얻어진 데이터를 이용해서 검출된 적어도 하나의 상기 복수의 파장의 광의 강도의 변화에 의거해서 상기 에칭 처리의 양 또는 중점을 판정하는 판정기를 구비한 것에 의해 달성된다.

발명의 효과

[0013] 본 발명에 따르면, 플라스마 처리 장치의, 특히 에칭 처리 장치에 있어서, 플라스마를 이용한 처리 중에 처리실

로부터 얻어진 광의 강도의 신호에 포함되는 동상 성분에 대해서 상대적으로 원하는 발광의 강도 변화가 미소한 경우에도, 동상 성분이 저감된 신호의 파형을 생성해서 강도의 변화를 높은 정밀도로 검출할 수 있다. 이와 같이 해서 생성된 신호의 데이터에 의거해서 피처리층의 실제의 에칭량이나 종점을 보다 고정밀도로 검출할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0014] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 플라스마 처리 장치의 구성의 개략을 모식적으로 나타내는 도면.
 도 2는 도 1에 나타내는 에칭량 검출기를 구성하는 동상 성분 제거 장치의 구성을 모식적으로 나타내는 블록도.
 도 3은 도 1에 나타내는 실시예에 따른 플라스마 처리 장치가 에칭량을 판정하는 동작의 흐름을 나타내는 플로차트.
 도 4는 도 1의 실시예에 있어서 검출되고 동상 성분이 제거된 후의 처리실로부터의 광의 강도의 변화를 나타내는 것으로서 복원한 시간 파형을 나타내는 그래프.
 도 5는 본 실시형태 또는 종래의 기술에 있어서, 처리실 내로부터의 발광을 수광해서 검출된 복수의 파장의 발광의 강도의 시간의 변화에 수반하는 변화의 예를 나타내는 그래프.
 도 6은 도 5에 나타내는 복수의 파장의 발광의 강도의 시간의 변화에 수반하는 변화에 대한 각 시각에서의 시간 차분을 나타내는 그래프.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0015] 이하, 본 발명의 실시형태를, 도면을 이용해서 설명한다.
- [0016] 본 실시형태는, 진공 용기 내부의 처리실 내에 배치된 반도체 웨이퍼 등 기판 형상의 시료 상면에 미리 배치된 마스크층과 처리 대상의 막층을 포함하는 복수층 갖는 막 구조를 처리실 내에 형성된 플라스마를 이용해서 에칭할 때에, 시료의 표면의 막 구조에서 반사된 광을 포함하는 처리실 내로부터의 발광을 이용해서, 에칭의 양의 검출이나 에칭의 종점을 판정하는 플라스마 처리 장치와 그 운전 방법을 설명한다. 특히, 본 예에서는, 시료의 표면의 복수의 막층에서 반사된 광에 의해 형성되는 복수의 파장을 포함하는 간섭광의 강도를 나타내는 시계열의 데이터에 동상적으로 생기는 노이즈의 성분을 효과적으로 제거해서, 막 구조의 처리 대상의 막층의 에칭의 양 또는 그 종점을 높은 정밀도로 검출하고, 막 구조가 에칭되어 형성되는 반도체 디바이스의 회로를 구성하는 패턴의 형상을 기대하는 것에 근접시킬 수 있는 플라스마 처리 장치 또는 그 운전 방법이 개시된다.
- [0017] 검출된 처리실 내로부터의 발광의 강도를 나타내는 신호의 시간의 변화에 수반하는 변화(이하, 시간 파형이라 부름)의 예를 도 5에 나타낸다. 도 5는, 본 실시형태 또는 종래의 기술에 있어서, 처리실 내로부터의 발광을 수광해서 검출된 복수의 파장의 발광의 강도의 시간의 변화에 수반하는 변화의 예를 나타내는 그래프이다.
- [0018] 도 5에 있어서, 파선(破線)으로 나타낸 부분은, 복수의 파장의 각각에 있어서 같은 또는 그렇다고 간주할 수 있을 정도로 근접한 시각에서(동기해서) 그 강도가 모두 증대된 부분을 나타내고 있다. 이 부분은, 처리실로부터의 발광에 포함되는 복수의 파장의 각각에서 다른 시각과 상관이 없거나 매우 작은 시각에 돌발적으로 발생된 변동을 나타내는 것이고, 이하, 이와 같은 변화, 변동을 「동상」의 변화, 변동이라 한다.
- [0019] 발광의 강도를 나타내는 시간 파형에 대하여 시간의 방향에 대하여 주파수 분석하면, 각 파장의 시간 파형에 포함되는 「동상」의 성분은 돌발적인 임펄스 신호로서 검출된다. 본 실시형태는, 시간 파형으로부터 이와 같은 돌발적인 임펄스 신호를 높은 정밀도로 고속으로 제거함으로써, 에칭량 또는 에칭의 종점을 높은 정밀도로 검출하는 플라스마 처리 장치 또는 그 운전 방법을 실현하는 것을 목적으로 한다.
- [0020] 도 5에 나타낸 복수의 파장의 발광의 강도의 시계열의 데이터에 대하여, 각각의 파장의 데이터에 대하여 각 시각에서의 시간 차분을 검출한 파형을 도 6에 나타낸다. 도 6은, 도 5에 나타내는 복수의 파장의 발광의 강도의 시간의 변화에 수반하는 변화에 대한 각 시각에서의 시간 차분을 나타내는 그래프이다.
- [0021] 본 도면에 나타내는 바와 같이, 서로 다른 파장의 처리실로부터의 발광의 강도를 나타내는 데이터는, 시간 파형의 시간 차분의 값에 있어서도 시각마다 높은 상관을 나타내고 있는 것을 알 수 있다. 본 실시형태에서는, 이 성질을 이용해서 동상 성분이 제거된다.
- [0022] [실시예 1]

