



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2013-0117334  
(43) 공개일자 2013년10월25일

(51) 국제특허분류(Int. C1.)  
*B24B 37/013* (2012.01) *B24B 49/02* (2006.01)  
(21) 출원번호 10-2013-0039204  
(22) 출원일자 2013년04월10일  
심사청구일자 없음  
(30) 우선권주장  
JP-P-2012-094114 2012년04월17일 일본(JP)

(71) 출원인  
가부시키가이샤 에바라 세이사꾸쇼  
일본국 도쿄도 오타구 하네다아사히쵸 11-1  
(72) 발명자  
고바야시 요이치  
일본 도쿄도 오오타구 하네다 아사히초 11방 1고  
가부시키가이샤 에바라 세이사꾸쇼 내  
오노 가츠토시  
일본 도쿄도 오오타구 하네다 아사히초 11방 1고  
가부시키가이샤 에바라 세이사꾸쇼 내

(74) 대리인  
성재동, 장수길

전체 청구항 수 : 총 24 항

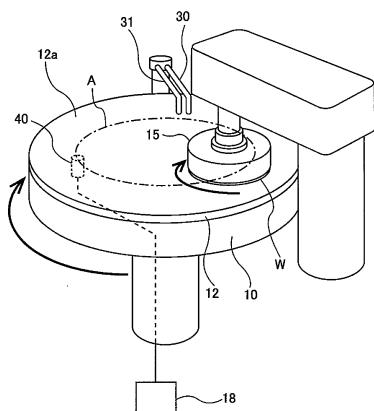
(54) 발명의 명칭 연마 장치 및 연마 방법

### (57) 요 약

본 발명의 과제는 기판의 둘레 방향에 막 두께의 편차가 있어도, 연마 패드 상의 기판의 연마 상태를 정확하게 취득할 수 있는 연마 장치를 제공하는 것이다.

센서 헤드(40)는 연마 테이블(10) 내에 설치되어, 연마 테이블(10)과 함께 회전한다. 연마 장치는 연마 테이블(10) 및 기판(W)을 회전시키면서, 연마 패드(12) 상의 기판(W)의 연마가 실질적으로 진행되지 않는 아이들링 공정을 실행하고, 센서 헤드(40)는 아이들링 공정 중에 막 두께 데이터를 취득하고, 처리부(18)는 막 두께 데이터로부터 막의 연마의 진행을 나타내는 연마 지표값을 산출한다.

**대 표 도** - 도1



## 특허청구의 범위

### 청구항 1

막이 형성된 기판을 연마하는 연마 장치에 있어서,  
 연마 패드를 지지하는 연마 테이블과,  
 기판을 회전시키면서 상기 연마 패드에 압박하는 토플링과,  
 상기 막의 두께에 따라서 변화되는 막 두께 데이터를 취득하는 센서 헤드와,  
 상기 막 두께 데이터에 기초하여 상기 기판의 연마의 진행을 감시하는 처리부를 구비하고,  
 상기 센서 헤드는 상기 연마 테이블 내에 설치되어, 상기 연마 테이블과 함께 회전하고,  
 상기 연마 장치는 상기 연마 테이블 및 상기 기판을 회전시키면서, 상기 연마 패드 상의 상기 기판의 연마가 실질적으로 진행되지 않는 아이들링 공정을 실행하고,  
 상기 센서 헤드는 상기 아이들링 공정 중에 상기 막 두께 데이터를 취득하고,  
 상기 처리부는 상기 막 두께 데이터로부터 상기 막의 연마의 진행을 나타내는 연마 지표값을 산출하는 것을 특징으로 하는, 연마 장치.

### 청구항 2

제1항에 있어서, 상기 연마 장치는 상기 연마 패드 위에 물을 공급하는 물 공급 노즐을 더 구비하고 있고,  
 상기 아이들링 행정은 상기 물 공급 노즐로부터 상기 연마 패드 위에 물을 공급하면서 상기 기판을 수연마하는 공정인 것을 특징으로 하는, 연마 장치.

### 청구항 3

제1항에 있어서, 상기 아이들링 행정 중에 상기 센서 헤드가 상기 막 두께 데이터를 취득하는 시간은, 상기 센서 헤드가 상기 기판 상에 그리는 궤적이 상기 기판의 둘레 방향에 있어서 균등하게 분포되는 시간인 것을 특징으로 하는, 연마 장치.

### 청구항 4

제3항에 있어서, 상기 아이들링 행정 중에, 상기 연마 테이블의 회전 속도 및 상기 기판의 회전 속도 중 적어도 1개를 바꾸는 것을 특징으로 하는, 연마 장치.

### 청구항 5

제1항에 있어서, 상기 처리부는 상기 아이들링 공정 중에 취득된 상기 막 두께 데이터의 평균 데이터를 산출하여, 상기 평균 데이터로부터 상기 연마 지표값을 결정하는 것을 특징으로 하는, 연마 장치.

### 청구항 6

제1항에 있어서, 상기 처리부는 상기 연마 지표값에 기초하여 상기 기판의 연마 종점을 결정하는 것을 특징으로 하는, 연마 장치.

### 청구항 7

제6항에 있어서, 상기 처리부는 상기 연마 지표값이 소정의 목표값에 도달하기 위해 필요한 추가 연마 시간을 산출하는 것을 특징으로 하는, 연마 장치.

### 청구항 8

제1항에 있어서, 상기 연마 지표값은 상기 막의 두께를 나타내는 막 두께 지표값인 것을 특징으로 하는, 연마 장치.

**청구항 9**

제1항에 있어서, 상기 연마 지표값은 연마에 의해 제거된 상기 막의 양을 나타내는 연마량인 것을 특징으로 하는, 연마 장치.

**청구항 10**

제9항에 있어서, 상기 처리부는 상기 아이들링 공정과 전회의 아이들링 공정에서 취득된 2개의 막 두께 데이터의 차분의 절대값을 산출함으로써 상기 연마량을 구하는 것을 특징으로 하는, 연마 장치.

**청구항 11**

제1항에 있어서, 상기 센서 헤드는 광학식 센서인 것을 특징으로 하는, 연마 장치.

**청구항 12**

제1항에 있어서, 상기 센서 헤드는 와전류 센서인 것을 특징으로 하는, 연마 장치.

**청구항 13**

막이 형성된 기판을 연마하는 연마 방법에 있어서,  
 센서 헤드가 매설된 연마 테이블을 회전시키고,  
 기판을 회전시키면서 상기 기판을 상기 연마 테이블 상의 연마 패드에 압박하여 상기 기판을 연마하고,  
 상기 연마 테이블 및 상기 기판을 회전시키면서, 상기 연마 패드 상의 상기 기판의 연마가 실질적으로 진행되지 않는 아이들링 공정을 실행하고,  
 상기 아이들링 공정 중에, 상기 막의 두께에 따라서 변화되는 막 두께 데이터를 상기 센서 헤드에 의해 취득하고,  
 상기 막 두께 데이터로부터 상기 막의 연마의 진행을 나타내는 연마 지표값을 산출하는 것을 특징으로 하는, 연마 방법.

**청구항 14**

제13항에 있어서, 상기 아이들링 행정은 상기 연마 패드 위에 물을 공급하면서 상기 기판을 수연마하는 공정인 것을 특징으로 하는, 연마 방법.

**청구항 15**

제13항에 있어서, 상기 아이들링 행정 중에 상기 센서 헤드가 상기 막 두께 데이터를 취득하는 시간은, 상기 센서 헤드가 상기 기판 상에 그리는 궤적이 상기 기판의 둘레 방향에 있어서 균등하게 분포되는 시간인 것을 특징으로 하는, 연마 방법.

**청구항 16**

제15항에 있어서, 상기 아이들링 행정 중에, 상기 연마 테이블의 회전 속도 및 상기 기판의 회전 속도 중 적어도 1개를 바꾸는 것을 특징으로 하는, 연마 방법.

**청구항 17**

제13항에 있어서, 상기 아이들링 공정 중에 취득된 상기 막 두께 데이터의 평균 데이터를 산출하여, 상기 평균 데이터로부터 상기 연마 지표값을 결정하는 것을 특징으로 하는, 연마 방법.

**청구항 18**

제13항에 있어서, 상기 연마 지표값에 기초하여 상기 기판의 연마 종점을 결정하는 것을 특징으로 하는, 연마 방법.

**청구항 19**

제18항에 있어서, 상기 연마 지표값이 소정의 목표값에 도달하기 위해 필요한 추가 연마 시간을 산출하는 것을 특징으로 하는, 연마 방법.

### 청구항 20

제13항에 있어서, 상기 연마 지표값은 상기 막의 두께를 나타내는 막 두께 지표값인 것을 특징으로 하는, 연마 방법.

### 청구항 21

제13항에 있어서, 상기 연마 지표값은 연마에 의해 제거된 상기 막의 양을 나타내는 연마량인 것을 특징으로 하는, 연마 방법.

### 청구항 22

제21항에 있어서, 상기 아이들링 공정과 전회의 아이들링 공정에서 취득된 2개의 막 두께 데이터의 차분의 절대값을 산출함으로써 상기 연마량을 구하는 것을 특징으로 하는, 연마 방법.

### 청구항 23

제13항에 있어서, 상기 센서 헤드는 광학식 센서인 것을 특징으로 하는, 연마 방법.

### 청구항 24

제13항에 있어서, 상기 센서 헤드는 와전류 센서인 것을 특징으로 하는, 연마 방법.

## 명세서

### 기술 분야

[0001] 본 발명은 반도체 웨이퍼 등의 기판의 연마 장치 및 연마 방법에 관한 것으로, 특히 기판의 연마 종점을 검출할 수 있는 연마 장치 및 연마 방법에 관한 것이다.

### 배경기술

[0002] 웨이퍼 등의 기판을 연마하는 연마 장치에 있어서는, 그 연마 종점을 검출하기 위해 광학식 센서나 와전류 센서 등을 사용한 연마 종점 검출 장치가 구비되어 있다(예를 들어, 일본 특허 공개 공보 제2004-154928호 및 일본 특허 공개 공보 제2009-99842호 참조). 광학식 센서는 주로 절연층(투명층)의 연마의 진행을 감시하여, 그 연마 종점을 검출하는 목적으로 사용되고, 와전류 센서는 주로 도전층(금속막)의 연마의 진행을 감시하여, 그 연마 종점을 검출하는 목적으로 사용된다.

