



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2013-0115142
(43) 공개일자 2013년10월21일

(51) 국제특허분류(Int. C1.)
H01L 21/304 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2013-0038054
(22) 출원일자 2013년04월08일
심사청구일자 없음
(30) 우선권주장
JP-P-2012-089585 2012년04월10일 일본(JP)

(71) 출원인
가부시키가이샤 에바라 세이사꾸쇼
일본국 도쿄도 오타구 하네다아사히초 11-1
(72) 발명자
히로오 야스마사
일본 도쿄도 오오타구 하네다 아사히초 11방 1고
가부시키가이샤 에바라 세이사꾸쇼 내
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 10 항

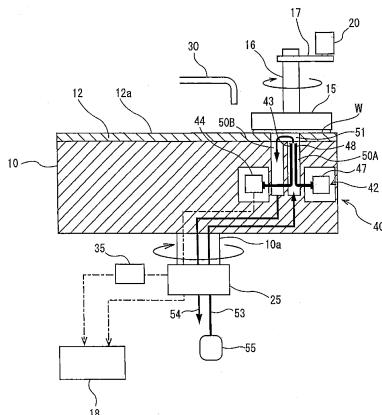
(54) 발명의 명칭 연마 장치 및 연마 방법

(57) 요약

과연마를 방지하고, 연마 종점 검출의 정밀도를 향상시킬 수 있는 연마 장치를 제공한다.

연마 장치는, 연마 패드(12)를 지지하는 연마 테이블(10)과, 연마 테이블(10)을 회전시키는 테이블 모터(25)와, 기관 W를 연마 패드(12)에 가압하는 토플링(15)과, 테이블 모터(25)의 토크 전류값을 측정하는 전류계(35)와, 기관 W에 광을 닿게 하여, 기관 W로부터의 반사광의 강도를 계측하는 광학식 센서(40)와, 반사광의 강도로부터, 막의 두께에 따라서 변화하는 연마 지표값을 생성하는 처리부(18)를 구비한다. 처리부(18)는 토크 전류값이 소정의 임계값에 도달한 시점 및 연마 지표값의 소정의 특징점이 나타난 시점 중, 어느 하나의 빠른 쪽에 기초해서 연마 종점을 결정한다.

대 표 도 - 도1



특허청구의 범위

청구항 1

막이 형성된 기판을 연마하는 연마 장치에 있어서,
 연마 패드를 지지하는 연마 테이블과,
 상기 연마 테이블을 회전시키는 테이블 모터와,
 기판을 상기 연마 패드에 가압하는 토플링과,
 상기 막의 두께 정보를 포함하는 신호를 취득하는 센서와,
 상기 신호로부터, 상기 막의 두께에 따라서 변화하는 연마 지표값을 생성하는 처리부를 구비하고,
 상기 처리부는, 상기 테이블 모터의 토크 전류값 및 상기 연마 지표값을 감시하고, 상기 토크 전류값이 소정의 임계값에 도달한 시점 및 상기 연마 지표값의 소정의 특징점이 나타난 시점 중, 어느 하나의 빠른 쪽에 기초해서 연마 종점을 결정하는 것을 특징으로 하는 연마 장치.

청구항 2

제1항에 있어서,
 상기 처리부는, 상기 연마 지표값의 소정의 특징점이 나타난 시점에서의 막두께와 소정의 목표 막두께의 차로부터 구해진 제1 검출 오차 범위와, 상기 토크 전류값이 소정의 임계값에 도달한 시점에서의 막두께와 상기 소정의 목표 막두께의 차로부터 구해진 제2 검출 오차 범위를 기억하고 있고,
 상기 제1 검출 오차 범위 및 상기 제2 검출 오차 범위는, 상기 기판과 동종의 기판의 과거의 연마 데이터로부터 미리 취득된 검출 오차 범위이고,
 상기 제2 검출 오차 범위가 상기 제1 검출 오차 범위에 겹치도록 상기 소정의 임계값이 설정되는 것을 특징으로 하는 연마 장치.

청구항 3

제1항에 있어서,
 상기 토크 전류값이 소정의 임계값에 도달한 시점 및 상기 연마 지표값의 소정의 특징점이 나타난 시점 중, 어느 하나의 빠른 쪽이 상기 연마 종점으로 결정되는 것을 특징으로 하는 연마 장치.

청구항 4

제1항에 있어서,
 상기 토크 전류값이 소정의 임계값에 도달한 시점 및 상기 연마 지표값의 소정의 특징점이 나타난 시점 중, 어느 하나의 빠른 쪽의 시점으로부터 소정의 시간이 경과한 시점이 상기 연마 종점으로 결정되는 것을 특징으로 하는 연마 장치.

청구항 5

제1항에 있어서,
 상기 센서는, 상기 기판에 광을 닿게 하여, 상기 기판으로부터의 반사광의 강도를 계측하는 광학식 센서이고,
 상기 처리부는, 상기 반사광의 강도로부터 상기 연마 지표값을 생성하는 것을 특징으로 하는 연마 장치.

청구항 6

막이 형성된 기판을 연마하는 연마 방법에 있어서,
 연마 패드를 지지하는 연마 테이블을 테이블 모터에 의해 회전시키고,

토플링에 의해 기판을 상기 연마 패드에 가압하고,
 상기 막의 두께 정보를 포함하는 신호를 취득하고,
 상기 신호로부터, 상기 막의 두께에 따라서 변화하는 연마 지표값을 생성하고,
 상기 테이블 모터의 토크 전류값 및 상기 연마 지표값을 감시하고,
 상기 토크 전류값이 소정의 임계값에 도달한 시점 및 상기 연마 지표값의 소정의 특징점이 나타난 시점 중, 어느 하나의 빠른 쪽에 기초해서 연마 종점을 결정하는 것을 특징으로 하는 연마 방법.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 토크 전류값이 소정의 임계값에 도달한 시점에서의 막두께와 소정의 목표 막두께의 차로부터 구해진 제2 검출 오차 범위가, 상기 연마 지표값의 소정의 특징점이 나타난 시점에서의 막두께와 상기 소정의 목표 막두께의 차로부터 구해진 제1 검출 오차 범위에 겹치도록 상기 소정의 임계값이 설정되고,

상기 제1 검출 오차 범위 및 상기 제2 검출 오차 범위는, 상기 기판과 동종의 기판의 과거의 연마 데이터로부터 미리 취득된 검출 오차 범위인 것을 특징으로 하는 연마 방법.

청구항 8

제6항에 있어서,

상기 토크 전류값이 소정의 임계값에 도달한 시점 및 상기 연마 지표값의 소정의 특징점이 나타난 시점 중, 어느 하나의 빠른 쪽이 상기 연마 종점으로 결정되는 것을 특징으로 하는 연마 방법.

청구항 9

제6항에 있어서,

상기 토크 전류값이 소정의 임계값에 도달한 시점 및 상기 연마 지표값의 소정의 특징점이 나타난 시점 중, 어느 하나의 빠른 쪽의 시점으로부터 소정의 시간이 경과한 시점이 상기 연마 종점으로 결정되는 것을 특징으로 하는 연마 방법.

청구항 10

제6항에 있어서,

상기 막의 두께를 검출하는 공정은, 기판에 광을 낳게 하여, 상기 기판으로부터의 반사광의 강도를 계측하는 공정이고,

상기 연마 지표값을 생성하는 공정은, 상기 반사광의 강도로부터 상기 연마 지표값을 생성하는 공정인 것을 특징으로 하는 연마 방법.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 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 장치에 있어서는, 다양한 타입의 연마 종점 검출 방법이 사용되고 있다. 예를 들어, 상층막이 연마에 의해 제거되어 하층막이 노출된 것을 검출하기 위해서, 연마 테이블의 토크 전류의 변화를 검출하는 방법이 채용되고 있다(예를 들어, 일본 특허 공개 2001-198813호 공보 및 일본 특허 공개 평6-315850호 공보 참조).

