



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2016년01월04일
(11) 등록번호 10-1582208
(24) 등록일자 2015년12월28일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 21/3065 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2014-0013273
(22) 출원일자 2014년02월05일
심사청구일자 2014년02월05일
(65) 공개번호 10-2015-0010559
(43) 공개일자 2015년01월28일
(30) 우선권주장
JP-P-2013-149021 2013년07월18일 일본(JP)
(56) 선행기술조사문헌
KR100945889 B1*
US20030043383 A1
US20080216956 A1
US20030085198 A1
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
가부시키가이샤 히다치 하이테크놀로지즈
일본국 도쿄도 미나토구 니시신바시 1쵸메 24-14
(72) 발명자
후쿠치 고스케
일본국 도쿄도 미나토구 니시신바시 1쵸메 24-14,
가부시키가이샤 히다치 하이테크놀로지즈 내
나카모토 시게루
일본국 도쿄도 미나토구 니시신바시 1쵸메 24-14,
가부시키가이샤 히다치 하이테크놀로지즈 내
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
특허법인(유)화우

전체 청구항 수 : 총 6 항

심사관 : 이정은

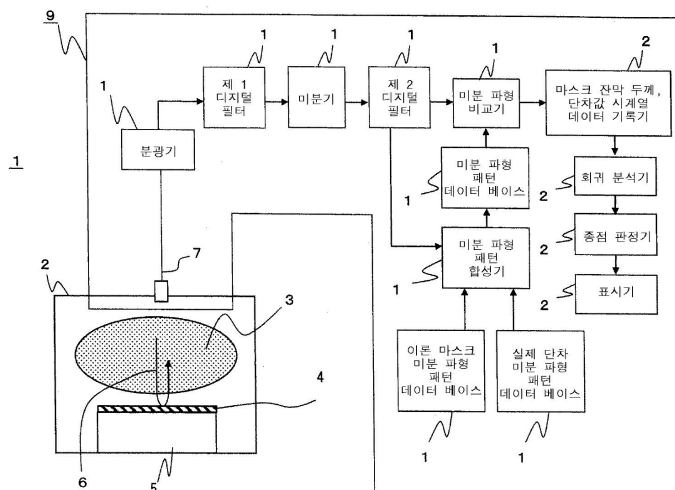
(54) 발명의 명칭 플라즈마 처리 장치 및 플라즈마 처리 방법

(57) 요약

기판상에 형성된 마스크재로부터 영향을 저감하여 에칭량을 고정밀도로 검출할 수 있는 플라즈마 처리 장치 또는 플라즈마 처리 방법을 제공한다.

미리 작성된 상기 복수의 막층 중 적어도 일방의 막으로부터의 파장을 파라미터로 하는 간섭 광 강도의 패턴과 타방의 막으로부터의 광에 대한 파장을 파라미터로 하는 강도의 패턴으로 이용하여 검출된 복수의 패턴과, 상기 처리 대상의 막 처리 중에 검출된 상기 처리실 내로부터의 광 강도의 패턴을 비교하여 얻어지는 차이가 최소가 되는 상기 복수의 패턴 중 하나에 대응하는 막 두께와 목표의 막 두께를 비교하여, 상기 처리 대상의 막 두께의 상기 목표의 막 두께에 도달을 판정하는 플라즈마 처리 장치.

대표도



(72) 발명자

우스이 다테히토

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

이노우에 사토미

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

히로타 고사

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

명세서

청구범위

청구항 1

웨이퍼를 진공 용기 내부의 처리실 내에 배치하고, 상기 웨이퍼 상에 미리 배치된 처리 대상의 막층 및 이 막층 상부에 배치된 마스크층을 포함한 복수의 막층을 가진 막 구조를 상기 처리실 내에 형성된 플라즈마를 이용하여 처리하는 플라즈마 처리 장치에 있어서,

처리 대상의 웨이퍼의 처리 전에 미리 별도의 웨이퍼 상의 상기 막 구조를 처리하여 얻어진 상기 처리 대상의 막으로부터 검출되는 간섭광에 대한 파장을 파라미터로 하는 강도의 패턴과 마스크층으로부터의 간섭광에 대한 파장을 파라미터로 하는 강도의 패턴을 이용하여 합성되어 얻어진 복수의 합성 패턴과, 상기 웨이퍼의 처리 대상의 막 처리 중에 검출된 당해 처리 대상의 막으로부터의 간섭광의 파장을 파라미터로 하는 강도의 패턴을 비교하고, 상기 복수의 합성 패턴 중에서 이들 사이의 차이가 최소가 되는 하나에 대응하는 막 두께를 검출하여, 당해 막 두께와 목표의 막 두께를 비교하여, 상기 처리 대상의 막 두께의 상기 목표의 막 두께로의 도달을 판정하는 플라즈마 처리 장치.

청구항 2

삭제

청구항 3

제 1항에 있어서,

상기 처리 대상의 막 및 마스크층 중 상기 처리 중의 막 두께가 작은 일방의 막층에 대하여, 당해 막으로부터의 간섭광에 대한 상기 파장을 파라미터로 하는 강도의 패턴을 미리 산출하고, 이 미리 산출된 패턴과 상기 처리 대상의 막 및 마스크층 중 타방의 막으로부터의 간섭광에서 얻어지는 상기 파장을 파라미터로 하는 강도의 패턴을 이용하여 상기 복수의 패턴을 작성하는 플라즈마 처리 장치.

청구항 4

제 1항 또는 제 3항에 있어서,

상기 복수의 막 중 상부에 배치된 마스크층이 광을 투과하는 재료로 구성된 플라즈마 처리 장치.

청구항 5

웨이퍼를 진공 용기 내부의 처리실 내에 배치하고, 상기 웨이퍼 상에 미리 배치된 처리 대상의 막층 및 이 막층 상부에 배치된 마스크층을 포함한 복수의 막층을 가진 막 구조를 상기 처리실 내에 형성된 플라즈마를 이용하여 처리하는 플라즈마 처리 방법에 있어서,

처리 대상의 웨이퍼의 처리 전에 미리 별도의 웨이퍼 상의 상기 막 구조를 처리하여 얻어진 상기 처리 대상의 막으로부터 검출되는 간섭광에 대한 파장을 파라미터로 하는 강도의 패턴과 마스크층으로부터의 간섭광에 대한 파장을 파라미터로 하는 강도의 패턴을 이용하여 합성되어 얻어진 복수의 합성 패턴과, 상기 웨이퍼의 처리 대상의 막 처리 중에 검출된 당해 처리 대상의 막으로부터의 간섭광의 파장을 파라미터로 하는 강도의 패턴을 비교하고, 상기 복수의 합성 패턴 중에서 이들 사이의 차이가 최소가 되는 하나에 대응하는 막 두께를 검출하여, 당해 막 두께와 목표의 막 두께를 비교하여, 상기 처리 대상의 막 두께의 상기 목표의 막 두께로의 도달을 판정하는 플라즈마 처리 방법.