[0003] 도 16은 일반적인 연마 장치를 도시하는 모식도이다. 연마 장치는 연마 패드(100)를 지지하는 연마 테이블(101)과, 웨이퍼(W)를 유지하여 회전시키는 토플링(110)과, 연마 패드(100)에 연마액(슬러리)을 공급하는 슬러리 공급 기구(115)와, 웨이퍼(W)의 막 두께에 따라서 변화되는 막 두께 데이터를 취득하는 센서 헤드(120)를 구비하고 있다. 센서 헤드(120)는 상술한 광학식 센서 또는 와전류 센서이다. 센서 헤드(120)는 연마 테이블(101) 내에 설치되어 있고, 연마 테이블(101)이 1회전할 때마다 웨이퍼(W)의 막 두께 데이터를 취득한다.

[0004] 토플링(110) 및 연마 테이블(101)은 화살표로 나타낸 바와 같이 회전하고, 이 상태에서 토플링(110)은 웨이퍼(W)를 연마 패드(100)의 연마면(100a)에 압박한다. 슬러리 공급 기구(115)로부터는 연마액이 연마 패드(100) 위에 공급되고, 웨이퍼(W)는 연마액의 존재 하에서 연마 패드(100)와의 미끄럼 접촉에 의해 연마된다. 웨이퍼(W)의 연마 중, 센서 헤드(120)는 연마 테이블(101)과 함께 회전하고, 화살표 A로 나타낸 바와 같이 웨이퍼(W)의 표면을 가로지르면서 막 두께 데이터를 취득한다. 그리고, 막 두께가 소정의 목표값에 도달했을 때에, 웨이퍼(W)의 연마가 종료된다.

[0005] 최근, 반도체 디바이스의 미세화에 수반하여, 연마 종점 검출의 정밀도에 대한 요구가 매우 엄격하게 되어 있다. 그러나, 상술한 광학식 센서나 와전류 센서는 웨이퍼 면 내의 둘레 방향에 있어서의 막 두께의 편차나 배선 패턴의 영향에 의해, 웨이퍼의 정확한 연마 상태를 취득할 수 없었다. 이로 인해, 종래의 연마 종점 검출 장치는 잔여막 두께나 연마량에 대한 요구 정밀도를 만족시키는 것이 곤란했다.

[0006] 도 17은 웨이퍼의 둘레 방향에 있어서의 막 두께 분포의 일례를 나타내는 그래프로, 보다 구체적으로는, 웨이퍼의 중심점으로부터 116mm의 거리에 있는 영역 및 웨이퍼의 중심점으로부터 145mm의 거리에 있는 영역에서의 웨이퍼의 둘레 방향(0 내지 360°)에 있어서의 구리의 막 두께 분포를 나타내고 있다. 도 17에 도시한 바와 같이, 연마 전의 막 두께는 웨이퍼의 둘레 방향에 있어서 변동되어 있고, 이 둘레 방향의 막 두께의 편차가 연마 종점 검출 정밀도를 저하시켜 버린다.

[0007] 이와 같은 문제를 개선하기 위해, 도 18에 도시한 바와 같이, 연마된 웨이퍼를 연마 테이블로부터 인라인 막 두께 측정기로 반송하고, 이 막 두께 측정기로 웨이퍼의 막 두께를 측정하고, 필요에 따라서 웨이퍼를 재연마(리워크)하는 것이 행해지고 있다. 그러나, 과잉 연마를 원인으로 하는 스크랩 웨이퍼를 적게 하기 위해서는, 연마 시간을 목표 막 두께의 달성을 위한 시간보다도 짧게 설정할 필요가 있다. 그 결과, 리워크율이 증가하여 생산 효율이 저하된다고 하는 문제가 있었다.

[0008] 도 18에 도시하는 프로세스 라인에서는, 인라인 막 두께 측정기를 사용하여 연마 후(및 연마 전)의 막 두께를 측정하여 연마 레이트를 쟁신하고, 후속의 웨이퍼의 연마 시간에 최신의 연마 레이트를 피드백하는 것이 행해지고 있다. 그러나, 연마된 웨이퍼는 막 두께 측정기로 막 두께 측정되기 전에 세정 및 건조 등의 프로세스를 거칠 필요가 있으므로, 4 내지 5매의 후속 웨이퍼가 연마되어 처음으로 연마 시간의 보정이 가능해진다고 하는 문제가 있었다.

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

[0009] 본 발명은 상술한 종래의 문제점을 해결하기 위해 이루어진 것으로, 웨이퍼의 둘레 방향에 막 두께의 편차가 있어도, 연마 패드 상의 웨이퍼의 연마 상태를 정확하게 취득할 수 있는 연마 장치 및 연마 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

### 과제의 해결 수단

[0010] 상술한 목적을 달성하기 위해, 본 발명의 일 형태는, 막이 형성된 기판을 연마하는 연마 장치에 있어서, 연마 패드를 지지하는 연마 테이블과, 기판을 회전시키면서 상기 연마 패드에 압박하는 토플링과, 상기 막의 두께에 따라서 변화되는 막 두께 데이터를 취득하는 센서 헤드와, 상기 막 두께 데이터에 기초하여 상기 기판의 연마의 진행을 감시하는 처리부를 구비하고, 상기 센서 헤드는 상기 연마 테이블 내에 설치되어, 상기 연마 테이블과 함께 회전하고, 상기 연마 장치는 상기 연마 테이블 및 상기 기판을 회전시키면서, 상기 연마 패드 상의 상기 기판의 연마가 실질적으로 진행되지 않는 아이들링 공정을 실행하고, 상기 센서 헤드는 상기 아이들링 공정 중에 상기 막 두께 데이터를 취득하고, 상기 처리부는 상기 막 두께 데이터로부터 상기 막의 연마의 진행을 나타내는 연마 지표값을 산출하는 것을 특징으로 한다.

[0011] 본 발명의 다른 형태는 막이 형성된 기판을 연마하는 연마 방법에 있어서, 센서 헤드가 매설된 연마 테이블을 회전시키고, 기판을 회전시키면서 상기 기판을 상기 연마 테이블 상의 연마 패드에 압박하여 상기 기판을 연마하고, 상기 연마 테이블 및 상기 기판을 회전시키면서, 상기 연마 패드 상의 상기 기판의 연마가 실질적으로 진행되지 않는 아이들링 공정을 실행하고, 상기 아이들링 공정 중에, 상기 막의 두께에 따라서 변화되는 막 두께 데이터를 상기 센서 헤드에 의해 취득하고, 상기 막 두께 데이터로부터 상기 막의 연마의 진행을 나타내는 연마 지표값을 산출하는 것을 특징으로 한다.

## 발명의 효과

[0012] 본 발명에 따르면, 아이들링 공정 중에 막의 두께에 따라서 변화되는 막 두께 데이터가 취득된다. 아이들링 공정에서는 연마가 실질적으로 진행되지 않으므로, 즉 막 두께가 바뀌지 않으므로, 계측 시간이 어느 정도 길어져도 정확한 막 두께 데이터를 얻을 수 있다. 또한, 계측 시간을 길게 할 수 있으므로, 아이들링 공정 중에 센서 헤드를 복수회 기판을 가로지르도록 이동시킬 수 있어, 결과적으로 기판의 둘레 방향의 막 두께의 편차의 영향을 적게 할 수 있다. 또한, 기판을 연마 패드 상에 둔 상태에서 막 두께 데이터를 취득할 수 있으므로, 그 막 두께 데이터로부터 얻어지는 연마 지표값을 현재 연마 중인 기판의 연마에 반영시킬 수 있다.

## 도면의 간단한 설명

[0013] 도 1은 본 발명의 일 실시 형태에 있어서의 연마 장치를 도시하는 모식도이다.

- 도 2a 및 도 2b는 웨이퍼면 상에 그려지는 센서 헤드의 궤적의 예를 도시하는 도면이다.
- 도 3은 웨이퍼의 막 두께에 기초하여 웨이퍼의 연마 종점을 결정하는 실시 형태를 도시하는 흐름도이다.
- 도 4는 웨이퍼의 연마량에 기초하여 웨이퍼의 연마 종점을 결정하는 실시 형태를 도시하는 흐름도이다.
- 도 5는 센서 헤드로서 광학식 센서를 사용한 연마 장치의 예를 도시하는 도면이다.
- 도 6은 광학식 센서의 원리를 설명하기 위한 모식도이다.
- 도 7은 웨이퍼와 연마 테이블의 위치 관계를 나타내는 평면도이다.
- 도 8은 처리부에 의해 생성된 스펙트럼을 도시하는 도면이다.
- 도 9는 생성된 스펙트럼과 복수의 기준 스펙트럼의 비교로부터 현재의 막 두께를 결정하는 프로세스를 설명하는 도면이다.
- 도 10은 막 두께차  $\Delta a$ 에 대응하는 2개의 스펙트럼을 도시하는 모식도이다.
- 도 11은 와전류 센서의 원리를 설명하기 위한 등가 회로를 도시하는 도면이다.
- 도 12는 연마 시간과 함께 변화되는 X, Y를, XY 좌표계 상에 플롯함으로써 그려지는 그래프를 나타내는 도면이다.
- 도 13은 도 12의 그래프 도형을 반시계 방향으로 90도 회전시키고, 또한 평행 이동시킨 그래프를 나타내는 도면이다.
- 도 14는 코일과 웨이퍼의 거리에 따라서 변화되는 XY 좌표의 원호 궤적을 도시하는 도면이다.
- 도 15는 연마 시간에 따라서 변화되는 각도  $\Theta$ 를 나타내는 그래프이다.
- 도 16은 일반적인 연마 장치를 도시하는 모식도이다.
- 도 17은 웨이퍼의 둘레 방향에 있어서의 막 두께 분포의 일례를 나타내는 그래프이다.
- 도 18은 웨이퍼의 처리 시퀀스를 도시하는 모식도이다.
- ### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용
- [0014] 이하, 본 발명의 실시 형태에 대해 도면을 참조하여 설명한다.
- [0015] 도 1은 본 발명의 일 실시 형태에 있어서의 연마 장치를 도시하는 모식도이다. 도 1에 도시한 바와 같이, 연마 장치는 연마 패드(12)를 지지하는 연마 테이블(10)과, 웨이퍼(기판)(W)를 유지하여 회전시키는 토플링(15)과, 연마 패드(12)에 연마액(슬러리)을 공급하는 슬러리 공급 기구(30)와, 웨이퍼(W)의 막 두께에 따라서 변화되는 막 두께 데이터를 취득하는 센서 헤드(40)를 구비하고 있다. 센서 헤드(40)의 예로서는, 광학식 센서나 와전류 센서를 들 수 있다. 센서 헤드(40)는 연마 테이블(10) 내에 설치되어 있고, 연마 테이블(10)이 1회전할 때마다, 웨이퍼(W)의 중심부를 포함하는 복수의 영역에서의 막 두께 데이터를 취득한다.
- [0016] 토플링(15)은 그 하면에 진공 흡착에 의해 웨이퍼(W)를 유지할 수 있도록 구성되어 있다. 토플링(15) 및 연마 테이블(10)은, 화살표로 나타낸 바와 같이 회전하고, 이 상태에서 토플링(15)은 웨이퍼(W)를 연마 패드(12)의 연마면(12a)에 압박한다. 슬러리 공급 기구(30)로부터는 연마액이 연마 패드(12) 상에 공급되고, 웨이퍼(W)는 연마액의 존재 하에서 연마 패드(10)와의 미끄럼 접촉에 의해 연마된다. 웨이퍼(W)의 연마 중, 센서 헤드(40)는 연마 테이블(10)과 함께 회전하고, 화살표 A로 나타낸 바와 같이 웨이퍼(W)의 표면을 가로지르면서 막 두께 데이터를 취득한다. 그리고, 막 두께가 소정의 목표값에 도달했을 때에, 웨이퍼(W)의 연마가 종료된다.
- [0017] 슬러리 공급 기구(30)에 인접하여 물 공급 노즐(31)이 설치되어 있다. 이 물 공급 노즐(31)로부터는 물[바람직하게는 순수(純水)]이 연마 패드(12) 상에 공급된다. 센서 헤드(40)는 처리부(18)에 접속되어 있고, 센서 헤드(40)에 의해 취득된 막 두께 데이터는 처리부(18)로 보내진다. 처리부(18)는 막 두께 데이터로부터 웨이퍼(W)의 연마의 진행을 감시하고, 또한 웨이퍼의 연마 종점을 검출한다.
- [0018] 다음에, 웨이퍼의 막 두께에 기초하여 웨이퍼의 연마 종점을 결정하는 일 실시 형태에 대해 도 3의 흐름도를 참조하여 설명한다.
- [0019] 스텝 1에서는, 슬러리 공급 기구(30)로부터 연마 패드(12)에 연마액(슬러리)을 공급하면서, 웨이퍼를 소정의 연