[0003] 배선의 미세화에 수반하여, 연마 종점 검출의 정밀도의 향상이 요구되고 있다. 그러나, 전술한 토크 전류식 연

마 종점 검출 방법에서는, 웨이퍼의 면 내에서 상층막의 두께에 편차가 있기 때문에, 하층막이 웨이퍼 전체면에서 노출될 때까지 연마하면, 목표 막두께에 대해 과연마로 되는 경우가 있다.

[0004] 이러한 과연마를 방지하기 위해서, 상층막의 표면 위에 형성된 초기의 요철이 평탄해진 시점을 토크 전류의 변화로부터 검출하고, 그 시점으로부터 미리 정한 시간만큼 연마하는 것이 행해지고 있다. 이 방법에 따르면, 목표 막두께보다도 많이 하층막이 남은 상태에서 연마를 종료하고, 외부의 막두께 측정기에서 연마 후의 막두께 측정을 행하고, 목표 막두께와 측정 막두께와의 차이를 없애기 위해 필요한 연마 시간을 계산하고, 그리고 산출된 연마 시간만큼 추가 연마를 행하여 목표 막두께를 실현한다. 그러나, 이러한 추가 연마의 실시는 전체의 연마 시간을 길게 하여, 스루풋을 저하시켜 버린다.

[0005] 이러한 토크 전류식 연마 종점 검출 방법 외에, 광학식 센서를 사용한 연마 종점 검출 방법이 있다(예를 들어, 일본 특허 공개 2004-154928호 공보 참조). 이 방법에서는, 웨이퍼의 표면에 광을 유도하여, 웨이퍼로부터의 반사광을 분석함으로써, 웨이퍼의 연마 종점을 결정한다. 이 방법에 따르면, 상층막의 연마 상태로부터 연마 종점을 검출하므로, 하층막이 노출되기 전에 연마를 종료시킬 수 있다. 그러나, 웨이퍼에 형성되어 있는 배선 패턴이나 연마에 사용되는 슬러리가 종점 검출 정밀도에 악영향을 끼쳐, 필요로 하는 정밀도를 얻지 못하는 경우가 있었다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 본 발명은 전술한 문제를 해결하기 위해 이루어진 것으로, 과연마를 방지하고, 연마 종점 검출의 정밀도를 향상 시킬 수 있는 연마 장치 및 연마 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

[0007] 전술한 목적을 달성하기 위해서, 본 발명의 일 형태는, 막이 형성된 기판을 연마하는 연마 장치에 있어서, 연마 패드를 지지하는 연마 테이블과, 상기 연마 테이블을 회전시키는 테이블 모터와, 기판을 상기 연마 패드에 가압하는 토플링과, 상기 막의 두께 정보를 포함하는 신호를 취득하는 센서와, 상기 신호로부터, 상기 막의 두께에 따라서 변화하는 연마 지표값을 생성하는 처리부를 구비하고, 상기 처리부는, 상기 테이블 모터의 토크 전류값 및 상기 연마 지표값을 감시하고, 상기 토크 전류값이 소정의 임계값에 도달한 시점 및 상기 연마 지표값의 소정의 특징점이 나타난 시점 중, 어느 하나의 빠른 쪽에 기초해서 연마 종점을 결정하는 것을 특징으로 한다.

[0008] 본 발명의 바람직한 형태는, 상기 처리부는, 상기 연마 지표값의 소정의 특징점이 나타난 시점에서의 막두께와 소정의 목표 막두께의 차로부터 구해진 제1 검출 오차 범위와, 상기 토크 전류값이 소정의 임계값에 도달한 시점에서의 막두께와 상기 소정의 목표 막두께의 차로부터 구해진 제2 검출 오차 범위를 기억하고 있고, 상기 제1 검출 오차 범위 및 상기 제2 검출 오차 범위는, 상기 기판과 동종의 기판의 과거의 연마 데이터로부터 미리 취득된 검출 오차 범위이고, 상기 제2 검출 오차 범위가 상기 제1 검출 오차 범위에 겹치도록 상기 소정의 임계값이 설정되는 것을 특징으로 한다.

[0009] 본 발명의 바람직한 형태는, 상기 토크 전류값이 소정의 임계값에 도달한 시점 및 상기 연마 지표값의 소정의 특징점이 나타난 시점 중, 어느 하나의 빠른 쪽이 상기 연마 종점으로 결정되는 것을 특징으로 한다.

[0010] 본 발명의 바람직한 형태는, 상기 토크 전류값이 소정의 임계값에 도달한 시점 및 상기 연마 지표값의 소정의 특징점이 나타난 시점 중, 어느 하나의 빠른 쪽의 시점으로부터 소정의 시간이 경과한 시점이 상기 연마 종점으로 결정되는 것을 특징으로 한다.

[0011] 본 발명의 바람직한 형태는, 상기 센서는, 상기 기판에 광을 닿게 하여, 상기 기판으로부터의 반사광의 강도를 계측하는 광학식 센서이고, 상기 처리부는, 상기 반사광의 강도로부터 상기 연마 지표값을 생성하는 것을 특징으로 한다.

[0012] 본 발명의 다른 형태는, 막이 형성된 기판을 연마하는 연마 방법에 있어서, 연마 패드를 지지하는 연마 테이블을 테이블 모터에 의해 회전시키고, 토플링에 의해 기판을 상기 연마 패드에 가압하고, 상기 막의 두께 정보를 포함하는 신호를 취득하고, 상기 신호로부터, 상기 막의 두께에 따라서 변화하는 연마 지표값을 생성하고, 상기 테이블 모터의 토크 전류값 및 상기 연마 지표값을 감시하고, 상기 토크 전류값이 소정의 임계값에 도달한 시점 및 상기 연마 지표값의 소정의 특징점이 나타난 시점 중, 어느 하나의 빠른 쪽에 기초해서 연마 종점을 결정하

는 것을 특징으로 한다.

- [0013] 본 발명의 바람직한 형태는, 상기 토크 전류값이 소정의 임계값에 도달한 시점에서의 막두께와 소정의 목표 막두께의 차로부터 구해진 제2 검출 오차 범위가, 상기 연마 지표값의 소정의 특징점이 나타난 시점에서의 막두께와 상기 소정의 목표 막두께의 차로부터 구해진 제1 검출 오차 범위에 겹치도록 상기 소정의 임계값이 설정되고, 상기 제1 검출 오차 범위 및 상기 제2 검출 오차 범위는, 상기 기판과 동종의 기판의 과거의 연마 데이터로부터 미리 취득된 검출 오차 범위인 것을 특징으로 한다.
- [0014] 본 발명의 바람직한 형태는, 상기 토크 전류값이 소정의 임계값에 도달한 시점 및 상기 연마 지표값의 소정의 특징점이 나타난 시점 중, 어느 하나의 빠른 쪽이 상기 연마 종점으로 결정되는 것을 특징으로 한다.
- [0015] 본 발명의 바람직한 형태는, 상기 토크 전류값이 소정의 임계값에 도달한 시점 및 상기 연마 지표값의 소정의 특징점이 나타난 시점 중, 어느 하나의 빠른 쪽의 시점으로부터 소정의 시간이 경과한 시점이 상기 연마 종점으로 결정되는 것을 특징으로 한다.
- [0016] 본 발명의 바람직한 형태는, 상기 막의 두께를 검출하는 공정은, 기판에 광을 낳게 하여, 상기 기판으로부터의 반사광의 강도를 계측하는 공정이고, 상기 연마 지표값을 생성하는 공정은, 상기 반사광의 강도로부터 상기 연마 지표값을 생성하는 공정인 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

