



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2016년09월12일
(11) 등록번호 10-1656745
(24) 등록일자 2016년09월06일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 21/3065 (2006.01) H01L 21/66 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2014-0090166
(22) 출원일자 2014년07월17일
심사청구일자 2014년07월17일
(65) 공개번호 10-2015-0010627
(43) 공개일자 2015년01월28일
(30) 우선권주장
JP-P-2013-149020 2013년07월18일 일본(JP)
(56) 선행기술조사문헌
KR1020110084302 A*
JP2001319924 A*
JP2010251813 A*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
가부시키가이샤 히다치 하이테크놀로지즈
일본국 도쿄도 미나토구 니시신바시 1초메 24-14
(72) 발명자
도가미 마사히토
일본국 도쿄도 치요다쿠 마루노우치 1초메 6반 6
고, 가부시키가이샤 히다치 세이사쿠쇼 내
우스이 다데히토
일본국 도쿄도 치요다쿠 마루노우치 1초메 6반 6
고, 가부시키가이샤 히다치세이사쿠쇼 내
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
특허법인(유)화우

전체 청구항 수 : 총 10 항

심사관 : 이정은

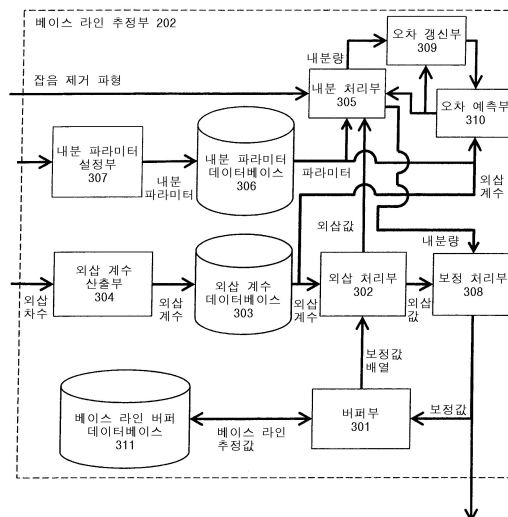
(54) 발명의 명칭 플라즈마 처리 장치 및 플라즈마 처리 장치의 운전 방법

(57) 요약

처리의 수율을 향상시킨 플라즈마 처리 장치 또는 플라즈마 처리 장치의 운전 방법을 제공한다.

처리실 내에서 형성한 플라즈마로부터의 발광의 강도의 변화를 검출하는 검출기와, 이 검출기로부터의 출력을 이용하여 상기 플라즈마의 형성 또는 이 처리실 내에 배치된 웨이퍼를 처리하는 조건을 조절하는 플라즈마 처리 장치에 있어서, 상기 검출기가, 상기 처리 중의 임의의 시각 이전의 복수의 시각에서의 상기 발광의 강도의 신호를 검출하고, 이 검출한 신호로부터 상기 발광의 강도의 긴 주기의 시간 변화의 성분을 제거하여 상기 발광의 강도의 짧은 시간 변화의 성분을 검출하는 것으로서, 검출된 상기 발광의 강도의 짧은 시간 변화에 의거하여 상기 플라즈마의 형성 또는 이 처리실 내에 배치된 웨이퍼를 처리하는 조건을 조절한다.

대표도 - 도3



(72) 발명자

히로타 고사

일본국 도쿄도 치요다구 마루노우치 1초메 6반 6
고, 가부시키가이샤 히타치세이사쿠쇼 내

이노우에 사토미

일본국 도쿄도 미나토구 니시신바시 1초메 24-14,
가부시키가이샤 히다치 하이테크놀로지즈 내

나카모토 시게루

일본국 도쿄도 미나토구 니시신바시 1초메 24-14,
가부시키가이샤 히다치 하이테크놀로지즈 내

명세서

청구범위

청구항 1

진공 용기 내부의 처리실과, 이 처리실 내에서 형성한 플라스마로부터의 특정한 파장의 발광의 강도의 변화를 검출하는 검출기와, 이 검출기로부터의 출력을 이용하여 상기 플라스마의 형성 또는 상기 처리실 내에 배치된 웨이퍼를 처리하는 조건을 조절하는 플라스마 처리 장치에 있어서,

상기 검출기가, 상기 처리 중의 임의의 시각 이전의 복수의 시각에서 검출한 상기 특정한 파장의 발광의 강도의 신호로부터 얻어지는 상기 특정한 파장의 발광의 강도의 변화를 나타내는 시계열의 데이터로부터 노이즈의 성분을 제거하는 제 1 필터와, 상기 노이즈의 성분이 제거된 신호로부터 당해 신호의 소정의 값보다 긴 주기로 시간 변화하는 상기 발광의 강도의 성분을 제거하는 제 2 필터와, 상기 소정의 값보다 긴 주기로 시간 변화하는 성분이 제거된 신호의 상기 소정의 값보다 짧은 주기로 시간 변화하는 성분의 당해 변화에 의거하여 상기 처리의 목표로의 도달을 판정하는 판정부를 포함하고, 이 판정부의 판정의 결과에 의거하여 상기 플라스마의 형성 또는 상기 웨이퍼를 처리하는 조건을 조절하는 플라스마 처리 장치.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 제 2 필터가 무한 임펄스 응답 필터인 플라스마 처리 장치.

청구항 3

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

상기 제 1 필터가 무한 임펄스 응답 필터인 플라스마 처리 장치.

청구항 4

제 2 항에 있어서,

상기 무한 임펄스 응답 필터가 칼만 필터인 플라스마 처리 장치.

청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 제 1 필터가 상기 제 2 필터보다 큰 외삽 차수를 이용한 칼만 필터이고, 상기 제 2 필터가 상기 제 1 필터보다 작은 외삽 차수를 이용한 칼만 필터인 플라스마 처리 장치.

청구항 6

진공 용기 내부의 처리실과, 이 처리실 내에서 형성한 플라스마로부터의 특정한 파장의 발광의 강도의 변화를 검출하는 검출기와, 이 검출기로부터의 출력을 이용하여 상기 플라스마의 형성 또는 상기 처리실 내에 배치된 웨이퍼를 처리하는 조건을 조절하는 플라스마 처리 장치의 운전 방법에 있어서,

상기 검출기가, 상기 처리 중의 임의의 시각 이전의 복수의 시각에서 검출한 상기 특정한 파장의 발광의 강도의 신호로부터 얻어지는 상기 특정한 파장의 발광의 강도의 변화를 나타내는 시계열의 데이터로부터 노이즈의 성분을 제거한 후, 상기 노이즈의 성분이 제거된 신호로부터 당해 신호의 소정의 값보다 긴 주기로 시간 변화하는 상기 발광의 강도의 성분을 제거한 신호로부터 상기 소정의 값보다 짧은 주기로 시간 변화하는 상기 발광의 강도의 성분의 당해 변화를 검출하여 상기 처리의 목표로의 도달을 판정하는 것으로서, 이 판정의 결과에 의거하여 상기 플라스마의 형성 또는 상기 웨이퍼를 처리하는 조건을 조절하는 플라스마 처리 장치의 운전 방법.

청구항 7

제 6 항에 있어서,

상기 노이즈의 성분이 제거된 신호로부터 당해 신호의 소정의 값보다 긴 주기로 시간 변화하는 상기 발광의 강도의 성분을 무한 임펄스 응답 필터를 이용하여 검출하는 플라즈마 처리 장치의 운전 방법.

청구항 8

제 6 항 또는 제 7 항에 있어서,

상기 노이즈의 성분을 무한 임펄스 응답 필터를 이용하여 제거하는 플라즈마 처리 장치의 운전 방법.

청구항 9

제 7 항에 있어서,

상기 무한 임펄스 응답 필터가 칼만 필터인 플라즈마 처리 장치의 운전 방법.

청구항 10

제 6 항에 있어서,

상기 검출기는, 상기 노이즈를 제1 외삽 차수를 이용한 칼만 필터를 이용하여 저감시킨 후, 이 잡음을 저감시킨 신호로부터 상기 소정의 값보다 긴 주기로 시간 변화하는 상기 발광의 강도의 성분을 상기 제1 외삽 차수보다 작은 제2 외삽 차수를 이용한 칼만 필터를 이용하여 검출하여 이것을 저감하는 플라즈마 처리 장치의 운전 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은, 반도체 집적 회로 등 반도체 디바이스를 제조하기 위해 반도체 웨이퍼 등의 기판 형상의 시료 상의 막을 진공 용기 내부의 처리실 내에 형성한 플라즈마를 이용하여 처리하는 플라즈마 처리 장치 및 플라즈마 처리 방법에 관한 것이고, 특히 플라즈마를 이용하여 처리 대상의 막에 대하여 행하는 처리의 종점을 검출하는 플라즈마 처리 장치 및 플라즈마 처리 장치의 운전 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 반도체 디바이스의 미세화에 수반하여, 에칭 처리에 있어서 피(被)에칭 재료의 미약한 막 두께나 반응 생성물의 발생량을 고정밀도로 모니터링하고, 적절한 타이밍에서 종점 검출하는 것이 가능한 기술(EPD: End Point Detection)이 요구되고 있다. 예를 들면, 반도체 웨이퍼의 에칭 종점 검출 방법의 하나로써, 종래부터, 드라이 에칭 처리 중에 플라즈마 중의 대상으로 하는 반응 생성물에 대응하는 특정한 파장을 갖는 발광의 강도의 변화를 검출하고, 이 검출의 결과에 의거하여 특정한 막의 에칭 종점을 검출하는 방법이 알려져 있다.

[0003] 이와 같은 기술에서는 반도체 웨이퍼의 드라이 에칭 처리 중에 있어서, 플라즈마 광에 있어서의 특정 파장의 발광 강도가, 특정한 막의 에칭 진행에 수반하여 변화되므로, 당해 변화의 양을 고정밀도로 검출함으로써 처리의 종점이나 가공의 양, 혹은 처리 대상의 막의 나머지 두께를 검출하는 것이다. 이와 같은 검출에 있어서는, 발광 강도의 데이터에 포함되는 노이즈에 의한 검출 파형의 흔들림이나 불균일에 기인하는 오(誤)검출이나 검출의 정밀도의 저하를 억제하는 것이 요구된다.

