



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2011년01월28일
(11) 등록번호 10-1011425
(24) 등록일자 2011년01월21일

(51) Int. Cl.

H01L 21/66 (2006.01) H01L 21/304 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2005-7004531

(22) 출원일자(국제출원일자) 2003년10월15일

심사청구일자 2008년10월09일

(85) 번역문제출일자 2005년03월16일

(65) 공개번호 10-2005-0050106

(43) 공개일자 2005년05월27일

(86) 국제출원번호 PCT/JP2003/013171

(87) 국제공개번호 WO 2004/035265

국제공개일자 2004년04월29일

(30) 우선권주장

JP-P-2002-00303628 2002년10월17일 일본(JP)

JP-P-2003-00321639 2003년09월12일 일본(JP)

(56) 선행기술조사문헌

JP2002529686 A*

KR1020020053771 A*

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

가부시킴가이샤 시마즈세이사꾸쇼

일본 교토후 교토시 나카교구 니시노교 구와바라
쵸 1반쵸

가부시킴가이샤 에바라 세이사꾸쇼

일본국 도쿄도 오타구 하네다아사히쵸 11-1

(72) 발명자

고바야시 요이치

일본국 도쿄도 오타구 하네다아사히쵸 11-1, 가부
시킴가이샤에바라세이사꾸쇼 내

나카이 슌스케

일본국 도쿄도 오타구 하네다아사히쵸 11-1, 가부
시킴가이샤 에바라세이사꾸쇼 내

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

특허법인화우

전체 청구항 수 : 총 32 항

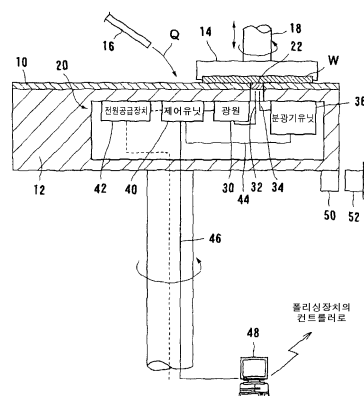
심사관 : 임영국

(54) 폴리싱 상태 모니터링 장치와 폴리싱 장치 및 방법

(57) 요약

폴리싱 상태 모니터링 장치는 작업물의 폴리싱 중인 표면의 특성값을 특정하여, 폴리싱 종료점을 결정한다. 폴리싱 상태 모니터링 장치는 폴리싱 중인 작업물의 표면에 광원으로부터의 광을 가하는 발광 유닛, 작업물의 표면으로부터 반사광을 수용하는 광 수용 유닛, 광 수용 유닛에 의해 수용된 반사광을 각각의 파장을 가지는 복수의 광선으로 분할하는 분광기 유닛 및 검출된 광선을 전기적 정보로 축적하는 광 수용 소자를 포함한다. 폴리싱 상태 모니터링 장치는 광 수용 소자에 의해 축적된 전기적 정보를 판독하고 반사광의 스펙트럼 데이터를 생성하는 스펙트럼 데이터 발생기 및 스펙트럼 데이터 발생기에 의해 생성된 스펙트럼 데이터를 토대로 작업물의 표면 상의 사전 설정된 특성값을 산출하는 프로세서를 더 포함한다.

대표도 - 도1



(72) 발명자

츠지 히토시

일본국 도쿄도 오다구 하네다아사히쵸 11-1, 가부
시키가이샤에바라세이사꾸쇼 내

츠쿠다 야스오

일본국 오사카후 미시마군 시마모토쵸 다카하마
285-1

이시모토 준키

일본국 시가켄 오즈시 시모사카모토 6-2-8

신야 가즈나리

일본국 오사카후 다카츠키시 난페이다이 5-40-6

특허청구의 범위

청구항 1

폴리싱 상태 모니터링 장치에 있어서,

광원;

작업물의 폴리싱 중인 표면에 상기 광원으로부터의 광을 적용하기 위하여, 폴리싱면을 가지는 폴리싱 테이블에 배치된 발광 유닛;

상기 작업물의 상기 표면으로부터 반사광을 수용하기 위하여, 상기 폴리싱 테이블에 배치된 광 수용 유닛;

상기 광 수용 유닛에 의해 수용된 상기 반사광을 각각의 파장을 가지는 복수의 광선으로 분할하기 위한 분광기 유닛;

상기 분광기 유닛에 의해 분할된 광선을 검출하고 검출된 광선을 전기적 정보로 축적하는 광 수용 소자;

상기 광 수용 소자에 의해 축적된 전기적 정보를 판독하고 상기 반사광의 스펙트럼 데이터를 발생시키는 스펙트럼 데이터 발생기;

상기 폴리싱 테이블의 회전과 동기적으로 사전 설정된 시기에 샘플링 과정을 수행하기 위하여 상기 광 수용 소자들을 제어하는 제어 유닛; 및

상기 스펙트럼 데이터 발생기에 의해 발생된 상기 스펙트럼 데이터를 토대로 상기 작업물의 상기 표면 상의 사전 설정된 특성값을 산출하는 프로세서를 포함하고,

상기 제어 유닛은 샘플링점이 상기 폴리싱 테이블의 중심과 상기 작업물의 중심을 교차하는 선상에 위치되도록 상기 광 수용 소자에 의해 수행된 상기 샘플링 과정의 시기를 제어하는 것을 특징으로 하는 폴리싱 상태 모니터링 장치.

청구항 2

삭제

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 발광 유닛 및 상기 광 수용 유닛은 상기 작업물의 중심을 가로질러 통과하는 것을 특징으로 하는 폴리싱 상태 모니터링 장치.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 제어 유닛은 상기 폴리싱 테이블의 회전 속도를 토대로 상기 광 수용 소자에 의해 수행된 상기 샘플링 과정의 샘플링 주기를 조정할 수 있는 것을 특징으로 하는 폴리싱 상태 모니터링 장치.

청구항 5

폴리싱 상태 모니터링 장치에 있어서,

광원;

작업물의 폴리싱 중인 표면에 상기 광원으로부터의 광을 적용하기 위하여, 폴리싱면을 가지는 폴리싱 테이블에 배치된 발광 유닛;

상기 작업물의 상기 표면으로부터 반사광을 수용하기 위하여, 상기 폴리싱 테이블에 배치된 광 수용 유닛;

상기 광 수용 유닛에 의해 수용된 상기 반사광을 각각의 파장을 가지는 복수의 광선으로 분할하기 위한 분광기 유닛;

상기 분광기 유닛에 의해 분할된 광선을 검출하고 검출된 광선을 축적하는 광 수용 소자;

상기 광 수용 소자에 의해 축적된 정보를 판독하고 상기 반사광의 스펙트럼 데이터를 발생시키는 스펙트럼 데이터 발생기;

상기 폴리싱 테이블의 회전과 동기적으로 사전 설정된 시기에 샘플링 과정을 수행하기 위하여 상기 광 수용 소자들을 제어하는 제어 유닛; 및

상기 스펙트럼 데이터 발생기에 의해 발생된 상기 스펙트럼 데이터의 파장 성분들에 사전 설정된 가중치 계수 (weighting coefficient)를 곱하는 곱셈을 포함하는 계산에 따라 상기 작업물의 상기 표면 상의 사전 설정된 특성값을 산출하는 프로세서를 포함하는 폴리싱 상태 모니터링 장치.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 특성값은 상기 스펙트럼 데이터로부터 변환된 색도 좌표값을 포함하는 것을 특징으로 하는 폴리싱 상태 모니터링 장치.

청구항 7

제1항, 제3항, 제4항, 제5항 또는 제6항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 광원은 파장 대역을 가지는 광을 방출하는 것을 특징으로 하는 폴리싱 상태 모니터링 장치.

청구항 8

제1항, 제3항, 제4항, 제5항 또는 제6항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 광원은 펄스 광원을 포함하는 것을 특징으로 하는 폴리싱 상태 모니터링 장치.

청구항 9

제1항, 제3항, 제4항, 제5항 또는 제6항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 광원은 적어도 상기 광 수용 소자가 상기 작업물의 상기 표면으로부터 상기 반사광을 검출하는 동안 연속적으로 턴온되는 연속적인 광원을 포함하는 것을 특징으로 하는 폴리싱 상태 모니터링 장치.

청구항 10

폴리싱 장치에 있어서,

작업물을 유지하는 톱링;

상기 작업물과 미끄러져 접촉하게 되는 폴리싱면을 구비한 폴리싱 테이블;

제1항, 제3항, 제4항, 제5항 또는 제6항 중의 어느 한 항에 따른 폴리싱 상태 모니터링 장치; 및

상기 폴리싱 상태 모니터링 장치의 상기 발광 유닛으로부터 인가된 광 및 상기 작업물의 상기 표면으로부터의 반사광을 통과시키기 위해 상기 폴리싱 테이블 상에 장착된 광 전달 유닛을 포함하는 것을 특징으로 하는 폴리싱 장치.

청구항 11

작업물에 형성된 막을 폴리싱하는 방법에 있어서,

작업물의 폴리싱 중인 표면에 광원으로부터 광을 적용하는 단계;

상기 작업물의 상기 표면으로부터 반사광을 검출하는 단계;

검출된 광을 분할하고 그 스펙트럼 데이터를 발생시키는 단계;

상기 스펙트럼 데이터에 가중치 함수를 곱하는 곱셈을 포함하는 계산에 따라 상기 작업물의 상기 표면의 특성값을 산출하는 단계; 및

상기 특성값을 이용하여 상기 작업물의 상기 표면의 폴리싱 진행을 모니터링하는 단계를 포함하는 폴리싱 방법.

청구항 12

제11항에 있어서,

상기 특성값의 시간 변화의 특성점이 검출되고 상기 특성점의 검출 후에 사전 설정된 시간이 경과한 경우에 폴리싱 공정을 중지하거나 폴리싱 조건을 변화시키는 것을 특징으로 하는 폴리싱 방법.

청구항 13

제11항 또는 제12항에 있어서,

상기 가중치 함수는 상기 특성값의 시간 변화를 이용하여 조정되는 것을 특징으로 하는 폴리싱 방법.

청구항 14

제13항에 있어서,

상기 가중치 함수는 파장 축선을 따라 상기 가중치 함수를 이동시켜 조정되는 것을 특징으로 하는 폴리싱 방법.

청구항 15

제11항 또는 제12항에 있어서,

상기 막은 금속 막을 포함하는 것을 특징으로 하는 폴리싱 방법.

청구항 16

제11항 또는 제12항에 있어서,

상기 막은 산화물 막을 포함하는 것을 특징으로 하는 폴리싱 방법.

청구항 17

삭제

청구항 18

작업물 상에 형성된 막을 폴리싱하는 장치에 있어서,

작업물의 폴리싱 중인 표면에 광을 가하는 광원;

상기 작업물의 상기 표면으로부터 반사광을 수용하는 광 수용 유닛;

상기 광 수용 유닛에 의해 수용된 상기 반사광을 분할하는 분광기 유닛;

분할된 광으로부터 스펙트럼 데이터를 발생시키는 스펙트럼 데이터 발생기; 및

상기 스펙트럼 데이터에 사전 설정된 가중치 함수를 곱하는 곱셈을 포함하는 계산에 따라 상기 작업물의 상기 표면의 특성값을 산출하는 프로세서를 포함하는 폴리싱하는 장치.

청구항 19

제18항에 있어서,

상기 가중치 함수를 설정하는 입력 유닛; 및

상기 특성값을 모니터링하는 디스플레이 유닛을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 폴리싱 장치.

청구항 20

제18항에 있어서,

폴리싱면;

상기 작업물을 유지하고 상기 작업물의 상기 표면을 상기 폴리싱면에 대하여 가압하는 톱링;

상기 특성값의 시간 변화의 특성점을 검출하는 검출기; 및

상기 특성점의 검출로부터 사전 설정된 시간의 경과 후에 폴리싱 공정을 중지하거나 폴리싱 조건을 변화시키는 제어 유닛을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 폴리싱 장치.

청구항 21

제18항 내지 제20항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 막은 금속 막을 포함하는 것을 특징으로 하는 폴리싱 장치.

청구항 22

제18항 내지 제20항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 막은 산화물 막을 포함하는 것을 특징으로 하는 폴리싱 장치.

청구항 23

삭제

청구항 24

폴리싱 상태 모니터링 장치에 있어서,

작업물의 폴리싱 중인 표면에 광을 가하는 광원;

상기 작업물의 상기 표면으로부터 반사광을 수용하는 광 수용 유닛;

상기 광 수용 유닛에 의해 수용된 상기 반사광을 분할하는 분광기 유닛;

분할된 광으로부터 스펙트럼 데이터를 발생시키는 스펙트럼 데이터 발생기; 및

상기 스펙트럼 데이터에 사전 설정된 가중치 함수를 곱하는 곱셈을 포함하는 계산에 따라 상기 작업물의 상기 표면의 특성값을 산출하는 프로세서를 포함하는 폴리싱 상태 모니터링 장치.

청구항 25

제24항에 있어서,

상기 가중치 함수를 설정하는 입력 유닛; 및

상기 특성값을 모니터링하는 디스플레이 유닛을 더욱 포함하는 것을 특징으로 하는 폴리싱 상태 모니터링 장치.

청구항 26

제5항에 있어서,

상기 광 수용 소자는 검출된 광선을 전기적 정보로 축적하는 것을 특징으로 하는 폴리싱 상태 모니터링 장치.

청구항 27

제11항에 있어서,

상기 계산은 스칼라 값을 생성하기 위하여, 상기 가중치 함수가 곱해진 상기 스펙트럼 데이터를 누적하는 누적 연산(integral)을 포함하는 것을 특징으로 하는 폴리싱 방법.

청구항 28

제11항에 있어서,

상기 가중치 함수는 과장 범위의 큰 변화에 대하여 큰 값을 가지고; 폴리싱 종료점 이후의 상기 스펙트럼 데이터가 상기 폴리싱 종료점 이전과 상이한 것을 특징으로 하는 폴리싱 방법.

청구항 29

제18항에 있어서,

상기 계산은 스칼라 값을 생성하기 위하여, 상기 사전 설정된 가중치 함수가 곱해진 상기 스펙트럼 데이터를 누적하는 누적연산을 포함하는 것을 특징으로 하는 폴리싱 장치.

청구항 30

제24항에 있어서,

상기 계산은 스칼라 값을 생성하기 위하여, 상기 사전 설정된 가중치 함수가 곱해진 상기 스펙트럼 데이터를 누적하는 누적연산을 포함하는 것을 특징으로 하는 폴리싱 상태 모니터링 장치.