- [0017] 본 발명에 따르면, 테이블 모터의 토크 전류값 및 광학식 센서로부터의 광학 신호의 양쪽을 사용해서 연마 종점을 검출하므로, 과연마로 되기 전에 연마 종점을 검출할 확률이 높아진다. 따라서, 연마 종점 검출의 정밀도를 향상시킬 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0018] 도 1은 본 발명의 일 실시 형태에 있어서의 연마 장치를 도시하는 모식도.
 도 2의 (a) 내지 도 2의 (d)는 웨이퍼의 연마가 진행되는 모습을 도시하는 도면.
 도 3은 웨이퍼의 연마 진행에 따라서 토크 전류가 변화하는 모습을 설명하기 위한 도면.
 도 4는 광학식 센서의 원리를 설명하기 위한 모식도.
 도 5는 웨이퍼와 연마 테이블의 위치 관계를 도시하는 평면도.
 도 6은 처리부에 의해 생성된 분광 파형을 도시하는 도면.
 도 7은 분광 파형으로부터 생성된 연마 지표값을 나타내는 그래프.
 도 8은 검출 오차 범위를 정규 분포로서 나타낸 그래프.
 도 9는 연마 종점 검출의 일례를 도시하는 도면.
 도 10은 본 발명의 연마 종점 검출 방법의 일 실시 형태를 설명하기 위한 도면.
 도 11은 제1 검출 오차 범위와 제2 검출 오차 범위의 일례를 도시하는 도면.
 도 12는 본 발명의 연마 종점 검출 방법의 일 실시 형태를 설명하는 플로우차트.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0019] 이하, 본 발명의 실시 형태에 대해 도면을 참조하여 설명한다.
 [0020] 도 1은 본 발명의 일 실시 형태에 있어서의 연마 장치를 도시하는 모식도이다. 도 1에 도시한 바와 같이, 연마 장치는, 연마 테이블(10)과, 토플링 샤프트(16)에 지지된 토플링(15)과, 각종 데이터에 기초해서 웨이퍼(기판) W의 연마 종점을 검출하는 처리부(18)를 구비하고 있다. 토플링(15)은 그 하면에 웨이퍼 W를 보유 지지할 수 있도록 구성되어 있다. 토플링 샤프트(16)는 벨트 등의 연결 수단(17)을 개재하여 토플링 모터(20)에 연결되어 회전되도록 되어 있다. 이 토플링 샤프트(16)의 회전에 의해, 토플링(15)이 화살표로 나타내는 방향으로 회전하도록 되어 있다.
 [0021] 연마 테이블(10)은 테이블 축(10a)을 개재하여 그 하방에 배치되는 테이블 모터(25)에 연결되어 있고, 이 테이

블 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 W를 연마하는 연마면을 구성하고 있다.

[0022] 토플링 샤프트(16)는 도시하지 않은 상하 이동 기구에 의해 상하 이동하도록 되어 있다. 하면에 웨이퍼 W를 보유 지지한 토플링(15)은 토플링 샤프트(16)에 의해 하강되어 웨이퍼 W를 연마 패드(12)의 상면(연마면)(12a)에 가압한다. 웨이퍼 W의 연마 중에는, 토플링(15) 및 연마 테이블(10)을 각각 회전시키고, 연마 테이블(10)의 상방에 설치된 연마액 공급 노즐(30)로부터 연마 패드(12) 위에 연마액(슬러리)을 공급한다. 웨이퍼 W의 표면은, 연마액에 포함되는 지립에 의한 기계적 작용과 연마액의 화학적 작용에 의해 연마된다.

[0023] 웨이퍼 W의 연마 중에는, 웨이퍼 W의 표면과 연마 패드(12)의 연마면(12a)이 미끄럼 접촉하기 때문에, 웨이퍼 W와 연마 패드(12) 사이에는 마찰력이 발생한다. 이 마찰력은, 웨이퍼 W의 노출면의 형상 및 노출면을 형성하는 막의 종류에 의존하여 변화한다. 예를 들어, 상층막이 연마에 의해 제거되어 하층막이 노출되면, 웨이퍼 W와 연마 패드(12) 사이에 발생하는 마찰력이 변화한다.

[0024] 테이블 모터(25)는 연마 테이블(10)을 미리 설정된 일정한 속도로 회전시키도록 제어된다. 따라서, 웨이퍼 W와 연마 패드(12) 사이에 작용하는 마찰력이 변화하면, 테이블 모터(25)에 흐르는 전류값, 즉 토크 전류가 변화한다. 보다 구체적으로는, 마찰력이 커지면, 연마 테이블(10)에 의해 큰 토크를 부여하기 위해 토크 전류가 증가하고, 마찰력이 작아지면, 연마 테이블(10)에 부여하는 토크를 작게 하기 위해 토크 전류가 내려간다. 테이블 모터(25)에는, 그 토크 전류를 측정하는 전류계(35)가 접속되어 있다. 또한, 전류계(35)를 설치하지 않고, 테이블 모터(25)를 구동하는 인버터(도시하지 않음)로부터 출력되는 전류값을 사용할 수도 있다.

[0025] 도 2의 (a) 내지 도 2의 (d)는 웨이퍼의 연마가 진행되는 모습을 도시하는 도면이다. 도 3은 웨이퍼의 연마 진행에 따라서 토크 전류가 변화하는 모습을 설명하기 위한 도면이다. 도 2의 (a)에 도시한 바와 같이, 실리콘층(1) 위에 폴리실리콘(2)이 형성되고, 폴리실리콘(2)을 덮도록 실리콘니트라이드(질화 규소)(3)가 형성되어 있다. 또한, 실리콘니트라이드(3) 위에는 절연막(4)이 형성되어 있다. 이 웨이퍼의 연마에서는, 하층막인 실리콘니트라이드(3)가 웨이퍼 표면에 나타날 때까지 그 상층막인 절연막(4)이 연마된다. 따라서, 이 웨이퍼의 연마 종점은, 실리콘니트라이드(3)가 노출된 시점이다. 사용되는 연마액은 절연막(4)의 연마를 촉진시켜, 실리콘니트라이드(3)의 연마를 억제하는 것 같은 화학적 성질을 갖는 연마액이다.

[0026] 연마 초기에는, 절연막(4)의 상면에는, 실리콘니트라이드(3)의 형상을 따라 단차부(4a)가 형성되어 있다. 이 단차부(4a)의 존재에 의해, 웨이퍼와 연마 패드(12) 사이의 접촉 면적이 작아지므로, 웨이퍼와 연마 패드(12) 사이의 마찰력은 작다. 도 2의 (b)에 도시한 바와 같이, 연마가 진행하여 절연막(4)의 단차부(4a)가 제거되면, 웨이퍼와 연마 패드(12) 사이의 접촉 면적이 증가하고, 웨이퍼와 연마 패드(12) 사이의 마찰력도 증가한다. 따라서, 토크 전류가 증가한다. 또한, 웨이퍼의 연마가 진행되면, 도 2의 (c)에 도시한 바와 같이, 실리콘니트라이드(3)가 웨이퍼 표면에 나타난다. 실리콘니트라이드(3)가 노출되면, 마찰력이 저하한다. 이것은 실리콘니트라이드(3)의 연마를 억제하는 화학적 성질을 갖는 연마액이 사용되고 있기 때문이다.

[0027] 실리콘니트라이드(3)가 노출되면, 토크 전류가 저하한다. 웨이퍼의 연마 종점은, 이 토크 전류의 변화점에 기초해서 결정할 수 있다. 즉, 도 3에 도시한 바와 같이, 토크 전류값이 저하하여 미리 설정된 임계값에 도달한 시점을 연마 종점으로서 결정할 수 있다. 그러나, 웨이퍼에 형성되어 있는 절연막(상층막)(4)의 두께는 웨이퍼의 면 내에 있어서 편차가 있고, 이 때문에 하층막인 실리콘니트라이드(3)가 웨이퍼의 전체면에 나타날 때까지 연마하면, 도 2의 (d)에 도시한 바와 같이, 과연마로 되어버린다.