- [0023] 본 발명의 실시예를 도 1 내지 4를 이용해서 설명한다.
- [0024] 도 1을 이용해서, 본 실시예에 따른 플라스마 처리 장치의 구성을 설명한다. 도 1은, 본 발명의 실시예에 따른 플라스마 처리 장치의 구성의 개략을 모식적으로 나타내는 도면이다. 특히, 본 실시예의 플라스마 처리 장치(100)는, 내부에 배치된 처리실 내에 반송된 반도체 웨이퍼 등의 기판 형상의 시료를 에칭 처리해서 반도체 디바이스를 제조하는 공정에 이용되는 장치로서, 시료를 처리한 에칭량, 예를 들면 마스크나 처리 대상의 막층의 남은 막두께나 에칭해서 형성된 홈 또는 구멍의 깊이를 검출하는 검출기를 구비하고, 검출기로부터의 출력에 의거해서 반도체 웨이퍼 등 시료의 처리가 조절되도록 구성된 플라스마 에칭 장치이다.
- [0025] 본 예의 플라스마 처리 장치(100)는, 내부에 원통형을 구비한 처리실(102)이 배치되고 원통형의 외형을 가진 진공 용기(101)와, 진공 용기(101)의 외부에 배치되고 처리실(102) 내부의 공간에 플라스마(103)를 형성하기 위하여 공급되는 전계 또는 자계를 형성하는 수단인 플라스마 형성 장치와, 진공 용기(101)의 아래쪽에서 이것과 연결되고 처리실(102) 내의 공간으로부터 가스의 원자, 분자나 플라스마(103)를 구성하는 이온이나 활성이 높은 입자 등을 배기하는 터보 분자 펌프 등의 진공 펌프 및 당해 배기의 유량 또는 속도를 조절하는 조절기를 포함하는 배기 장치를 구비하여 구성되어 있다.
- [0026] 또한, 처리실(102) 내의 플라스마(103)가 형성되는 공간의 아래쪽에는, 처리 대상의 반도체 웨이퍼 등의 기판 형상의 시료(104)가 원형을 가진 그 상면에 놓아지는 시료대(105)가 배치되어 있다. 또한, 도시하고 있지 않지만, 본 실시예에서는, 처리실(102)의 내측에는 플라스마(103)를 형성해서 시료(104)를 처리하기 위한 처리용 가스를 도입하기 위한 가스 도입 구멍이 배치됨과 함께, 진공 용기(101)는 가스 도입 구멍과 처리용 가스의 가스원(源) 사이를 연결하고 그 도중에 가스의 유량 또는 속도를 처리에 적합한 것으로 조절하는 유량 조절기가 배치된 가스 공급 경로를 구성하는 가스용의 관로가 접속되어 있다.
- [0027] 또한, 본 실시예의 플라스마 처리 장치(100)에는, 진공 용기(101) 외부에 배치되고 처리실(102) 내에서 실행되는 플라스마(103)를 이용한 시료(104)의 처리 중에 생기는 플라스마(103)의 발광이나 시료(104) 표면으로부터의 간섭광 등의 처리실(102) 내측으로부터의 광을 수광하고 그 강도나 변화를 검출해서 시료(104)의 표면에 배치된 에칭 처리 대상의 막층의 남은 막두께나 에칭량(예를 들면, 홈이나 구멍의 깊이)을 검출하는 에칭량 검출기(110)가 구비되어 있다. 또한, 처리 중의 처리실(102)로부터의 광을 에칭량 검출기(110)에 전달하기 위하여, 처리실(102)을 둘러싸는 진공 용기(101)의 측벽이나 처리실(102) 위쪽의 진공 용기(101)의 덮개 부분을 구성하는 부재에 배치된 관통 구멍 내에, 석영 등의 투광성을 갖는 재료로 구성된 창 부재가, O링 등의 씰재에 의해 내외를 기밀하게 봉지(封止)하여 배치되어 있다.
- [0028] 이와 같은 플라스마 처리 장치(100)에서는, 진공 용기(101)의 측벽은, 도시하지 않는 다른 진공 용기로서, 그 내부에 처리 대상의 시료(104)가 당해 내부에 배치된 로봇의 암 상에 유지되어 반송되는 감압된 공간인 진공 반송실을 구비한 진공 반송 용기에 연결되어 있다. 처리되어 있지 않은 시료(104)는, 진공 반송실 내를 로봇의 암 상에 유지되어 반송되고, 암의 신장에 의해, 진공 반송실과 처리실(102) 사이를 연통하는 통로의 내측을 통과해서 암에 놓여진 시료(104)가 처리실(102) 내에 반입된다.
- [0029] 처리실(102) 내에 반입된 시료(104)는 시료대(105)에 받아 넘겨져 시료대(105) 상부를 덮는 유전체체의 막의 원형을 가진 상면에 놓인다. 시료(104)가 통과한 통로의 진공 반송실측의 개구가 도시하지 않는 게이트 밸브에 의해서 폐쇄되어 처리실(102) 내가 기밀하게 봉지되면, 유전체체의 막 내의 전극에 공급된 직류 전력에 의해 일어난 정전기력에 의해 당해 유전체체의 막 상에 유지된다. 그 후, 가스원으로부터의 처리용 가스가 가스 도입 구멍으로부터 처리실(102) 내에 유량 조절기에 의해 유량 또는 속도가 적절하게 조절되어 공급됨과 함께, 시료대(105)의 아래쪽으로 배치되고 처리실(102)에 면해서 배치된 배기용의 개구를 통해서 배기 장치를 구성하는 진공 펌프의 동작에 의해 처리실(102) 내의 가스가 외부에 배출된다.
- [0030] 처리실(102)에 공급되는 처리용 가스의 유량 또는 속도와 진공 펌프의 동작에 의한 배기용의 개구로부터의 배기의 유량 또는 속도의 밸런스에 의해, 처리실(102) 내측의 압력이 시료(104)의 처리에 적합한 범위 내의 값으로 조절된다. 플라스마 형성 장치가 형성하는 전계 또는 자계가 처리실(102) 내에 공급되고, 처리용의 가스의 원자 또는 분자가 여기되어 처리실(102) 내의 시료대(105) 또는 그 상면에 놓여져 유지된 시료(104)의 위쪽의 공간에 플라스마(103)가 형성된다.
- [0031] 시료대(105) 내부에는, 도시되어 있지 않은 금속체의 원판 또는 원통형을 가진 전극이 배치되고, 진공 용기(101) 외부의 마찬가지로 도시하고 있지 않은 고주파 전원과 전기적으로 접속되어 있다. 플라스마(103)가 형성된 상태에서, 플라스마 형성 장치의 전계와 다른 주파수의 고주파 전력이 고주파 전원으로부터 시료대(105) 내

에 배치된 전극에 공급되어, 시료(104) 상면 위쪽의 처리실(102) 내에, 플라스마(103)의 전위에 따른 바이어스 전위가 형성된다.

[0032] 당해 바이어스 전위와 플라스마의 전위의 전위차에 따라서, 플라스마(103) 중의 이온 등의 하전 입자가 시료(104) 상면 위쪽으로 유인되어, 시료(104)의 상면에 미리 배치된 유기 재료에 의해 구성된 마스크층과 처리 대상의 막층을 포함하는 복수의 막층을 갖는 막 구조의 표면과 충돌함으로써, 시료(104) 표면의 막층의 에칭 처리가 진행되고, 플라스마(103) 중의 라디칼 등의 반응성이 높은 활성종(活性種)의 원자 또는 분자와 처리 대상의 막층의 표면 사이의 물리적 또는 화학적 반응이 촉진되고, 처리 대상의 막층의 하전 입자가 유인되는 방향에 대한 이방성의 처리가 촉진되는 처리 대상의 막층의 처리 중에는, 플라스마(103) 중의 활성종이나 상기 물리적 또는 화학적인 반응을 포함하는 플라스마(103)와 시료(104) 표면의 상호 작용에 의해 생성된 반응 생성물에 기인해서 광이 방사된다.

[0033] 본 실시예에서는, 이와 같은 처리 중에 처리실(102) 내에서 발생하는 발광을 에칭량 검출기(110)에 의해 당해 처리 중에 검출해서, 처리의 양(예를 들면, 처리 대상의 막 또는 당해 막 위쪽에 배치된 포토 레지스트 등의 마스크층의 남은 막두께나, 처리 대상의 막에 형성되는 홈이나 구멍의 에칭 깊이)을 높은 정밀도로 검출해서, 처리의 종점의 판정 혹은 공급되는 처리용 가스의 유량이나 처리실(102) 내의 압력, 플라스마를 형성하기 위한 전계 또는 자계의 강도의 값과 그 분포 등 처리의 조건이 조절 가능하게 구성되어 있다. 에칭량 검출기(110)는, 창 부재의 외측에 배치되어 창 부재를 통과한 처리실(102) 내로부터의 광을 수광하는 수광기와, 광파이버(106) 등의 전달기를 통해 수광기로부터 전달된 광을 소정의 주파수 또는 파장의 복수의 스펙트럼으로 분해하는 분광기(111)를 구비하고 있다. 특히, 본 실시예에서는, 분광기(111)의 내부에는 도시하고 있지 않은 측정용 광원(예를 들면 할로겐 광원)이 구비되고, 이것으로부터 방사된 다중 파장의 광은 광파이버(106)를 통해 창 부재를 통과해 처리실(102) 내의 시료대(105) 상면에 배치된 시료(104) 표면의 막 구조에 대해서 도입된다.