청구항 31

폴리싱 장치에 있어서,

작업물을 유지하는 톱링;

상기 작업물과 미끄러져 접촉하게 되는 폴리싱면을 구비한 회전가능한 폴리싱 테이블;

상기 폴리싱면에 제공된 광 전달 유닛;

상기 작업물의 폴리싱 중인 표면에 광을 가하는 발광 유닛;

상기 작업물의 상기 표면으로부터 반사된 반사광을 수용하고 상기 광 전달 유닛을 통해 전달하는 광 수용 유닛;

상기 반사광의 정보를 축적 및 릴리즈(releasing)하는 1이상의 광 수용 소자; 및

상기 폴리싱 테이블의 중심과 상기 작업물의 중심을 교차하는 선으로부터의 회전각을 토대로, 상기 반사광의 정보를 릴리즈하기 시작하도록 상기 광 수용 소자를 제어하는 제어 유닛을 포함하는 폴리싱 장치.

청구항 32

폴리싱 장치에 있어서,

작업물을 유지하는 톱링;

상기 작업물과 미끄러져 접촉하게 되는 폴리싱면을 구비한 회전가능한 폴리싱 테이블;

상기 작업물의 폴리싱 중인 표면에 광을 가하는 광원;

상기 작업물의 상기 표면으로부터 반사광을 수용하는 광 수용 유닛; 및

상기 폴리싱 테이블의 중심과 상기 작업물의 중심을 교차하는 선으로부터의 회전각을 토대로, 상기 광원의 활성화를 제어하는 제어 유닛을 포함하는 폴리싱 장치.

청구항 33

제32항에 있어서,

상기 폴리싱 테이블의 회전각을 검출하기 위하여 상기 폴리싱 테이블의 외측 둘레 에지에 장착된 센서를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 폴리싱 장치.

청구항 34

제27항에 있어서,

상기 스펙트럼 데이터에 상기 가중치 함수와 상이한 원하는 제2가중치 함수를 곱하고, 그 곱한 결과치를 누적해서 제2스칼라 값을 생성하는 단계;

상기 제2스칼라 값을 이용하여 상기 작업물의 상기 표면의 제2특성값을 산출하는 단계; 및

상기 특성값 및 상기 제2특성값을 이용하여 상기 작업물의 상기 표면의 폴리싱 진행을 모니터링하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 폴리싱 방법.

청구항 35

제29항에 있어서,

상기 프로세서는 상기 스펙트럼 데이터를 상기 가중치 함수와 상이한 원하는 제2가중치 함수에 곱하고 그 곱한 결과치를 누적하여 제2스칼라 값을 생성하며, 상기 제2스칼라 값을 이용하여 상기 작업물의 상기 표면의 제2특성값을 산출하는 것을 특징으로 하는 폴리싱 장치.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 작업물의 폴리싱 상태를 모니터링하는 장치에 관한 것으로 특히, 폴리싱 종료점(폴리싱의 중지 또는 폴리싱 조건의 변화)의 시기를 결정하기 위하여 반도체 웨이퍼와 같은 작업물(폴리싱될 물체)의 폴리싱 중인 표면의 특성값을 측정하는 폴리싱 상태 모니터링 장치에 관한 것이다. 본 발명은 이러한 폴리싱 상태 모니터링 장치를 포함하는 폴리싱 장치 및 폴리싱 방법에 관한 것이기도 하다.

배경기술

[0002] 최근 수년간 반도체 디바이스가 보다 고집적화되고 있기 때문에, 회로 배선이 더 미세해지고, 집적될 디바이스들이 다중층(multilayer)화 되었다. 따라서, 반도체 웨이퍼의 표면을 평탄화시킬 필요가 있다. 화학적 기계적 폴리싱(CMP) 공정에 의해 반도체 웨이퍼의 표면으로부터 표면 불규칙성을 제거하여, 반도체 웨이퍼의 표면을 평탄화시키는 것이 통상적이다.

[0003] 화학적 기계적 폴리싱 공정에 따르면, 반도체 웨이퍼가 어떤 시간 기간 동안에 폴리싱된 후에, 반도체 웨이퍼상의 소정 위치에서 폴리싱이 완료될 필요가 있다. 예를 들어, Cu 또는 Al의 금속 배선에 걸쳐 SiO₂와 같은 절연층(금속층은 연이은 공정에서 절연층상에 형성되기 때문에 이러한 절연층은 중간층 막이라 일컬어짐)을 남겨두는 것이 바람직할 수 있다. 반도체 웨이퍼가 필요 이상으로 폴리싱되면, 하부 금속막이 표면에 노출된다. 따라서, 폴리싱 공정은 사전 설정된 두께의 중간층 막을 남겨두도록 종료되어야 한다.

[0004] 또 다른 공정에 따르면, 배선 그루브의 사전 설정된 패턴이 반도체 웨이퍼의 표면에 형성된다. 배선 그루브가 Cu(구리) 또는 Cu 합금으로 채워진 후에, 불필요한 부분이 화학적 기계적 폴리싱(CMP) 공정에 의해 반도체 웨이퍼의 표면으로부터 제거된다. Cu 층이 CMP공정에 의해 폴리싱될 때, 배선 그루브에 형성된 Cu 층만 남겨두고, 반도체 웨이퍼로부터 Cu층을 선택적으로 제거할 필요가 있다. 상세하게는, Cu층은 배선 그루브 이외의 영역에서 SiO₂ 등등의 절연막을 노출시키도록 제거되어야 한다.

[0005] 이러한 경우에, 배선 그루브내의 Cu층이 절연층과 함께 과도하게 폴리싱된 경우에는, 회로 저항이 증가되고, 전체 반도체 웨이퍼가 폐기되어야 하므로, 큰 손실이 발생한다. 반대로, Cu층이 불충분하게 폴리싱되고 절연층상에 남아 있는 경우에는, 회로들이 잘 분리되지 않아 단락(short-circuit)을 일으킨다. 따라서, Cu층이 다시 폴리싱되어야 하므로, 제조 비용이 증가된다.

[0006] 따라서, 광학 센서로 반사된 광의 세기를 측정하고 측정된 반사광의 세기를 토대로 CMP공정의 종료점을 검출하는 폴리싱 상태 모니터링 장치가 공지되어 있다. 상세하게는, 폴리싱 상태 모니터링 장치는 발광 소자(element) 및 광-검출 소자를 포함하는 광학 센서를 가지며, 광은 광학 센서로부터 반도체 웨이퍼의 폴리싱중인 표면으로 가해진다. 반도체 웨이퍼의 폴리싱중인 표면내의 광의 반사 변화가 검출되어, CMP 공정의 종료점을 검출한다.

[0007] CMP 공정에서 광학 특성을 측정하는 이하의 공정들이 종래의 기술에 공지되어 있다 :

[0008] (1) 반도체 레이저, 발광 다이오드 등등과 같은 단색 광원으로부터 광이 반도체 웨이퍼의 폴리싱중인 표면으로 적용되고, 반사광의 세기 변화가 검출된다.

[0009] (2) 백색광이 반도체 웨이퍼의 폴리싱중인 표면에 적용되고, 그 스펙트럼 반사가 폴리싱 종료점에 미리 기록된 스펙트럼 반사와 비교된다.

[0010] 본 명세서에서, 스펙트럼 반사는 "스펙트럼 반사" 및 "스펙트럼 특정 반사"를 포함하는 용어로서 정의된다. 스펙트럼 반사는 "입사광의 에너지에 대한 반사광의 에너지 비율"로서 정의된다. 스펙트럼 특정 반사는 "기준(예

를 들어, 베어(bare) 실리콘 웨이퍼)으로부터의 반사광의 에너지에 대한 모니터링될 물체로부터의 반사광의 에너지 비율"로 정의된다.

[0011] 최근에는, 웨이퍼의 최초 막 두께를 추정하고, 웨이퍼에 레이저 빔을 인가하고, 사인과 모델 함수로 웨이퍼로부터 반사광의 세기의 측정값의 시간 변화량을 근사하여 막 두께를 산출하는 폴리싱 상태 모니터링 장치가 개발되어 왔다.

[0012] 그러나, 종래의 폴리싱 상태 모니터링 장치에서는, 반도체 웨이퍼의 폴리싱중인 표면상의 샘플링 지점의 위치가 제어되지 않고, 샘플링 지점이 초기 각(angular) 위치, 회전 가속도와 폴리싱 테이블의 정상 회전 속도 및 샘플링 과정을 시작하는 시간에 따라 변화된다. 따라서, 웨이퍼 표면상의 소정 위치 예를 들어, 웨이퍼상의 중심선 또는 웨이퍼상의 둘레부에서의 막 두께와 같은 특성 값들이 측정될 수 없다. 특히, 샘플링 주기가 긴 경우에는, 잔여 막의 프로파일을 추정하는 것이 어렵다.

[0013] 모델 함수를 이용하여 막 두께를 측정하는 상술된 폴리싱 상태 모니터링 장치에서, 막 두께는 예상된 초기 막 두께 및 반사 세기의 측정된 값의 시간 변화량을 토대로 산출된다. 따라서, 폴리싱 공정 동안에, 폴리싱 속도가 변화하는 경우에 또는 초기 막 두께를 추정하기 어려운 경우에 또는 초기 막 두께가 작은 경우에는, 정확한 모델 함수가 결정될 수 없어, 막 두께를 측정하기가 어렵다.

[0014] 샘플링 주기가 길고, 하나의 샘플링 지점(샘플링 구역)이 웨이퍼의 표면에 걸쳐 넓은 범위에 있는 경우에, 상이한 패턴 및 제거량에 따라 다양한 막 두께가 한번에 측정된다. 따라서, 정확한 모델 함수가 결정될 수 없어, 막 두께를 측정하기가 어렵다.

[0015] CMP 공정에서, 웨이퍼의 폴리싱중인 표면으로부터 반사된 광의 세기는 슬러리(폴리싱액)의 영향, 기포 또는 기계적 진동으로 인해 변한다. 상세하게는, 단색 광원이 사용되면, 반사광의 세기의 변동이 직접적으로 측정 에러를 일으킨다. 백색광이 사용되면, 스펙트럼 반사의 변동이 또한 직접적으로 에러를 일으켜서, 종료점 검출 정확성을 떨어뜨린다.

발명의 상세한 설명

[0016] 본 발명은 상술된 종래의 문제점들을 고려하여 만들어졌다. 본 발명의 목적은 폴리싱 상태 모니터링 장치 및 폴리싱중인 반도체 웨이퍼와 같은 작업물상의 막의 상태를 정확하고 저렴하게 측정하고 폴리싱 종료점(폴리싱의 중지 또는 폴리싱 조건의 변화)의 시기를 결정할 수 있는, 이러한 폴리싱 상태 모니터링 장치를 포함하는 폴리싱 장치를 제공하는 것이다.

[0017] 종래의 문제점들을 해결하기 위하여, 본 발명의 제1형태에 따르면,

[0018] 광원; 작업물의 폴리싱 중인 표면에 광원으로부터의 광을 적용하기 위하여, 폴리싱면을 가지는 폴리싱 테이블에 배치된 발광 유닛; 작업물의 표면으로부터 반사광을 수용하기 위하여, 폴리싱 테이블에 배치된 광 수용 유닛; 광 수용 유닛에 의해 수용된 반사광을 각각의 파장을 가지는 복수의 광선으로 분할하기 위한 분광기 유닛; 분광기 유닛에 의해 분할된 광선을 검출하고 검출된 광선을 전기적 정보로 축적하는 광 수용 소자; 광 수용 소자에 의해 축적된 전기적 정보를 판독하고 반사광의 스펙트럼 데이터를 발생시키는 스펙트럼 데이터 발생기; 폴리싱 테이블의 회전과 동기적으로 사전 설정된 시기에 샘플링 과정을 수행하기 위하여 광 수용 소자들을 제어하는 제어 유닛; 및 스펙트럼 데이터 발생기에 의해 발생된 스펙트럼 데이터를 토대로 작업물의 표면 상의 사전 설정된 특성값을 산출하는 프로세서를 포함하는 폴리싱 상태 모니터링 장치가 제공된다.

[0019] 이러한 배열에 따르면, 광 수용 소자들에 의해 수행된 샘플링 과정의 시기가 적절하게 조정될 수 있기 때문에, 발광 유닛 및 광 수용 유닛이 작업물의 표면에 걸쳐 이동하는 경로(적용광 및 반사광의 경로)상의 소정 위치로 측정점이 정렬될 수 있다. 따라서, 폴리싱 테이블이 1회전 할 때마다, 작업물의 표면상의 사전 설정된 방사상의 위치가 반복적으로 측정될 수 있다. 샘플링 주기가 일정하면, 폴리싱 테이블의 각각의 1회전에서 작업물의 표면상의 각 샘플링점의 방사상의 위치가 일정하다. 따라서, 광 수용 소자에 축적된 전기적 정보를 판독하고 산출하는데 시간이 걸려서, 샘플링 주기가 증가하더라도, 작업물의 표면상의 복수의 방사상의 위치에서 특성값들이 반복적으로 측정될 수 있기 때문에, 작업물의 폴리싱 중인 표면의 폴리싱 진행 및 잔여 막의 프로파일을 용이하게 알 수 있다. 샘플링 주기가 길어질 수도 있으므로, 광다이오드 어레이와 같은 다목적의 광 수용 소자들이 광 수용 소자로 사용될 수 있어, 폴리싱 상태 모니터링 장치가 저렴한 광학 시스템을 채택할 수 있다.

[0020] 또한, 작업물의 폴리싱중인 표면으로부터의 반사광을 각각의 파장을 구비한 복수의 광선으로 분할하면, 폴리싱 속도의 변화 및 초기 막 두께에 의해 영향을 받지 않으면서 고도의 정확성을 가지고 막 두께와 같은 특성값이

결정될 수 있다. 각각의 파장의 복수의 광선이 사용됨에 따라 샘플링 주기가 증가하더라도, 상술된 바와 같이, 작업물의 표면상의 복수의 방사상 위치에서 특성값들이 반복적으로 측정될 수 있기 때문에, 작업물의 폴리싱 중인 표면의 폴리싱 진행 및 잔여 막의 프로파일을 용이하게 알 수 있다.

[0021] 본 발명의 바람직한 형태에 따르면, 제어 유닛은 샘플링점이 폴리싱 테이블의 중심과 작업물의 중심을 교차하는 선상에 위치되도록 광 수용 소자에 의해 수행된 샘플링 과정의 시기를 제어한다.

[0022] 본 발명의 바람직한 형태에 따르면, 발광 유닛 및 광 수용 유닛이 작업물의 중심을 가로질러 통과한다. 광 수용 소자가 작업물의 중심을 가로질러 통과하게 하고 상술된 바와 같이 샘플링 과정의 시기를 제어하면, 폴리싱 테이블이 1회전할 때마다 고정점으로서 작업물의 중심이 반드시 측정될 수 있어, 작업물의 잔여 막의 시간 변화량을 정확하게 알 수 있다.