[0028] 따라서, 본 실시 형태에서는, 토크 전류에 기초한 연마 종점 검출과, 광학식 센서(40)를 사용한 연마 종점 검출과의 조합이 사용된다. 도 1에 도시한 바와 같이, 광학식 센서(40)는 연마 테이블(10)에 매설되어 있으며, 연마 테이블(10)과 함께 회전한다. 광학식 센서(40)는 웨이퍼 W의 표면에 광을 닿게 하여, 웨이퍼 W로부터의 반사광을 수광하고, 또한 각 괴장에서의 반사광의 강도를 측정한다.

[0029] 광학식 센서(40)는 광을 웨이퍼 W의 피연마면에 조사하는 투광부(42)와, 웨이퍼 W로부터 되돌아 오는 반사광을 수광하는 수광부로서의 광 파이버(43)와, 웨이퍼 W로부터의 반사광을 괴장에 따라서 분해하고, 소정의 괴장 범위에 걸쳐서 반사광의 강도를 측정하는 분광기(44)를 구비하고 있다.

[0030] 연마 테이블(10)에는, 그 상면에서 개구하는 제1 구멍(50A) 및 제2 구멍(50B)이 형성되어 있다. 또한, 연마 패드(12)에는, 이들 구멍(50A, 50B)에 대응하는 위치에 통과 구멍(51)이 형성되어 있다. 구멍(50A, 50B)과 통과 구멍(51)은 연통하고, 통과 구멍(51)은 연마면(12a)에서 개구되어 있다. 제1 구멍(50A)은 액체 공급로(53) 및

로터리 조인트(도시하지 않음)를 개재하여 액체 공급원(55)에 연결되어 있고, 제2 구멍(50B)은, 액체 배출로(54)에 연결되어 있다.

- [0031] 투광부(42)는 다파장의 광을 발하는 광원(47)과, 광원(47)에 접속된 광 파이버(48)를 구비하고 있다. 광 파이버(48)는 광원(47)에 의해 발해진 광을 웨이퍼 W의 표면까지 유도하는 광전송부이다. 광 파이버(48) 및 광 파이버(43)의 선단은, 제1 구멍(50A) 내에 위치하고 있어, 웨이퍼 W의 피연마면의 근방에 위치하고 있다. 광 파이버(48) 및 광 파이버(43)의 각 선단은, 토플링(15)에 보유 지지된 웨이퍼 W의 중심에 대향하여 배치되고, 연마 테이블(10)이 회전할 때마다 웨이퍼 W의 중심을 포함하는 복수의 영역에 광이 조사되도록 되어 있다.
- [0032] 웨이퍼 W의 연마 중에는, 액체 공급원(55)으로부터는, 투명한 액체로서 물(바람직하게는 순수)이 액체 공급로(53)를 개재하여 제1 구멍(50A)에 공급되고, 웨이퍼 W의 하면과 광 파이버(48, 43)의 선단 사이의 공간을 만족한다. 물은, 또한 제2 구멍(50B)에 유입하고, 액체 배출로(54)를 통해서 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 통과 구멍(51) 위에 웨이퍼 W가 위치하지 않을 때는 물의 흐름을 멈추거나 또는 물의 유량을 적게 하게 동작한다.
- [0033] 광 파이버(48)와 광 파이버(43)는 서로 병렬로 배치되어 있다. 광 파이버(48) 및 광 파이버(43)의 각 선단은, 웨이퍼 W의 표면에 대해 거의 수직으로 배치되어 있고, 광 파이버(48)는 웨이퍼 W의 표면에 거의 수직으로 광을 조사하게 되어 있다.
- [0034] 웨이퍼 W의 연마 중에는, 투광부(42)로부터 광이 웨이퍼 W에 조사되어, 광 파이버(수광부)(43)에 의해 웨이퍼 W로부터의 반사광이 수광된다. 분광기(44)는 반사광의 각 파장에서의 강도를 소정의 파장 범위에 걸쳐서 측정하고, 얻어진 광강도 데이터를 처리부(18)로 보낸다. 이 분광기(44)에 의해 취득되는 반사광의 강도의 측정값은, 웨이퍼 W의 막두께의 정보를 포함한 신호로서, 막두께에 따라서 변화한다. 처리부(18)는 광강도 데이터로부터 파장마다 광의 강도를 나타내는 분광 파형을 생성하고, 또한 분광 파형으로부터 웨이퍼 W의 연마 진척을 나타내는 연마 지표값을 생성한다.
- [0035] 도 4는 광학식 센서(40)의 원리를 설명하기 위한 모식도이며, 도 5는 웨이퍼와 연마 테이블의 위치 관계를 도시하는 평면도이다. 도 4에 도시하는 예에서는, 웨이퍼 W는 하층막과, 그 위에 형성된 상층막을 갖고 있다. 투광부(42) 및 수광부(43)는 웨이퍼 W의 표면에 대향하여 배치되어 있다. 투광부(42)는 연마 테이블(10)이 1회전 할 때마다 웨이퍼 W의 중심을 포함하는 복수의 영역에 광을 조사한다.
- [0036] 웨이퍼 W에 조사된 광은, 매질(도 4의 예에서는 물)과 상층막의 계면과, 상층막과 하층막과의 계면에서 반사하고, 이들 계면에서 반사한 광이 서로 간섭한다. 이 광의 간섭의 방법은, 상층막의 두께(즉 광로 길이)에 따라서 변화한다. 이 때문에, 웨이퍼 W로부터의 반사광으로부터 생성되는 분광 파형은, 상층막의 두께에 따라서 변화한다. 분광기(44)는 반사광을 파장에 따라서 분해하고, 반사광의 강도를 파장마다 측정한다. 처리부(18)는 분광기(44)로부터 얻어진 반사광의 강도 데이터로부터 분광 파형을 생성한다. 이 분광 파형은 광의 파장과 강도와의 관계를 나타내는 선 그래프(파형)로서 나타난다. 광의 강도는 반사율 또는 상대 반사율 등의 상대값으로서 나타낼 수도 있다.
- [0037] 도 6은 처리부(18)에 의해 생성된 분광 파형을 도시하는 도면이다. 도 6에 있어서, 횡축은 반사광의 파장을 나타내고, 종축은 반사광의 강도로부터 유도되는 상대 반사율을 나타낸다. 이 상대 반사율이란, 반사광의 강도를 나타내는(1개의 지표이며, 구체적으로는 반사광의 강도와 소정의 기준 강도와의 비이다. 각 파장에 있어서 반사광의 강도(실측 강도)를 소정의 기준 강도로 나눔으로써, 장치의 광학계나 광원 고유 강도의 편차 등의 불필요한 요소가 실측 강도로부터 제거되고, 이에 의해 상층막의 두께 정보만을 반영한 분광 파형을 얻을 수 있다.
- [0038] 기준 강도는, 각 파장에 대하여 미리 취득된 강도이며, 상대 반사율은, 각 파장에 있어서 산출된다. 구체적으로는, 각 파장에서의 광의 강도(실측 강도)를 대응하는 기준 강도로 제산함으로써 상대 반사율이 구해진다. 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 제산함으로써, 상대 반사율이 구해진다. 구체적으로는, 상대 반사율 $R(\lambda)$ 은 다음 수학식 1을 사용해서 구할 수 있다.

수학식 1

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

[0039]

[0040] 여기서, λ 은 파장이며, $E(\lambda)$ 은 웨이퍼로부터의 반사광의 강도이고, $B(\lambda)$ 은 기준 강도이고, $D(\lambda)$ 은 다크 레벨(광을 차단한 조건 하에서 측정된 광의 강도)이다.