마 시간만큼 연마한다. 이 소정의 연마 시간은 목표 막 두께에 도달하지 않은 범위에서 길게 설정하는 것이 바람직하다.

- [0020] 스텝 2에서는, 슬러리 대신에 물(바람직하게는 순수)을 물 공급 노즐(31)로부터 연마 패드(12)에 공급하면서, 웨이퍼를 소정의 아이들링 시간만큼 수연마한다. 이 수연마는 슬러리가 사용되지 않으므로 웨이퍼의 연마가 실질적으로 진행되지 않는 아이들링 공정이다. 아이들링 공정 중, 센서 헤드(40)는 막 두께 데이터를 취득한다. 이 막 두께 데이터는 막의 두께에 따라서 변화되는 데이터로, 예로서는, 막 두께 자체를 나타내는 수치 데이터, 또는 막 두께의 상대적인 값을 나타내는 수치 데이터 등이다. 아이들링 공정에서는, 센서 헤드(40)와 웨이퍼 사이에 슬러리가 존재하지 않으므로, 센서 헤드(40)는 보다 정확한 막 두께 데이터를 취득할 수 있다. 또한, 아이들링 공정 중에는 막 두께가 변화되지 않으므로, 센서 헤드(40)는 정확한 막 두께 데이터를 취득할 수 있다.
- [0021] 센서 헤드(40)가 막 두께 데이터를 취득하는 계측 시간은 센서 헤드(40)에 의해 웨이퍼면 상에 그려지는 복수의 궤적이 웨이퍼의 둘레 방향에 있어서 균등하게 분포하는 시간이다. 이 계측 시간은 웨이퍼면 상의 복수의 궤적이 균등하게 분포하는 데 필요로 하는 시간보다도 길어도 된다. 계측 시간은 연마 테이블(10)의 회전 속도와 토플링(15)의 회전 속도(즉, 웨이퍼의 회전 속도)의 비에 의해 결정된다. 예를 들어, 연마 테이블(10)의 회전 속도가  $60\text{min}^{-1}$ , 토플링(15)의 회전 속도가  $61\text{min}^{-1}$ 이면, 센서 헤드(40)는 웨이퍼면 상에 도 2a에 도시한 바와 같은 궤적을 그린다. 이들 궤적이 웨이퍼의 둘레 방향에 있어서 균등하게 분포되기 위해 필요한 시간은 60초이다. 따라서, 아이들링 공정은 적어도 60초간 행해지고, 그동안에 센서 헤드(40)에 의해 막 두께 데이터가 취득된다.
- [0022] 그러나, 계측 시간이 60초 걸리면, 연마 공정 전체가 길어져 버린다. 따라서, 계측 시간을 짧게 하기 위해, 아이들링 공정 중에서는 연마 테이블(10)의 회전 속도와 토플링(15)의 회전 속도의 비를 변경하는 것이 바람직하다. 예를 들어, 연마 테이블(10)의 회전 속도가  $60\text{min}^{-1}$ , 토플링(15)의 회전 속도가  $40\text{min}^{-1}$ 이면, 센서 헤드(40)는 웨이퍼면 상에 도 2b에 도시한 바와 같은 궤적을 그린다. 이 예에서는, 센서 헤드(40)의 궤적이 웨이퍼의 둘레 방향에 있어서 균등하게 분포하기 위해 필요한 시간은 3초이다.
- [0023] 일반적으로, 웨이퍼의 연마 중에 연마 테이블(10)의 회전 속도와 토플링(15)의 회전 속도의 비를 크게 변경하면, 웨이퍼의 연마 프로파일에 영향을 미치게 되어, 바람직하지 않다. 본 발명에서는, 아이들링 공정에서는 연마가 실질적으로 진행되지 않으므로, 연마 테이블(10)의 회전 속도와 토플링(15)의 회전 속도의 비를 변경해도, 연마 프로파일에 영향을 미치지 않는다. 따라서, 아이들링 행정 중에는 연마 테이블(10)과 토플링(15)의 회전 속도비를 크게 바꿀 수 있다.
- [0024] 수연마의 초기 단계에서는 슬러리가 웨이퍼와 센서 헤드(40) 사이에 남아 연마가 진행되는 일이 있다. 따라서, 아이들링 시간은 상기 계측 시간에 소정의 추가 시간을 가산한 시간으로 하고, 아이들링 공정의 초기 단계에서는 막 두께 데이터를 취득하지 않는 것이 바람직하다. 또한, 아이들링 공정의 초기 단계에 있어서는, 일단 웨이퍼를 흡착시켜 토플링(15)을 상승시키고, 연마 테이블(10)을, 예를 들어  $150\text{min}^{-1}$  등의 큰 회전 속도로 회전시켜, 원심력의 효과에 의해 슬러리가 연마 테이블(10)로부터 빠르게 제거되도록 하는 것이 바람직하다.
- [0025] 아이들링 공정은 웨이퍼의 연마가 실질적으로 진행되지 않는 공정으로, 보다 구체적으로는, 아이들링 공정 동안에, 연마의 진행이 막 두께 또는 연마량의 요구 정밀도(허용 오차)의  $1/5$  이하인 것이 바람직하다. 예를 들어, 요구 정밀도가  $\pm 5\text{nm}$ 이면, 아이들링 공정 중의 연마량은  $1\text{nm}$  이하이다. 아이들링 공정은 웨이퍼의 연마가 실질적으로 진행되지 않는 것이면, 수연마 공정으로 한정되지 않는다. 예를 들어, 아이들링 공정은 토플링(15)으로 진공 흡인 등에 의해 웨이퍼를 흡인하고, 연마 패드(12)로부터 웨이퍼에 부여되는 하중을 실질적으로 0으로 하는 공정이어야 된다.
- [0026] 스텝 3에서는, 처리부(18)는 아이들링 공정 중에 취득된 막 두께 데이터로부터 그 평균 데이터인 막 두께 평균 데이터를 산출하고, 또한 막 두께 평균 데이터로부터 웨이퍼 전체면의 평균 막 두께에 대응하는 막 두께 지표값을 결정한다. 이 막 두께 지표값은 막 두께를 나타내는 지표값이고, 따라서, 막의 연마의 진행을 나타내는 연마 지표값이다. 예를 들어, 막 두께를 직접 나타내는 값, 막 두께를 간접적으로 나타내는 값, 또는 막 두께 데이터와 기준 데이터의 비교로부터 결정되는 추정 막 두께값 등이 막 두께 지표값으로 된다. 이 막 두께 지표값은 아이들링 공정 중에 취득된 막 두께 데이터의 평균 데이터로부터 구해진 값이므로, 웨이퍼의 둘레 방향의 막 두께의 편차가 평균화된 값이라고 할 수 있다. 따라서, 처리부(18)는 웨이퍼 전체면에서의 막 두께를 반영한

막 두께 지표값을 취득할 수 있다.