청구항 6

삭제

청구항 7

제 5항에 있어서,

상기 처리 대상의 막 및 마스크층 중 상기 처리 중의 막 두께가 작은 일방의 막층에 대하여, 당해 막으로부터의 간섭광에 대한 상기 파장을 파라미터로 하는 강도의 패턴을 미리 산출하고, 이 미리 산출된 패턴과 상기 처리 대상의 막 및 마스크층 중 타방의 막으로부터의 간섭광에서 얻어지는 상기 파장을 파라미터로 하는 강도의 패턴을 이용하여 상기 복수의 패턴을 작성하는 플라즈마 처리 방법.

청구항 8

제 5항 또는 제 7항에 있어서,

상기 복수의 막 중 상방에 배치된 마스크층이 광을 투과하는 재료로 구성된 플라즈마 처리 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 진공 용기 내부의 처리실 내에 배치된 반도체 웨이퍼 등의 기판상의 시료를, 처리실 내에 형성된 플라즈마를 이용하여 처리하는 플라즈마 처리 장치 또는 플라즈마 처리 방법에 관련된 것이며, 특히 시료 표면으로부터의 광을 이용하여 처리 중의 막 두께 혹은 깊이를 판정하면서 처리를 행하는 플라즈마 처리 장치 또는 플라즈마 처리 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 반도체 웨이퍼의 제조에서는, 웨이퍼의 표면에 형성된 여러 가지 재료의 층 및 특히 유전 재료의 층의 제거, 또는 패턴 형성에, 드라이 에칭이 널리 사용되고 있다. 이 드라이 에칭 장치에서는, 진공 용기 내부의 처리실 내에 도입된 처리 가스를 플라즈마화시켜 이온이나 라디칼로 하고, 이 이온이나 라디칼을 웨이퍼와 반응시킴으로써, 웨이퍼의 에칭 가공을 행한다.

[0003] 반도체 웨이퍼의 드라이 에칭 처리에 있어서, 플라즈마 광에 있어서의 특정파장의 발광 강도가, 피처리재(材)의 에칭 진행에 따라 변화한다. 그래서, 반도체 웨이퍼의 에칭 중점 검출 방법 중 하나로서, 종래부터, 드라이 에칭 처리 중에 플라즈마로부터의 특정 파장의 발광 강도의 변화를 검출하고, 이 검출 결과에 의거하여 피처리재가 에칭에 의해 완전히 제거된 에칭 중점을 검출하는 방법이 있다.

[0004] 또한 웨이퍼 상에 마스크재를 도포 후, 예를 들면, 실리콘 기판을 에칭하고, 웨이퍼 상의 소자를 전기적으로 분리하기 위한 홈을 실리콘에 형성하는 공정이 있다. 이 경우, 실리콘 기판을 정해진 깊이량 만큼 에칭하여 처리를 종료시키는 것이 중요하게 된다.

[0005] 이 방법으로서 발광 분광을 이용하여 플라즈마 광을 관측하면, 에칭의 진행에 따라, 실리콘의 깊이가 증가함으로써 분광된 광은, 간섭 파형을 형성하고, 이 간섭 신호를 이용하여 깊이를 측정하는 방법이 있다.

[0006] 특허문헌 1에서는, 외부로부터 기지(既知)의 광을 입사하여, 웨이퍼로부터 반사된 3개의 광 파장을 관측하고, 주파수 해석을 행해, 에칭 깊이를 산출하는 방법이 알려져 있다.

[0007] 특허문헌 2에서는, 플라즈마 광이 피처리재에 의해 반사된 간섭 광을 관측하고, 간섭 파형을 파장 대역(帶域)에 의해 마스크 성분과 단차 성분을 분리시켜, 에칭 깊이를 산출하는 방법이 알려져 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0008] (특허문헌 0001) 일본 공개특허 특개2010-034582호 공보
 (특허문헌 0002) 일본 공개특허 특개2003-83720호 공보

발명의 내용

해결하려는 과제

[0009] 웨이퍼 상에 형성되는 각 소자 간을 분리하기 위해, 실리콘에 작성하는 홈의 깊이를, 정해진 깊이량만큼 에칭하

고, 처리를 종료시키는 것이 중요하다.

- [0010] 그러나 특허문헌 1에서는, 이하의 점에 대하여, 문제가 생기고 있다. 웨이퍼로부터 반사되는 광이 피에칭막(실리콘)의 표층과 에칭 바닥부의 간섭만을 고려하고 있다. 실제로는, 실리콘 상부에 형성된, 예를 들면 레지스트 마스크의 표층으로부터도 반사되기 때문에, 레지스트 마스크의 잔막량을 고려할 필요가 있다. 그 때문에, 이 방식으로는, 피에칭막(실리콘)의 깊이를 정확하게 검출할 수 없다.
- [0011] 또한 특허문헌 2에서는, 이하의 점에 대하여 문제가 생기고 있다. 예를 들면, 모든 파장에서 마스크 성분의 간섭 파형과 단차 성분의 간섭 파형이 겹쳐져 있는 경우, 마스크 성분과 단차 성분을 파장 대역에서 분리할 수 없다. 그 때문에, 이 방식으로는, 피에칭막(실리콘)의 깊이를 정확하게 검출할 수 없는 경우가 있다.
- [0012] 본 발명의 목적은, 기관상에 형성된 마스크재로부터 영향을 저감하여 에칭량을 고정밀도로 검출할 수 있는 플라즈마 처리 장치 또는 플라즈마 처리 방법을 제공하는 것에 있다.

과제의 해결 수단

- [0013] 상기 목적은, 웨이퍼를 진공 용기 내부의 처리실 내에 배치하고, 상기 웨이퍼 상에 미리 배치된 처리 대상의 막층 및 이 막층 상부에 배치된 마스크층을 포함한 복수의 막층을 가진 막 구조를 상기 처리실 내에 형성된 플라즈마를 이용하여 처리하는 플라즈마 처리 장치에 있어서, 처리 대상의 웨이퍼의 처리 전에 미리 별도의 웨이퍼상의 상기 막 구조를 처리하여 얻어진 상기 처리 대상의 막으로부터 검출되는 간섭광에 대한 파장을 파라미터로 하는 강도의 패턴과 마스크층으로부터의 간섭광에 대한 파장을 파라미터로 하는 강도의 패턴을 이용하여 합성되어 얻어진 복수의 합성 패턴과, 상기 웨이퍼의 처리 대상의 막 처리 중에 검출된 당해 처리 대상의 막으로부터의 간섭광의 파장을 파라미터로 하는 강도의 패턴을 비교하고, 상기 복수의 합성 패턴 중에서 이들 사이의 차이가 최소가 되는 하나에 대응하는 막 두께를 검출하여, 당해 막 두께와 목표의 막 두께를 비교하여, 상기 처리 대상의 막 두께의 상기 목표의 막 두께로의 도달을 판단한다. 에칭 처리 중에 반도체 웨이퍼의 표면으로부터 얻어지는 간섭 광의 복수의 파장 각각에 대하여 시간 미분을 구하고, 간섭 파형의 미분값의 패턴을 구해, 그 패턴과 합성 파형 패턴을 비교하여, 피처리재의 깊이값을 정밀하게 검출하도록 한 것이다.