[0023] 본 발명의 바람직한 형태에 따르면, 제어 유닛은 폴리싱 테이블의 회전 속도를 토대로 광 수용 소자에 의해 수행된 샘플링 과정의 샘플링 주기를 조정할 수 있다. 샘플링 주기는 폴리싱 테이블의 회전 속도를 토대로 조정될 수 있기 때문에, 작업물의 표면상의 2이상의 소정의 방사상 위치가 샘플링점들로 사용될 수 있다. 따라서, 웨이퍼의 중심 및 웨이퍼의 둘레부와 같은 특정 지점들에서 잔여 막의 추이를 알 수 있어, 작업물의 표면이 고도의 정확성을 가지고 측정될 수 있다.

[0024] 본 발명의 제2형태에 따르면,

[0025] 광원; 작업물의 폴리싱 중인 표면에 광원으로부터의 광을 적용하기 위하여, 폴리싱면을 가지는 폴리싱 테이블에 배치된 발광 유닛; 작업물의 표면으로부터 반사광을 수용하기 위하여, 폴리싱 테이블에 배치된 광 수용 유닛; 광 수용 유닛에 의해 수용된 반사광을 각각의 파장을 가지는 복수의 광선으로 분할하기 위한 분광기 유닛; 분광기 유닛에 의해 분할된 광선을 검출하고 검출된 광선을 전기적 정보로 축적하는 광 수용 소자; 광 수용 소자에 의해 축적된 전기적 정보를 판독하고 반사광의 스펙트럼 데이터를 발생시키는 스펙트럼 데이터 발생기; 폴리싱 테이블의 회전과 동기적으로 사전 설정된 시기에 샘플링 과정을 수행하기 위하여 광 수용 소자들을 제어하는 제어 유닛; 및 스펙트럼 데이터 발생기에 의해 발생된 스펙트럼 데이터의 파장 성분들에 사전 설정된 가중치 계수 (weighting coefficient)를 곱하는 곱셈을 포함하는 계산에 따라 작업물의 표면 상의 사전 설정된 특성값들을 산출하는 프로세서를 포함하는 폴리싱 상태 모니터링 장치가 제공된다.

[0026] 스펙트럼 데이터를 토대로 특성값(인덱스)을 산출하면, 초기 막 두께가 작거나 막의 광 전달 능력이 너무 작아서 간섭 신호가 발생되지 않더라도, 산출된 특성값들을 토대로 폴리싱 상태가 모니터링될 수 있다. 예를 들어, 샘플링점에 대응하는 구역의 색이 특성값으로서 수치적인 값으로 변환될 수 있어, 어떤 막의 제거로 인한 색이 변화하는 변화점이 검출될 수 있다. 폴리싱 공정이 진행됨에 따라 상층 막이 얇아져서 스펙트럼 파형의 형태에서 변화가 발생하는 경우에, 순간 순간마다 색의 변화가 측정될 수 있고, 색을 나타내는 특성값을 토대로 폴리싱 종료점(폴리싱의 중지 또는 폴리싱 조건의 변화)이 결정될 수 있다. 특성값은 정상화될 수 있기 때문에, 스펙트럼 데이터내의 변동 영향이 제거될 수 있다.

[0027] 본 발명의 바람직한 형태에 따르면, 특성값이 스펙트럼 데이터로부터 변환된 색도 좌표값(chromaticity coordinate value)을 포함한다. 정상화된 색도 좌표값을 특성값으로 이용하면, 스펙트럼 데이터내의 변동 영향이 정상화에 의해 제거될 수 있다. 따라서, 측정 시스템의 불안정성에 의해 발생하는 스펙트럼 데이터의 변동 영향이 제거될 수 있다.

[0028] 본 발명의 바람직한 형태에 따르면, 광원이 파장 대역(wavelength band)을 가지는 광을 방출한다. 백색광과 같이 넓은 파장 대역을 가지는 광이 광원으로부터 방출되고, 반사광이 분할되어 반사 스펙트럼을 획득한다. 따라서, 사용되는 반도체 레이저, LED 등등과 같은 단색 광원과 달리 매번(at respective times) 과거의 측정값들에 좌우되지 않으면서 막 두께가 산출될 수 있다. 따라서, 막 두께와 같은 특성값이 폴리싱 속도의 변화 및 초기 막 두께에 의해 영향을 받지 않으면서 정확하게 결정될 수 있다.

[0029] 본 발명의 바람직한 형태에 따르면, 광원은 펄스 광원을 포함한다. 펄스 광원을 광원으로 이용하면, 각 샘플링점에 대응하는 측정된 표면의 범위가 감소될 수 있다. 따라서, 특성값이 상이한 폴리싱 패턴 및 폴리싱 속도의 영향을 덜 받는 경향으로 보다 정확하게 산출될 수 있다.

[0030] 본 발명의 바람직한 형태에 따르면, 상기 광 수용 소자들이 상기 작업물의 상기 표면으로부터 반사광을 검출하고 있는 동안에는 광원이 적어도 연속적으로 턴온되는 연속적인 광원을 포함한다. 연속적인 광원을 광원으로 이용하면, 광 수용 소자들이 작업물의 표면을 스캐닝하는 어떤 지역내에서 반사광을 평균화하고 판독할 수 있다. 따라서, 상기 지역의 전반적인 색의 변화가 인식될 수 있고, 고주파수 변동이 작은 시변(time-varied)

파장을 생성할 수 있다.

[0031] 본 발명의 제3형태에 따르면,

[0032] 광원으로부터 광을 작업물의 폴리싱 중인 표면에 가하는 단계; 작업물의 표면으로부터 반사광을 검출하는 단계; 검출된 광을 분할하고 그 스펙트럼 데이터를 발생시키는 단계; 스펙트럼 데이터에 사전 설정된 가중치 함수를 곱하고 그 결과치를 누적(integrating)하여 스칼라 값을 생성하는 단계; 스칼라 값을 이용하여 작업물의 폴리싱 중인 표면의 특성값을 산출하는 단계; 및 특성값을 이용하여 작업물의 표면의 폴리싱 진행을 모니터링하는 단계를 포함하는 작업물상에 형성된 막을 폴리싱하는 방법이 제공된다.

[0033] 특성값의 시간 변화의 특성점(characteristic point of time variation of the characteristic value)을 검출하고 특성점의 검출로부터 사전 설정된 시간이 경과한 경우에는 폴리싱 공정을 중지하거나 폴리싱 조건을 변화시키는 것이 바람직하다. 또한, 특성값의 시간 변화를 이용하여 가중치 함수를 조정하는 것이 바람직하다. 가중치 함수는 파장 축선을 따라 이동될 수 있다. 따라서, 폴리싱 종료점 결정의 정확성을 증가시키기 위해 필요한 극값(extremal value; 최대값)의 위치를 조정할 수 있다. 스펙트럼 데이터에 상기 가중치 함수와 상이한 제2가중치 함수가 곱해지고, 그 결과치를 누적해서 제2스칼라 값을 생성할 수 있으며, 작업물의 폴리싱 중인 표면의 제2특성값이 제2스칼라 값을 이용하여 산출될 수 있고 작업물의 표면의 폴리싱 진행이 특성값 및 제2특성값을 이용하여 모니터링될 수 있다. 따라서, 작업물의 표면의 폴리싱 진행을 모니터링 할때, 극값의 수 즉, 최대 및 최소값이 모니터링 과정의 정확성(분해; resolution)을 증가시키기 위해 증가될 수 있다.

[0034] 본 발명의 제4형태에 따르면,

[0035] 작업물의 폴리싱 중인 표면에 광을 가하는 광원; 작업물의 표면으로부터 반사광을 수용하는 광 수용 유닛; 광 수용 유닛에 의해 수용된 반사광을 분할하는 분광기 유닛; 분할된 광으로부터 스펙트럼 데이터를 발생하기 위한 스펙트럼 데이터 발생기; 및 스펙트럼 데이터에 소정의 가중치 함수를 곱하고 그 결과치를 누적하여 스칼라 값을 생성하고 스칼라 값을 이용하여 작업물의 폴리싱 중인 표면의 특성값을 산출하는 프로세서를 포함하는 작업물 상에 형성된 막을 폴리싱하는 장치가 제공된다.

[0036] 본 발명의 바람직한 형태에 따르면, 장치는 가중치 함수를 설정하는 입력 유닛; 및 특성값을 모니터링하는 디스플레이 유닛을 더 포함한다.

[0037] 본 발명의 바람직한 형태에 따르면,

[0038] 폴리싱면; 작업물을 유지하고 작업물의 표면을 폴리싱면에 대하여 가압하는 톱링; 시변 특성값의 특성점을 검출하는 검출기; 및 특성점의 검출로부터 사전 설정된 시간의 경과 후에 폴리싱 공정을 중지하거나 폴리싱 조건을 변화시키는 제어 유닛을 더 포함하는 상기 장치가 제공된다. 프로세서는 스펙트럼 데이터를 상기 가중치 함수와 상이한 제2가중치 함수와 곱하고 그 결과치를 누적하여 제2스칼라 값을 발생시키고, 제2스칼라 값을 이용하여 작업물의 상기 표면의 제2특성값을 산출한다. 따라서, 작업물의 표면의 폴리싱 진행을 모니터링할 때, 극값의 수 즉, 최대 및 최소값은 모니터링 과정의 정확성(분해)을 증가시키기 위해 증가될 수 있다.

[0039] 본 발명의 제5형태에 따르면,

[0040] 작업물의 폴리싱 중인 표면에 광을 가하는 광원; 작업물의 표면으로부터 반사광을 수용하는 광 수용 유닛; 광 수용 유닛에 의해 수용된 반사광을 분할하는 분광기 유닛; 분할된 광으로부터 스펙트럼 데이터를 발생시키는 스펙트럼 데이터 발생기; 및 스펙트럼 데이터에 소정의 가중치 함수를 곱하고 그 결과치를 누적하여 스칼라 값을 생성하고 스칼라 값을 이용하여 작업물의 폴리싱 중인 표면의 특성값을 산출하는 프로세서를 포함하는 폴리싱 상태 모니터링 장치가 제공된다.

[0041] 본 발명의 바람직한 형태에 따르면, 장치는 가중치 함수를 설정하는 입력 유닛; 및 특성값을 모니터링하는 디스플레이 유닛을 더 포함한다.

[0042] 본 발명의 바람직한 형태에 따르면, 광 수용 소자들에 의해 수행된 샘플링 과정의 시기가 적절하게 조정될 수 있기 때문에, 발광 유닛 및 광 수용 유닛이 작업물의 표면에 걸쳐 이동하는 경로(적용광 및 반사광의 경로)상의 소정 위치로 측정점이 정렬될 수 있다. 따라서, 폴리싱 테이블이 1회전 할 때마다, 작업물의 표면상의 사전 설정된 방사상의 위치가 반복적으로 측정될 수 있다. 샘플링 주기가 일정하면, 폴리싱 테이블의 각각의 1회전에서 작업물의 표면상의 각 샘플링점의 방사상의 위치가 일정하다. 따라서, 광 수용 소자에 측정된 전기적 정보를 판독하고 산출하는데 시간이 걸려서, 샘플링 주기가 증가하더라도, 작업물의 표면상의 복수의 방사상의 위치에서 특성값들이 반복적으로 측정될 수 있기 때문에, 작업물의 폴리싱 중인 표면의 폴리싱 진행 및 잔여 막의

프로파일을 용이하게 알 수 있다. 샘플링 주기가 길어질 수도 있으므로, 광다이오드 어레이와 같은 다목적의 광 수용 소자들이 광 수용 소자로 사용될 수 있어, 폴리싱 상태 모니터링 장치가 저렴한 광학 시스템을 채택할 수 있다.

[0043] 또한, 작업물의 폴리싱중인 표면으로부터의 반사광을 각각의 파장을 구비한 복수의 광선으로 분할하면, 폴리싱 속도의 변화 및 초기 막 두께에 의해 영향을 받지 않으면서 고도의 정확성을 가지고 막 두께와 같은 특성값이 결정될 수 있다. 각각의 파장의 복수의 광선이 사용됨에 따라 샘플링 주기가 증가하더라도, 상술된 바와 같이, 작업물의 표면상의 복수의 방사상 위치에서 특성값들이 반복적으로 측정될 수 있기 때문에, 작업물의 폴리싱 중인 표면의 폴리싱 진행 및 잔여 막의 프로파일을 용이하게 알 수 있다.

[0044] 본 발명에 따르면, 스펙트럼 데이터를 토대로 특성값(인덱스)을 산출하여, 초기 막 두께가 작거나 막의 광 전달 능력이 너무 작아서 간섭 신호가 발생되지 않더라도, 산출된 특성값들을 토대로 작업물의 폴리싱 상태가 모니터링될 수 있다. 예를 들어, 샘플링점에 대응하는 구역의 색이 특성값으로서 수치적인 값으로 변환될 수 있어, 막의 제거로 인한 색이 변화하는 변화점이 검출될 수 있다. 폴리싱 공정이 진행됨에 따라 상층 막이 얇아져서 스펙트럼 파형의 형태에서 변화가 발생하는 경우에, 순간 순간마다 색의 변화가 측정될 수 있고, 색을 나타내는 특성값을 토대로 폴리싱 종료점(폴리싱의 중지 또는 폴리싱 조건의 변화)이 결정될 수 있다. 특성값은 정상화될 수 있기 때문에, 스펙트럼 데이터내의 변동 영향이 제거될 수 있다.

실시예

[0061] 본 발명에 따른 폴리싱 장치의 실시예가 도 1 내지 도 6을 참조하여 상세히 후술된다. 도 1 내지 도 6에서, 동일하거나 대응하는 구성 요소들은 동일한 참조 부호로 표시되고, 반복하여 설명하지 않는다.

[0062] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 폴리싱 장치의 전체 배열을 개략적으로 나타낸다. 도 1에 도시된 바와 같이, 본 실시예에 따른 폴리싱 장치는, 그 상면에 폴리싱 패드(10)가 부착된 폴리싱 테이블(12) 및 작업물(폴리싱될 물체)인 반도체 웨이퍼(W)를 유지하고 반도체 웨이퍼(W)를 폴리싱 패드(10)의 상면에 대하여 가압하는 톱링(14)을 가진다. 폴리싱 패드(10)의 상면은 폴리싱 될 물체로서 반도체 웨이퍼(W)와 미끄러져 접촉하게 되는 폴리싱 면으로 작용한다. 수지 등과 같은 바인더에 의해 고정된 미세 연마 입자(CeO_2 등등으로 만들어짐)를 포함하는 고정된 연마 플레이트의 상면이 폴리싱면으로 사용될 수 있다.