- [0027] 스텝 4에서는, 처리부(18)는 스텝 3에서 구해진 막 두께 지표값과 소정의 목표값을 비교한다. 처리부(18)는 막 두께 지표값이 저하되어 소정의 목표값에 도달한 시점을 연마 종점이라고 판단하여, 웨이퍼의 연마를 종료시킨다. 소정의 목표값은 소정의 목표 막 두께(지표값)에 소정의 임계값을 더한 값이다. 소정의 임계값은 0이어도 된다.
- [0028] 막 두께 지표값과 소정의 목표값을 비교한 결과, 막 두께 지표값이 소정의 목표값보다도 큰 경우에는, 처리부(18)는 막 두께 지표값과 목표값의 차분과, 과거의 연마 데이터로부터 얻어진 연마 레이트(막의 제거 레이트)로부터, 목표값에 도달하기 위해 필요한 추가 연마 시간을 산출한다(스텝 5). 그리고, 스텝 6에서, 웨이퍼를 슬러리를 사용하여 추가 연마 시간만큼 연마한다. 현재의 웨이퍼의 연마 중에 2회 또는 그 이상 아이들링 공정이 행해지고 있는 경우에는, 처리부(18)는 그들 아이들링 공정 중에 각각 취득된 막 두께 지표값과 아이들링 공정 사이의 연마 시간으로부터 최신의 연마 레이트를 산출한다. 최신의 연마 레이트를 사용함으로써, 보다 정확한 추가 연마 시간을 산출할 수 있다. 스텝 6의 연마 후, 처리 플로우는 스텝 2의 수연마 공정으로 복귀된다.
- [0029] 도 3에 도시하는 흐름도는 막 두께에 기초하여 연마 종점을 결정하는 방법을 도시하지만, 연마에 의해 제거된 막의 양(이하, 연마량이라고 함)에 기초하여 연마 종점을 결정할 수도 있다. 도 4는 연마량에 기초하여 연마 종점을 결정하는 방법 도시하는 흐름도이다. 특별히 설명하지 않는 처리는 도 3에 도시하는 각 스텝에서의 처리와 마찬가지이므로, 그 중복되는 설명을 생략한다.
- [0030] 스텝 1에서는, 물 공급 노즐(31)로부터 물(바람직하게는 순수)을 연마 패드(12)에 공급하면서, 웨이퍼를 소정의 아이들링 시간만큼 수연마한다. 이 수연마는 웨이퍼의 연마가 실질적으로 진행되지 않는 아이들링 공정이다. 아이들링 공정 중, 센서 헤드(40)는 초기 막 두께 데이터를 취득한다. 처리부(18)는 초기 막 두께 데이터의 평균 데이터인 초기 막 두께 평균 데이터를 산출한다.
- [0031] 스텝 2에서는, 연마 패드(12)에 연마액(슬러리)을 공급하면서, 웨이퍼를 소정의 연마 시간만큼 연마한다. 스텝 3에서는, 다시 수연마(아이들링 공정)를 행하고, 그동안 센서 헤드(40)는 연마된 웨이퍼에 대한 막 두께 데이터를 취득한다. 스텝 4에서는, 처리부(18)는 스텝 3에서 얻어진 막 두께 데이터의 평균 데이터인 현재의 막 두께 평균 데이터를 산출한다. 또한, 처리부(18)는 초기 막 두께 평균 데이터와 현재의 막 두께 평균 데이터의 차분의 절대값을 산출한다. 이 차분의 절대값은 2개의 아이들링 공정 사이에 행해진 스텝 2의 슬러리 연마에 의해 제거된 막의 양, 즉 연마량을 나타내고 있다. 아이들링 공정이 3회 이상 행해지는 경우에는 바로 근처의 2개의 아이들링 공정 사이에서 얻어진 차분의 절대값을 누적함으로써, 연마량을 개선할 수 있다. 이와 같이 하여 구해지는 연마량은 막의 연마의 진행을 나타내는 연마 지표값이다.
- [0032] 스텝 5에서는, 처리부(18)는 스텝 4에서 구해진 연마량과 소정의 목표값을 비교한다. 처리부(18)는 연마량이 증가하여 소정의 목표값에 도달한 시점을 연마 종점이라고 판단하여, 웨이퍼의 연마를 종료시킨다. 소정의 목표값은 소정의 목표 연마량으로부터 소정의 임계값을 뺀 값이다. 소정의 임계값은 0이어도 된다.
- [0033] 연마량과 소정의 목표값을 비교한 결과, 연마량이 소정의 목표값보다도 작은 경우에는, 처리부(18)는 연마량과 목표값의 차분과 연마 레이트로부터, 목표값에 도달하기 위해 필요한 추가 연마 시간을 산출한다(스텝 6). 연마 레이트는 연마량과, 대응하는 연마 시간으로부터 산출할 수 있다. 그리고, 스텝 7에서, 웨이퍼를 슬러리를 사용하여 추가 연마 시간만큼 연마한다. 스텝 7의 연마 후, 처리 플로우는 스텝 3으로 복귀된다.
- [0034] 다음에, 본 발명의 연마 장치의 구체예에 대해 상세하게 설명한다. 도 5는 센서 헤드(40)로서 광학식 센서를 사용한 연마 장치의 예를 나타내는 도면이다. 도 5에 도시한 바와 같이, 연마 장치는 연마 테이블(10)과, 토플링 샤프트(16)에 지지된 토플링(15)과, 각종 데이터에 기초하여 웨이퍼(W)의 연마 종점을 검출하는 처리부(18)를 구비하고 있다. 토플링(15)은 그 하면에 웨이퍼(W)를 유지할 수 있도록 구성되어 있다. 토플링 샤프트(16)는 벨트 등의 연결 수단(17)을 통해 토플링 모터(20)에 연결되어 회전되도록 되어 있다. 이 토플링 샤프트(16)의 회전에 의해, 토플링(15)이 화살표로 나타내는 방향으로 회전하도록 되어 있다.
- [0035] 연마 테이블(10)은 테이블축(10a)을 통해 그 하방에 배치되는 테이블 모터(25)에 연결되어 있고, 이 테이블 모터(25)에 의해 연마 테이블(10)이 화살표로 나타내는 방향으로 회전되도록 되어 있다. 이 연마 테이블(10)의 상면에는 연마 패드(12)가 부착되어 있고, 연마 패드(12)의 상면(12a)이 웨이퍼(W)를 연마하는 연마면을 구성하고 있다.
- [0036] 토플링 샤프트(16)는 도시하지 않은 상하 이동 기구에 의해 상하 이동하도록 되어 있다. 하면에 웨이퍼(W)를 보유 지지한 토플링(15)은 토플링 샤프트(16)에 의해 하강되어 웨이퍼(W)를 연마 패드(12)의 상면(연마면)(12

a)에 압박한다. 웨이퍼(W)의 연마 중에는 토플링(15) 및 연마 테이블(10)을 각각 회전시켜, 연마 테이블(10)의 상방에 설치된 슬러리 공급 노즐(30)로부터 연마 패드(12) 위에 연마액(슬러리)을 공급한다. 웨이퍼(W)의 표면은 연마액에 포함되는 지립에 의한 기계적 작용과 연마액의 화학적 작용에 의해 연마된다.

[0037] 센서 헤드(40)는 웨이퍼의 표면에 광을 닿게 하여, 웨이퍼로부터의 반사광을 수광하고, 그 반사광을 파장에 따라서 분해하는 광학식 센서이다. 센서 헤드(40)는 연마 테이블(10)에 매설되어 있고, 연마 테이블(10)과 함께 회전한다. 센서 헤드(40)는 웨이퍼(W)의 표면에 광을 닿게 하여, 웨이퍼(W)로부터의 반사광을 수광하고, 또한 각 파장에서의 반사광의 강도를 측정한다. 센서 헤드(40)는 광을 웨이퍼(W)의 피연마면에 조사하는 투광부(42)와, 웨이퍼(W)로부터 복귀되어 오는 반사광을 수광하는 수광부로서의 광파이버(43)와, 웨이퍼(W)로부터의 반사광을 파장에 따라서 분해하고, 소정의 파장 범위에 걸쳐서 반사광의 강도를 측정하는 분광기(44)를 구비하고 있다.

[0038] 연마 테이블(10)에는 그 상면에서 개방되는 제1 구멍(50A) 및 제2 구멍(50B)이 형성되어 있다. 또한, 연마 패드(12)에는 이들 구멍(50A, 50B)에 대응하는 위치에 관통 구멍(51)이 형성되어 있다. 구멍(50A, 50B)과 관통 구멍(51)은 연통하고, 관통 구멍(51)은 연마면(12a)에서 개방되어 있다. 제1 구멍(50A)은 액체 공급로(53) 및 터터리 조인트(도시하지 않음)를 통해 액체 공급원(55)에 연결되어 있고, 제2 구멍(50B)은 액체 배출로(54)에 연결되어 있다.

[0039] 투광부(42)는 다파장의 광을 발하는 광원(47)과, 광원(47)에 접속된 광파이버(48)를 구비하고 있다. 광파이버(48)는 광원(47)에 의해 발해진 광을 웨이퍼(W)의 표면까지 유도하는 광전송부이다. 광파이버(48) 및 광파이버(43)의 선단은 제1 구멍(50A) 내에 위치하고 있고, 웨이퍼(W)의 피연마면의 근방에 위치하고 있다. 광파이버(48) 및 광파이버(43)의 각 선단은 토플링(15)에 유지된 웨이퍼(W)에 대향하여 배치된다. 연마 테이블(10)이 회전할 때마다 웨이퍼(W)의 복수의 영역에 광이 조사된다. 바람직하게는, 광파이버(48) 및 광파이버(43)의 각 선단은 토플링(15)에 유지된 웨이퍼(W)의 중심에 대향하여 배치된다.

[0040] 웨이퍼(W)의 연마 중에는, 액체 공급원(55)으로부터는 투명한 액체로서 물(바람직하게는 순수)이 액체 공급로(53)를 통해 제1 구멍(50A)에 공급되어, 웨이퍼(W)의 하면과 광파이버(48, 43)의 선단 사이의 공간을 채운다. 물은, 또한 제2 구멍(50B)에 유입되고, 액체 배출로(54)를 통해 배출된다. 연마액은 물과 함께 배출되고, 이에 의해 광로가 확보된다. 액체 공급로(53)에는 연마 테이블(10)의 회전에 동기하여 작동하는 밸브(도시하지 않음)가 설치되어 있다. 이 밸브는, 관통 구멍(51) 상에 웨이퍼(W)가 위치하지 않을 때는 물의 흐름을 멈추거나, 또는 물의 유량이 적어지도록 동작한다.

[0041] 광파이버(48)와 광파이버(43)는 서로 병렬로 배치되어 있다. 광파이버(48) 및 광파이버(43)의 각 선단은 웨이퍼(W)의 표면에 대해 대략 수직으로 배치되어 있고, 광파이버(48)는 웨이퍼(W)의 표면에 대략 수직으로 광을 조사하도록 되어 있다.

[0042] 웨이퍼(W)의 연마 중에는 투광부(42)로부터 광이 웨이퍼(W)에 조사되고, 광파이버(수광부)(43)에 의해 웨이퍼(W)로부터의 반사광이 수광된다. 분광기(44)는 반사광의 각 파장에서의 강도를 소정의 파장 범위에 걸쳐서 측정하고, 얻어진 광강도 데이터를 처리부(18)로 보낸다. 이 광강도 데이터는 웨이퍼(W)의 막 두께를 반영한 막 두께 데이터이다. 처리부(18)는 광강도 데이터로부터 파장마다의 광의 강도를 나타내는 스펙트럼을 생성하고, 또한 스펙트럼으로부터 웨이퍼(W)의 막 두께를 나타내는 막 두께 지표값을 생성한다.