발명의 효과

- [0014] 피처리재의 위에 형성된 마스크재의 영향을 고려하여, 정확하게 피처리재의 깊이값을 검출할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0015] 도 1은, 본 발명의 실시예에 관련된 플라즈마 처리 장치의 구성의 개략을 모식적으로 나타낸 도면이다.
- 도 2는, 도 1에 나타낸 실시예에 관련된 플라즈마 처리 장치가 처리를 행하는 막 구조의 구성을 모식적으로 나타낸 종단면도이다.
- 도 3은, 도 1에 나타낸 실시예에 관련된 플라즈마 처리 장치가 행하는 처리의 흐름을 나타낸 플로우 차트이다.
- 도 4는, 도 1에 나타낸 실시예에 관련된 플라즈마 처리 장치에 있어서 도 2에서 나타낸 막 구조를 처리할 때에 취득된 파장을 파라미터로 하는 간섭 광 강도의 데이터를 나타낸 그래프이다.
- 도 5는, 도 1에 나타낸 실시예에 관련된 플라즈마 처리 장치에 있어서의 패턴을 작성하는 흐름을 나타낸 플로우 차트이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0016] 본 발명의 실시형태를, 도면을 이용하여 이하에 설명한다.
- [0017] 본 발명의 실시예 1을 도 1부터 도 5를 이용하여 이하에 설명한다.
- [0018] 도 1은, 본 발명의 실시예에 관련된 플라즈마 처리 장치의 구성의 개략을 나타낸 종단면도이다.
- [0019] 본 실시예의 플라즈마 처리 장치(1)는, 진공 용기(2)와, 깊이 모니터 장치(9)를 구비하고 있다. 진공 용기(2)는, 그 내부에 도시(圖示)를 생략한 가스 도입 수단으로부터 도입된 에칭 가스가 마이크로파 전력 등에 의해 분해되어 플라즈마(3)가 되고, 이 플라즈마(3)에 의해 시료대(5) 상의 반도체 웨이퍼 등의 피처리재(4)가 에칭된다.

[0020] 본 실시예의 깊이 모니터 장치(9)는, 광 파이버(7)와, 분광기(10)와, 제 1 디지털 필터(11)와, 미분기(12)와, 제 2 디지털 필터(13)와, 미분 파형 비교기(14)와, 미분 파형 패턴 데이터 베이스(15)와, 미분 파형 패턴 합성기(16)와, 이론 마스크 미분 파형 패턴 데이터 베이스(17)와, 실제 단차 미분 파형 패턴 데이터 베이스(18)와, 마스크 두께값, 단차값 시계열 데이터 기록기(21)와, 회귀(回歸) 분석기(22)와, 중점 판정기(23)와, 표시기(24)를 구비하고 있다.

[0021] 또한, 도 1은, 깊이 모니터 장치(9)의 기능적인 구성을 나타낸 것이며, 광 파이버(7)와 분광기(10)와 표시기(24)를 제외한 깊이 모니터 장치(9)의 실제의 구성은, CPU나, 마스크재 잔존 막 두께 측정 처리 프로그램 또는 실리콘의 에칭 깊이 측정 처리 프로그램이나 간섭 광의 미분 파형 패턴 데이터 베이스(15)나, 이론 마스크 미분 파형 패턴 데이터 베이스(17)나, 실제 단차 미분 파형 패턴 데이터 베이스(18) 등의 각종 데이터를 유지한 ROM 이나 측정 데이터 유지용의 RAM 및 외부 기억 장치 등으로 이루어지는 기억 장치, 데이터의 입출력 장치 및 통신 제어 장치에 의해 구성할 수 있다.

[0022] 피처리재(4)로부터의 간섭 광은 광 파이버(7)를 통해 깊이 모니터 장치(9)의 분광기(10)에 유도되며, 그 상태에 의거하여 실리콘의 에칭 깊이 측정 또는 마스크재의 잔존 막 두께 측정이나 에칭 처리의 중점 판정의 처리를 행한다.

[0023] 분광기(10)에서는, 입사한 플라즈마 광은 분광되고, 다파장의 간섭 광의 발광 강도는, 각각 특정 파장마다 발광 강도에 따른 전류 검출 신호가 되어 전압 신호로 변환된다. 분광기(10)에 의해 샘플링 신호로서 출력된 복수의 특정 파장(j개)의 신호는, 시계열 데이터(yi, j)로서 도시를 생략한 RAM 등의 기억 장치에 수납된다.

[0024] 시각(i)에 있어서의 시계열 데이터(yi, j)는 다음에, 제 1 디지털 필터 회로(11)에 의해 평활화(平滑化) 처리되며 평활화 시계열 데이터(Yi, j)로서 도시를 생략한 RAM 등의 기억 장치에 수납된다.

[0025] 이 평활화 시계열 데이터(Yi, j)를 기초로, 미분기(12)에 의해 미계수값(1차 미분값 혹은 2차 미분값)의 시계열 데이터(di, j)가 산출되며, 도시를 생략한 RAM 등의 기억 장치에 수납된다.

[0026] 미계수값의 시계열 데이터(di, j)는, 제 2 디지털 필터 회로(13)에 의해, 평활화 처리되며 평활화 미계수 시계열 데이터(Di, j)로서 도시를 생략한 RAM 등의 기억 장치에 수납된다. 그리고, 이 평활화 미계수 시계열 데이터(Di, j)로부터 간섭 광 강도의 미분값의 파장 의존성을 나타내는(파장(j)을 파라미터로 한다) 실제 패턴이 구해진다.

[0027] 여기에서, 평활화 미계수 시계열 데이터(Di)의 산출에 대하여 설명한다. 디지털 필터 회로(12)로서는, 예를 들면 2차 버터워스(Butterworth)형의 로우 패스 필터를 이용한다. 2차 버터워스형의 로우 패스 필터에 의해 평활화 시계열 데이터(Yi)는 식 (1)에 의해 구해진다.

$$Y_i = \frac{b_1 \cdot y_i + b_2 \cdot y_{i-1} + b_3 \cdot y_{i-2}}{a_1 + a_2 \cdot Y_{i-1} + a_3 \cdot Y_{i-2}} \quad \dots (1)$$

[0029] 여기에서 계수 a, b는 샘플링 주파수 및 컷오프 주파수에 의해 수치가 다르다. 또한 디지털 필터의 계수값은 예를 들면 a2 = -1.143, a3 = 0.4128, b1 = 0.067455, b2 = -0.013491, b3 = 0.067455(샘플링 주파수 10Hz, 컷오프 주파수 1Hz)이다.