[0004] 이와 같은 발광 강도의 변화를 양호한 정밀도로 검출하기 위한 종래의 기술로서는, 예를 들면, 일본 공개특허 특개소61-53728호 공보(특허문헌 1)나 일본 공개특허 특개소63-200533호 공보(특허문헌 2)에 개시된 것이 알려져 있다. 이 특허문헌 1에서는 얻어진 시간 변화에 대한 발광 강도의 변화를 나타내는 데이터에 대하여 이동 평균법에 의해, 또 특허문헌 2에서는 1차의 최소 제곱 근사 처리를 행하여 당해 데이터에 포함되는 노이즈의 저감을 행하고 있다.

[0005] 또, 에칭 시에 발생하는 반응 생성물을, 플라즈마 처리 장치의 진공 용기 내의 처리실 측방으로부터 광(참조 광)을 방사하고 처리실을 통과한 당해 광을 검출기에서 수광하여 반응 생성물의 양의 크기나 분포와 그 변화를 검출하는 것이 알려져 있다. 이 기술에서는, 얻어진 참조 파형의 시간 변화율로부터 반응 생성물을 추정하는 바와 같은 구성을 취한다.

[0006] 한편, 이와 같은 기술은, 개구율이 큰 경우에는 참조 파형의 변화량이 크기 때문에 용이하게 반응 생성물의 검지가 가능하지만, 개구율이 낮아짐에 따라, 참조 파형의 변화량이 작아지고, 변화가 잡음에 묻혀버려, 반응 생성물의 검지가 곤란해진다. 그래서, 특허문헌 1에서는, 파형 중의 잡음을 디지털 필터로 낮추어, 변화를 뚜렷하게 한 후에, 변화를 검출하는 기술이 개시되어 있다. 이 종래 기술에서는, 발광에 관한 데이터의 시간 변화율을 산출할 때에, 변화가 작은 성분은 베이스 라인으로서 제거되게 되기 때문에, 변화의 양이 크고 검출하고자 하는 처리의 변화에 대응한다고 예상되는 성분만을 추출할 수 있다.

[0007] 한편, 이들 종래 기술과 같이, 진공 용기 내의 처리실에 형성한 플라즈마의 방전에 의해 실시되어 있는 에칭 처리 중에 처리의 종점에 도달하였는지의 여부의 판정을 발광 분광법에 의해 행하는 에칭 종점 판정 장치는, 웨이퍼를 처리할 때마다 퇴적물 부착 등에 의해 검출 신호가 약해져서 종점의 검출 또는 판정의 정밀도가 저하되어 버리는 문제가 알려져 있었다. 이와 같은 과제에 대해, 예를 들면, 일본 공개특허 특개소63-254732호 공보(특허문헌 3)에 기재된 바와 같이, 안정된 에칭 종점 검출을 행하기 위해 검출 신호의 게인값, 오프셋값을 변경함으로써 검출 신호를 보정하는 것이 종래부터 알려져 있었다. 또, 일본 공고특허 특공평4-57092호 공보(특허문헌 4)에 기재된 바와 같이, 안정된 에칭 종점 검출을 행하기 위해, 게인, 오프셋 조정 기능을 부가하지 않고, 광전 변환 수단에 포함되는 검출 신호를 설정값으로 조정함으로써 보정을 행하는 것이 알려져 있었다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0008] (특허문헌 0001) 일본 공개특허 특개2000-228397호 공보
(특허문헌 0002) 일본 공개특허 특개소63-200533호 공보
(특허문헌 0003) 일본 공개특허 특개소63-254732호 공보
(특허문헌 0004) 일본 공고특허 특공평4-57092호 공보

발명의 내용

해결하려는 과제

[0009] 상기의 종래 기술에서는, 이하의 점에 대해 고려가 불충분했기 때문에 문제가 생기고 있었다. 즉, 종래의 기술에서는, 처리 대상의 막의 에칭 처리 중에 당해 처리를 일시 중단하고 에칭 속도와 잔막(殘膜) 두께를 검출하며, 그 결과에 의거하여 추가로 에칭 처리에 필요로 하는 시간을 구하고, 이 시간에 따라 보다 그 후의 에칭 처리 혹은 종점의 판정을 행하고 있다.

[0010] 이와 같은 종래 기술에서는, 시료마다 처리 대상의 막 두께에 불균일이 있는 경우에는 이 불균일에 기인하여 목표인 나머지 막 두께의 값까지의 처리에 필요로 하는 시간이 변동되지만, 이 변동에 따라 나머지의 처리의 시간을 증감시켜 정밀하게 처리를 종료시키는 것이 곤란해지고, 가공 후의 잔막 두께가 불균일하여 수율을 저하시켜 버린다는 문제가 야기되고 있었다.

[0011] 또, 상기와 같이, 특허문헌 1의 기술에서는, 발광에 관한 데이터의 시간 변화율을 산출할 때에, 변화가 작은 성분은 베이스 라인으로서 제거되게 되기 때문에, 변화의 양이 크고 검출하고자 하는 처리의 변화에 대응한다고 예상되는 성분만을 추출할 수 있고, 처리의 종점 등의 특징적 변화를 양호한 정밀도로 검출할 수 있다. 그러나, 처리실 내에 형성되는 플라즈마는, 처리실 내에서의 처리의 시간이나 이에 수반하여 생기는 반응 생성물이 처리실 내부에 부착 혹은 퇴적된 양이 증대됨에 수반하여, 그 전위나 발광의 세기 등의 플라즈마의 특성이 변화되는 것이 일반적이다.

[0012] 이와 같은 경시(經時)에 수반하는 플라즈마의 특성의 변화가 완만한 것인 경우에는, 종래의 기술에서는 이것을 충분히 베이스 라인 성분을 제거하는 것은 곤란했다. 혹은, 이와 같은 완만한 변화를 제거하고자 하면, 제거하고자 하는 노이즈의 크기를 당해 완만한 변화의 양을 포함할 만큼 충분한 크기의 것으로 하게 되어, 본래 검출하고자 하는 시간 변화에 수반하는 발광에 관한 데이터 변화를 충분한 정밀도가 얻어질 만큼 큰 것으로서 검출할 수 없게 되고, 검출의 정밀도를 손상시켜버려, 처리의 수율이 손상되어 버린다는 문제에 대해, 상기 종래 기술에서는 고려되고 있지 않았다.

[0013] 본 발명의 목적은, 처리의 수율을 향상시킨 플라즈마 처리 장치 또는 플라즈마 처리 장치의 운전 방법을 제공하는 데에 있다.

과제의 해결 수단

[0014] 상기 목적은, 진공 용기 내부의 처리실과, 이 처리실 내에서 형성한 플라즈마로부터의 특정한 파장의 발광의 강도의 변화를 검출하는 검출기와, 이 검출기로부터의 출력을 이용하여 상기 플라즈마의 형성 또는 상기 처리실 내에 배치된 웨이퍼를 처리하는 조건을 조절하는 플라즈마 처리 장치에 있어서, 상기 검출기가, 상기 처리 중의 임의의 시각 이전의 복수의 시각에서 검출한 상기 특정한 파장의 발광의 강도의 신호로부터 얻어지는 상기 특정한 파장의 발광의 강도의 변화를 나타내는 시계열의 데이터로부터 노이즈의 성분을 제거하는 제 1 필터와, 상기 노이즈의 성분이 제거된 신호로부터 당해 신호의 소정의 값보다 긴 주기로 시간 변화하는 상기 발광의 강도의 성분을 제거하는 제 2 필터와, 상기 소정의 값보다 긴 주기로 시간 변화하는 성분이 제거된 신호의 상기 소정의 값보다 짧은 주기로 시간 변화하는 성분의 당해 변화에 의거하여 상기 처리의 목표로의 도달을 판정하는 판정부를 포함하고, 이 판정부의 판정의 결과에 의거하여 상기 플라즈마의 형성 또는 상기 웨이퍼를 처리하는 조건을 조절함으로써 달성된다.