[0043] 도 6은 광학식 센서의 원리를 설명하기 위한 모식도이고, 도 7은 웨이퍼와 연마 테이블(10)의 위치 관계를 나타내는 평면도이다. 도 6에 도시하는 예에서는, 웨이퍼(W)는 하층막과, 그 위에 형성된 상층막을 갖고 있다. 투광부(42) 및 수광부(43)는 웨이퍼(W)의 표면에 대향하여 배치되어 있다. 투광부(42)는 연마 테이블(10)이 1회 전할 때마다 웨이퍼(W)의 중심을 포함하는 복수의 영역에 광을 조사한다.

[0044] 웨이퍼(W)에 조사된 광은 매질(도 6의 예에서는 물)과 상층막의 계면과, 상층막과 하층막의 계면에서 반사하고, 이들 계면에서 반사한 광이 서로 간섭한다. 이 광의 간섭의 방법은 상층막의 두께(즉, 광로 길이)에 따라서 변화된다. 이로 인해, 웨이퍼(W)로부터의 반사광으로부터 생성되는 스펙트럼은 상층막의 두께에 따라서 변화된다. 분광기(44)는 반사광을, 파장을 따라서 분해하고, 반사광의 강도를 파장마다 측정한다. 처리부(18)는 분광기(44)로부터 얻어진 반사광의 강도 데이터로부터 스펙트럼을 생성한다. 이 스펙트럼은 광의 파장과 강도의 관계를 나타내는 선 그래프(즉, 분광 파형)로서 나타낸다. 광의 강도는 반사율 또는 상대 반사율 등의 상대값으로서 나타낼 수도 있다.

[0045] 도 8은 처리부(18)에 의해 생성된 스펙트럼을 도시하는 도면이다. 도 8에 있어서, 횡축은 반사광의 파장을 나

타내고, 종축은 반사광의 강도로부터 유도되는 상대 반사율을 나타낸다. 이 상대 반사율이라 함은, 반사광의 강도를 나타내는 1개의 지표이고, 구체적으로는, 반사광의 강도와 소정의 기준 강도의 비이다. 각 파장에 있어서 반사광의 강도(실측 강도)를 소정의 기준 강도로 나눔으로써, 장치의 광학계나 광원 고유의 강도의 편차 등의 불필요한 요소가 실측 강도로부터 제거되고, 이에 의해 상충막의 두께 정보만을 반영한 스펙트럼을 얻을 수 있다.

- [0046] 소정의 기준 강도는, 예를 들어 막이 형성되어 있지 않은 실리콘 웨이퍼(베어 웨이퍼)를 물의 존재 하에서 연마하고 있을 때에 얻어진 반사광의 강도로 할 수 있다. 실제의 연마에서는, 실측 강도로부터 다크 레벨(광을 차단한 조건 하에서 얻어진 배경 강도)을 감산하여 보정 실측 강도를 구하고, 또한 기준 강도로부터 상기 다크 레벨을 감산하여 보정 기준 강도를 구하고, 그리고, 보정 실측 강도를 보정 기준 강도로 계산함으로써, 상대 반사율이 구해진다. 구체적으로는, 상대 반사율  $R(\lambda)$ 은, 다음 수학식 1을 사용하여 구할 수 있다.

## 수학식 1

$$R(\lambda) = \frac{E(\lambda) - D(\lambda)}{B(\lambda) - D(\lambda)}$$

[0047]

- [0048] 여기서,  $\lambda$ 는 파장이고,  $E(\lambda)$ 는 웨이퍼로부터의 반사광의 강도이고,  $B(\lambda)$ 는 기준 강도이고,  $D(\lambda)$ 는 다크 레벨(광을 차단한 조건 하에서 측정된 광의 강도)이다.

- [0049] 처리부(18)는 아이들링 행정 중에 얻어진 막 두께 데이터(즉, 각 파장마다의 광강도 데이터)로부터 평균 데이터를 산출하고, 이 평균 데이터로부터 스펙트럼을 생성한다. 또한, 처리부(18)는 스펙트럼과 복수의 기준 스펙트럼을 비교함으로써, 생성된 스펙트럼에 가장 가까운 기준 스펙트럼을 결정하고, 이 결정된 기준 스펙트럼에 관련된 막 두께를 현재의 막 두께로서 결정한다. 복수의 기준 스펙트럼은 연마 대상의 웨이퍼와 동종의 웨이퍼를 연마함으로써 미리 취득된 것으로, 각 기준 스펙트럼에는 그 기준 스펙트럼이 취득되었을 때의 막 두께가 관련되어 있다. 즉, 각 기준 스펙트럼은 상이한 막 두께일 때에 취득된 것으로, 복수의 기준 스펙트럼은 복수의 상이한 막 두께에 대응한다. 따라서, 현재의 스펙트럼에 가장 가까운 기준 스펙트럼을 특정함으로써, 현재의 막 두께를 추정할 수 있다. 이 추정 막 두께값은 상술한 막 두께 지표값이다.

- [0050] 도 9는 처리부(18)에 의해 생성된 현재의 스펙트럼과 복수의 기준 스펙트럼의 비교로부터 현재의 막 두께를 결정하는 프로세스를 설명하는 도면이다. 도 9에 도시한 바와 같이, 처리부(18)는 광강도 데이터로부터 생성된 현재의 스펙트럼을 복수의 기준 스펙트럼과 비교하여, 가장 가까운 기준 스펙트럼을 결정한다. 구체적으로는, 현재의 스펙트럼과 각 기준 스펙트럼의 편차를 산출하여, 편차가 가장 작은 기준 스펙트럼을 가장 가까운 기준 스펙트럼으로서 특정한다. 처리부(18)는 특정된 가장 가까운 기준 스펙트럼에 관련된 막 두께를 현재의 막 두께로 결정한다.

- [0051] 처리부(18)는 도 3 또는 도 4에 도시하는 흐름도에 따라서 연마 종점을 결정한다. 도 3에 도시하는 흐름도의 경우, 추정 막 두께값이 그대로 막 두께 지표값으로서 사용된다. 도 4에 도시하는 흐름도의 경우, 초기 막 두께 데이터(초기 광강도 데이터)로부터 상술한 방법에 따라서 초기 막 두께를 구하고, 이 초기 막 두께로부터 현재의 추정 막 두께값을 감산함으로써 연마량을 구할 수 있다.

- [0052] 도 4의 예에 나타내는 연마량은 막 두께에 따라서 변화되는 스펙트럼의 변화량으로부터 구할 수도 있다. 도 10은 막 두께차  $\Delta a$ 에 대응하는 2개의 스펙트럼을 도시하는 모식도이다. 여기서,  $a$ 는 막 두께로, 연마 시에는 막 두께  $a$ 는 시간과 함께 감소한다( $\Delta a > 0$ ). 도 10에 도시한 바와 같이, 스펙트럼은 막 두께의 변화와 함께 파장축을 따라서 이동한다. 2개의 아이들링 공정 중에 취득된 2개의 스펙트럼 사이의 변화량은 이들 스펙트럼에 의해 둘러싸이는 영역(해칭으로 나타냄)에 상당한다. 이 영역의 면적은 2개의 아이들링 공정 사이의 막 두께 데이터의 차분의 절대값에 상당한다. 따라서, 상기 영역의 면적을 계산함으로써, 연마량을 결정할 수 있다. 연마량  $D$ 는 다음 수학식 2로부터 구해진다.

## 수학식 2

$$D = \sum_{\lambda=1}^{12} |Rc(\lambda) - Rp(\lambda)|$$

[0053]

[0054] 여기서,  $\lambda$ 는 광의 파장으로,  $\lambda 1, \lambda 2$ 는 감시 대상으로 하는 스펙트럼의 파장 범위를 결정하는 하한값 및 상한값이고,  $Rc$ 는 최신의 아이들링 공정에서 취득된 상태 반사율이고,  $Rp$ 는 전회의 아이들링 공정에서 취득된 상태 반사율이다.

[0055] 3개 이상의 아이들링 공정이 행해지는 경우에는, 바로 근처의 2개의 아이들링 공정 사이의 연마량을 누적함으로써 연마량  $D$ 가 생긴된다.

[0056] 수학식 2의  $R(\lambda)$  대신에, 정규화된 상태 반사율  $R_N(\lambda)$ 을 사용할 수도 있다. 이 정규화된 상태 반사율  $R_N(\lambda)$ 은 상태 반사율  $R(\lambda)$ 을 소정의 파장 범위 [ $\lambda 1, \lambda 2$ ]에 있어서의 상태 반사율의 평균값으로 제산함으로써 구해진다. 이와 같은 정규화된 상태 반사율을 사용하면, 연마 패드(12)의 마모에 의한 광량의 변화를 캔슬할 수 있다.

[0057] 분광기(44) 내의 광학 요소(슬릿, 회절 격자, 검출기 등)의 배치가 변화되면, 얻어지는 스펙트럼의 파장이 어긋나는 일이 있다. 이와 같은 파장의 어긋남은 정밀도가 높은 막 두께 측정을 방해하는 원인이 될 수 있으므로, 다음에 나타내는 파장 보정 방법에 따라서 파장을 보정하는 것이 바람직하다. 이 파장 보정 방법은 기준 기판의 표면에 광을 조사하여, 상기 기준 기판으로부터의 반사광을 수광하고, 수광한 반사광을 파장에 따라서 분해함으로써 기준 스펙트럼을 생성하고, 상기 기준 기판의 표면에 광을 조사하여, 상기 기준 기판으로부터의 반사광을 수광하고, 수광한 반사광을 파장에 따라서 분해함으로써 현재의 스펙트럼을 생성하고, 현재의 스펙트럼을 기준 스펙트럼에 일치시키기 위한 파장의 보정식을 생성하는 공정을 포함한다. 상기 기준 기판은 균일한 두께의 막이 형성된 기판이다.

[0058] 상술한 기준 스펙트럼은 연마 패드(12)에 물을 공급하면서, 기준 기판을 연마 패드(12)에 미끄럼 접촉시켜 기준 기판을 연마하는 제1 수연마를 행하고, 제1 수연마를 행하고 있을 때에, 기준 기판의 표면에 광을 조사하여, 상기 기준 기판으로부터의 반사광을 수광하고, 제1 수연마 중에 수광한 반사광을 파장에 따라서 분해함으로써 생성된다. 상술한 현재의 스펙트럼은 연마 패드(12)에 물을 공급하면서, 상기 기준 기판을 연마 패드(12)에 미끄럼 접촉시켜 기준 기판을 연마하는 제2 수연마를 행하고, 제2 수연마를 행하고 있을 때에, 기준 기판의 표면에 광을 조사하여, 상기 기준 기판으로부터의 반사광을 수광하고, 제2 수연마 중에 수광한 반사광을 파장에 따라서 분해함으로써 생성된다. 상기 보정식은 현재의 스펙트럼의 극대점 및 극소점을, 기준 스펙트럼의 대응하는 극대점 및 극소점에 일치시키기 위한 보정식이다.