[0030] 2차 미계수값의 시계열 데이터(di)는 미분기(13)에 의해 5점의 시계열 데이터(Yi)의 다항식 적합 평활화 미분법을 이용하여 식 (2)로부터 이하와 같이 산출된다.

$$d_i = \sum_{j=-2}^{j=2} w_j \cdot Y_{i+j} \quad \dots (2)$$

[0032] 여기에서 중량 계수(w)에 관하여 w-2=2, w-1=-1, w0=-2, w1=-1, w2=2이다.

[0033] 상기 미계수값의 시계열 데이터(di)를 이용하여 평활화 미계수 시계열 데이터(Di)는 디지털 필터 회로(14)로서는, 예를 들면 2차 버터워스형 로우 패스 필터에 의해 식 (3)으로부터 이하와 같이 산출된다.

$$D_i = \frac{b_1 \cdot d_i + b_2 \cdot d_{i-1} + b_3 \cdot d_{i-2}}{a_1 + a_2 \cdot D_{i-1} + a_3 \cdot D_{i-2}} \quad \dots (3)$$

[0035] 한편, 미분 파형 패턴 데이터 베이스(15)에는, 미리 에칭된 간섭 패턴과 이론 마스크 패턴으로 작성된 상기 각

과장에 대한 간섭 광 강도의 미분 파형 패턴 데이터 베이스 $Dg(k, m)(15)$ 가 설정되어 있다.

- [0036] 미분 파형 패턴 데이터 베이스 $Dg(k, m)(15)$ 는 이론 마스크 미분 파형 패턴 데이터 베이스 $Dm(1)(17)$ 과, 실제 단차 미분 파형 패턴 데이터 베이스 $Ds(1)(18)$ 를, 미분 파형 패턴 합성기(16)에 의해 합성하여 얻어진다. 또한, 미분 파형 패턴 데이터 베이스 $Dg(k, m)(15)$ 와, 이론 마스크 미분 파형 패턴 데이터 베이스 $Dm(1)(17)$ 과, 실제 단차 미분 파형 패턴 데이터 베이스 $Ds(1)(18)$ 는, 도시를 생략한 RAM 등의 기억 장치에 수납된다. 여기에서 k, m 은 임의의 시각을 나타내는 변수이다.
- [0037] 이론 마스크 미분 파형 패턴 데이터 베이스(17)와 실제 단차 미분 파형 패턴 데이터 베이스의 작성 방법에 대해서는 도 5를 이용하여 후술한다. 미분 파형 패턴 합성기(16)에서는, $Dm(1)$ 과 $Ds(1)$ 를 가산하여 조합한 미분 파형 패턴을 가지고 있다.
- [0038] 구체적으로는 $Dg(0, 0)=Dm(0)+Ds(0)$, $Dg(0, 1)=Dm(0)+Ds(1)$, $Dg(0, 2)=Dm(0)+Ds(2)$, ..., $Dg(0, 1)=Dm(0)+Ds(1)$, $Dg(1,0)=Dm(1)+Ds(0)$, ..., $Dg(1, 1)=Dm(1)+Dg(1)$
- [0039] 의 패턴을 작성한다. 본 실시예는, 상기의 패턴을, 막 두께를 판정하려고 하는 시계열의 임의의 시각(t)을 포함한 복수의 시각의 열 {1}의 각각에 대응하는 $Dm(1)$ 및 $Ds(1)$ 의 패턴 데이터 각각을 조합하여 작성한다.
- [0040] 본 실시예에서는, 당해 합성 패턴의 작성에 사용하는 1의 범위로서, 예를 들면 막 두께를 판정하려고 하는 시계열의 현재의 시각(t)으로부터 양방향 및 음방향에 모든 처리 시간의 10%의 범위의 것을 선택한다. 이 Dg 는 $(1+1) \times (1+1)$ 의 패턴을 미리 메모리 상에 유지해 두어도 되고, 각 샘플링으로 예칭의 깊이량에 대응한 부근의 Dg 만을 유지하고 있어도 된다.
- [0041] 미분 파형 비교기(14)에서는 상기 미분 파형 패턴 데이터 베이스 $Dg(15)$ 와 현재 구해진 평활화 미계수 시계열 데이터(Di, j)가 비교되며 현재의 패턴과 가장 가까운 $Dg(k, m)$ 를 구한다. 이 k, m 에 의해 현재의 마스크 두께값 및 단차값이 결정되며, 마스크 두께값, 단차값 시계열 데이터 기록(21)에 이 값을 보존한다. 또한 결정된 마스크 두께값을 순시(瞬時) 마스크 두께값으로 부르고, 단차값을 순시 단차값으로 부른다. 여기에서 얻어진 순시 마스크 두께값을 Mi 로 하고, 순시 단차값을 Si 로 한다.
- [0042] 회귀 분석기(22)에 있어서, 시각(i) 이전의 순시 마스크 두께값 및 순시 단차값을 이용한 회귀 직선 근사로부터 시각(i)의 현재의 계산 마스크 두께값(VMi) 및 현재의 계산 단차값(VSi)을 구한다. 또한 과거 시각에 있어서의 순시 마스크 두께값을 이용하여 회귀 직선 근사로부터 구한 현재의 마스크 두께값을 계산 마스크 두께값으로 부르고, 과거 시각에 있어서의 순시 단차값을 이용하여 회귀 직선근사로부터 구한 현재의 단차값을 계산 마스크 두께값으로 부른다.
- [0043] 여기에서 회귀 직선 근사에 의한 계산 마스크 두께값(VMi) 및 계산 단차값(VSi)의 산출에 대하여 설명한다. 과거의 순시 마스크 두께값, 또는 순시 단차값(예를 들면 과거 30점 분)을 이용하여, 1차 회귀 직선 $Y=Xa \times t + Xb$ (Y :순시 마스크 두께값, 혹은 순시 단차값, Xa :절대값이 예칭 속도, t :예칭 시간, Xb :초기 마스크 두께값, 혹은 초기 단차값)를 구하고, 1차 회귀 직선에 현재의 시각을 삽입함으로써, 현재의 계산 마스크 두께값(VMi) 및 현재의 계산 단차값(VSi)을 산출한다. 다음 시각의 순시 마스크 두께값, 또는 순시 단차값이 입력될 때마다, 다시 1차 회귀 직선을 구한다.
- [0044] 또한, 계산 단차값(VSi)으로부터 계산 마스크 두께값(VMi)을 감산함으로써, 계산 깊이값(VDi)을 구한다. 이 계산 깊이값(VDi)이 미리 설정된 목표 깊이 이하인지의 여부를 종점 판정기(23)로 판정하고, 예칭을 종료한다. 이상의 처리에 의해 구해진 피처리재의 예칭량의 결과는, 표시기(24)에 의해 표시된다.
- [0045] 도 2는, 도 1에서 나타낸 실시예가 처리를 행하는 막 구조의 구성을 모식적으로 나타낸 종단면도이다. 도 2(a)는, 예칭 처리 개시 직후의 마스크층(201)과, 실리콘층(202)을 구비하는 막 구조를 모식적으로 나타낸다.
- [0046] 도 2(b)는, 도 1의 플라즈마 처리 장치(9)에서, 플라즈마 처리된 후의, 마스크층(207)과, 실리콘층(208)을 구비하는 막 구조를 모식적으로 나타낸다.
- [0047] 예칭 처리 개시 직후의 웨이퍼 도 2(a)에 대하여 플라즈마 발광(203)이 입사되면, 마스크층(201)의 표면에 의한 반사광(204)과, 마스크층(201)과 실리콘층(202)의 경계에 의한 반사광(205), 실리콘층(202)의 표면에 의한 반사광(206)이 발생한다.
- [0048] 또한, 예칭 처리 중의 웨이퍼 도 2(b)에 대하여 플라즈마 발광(203)이 입사되며, 마스크층(207)의 표면에 의한 반사광(210)과, 마스크층(207)과 실리콘층(208)의 경계에 의한 반사광(211), 실리콘층(208)의 표면에 의한 반사