발명의 효과

[0015] 상기 목적은, 본 발명에서는, 이에 따라, 베이스 라인 성분의 기울기가, 완만하게 변화되는 경우이더라도, 고정밀도로 추종하여, 변화 성분만을 추출하는 것이 가능해진다. 그리고, 추정한 파형으로부터 베이스 라인을 소거함으로써, 변화 성분만을 추출할 수 있어, 처리의 종점의 도달에 특징적인 변화를 양호한 정밀도로 검출할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0016] 도 1은 본 발명의 실시예에 관련된 플라즈마 처리 장치의 구성의 개략을 모식적으로 나타내는 도면이다.
 도 2는 도 1에 나타내는 실시예에 있어서의 변화 강조부의 구성의 개략을 나타내는 블록도이다.
 도 3은 도 1에 나타내는 실시예에 있어서의 베이스 라인 추정부의 구성의 개략을 나타내는 블록도이다.
 도 4는 도 1에 나타내는 실시예에 관련된 검출기의 외삽(外挿) 처리의 흐름을 나타내는 플로우 차트이다.
 도 5는 도 1에 나타내는 실시예에 관련된 검출기의 종점의 검출의 흐름을 나타내는 플로우 차트이다.
 도 6은 도 1에 나타내는 실시예에 관련된 검출기에 의한 검출의 결과의 예를 나타낸 그래프이다.
 도 7은 도 1에 나타내는 실시예의 변형예에 관련된 검출기의 변화 강조부의 구성의 개략을 나타내는 블록도이다.
 도 8은 도 1에 나타내는 실시예의 다른 변형예에 관련된 검출기의 변화 강조부의 구성의 개략을 나타내는 블록도이다.
 도 9는 도 1에 나타내는 실시예의 또 다른 변형예에 관련된 검출기의 베이스 라인 추정부의 구성의 개략을 나타내는 블록도이다.
 도 10은 도 1에 나타내는 실시예의 검출기의 출력의 외삽 차수 N을 파라미터로 한 변화를 나타내는 그래프이다.
 도 11은 도 1에 나타내는 실시예의 검출기의 출력의 O/P를 파라미터로 한 변화를 나타내는 그래프이다.
 도 12는 도 1에 나타내는 실시예의 또 다른 변형예에 관련된 검출기의 변화 강조부의 구성의 개략을 나타내는 블록도이다.
 도 13은 도 12에 나타내는 변형예의 검출기에 있어서의 변화를 포함하는 파형을 이용하여 파라미터를 최적화하는 흐름을 나타내는 플로우 차트이다.
 도 14는 도 12에 나타내는 변형예의 검출기에 있어서의 변화를 포함하지 않는 파형을 이용하여 파라미터를 최적화하는 흐름을 나타내는 플로우 차트이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0017] 이하에, 본 발명의 실시형태를 도면을 이용하여 설명한다.
- [0018] [실시예 1]
- [0019] 이하에, 도 1 내지 도 6을 이용하여, 본 발명의 실시예를 설명한다. 본 발명은, 반도체 웨이퍼 등의 피(被)처리재를 플라즈마를 이용하여 에칭할 때에, 플라즈마의 발광으로부터 검출한 광의 강도의 변화를 나타내는 파형의 장기적인 변화(긴 주기를 갖는 변화, 긴 파장역의 변화)의 경향을 나타내는 데이터나 정보(베이스 라인)를 고정밀도로 추정하고, 얻어진 베이스 라인의 값을 상기 파형으로부터 제거함으로써, 급격하거나 혹은 큰 변화의 성분을 나타내는 데이터나 정보를 검출하는 것이다.
- [0020] 도 1을 이용하여, 본 발명에 관련된 에칭량(마스크재의 잔존 막 두께 또는 실리콘의 에칭 깊이) 측정 장치를 구비한 반도체 소자가 형성되는 반도체 웨이퍼의 에칭 장치인 플라즈마 처리 장치의 전체 구성을 설명한다.
- [0021] 본 실시예의 에칭 장치(플라즈마 처리 장치)(101)는, 내부의 공간의 형상에 맞추어 형상이 원통 형상을 갖는 진공 용기(102)를 구비하고 있고, 그 내부의 공간인 원통 형상을 갖는 처리실에 도시를 생략한 가스 도입 수단으로부터 도입된 에칭 처리용의 가스가 마이크로파 전력 등의 전계 또는 진공 용기의 처리실 외주에 배치된 솔레노이드 등의 자기장 형성을 위한 수단에 의해 공급된 자계에 의해 여기(勵起)되어 처리실 내에 플라즈마(103)가 형성된다. 처리실의 하부에는, 원통 형상을 갖고, 실질적으로 원형의 반도체 웨이퍼 등의 기판 형상의 피처리재의 시료(이하, 웨이퍼)(104)가 그 원형을 갖는 상면에 얹어진 시료대(105)가 배치되며 이 플라즈마(103)에 의해 시료대(105) 상의 웨이퍼(104) 상면에 미리 형성된 복수의 박막의 층이 상하로 적층되어 구성된 막 구조의 처리 대상의 막층이 에칭 처리된다.
- [0022] 본 실시예의 플라즈마 처리 장치(101)는, 처리 중에 플라즈마에 의한 처리의 상태, 특히 에칭의 양(막 구조의 상방의 막을 구성하는 마스크재의 잔존 막 두께나 처리 대상의 막층인 실리콘(폴리실리콘, Poly-Si)의 에칭 깊이)을 검출하는 검출기(112)가 연결되어 배치되어 있다. 이 검출기(112)는, 광 파이버(107)를 개재하여 진공 용기(102) 또는 내부의 처리실과 접속되어 연결되고 처리실 내로부터의 광을 받는 분광기(108)와, 분광기(108)로부터 출력되는 소정의 파장의 상기 광의 강도를 이용하여 당해 광의 강도의 변화를 검출하여 출력하는 변화 강조부(109)와, 변화 강조부(109)로부터의 출력을 이용하여 플라즈마에 의한 대상막의 처리가 종점으로 도달했는지를 판정하는 종점 판정부(110)를 갖고 있다.
- [0023] 본 실시예에서는, 웨이퍼(104)의 처리 중에, 분광기(108)가 갖는 측정용 광원(예를 들면 할로겐 광원)으로부터의 다(多)파장의 방사광(106)이, 광 파이버(107)를 개재하여 진공 용기(102)의 처리실 내에 유도되고, 에칭 시에 생기는 처리실 내 또는 플라즈마 중의 반응 생성물에 수직의 입사각으로 조사된다. 광 파이버(107)의 처리실 측의 선단(先端)부는, 진공 용기의 처리실의 천장면 또는 원통 형상의 측벽의 내면에 배치된 개구 혹은 이들 내측의 처리실에 면한 투광성을 가지는 부재로 구성된 윈도우부와 연결되고, 윈도우 또는 개구를 통하여 광이 처리실의 내부 및 외부의 광 파이버(107)의 선단의 사이에 전달된다.
- [0024] 반응 생성물로부터 반사된 광은, 재차 광 파이버(107)를 개재하여 검출기(112)의 분광기(108)에 유도되고, 검출기에서는, 분광기(108)로부터 얻어진 소정의 파장의 광의 강도의 변화로부터 검출되는 에칭 처리의 상태에 의거하여 종점의 도달의 판정이 행하여진다. 검출기(112)의 변화 강조부(109)에서는, 에칭 처리에 수반하는 반응 생성물의 영향에 의해 발광의 강도의 변화가 생기는 파장의 시간 파형으로부터 플라즈마 또는 처리실 내로부터의 광(발광)의 강도의 변화를 추출하는 부분이다.
- [0025] 종점 판정부(110)에서는, 발광의 강도가 특정한 변화를 나타내면 처리는 종점에 도달한 것으로 판정된다. 이와 같은 발광의 변화의 특정한 변화를 검출한 결과를 이용하는 처리의 종점의 판정은, 종래부터 알려진 기술을 이용할 수 있다. 본 실시예에서는, 발광의 강도의 시간적인 변화(시간의 변화에 대한 발광의 강도의 변화)가 극값을 나타내는, 즉 그 시간에 대한 미분(시간 미분)이 0이 되는(제로 크로스되는) 위치를 산출함으로써 행한다. 이와 같은 처리에 의해 구해진 웨이퍼의 에칭량에 대한 정보는, 검출기(112)로부터 출력되어 플라즈마 처리 장치(101)에 구비된 액정이나 CRT의 모니터 등의 표시기(111)에 의해 표시된다.
- [0026] 본 구성에 있어서의 변화 강조부(109)의 상세한 블록 구성을 도 2에 나타낸다. 도 2는, 도 1에 나타내는 실시예에 있어서의 변화 강조부의 구성의 개략을 나타내는 블록도이다. 본 도면에 있어서, 잡음 제거부(201)에서는, 입력된 발광의 강도의 변화를 나타내는 신호의 파형 중 에칭에 수반하여 형성된 반응 생성물의 영향에 의해 발광의 강도에 변화가 생기는 파장의 시간 파형(시간의 변화에 대한 강도의 변화)으로부터, 이것과 무상관한 백색 잡음의 제거 또는 저감하는 처리를, 검출하는 미리 설정된 샘플링의 시간 간격마다 행한다.

- [0027] 백색 잡음의 제거는, 디지털 필터에 의한 로우 패스 필터를 이용하는 것은 가능하다. 그러나, 시간 파형의 변화의 성분은, 베이스 라인과 비교하여 고주파수이기 때문에, 이 백색 잡음을 효율적으로 제거할 목적으로 로우 패스 필터의 컷오프 주파수를 베이스 라인의 주파수 부근에 설정하면, 시간 파형 중의 변화 성분을 제거해버리게 되어, 이후의 처리에서 목표로 하는 에칭의 양의 변화를 나타내는 발광의 강도의 특정한 성분의 추출이 곤란해져 버린다.
- [0028] 그래서 본 실시예에서는, 잡음 제거부(201)에서는, 무한 임펄스 응답 필터인 칼만 필터(R. E. Kalman, 「A new approach to linear filtering and prediction problems,」 Trans. ASME, J. Basic Eng., vol. 82 D, no. 1, pp. 34-45, 1960.)를 이용하여, 시간의 변화에 무상관한 백색 잡음의 성분을 저감하는 구성을 구비했다. 본 실시예에서는, 에칭에 수반하는 반응 생성물의 영향에 의해 발광 강도의 변화가 생기는 파장의 시간 파형을 상태 방정식
- [0029]
$$X_t = H(X_{t-1}) + u_t$$
- [0030] 에 의해 모델화한다. 여기서, X_t 는, 대상으로 하는 시간 파형 중의 백색 잡음을 포함하지 않는 성분이다. H 는 과거의 상태로부터의 상태 전이 행렬이다. u_t 는, 시간 파형의 시간 변화 성분이다.
- [0031] 또, 실제로 얻어지는 발광의 강도의 시간에 대한 변화(시간 변화)를 Y_t 라고 하고, 백색 잡음을 포함하지 않는 성분과의 사이의 대응 관계를
- [0032]
$$Y_t = C X_t + v_t$$
- [0033] 로 하여 모델화한다. v_t 는 관측 잡음항이라고 불리고, 제거해야 하는 백색 잡음을 모델화한 항이다. C 는 상태 변수(또는 그 선형 결합) 중, 관측되는 성분을 특징하는 출력 행렬이다.
- [0034] u_t 를 0 평균의 가우스 분포로 간주하고, 각 시간마다의 편차의 크기를 나타내는 공분산 행렬을 R_u 라고 한다. 동일하게, v_t 를 0 평균의 가우스 분포라고 간주하고, v_t 의 공분산 행렬을 R_v 라고 한다. R_u 와 R_v 는, 미리 정하는 파라미터로 한다. R_u 는, 1행 1열짜만 σ_s^2 으로 정의되는 값을 갖고, 나머지의 요소는 0이 되는 행렬로서 정의한다.
- [0035] σ_s^2/R_v 가 클수록, 백색 잡음 제거량이 작아지고, 반대로 작을수록, 백색 잡음 제거량이 커진다. 백색 잡음을 포함하지 않는 시간 파형의 추정값을 이하와 같이 구한다.
- [0036] 예측 처리: $X_t|(t-1) = H(X_{t-1}|t-1)$,
- [0037] 필터링 처리: $X_t|t = X_t|(t-1) + K(Y_t - C X_t|t-1)$
- [0038] 여기서, K 는 칼만 게인이라고 불리고, 관측 신호의 정보를 어느 정도, 잡음을 포함하지 않는 시간 파형의 추정값으로 피드백하는지를 제어하는 변수이다. K 는 $K = R_x t|(t-1) C^T (R_v + C R_x t|(t-1) C^T)^{-1}$ 에 의해 구할 수 있다.
- [0039] 여기서, $R_x t|(t-1)$ 은, 각 시간마다의 예측 오차를 의미하고, $R_x t|(t-1) = H R_x(t-1)|(t-1) H^T + R_u$ 가 된다. 또한, $R_x t|t = (I - KC) R_x t|(t-1)$ 에 의해 구해진다. 상기의 흐름은, 모든 변수가 가우스 분포에 따르는 확률 변수라고 간주했을 때의 평균 제곱 오차 최소화 규범(MMSE) 해(解)에 상당하고 있다.
- [0040] 본 실시예에서는, H 의 1행째를, $[2, -1]$, 2행째를 $[1, 0]$ 으로 하는 2행 2열의 행렬로 한다. 이것은, 잡음 제거 후의 파형이 과거 2점으로부터의 직선 근사로 예측할 수 있는 것을 전제로 하고 있는 것에 상당한다. C 는, $[1, 0]$ 의 1행 2열로 함으로써, 잡음 제거 후의 파형이 관측한 시간 파형의 정확히 중앙을 통과하는 신호로서 추정되게 된다.
- [0041] 칼만 필터 후의 신호는, 칼만 스무더에 의한 보정이 실시된다. 칼만 스무더는, 잡음 억압 대상의 시간보다 전의 시간의 신호를 이용하여, 잡음 억압 성능을 높이는 바와 같은 구성을 가리킨다. 칼만 스무더에서는, 현재의 신호를 이하의 흐름으로 보정한다.
- [0042]
$$R_x t|L_t = R_x t|t - A_t(R_x t+1|t - R_x t+1|L_t) A_t^T$$
- [0043]
$$X_t|L_t = X_t|t + A_t(X_{t+1}|L_t - X_{t+1}|t)$$
- [0044]
$$A_t = R_x t|t C^T R_x t+1|t^{-1}$$
- [0045] 여기서, $L_t = t + L$ 은, 시간 t 의 잡음을 저감하는 대상의 신호의 보정에 이용하는 복수의 샘플링 시간의 최대 시간