[0063] 폴리싱 테이블(12)은 그 아래에 배치된 모터(도시되지 않음)에 결합되고, 화살표로 표시된 대로 그 자신의 축선을 따라 회전될 수 있다. 폴리싱액 공급 노즐(16)은 폴리싱 테이블(12) 위에 배치되고, 폴리싱 패드(10)상으로 폴리싱액(Q)을 공급한다.

[0064] 톱링(14)은 모터에 결합된 톱링 샤프트(18), 상승 및 하강 실린더(도시되지 않음)에 결합된다. 이에 따라, 톱링(14)이 화살표로 표시된 대로 수직으로 이동될 수 있고, 톱링 샤프트(18)를 중심으로 회전될 수 있다. 폴리싱될 물체로 반도체 웨이퍼(W)가 진공 등등에 의해 톱링(14)의 하면에 부착되고 하면에 의해 유지된다. 이러한 배열에 따르면, 톱링(14)이 그 하면에 의해 유지된 반도체 웨이퍼(W)를 소정의 압력 하에서, 폴리싱 패드(10)에 대하여 가압할 수 있는 한편, 톱링(14)은 그 자신의 축선을 중심으로 회전한다.

[0065] 상기 구조의 폴리싱 장치에서, 톱링(14)의 하면에 의해 유지된 반도체 웨이퍼(W)는 회전하는 폴리싱 테이블(12)상의 폴리싱 패드(10)의 상면에 대하여 가압된다. 이 때, 폴리싱액(Q)이 폴리싱액 공급 노즐(16)에 의해 폴리싱 패드(10)상으로 공급된다. 반도체 웨이퍼(W)는 반도체 웨이퍼(W)의 표면(하면)과 폴리싱 패드(10) 사이에 폴리싱액(Q)이 존재하는 채로 폴리싱된다.

[0066] 본 실시예에 따르면, 폴리싱 테이블(12)은 반도체 웨이퍼(W)의 표면에 형성되는 절연막 또는 금속막의 색 및 막 두께와 같은 특성값들을 측정하고 반도체 웨이퍼(W)가 폴리싱 중인 동안에 폴리싱 상태를 모니터링하기 위하여 그 안에 내장된 폴리싱 상태 모니터링 장치(20)를 가진다. 폴리싱 상태 모니터링 장치(20)는 반도체 웨이퍼(W)가 폴리싱 중인 동안에, 표면의 폴리싱 상태(잔여 막의 두께 및 상태)를 실시간으로 연속적으로 모니터링하는 역할을 한다. 그것을 통하여 폴리싱 상태 모니터링 장치(20)로부터 광을 전달하는 광 전달 유닛(22)은 폴리싱 패드(10)에 부착된다. 광 전달 유닛(22)은 투과율이 높은 재료 예를 들어, 비발포(nonfoamed) 폴리우레탄 등등으로 이루어진다. 대안적으로, 광 전달 유닛(22)은 폴리싱 패드(10)에 형성되는 스루홀로 위쪽으로 흐르는 투명한 액체의 형태일 수 있는 한편, 스루홀은 반도체 웨이퍼(W)에 의해 폐쇄된다. 광 전달 유닛(22)은 이것이 톱링(14)에 의해 유지되는 반도체 웨이퍼(W)의 폴리싱 중인 표면을 가로질러 통과할 수 있는 범위내에서 폴리싱 테이블(12)상의 어떤 위치에 놓여질 수 있다.

- [0067] 도 1에 도시된 바와 같이, 폴리싱 상태 모니터링 장치(20)는 광원(30), 광원(30)으로부터 반도체 웨이퍼(W)의 폴리싱 중인 표면으로 광을 가하는 발광 유닛, 반도체 웨이퍼의 폴리싱 중인 표면으로부터 반사광을 수용하는 광 수용 유닛으로 작용하는 광 수용 광섬유(34), 광 수용 광섬유(34)에 의해 수용된 광을 분할하는 분광기 유닛(36) 및 분광기에 의해 분할된 광을 전기적 정보로 저장하는 복수의 광검출기들, 광원(30)의 활성화(energization) 및 탈활성화(de-energization) 및 분광기 유닛(36)의 광검출기의 판독 과정의 시작 시점을 제어하는 제어 유닛(40) 및 제어 유닛(40)에 전력을 공급하는 전원 공급 장치(42)를 포함한다. 광원(30) 및 분광기 유닛(36)에는 제어 유닛(40)을 통하여 전력이 공급된다.
- [0068] 발광 광섬유(32) 및 광 수용 광섬유(34)는 발광 끝단 및 광 수용 끝단을 각각 가지며, 이는 반도체 웨이퍼(W)의 폴리싱 중인 표면에 대하여 실질적으로 수직하게 배열된다. 발광 광섬유(32) 및 광 수용 광섬유(34)는 폴리싱 패드(10)의 교체 작업 및 광 수용 광섬유(34)에 의해 수용된 광의 양을 고려하여 폴리싱 테이블(12)의 폴리싱면으로부터 위쪽으로 돌출하지 않도록 배열된다. 분광기 유닛(36)의 광검출기는 광 수용 소자로서 작용하며, 광 다이오드의 어레이(512)를 포함할 수 있다.
- [0069] 분광기 유닛(36)은 케이블(44)을 통하여 제어 유닛(40)에 연결된다. 분광기 유닛(36)의 광검출기(광 수용 소자들)로부터의 정보는 케이블(44)에 의해 제어 유닛(40)에 전송된다. 전송된 정보를 토대로, 제어 유닛(40)은 반사광의 스펙트럼 데이터를 발생시킨다. 상세하게는, 본 실시예에 따른 제어 유닛(40)은 광검출기에 저장된 전기적 정보를 판독하고 반사광의 스펙트럼 데이터를 발생시키는 스펙트럼 데이터 발생기로 작용한다. 제어 유닛(40)으로부터 연장하는 케이블(46)은 폴리싱 테이블(12)을 통해 연장하고 예를 들어, 개인용 컴퓨터를 포함하는 프로세서(48)에 연결된다. 제어 유닛(40)의 스펙트럼 데이터 발생기에 의해 발생된 스펙트럼 데이터는 케이블(46)을 통하여 프로세서(48)에 전송된다.
- [0070] 제어 유닛(40)으로부터 수신된 스펙트럼 데이터를 토대로, 프로세서(48)가 막 두께 및 색과 같은 반도체 웨이퍼(W)의 폴리싱 중인 표면의 특성값들을 산출한다. 프로세서(48)는 또한 폴리싱 장치를 제어하는 컨트롤러로부터 폴리싱 조건으로 정보를 수신하는 함수 및 시간 변화의 산출된 특성값을 토대로 폴리싱 종료점(폴리싱의 중지 또는 폴리싱 조건의 변화)을 결정하는 함수를 또한 가진다.
- [0071] 도 1에 도시된 바와 같이, 근접 센서(50)가 그 외측 둘레 에지 근처에서 폴리싱 테이블(12)의 하단부상에 장착되고, 도그(52)가 근접 센서(50)와 일렬로 폴리싱 테이블(12)의 바깥쪽으로 설치된다. 폴리싱 테이블(12)이 1회전 할 때마다, 근접 센서(50)가 폴리싱 테이블(12)의 회전각을 검출하도록 도그(52)를 검출한다.
- [0072] 광원(30)은 백색광을 포함하는 파장 범위를 가지는 광을 방출하는 광원을 포함한다. 예를 들어, 광원(30)은 크세논 램프 등등과 같은 펄스 광원을 포함할 수 있다. 광원(30)이 펄스 광원을 포함하는 경우에, 광원(30)은 폴리싱 공정 동안에 각각의 측정점에서의 트리거 신호에 의해 펄스 유형으로 활성화된다. 대안적으로, 광원(30)은 텅스텐 램프를 포함할 수 있으며 적어도 연속적으로 활성화될 수 있는 한편, 발광 광섬유(32)의 발광 끝단부 및 광 수용 광섬유(34)의 광 수용 끝단부는 반도체 웨이퍼(W)의 폴리싱 중인 표면을 향한다.
- [0073] 광원(30)으로부터의 광은 발광 광섬유(32)의 발광 끝단부 및 광 전달 유닛(22)을 통하여 전달되고, 반도체 웨이퍼(W)의 폴리싱 중인 표면에 적용된다. 광은 반도체 웨이퍼(W)의 폴리싱 중인 표면에 의해 반사되고, 광 전달 유닛(22)을 통해 통과하고, 폴리싱 상태 모니터링 장치의 광 수용 광섬유(34)에 의해 수용된다. 광 수용 광섬유(34)에 의해 수용된 광은 광을 각각의 파장을 가지는 복수의 광선으로 분할하는 분광기 유닛(36)에 전달된다. 각각이 파장을 가지는 분할된 광선은 파장에 대응하는 광검출기에 가해지고, 광검출기는 가해진 광선의 양에 따라 전기 전하를 저장한다. 광검출기에 저장된 전기 정보는 사전 설정된 시기에 판독(릴리즈)되고, 디지털 신호로 변환된다. 디지털 신호는 제어 유닛(40)의 스펙트럼 데이터 발생기에 보내지고, 제어 유닛(40)은 각각의 측정점에 대응하는 스펙트럼 데이터를 생성한다.
- [0074] 분광기 유닛(36)의 광검출기의 작동이 후술된다. 도 2 및 도 3은 분광기 유닛(36)이 N개의 광검출기(60-1 내지 60-N)를 포함하는 경우에 광검출기가 작동하는 방식을 나타내는 도면이다. 도 2는 광원(30)이 펄스 광원을 포함할 때 작동하는 모드를 나타내고, 도 3은 광원(30)이 연속적인 광원을 포함할 때 작동의 모드를 나타낸다. 도 2 및 도 3에서, 수평 축선은 시간을 나타낸다. 각각의 광검출기를 나타내는 선에서, 상승부는 전기적 정보가 광검출기에 저장되는 것을 나타내고, 하강부는 전기적 정보가 광검출기로부터 판독(릴리즈)되는 것을 나타낸다. 도 2에서, 충실 원(●)은 펄스 광원이 활성화되는 시간을 나타낸다.
- [0075] 하나의 샘플링 사이클에서, 광검출기들(60-1 내지 60-N)이 연속적으로 스위칭되어 그들로부터 전기적 정보를 판독(릴리즈)한다. 상술된 바와 같이, 광검출기(60-1 내지 60-N)는 전기적 정보로서 대응하는 파장의 광선의 양

을 저장하고, 저장된 전기적 정보는 그들 사이에 위상차를 가지고 샘플링 주기(T)에 광검출기(60-1 내지 60-N)로부터 반복적으로 판독(릴리즈)된다. 충분한 광의 양이 광검출기(60-1 내지 60-N)에 전기적 정보로 저장되고, 광검출기(60-1 내지 60-N)로부터 판독된 데이터가 실시간으로 충분히 처리될 수 있는 한, 샘플링 주기(T)가 비교적 작은 값으로 설정된다. 광검출기가 광다이오드의 어레이(512)를 포함하는 경우에, 샘플링 주기(T)는 10 밀리세컨드(millisecons) 정도이다. 도 2 및 도 3에서, 마지막 광검출기(60-N)가 판독될 때까지 제1광검출기(60-1)가 판독된 후에 시간 S가 경과하고, 여기서 $S < T$ 이다. 도 2에서, 펄스 광원이 활성화되는 시간(도 2에 ●로 표시됨)이 샘플링 시간으로 작용한다. 도 3에서, 마지막 광검출기(60-N)가 판독될 때까지 제1광검출기(60-1)가 판독되고 새로운 전기적 정보를 저장하기 시작한 후의 시간의 절반인 (도 3에 X로 표시되는)시간은 대응하는 측정 면적에 대한 샘플링 시간으로 작용한다. 샘플링 시간들에서, 광 전달 유닛(22)을 향하는 반도체 웨이퍼(W)상의 점들은 샘플링점이라 일컬어진다.

[0076] 도 2에서, 모든 광검출기(60-1 내지 60-N)는 광을 저장하는 한편, 광원(30)은 (몇 마이크로세컨드 정도 동안)순간적으로 활성화된다. 광원(30)이 활성화될 때까지 마지막 광검출기(60-N)에 저장된 전기적 정보가 판독(릴리즈)된 후의 시간이 Q로 표시된다고 가정하면, 제1광검출기(60-1)에 저장된 전기적 정보가 판독(릴리즈)되기 전에 광원이 활성화되는 경우에 $0 < Q < T - S$ 가 된다. Q는 상기 부등호로 표시되는 범위내의 어떤 값을 수 있다. 그러나, 이것은 $Q = (T - S)/2$ 의 가정하에 이루어진다. 제1광검출기(60-1)는 샘플링 시간보다 $S + Q$ 즉, $(T + S)/2$ 만큼 빠른 시기에 판독되고 새로운 전기적 정보를 저장하기 시작한다. 도 3에서, 제1광검출기(60-1)는 또한 $(T + S)/2$ 만큼 빠른 시기에 판독된다. 도 3에 도시된 연속적인 광원에 대하여, 광검출기(60-1 내지 60-N)가 상이한 시간에 각각 전기적 정보를 저장하기 시작하기 때문에, 저장된 전기적 정보가 각각 상이한 시간에 광검출기(60-1 내지 60-N)로부터 판독되고, 실제 측정 면적이 파장에 따라 약간 달라진다.

[0077] 다음은, 폴리싱 상태 모니터링 장치(20)로 샘플링 시기를 결정하는 과정이 후술된다. 먼저, 펄스 광원이 채택되는 경우에 샘플링 시기를 결정하는 과정이 후술된다. 도 4는 폴리싱 상태 모니터링 장치(20)의 샘플링 시기를 예시하는 도면이다. 폴리싱 테이블(12)이 1회전 할 때마다, 턴테이블(12)의 외측 둘레 에지에 배치된 근접 센서(50)가 근접 센서(50)를 트리거링하는 기준 위치로 작용하는 도그(52)를 검출한다. 상세하게는, 도 4에 도시된 바와 같이, 회전각이 폴리싱 테이블(12)이 회전하는 방향과 반대 방향으로 폴리싱 테이블(12)의 회전 중심(C_T)과 반도체 웨이퍼(W)의 중심(C_W)이 교차하는 선(L_{TW})(이하, 웨이퍼 중심선이라 일컬어짐)으로부터의 각도로 정의된다. 근접 센서(50)는 회전각이 θ 일 때 도그(52)를 검출한다. 반도체 웨이퍼(W)의 중심(C_W)은 톱링(14)의 위치를 제어하여 지정될 수 있다.