[0041] 처리부(18)는 다음 식을 사용해서, 연마의 진척을 나타내는 연마 지표값(스펙트럼 인덱스)을 분광 과형으로부터 생성한다.

수학식 2

$$\text{연마 지표값 } S(\lambda_1) = R(\lambda_1) / (R(\lambda_1) + R(\lambda_2) + \dots + R(\lambda_k))$$

[0042]

[0043] 여기서, λ 은 광의 파장을 나타내고, $R(\lambda_k)$ 는 파장 λ_k 에 있어서의 상대 반사율을 나타낸다. 또한, 연마 지표값의 산출에 사용되는 광의 파장 λ 의 수는, 바람직하게는 2개 또는 3개이다(즉, $k=2$ 또는 3). 수학식 2에서 알 수 있듯이, 상대 반사율을 상대 반사율로 나눔으로써, 파장에 의존하지 않는 노이즈 성분을 상대 반사율로부터 제거할 수 있다. 따라서, 노이즈가 없는 연마 지표값을 얻을 수 있다.

[0044] 도 7은 연마 지표값을 나타내는 그래프이다. 도 7에 도시한 바와 같이, 연마 지표값은, 연마 시간과 함께 주기적으로 변화한다. 이것은, 광의 파의 간섭에 의한 현상이다. 즉, 웨이퍼에 조사된 광은, 매질과 상층막과의 계면과, 상층막과 하층막과의 계면에서 반사하고, 이들 계면에서 반사한 광의 파가 서로 간섭한다. 이 광의 파의 간섭 방법은, 상층막의 두께(즉 광로 길이)에 따라서 변화한다. 이 때문에, 분광 과형으로부터 생성되는 연마 지표값은, 상층막의 두께와 함께, 즉 연마 시간과 함께 주기적으로 변화한다.

[0045] 처리부(18)는 연마 지표값의 특징점으로 되는 극대점 또는 극소점(이하, 총칭해서 극값점이라고 함)을 검출하고, 그 검출 시점에 기초해서 연마 종점을 결정한다. 도 7의 예에서는, 소정의 시간으로부터 4개째의 극소점을 검출한 시점을 연마 종점으로 결정한다. 또는, 소정의 극값점을 검출한 시점으로부터 소정 시간이 경과한 시점을 연마 종점으로 해도 된다.

[0046] 광학식 센서(40)를 사용한 연마 종점 검출은, 웨이퍼에 형성되어 있는 배선 패턴, 하층막의 두께나 트렌치부의 깊이의 편차, 광학 정수의 편차 등 다양한 요인에 의해, 검출 오차를 수반한다. 연마 종점 검출에 높은 정밀도가 요구되는 경우, 이 검출 오차에 의해, 도 8에 도시한 바와 같이, 연마된 막의 두께가 허용 범위에 들지 못해, 연마 부족 또는 과연마로 되는 경우가 있다. 도 8에 나타내는 예에서는, 허용되는 목표 범위는, 목표 막 두께에 대해 $\pm 2\text{nm}$ 인 데 반해, 검출 오차 범위는 목표 막두께에 대해 $\pm 5\text{nm}$ 이다. 도 8은 이 검출 오차 범위를 정규 분포로서 나타낸 그래프를 나타내고 있다. 이 예에서는, 연마 부족 및 과연마가 일어날 확률은 각각 10.8%이다.

[0047] 연마 부족은 추가 연마를 함으로써 해소되지만, 과연마를 해소하는 수단은 없다. 도 9에 도시한 바와 같이, 연마 지표값의 특징점이 약간 빨리 나타나도록 연마 종점 검출 레시피를 조정함으로써 과연마를 방지하는 것은 가능하다. 그러나, 이 경우에는, 연마 부족이 발생할 확률이 상승하여 73.7%로 되어 버린다.

[0048] 따라서, 본 발명에서는, 광학식 센서(40)로부터 얻어지는 연마 지표값과, 테이블 토크 전류값을 조합하여 웨이퍼의 연마 종점을 검출한다. 도 10은 본 발명의 연마 종점 검출 방법의 일 실시 형태를 설명하기 위한 도면이다. 도 10에 도시한 바와 같이, 연마되어 있는 웨이퍼의 막두께가 목표 막두께에 달했을 때에 연마 지표값의 특징점이 나타나도록 광학식 센서(40)의 연마 종점 검출 레시피가 조정된다.

[0049] 광학식 센서(40)뿐만 아니라, 토크 전류값에 기초하는 연마 종점 검출에 있어서도, 웨이퍼 면 내의 실리콘니트라이드 표면 높이의 편차 등에 기인하여, 검출 오차는 존재한다. 또한, 대부분의 경우, 막 표면의 단차부가 제거되었을 때, 또는 이종막(전술한 예에서는 실리콘니트라이드)이 노출되었을 때 비로소 토크 전류값이 변화하기 때문에, 검출은 자연될 기미가 보인다. 광학식 센서(40)의 검출 오차 범위(이하, 제1 검출 오차 범위 R1이라

함)와, 토크 전류에 기초하는 연마 종점 검출의 검출 오차 범위(이하, 제2 검출 오차 범위 R2라 함)는, 중첩되도록 설정된다. 제2 검출 오차 범위 R2의 위치는, 연마 종점 검출을 위한 토크 전류 또는 토크 전류의 변화 속도(기울기 또는 미분값)의 임계값에 의해 변경할 수 있다. 도 10에 도시한 바와 같이, 제2 검출 오차 범위 R2는, 연마 부족 영역과 겹치지 않고, 그 대부분이 목표 범위 내에 위치하도록 설정되는 것이 바람직하다.

[0050] 웨이퍼의 연마 중, 처리부(18)는 토크 전류값 및 연마 지표값의 양쪽을 감시한다. 그리고, 토크 전류값이 소정의 임계값에 도달한 시점 및 연마 지표값의 특징점이 나타난 시점 중, 어느 하나의 빠른 쪽을 연마 종점으로서 결정한다.

[0051] 제1 검출 오차 범위 R1은, 연마 대상으로 되는 웨이퍼와 동종의 웨이퍼를 복수매 연마하고, 토크 전류값이 소정의 임계값에 도달한 시점에서의 각 웨이퍼의 막두께를 외부의 막두께 측정기에 의해 측정하고, 그 측정된 막두께와 소정의 목표 막두께의 차로부터 구해진다. 마찬가지로, 제2 검출 오차 범위 R2는, 연마 대상으로 되는 웨이퍼와 동종의 웨이퍼를 복수매 연마하고, 연마 지표값의 소정의 특징점이 나타난 시점에서의 각 웨이퍼의 막두께를 외부의 막두께 측정기에 의해 측정하고, 그 측정된 막두께와 상기 소정의 목표 막두께의 차로부터 구해진다.

[0052] 이와 같이 해서 과거의 연마 데이터로부터 얻어진 제1 검출 오차 범위 R1과 제2 검출 오차 범위 R2는, 중첩되도록 설정된다. 그리고, 처리부(18)는 토크 전류값 또는 연마 지표값 중 어느 한쪽이 먼저 연마 종점을 나타낸 시점을 웨이퍼의 연마 종점으로 결정한다. 이와 같이 토크 전류값 및 연마 지표값의 양쪽을 연마 진척의 감시에 사용함으로써, 과연마의 확률이 내려가, 보다 정확한 웨이퍼의 연마 종점을 결정할 수 있다. 광학식 센서 또는 토크 전류 센서(토크 전류식 종점 검출)를 각각 단독으로 사용한 경우, 도 10에 의하면, 각각 10.8%, 17.1%의 확률로 과연마가 발생한다. 그러나, 각각의 센서는, 검출 원리의 차이에 의해 오차의 요인이 다르다. 따라서, 개개의 센서에서는 적시적으로 검출할 수 없어 과연마가 발생하는 경우에도, 동시에 검출이 지연되어 과연마가 발생할 확률은 현저히 작다.