의 것의 번호(인덱스)로 한다. 즉, 백색 잡음의 제거의 처리 후의 시간 파형이 출력되는 시간이 L의 분만큼 시간의 진행의 방향으로 늦어지게 된다. 잡음 제거부(201)는 칼만 스무더로 보정한 신호를 출력한다.

- [0046] 베이스 라인 추정부(202)는, 잡음 제거부(201)로부터의 출력을 받아 백색 잡음이 제거된 후의 발광의 강도의 시간 파형을 이용하여 반응 생성물의 발생에 수반하는 변화를 포함하지 않는 성분(베이스 라인)을 검출한다. 본 실시예의 베이스 라인 추정부(202)는, 칼만 필터에 의거하는 구성이 되지만, 과거의 상태로부터의 변동을 외삽에 의해 추정할 때에 이용하는 과거의 샘플링 시각의 시점의 수인 외삽 차수 N을, 잡음 제거부(201)의 칼만 필터의 것보다 큰 값(3 이상)으로 설정한다.
- [0047] 이것에 의해, 시간마다 완만하게밖에 기울기가 변화되지 않는 베이스 라인 성분을 더 강조하여 더욱 명확하게 추출한다. N=2의 경우이더라도, Ru와, 관측 잡음의 분산 파라미터 Rv의 비율을, 잡음 제거부(201)의 한 구성으로서 나타낸 칼만 필터보다, 작은 값으로 설정함으로써, 시간마다 완만하게밖에 기울기가 변화되지 않는 베이스 라인 성분을 강조하여 추출하는 것이 가능해진다.
- [0048] 유한의 외삽 차수 N을 이용하여 베이스 라인의 추정을 행함으로써, 시간의 경과와 함께 완만하게 변화되는 베이스 라인의 값은, 그 변화의 비율 혹은 변화율의 시간적인 변동에 추종하면서 높은 정밀도로 검출 또는 추정된다. 또, 발광의 강도의 신호의 베이스 라인의 검출에 이용하는 외삽 차수 N의 크기를 반응 생성물에 기인하는 발광의 변화의 성분의 추출에 이용하는 외삽 차수 N보다 크게 함으로써, 더 긴 주기의 베이스 라인의 변화와 더 짧은 주기의 반응 생성물에 기인하는 발광의 변화를 명확하게 나누어서 검출하고, 그 검출의 정밀도를 향상시킴으로써, 후술하는 종점의 판정 등의 플라즈마의 형성이나 처리의 조건의 변화, 조절이라는 플라즈마 처리 장치(101)의 동작의 제어를 고정밀도로 행할 수 있다.
- [0049] 도 10에 외삽 차수 N을 파라미터로서 변화시킨 경우의 검출기(112)로부터 얻어지는 변화의 추정값의 값의 변화를 나타낸다. 도 10은, 도 1에 나타내는 실시예의 검출기의 출력의 외삽 차수 N을 파라미터로 한 변화를 나타내는 그래프이다. 본 도면에서는, 100초 직후의 변화 성분을, N의 증대에 수반하여 더 크고 명확하게 검출할 수 있는 것을 알 수 있다.
- [0050] 베이스 라인 추정부(202)의 더 상세한 구성을 도 3에 나타낸다. 도 3은, 도 1에 나타내는 실시예에 있어서의 베이스 라인 추정부의 구성의 개략을 나타내는 블록도이다.
- [0051] 본 도면에 나타내는 바와 같이, 베이스 라인 추정부(202)는, 잡음이 제거된 잡음 제거 파형을 수신하여 내분 처리한 결과를 외삽 계수에 의해 보정하여 베이스 라인 추정값으로서 출력함과 함께, 당해 베이스 라인 추정값을 베이스 라인의 데이터베이스에 기억 혹은 저장한다. 먼저, 내분 파라미터 설정부(307)는, 상태 천이 시의 잡음의 분산 파라미터 Ru와, 관측 잡음의 분산 파라미터 Rv를, 설정 파일로부터 판독하거나, 표시기(111) 상에 표시되는 화면에서의 PC의 키보드나 마우스 등의 입출력 수단을 이용한 것 등의 표준적인 유저 인터페이스 기구를 이용하여 설정된다.
- [0052] 그리고, 판독한 Ru, Rv는, 베이스 라인 추정부(202)의 처리를 행하는 컴퓨터 등의 제어용의 장치 상에 있는 메모리나 하드 디스크 등의 기억 영역 내에 설정된 내분 파라미터 데이터베이스(306)에 기억된다. 도 11에, Rv/Ru의 비율의 log10을 취한 값(0/P)을 나타낸다. 0/P가 커질수록, 100초 직후의 변화를 명확하게 검출할 수 있는 것을 알 수 있다.
- [0053] 외삽 계수 산출부(304)에서는, 칼만 필터에 있어서 외삽 처리에 의해 베이스 라인을 추정할 때에, 이용하는 과거의 베이스 라인의 포인트 수(외삽 차수)를 설정 파일로부터 판독하거나 표준적인 유저 인터페이스 기구를 이용하여 설정된다. 여기서, 설정된 차수를 N이라고 한다. 외삽 계수 산출부(304)에서는, 외삽 차수 N에 따라 외삽 계수 G가 산출 혹은 미리 얻어진 복수의 데이터 중으로부터 선택된다.
- [0054] 외삽 계수 G를 추정하는 흐름을 도 4에 나타낸다. 도 4는, 도 1에 나타내는 실시예에 관련된 검출기의 외삽 처리의 흐름을 나타내는 플로우 차트이다.
- [0055] 상기의 유저 인터페이스가 이용되어, 외삽 차수 N이 설정된다(단계 401, 이하 동일). 다음으로, 설정된 외삽 차수 N으로부터, 외삽 계수 G의 산출에 이용하는 1행 2열의 벡터 k가 (N+1, 1)로서 설정된다(402).
- [0056] 다음으로, N행 2열의 행렬 H가, 2열째가 모두 1, 1열째의 n행째가 n이 되도록 설정된다(403). 다음으로, H의 의사 역행렬 H가 $H^+ = H(H^T H)^{-1} H^T$ 이 되도록 산출된다(404).
- [0057] N행 N열의 행렬을 고려하여 당해 행렬의 1행째를 kH로 한다. 그 이외의 행을 0으로 한다(405). 단계 405에

있어서 이와 같이 하여 산출한 행렬을 외삽 계수 G 를 나타내는 행렬 「 G 」로서 출력한다(406).