[0078] 도4에 도시된 바와 같이, 폴리싱 테이블(12)의 중심(C_T)과 광 전달 유닛(22)의 중심(C_L) 사이의 수평 거리가 L로 표시되고, 폴리싱 테이블(12)의 중심(C_T)과 반도체 웨이퍼(W)의 중심(C_W) 사이의 수평 거리는 M으로 표시되고, 그 절단된 에지 구역을 제외하고 반도체 웨이퍼(W)의 폴리싱 중인 표면과 동일한 반도체 웨이퍼(W)의 측정되는 표면의 반경이 R로 표시되고, 광 전달 유닛(22)이 반도체 웨이퍼(W)의 측정 중인 표면을 스캐닝하는 각도가 2α 로 표시된다고 가정하면, 각도 α 를 결정하기 위하여 코사인 정리를 토대로 다음의 수학식 (1)이 만족된다.

수학식 1

$$\alpha = \cos^{-1} \left(\frac{L^2 + M^2 - R^2}{2LM} \right)$$

[0079]

[0080] 본 실시예에 따르면, 샘플링 시기는 광 전달 유닛(22)이 통과하는 웨이퍼 중심선(L_{TW})상의 점 P이 반드시 샘플링점이 되도록 조정된다. 웨이퍼 중심선(L_{TW})상의 한 측면의 샘플링점의 수가 n(정수)인 경우에, 광 전달 유닛(22)이 반도체 웨이퍼(W)의 측정 중인 표면을 스캐닝하는 동안에 모든 샘플링점의 수는 웨이퍼 중심선(L_{TW})상의 샘플링점을 포함하여 $2n + 1$ 로 표시된다.

[0081] 톱링(14)의 외측 둘레 지역이 반도체 웨이퍼(W)의 바깥쪽으로 위치되어 배경광이 차단되는 경우에, 제1샘플링 시간에 반도체 웨이퍼(W)의 측정 중인 표면내에 존재해야 하는 광 전달 유닛(22)에 대한 조건은 아래에 도시된 부등식 (2)로 표현될 수 있으며, ω_T 는 폴리싱 테이블(12)의 각속도를 나타낸다. 조건을 만족하는 정수 n는 부등식 (2)으로부터 결정될 수 있다.

수학식 2

$$\alpha - \omega_r T \leq n \omega_r T < \alpha$$

$$\frac{\alpha}{\omega_r T} - 1 \leq n < \frac{\alpha}{\omega_r T}$$

[0082]

[0083]

광 전달 유닛(22) 및 근접 센서(50)가 폴리싱 테이블(12)의 중심(C_T)에 대하여 동일한 각도로 위치되는 경우에, 폴리싱 테이블(12)이 1회전 할 때, 제1광검출기(60-1)가 제1샘플링 사이클에서 전기적 정보를 저장하기 시작할 때까지 근접 센서(50)가 도그(52)를 검출한 후의 시간 t_s 즉, 샘플링 시작 시간 t_s은 이하의 수학식 (3)에 따라 결정될 수 있다.

수학식 3

$$\begin{aligned} t_s &= \frac{\theta}{\omega_r} - \left(nT + \frac{T+S}{2} \right) \\ &= \frac{\theta}{\omega_r} - \left(n + \frac{1}{2} \right) T - \frac{S}{2} \end{aligned}$$

[0084]

[0085]

광 전달 유닛(22)이 반도체 웨이퍼(W)의 폴리싱 중인 표면의 외측에 존재하는 동안 광검출기들에 저장된 광의 양을 신뢰성있게 제거하기 위하여, 제1샘플링 사이클에 획득된 데이터가 폐기될 수 있다. 이러한 경우에, 샘플링 시작 시간 t_s은 이하의 수학식 (4)에 따라 결정될 수 있다.

수학식 4

$$\begin{aligned} t_s &= \frac{\theta}{\omega_r} - \left(nT + \frac{T+S}{2} + T \right) \\ &= \frac{\theta}{\omega_r} - \left(n + \frac{3}{2} \right) T - \frac{S}{2} \end{aligned}$$

[0086]

[0087]

폴리싱 상태 모니터링 장치(20)는 이에 따라 결정된 샘플링 시작 시간 t_s을 토대로 샘플링 과정을 시작한다. 상세하게는, 제어 유닛(40)은, 근접 센서(50)에 의해 도그(52)를 검출하고 나서 시간 t_s가 경과한 후에, 광원(30)의 펄스 조명(lighting)을 시작하고, 각각의 샘플링 주기 T에 샘플링 사이클을 반복하도록 분광기 유닛(36)의 광검출기의 작동 시기를 제어한다. 각 샘플링점에서 반사된 스펙트럼 데이터는 제어 유닛(40)의 스펙트럼 데이터 발생기에 의해 발생되고 프로세서(48)에 전송된다. 스펙트럼 데이터를 토대로, 프로세서(48)가 반도체 웨이퍼(W)의 폴리싱 중인 표면의 특성값들 예를 들어, 막 두께를 결정한다.

[0088]

본 실시예에 따르면, 광 전달 유닛(22)이 통과하는 웨이퍼 중심선(L_{T-W})이 반드시 샘플링점이기 때문에, 물체의 표면상의 주어진 방사상의 위치에서의 특성값은 폴리싱 테이블(12)이 1회전 할 때마다 반복적으로 측정될 수 있다. 샘플링 주기가 일정한 경우에는, 폴리싱 테이블(12)의 1회전 마다 물체의 표면상의 측정점의 방사상 위치가 일정하다. 따라서, 이러한 측정 과정은 명확하지 않은 위치에서 특성값들이 측정되는 경우보다 반도체 웨이퍼(W)상의 잔여 막의 상태를 인식하는데 더 유리하다. 특히, 광 전달 유닛(22)이 반도체 웨이퍼(W)의 중심(C_W)을 통과하도록 배열되는 경우에, 반도체 웨이퍼(W)의 중심(C_W)은 폴리싱 테이블(12)이 1회전할 때마다 반드시 측정되어, 반도체 웨이퍼(W)상의 시변 잔여 막 상태를 더 정확하게 인식할 수 있다.

[0089]

광원(30)이 연속적인 광원을 포함하는 경우에, 각각의 광검출기들이 전기적 정보를 연속적으로 저장하고, 상이한 시간에 전기적 정보를 저장하기 시작하기 때문에, 정수 n가 펄스 광원과 상이한 방식으로 결정된다. 상세하게는, 제1광검출기(60-1)가 전기적 정보를 저장하기 시작할 때, 광 전달 유닛(22)이 반도체 웨이퍼(W)의 측정 중인 표면에 반드시 존재해야 한다. 따라서, 정수 n를 결정하는 부등식이 다음과 같이 주어진다.

수학식 5

$$\alpha - \omega_r T \leq n \omega_r T + \omega_r \frac{T+S}{2} < \alpha$$

$$\left(\frac{\alpha - S}{\omega_r - 2} \right) \frac{3}{T} \leq n < \left(\frac{\alpha - S}{\omega_r - 2} \right) \frac{1}{T} - \frac{1}{2}$$

[0090]

[0091]

정수 n 는 상기 부등식(5)으로부터 결정될 수 있고, 샘플링 시작 시간 t_s 은 수학식(3) 또는 (4)를 토대로 결정될 수 있다. 펄스 광원에 있어서, 폴링 상태 모니터링 장치(20)는 결정된 샘플링 시작 시간 t_s 을 토대로 그 샘플링 과정을 시작하고, 각각의 샘플링점에서 스펙트럼 데이터로부터 반도체 웨이퍼(W)의 폴링 중인 표면의 특성값 예를 들어, 막 두께를 결정한다. 상기 예시에서, 어떤 조건은 펄스 광원을 활성화시키는 시기 및 광 전달 유닛(22)과 근접 센서(50)간의 관계에 대하여 설정된다. 이들 조건들이 충족되지 않더라도, n 및 t_s 는 유사하게 결정될 수 있다.

[0092]

다음으로, 각각의 샘플링점에서 스펙트럼 데이터로부터 특성값으로 막 두께를 산출하는 과정이 후술된다. 본 실시예에서, 스펙트럼 데이터가 수평 축선으로 표시되는 획득된 스펙트럼 데이터의 파동수(단위 길이당 파동의 수)와 수직 축선으로 표시되는 광의 세기의 형태로 표현되는 경우에, 막 두께는 하나의 막 두께에 대한 스펙트럼 데이터의 주기(최대값들간의 파동수)가 막 두께에 비례한다는 사실을 토대로 산출된다.

[0093]

예를 들어, 획득된 스펙트럼 데이터가 도 5에 도시된 바와 같은 파동을 가지는 것으로 가정한다. 도 5에 도시된 스펙트럼 파형은 다음의 사실을 드러낸다:

[0094]

(1) 일정한 주기를 가지는 간섭 파동 패턴이 있다.

[0095]

(2) 오프셋이 있다.

[0096]

(3) 우측으로 증가하는 실질적인 선형 드리프트가 있다.

[0097]

(4) 간섭 효율(interference efficiency)로 인하여, 간섭 파동의 크기가 파동수가 커짐에 따라 작아진다.

[0098]

상기 사실을 고려하여, 간섭 파도인 주기 ω 가 공지되는 경우에, 스펙트럼 파동이 이하의 함수 $f(x)$ 에 의해 근사될 수 있을 것으로 기대된다.

수학식 6

$$f(x) = \alpha_0 + \alpha_1 x + \alpha_2 \left(\frac{1}{x} \right) \sin(\omega x + \delta)$$

[0099]

[0100]

수학식(6)의 우측상에서, 제1항은 스펙트럼 파형의 오프셋을 반영하고, 제2항은 스펙트럼 파형의 드리프트를 반영하고, 제3항은 스펙트럼 파형의 주기적 파형을 반영한다. 보다 상세하게는, 제3항에서, $(1/x)$ 는 파동수의 증가에 의해 발생된 크기의 감소를 반영하고, δ 는 막 두께가 커지는 경우에 두드러지는 위상 시프트를 반영한다.

[0101]

다음의 수학식(7)은 덧셈 정리에 따라 충족된다.

수학식 7

$$\sin(\omega x + \delta) = \sin \omega x \cdot \cos \delta + \cos \omega x \cdot \sin \delta$$

[0102]

[0103]

따라서, 수학식(6)은 다음과 같이 수정된다.

수학식 8

$$f(x) = \alpha_0 + \alpha_1 x + \alpha_2 \left(\frac{1}{x} \right) \sin \omega x + \alpha_3 \left(\frac{1}{x} \right) \cos \omega x$$

[0104]

[0105]

$f_0(x) = 1$, $f_1(x) = x$, $f_2(x) = (1/x) \sin \omega x$, $f_3(x) = (1/x) \cos \omega x$ 인 경우에, 측정된 스펙트럼은 다음의 수학

식(9)에 따른 함수 $f(x)$ 에 의한 이들 4개의 함수들의 선형 합계로서 근사될 수 있다.

수학식 9

$$f(X) = \alpha_0 f_0(x) + \alpha_1 f_1(x) + \alpha_2 f_2(x) + \alpha_3 f_3(x)$$

근사 함수 $f(x)$ 가 측정된 스펙트럼에 대하여 최상으로 근사되면, 그들간의 스퀘어 에러(square error)가 최소가 된다. 따라서, 어떤 막 두께의 가정에 대한 근사 함수 $f(x)$ 가 정해지고, 함수 $f(x)$ 의 계수 $\alpha_0, \alpha_1, \alpha_2, \alpha_3$ 가 근사 함수 $f(x)$ 와 측정된 스펙트럼간의 스퀘어 에러가 최소화되도록 결정되고, 이 때 최소의 스퀘어 에러가 결정된다. 상기 산출은 막 두께가 변화하는 동안에 수행되고, 막 두께값을 나타내는 수평 축선 및 최소 스퀘어 에러를 나타내는 수직 축선을 가지는 그래프에 그 결과가 좌표로 표시된다. 따라서, 도 6에 도시된 그래프가 생성된다. 도 6에 도시된 바와 같이, 그래프는 최소 스퀘어 에러의 최소점(피크점(peak top))을 가지고, 최소 점에서 근사 함수 $f(x)$ 는 측정된 스펙트럼에 가장 가까운 형상이다. 따라서, 이러한 근사 함수 $f(x)$ 에 대응하는 막 두께(도 6에 도시된 막 두께)가 결정될 막 두께로 산출된다.

측정 과정 동안에, 폴리싱 테이블(12) 및 광 전달 유닛(22)이 반도체 웨이퍼(W)의 폴리싱 중인 표면에 걸쳐 이동한다. 폴리싱 테이블(12) 또는 톱링(14)의 회전 속도 및 샘플링 주기 T가 큰 경우에, 샘플링점당 스캐닝 범위가 크다. 따라서, 패턴 및 폴리싱 속도가 반도체 웨이퍼(W)의 폴리싱 중인 표면상의 위치에 따라 달라질 때, 광원(30)이 연속적으로 활성화되는 경우에, 다양한 막 두께들이 하나의 샘플링점에서 한번에 측정된다. 따라서, 분명한 간섭 스펙트럼이 획득될 수 없고 그 결과, 도 6에 도시된 바와 같이 분명한 피크점이 생성될 수 없을 것이다. 이러한 단점을 고려하여, 몇 마이크로초 동안에 활성화되는 펄스 광원을 광원으로 이용하는 것이 바람직하다. 이러한 펄스 광원이 사용되면, 반도체 웨이퍼(W)의 폴리싱 중인 표면상에서 작은 이산 스폿들(P_{Si} ; discrete spots)이 측정점으로 측정될 수 있고, 각각의 측정점들에서의 막 두께가 정확하게 측정될 수 있다.

상기 예시에서, 막 두께가 특성값으로 산출된다. 산출되는 특성값은 막 두께에 제한되지 않는다. 작업물(폴리싱될 물체)의 재료에 따라, 물체로부터 상층 막이 제거될 때 물체의 색이 크게 변할 수 있다. 예를 들어, 작업물상의 구리막이 제거되면, 붉은 광택을 가지는 색이 작업물로부터 사라질 수 있다. 따라서, 작업물의 폴리싱 중인 표면의 색의 변화는 폴리싱 중인 표면의 상태를 인식하는 인덱스로 사용될 수 있다. 상기 특성들을 고려하여, 각각의 샘플링점에서 스펙트럼 데이터로부터 특성값으로 색을 산출하는 과정이 후술된다.