[0034] 본 실시예에서는, 창 부재는 처리실(102)의 위쪽에서 시료(104) 상면에 대향해서 배치된 처리실(102)의 천장면을 구성하는 부재에 형성된 관통 구멍 내에 배치되어 플라스마(103)에 면해서 배치되고, 측정용 광원으로부터 방사된 방사광은 당해 창 부재를 통해서 처리실(102) 내에 진입하여 시료(104) 상면에 수직 또는 그렇다고 간주할 수 있을 정도로 근사한 각도로 입사한다. 시료(104) 상면에 도달한 방사광은 시료(104) 상면에 미리 배치된 막 구조의 복수의 막층의 경계면에서 처리실(102)을 향해서 반사되어 다시 창 부재를 통과해서 광파이버(106)를 통해 에칭량 검출기(110)의 수광기 및 이것에 광학적으로 또는 전기적으로 접속된 분광기(111)에 전달된다.

[0035] 시료(104) 표면에 수직으로 입사해서 막 구조의 서로 다른 깊이 방향의 위치에 배치된 복수의 막층끼리의 사이의 복수의 경계에서 반사된 방사광은, 상호 간섭해서 이들 깊이 위치 사이의 거리에 따른 강도를 갖는 간섭광으로 된다. 복수의 파장이 포함되는 방사광에 의한 이와 같은 간섭광의 각각의 파장의 광의 강도는, 분광기(111)에 도입되어 각 파장마다 분해되어 검출된다.

[0036] 본 실시예의 에칭량 검출기(110)에서는, 시료(104)의 처리 중에 검출된 간섭광의 강도의 신호로부터, 이하에 기술하는 동상의 성분을 저장하는 기능을 구비하고, 시료(104) 상의 처리 대상의 막층, 예를 들면 폴리실리콘막의 에칭 깊이나 남은 막두께 또는 마스크층의 남은 막두께를 높은 정밀도로 검출할 수 있다. 또한, 에칭 처리의 종점예의 도달의 판정을 높은 정밀도로 행할 수 있다.

[0037] 분광기(111)에서 검출된 소정의 복수의 파장의 간섭광의 강도를 나타내는 신호는, 이것과 전기적으로 접속된 동상 성분 제거 장치(120)에 송신되고, 이들 신호가 나타내는 처리실(102) 내로부터의 복수의 파장의 광의 시간 파형에 포함되는 성분으로서, 복수의 파장의 광의 강도의 신호 사이에서 동상적으로 변화하는 성분이 제거된다. 동상 성분 제거 장치(120)에 있어서 동상의 성분이 제거된 복수의 파장의 광의 강도를 나타내는 시간 파형의 신호는, 에칭량 판정부(112)에 송신된다.

[0038] 에칭량 판정부(112)에서는, 수신된 신호로부터 잡음을 제거한 후의 파형 신호로부터, 에칭량을 검출하여 종점의 판정을 행한다. 이와 같은 에칭량 또는 종점의 판정의 기술로서는, 예를 들면, 일본 특개2007-234666호 공보 등의 종래 공지기술을 이용할 수 있다. 또한, 본 실시예에 있어서, 에칭량 판정부(112)에서 검출된 시료(104)의 에칭량은, CRT나 액정 모니터 등을 구비하여 구성된 표시기(413)에 송신되어 표시된다.

[0039] 상기한 바와 같이, 분광기(111)로부터 출력된 간섭광의 복수의 파장의 광의 강도를 나타내는 신호의 시간 파형은, 동상 성분 제거 장치(120)에 송신된다. 송신된 신호는, 미리 정해진 소정의 간격마다의 샘플링 시각에서 신호의 파형이 얻어질 때마다, 또는 시료(104) 표면의 막 구조의 처리 대상의 막층이 처리되는 기간 전체에서 검출된 발광의 신호의 파형이 얻어진 후에, 동상 성분 제거 장치(120)에 있어서 각 파장의 시간 파형을 나타내

는 신호로부터 이것에 포함되는 동상 성분이 제거되어 상기 판정에 주어지는 악영향이 저감된 각 파장의 시간 파형이 얻어진다.

[0040] 다음으로, 본 실시예의 동상 성분 제거 장치(120)의 구성에 대하여 도 2를 이용해서 설명한다. 도 2는, 도 1에 나타내는 에칭량 검출기(110)를 구성하는 동상 성분 제거 장치(120)의 구성을 모식적으로 나타내는 블록도이다.

[0041] 도 2에 있어서, 분광기(111)로부터 출력되어 동상 성분 제거 장치(120)에 송신된 복수의 파장마다의 간섭광의 강도를 나타내는 신호는, 우선 차분 산출기(101)에 송신되고, 여기에서 파장마다의 시간 파형의 시간 차분이 산출된다. 시간 차분을 이용함에 의해, 각 파장의 시간 파형이 갖는 장기적인 트렌드 성분의 영향이 적은 시간 파형이 얻어진다.

[0042] 차분 산출기(201)에서 검출된 파장마다의 간섭광의 강도의 시간 차분값을 나타내는 신호는 정규화 처리기(202)에 송신되고, 이들 시간 차분 신호의 시간 평균값, 시간 표준 편차값, 및 시간 차분 신호로부터 시간 평균값을 빼고 시간 표준 편차값으로 나눈 값(정규화 차분 신호)이 산출된다. 이것에 의해, 장기적인 트렌드 성분의 영향이 보다 한층 경감되는 것을 기대할 수 있고, 또한, 파장마다의 강도의 대소의 차이의 영향이 경감된다.

[0043] 다음으로, 정규화기(202)에서 산출된 정규화 차분 신호는 상관 행렬 갱신기(203)에 송신된다. 상관 행렬 갱신기(203)는, 수신된 정규화 차분 신호에 의거해서 상관 행렬을 갱신한다.

[0044] 상관 행렬 갱신기(203)에서 산출되어 갱신된 상관 행렬을 나타내는 신호는 주성분 분석기(204)에 송신된다. 주성분 분석기(204)는 수신된 신호에 의해 나타나는 상관 행렬에 대해서 주성분 분석을 행하여, 상관 행렬에 대응하는 정규 직교 기저를 이루는 기저 벡터 및 각 기저 벡터의 고유값을 산출한다. 또한, 주성분 분석기(204)는, 동상 성분에 대응하는 당해 기저 벡터로 이루어지는 동상 성분 기저 벡터 행렬을 생성한다.

[0045] 주성분 분석기(204)에 있어서 산출된 동상 성분 기저 벡터 행렬은 동상 성분 추정기(205)에 신호로서 송신된다. 동상 성분 추정기(205)는, 주성분 분석기(204)로부터 수신된 기저 벡터를 나타내는 신호와 정규화기(202)로부터 송신되어 수신된 정규화 차분 신호에 의거해서 동상 성분을 추정한다. 본 실시예의 동상 성분 추정기(205)는, 동상 성분의 강도가 상정되는 분포에 따르는 확률 변수인지의 여부의 검정(檢定)을 이용한 동상 성분의 추정을 행한다. 이것에 의해, 간섭광의 강도의 변화가 동상 성분에 직교하지 않는 경우에도, 신호가 나타내는 데이터로부터 간섭광의 강도의 변화가 제거되는 것을 억제하여, 동상 성분을 효과적으로 제거할 수 있다.