- [0058] 이와 같이 하여 구한 외삽 계수 G 는, 제곱 오차 최소화의 관점에서 최적이 되는 과거 N 점의 베이스 라인 추정값으로부터 다음의 포인트의 베이스 라인 추정값을 구하기 위한 외삽 곡선의 계수가 된다.
- [0059] 외삽 계수 산출부(304)에서는, 구한 외삽 곡선의 계수 G 를, 상기의 기억 영역 내에 설정된 외삽 계수 데이터베이스(303)에 기억한다. 버퍼부(301)에서는, 보정 처리부(308)로부터 출력되는 시각 t 에서의 베이스 라인의 추정값 $x_t|t$ 를 다른 시각에서 수취할 때마다, 이것을 베이스 라인 버퍼 데이터베이스(311)에 FIFO(Fast In Fast Out)로 송신하여 이것에 기억시킨다. 본 실시예의 베이스 라인 버퍼 데이터베이스(311)는, 적어도 N 점의 베이스 라인 추정값을 유지할 수 있을 만큼의 기억 용량을 갖는 것으로 한다.
- [0060] 또, 버퍼부(301)는, 베이스 라인 버퍼 데이터베이스(311)에 기억된 과거 N 점의 베이스 라인 추정값($x_t|t$, $x_{t-1}|t-1$, ..., $x_{t-N+1}|t-N+1$)을 이용하여, 이들 베이스 라인 추정값을 각 행에 나란히 놓은 벡터 $X_{t-1}|t-1$ 을 생성한다.
- [0061] 외삽 처리부(302)에서는, $X_{t-1}|t-1$ 에 왼쪽으로부터 외삽 계수 G 를 곱한 $X_{t-1}|t-1=GX_{t-1}|t-1$ (외삽값)을 산출한다. $X_{t-1}|t-1$ 의 제 1 행의 값이, t 포인트째에 있어서의 베이스 라인의 예측값이 된다.
- [0062] 내분 처리부(305)에서는, 먼저, 오차 예측부(310)가 추정하는 오차 예측값 $V_{t-1}|t-1$ 로부터, 내분용의 행렬 K (내분량)를 $K=V_{t-1}|t-1C^T(V_{t-1}|t-1+Ru)^{-1}$ 로 하여 산출하고 출력한다. 여기서, C 는 1행 N 열의 벡터이고, 1열째가 1이며, 나머지의 열은 0이 되는 행렬로 한다.
- [0063] 보정 처리부(308)에서는, 내분 처리부(305)가 출력하는 내분량 K 와, 잡음 제거 파형 y_t 로부터, 베이스 라인 추정값 $X_t|t$ 를, $X_t|t=X_{t-1}|t-1+K(y_t-CX_{t-1}|t-1)$ 에 의해 구한다. 그리고, $X_t|t$ 의 1행을 출력한다.
- [0064] 오차 갱신부(309)에서는, 오차 예측부(310)가 출력하는 $V_{t-1}|t-1$ 과, 내분 처리부(305)가 출력하는 K 로부터, 오차 추정값 $V_t|t$ 를, $V_t|t=(I-KC)V_{t-1}|t-1$ 로 하여 산출하고 출력한다. 오차 예측부(310)에서는, 오차 갱신부(309)가 출력하는 $V_t|t$ 를 $V_{t-1}|t-1$ 로 바꿔 읽고, 외삽 처리부(302)가 출력하는 외삽 계수 G 와 내분 파라미터 데이터베이스(306)에 저장되어 있는 내분 파라미터 R_u 로부터, $V_{t-1}|t-1=GV_{t-1}|t-1+G^T R_u$ 로 하여 $V_t|t-1$ 을 구하고 출력한다.
- [0065] 베이스 라인 추정부(202)는, 보정 처리부(308)가 출력하는 베이스 라인 추정값 $x_t|t$ 를 도 2의 뿔셈부(203)으로 출력하고 종료한다. 뿔셈부(203)에서는, 잡음이 제거된 후의 발광의 강도의 시간 변화를 나타내는 신호 y_t 로부터 $x_t|t$ 를 뿔 신호 z_t 를 출력한다. $x_t|t$ 가 베이스 라인 추정값이기 때문에, 신호 z_t 는, 잡음이 제거된 후의 신호 중의 반응 생성물 발생에 수반하는 파형의 변화의 성분을 나타내는 것이 되고, 이것은 베이스 라인보다 주기가 짧은(파장이 긴) 변화의 성분을 더 많은 비율로 포함하는 것이 된다.
- [0066] 잡음 제거부(204)에서는, 잡음 제거부(201)와 동일한 처리에 의해, z_t 중의 백색 잡음을 제거한 신호(변화 성분의 잡음 제거 파형) a_t 를 출력한다. 차분 처리부(205)에서는, $b_t=a_t-a_{t-1}$ 이고, a_t 의 일층 차분값 b_t 를 산출한다. 산출된 값은, 발광의 강도의 신호의 베이스 라인의 성분이 제거된 변화의 성분으로서의 차분값을 나타내고 있다.
- [0067] 또한, 잡음 제거부(206)에서는, b_t 로부터 잡음 제거부(201)에서 행하여지는 처리와 동일하게, 백색 잡음을 제거한 신호가 출력된다. 이 출력의 신호는, 베이스 라인의 성분이 제거된 발광의 강도의 신호의 차분으로서 처리의 진행에 수반하는, 더 주기가(파장이) 짧은 변화인, 처리 대상의 막 혹은 플라즈마 중의 입자 또는 처리실 내부의 상태의 변화가 강조된 신호를 나타내고 있다.
- [0068] 이것이 변화 강조부(109)에 의한 연산의 결과의 출력으로서 출력된다. 변화 강조부(109) 중의 모든 잡음을 제거하는 부분에서 칼만 필터를 이용함으로써, 베이스 라인이 완전한 변동을 가지는 경우이더라도, 그 영향을 강하게 받지 않아 더 명확하게 변화의 성분을 추출할 수 있다.
- [0069] 도 5에서, 본 실시예에 있어서의 종점의 판정을 행하는 처리의 플로우를 기재한다. 도 5는, 도 1에 나타내는 실시예에 관련된 검출기의 종점의 검출의 흐름을 나타내는 플로우 차트이다.
- [0070] 본 도면에 있어서, 먼저 변화 강조부(109)의 내부에서 이용되는 파라미터가 처리 개시 전에 설정된다(단계 501, 이하 동일). 이 설정은, 상기와 동일하게 설정 파일로부터 판독하거나, 표시기(111) 상에 표시되는 화면에서의 PC의 키보드나 마우스 등의 입출력 수단을 이용한 것 등의 표준적인 유저 인터페이스 기구를 이용하여 설정된다.

- [0071] 다음으로, 발광의 강도를 나타내는 신호를 미리 설정된 시간의 샘플링 간격마다 검출하는 샘플링을 개시한다(502). 새로운 신호를 검출할 때마다 그 신호에 대하여 변화 강조 처리를 실행한다(503).
- [0072] 그리고, 종점의 판정의 처리를 실시하여(504), 종점이라고 판정된 경우에 샘플링이 종료된다(505). 종점이라고 판정되지 않은 경우에는, 다음의 샘플링을 행하는 단계로 되돌아가 얻어진 신호의 변화 강조의 처리를 반복한다.
- [0073] 도 6이 본 실시예에 의해, 잡음이나 우측으로 내려간 베이스 라인을 포함한 시간 파형으로부터 변화 성분을 추출한 결과를 나타내는 것이다. 도 6은, 도 1에 나타내는 실시예에 관련된 검출기에 의한 검출의 결과의 예를 나타낸 그래프이다.
- [0074] 이 도면에 나타내는 바와 같이, 수광하여 분광기(108)로부터 출력된 신호의 파형에서는 90초 전후의 변화가 존재한다고 추정되어 있었던 시간대에서의 변화는, 변화 강조부(109)로부터의 출력으로부터는 110초 전후에 변화의 성분으로서 큰 값의 증감으로 하여 얻어지고 있다. 이 도면으로부터, 본 실시예에 의해 원파형(原波形)에서는 불명료했던 변화의 성분을 명확하게 검출할 수 있는 것을 알 수 있다.
- [0075] [변형예 1]
- [0076] 본 발명의 실시예의 변형예에 관련된 변화 강조부(109)의 블록 구성을 도 7에 나타낸다. 도 7은, 도 1에 나타내는 실시예의 변형예에 관련된 검출기의 변화 강조부의 구성의 개략을 나타내는 블록도이다.
- [0077] 본 변형예는, 반응 생성물 발생에 수반하는 시간 파형의 변화를 포함하는 파형(입력 파형)뿐만 아니라, 반응 생성물 발생에 수반하는 시간 파형의 변화를 포함하지 않는 파장의 파형(참조 파형)을 사용하여, 더 고정밀도의 변화의 검출을 행하는 것이다. 도 7에 나타내는 변화 강조부(109)에서는, 입력 파형, 참조 파형의 각각은 잡음 제거부(201)에 입력되어, 잡음 성분이 제거된다.
- [0078] 잡음이 제거된 후의 입력 파형 ct , 참조 파형 dt 라고 하고, 나눗셈부(701)에서는, $et=ct/dt$ 를 산출한다. 나눗셈부(701)로부터의 출력 et 는 잡음 제거부(201)에 입력된다.
- [0079] 출력 et 는, 베이스 라인이 제거되어 있지만, 변화 성분은 사라지지 않고 남는 파형이 된다. 그 밖의 구성은, 도 3에 나타낸 변화 강조부(109)의 구성과 동일하다.
- [0080] [변형예 2]
- [0081] 상기 실시예의 다른 변형예에 대해 도 8을 이용하여 설명한다. 도 8은, 도 1에 나타내는 실시예의 다른 변형예에 관련된 검출기의 변화 강조부의 구성의 개략을 나타내는 블록도이다.
- [0082] 본 도면에 있어서의 변화 강조부의 구성은, 도 7에 기재된 구성과 비교하여, 잡음 제거부(204) 후에 출력하는 변화 성분의 잡음이 제거된 신호에, 한번 더 베이스 라인 추정을 행한 후에 당해 베이스 라인을 제거하는 구성으로 되어 있는 점이 다르다. 즉, 잡음 제거부(204)로부터의 출력은 베이스 라인 추정부(202)에 재차 입력되고, 이제부터 얻어진 출력인 추정값을 잡음 제거부(204)로부터의 출력으로부터 뺄셈함으로써, 변화의 성분을 차분의 값으로서 산출한다.
- [0083] 뺄셈부(203)로부터의 출력은 잡음 제거부(206)에 입력되어, 차분값으로부터 잡음이 제거되어 변화 강조부(109)로부터 출력된다. 이와 같은 구성에 의해, 단순한 차분을 취하지 않고, 상기 베이스 라인 추정을 반복하여 행함으로써, 변화의 성분의 추출을 더 고정밀도로 행하는 것이 가능해진다.
- [0084] [변형예 3]
- [0085] 상기 실시예의 다른 변형예를 도 9를 이용하여 설명한다. 도 9는, 도 1에 나타내는 실시예의 또 다른 변형예에 관련된 검출기의 베이스 라인 추정부의 구성의 개략을 나타내는 블록도이다.
- [0086] 본 도면에 나타내는 본 변형예의 베이스 라인 추정부(202)는, 도 2에 나타내는 베이스 라인 추정부(202)의 구성을 간략화하고 잡음을 저감한 후의 신호를 직접 외삽하여, 다음의 시각의 베이스 라인 추정값으로 하는 구성으로 되어 있다. 즉, 잡음이 제거된 잡음 제거부(201)로부터의 신호를 수신한 버퍼부(301)로부터 출력된 보정값 배열은, 외삽 처리부(302)에 입력되고, 외삽 계수 데이터베이스(303)로부터 얻어진 외삽 계수 G 를 이용하여 외삽값이 산출된다.
- [0087] 외삽 처리부(302)로부터 출력된 외삽값이 베이스 라인의 추정값으로서 베이스 라인 추정부(202)로부터 출력된다. 이와 같은 구성에 의해, 제 1 실시예와 비교하여, 낮은 처리량에서, 베이스 라인을 추정할 수 있다.

[0088] [변형예 4]

[0089] 상기 실시예의 다른 변형예를 도 12 내지 14를 이용하여 설명한다. 도 12는, 도 1에 나타내는 실시예의 또 다른 변형예에 관련된 검출기의 변화 강조부의 구성의 개략을 나타내는 블록도이다.