도 8에 도시된 바와 같이, 폴리싱 종료점(폴리싱의 중지 또는 폴리싱 조건의 변화) 전후의 스펙트럼 데이터 $g_1(\lambda), g_2(\lambda)$ 이 서로 비교되고, 파장 범위에서의 변화가 클 수록 큰 값을 가지는 가중치 함수 $w(\lambda)$ 가 미리 정해진다. 각각의 파장 λ 에서 반사광의 스펙트럼 데이터의 측정된 값 $\rho(\lambda)$ 가 가중치 함수 $w(\lambda)$ 에 곱해지고, 결과값들이 더해진다 즉, 스칼라 값으로 누적된다. 누적된 스칼라 값이 특성값 X으로 취해진다. 상세하게는, 특성값 X은 다음의 수학식(1)에 따라 정해진다.

수학식 10

$$X = \sum_{\lambda} w(\lambda) \rho(\lambda) \Delta \lambda$$

대안적으로, 복수의 가중치 함수 $w_i(\lambda)$ ($i = 1, 2, \dots$)가 정해질 수도 있으며, 특성값 X_i 는 다음의 수학식(11)에 따라 정해질 수 있다.

수학식 11

$$X_i = \frac{\sum_{\lambda} w_i(\lambda) \rho(\lambda) \Delta \lambda}{\sum_i \sum_{\lambda} w_i(\lambda) \rho(\lambda) \Delta \lambda}$$

상기 과정에 따르면, 상층 막이 더 얇아지고, 폴리싱 과정이 진행함에 따라 스펙트럼 파형이 그 형상이 변화하더라도, 색의 변화가 순간 순간 마다 측정될 수 있고, 폴리싱 종료점(폴리싱의 중지 또는 폴리싱 조건의 변화)이 색의 특성값을 토대로 결정될 수 있다.

[0115] 수학식 (10)에서, 가중치 함수 $w(\lambda)$ 가 $w(\lambda_0) = 1$, $w(\lambda) = 0$ ($\lambda \neq \lambda_0$), $\Delta\lambda = 1$ 로 정해지는 경우에, 파장 λ_0 에서 스펙트럼 값을 나타내는 특성값 X 이 획득될 수 있다. 가중치 함수 $w(\lambda)$ 가 $w(\lambda_1) = 1$, $w(\lambda_2) = -1$, $w(\lambda) = 0$ ($\lambda \neq \lambda_1, \lambda_2$), $\Delta\lambda = 1/(\lambda_1 - \lambda_2)$ 로 정해지는 경우에, 스펙트럼 그래프에서 파장 λ_1, λ_2 를 연결하는 직선의 기울기를 나타내는 특성값 X 이 획득될 수 있다. 스펙트럼 데이터의 측정된 값 $\rho(\lambda)$ 은 노이즈의 영향을 감소시키기 위해 각각의 파장의 부근에서 미리 평균화될 수 있다.

[0116] 측정된 스펙트럼 데이터 $\rho(\lambda)$ 는 각각의 파장에서 스펙트럼의 반사광의 양 또는 기준 반사 플레이트의 스펙트럼 또는 측정 과정이 시작된 직후의 스펙트럼에 의해 표준화된 상대적인 스펙트럼 반사율일 수 있다.

[0117] 가중치 함수 $w(\lambda)$ 는 JIS-Z-8701과 일치하도록 정해질 수 있다. 상세하게는, 색도 좌표(x, y)로 변환된 스펙트럼 데이터(스펙트럼 반사율)가 또한 특성값으로 사용될 수도 있다. 스펙트럼 데이터의 색도 좌표(x, y)로의 변환 및 변환된 색도 좌표(x, y)의 특성값으로의 이용 과정이 후술된다. 반사 물체의 3차원값 X, Y, Z 이 다음의 수학식(12) 내지 (14)에 따라 산출된다.

수학식 12

[0118]
$$X = k \int_{380}^{780} P(\lambda) \bar{x}(\lambda) \rho(\lambda) d\lambda$$

수학식 13

[0119]
$$Y = k \int_{380}^{780} P(\lambda) \bar{y}(\lambda) \rho(\lambda) d\lambda$$

수학식 14

[0120]
$$Z = k \int_{380}^{780} P(\lambda) \bar{z}(\lambda) \rho(\lambda) d\lambda$$

[0121] 수식 : 2차 시계(2-degree field-of-view) XYZ 시스템을 토대로 하는 색 일치 함수들,

[0122] 여기서 λ 는 파장을 나타내고, $P(\lambda)$ 는 가정된 광원의 스펙트럼 분포, k 는 자극값을 광도 측정량과 대등하게 하도록 결정된 계수, $\rho(\lambda)$ 는 측정된 스펙트럼 분포를 나타낸다. 측정된 스펙트럼 분포 $\rho(\lambda)$ 는 다음의 수학식 (15)에 따라 정해질 수 있다.

수학식 15

[0123]
$$\rho(\lambda) = \frac{\rho_M(\lambda)}{\rho_B(\lambda)}$$

[0124] 여기서, $\rho_M(\lambda)$ 는 측정된 스펙트럼 분포를 나타내고, $\rho_B(\lambda)$ 는 베어 실리콘에 대하여 반사된 스펙트럼 분포를 나타낸다.

[0125] X-성분, Y-성분, Z-성분의 비율(x, y, z)은 다음의 수학식(16) 내지 (18)에 따라 자극값 X, Y, Z 로부터 결정된다.

수학식 16

[0126]
$$x = \frac{X}{X+Y+Z}$$

수학식 17

[0127]
$$y = \frac{Y}{X+Y+Z}$$

수학식 18

$$z = \frac{Z}{X+Y+Z}$$

[0128]

[0129]

이에 따라 결정된 비율 x , y , z 은 소위 색도 좌표라 불린다. x , y , z 비율들 중에, 2개만 독립적이다. 따라서, x , y 의 조합이 일반적으로 색도 좌표값(x , y)으로 사용된다.

[0130]

이러한 방식으로, 스펙트럼 데이터가 색도 좌표값(x , y)으로 변환될 수 있고, 폴리싱 종료점(폴리싱의 중지 또는 폴리싱 조건의 변화)이 색도 좌표값(x , y) 중에 하나 또는 2개를 토대로 결정될 수 있다. 색도 좌표값들은 수학식(11)의 특수한 경우로 간주될 수 있다. 수학식(11)에 있어서, 색도 좌표값은 수학식(16) 내지 (18)로 표시되는 바와 같이 표준화된다. 따라서, 스펙트럼 반사율의 변동 영향이 표준화에 의해 제거될 수 있다. 이러한 방식으로, 색도 좌표값을 특성값으로 이용하면, 측정 시스템의 불안전성에 의해 발생하는 스펙트럼 반사율의 변동 영향을 제거할 수 있다.

[0131]

수학식(12) 내지 (14)에서 색 일치 함수 및 광원의 스펙트럼 분포를 파라미터로 설정하여, 폴리싱으로 인해 스펙트럼 반사율에 변화가 더 심해지는 파장 범위의 가중치가 각 웨이퍼에 대하여 최적화된다. 따라서, 웨이퍼의 폴리싱 중인 표면의 상태가 더 정확하게 측정될 수 있다.

[0132]

다음으로, 작업물의 폴리싱 중인 표면상의 사전 설정된 특성값이 폴리싱 과정을 모니터링하기 위해 스펙트럼 데이터 발생기에 의해 발생한 스펙트럼 데이터의 파장 성분들에 사전 설정된 가중치 함수를 곱하는 곱셈을 포함하는 산출에 의해 산출되는 특정 예시가 후술된다.

[0133]

수학식(10), (11) 등등에 따라 특성값을 결정하기 위하여, 가중치 함수 $w(\lambda)$ 가 어떻게 정해지는가가 중요하다. 가중치 함수 $w(\lambda)$ 는 목적에 따라 조정될 수 있는 것이 바람직하다.

[0134]

예를 들어, 폴리싱될 막이 기층과 색이 크게 상이한 금속 막이고, 막을 제거하는 시간이 인식되어야 하는 경우에, 제거될 막의 색에 대응하는 파장 대역에서 큰 가중치를 가지는 가중치 함수가 정해진다. 예를 들어, 폴리싱될 막이 구리 막인 경우에, 구리 막은 붉은 광택을 가지고 $\lambda=800\text{nm}$ 정도의 파장에서 큰 반사 세기를 제공하기 때문에, 가중치 함수 $w(\lambda)$ 가 $\lambda=800\text{nm}$ 부근에서 큰 가중치를 가지도록 정해진다. 특성값 X 은 다음의 수학식(10)에 따라 결정된다.

$$X = \sum_{\lambda} w(\lambda) \rho(\lambda) \Delta \lambda$$

[0135]

특성값 X 은 구리막이 제공되는지 아닌지의 여부에 따라 크게 변화하는 값을 가진다. 제1스펙트럼 데이터 $\rho(\lambda)$ 의 어떤 파장에서 외란이 발생하더라도, 누적 연산(integral operation)이 수행되어, 외란의 영향이 $\lambda=800\text{nm}$ 에서 반사 세기가 직접 모니터링되는 경우에 비해 작아진다.

[0137]

수학식(11)을 이용하면, i 가 $i = 1, 2$ 로 설정되고, 가중치 함수 $w_1(\lambda)$ 가 $\lambda=800\text{nm}$ 부근에서 큰 가중치를 가지도록 정해지며, 가중치 함수 $w_2(\lambda)$ 는 구리막이 있는지 아닌지의 여부와 관계없이 실질적으로 일정한 반사 세기를 가지는 파장 대역에서 큰 가중치를 가지도록 정해진다. 이 때, 특성값은 :

$$X_i = 1 / \{1 + \sum_{\lambda} w_2(\lambda) \rho(\lambda) \Delta \lambda / \sum_{\lambda} w_1(\lambda) \rho(\lambda) \Delta \lambda\}$$

[0138]

구리막이 있는지 아닌지의 여부에 따라 크게 변하는 그 값을 가진다. 또한, 반사광의 양이 외란에 따라 증가하거나 감소하더라도, 시간 변화가 안정적인 파형을 획득할 수 있다.

[0140]

폴리싱 종료점(폴리싱 중지점 또는 튜링에 제공된 복수의 가압 면적에 각각 가해지는 가압력 또는 슬러리(폴리싱액)의 종류와 같은 폴리싱 조건의 변화)을 검출하기 위해, 상술된 방식으로 나타나는 특성값의 시간 변화 특성점(사전 설정된 문턱값, 증가 또는 감소의 시작 또는 종료, 극값 등등)이 검출되고, 사전 설정된 시간 동안에 막이 과폴리싱된 다음, 폴리싱 작동이 스위칭된다. 과폴리싱 시간은 0일 수 있다.

[0141]

다음으로, 폴리싱될 막이 산화물 막 등등과 같은 광 전달 막인 경우에 가중치 함수를 조정하는 과정의 특정 예가 후술된다.

[0142]

폴리싱될 막이 산화물 막 등등과 같은 광 전달 막이고 균일한 두께를 가지며 외란이 없는 이상적인 상태에 있는

경우에, 폴리싱될 막에 의해 발생하는 간섭으로 인해 각각의 파장에서 시간 변화의 상대적 반사율이 도 9에 도시된다. 폴리싱될 막이 굴절률 n 및 막 두께 d 를 가지고 광이 (진공에서) 파장 λ 을 가지는 경우에, 시간 변화의 한 주기에 대응하는 막 두께 차이가 $\Delta d = \lambda/2n$ 으로 표현된다. 따라서, 막 두께가 폴리싱 시간에 따라 선형으로 감소되는 경우에, 상대적 반사율이 시간에 따라 변화하여 도 9에 도시된 바와 같이 최대 및 최소값이 주기적으로 나타난다. 도 9에서, 실선 곡선은 파장 $\lambda = 500\text{nm}$ 에서 상대적 반사율을 나타내고, 파선 곡선은 파장 $\lambda = 700\text{nm}$ 에서 상대적 반사율을 나타낸다.

[0143] 도 9의 연구는 광의 파장이 짧아짐에 따라, 시간 변화 상대적 반사율의 주기가 더 짧아지고, 극값이 더 자주 발생하는 것을 나타낸다. 따라서, 스펙트럼 데이터의 파장 성분들에 가중치 함수를 곱하는 곱셈을 포함하는 계산에 의해 산출되는 특성값의 시간 변화를 고려하여, 가중치 함수의 당해 파장이 더 짧아짐에 따라 이러한 시간 변화 주기가 보다 많은 극값들을 가지고 더 짧아질 것으로 기대된다.

[0144] 도 10은 연결 패턴(interconnection pattern)상의 산화물 막이 폴리싱될 때 수학적(11)에 따라 특성값 X_3 이 모니터링되는 예를 나타낸다. 특성값은 도 11에 도시된 3개의 가중치 $w_1(\lambda)$, $w_2(\lambda)$, $w_3(\lambda)$ 의 세트 L, S를 이용하여 산출된다. 특성값은 70초 정도까지 반복적으로 증가 및 감소한 다음, 특성값의 거동이 변화된다. 특성값은 기본적으로 폴리싱 중인 막의 두께의 감소를 토대로 광의 간섭으로 인해 증가 및 감소하는 것으로 간주되기 때문에, 연결 패턴 또는 연결 패턴의 일부가 70초 정도로 노광되어, 특성값이 증가 및 감소하는 것을 방지할 수 있다.

[0145] 특성값을 모니터링하기 위하여, 특성값의 시간 변화의 최대 및 최소값이 폴리싱의 진행을 나타내기 위해 검출된다. 폴리싱 과정이 극값이 검출되는 시점에 중지되고, 막 두께가 기준으로 측정되는 경우에, 폴리싱 진행은 폴리싱 중인 막 두께와 관련될 수 있다. 따라서, 특성값의 시간 변화의 주기가 작아짐에 따라, 분해가 높아지고 미세한 모니터링이 이루어질 수 있다.

[0146] 도 10에 도시된 예시에서, L에 대한 특성값은 10개의 극값을 가지고 S에 대한 특성값은 15개의 극값을 가진다. L에 대한 특성값에 따르면, 폴리싱 과정이 11개의 분할된 구역에서 인식될 수 있다. S에 대한 특성값에 따르면, 폴리싱 과정이 16개의 분할된 구역에서 인식될 수 있다.

[0147] 폴리싱 종료점(폴리싱의 중지점 또는 폴리싱 조건의 변화)에 대하여, 소정의 막 두께에 도달하기 직전에 극값(하나의 특성점)이 검출되고, 극값에서의 막 두께와 소정의 막 두께간의 차에 대응하는 시간 동안에 막이 과폴리싱된다. 따라서, 특성값의 시간 변화의 주기가 더 짧아짐에 따라, 과폴리싱 시간이 더 짧아지고 따라서 종료점 검출 정확성을 증가시킨다. 상술된 바와 같이, 가중치 함수를 단파장 밴드로 설정하여, 폴리싱 진행의 모니터링 정확성 및 종료점의 검출 정확성을 개선할 수 있다.