광(212)이 발생한다.

- [0049] 도 2(b)에 있어서, 단차값(213)을 VS로 하고, 마스크 두께(214)를 VM으로 하고, 깊이값(215)을 VD로 한다.
- [0050] 도 3은, 도 2에서 나타낸 마스크층(201), 실리콘층(202)을 함께 가진 웨이퍼를, 플라즈마 처리했을 때의, 피처리층의 깊이를 판정하는 순서를 나타낸 플로우 차트이다.
- [0051] 최초로, 목표 실리콘 깊이값(목표 에칭량)과, 마스크 데이터 베이스 Dm(1)과 단차 데이터 베이스 Ds(1)의 설정을 행한다(단계(402)). 또한, 단계(402)의 상세에 대해서는, 도 5를 이용하여 후술한다.
- [0052] 다음의 단계에 있어서, 웨이퍼로부터의 간섭 광의 샘플링(예를 들면 0.25~0.5초 마다)을 개시한다(단계(403)). 즉, 에칭 처리 개시에 따라, 샘플링 개시 명령을 내린다. 에칭의 진행에 따라 변화하는 다파장의 발광 강도가, 광 검출기(분광기(10))에 의해 발광 강도에 따른 전압의 광 검출 신호로서 검출된다. 분광기(10)의 각 파장(j) 마다의 광 검출 신호는, 디지털 변환되며, 샘플링 신호(yi, j)를 취득한다.
- [0053] 다음으로, 분광기(10)로부터의 다파장 출력 신호(yi, j)를 제 1단계의 디지털 필터(11)에 의해 평활화하고, 평활화 시계열 데이터(Yi, j)를 산출한다(단계(404)). 즉, 제 1단계의 디지털 필터에 의해 노이즈를 저감하고, 평활화 시계열 데이터(Yi, j)를 구한다.
- [0054] 다음으로, 미분기(12)에 있어서, 일반적인 미분법에 의해 평활화 시계열 데이터(Yi, j)를 미분하고, 각 파장마다의 미계수(di, j)를 산출한다(단계(405)). 예를 들면 S-G법(Savitzky-Golay method)이나 차분법을 이용하여 의사(擬似)적으로 미분을 행해도 된다. 이 미분 처리에 의해 각 파장마다의 신호 파형의 미계수(1차 또는 2차)(di, j)를 구한다.
- [0055] 또한, 제 2단계의 디지털 필터(3)에 의해 평활화 미계수 시계열 데이터(Di, j)를 산출한다(스텝(406)).
- [0056] 다음으로, 마스크 데이터 베이스 Dm(1)과 단차 데이터 베이스 Ds(1)를 조합하여, 합성 데이터 베이스 Dg(k, m)를 작성한다(단계(407)). 구체적으로는, $Dg(0, 0)=Dm(0)+Ds(0)$, $Dg(0, 1)=Dm(0)+Ds(1)$, ..., $Dg(1, 1)=Dm(1)+Ds(1)$ 의 $(1+1) \times (1+1)$ 의 패턴을 만들어 낸다. 상기한 바와 같이, 여기에서 조합에 사용되는 1의 범위는, 예를 들면 현재의 시각으로부터 양방향 및 음방향에 모든 처리 시간의 10%의 범위를 가진다.
- [0057] 그리고, 미분 파형 비교기(14)에 있어서, 매칭 패턴 편차값(최소) $\sigma_s = \sqrt{(\sum (Di, j - Dg(k, m))^2 / j)}$ 값의 산출을 행하고, 평활화 미계수 시계열 데이터(Di, j)에 대한 매칭 패턴 편차값(최소) σ_s 가 최소값이 되는 합성 데이터 베이스 Dg(k, m)를 결정한다(단계(408)).
- [0058] 여기에서 Dg(k, m)의 k는 마스크 데이터 베이스 Dm(k)이며, Dg(k, m)의 m은 단차 데이터 베이스 Ds(m)에 상당한다. 또한, k(k=0, ..., 1), m(m=0, ..., 1)은 샘플링 시각을 나타내는 수이다. 마스크 데이터 베이스 Dm(k)은 시각(k)에 있어서의 파장 의존성을 나타내는 이론 마스크 간섭 파형 패턴으로 구성되어 있고, 단차 데이터 베이스 Ds(m)은 시각(m)에 있어서의 파장 의존성을 나타내는 실제 단차 간섭 파형 패턴으로 구성되어 있다. 즉 k, m이 상기 미분 파형 비교기(14)로 결정됨으로써, 현재의 순시 마스크 두께값(Mi) 및 순시 단차값(Si)이 결정된다.
- [0059] 과거의 순시 마스크 두께 시계열 데이터(Mi)로부터, 회귀 분석을 행해 현재의 계산 마스크 두께값(VMi)을 산출한다. 또한 과거의 순시 단차값 시계열 데이터(Si)로부터 회귀 분석을 행해 현재의 계산 단차값(VSi)을 산출한다.
- [0060] 계산 단차값(VSi)으로부터 계산 마스크 두께(VMi)를 감산함으로써, 계산 깊이값(VDi)을 산출한다(단계(411)).
- [0061] 계산 깊이값(VDi)과, 목표 실리콘 깊이값을 비교함으로써, 에칭량의 판정을 행하고(단계(412)), 현재의 계산 깊이값(VDi)이 목표 실리콘 깊이값에 도달하고 있다면, 해당 에칭을 종료시키고, 샘플링을 종료한다(단계(413)). 현재의 계산 깊이값(VDi)이 목표 실리콘 깊이값에 도달하고 있지 않은 경우에는 단계(404)로 되돌아간다.
- [0062] 도 4는, 도 1에서 나타낸 실시예에 관련된 플라즈마 처리 장치로, 도 2에서 나타낸 막 구조의 구성을 모식적으로 나타낸 시료를 처리할 때에, 취득할 수 있는 각 파장의 간섭 파형 데이터를, 양의 미분값은 적색, 0 근방의 미분값은 녹색, 음의 미분값은 청색이 되도록 도면으로 나타낸 것이다. 세로축에 파장, 가로축에 시간을 나타낸다.
- [0063] 도 4(a)는 이론 마스크 간섭 파형을 나타낸다. 도 4(b)는 도 2에 나타낸 막 구조의 웨이퍼를 실제로 에칭했을