[0046] 동상 성분 추정기(205)에 있어서 추정된 동상 성분을 나타내는 데이터의 신호는 동상 성분 제거기(206)에 송신된다. 동상 성분 제거기(206)는, 정규화기(202)로부터 발신되어 수신된 정규화 차분을 나타내는 신호로부터 동상 성분 추정기(205)로부터 송신되어 수신된 신호가 나타내는 동상 성분을 제거하여 동상 성분 제거 후 신호를 산출한다.

[0047] 동상 성분 제거기(206)에 있어서 생성된 동상 성분 제거 후 신호는 적분 처리기(307)에 송신된다. 적분 처리기(307)는 수신된 파장마다의 동상 성분 제거 후 신호를 시간에 대하여 적산하여 각 파장의 시간 파형을 복원한다. 복원된 복수 파장의 간섭광의 강도의 변화를 나타내는 시간 파형의 신호는 에칭량 판정기(112)에 송신되어 시료(104)의 에칭량이 산출된다.

[0048] 다음으로, 도 2에 나타낸 각각의 블록에 있어서 실시되는 처리의 상세를 설명한다.

[0049] 우선, 본 실시예에서는, 편의상, 시료(104)의 처리 중의 소정의 기간에 있어서의 임의의 시각 t 에서 분광기(111)로부터 출력된 처리실(102)로부터의 각각의 파장의 광의 강도의 변화를 나타내는 시간 파형의 신호를, 각각의 파장에 대하여 y_n, t 라 나타낸다. n 은 파장을 나타내는 인덱스로서, 본 실시예에서는, 단파장으로부터 장파장까지 규칙적으로 값이 증감하도록 부여되어 있어도 되고, 또한 적절하게 선택된 복수의 파장을 픽업해서 인덱스를 재할당한 것이어도 된다. t 는 시간 인덱스로 한다.

[0050] 차분 산출기(201)에서는, y_n, t 로부터 파장마다 차분값 $\Delta y_n, t$ 가 산출된다. 산출의 수순의 예로서는, 예를 들면 $\Delta y_n, t = y_n, t - y_n, t-1$ 과 같이 산출하는 것을 생각할 수 있다. 여기에서, 최초의 샘플점에 있어서는, $\Delta y_n, t=0$ 으로 한다.

[0051] 이 차분은, 1차 회귀 계수의 기울기로 대응해도 되고, 마찬가지로 2차 차분, 2차 회귀 계수의 기울기로 대응해도 된다. 또한, 시간마다의 신호가 1단위 시간마다 얻어지는 것과 같은 경우는, 차분 산출에 대해서도 1샘플씩 행하는 것과 같은 구성을 취할 수 있다.

[0052] 모든 시간의 샘플이 한번에 얻어지는 경우(오프라인 처리)에서는, 모든 시간의 차분값을 배치 처리에서 요구하

는 것과 같은 구성으로 해도 된다. 이와 같이, 샘플마다 데이터가 얻어지는 경우는, 샘플마다 처리를 행하고, 한 번에 샘플이 얻어지는 경우는 처리도 한번에 행하는 것과 같은 구성을, 본 발명 중의 모든 처리에서 마찬가지로 취하는 것으로 한다.

- [0053] 정규화기(202)에 있어서는, 파장마다의 차분값 $\Delta y_n, t$ 의 시간 평균값 μ_n, t 가, 예를 들면 이동 평균 형식으로 산출된다. 또한, 오프라인 처리에 있어서는, 양상불 평균 형식으로 구해져도 된다. 또한, 시간 표준 편차값 σ_n, t 에 대해서도, 예를 들면 $(\Delta y_n, t - \mu_n, t)^2$ 의 이동 평균의 제곱근으로서 산출된다.
- [0054] 오프라인 처리에서는, 양상불 평균 형식으로 구해져도 된다. 또한, 정규화 차분 신호가 $z_n, t = (\Delta y_n, t - \mu_n, t) / \sigma_n, t$ 로서 산출된다.
- [0055] 상관 행렬 갱신기(203)에서는, 정규화 차분 신호 z_n, t 를 기초로 상관 행렬이 갱신된다. 여기에서, 본 실시예에서는, 정규화기(202)로부터 송신된 정규화 차분 신호의 각 파장의 값 z_n, t 를 요소로 하는 벡터로서 $z_t = [z_1, t, \dots, z_n, t]^T$ 가 정의된다. 단, t 는 전치(轉置)를 나타내는 연산자, n 은 파장의 수로 한다.
- [0056] 상관 행렬 갱신기(203)에서는, 우선 복수의 파장의 광의 강도의 정규화 차분 신호를 나타내는 벡터 z_t 와 그 전치 벡터 z_t^T 의 곱이 산출되고, N 행 N 열의 행렬 r_t 가 산출된다. 또한 r_t 로부터, 각 시간마다의 상관 행렬 R_t 가, 예를 들면, $R_t = \alpha(R_{t-1}) + (1 - \alpha)R_t$ 와 같이 산출된다. 여기에서, α 는 이동 평균 계수이고, 본 실시예에서는 0.99, 0.9와 같은 0 이상 1 이하의 값으로 설정된다.
- [0057] 주성분 분석기(204)에서는, 상관 행렬 갱신기(203)로부터 송신되어 수신된 신호가 나타내는 상관 행렬 R_t 에 대해서 주성분 분석이 행해져, 상관 행렬 R_t 에 대응하는 정규 직교 기저를 이루는 기저 벡터 $f_k(k=1, \dots, N)$ 및 각 기저 벡터의 고유값 λ_k 가 산출된다.
- [0058] 동상 성분 제거 장치(120)가 동상 성분을 효과적으로 검출하기 위해서는, 주성분 분석기(204)의 동작의 결과로서 얻어진 기저 중에서, 동상 성분에 상당하는 기저 벡터 f_k 를 적절하게 선택할 필요가 있다. 발명자들은, 동상 성분이 복수의 파장의 시간 파형의 데이터 사이에서 동기해서 발생하는 성분이므로, 동상 성분의 기저 벡터는, $[1, 1, \dots, 1]$ 나 $[-1, -1, \dots, -1]$ 과 같은 동상성의 방향 벡터와 높은 상관을 나타낸다고 생각했다.
- [0059] 따라서, $b = [1, 1, \dots, 1]$ 로서, b 와 f_k 의 내적의 절대값에 고유값을 곱셈한 것을 $c_k = \lambda_k |b^T f_k|$ 라 한다. $|b^T f_k|$ 는 0에서 1의 사이를 취하지만, f_k 가 동상이면 $|b^T f_k|$ 는 1에 가까운 큰 값을 취할 것이다.
- [0060] 또한, 강도가 큰 동상 성분일수록 억압이 필요한 성분이라고 생각할 수 있지만, 강도의 크기는 고유값 λ_k 로 나타나기 때문에, 고유값 λ_k 를 곱셈한 c_k 가, 억압이 필요한 동상 성분의 선택에 적합해 있다고 생각할 수 있다. 그래서, 본 실시예에서는, 기저 벡터 중에서 c_k 가 큰 r 개를 행 벡터(row vector)로 갖는 것과 같은 동상 성분 기저 벡터 행렬 P 가 산출된다.
- [0061] 동상 성분 추정기(205)에서는, 주성분 분석기(204)로부터 송신되어 수신된 동상 성분 기저 벡터 행렬 P 와 정규화기(202)로부터 송신되어 수신된 정규화 차분의 벡터를 나타내는 신호 z_t 가 곱셈되어 r 행의 열벡터(column vector) $a_t = P \times z_t$ 가 산출된다. a_t 의 k 번째의 요소인 a_k, t 는, z_t 가 포함하는 k 번째의 동상 성분 기저 벡터의 강도를 의미하는 것으로 된다.
- [0062] 동상 성분이, 소정의 간섭광의 강도의 변화의 방향과 직교하는 경우에는, 상기 정규화 차분 신호 z_t 내의 동상 성분은 $P^T \times a_t$ 와 같이 곱셈함으로써 구할 수 있을 것이다. 그러나, 동상 성분이, 당해 간섭광의 강도의 변화와 직교하지 않는 경우에는, 이들 변화는 동상 성분으로 판단되어 버리면, 후단의 동상 성분 제거에 있어서 동상 성분으로서 검출 대상의 예를 들면 처리의 종점을 나타내는 간섭광의 강도의 변화까지 제거되어버리게 된다.
- [0063] 예를 들면, 간섭광의 강도의 시간 파형에 있어서 파장 간의 위상차가 작은 시간에서는, 간섭광의 복수의 파장 사이에서 강도의 시간 변화가 동상 성분에 유사해 있기 때문에, 동상 성분으로서 제거될 가능성이 있다. 본 실시예에서는, 이것을 억제하기 위하여, 동상 성분의 강도가 상정되는 분포에 따르는 확률 변수인지의 여부를 검정해서 동상 성분의 추정이 행해진다. 상세하게는, 동상 성분의 강도가 0 평균의 정규 분포라는 가설에 대한 검정에 의거한 이하의 처리가 행해진다.
- [0064] 우선, 동상 성분 추정기(205)는, a_k, t 가 0 평균의 정규 분포에 따르는 독립인 확률 변수인 확률을 계산한다. 이 계산은, 예를 들면, 과거 $f-1$ 단위 시간과 현재의 1단위 시간의 합계 f 단위 시간의 동상 성분의 강도 $a_{\{k,$