[0148] 일반적으로, 광원은 제한된 파장 대역에서 유효 에너지를 가진다. 광의 파장이 더 짧아짐에 따라, 광이 폴리싱 패드내의 슬러리, 광 전달 유닛에 의해 더 크게 산란되어, S/N 비율이 낮아진다. 가중치 함수가 설정될 파장 대역은 특성값의 시간 변화의 주기 및 S/N 비율을 고려하여 결정된다.

[0149] 복수의 상이한 가중치 함수의 세트로부터 얻은 2이상의 특성값들을 동시에 추적하는 과정이 후술된다.

[0150] 도 10에서 알 수 있듯이, 동시에 도 11에 도시된 가중치 함수의 세트 L, S로부터 각각 결정된 특성값들을 이용하여, 모니터링 과정의 정확성(분해)을 더 증가시키기 위해 26개의 분할된 구역에서 폴리싱 과정을 인식할 수 있다. 실제로, 2개의 세트 L, S에 대하여 특성값의 일부 극값들이 실질적으로 동시에 발생하기 때문에, 폴리싱 과정이 26개의 구역 미만으로 분할될 수 있다.

[0151] 가중치 함수가 파장 범위에서 이동되고 조정되는 예시가 후술된다. 폴리싱될 막이 산화물 막 등과 같은 광 전달 막이고, 균일한 두께를 가지며, 외란이 없는 이상적인 상태에 있는 경우에, 폴리싱 중인 막에 의해 발생한 간섭으로 인해, 스펙트럼 파형이 도 12에 도시된 바와 같다(도 15에 도시된 수평 축선에 대한 파장으로 파동수를 변화시켜 도시된 그래프에 대응함). 막이 굴절률 n 및 막 두께 d 를 가지는 경우에, 인접한 최대점들(또는 최소점들)에 대한 파장들이 λ_1 , λ_2 으로 표현되며, 반사 시간에서 광의 위상 변화 영향이 작은 것으로 가정하면, 이하의 방정식이 충족된다.

[0152]
$$2nd/\lambda_1 \approx 2nd/\lambda_2 + 1, \text{ i.e., } 1/\lambda_1 \approx 1/\lambda_2 + 1/2nd$$

[0153] 폴리싱 과정이 진행함에 따라 막 두께가 감소하는 경우에, 스펙트럼 그래프상의 최대 및 최소점들이 장파장에서 도 12에 도시된 1000 nm로부터 990 nm 내지 980nm로 변화하는 막 두께로 표시되는 단파장쪽으로 이동한다. 따

라서, 가중치 함수가 장파장측으로 이동할 때, 특성값의 극값들이 더 빨리 나타난다.

- [0154] 도 13은 특성값 X_3 이 도 11의 가중치 함수의 세트 L 및 도 10에 도시된 바와 동일한 패턴의 산화물 막이 폴리싱 될 때, 과장 축선상의 세트 L의 가중치 함수를 각각 10 nm, 20 nm, 30 nm씩 장파장측으로 이동시켜 얻어진 가중치 함수들 L1, L2를 이용하여 수학식(11)에 따라 모니터링되는 예시를 나타낸다. 가중치 함수가 장파장측으로 이동됨에 따라, 특성값의 시간 변화의 위상이 앞쪽으로 더 시프트되는 것을 도 13에서 알 수 있다.
- [0155] 따라서, 특성값의 시간 변화의 극값들(최대값 또는 최저값)이 미리 폴리싱 된 샘플 웨이퍼에 대한 시변 극값의 파형을 토대로 과장 축선상의 가중치 함수를 이동시키고 조정하여 소정의 시기에 조정될 수 있다. 따라서, 과 폴리싱 시간이 최소화되어 종료점의 검출 정확성을 증가시킬 수 있다.
- [0156] 상세하게는, 과폴리싱 시간은 특성값들의 최대값을 토대로 설정된다. 막이 실제로 관측되지 않고 폴리싱이 균 일한 막 두께 비율에서 달성된다는 가정하에서 과폴리싱 시간에서 폴리싱이 수행되는 한, 과폴리싱 시간을 더 단축시킬 수 있어, 정확한 폴리싱 종료점을 획득할 수 있다. 따라서, 특성값의 피크들과 폴리싱 종료점이 가능한 서로 가까워지는 것이 바람직하다. 상기 과정에 따라 장파장(또는 단파장)측으로 가중치 함수의 가중치를 이동시켜 소정의 시기로 피크들을 가져갈 수 있다. 상술된 가중치 함수를 결정하기 위하여, 폴리싱될 물체인 웨이퍼를 폴리싱하고, 가중치 함수를 조정하면서 특성값을 산출하는 시뮬레이션을 수행하여, 그것으로부터 스펙 트럼 데이터를 얻고, 특성값의 시간 변화가 소정의 경향을 나타내는 가중치 함수를 채택하는 것이 바람직하다.
- [0157] 광원(30)으로 연속적인 광원을 사용하는 것이 이하에 기술된다. 상기 과정에 따라 결정된 특성값들(색)의 시간 변화를 고려하여, 펄스 광원이 광원(30)으로 사용되면, 반도체 웨이퍼(W)상의 측정점에 대응하는 패턴들의 차로 인해 색이 변화하여, 특성값들의 시간 변화가 높은 주파수로(at a high frequency) 변화하는 경향이 생긴다. 이러한 경우에, 특성값들의 시간 변화의 일반적인 경향을 파악하기가 어렵다. 이동 평균 과정과 같은 원활한 과정이 고주파수 변동(high-frequency fluctuation)을 억제하기 위해 달성되는 경우에, 폴리싱 종료점의 검출이 딜레이된다.
- [0158] 이러한 고주파수 변동을 억제하는 광원(30)으로서 연속적인 광원을 사용하는 것이 바람직하다. 도 14는 연속적인 광원이 광원(30)으로 사용되는 경우에 샘플링점들 P_{S2} 에 대응하는 측정 면적 X와 샘플링점들 P_{S2} 간의 관계를 나타낸다. 도 14에 도시된 바와 같이, 샘플링점들 P_{S2} 전후의 반사광이 각각의 광검출기에 연속적으로 측정되고 물리적으로 평균화된다. 따라서, 패턴의 영향으로 인한 변동이 감소되어, 상술된 고주파수 변동을 감소시킨다.
- [0159] 반도체 웨이퍼(W)의 폴리싱 중인 표면상의 잔여 막을 측정하기 위하여, 반도체 웨이퍼(W)의 중심과 반도체 웨이 퍼(W)의 둘레부와 같은 특정점들에서의 잔여막의 추이를 아는 것이 중요하다. 그러나, 샘플링 주기가 고정되는 경우에, 샘플링점들이 폴리싱 테이블(12)의 회전 속도에 따라, 광 전달 유닛(22)이 반도체 웨이퍼(W)의 폴리싱 중인 표면을 스캔하는 선상의 위치에 고정된다. 예를 들어, 반도체 웨이퍼(W)의 둘레부가 측정될 수 있다. 본 실시예에 따르면, 샘플링 주기 즉, 광검출기들의 측정 시간들이 폴리싱 테이블(12)의 회전 속도를 토대로 조정 될 수 있다.
- [0160] 도 15는 폴리싱 테이블(12)의 회전 속도를 토대로 샘플링 주기를 조정하는 과정의 흐름도이다. 먼저, 도 16에 도시된 바와 같이, 샘플링점으로 사용되어야 하는 소정의 점 P_V 에서 반경 R_V , 폴리싱 테이블(12)의 중심 C_T 과 반 도체 웨이퍼(W)의 중심 C_W 간의 수평 거리 M, 폴리싱 테이블(12)의 중심 C_T 과 광 전달 유닛(22)의 중심 C_L 간의 수 평 거리 L, 폴리싱 테이블(12)의 회전 각속도 ω_T 및 최소 샘플링 주기 T를 포함하는 조건들이 입력된다(단계 1). 이들 조건들은 프로세서(48)로서 개인용 컴퓨터의 키보드를 통하여 조작자에 의해 입력되거나 폴리싱 장치의 콘 트롤러로부터 전송될 수 있다.
- [0161] 그런 다음, 폴리싱 테이블(12)의 중심 C_T 에서 웨이퍼 중심선 L_{T-W} 으로부터의 각도 α_V 가 수학식(1)에 따라 결정된 다(단계 2). 점 P_V 으로부터 웨이퍼 중심선 L_{T-W} 까지의 샘플링점의 수 n_V 는 부등식(2)에 따라 결정된다(단계 3). 광원(30)이 펄스 광원을 포함하는지 아닌지의 여부와 관계없이, 점 P_V 가 반도체 웨이퍼(W)의 측정 중인 표면의 충분히 안쪽에 위치되는 경우에, 펄스 광원과 관련된 부등식(2)이 사용된다. 그런 다음, 산출된 샘플링점의 각 도 α_V 및 수 n_V 를 토대로, 샘플링 주기 T_V 가 이하의 수학식(19)에 따라 산출된다(단계 4).

수학식 19

$$T_V = \frac{\alpha_V}{n_V \omega_T}$$

[0162]

[0163]

결정된 샘플링 주기 T_V 에 따라, 소정의 반경 R_V 에서 점 P_V 이 측정될 수 있다. 따라서, 조건으로 입력되는 소정의 반경 R_V 을 조정하여, 도 16에 도시된 바와 같이, 웨이퍼 중심선 L_{TW} 상의 점들에 더하여, 웨이퍼의 둘레부와 같은 소정의 방사상 위치가 샘플링점으로 사용될 수 있다.

[0164]

본 발명의 바람직한 실시예가 도시되고 상세히 설명되었지만, 첨부된 청구항의 범위를 벗어나지 않으면서 다양한 변경 및 수정이 이루어질 수 있음을 이해할 것이다.

산업상 이용 가능성

[0165]

본 발명은 반도체 웨이퍼와 같은 작업물을 평면 마무리로 폴리싱하기 위한 폴리싱 장치에 적용가능하며, 반도체 디바이스의 제조에도 바람직하게 이용된다.

도면의 간단한 설명

[0045]

도 1은 본 발명의 실시예에 따른 폴리싱 상태 모니터링 장치를 구비한 폴리싱 장치의 전체 배열을 나타내는 개략도;

[0046]

도 2는 도 1에 도시된 폴리싱 상태 모니터링 장치에 펄스 광원이 사용되는 경우에 분광기 유닛내의 광 수용 소자의 작동을 나타내는 도면;

[0047]

도 3은 도 1에 도시된 폴리싱 상태 모니터링 장치에 연속적인 광원이 사용되는 경우에 분광기 유닛내의 광 수용 소자의 작동을 나타내는 도면;

[0048]

도 4는 도 1에 도시된 폴리싱 상태 모니터링 장치의 샘플링 시기를 예시하는 평면도;

[0049]

도 5는 본 발명에 따른 폴리싱 상태 모니터링 장치에 의해 생성된 스펙트럼 데이터를 나타내는 그래프;

[0050]

도 6은 본 발명에 따른 폴리싱 상태 모니터링 장치에 사용되는 스펙트럼 근사법의 막 두께와 최소 스퀘어 에러(a least square error)간의 관계를 나타내는 그래프;

[0051]

도 7은 본 발명에 따른 폴리싱 상태 모니터링 장치에 펄스 광원이 사용되는 경우에 측정점을 나타내는 평면도;

[0052]

도 8은 도 1에 도시된 폴리싱 상태 모니터링 장치에 사용된 가중치 함수를 예시하는 그래프;

[0053]

도 9는 본 발명에 따른 폴리싱 상태 모니터링 장치에 사용되는, 산화물 막이 폴리싱 중인 동안의 시변 상대 반사율(time-varied relative reflectance)을 예시하는 그래프;

[0054]

도 10은 본 발명에 따른 폴리싱 상태 모니터링 장치에 사용되는, 상이한 가중치 함수 파장 범위로 인한 특성값의 주기의 변화를 예시하는 그래프;

[0055]

도 11은 본 발명에 따른 폴리싱 상태 모니터링 장치에 사용되는, 단파장 및 장파장에서 가중치 함수의 세트를 예시하는 그래프;

[0056]

도 12는 본 발명에 따른 폴리싱 상태 모니터링 장치에 사용되는, 산화물 막이 폴리싱 중인 동안에 시변 상대 반사율을 예시하고, 막 두께의 변화로 인한 스펙트럼 파형의 변화를 나타내는 그래프;

[0057]

도 13은 본 발명에 따른 폴리싱 상태 모니터링 장치에 사용되는, 가중치 함수의 파장 변화의 이동에 대한 특성값의 위상 변화를 예시하는 그래프;

[0058]

도 14는 본 발명에 따른 폴리싱 상태 모니터링 장치에 연속적인 광원이 사용되는 경우에 샘플링점들을 나타내는 평면도;

[0059]

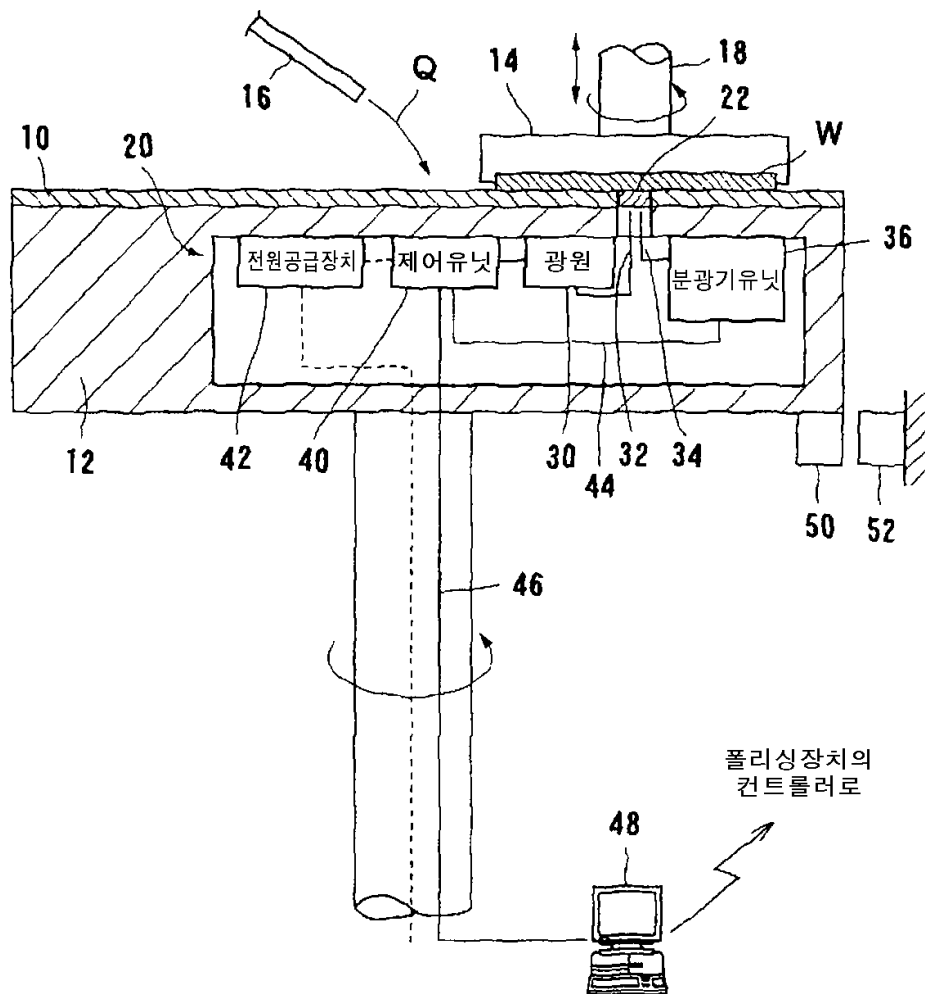
도 15는 본 발명에 따른 폴리싱 상태 모니터링 장치에서 샘플링 주기를 조정하는 과정의 흐름도;