때에 얻어진 실제 간섭 파형을 도면으로 나타낸다. 또한 도 4(b)에 있어서 507, 508은 실제 간섭 파형에 있어서의, 실리콘이 에칭되어 있음으로써 생기는 간섭 파형의 단차 성분을 나타내고, 509, 510은 실제 간섭 파형에 있어서의, 마스크 잔막이 에칭에 의해 감소함으로써 발생하는 간섭 파형의 마스크 성분을 나타낸다. 도 4(c)는 상기 도 4(b)로부터 웨이퍼의 개구율에 따른 비율이며, 도 4(a)를 감산한 실제 단차 간섭 파형을, 도면으로 나타낸 것이다.

[0064] 도 4(c)의 실제 단차 간섭 파형을 예로 들어 도면의 설명을 행한다. 최초로 광로차(光路差)의 정의식(定義式)은 이하의 식 (4)로 나타내어진다.

[0065]
$$2dn/\cos\theta = m\lambda \quad \dots(4)$$

[0066] ($m=0, 1, 2, \dots$, 즉 m 이 정수일 때 최대값을 취한다. 또한 굴절률(n), 입사각(θ), 막 두께(d)로 한다.)

[0067] 에칭 처리 전은 단차에 의한 광로차는 마스크 두께 분이다. 에칭 처리가 진행됨에 따라 광로차는 증가한다. 이 때, 식 (4)로부터 알 수 있는 바와 같이 최대값을 취하는 광로차($2d$)는 파장에 의존한다는 것을 알 수 있다(단순화를 위해 $\theta=0$ 으로 한다), 즉 단파장 측의 파장 주기에 비해, 장파장 측의 파장 주기가 길어지기 때문에, 실제 단차 간섭 파형 도 4(c)와 같이 파장이 길어짐에 따라, 양의 미분값(514)과, 0 근방의 미분값(515)과, 음의 미분값(516)이, 오른쪽을 향해 내려가고 있는 것을 알 수 있다.

[0068] 이론 마스크 간섭 파형 도 4(a)에 대해서는, 실제 단차 간섭 파형 도 4(c)와는 반대로 에칭 처리가 진행됨에 따라, 마스크 두께는 감소한다. 즉, 광로차는 감소한다. 따라서 이론 마스크 간섭 파형 도 4(a)와 같이 파장이 길어짐에 따라, 양의 미분값(504)과, 0 근방의 미분값(505)과, 음의 미분값(506)이, 오른쪽을 향해 올라간다.

[0069] 실제 간섭 파형 도 4(b)는, 도 2에 나타낸 막 구조의 웨이퍼를 실제로 에칭했을 때에 얻어진 파형이며, 이론 마스크 간섭 파형 도 4(a)와 실제 단차 간섭 파형 도 4(c)가 겹쳐진 도면이 된다.

[0070] 따라서 실제 단차 간섭 파형은, 실제 간섭 파형으로부터 이론 마스크 간섭 파형을 발출함으로써, 도출된다.

[0071] 도 5는, 이론 마스크 간섭 파형을 산출하고, 실제 간섭 파형으로부터 이론 마스크 간섭 파형을 감산함으로써, 실제 단차 간섭 파형을 추출하는 것을 나타낸 플로우 차트이다.

[0072] 먼저, 피처리층의 물성값 등이 기재되어 있는 문헌, 예를 들면 「Handbook of Optical Constants of Solids」(Edward D. Palic(Naval Research Laboratory Washington D.C.), Academic Press, Inc. 1985)로부터 마스크 소재의 파장(λ_i)에 대응한 굴절률(n_i)을 취득한다(단계(602)).

[0073] 다음으로, 제품 웨이퍼와 동일한 구성의 샘플 웨이퍼의 에칭 처리를 행해, 실제 간섭 파형을 얻는다(단계(603)). 실제로, 에칭 처리를 행한 웨이퍼의 초기 마스크 막 두께, 최종 마스크 막 두께, 에칭 처리 시간(t)으로부터 에칭 속도(R_m)를 산출한다(단계(604)). 여기에서, 에칭 속도(R_m)는, $R_m=(\text{초기 마스크 막 두께}-\text{최종 마스크 막 두께})/t$ 에 의해 산출된다.

[0074] 즉 처리를 행하기 전에 취득되는 마스크의 초기 막 두께와, 에칭 처리 중에 얻어진 간섭 파형 데이터 및 처리 후의 웨이퍼를 SEM으로 측정함으로써 얻어지는 웨이퍼의 최종 막 두께를 이용함으로써, 에칭 처리를 행했을 때의 마스크의 절삭량과 에칭 처리 시간(t)으로부터 에칭 속도(에칭 레이트)를 구할 수 있다.

[0075] 다음으로, 단계(602)에서 얻어진 λ_i 및 n_i 와, 단계(604)에서 얻어진 R_m , 초기 마스크 막 두께로부터, 마스크의 이론 간섭 파형(I_m)을 산출한다(단계(605)). 이와 같은 이론 간섭 파형(I_m)은, 종래부터 알려져 있는 기술(예를 들면 프레넬(Fresnel)의 진폭 반사 계수를 이용하는 방법 등)을 이용하여 구할 수 있다.

[0076] 다음으로, 마스크 실제 간섭 파형과 실제 단차 간섭 파형이 합쳐진 실제 간섭 파형으로부터, 이론 마스크 간섭 파형을 감산함으로써, 실제 단차 간섭 파형을 추출한다(단계(606)). 실제 간섭 파형으로부터 이론 마스크 간섭 파형을 감산하는 경우, 예를 들면, 실제 간섭 파형을 취득한 웨이퍼의 개구율로부터 감산하는 이론 마스크 간섭 파형의 비율을 결정한다.