[0090] 본 도면에 나타내는 구성은, 제 1 실시예에 있어서의 변화 강조부(109)에 있어서, 내분 파라미터 데이터베이스(306)와 외삽 계수 데이터베이스(303)에 기억 또는 격납되는 데이터가, 파라미터 최적화부(1201)에 의해 생성되는 점이 다르다. 파라미터 최적화부(1201)는 변화를 포함한 파형 또는 변화를 포함하지 않는 파형으로부터 베이스 라인 추정부의 파라미터를 추정한다.

[0091] 또, 본 변형예에서는, 부차적으로 잡음 제거부(201)의 제거의 수단으로서 칼만 필터를 이용하는 경우에 당해 칼만 필터의 파라미터도 최적화하는 구성으로 되어 있고, 최적화된 칼만 필터의 파라미터를 잡음 제거부(201)의 파라미터로서 이용하는 바와 같은 구성을 취해도 된다.

[0092] 도 13에, 변화를 포함한 과형으로부터, 파라미터를 최적화할 때의 처리 플로우도를 나타낸다. 도 13은, 도 12에 나타내는 변형예의 검출기에 있어서의 변화를 포함하는 과형을 이용하여 파라미터를 최적화하는 흐름을 나타내는 플로우 차트이다.

[0093] 본 도면에 나타내는 처리의 흐름은, 잡음 제거부(201)의 제거 수단으로서 칼만 필터를 이용하는 것을 전제로 하고 있다. 먼저, 단계 1301(1301, 이하 동일)에서는 각종의 파라미터로서 잡음 제거부(201)의 칼만 필터의 파라미터를 미리 설정한다. 본 변형예에서는, σ_s 와, R_v 라고 했다.

[0094] 다음으로, 변화를 포함한 학습 데이터를 샘플링한다(1302). 이것은, 샘플로서 처리되는 웨이퍼를 예칭 처리 중에 얻어지는 발광으로부터 검출한다. 다음으로, 얻어진 학습 데이터 중의 반응 생성물의 변화를 포함한 구간을 수동으로 라벨링한다(1303).

[0095] 라벨링 후, 학습 데이터 중의 반응 생성물의 변화가 생기기 전의 시간대(변화를 포함하지 않는 구간)에 대하여, 칼만 필터에 의한 잡음 제거를 실시하고, 잡음이 저감된 신호를 얻고(1304), 단계 1304에서 얻어진 잡음이 저감된 신호와, 저감 전의 학습 데이터의 차분을 계산한다.

[0096] 계산한 차분의 시간 상관(1점 전의 시각과의 상관)이 최소값을 취하도록 σ_s 를 변화시킨다(1305). 이것은, 준 뉴턴법(quasi-Newton method) 등의 종래부터 알려진 기술을 이용할 수 있다.

[0097] 다음으로, 학습 데이터의 전체 구간에 대하여, 구한 σ_s 를 이용하여, 칼만 필터에 의한 잡음의 저감을 행한다(1306). 다음으로, 라벨링한 변화를 포함한 구간의 구간 길이(포인트 수)를 계산한다(1307). 계산한 포인트 수의 2분의 1의 값을 베이스 라인 추정부(202)의 N이라고 한다. 그리고, 본 N에 따라, 외삽 계수를 산출한다.

[0098] 변화를 포함한 구간에 있어서, 전의 포인트와의 시간 차분을 산출하고, 산출한 시간 차분의 최대값을 a1이라고 한다(1308). 동일하게 변화를 포함하지 않는 구간에 있어서, 전의 포인트와의 시간 차분을 산출하고, 산출한 시간 차분의 최대값을 a2라고 한다(1309).

[0099] 산출한 베이스 라인 추정부(202)의 칼만 필터의 내분 계수를, $R_v/R_u=a_1^2/a_2^2$ 가 되도록 설정한다(1310). 설정한 내분 계수, 외삽 계수를 출력하고 처리를 종료한다(1311).

[0100] 도 14에, 변화를 포함하지 않는 파형으로부터, 파라미터를 최적화할 때의 처리 플로우도를 나타낸다. 도 14는, 도 12에 나타내는 변형예의 검출기에 있어서의 변화를 포함하지 않는 파형을 이용하여 파라미터를 최적화하는 흐름을 나타내는 플로우 차트이다.

[0101] 본 도면에 나타내는 파라미터의 최적화의 구성과 도 13에 나타낸 것의 차이는, 잡음 제거부(201)의 칼만 필터용의 파라미터 σ_s 와, R_v 뿐만 아니라, 베이스 라인의 N , a_1 을 시뮬레이션에서 생성한 변화를 포함한 과형으로부터 미리 정해 두는(1401) 것이다. 다른 구성은, 도 13에 나타낸 것과 동등하므로, 기재를 생략한다.