[0059] 상술한 예에서는, 센서 헤드(40)로서 광학식 센서를 사용하였지만, 본 발명은 이 예로 한정되지 않고, 센서 헤드(40)에 와전류 센서를 사용하는 것도 가능하다. 그와 같은 와전류 센서의 예로서는, 일본 특허 공개 공보 제2009-99842호에 기재되어 있는 와전류 센서를 사용할 수 있다.

[0060] 와전류 센서는 코일에 고주파의 교류 전류를 흘려 도전막에 와전류를 유기시키고, 이 와전류의 자계에 기인하는 임피던스의 변화로부터 도전막의 두께를 검출한다. 도 11은 와전류 센서의 원리를 설명하기 위한 회로를 도시하는 도면이다. 교류 전원 S로부터 고주파의 교류 전류  $I_1$ 을 와전류 센서의 코일(90)에 흘리면, 코일(90)에 유기된 자력선이 도전막 중을 통과한다. 이에 의해, 센서측 회로와 도전막측 회로 사이에 상호 인더턴스가 발생하여, 도전막에는 와전류  $I_2$ 가 흐른다. 이 와전류  $I_2$ 는 자력선을 발생하고, 이것이 센서측 회로의 임피던스를 변화시킨다. 와전류 센서는 이 센서측 회로의 임피던스의 변화로부터 도전막의 막 두께를 검출한다.

[0061] 도 11에 도시하는 센서측 회로와 도전막측 회로에는 각각 다음의 수학식이 성립된다.

## 수학식 3

[0062]

$$R_1 I_1 + L_1 d I_1 / d t + M d I_2 / d t = E$$

## 수학식 4

[0063]  $R_2 I_2 + L_2 dI_2/dt + M dI_1/dt = 0$

[0064] 여기서,  $M$ 은 상호 인덕턴스이고,  $R_1$ 은 와전류 센서의 코일(90)을 포함하는 센서측 회로의 등가 저항이고,  $L_1$ 은 코일(90)을 포함하는 센서측 회로의 자기 인덕턴스이다.  $R_2$ 는 와전류가 유기되는 도전막의 등가 저항이고,  $L_2$ 는 와전류가 흐르는 도전막의 자기 인덕턴스이다.

[0065] 여기서,  $I_n = A_n e^{j\omega t}$ (정현파)로 하면, 상기 수학식 3, 4는 다음과 같이 나타난다.

## 수학식 5

[0066]  $(R_1 + j\omega L_1) I_1 + j\omega M I_2 = E$

## 수학식 6

[0067]  $(R_2 + j\omega L_2) I_2 + j\omega M I_1 = 0$

[0068] 이들 수학식 5, 6으로부터 다음의 수학식이 유도된다.

## 수학식 7

$$\begin{aligned} I_1 &= E / (R_2 + j\omega L_2) \quad / \quad \{ (R_1 + j\omega L_1) (R_2 + j\omega L_2) + \omega^2 M^2 \} \\ [0069] \quad &= E / \{ (R_1 + j\omega L_1) + \omega^2 M^2 / (R_2 + j\omega L_2) \} \end{aligned}$$

[0070] 따라서, 센서측 회로의 임피던스  $\Phi$ 는 다음의 수학식으로 나타난다.

## 수학식 8

$$\begin{aligned} \Phi &= E / I_1 = \{ R_1 + \omega^2 M^2 R_2 / (R_2^2 + \omega^2 L_2^2) \} \\ [0071] \quad &+ j\omega \{ L_1 - \omega^2 L_2 M^2 / (R_2^2 + \omega^2 L_2^2) \} \end{aligned}$$

[0072] 여기서,  $\Phi$ 의 실부(저항 성분), 허부(유도 리액턴스 성분)를 각각  $X$ ,  $Y$ 로 하면, 상기 수학식 8은 다음과 같다.

## 수학식 9

[0073]  $\Phi = X + j\omega Y$

[0074] 와전류 센서는 상기 와전류 센서의 코일(90)을 포함하는 전기 회로의 임피던스의 저항 성분  $X$  및 유도 리액턴스 성분  $Y$ 를 출력한다. 도 12는 연마 시간과 함께 변화되는  $X$ ,  $Y$ 를, XY 좌표계 위에 플롯함으로써 그려지는 그래프를 나타내는 도면이다. 점  $T^\infty$ 의 좌표는 막 두께가 무한대일 때, 즉,  $R_2$ 가 0일 때의  $X$ ,  $Y$ 이고, 점  $T0$ 의 좌표는 기판의 도전율을 무시할 수 있는 것으로 하면, 막 두께가 0일 때, 즉  $R_2$ 가 무한대일 때의  $X$ ,  $Y$ 이다.  $X$ ,  $Y$ 의 값으로부터 위치 결정되는 점  $Tn$ 은 막 두께가 감소하는 것에 따라서, 원호 형상의 궤적을 그리면서 점  $T0$ 을 향

해 진행된다. 또한, 도 12에 나타내는 기호 k는 결합 계수로, 다음의 관계식이 성립된다.

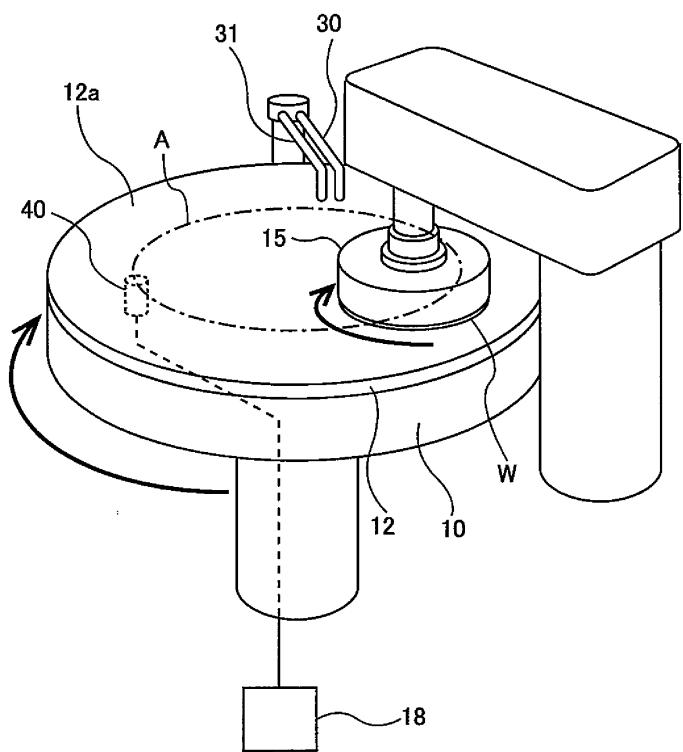
## 수학식 10

$$M = k \cdot (L_1 L_2)^{1/2}$$

- [0075] [0076] 도 13은 도 12의 그래프 도형을 반시계 방향으로 90도 회전시키고, 또한 평행 이동시킨 그래프를 나타내는 도면이다. 도 13에 도시한 바와 같이, 막 두께가 감소하는 것에 따라서, X, Y의 값으로부터 위치 결정되는 점 Tn은 원호 형상의 궤적을 그리면서 점 T0을 향해 진행된다.
- [0077] 코일(90)과 웨이퍼(W) 사이의 거리 G는 이들 사이에 개재하는 연마 패드(12)의 두께에 따라서 변화된다. 이 결과, 도 14에 도시한 바와 같이, 사용하는 연마 패드(12)의 두께분의 거리 G(G1 내지 G3)에 따라서, 좌표 X, Y의 원호 궤적이 변동된다. 도 14로부터 알 수 있는 바와 같이, 코일(90)과 웨이퍼(W) 사이의 거리 G에 관계없이, 막 두께마다의 좌표 X, Y를 직선(이하, 예비 측정 직선이라고 함)으로 연결하면, 그 예비 측정 직선이 교차하는 교점(기준점) P를 취득할 수 있다. 이 예비 측정 직선 rn(n:1, 2, 3...)은 소정의 기준선(도 14에 있어서의 수평선) H에 대해, 막 두께에 따른 앙각(협각) Θ로 경사진다. 따라서, 이 각도 Θ는 웨이퍼(W)의 막 두께를 나타내는 막 두께 지표값이라고 할 수 있다.
- [0078] 처리부(18)는 각도 Θ와 막 두께의 관계를 나타내는 상관 데이터를 참조함으로써, 연마 중에 얻어진 각도 Θ로부터 막 두께를 결정할 수 있다. 이 상관 데이터는 연마 대상의 웨이퍼와 동종의 웨이퍼를 연마하여, 각 각도 Θ에 대응하는 막 두께를 측정함으로써 미리 얻어진 것이다. 도 15는 연마 시간에 따라서 변화되는 각도 Θ를 나타내는 그래프이다. 종축은 각도 Θ를 나타내고, 횡축은 연마 시간을 나타내고 있다. 이 그래프에 나타낸 바와 같이, 연마 시간과 함께 각도 Θ는 증가하고, 어느 시점에서 일정해진다. 따라서, 처리부(18)는 연마 중에 각도 Θ를 계산하여, 그 각도 Θ로부터 현재의 막 두께를 취득할 수 있다.
- [0079] 이상 설명한 연마 장치는 1개의 연마 테이블을 구비하고 있지만, 복수의 연마 테이블을 구비한 연마 장치에도 본 발명을 적용하는 것은 가능하다. 일반적으로, 연마 장치는 복수의 연마 테이블이 있으므로, 연마 공정의 각 스텝을 복수의 연마 테이블로 분류하여 연마 장치 전체의 처리량의 최적화를 도모할 수 있다. 예를 들어, 도 3의 경우에는 스텝 1을, 도 4의 경우에는 스텝 1 내지 2를 1개의 연마 테이블에서 실행하고, 남은 스텝을 다른 연마 테이블에서 실행한다. 통상, 최초에 행해지는 슬러리 연마의 시간은 후속의 스텝에서 행해지는 수연마나 추가 연마의 시간에 비해 길다고 상정되므로, 상술한 바와 같이 연마 공정을 2개의 연마 테이블로 분류함으로써, 연마 테이블 사이의 처리 시간을 균등화하여 양호한 처리량을 실현할 수 있다.
- [0080] 상술한 실시 형태는, 본 발명이 속하는 기술 분야에 있어서의 통상의 지식을 갖는 자가 본 발명을 실시할 수 있는 것을 목적으로 하여 기재된 것이다. 상기 실시 형태의 다양한 변형에는 당업자라면 당연히 이를 수 있는 것이고, 본 발명의 기술적 사상은 다른 실시 형태에도 적용할 수 있다. 따라서, 본 발명은 기재된 실시 형태로 한정되지 않고, 특허청구의 범위에 의해 정의되는 기술적 사상을 따른 가장 넓은 범위로 해석되는 것이다.