$t-f+1\}$, ..., $a_{\{k, t-1\}}$, $a_{k, t}$ 를 이용한, 다음 식의 t 분포의 T 값을 산출함으로써 행해진다.

[식 1]

$$T_{-k,t} = \frac{m_{-k,t}}{u_{-k,t}/\sqrt{F}}$$

단, $m_{k, t}$ 는 $a_{\{k, t-f+1\}}$, ..., $a_{\{k, t-1\}}$, $a_{k, t}$ 의 표본 평균, $u_{k, t}$ 는 $a_{\{k, t-f+1\}}$, ..., $a_{\{k, t-1\}}$, $a_{k, t}$ 의 불변 분산의 제곱근이다. 만약, $a_{k, t}$ 가 0평균의 정규 분포에 따르는 독립인 확률 변수인 경우에는, $T_{k, t}$ 는 다음 식의 확률 밀도 함수에서 나타나는 t 분포에 따를 것이다.

[식 2]

$$p(T_{-k,t}) = \frac{\Gamma((v+1)/2)}{\sqrt{v\pi}\Gamma(v/2)} (1 + (T_{-k,t})^2 / v)^{-(v+1)/2}$$

단, Γ 는 감마 함수이고, $v=F-1$ 이다.

그래서, $p(T_{k, t})$ 의 값이 큰 경우에는 $a_{k, t}$ 는 동상 성분의 강도인 확도(確度)가 높고, $p(T_{k, t})$ 의 값이 작은 경우에는 $a_{k, t}$ 는 동상 성분의 강도인 확도가 낮다고 간주할 수 있다. 이로부터, 새로운 동상 성분의 강도로서 다음 식의 $w_{k, t}$ 가 산출된다.

$$w_{k, t} = P(T_{k, t}) / P(0) \times a_{k, t}$$

$P(T_{k, t})$ 가 클수록, 즉, 동상 성분의 강도인 확도가 높을수록, $w_{k, t}$ 는 커진다. $P(T_{k, t})$ 가 작을수록, 즉, 동상 성분의 강도인 확도가 낮을수록, $w_{k, t}$ 는 작아진다. 이 $w_{k, t}$ 를 이용해서, z_t 내의 동상 성분 v_t 가 이하의 식을 이용해서 산출된다.

$$v_t = P^T \times [w_{1, t}, \dots, w_{r, t}]^T$$

이와 같이 동상 성분을 산출함에 의해, 간섭광의 강도의 변화가 동상 성분에 직교하지 않는 경우에도, 동상 성분 이외의 변화의 성분이 제거되는 것이 억제되어, 신호의 다른 성분들의 악영향을 억제하면서 동상 성분이 제거된다. 이와 같이 처리된 처리실(102)로부터의 광의 강도 신호를 이용해서 에칭량이나 그 종점의 판정에 필요해지는 강도의 변화를 검출함으로써, 당해 검출의 정밀도를 향상할 수 있다.

동상 성분 제거기(206)는, 동상 성분 추정기(205)로 추정되어 송신된 신호가 나타내는 동상 성분 v_t 를 정규화기(203)로부터 송신된 정규화 차분 신호 z_t 에서 뺄에 의해 동상 성분 제거 후 신호 $x_t = z_t - v_t$ 를 산출한다.

적분 처리기(207)에서는, 동상 성분 제거기(206)로부터 송신된 동상 성분 제거 후 신호 x_t 를 시간에 대하여 적산한 적분 신호 $q_t = q_{t-1} + x_t$ 를 산출하여, 파장마다의 시간 파형으로서 출력한다. 이 적분 처리기(307)의 처리는, 차분 산출(301)에서, 차분을 추출해서 처리한 것의 역변환에 상당한다.

본 실시예에서는, 동상 성분 제거 장치(120)에 있어서 차분 검출기(201)로부터 동상 성분 추정기(205)까지에 있어서 실시된 시간 파형의 신호의 처리에서는, 처리 중의 기간의 임의의 시각 t 보다 과거의 시각에 대하여 검출된 간섭광의 강도의 시간 파형의 동상의 성분의 추정이나 그 제거를 한 결과가 시각 t 에 따른 시간 파형의 신호에 있어서의 동상 성분의 추정에 영향을 주지 않는 구성으로 되어 있다. 이 때문에, 동상 성분 제거기(206)가 시각 t 에 따른 시간 파형의 신호로부터 추정된 동상 성분을 제거한 결과가 과거의 시각에 있어서의 당해 동상 성분의 제거의 결과로부터 영향을 받지 않거나, 또는 억제된다.

따라서, 종래의 기술에 있어서 발생하고 있었던, 처리실(102)로부터의 광의 강도가 급격하게 변화한 경우에 이 광의 강도의 변화에 정밀도 좋게 추종해서 이것을 충분히 제거할 수 없고, 장기간에 걸쳐서 트레인을 갖는 아티팩트가 발생한다는 문제가 일어나는 것이 억제되고, 처리실(102) 내 또는 시료(104) 표면으로부터의 미소한 광의 강도의 변화가 아티팩트에 묻혀버려 당해 변화의 검출의 정밀도가 손상되어버리는 문제가 일어나는 것을 억제할 수 있다. 또한, 정규화 차분 신호로부터 동상 성분 기저 벡터의 선형 합을 뺄음으로서, 종래의 기술에서는 비선형의 처리를 행함에 의해 발생하고 있었던 변형의 발생이 억제되어, 상기 미소한 광의 강도의 변화가 비선형의 변형에 묻혀버리는 것이 저감된다.