[0053] 도 11은 제1 검출 오차 범위 R1과 제2 검출 오차 범위 R2의 다른 예를 도시하는 도면이다. 이 예에서는, 토크 전류식 검출 오차 범위 R2의 중심이 목표 범위의 경계(시간축의 우측 단부)에 달하고 있다. 이 경우에도, 광학식 센서 및 토크 전류 센서의 오차 요인은 다르기 때문에, 도 10에 도시하는 예와 마찬가지로 과연마의 확률이 내려가, 보다 정확한 웨이퍼의 연마 종점을 검출할 수 있다. 이것은, 토크 전류식 검출 오차 범위 R2의 중심이 목표 범위 밖으로 미치는 경우도 마찬가지이다.

[0054] 도 12은 본 발명의 연마 종점 검출 방법의 실시 형태를 설명하는 플로우차트이다. 웨이퍼의 연마가 개시되면, 광학식 센서(40)에 의한 반사광의 강도 측정 및 토크 전류의 측정이 개시된다. 처리부(18)는 광학식 센서(40)로부터 얻어진 광학식 데이터로부터 연마 지표값 생성하고, 이것을 감시한다. 동시에, 처리부(18)는 토크 전류값을 감시한다. 또한, 처리부(18)는 전류계(35)에 의해 측정된 토크 전류값 대신에, 테이블 모터(25)를 구동하는 드라이버(인버터)로부터 출력되는 토크 전류값을 감시해도 된다.

[0055] 처리부(18)는 연마 지표값의 소정의 특징점(극대점 또는 극소점)이 나타났는지 여부를 판단하고, 동시에 토크 전류가 소정의 임계값에 도달했는지 여부를 판단한다. 그리고, 연마 지표값의 소정의 특징점이 나타난 시점 및 토크 전류값이 소정의 임계값에 도달한 시점 중, 어느 하나의 빠른 쪽을 연마 종점으로서 결정한다. 연마 종점의 결정 후, 필요에 따라서 소정의 시간만큼 연마(오버 폴리싱)하고, 그 후, 웨이퍼의 연마를 종료한다.

[0056] 토크 전류값에 기초하는 연마 종점 검출은, 일반적으로, 노출을 검출해야 할 이중막(하층막)의 면적 비율이 큰 경우나, 상층막과 하층막에서 연마 레이트(제거 레이트라고도 함)가 커서 다른 화학적 성질을 갖는 연마액을 사용한 경우에 유리하다. 이것은 하층막이 웨이퍼 표면에 나타났을 때에 마찰력이 크게 변화하기 때문이다. 광학식 센서(40)를 사용한 연마 종점 검출은, 하층막이 노출되기 전에 상층막의 연마 상태를 검출할 수 있는 점에서 유리하다. 본 발명은 이를 2개의 연마 종점 검출 기술을 조합함으로써, 보다 정확한 연마 종점을 실현할 수 있다.

[0057] 전술한 실시 형태에서는, 토크 전류값에 기초하는 연마 종점 검출과 연마 지표값에 기초하는 연마 종점 검출을 OR 조건으로 실행하고 있지만, 토크 전류값에 기초하는 연마 종점 검출과 연마 지표값에 기초하는 연마 종점 검출을 AND 조건으로 실행해도 된다. 즉, 토크 전류값이 소정의 임계값에 도달한 것 및 연마 지표값의 특징점이 나타난 것을 조건으로 해서 연마 종점으로서 결정해도 된다. 바꿔 말하면, 토크 전류값이 소정의 임계값에 도달한 시점 및 연마 지표값의 특징점이 나타난 시점 중, 어느 하나의 늦은 쪽이 연마 종점으로서 결정된다. 이러한 AND 조건에 의한 연마 종점 검출은, 연마 부족을 방지하고자 하는 프로세스에 있어서 유효하다.

- [0058] 전술한 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 변형예는, 당업자라면 당연히 이를 수 있는 것이며, 본 발명의 기술적 사상은 다른 실시 형태에도 적용할 수 있다. 따라서, 본 발명은 기재된 실시 형태에 한정되지 않고, 특히 청구 범위에 의해 정의되는 기술적 사상에 따른 가장 넓은 범위로 해석되는 것이다.

부호의 설명

[0059] 10 : 연마 테이블

12 : 연마 패드

15 : 토플링

16 : 토플링 샤프트

17 : 연결 수단

18 : 처리부

20 : 토플링 모터

25 : 테이블 모터

30 : 연마액 공급 노즐

35 : 전류계

40 : 광학식 센서

42 : 투광부

43 : 수광부(광 파이버)

44 : 분광기

47 : 광원

48 : 광파이버

50A : 제1 구멍

50B : 제2 구멍

51 : 통과 구멍

53 : 액체 공급로

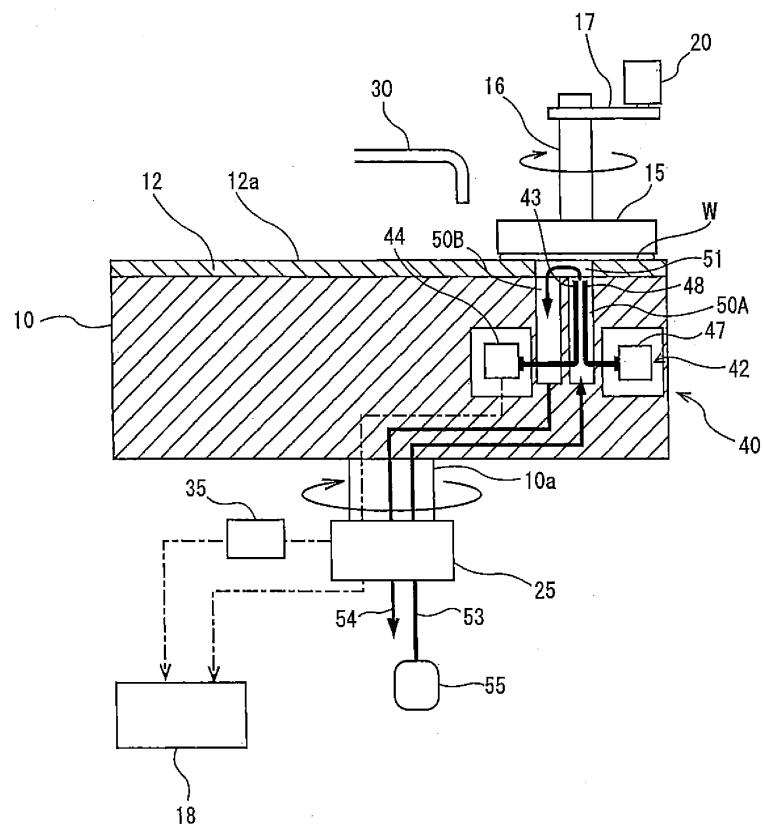
54 : 액체 배출로

55 : 액체 공급원

W : 웨이퍼

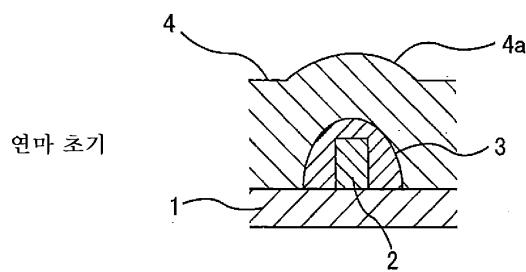
도면

도면1

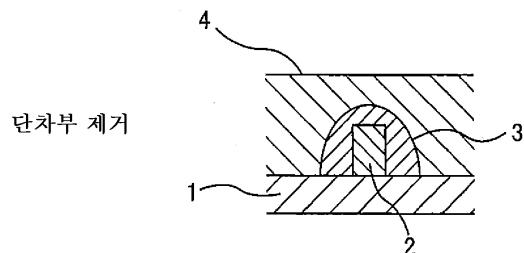


도면2

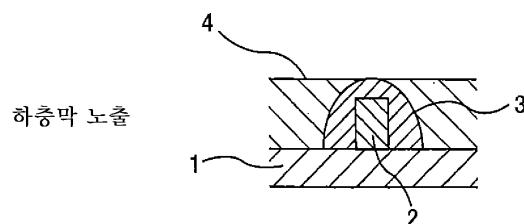
(a)