[0077] 마지막으로, 단계(606)에서 구한 실제 단차 간섭 파형과, 단계(605)에서 구한 이론 마스크 간섭 파형을 데이터 베이스로서 유지한다(단계(607)). 이 때, 데이터 베이스는, 예를 들면 ROM이나 RAM 등의 기억 장치나 외부 기억 장치 등에 수납된다.

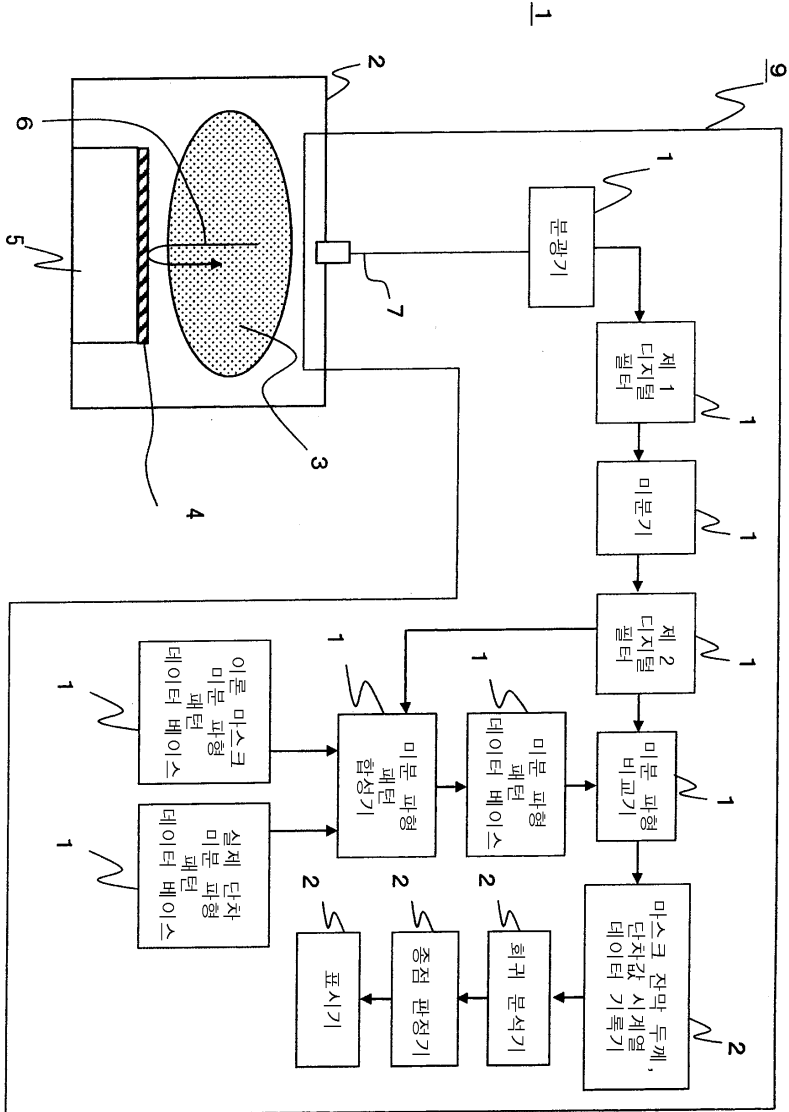
부호의 설명

[0078]

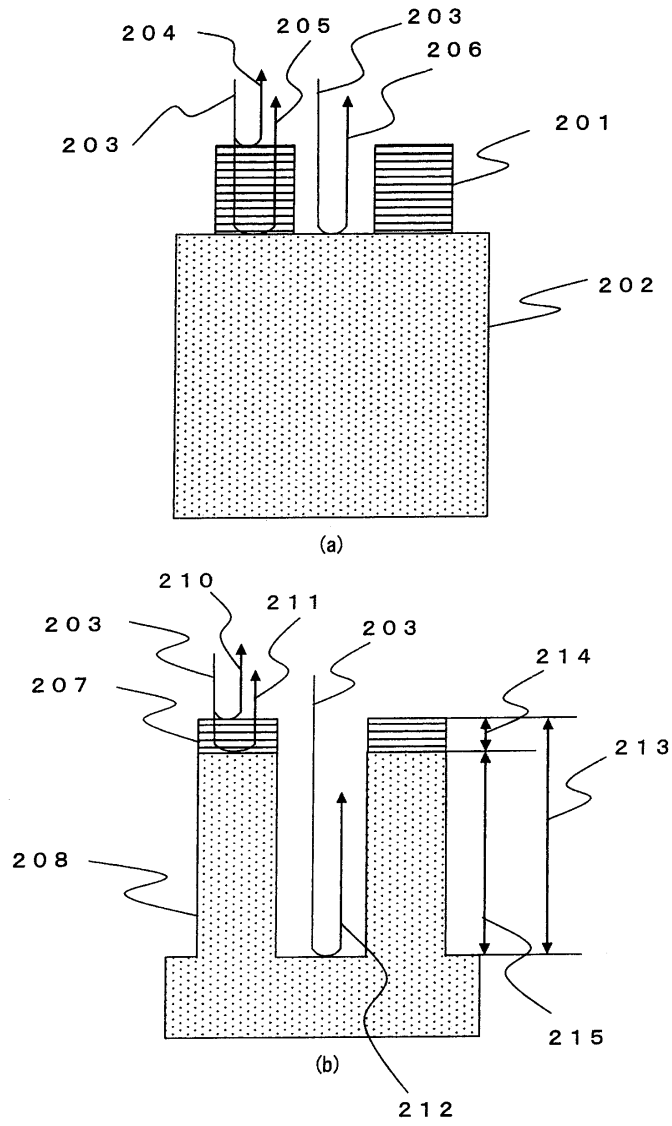
- | | |
|------------------------------|------------------|
| 1: 플라즈마 처리 장치 | 2: 진공 처리실 |
| 3: 플라즈마 | 4: 피처리재 |
| 5: 시료대 | 7: 광 파이버 |
| 9: 깊이 모니터 장치 | 10: 분광기 |
| 11: 제 1 디지털 필터 | 12: 미분기 |
| 13: 제 2 디지털 필터 | 14: 미분 파형 비교기 |
| 15: 미분 파형 패턴 데이터 베이스 | 16: 미분 파형 패턴 합성기 |
| 17: 이론 마스크 미분 파형 패턴 데이터 베이스 | |
| 18: 실제 단차 미분 파형 패턴 데이터 베이스 | |
| 21: 마스크 두께값, 단차값 시계열 데이터 기록기 | |
| 22: 회귀 분석기 | 23: 종점 판정기 |
| 24: 표시기 | 201: 마스크층 |
| 202: 실리콘층 | 203: 플라즈마 발광 |
| 204: 반사광 | 205: 반사광 |
| 206: 반사광 | 207: 마스크층 |
| 208: 실리콘층 | 210: 반사광 |
| 211: 반사광 | 212: 반사광 |
| 213: 단차값 | 214: 마스크 두께 |
| 215: 깊이값 | |