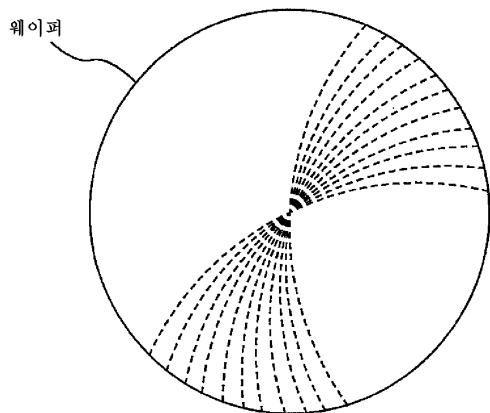
도면

도면1

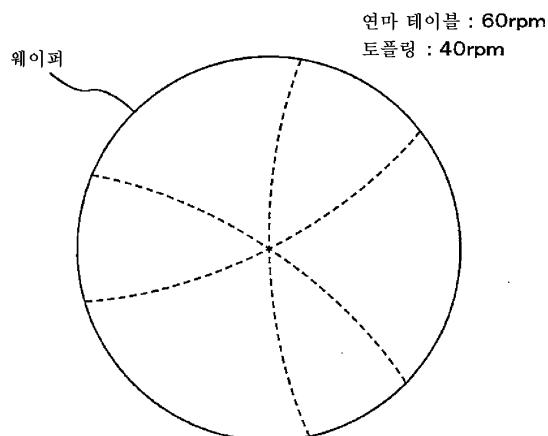


도면2a

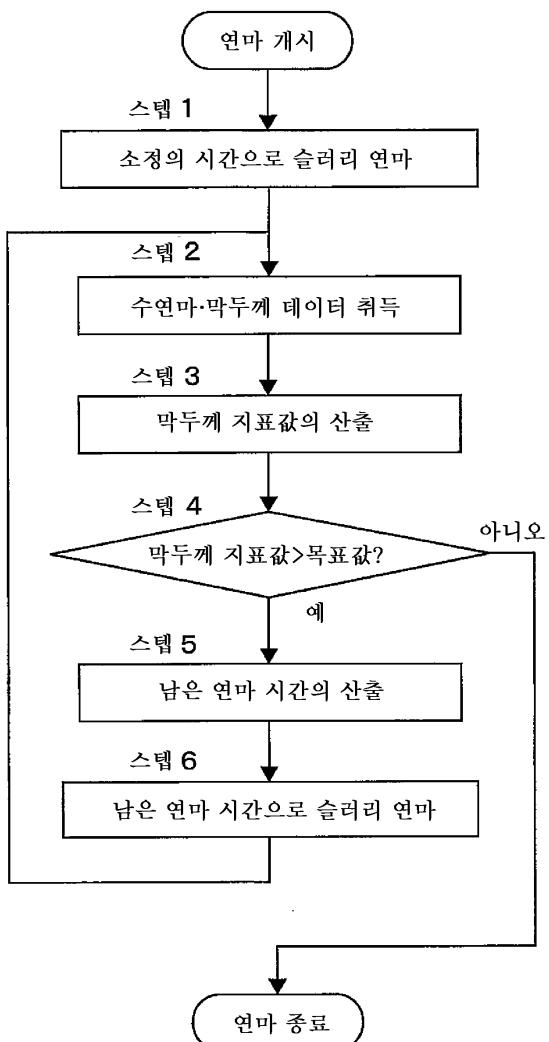
연마 테이블 : 60rpm  
토플링 : 61rpm



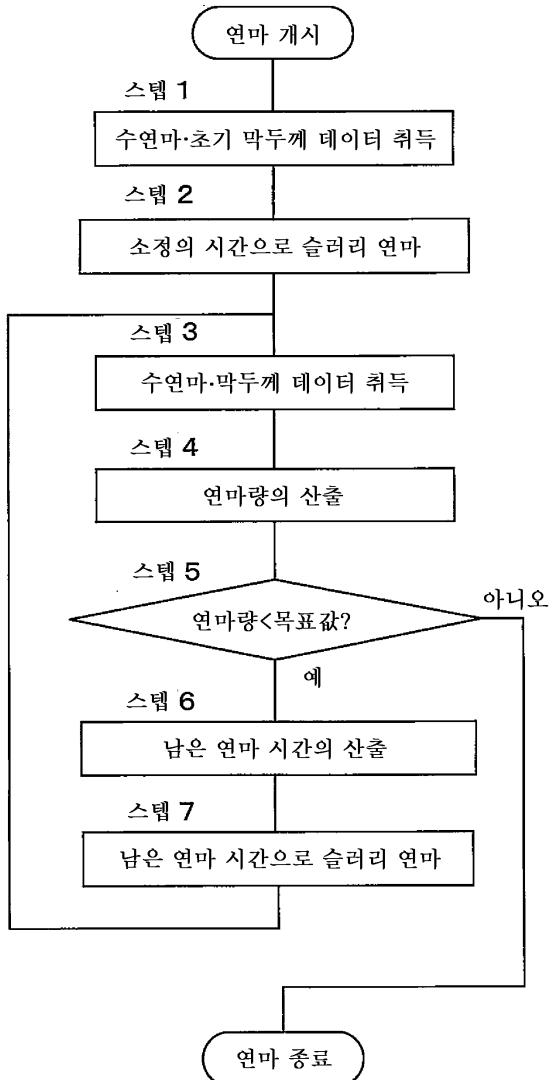
## 도면2b



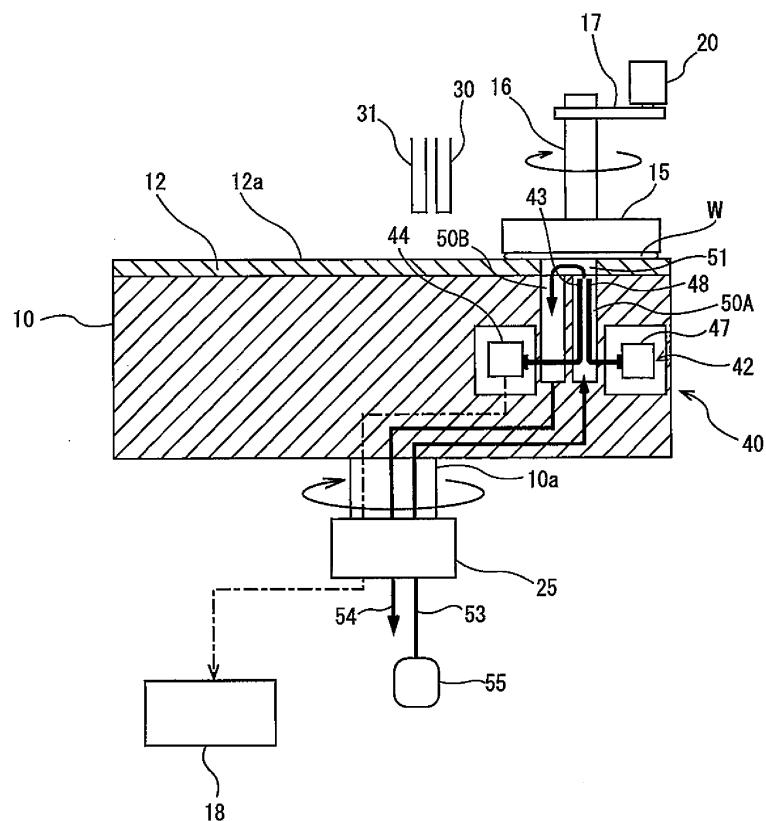
## 도면3



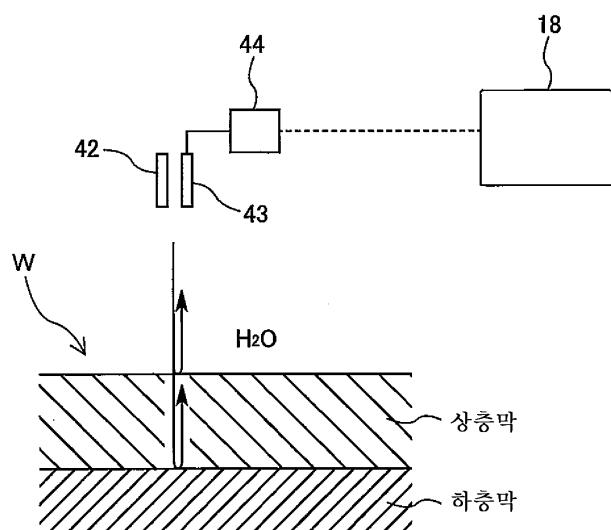
## 도면4



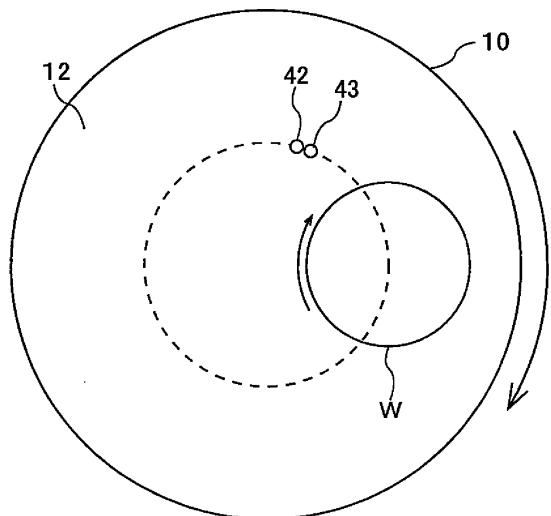
## 도면5



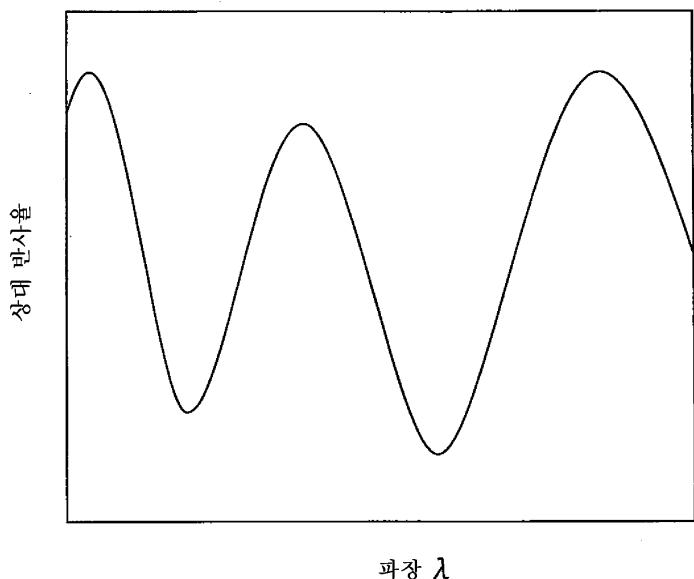
## 도면6



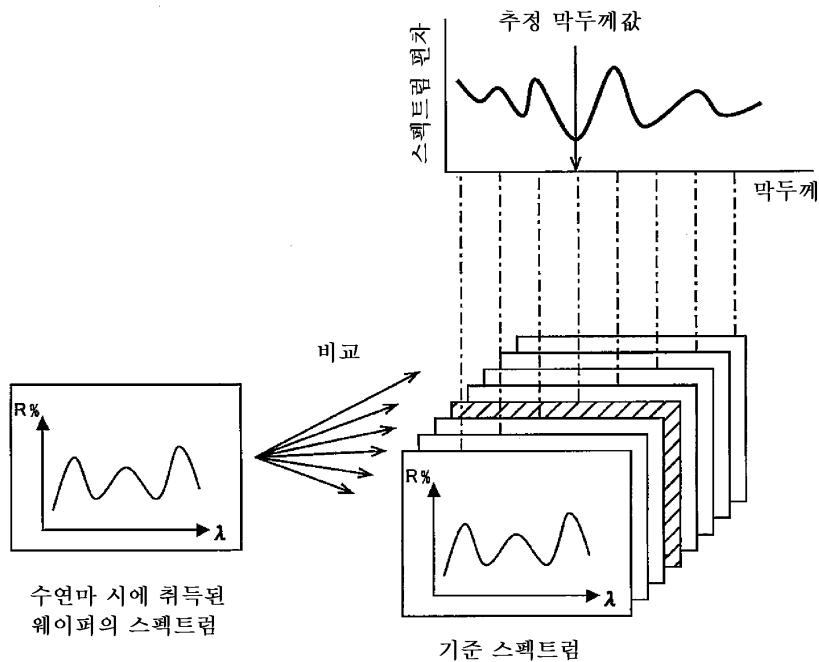