- [0080] 본 실시예의 에칭 처리의 플로차트를 도 3에 나타낸다. 도 3은, 도 1에 나타내는 실시예에 따른 플라스마 처리 장치가 에칭량을 판정하는 동작의 흐름을 나타내는 플로차트이다.
- [0081] 본 실시예에서는, 플라스마 처리 장치(100)가 시료(104)를 처리하기 전 또는 시료(104)의 표면에 미리 배치된 마스크층과 처리 대상의 막층을 포함하는 막 구조를 에칭 처리하는 처리의 개시 또는 처리 중에 얻어진 데이터를 처리하기 전에, 파라미터를 최초로 설정한다(스텝301). 본 실시예에서는, 운전의 개시 전에 설정하는 구성을 구비하고 있다.
- [0082] 다음으로, 처리실(102) 내에 플라스마가 형성되고 고주파 전원으로부터의 고주파 전력에 의해 시료(104) 표면 위쪽으로 바이어스 전위가 형성되고 시료(104)의 상기 처리 대상의 막층의 에칭 처리가 개시된 후, 처리실(102) 내로부터의 광의 검출이 개시된다(스텝302). 본 실시예에서는, 도 2에 나타낸 바와 같이, 처리실(102) 내로부터의 광을 수광하고 분광해서 얻어진 소정의 복수의 파장의 스펙트럼의 각 파장의 광의 강도의 변화를 샘플링 간격 Δt 의 시각 t 마다 검출한다. 간격 Δt 마다 검출된 복수의 파장의 광 각각의 강도의 신호로부터 그 시간 차분 Δy_n , t 가 차분 계산에 의해 산출된다(스텝303).
- [0083] 다음으로, 얻어진 시간 차분의 신호 Δy_n , t 에 대해서, 시간 평균값 μ_n , t 와 시간 표준 편차값 σ_n , t 와 정규화 차분 신호 z_n , t 가 검출된다(스텝304). 또한, 정규화 차분 신호 z_n , t 가 이용되어 공분산 행렬 R_t 가 각 시각 t 마다 갱신된다(스텝305).
- [0084] 얻어진 공분산 행렬 R_t 에 대해서 주성분 분석이 행해져 당해 상관 행렬에 대응하는 정규 직교 기저를 이루는 기저 벡터 $f_k(k=1, \dots, N)$ 및 각 기저 벡터의 고유값 λ_k 가 산출된다. 또한, 동상성을 대표적으로 나타내는 벡터 b 와 f_k 의 내적의 절대값에 고유값 λ_k 를 곱셈해서 얻어진 c_k 의 강도값의 상위의 기저 벡터를 연결해서 동상 성분 기저 벡터 행렬 P 를 구한다(스텝306).
- [0085] 다음으로, 동상 성분 기저 벡터 행렬 P 와 정규화 차분 신호 z_t 에 의거해서, 동상 성분 v_t 가 추정된다(스텝307). 또한, 동상 성분 v_t 를 정규화 차분 신호 z_t 에서 빼서 제거되어 동상 성분 제거 후 신호 x_t 가 산출된다(스텝308). 그리고, 적분 처리에서 x_t 를 적산하여, 동상 성분이 제거된 임의의 파장의 광의 강도의 변화를 나타내는 시간 파형의 신호로서의 적분 신호 q_t 가 산출된다(스텝309).
- [0086] 이와 같이 해서 얻어진 하나 이상의 파장의 처리실(102) 내로부터의 광의 강도의 변화를 나타내는 시간 파형을 이용해서 에칭량의 판정이 실행되고(스텝310), 원하는 에칭량에 도달했다고 판정된 경우에는, 처리실(102) 내로부터의 광의 검출을 종료함과 함께 플라스마가 소화되어 이것에 의한 시료(104) 표면의 처리 대상의 막층의 에칭 처리가 종료된다(스텝311). 에칭량이 원하는 값에 도달해 있지 않다고 판단된 경우에는, 다음의 당해 막층의 에칭이 계속되고 다음의 시각 $t+\Delta t$ 에 있어서 처리실(102) 내로부터의 광의 검출이 에칭량 검출기(110)에 의해 실시된다.
- [0087] 상기 에칭의 종점이나 에칭량의 판정은, 처리 대상의 막층의 아래쪽의 경계에 접해서 배치된 하(下)막층으로부터의 반응 생성물에 따른 파장의 플라스마로부터의 발광의 강도의 변화를 검출하는 등의 종래로부터 알려진 수단, 방법의 기술을 이용할 수 있다. 또한, 시료(104) 표면에 미리 배치된 복수의 막층을 포함하는 막 구조의 복수의 경계면으로부터의 간섭광의 강도의 변화를 검출하고, 이 검출 결과와 미리 취득된 남은 막두께의 값과 파장을 파라미터로 하는 간섭광의 강도 또는 그 미분값의 값의 패턴을 비교해서 남은 막두께 혹은 초기의 막두께로부터의 에칭량을 검출하는 종래의 기술을 이용할 수 있다.
- [0088] 본 실시예에 있어서의 동상 성분의 검출을 위한 처리실(102)로부터의 광의 검출에서는, 그 검출하는 시간 간격 Δt 는 상기 종점 또는 에칭량에 따른 광의 강도가 변화하는 기간보다 작은 값으로 된다. 예를 들면, 시료(104) 표면으로부터의 간섭광의 강도의 변화를 검출해서 남은 막두께를 검출하는 경우에는, 에칭의 진행에 수반해서 극대, 극소 사이에서 증감하는 변화하는 간섭광의 강도의 변화의 주기, 또는 극대값과 극소값 사이의 기간보다 충분히 작은 것으로 설정된다.
- [0089] 도 4에, 본 실시예에 따른 적분 신호의 시간 파형을 나타낸다. 도 4는, 도 1의 실시예에 있어서 검출되어 동상 성분이 제거된 후의 처리실로부터의 광의 강도의 변화를 나타내는 것으로서 복원한 시간 파형을 나타내는 그래프이다. 본 도면에 나타내는 바와 같이, 도 5에 나타낸 시간 파형과 비교해서 동상 성분이 저감되어 있는 것을 알 수 있다.
- [0090] 또, 본 발명은 상기한 실시예로 한정되는 것은 아니고, 다양한 변형예가 포함된다. 예를 들면, 상기한 실시예는 본 발명을 알기 쉽게 설명하기 위하여 상세히 설명한 것이고, 반드시 설명한 모든 구성을 구비하는 것으로

한정되는 것은 아니다.

[0091] 또한, 어느 실시예의 구성의 일부를 다른 실시예의 구성으로 치환하는 것이 가능하고, 또한, 어느 실시예의 구성에 다른 실시예의 구성을 더하는 것도 가능하다. 또한, 각 실시예의 구성의 일부에 대하여, 다른 구성의 추가·삭제·치환을 하는 것이 가능하다.

[0092] 또한, 상기한 각 구성, 기능, 처리부, 처리 수단 등은, 그들의 일부 또는 전부를, 예를 들면 집적 회로로 설계하는 등에 의해 하드웨어로 실현해도 된다. 또한, 상기한 각 구성, 기능 등은, 프로세서가 각각의 기능을 실현하는 프로그램을 해석하고, 실행함에 의해 소프트웨어로 실현해도 된다. 각 기능을 실현하는 프로그램, 테이블, 파일 등의 정보는, 메모리나, 하드디스크, SSD(Solid State Drive) 등의 기록 장치, 또는, IC 카드, SD 카드, DVD 등의 기록 매체에 둘 수 있다.