도면

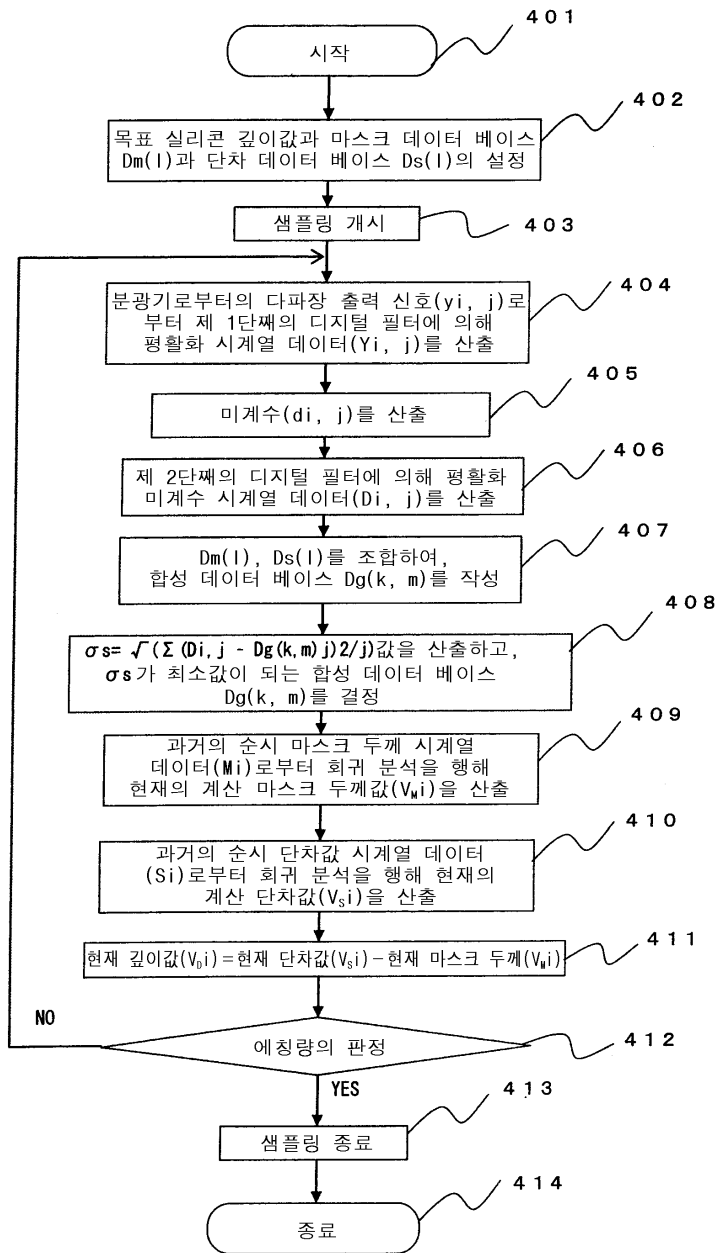
도면1



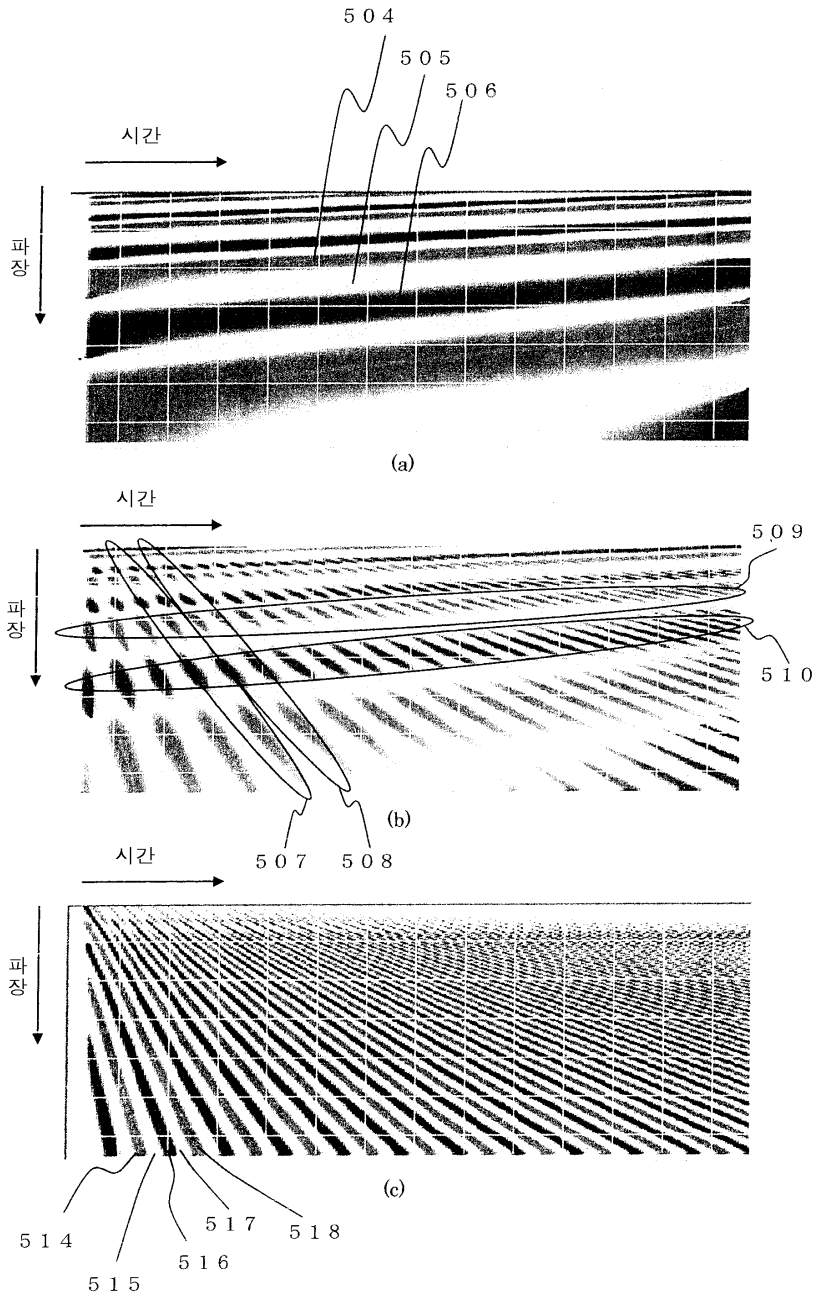
도면2



도면3



도면4



도면5