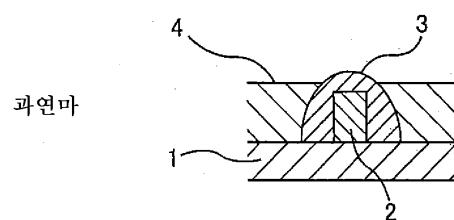
(b)



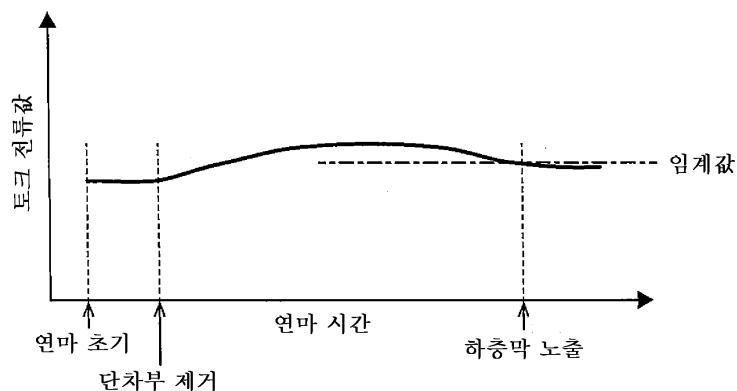
(c)



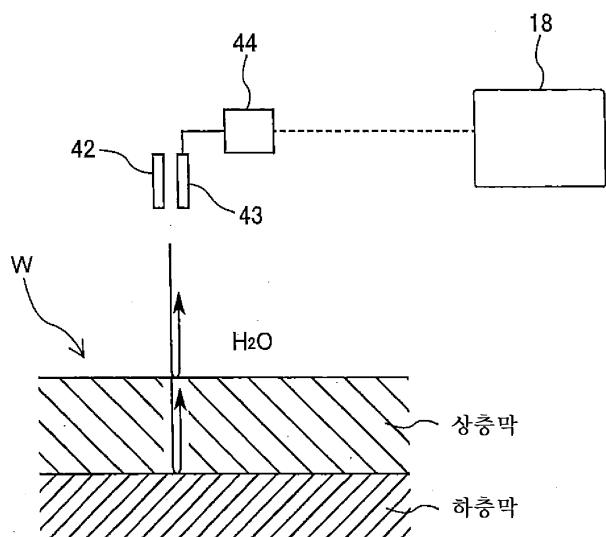
(d)