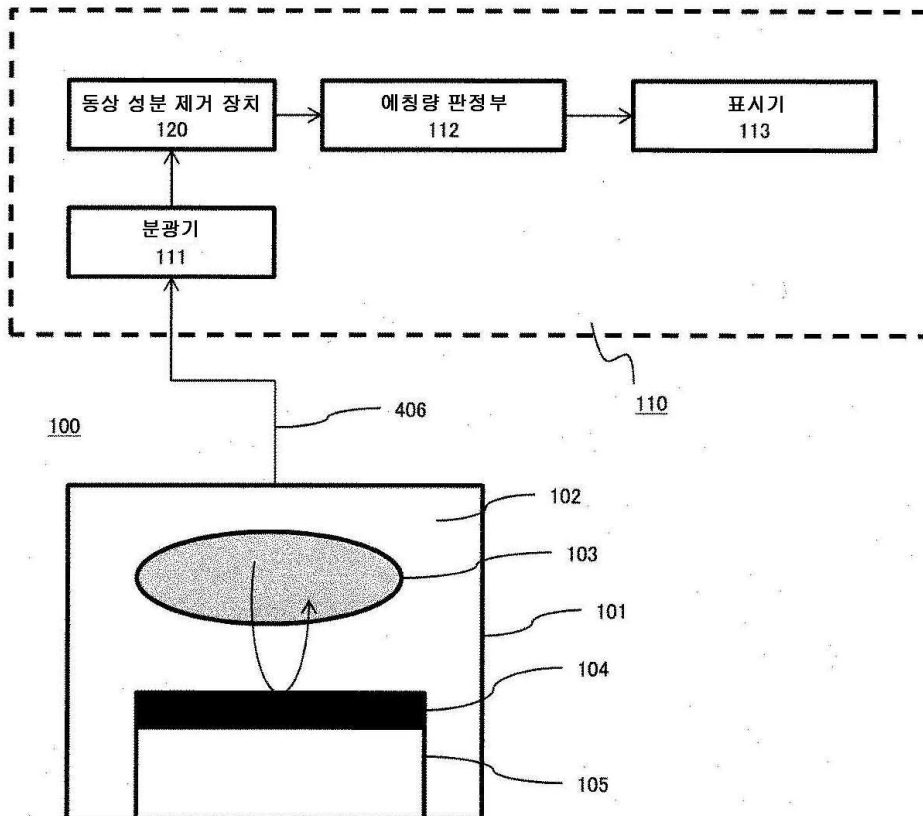
[0093] 또한, 제어선이나 정보선은 설명상 필요하다고 생각되는 것을 나타내고 있고, 제품상 반드시 모든 제어선이나 정보선이 개시된 것이라고는 한정할 수 없다. 실제의 장치에서는, 이것을 구성하는 많은 부품의 개개나 이들을 조합시켜 구성된 한 그룹 유닛끼리가 상호에 접속되어 있다.

부호의 설명

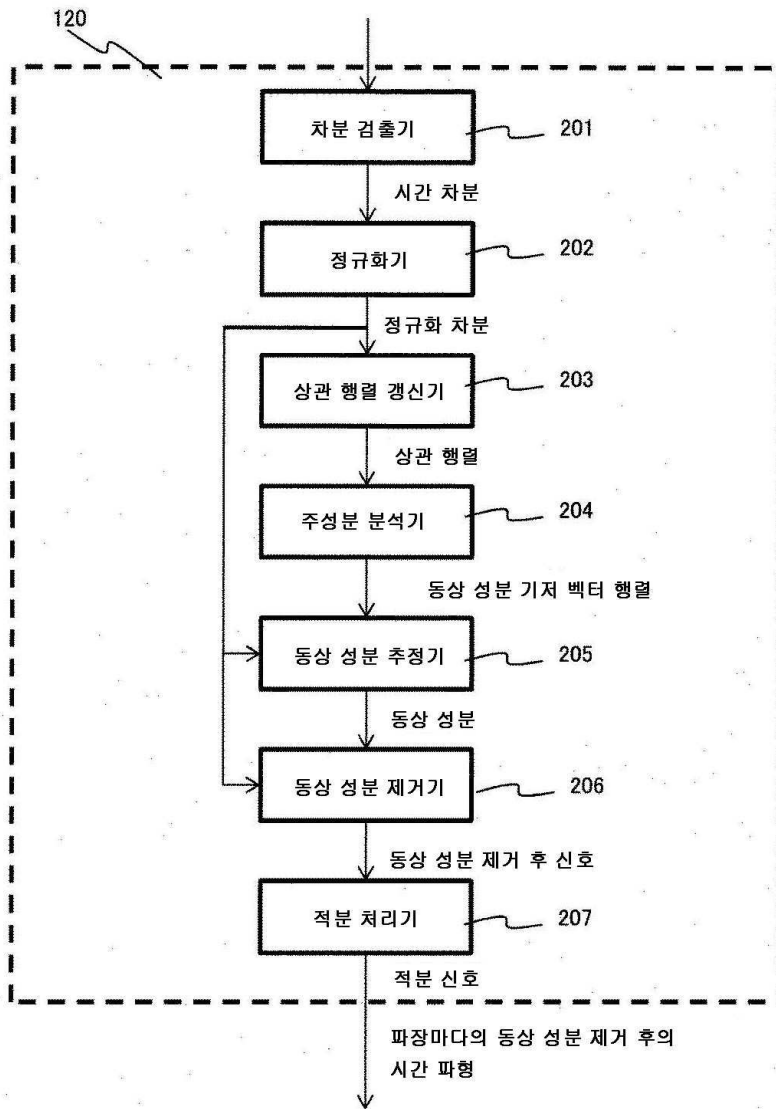
[0094]	100...플라스마 처리 장치	101...진공 용기
	102...처리실	103...플라스마
	104...시료	105...시료대
	106...광파이버	110...예칭량 검출기
	111...분광기	112...예칭량 판정부
	113...표시기	120...동상 성분 제거 장치