부호의 설명

[0102] 101: 예칭 장치 102: 진공 용기

103: 플라즈마 104: 웨이퍼

105: 시료대 106: 방사광

- 107: 광 파이버

108: 분광기

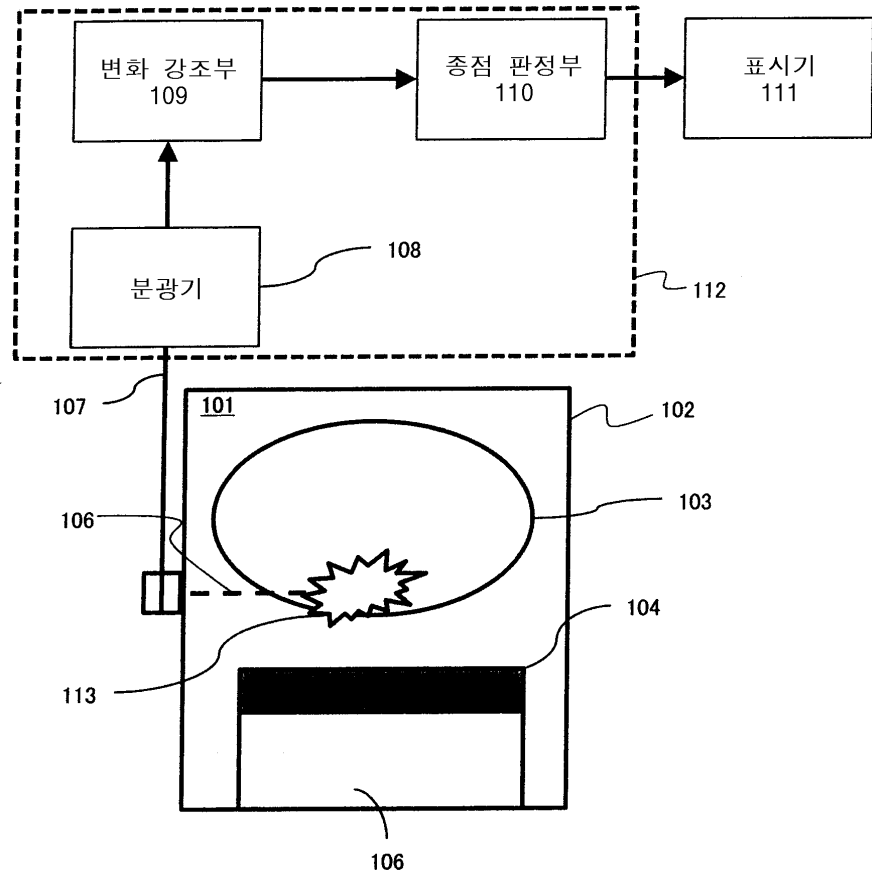
109: 변화 강조부

110: 중점 판정부

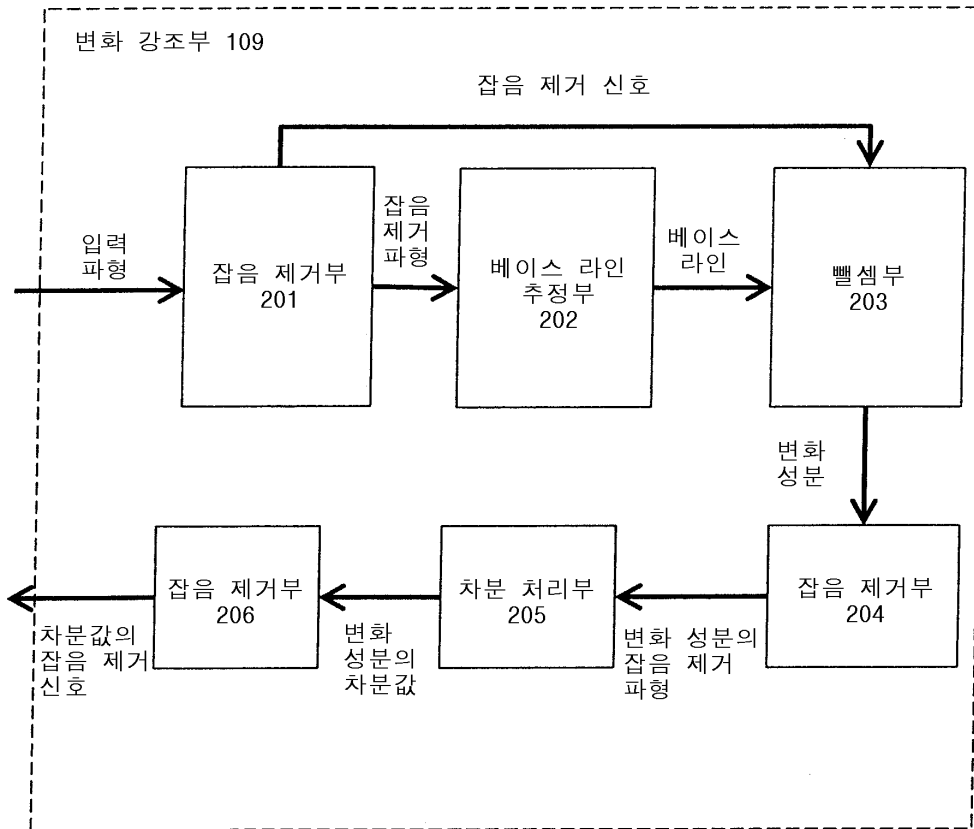
111: 표시기

도면

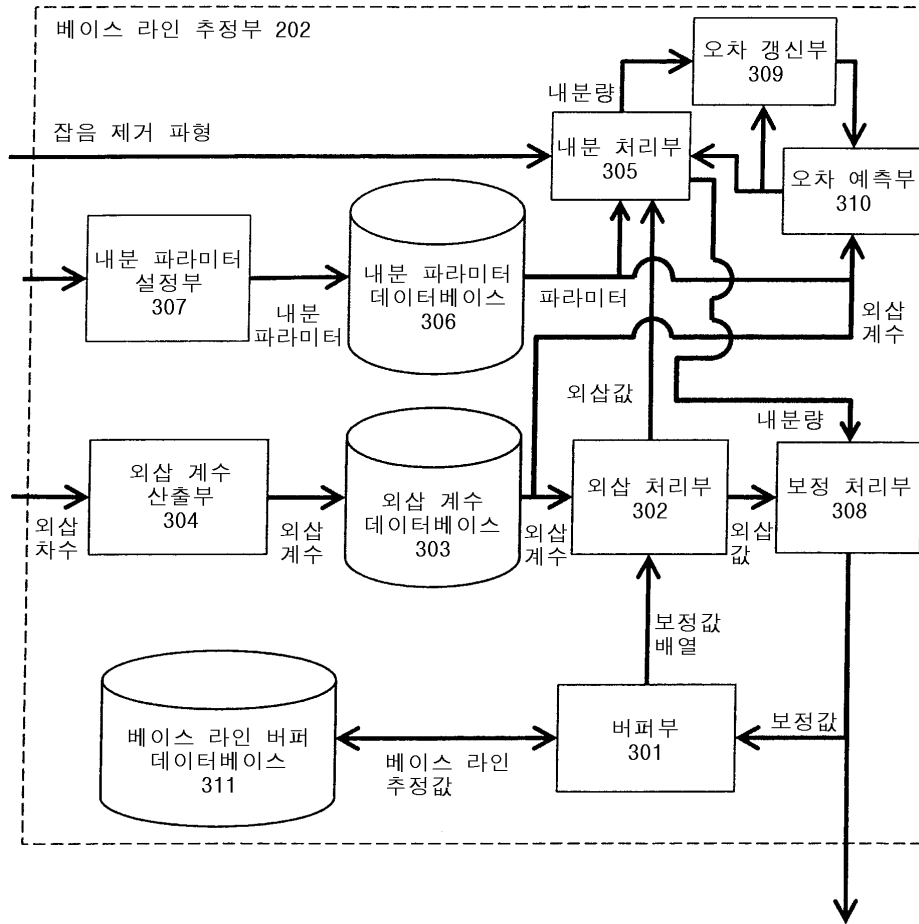
도면1



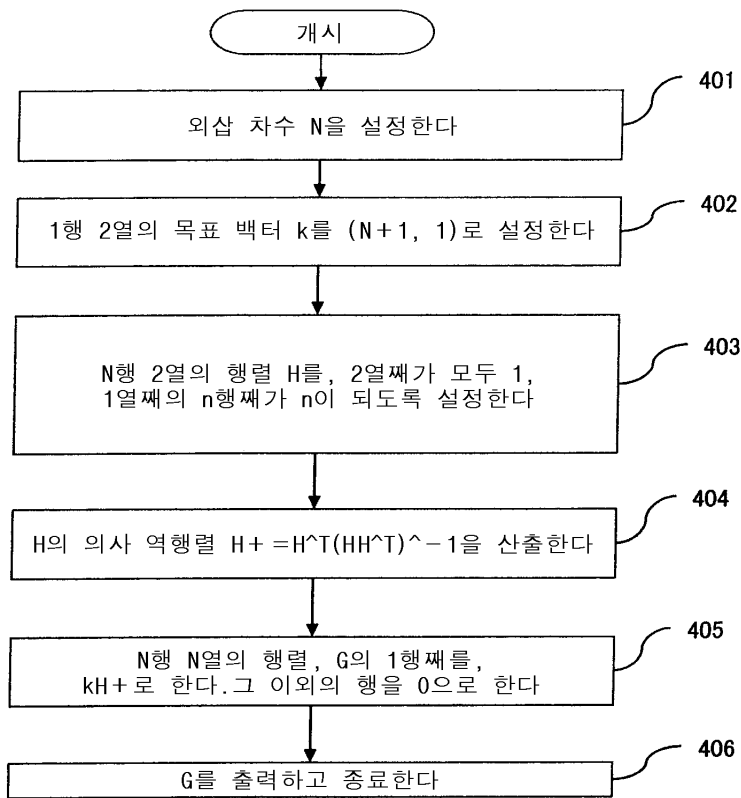
도면2



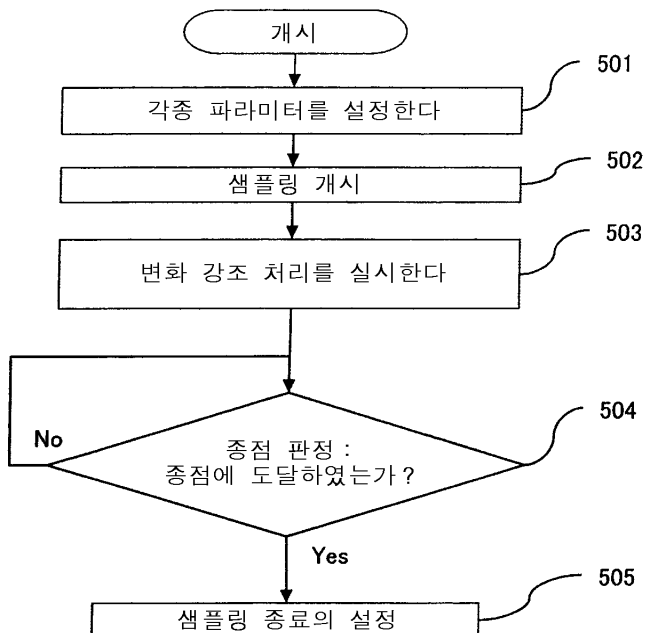
도면3