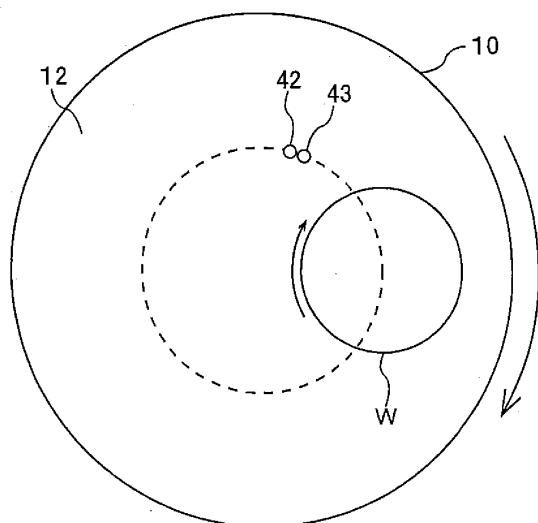
도면3



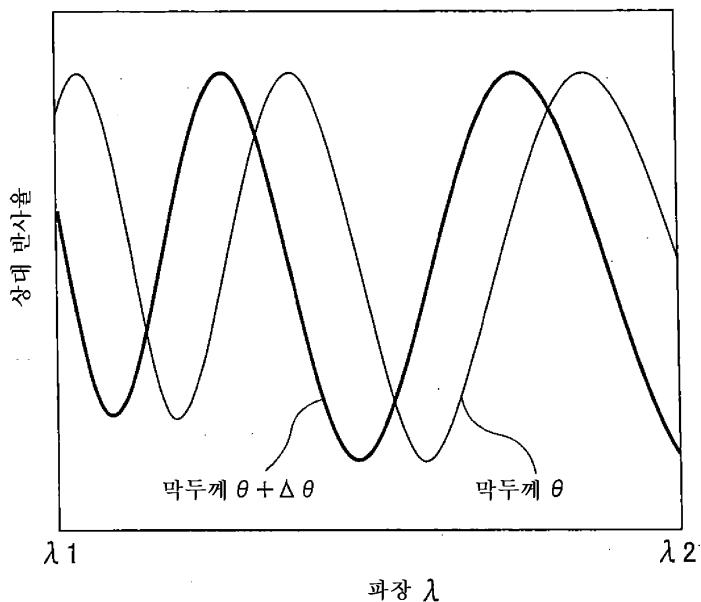
도면4



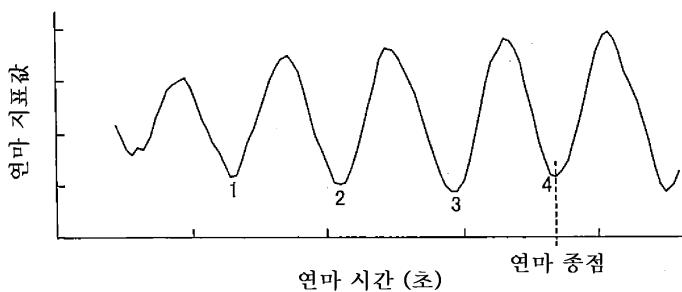
도면5



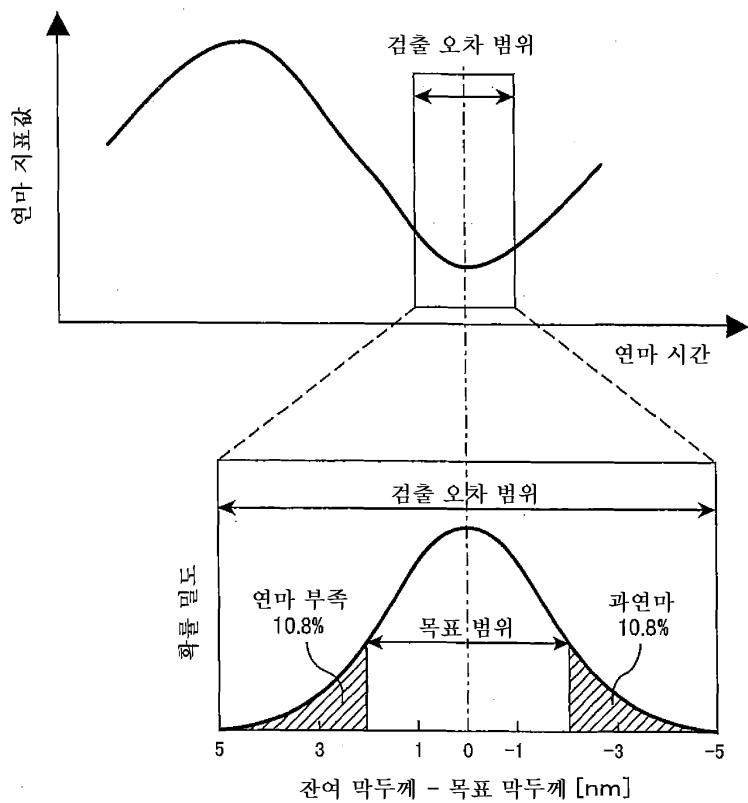
도면6



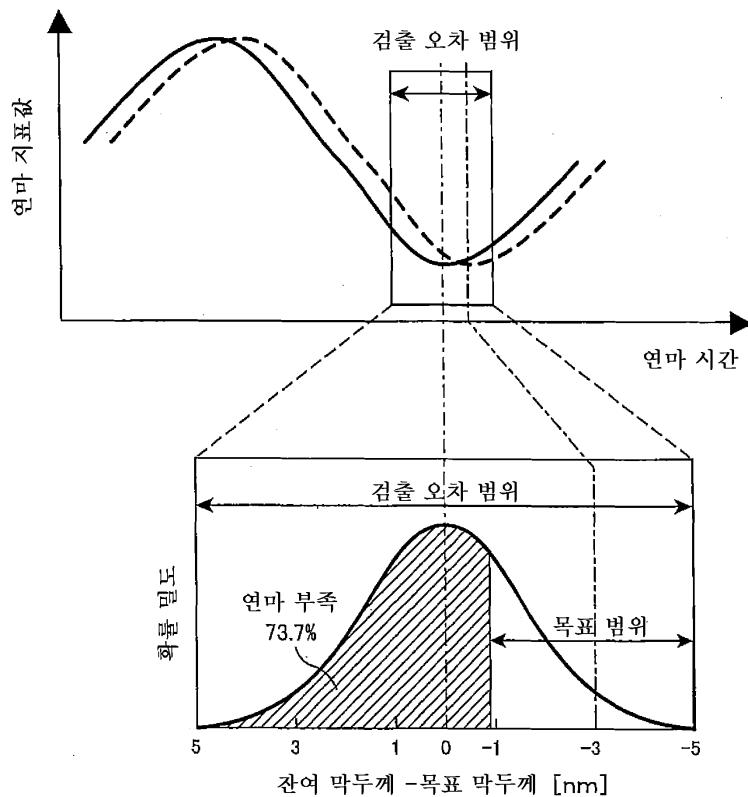
도면7



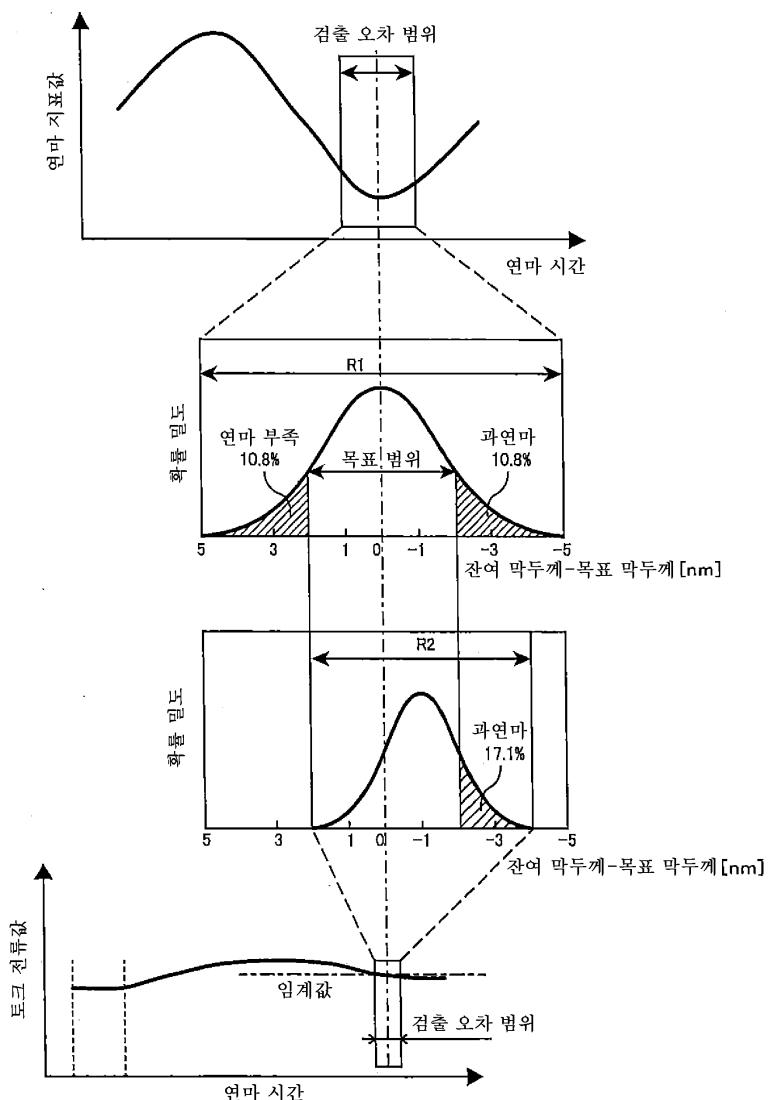
도면8



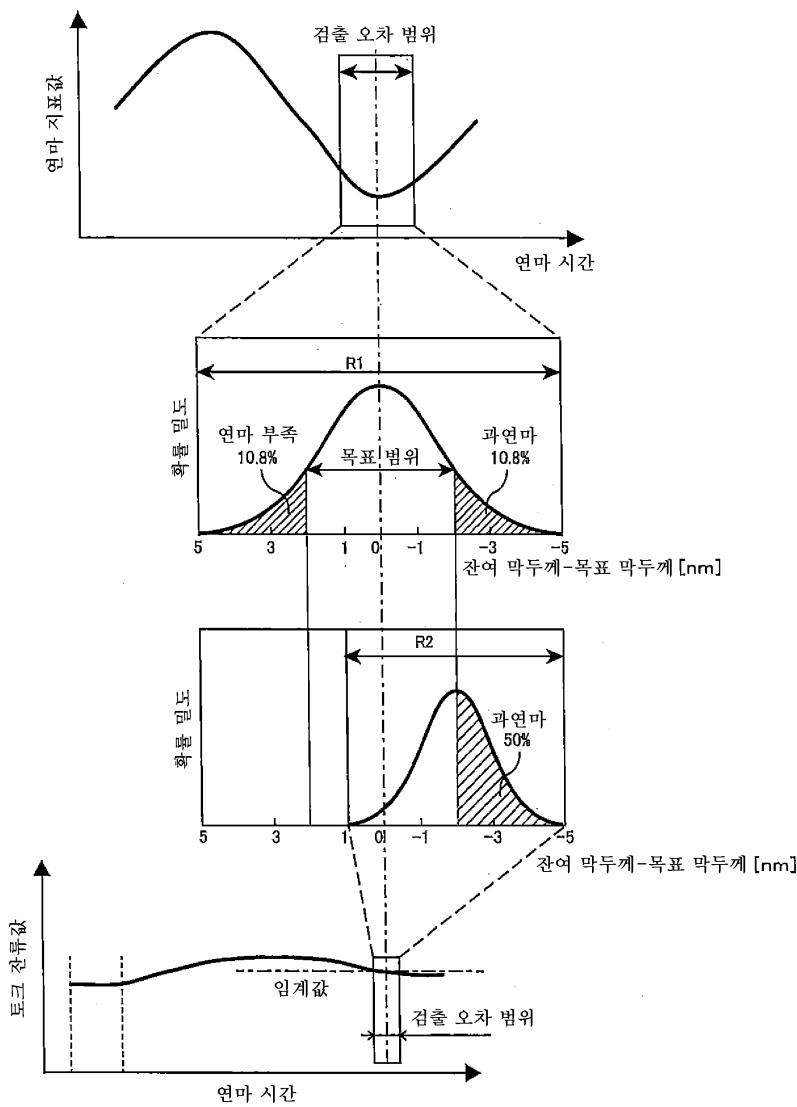
도면9



도면10



도면11



도면12