도면

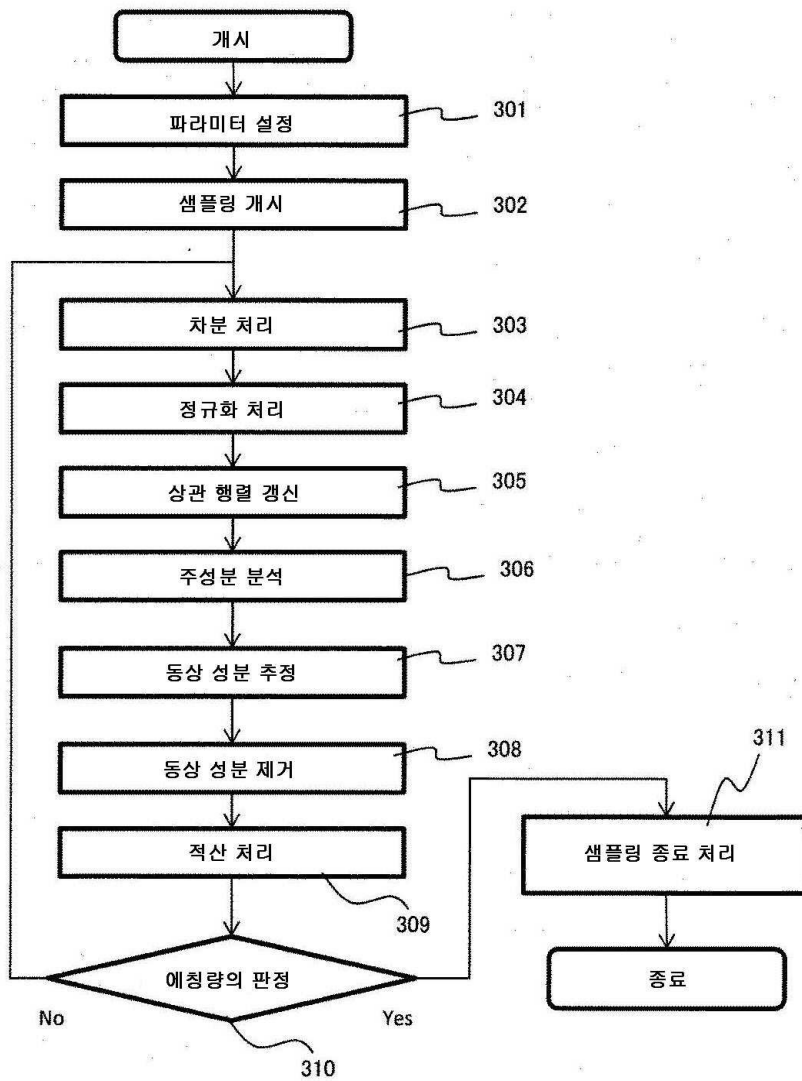
도면1



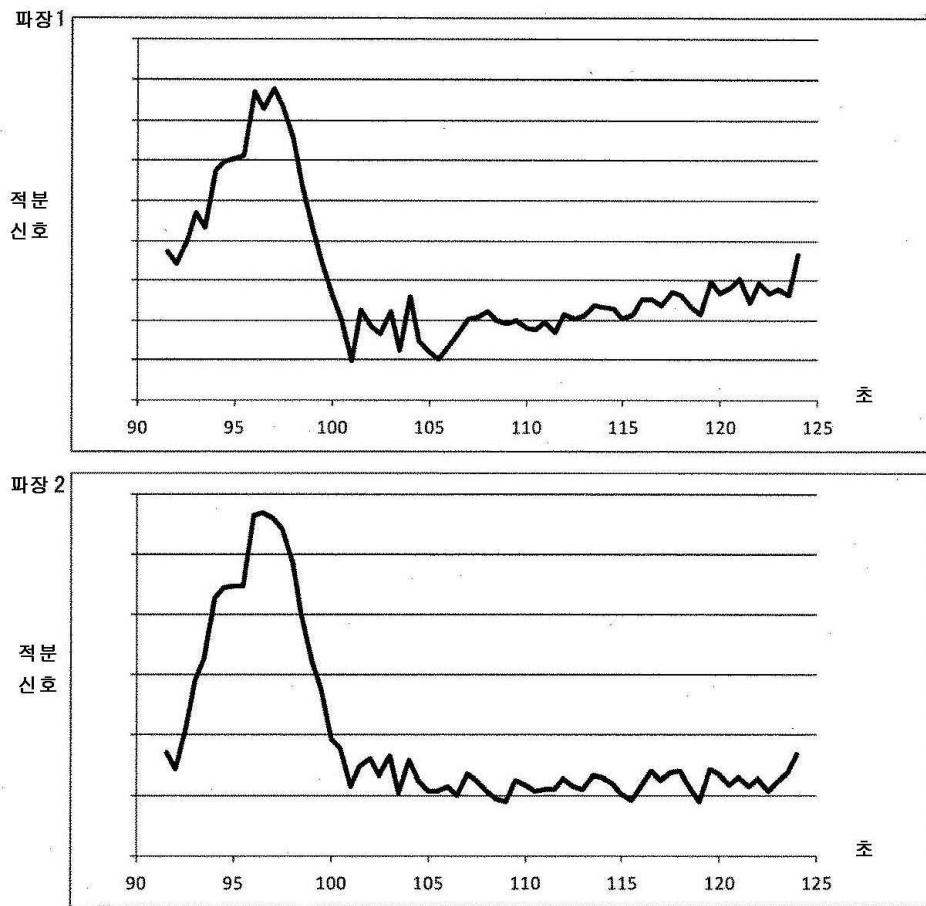
도면2



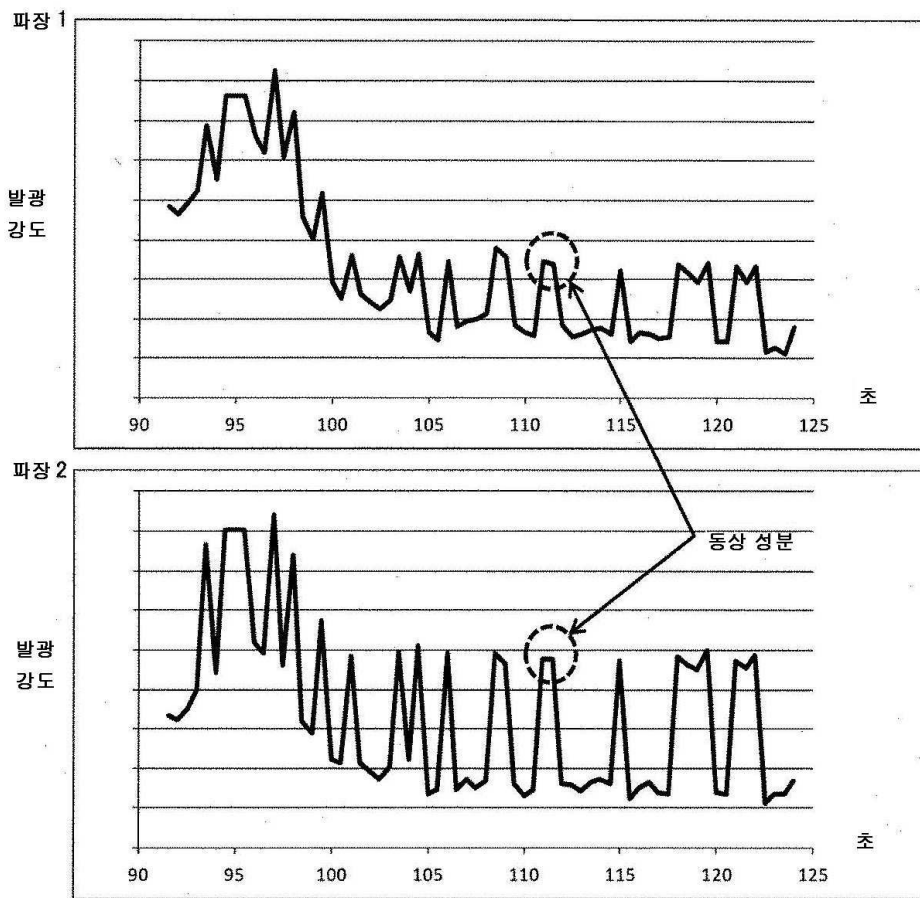
도면3



도면4

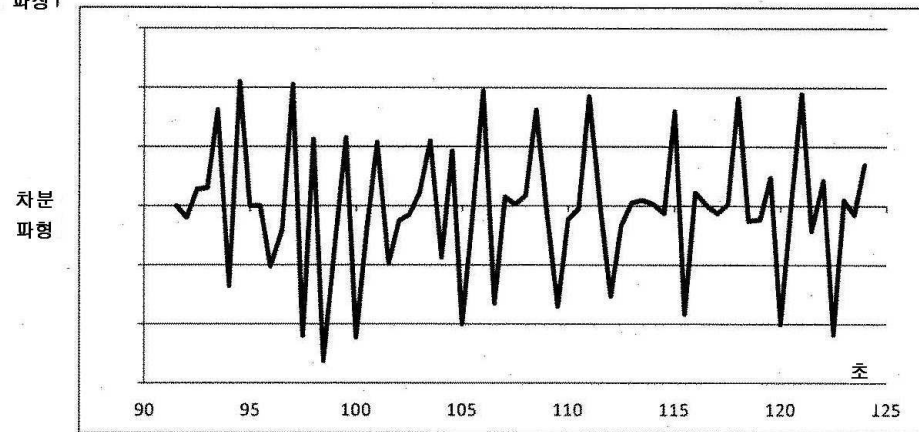


도면5



도면6

파장1



파장2