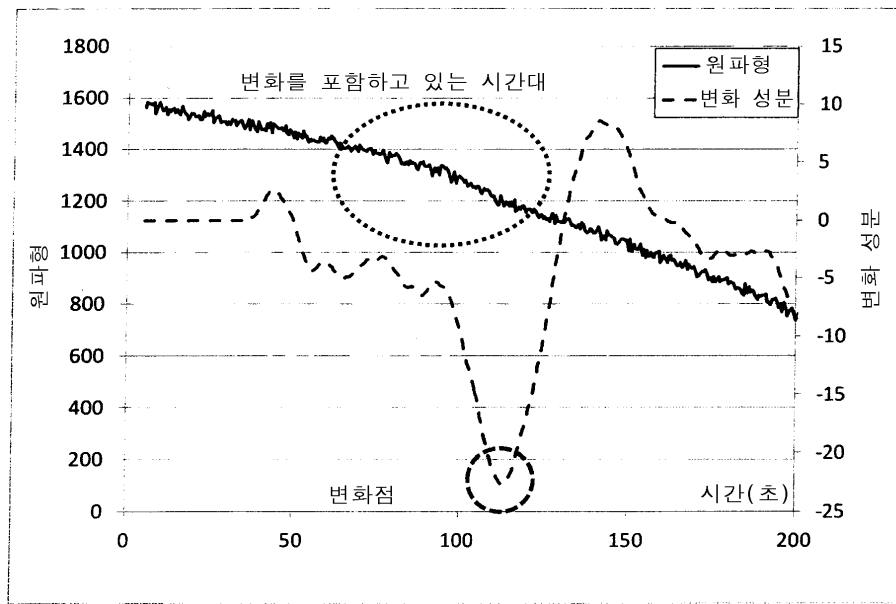
도면4



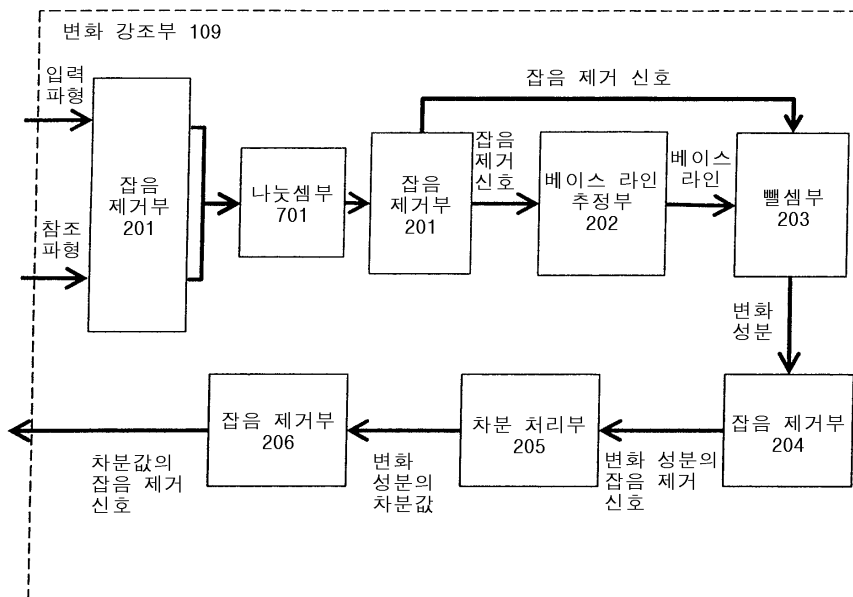
도면5



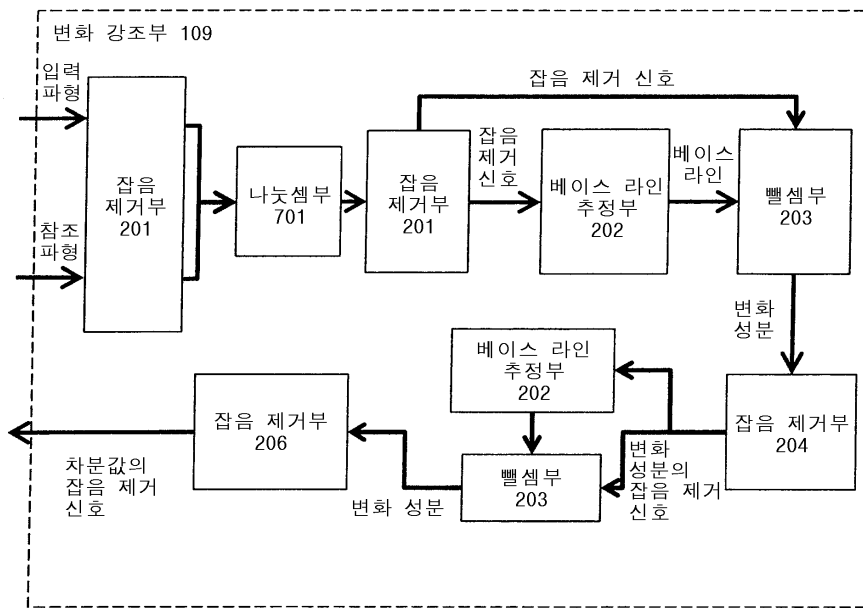
도면6



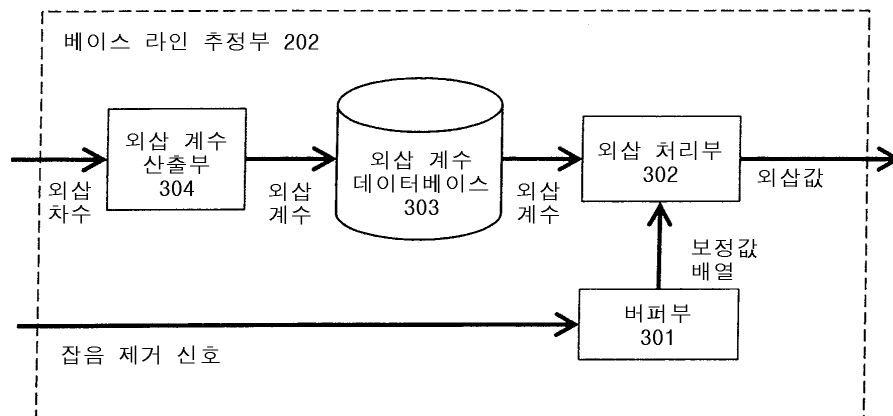
도면7



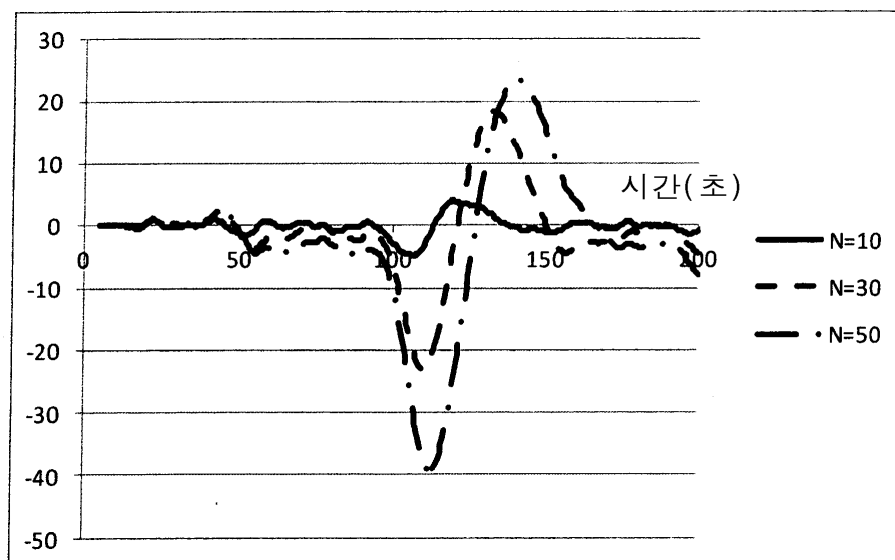
도면8



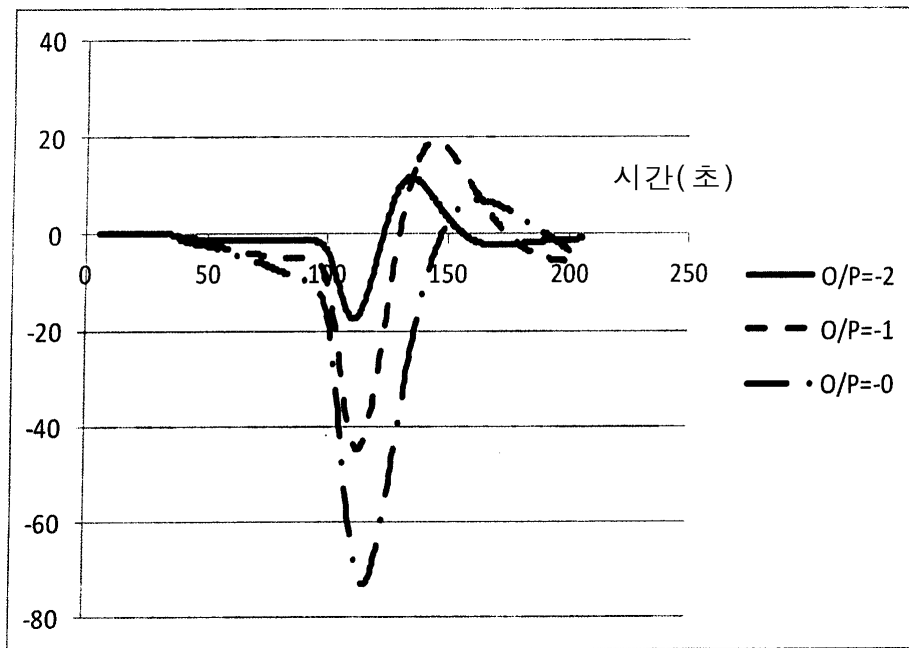
도면9



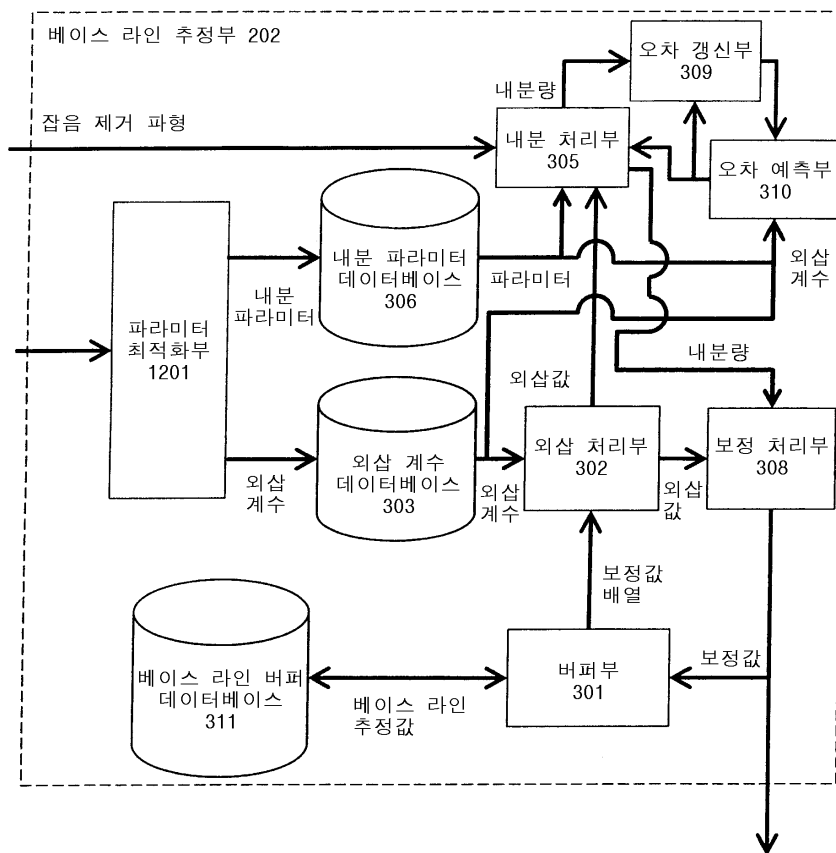
도면10



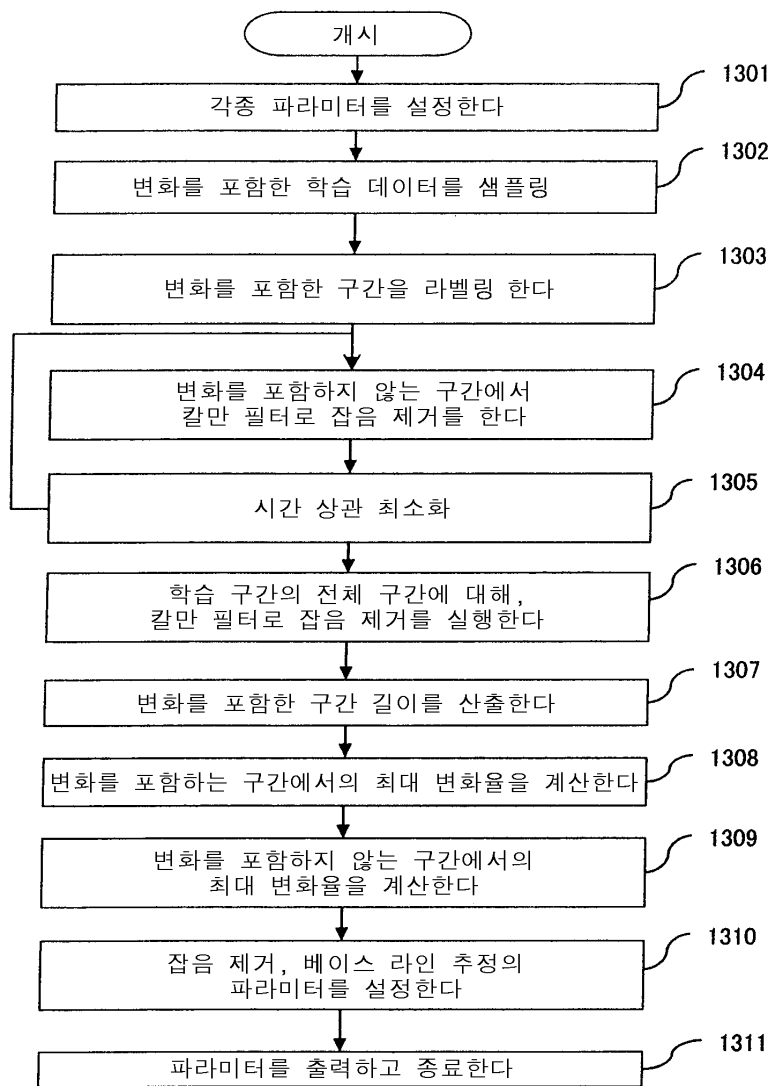
도면11



도면12



도면13



도면14