도면7



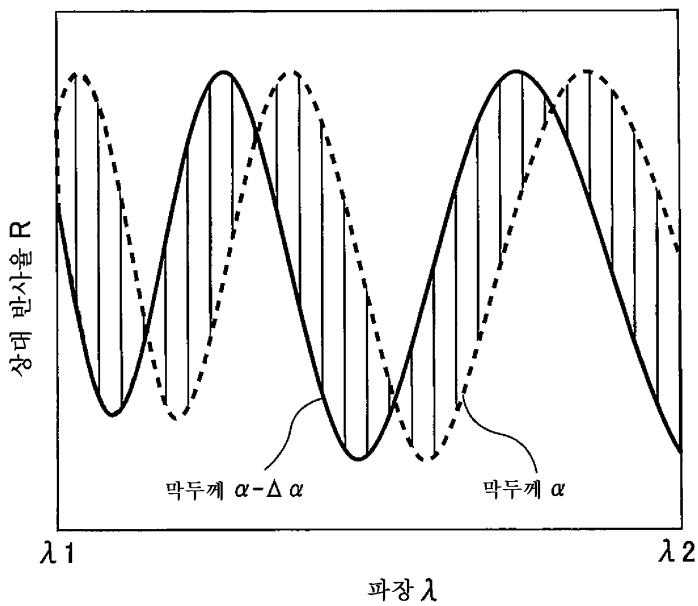
도면8



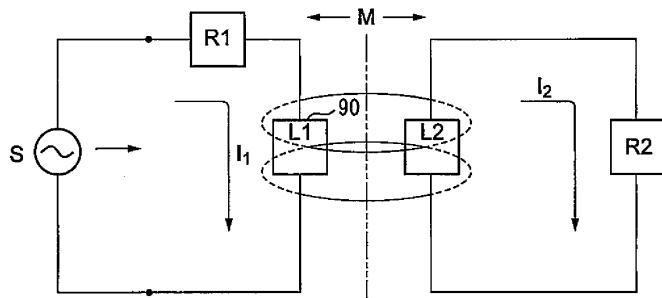
## 도면9



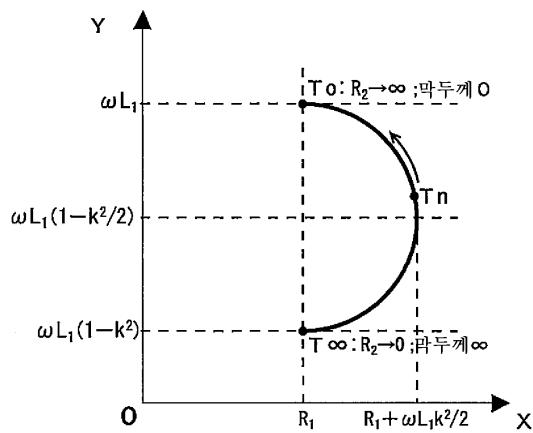
## 도면10



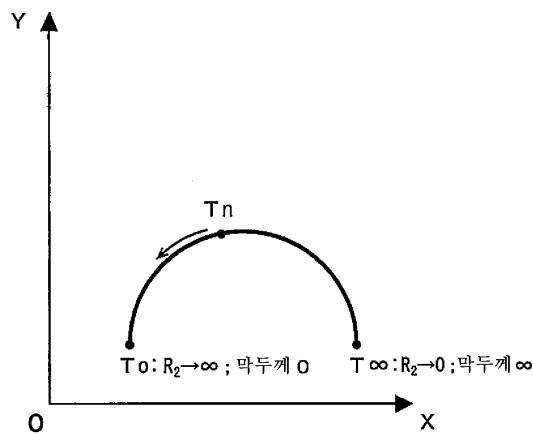
## 도면11



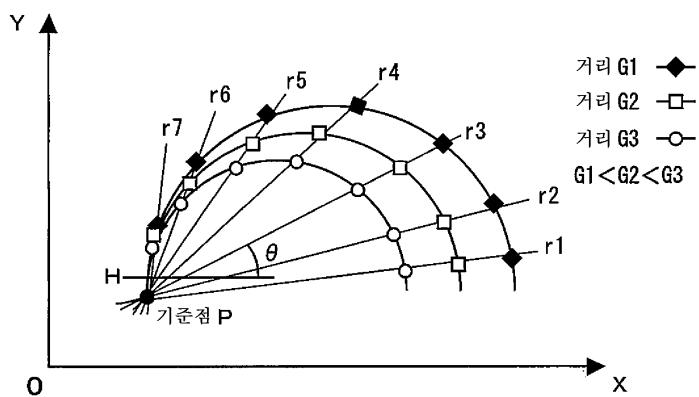
## 도면12



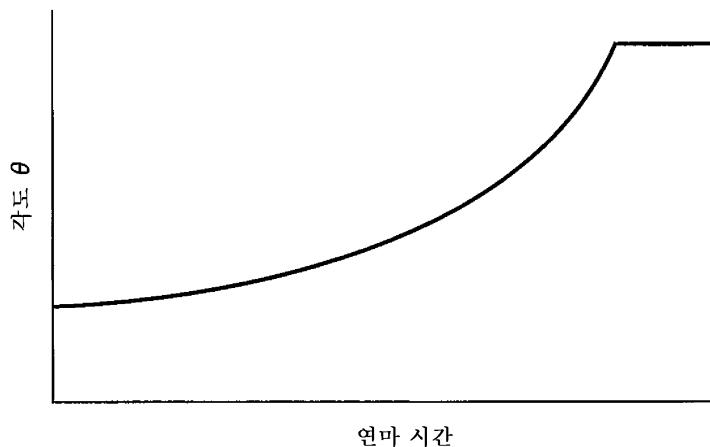
## 도면13



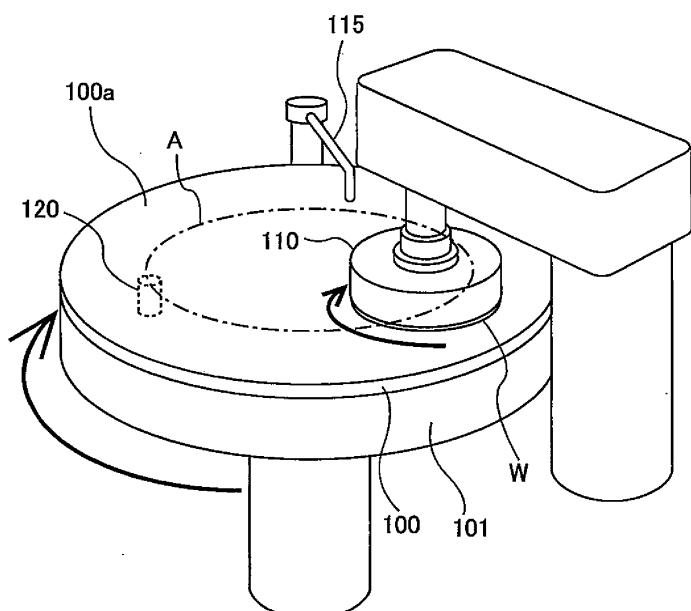
도면14



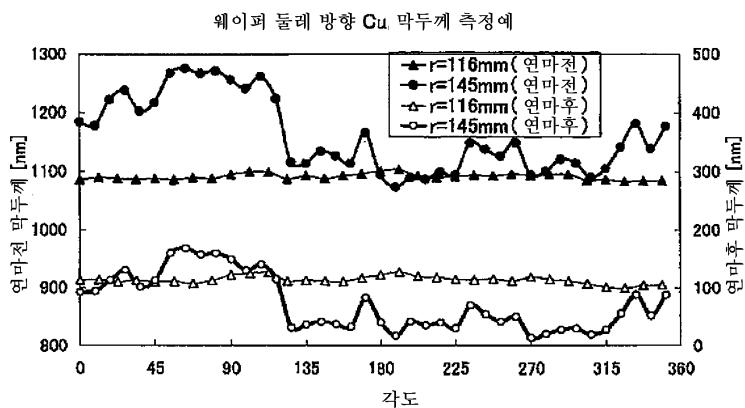
도면15



도면16



## 도면17



## 도면18