[0060]

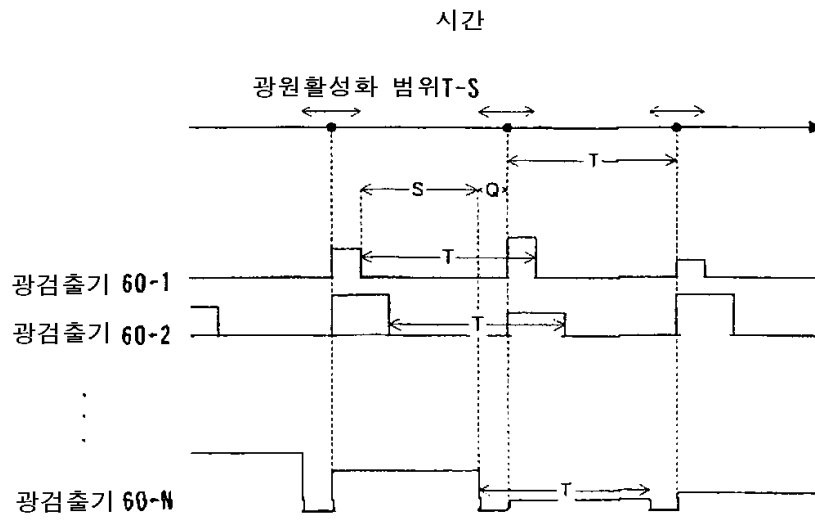
도 16은 본 발명에 따른 폴리싱 상태 모니터링 장치에서 샘플링 주기가 조정되는 방식을 예시하는 평면도.

도면

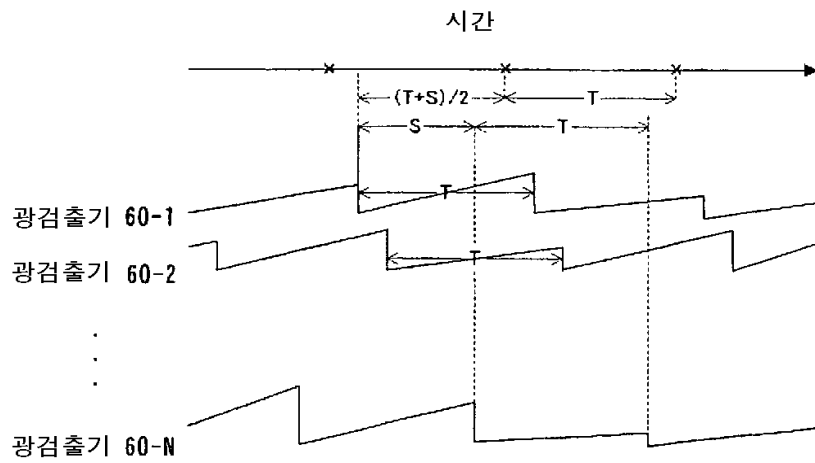
도면1



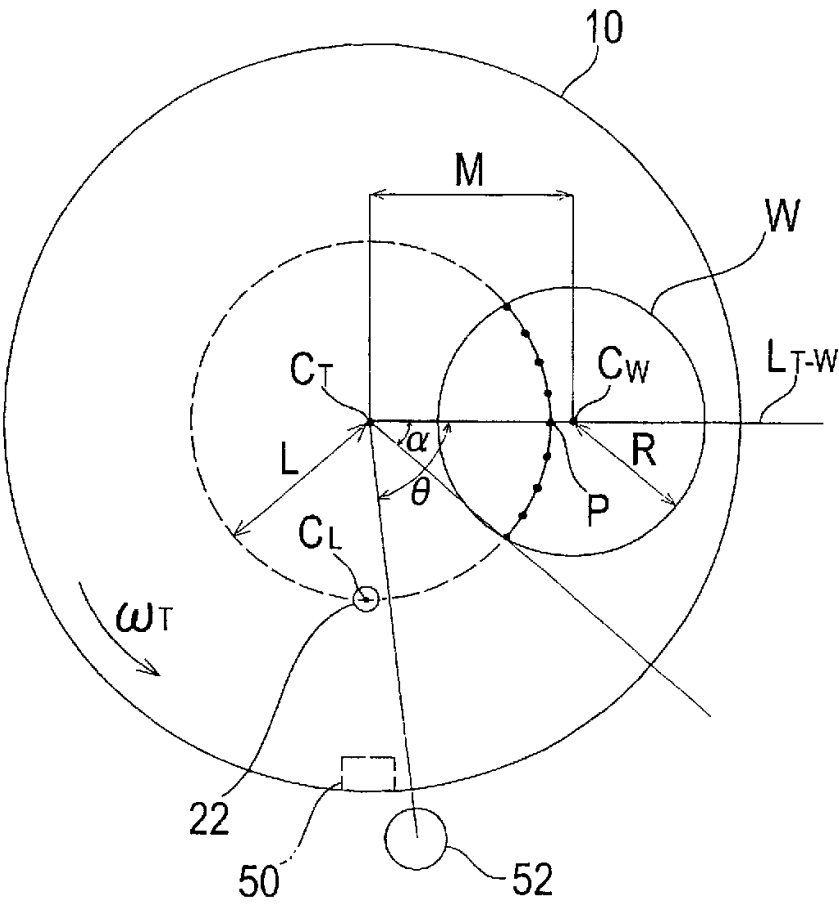
도면2



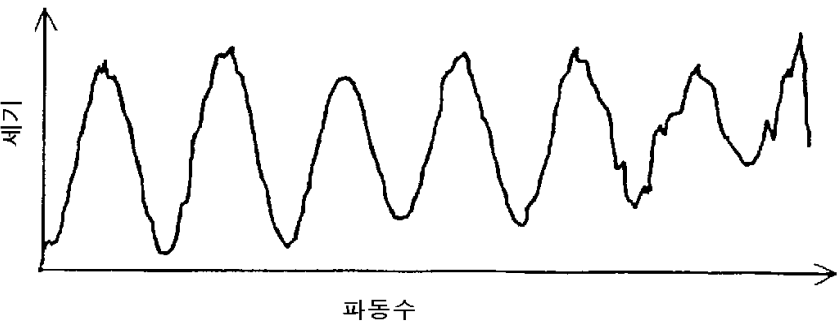
도면3



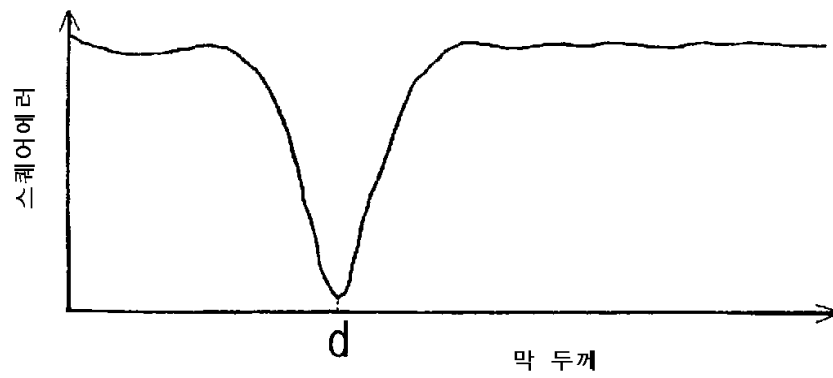
도면4



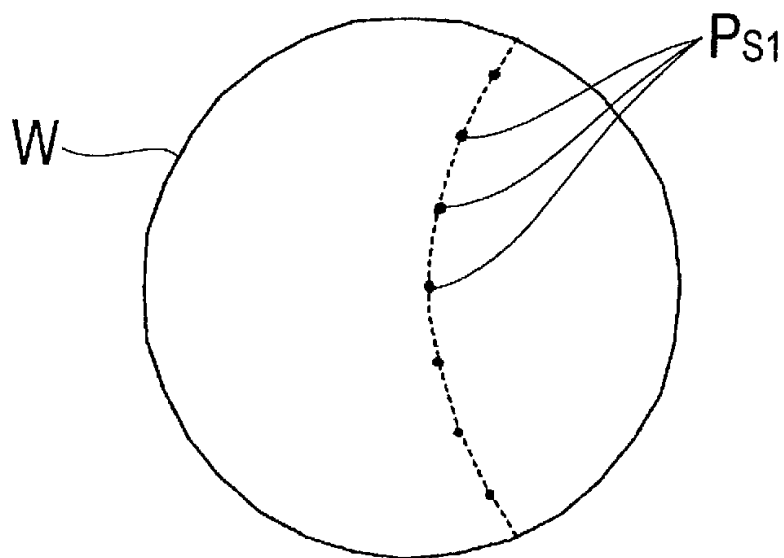
도면5



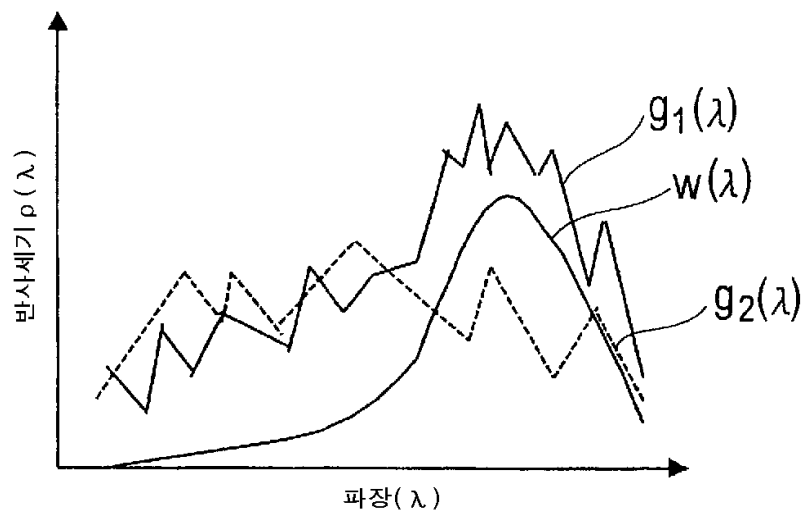
도면6



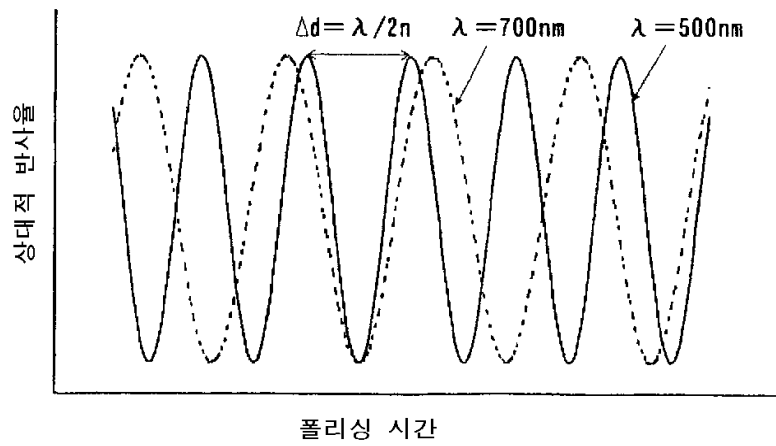
도면7



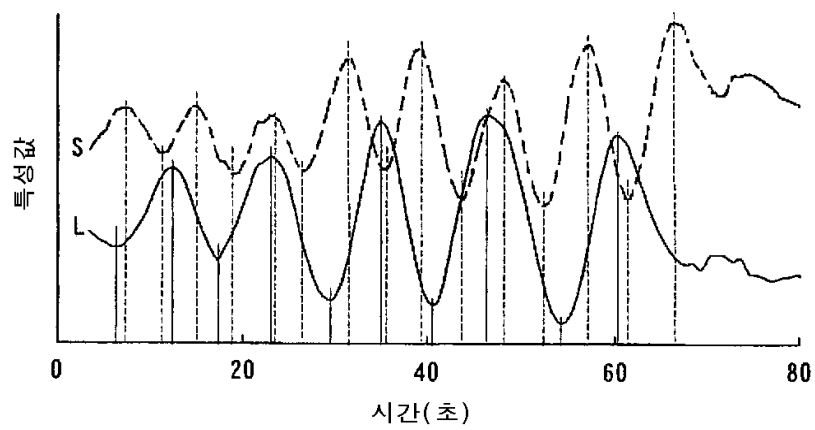
도면8



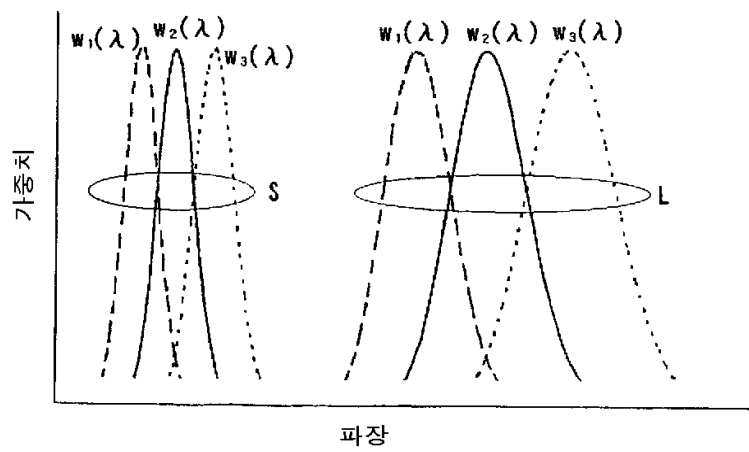
도면9



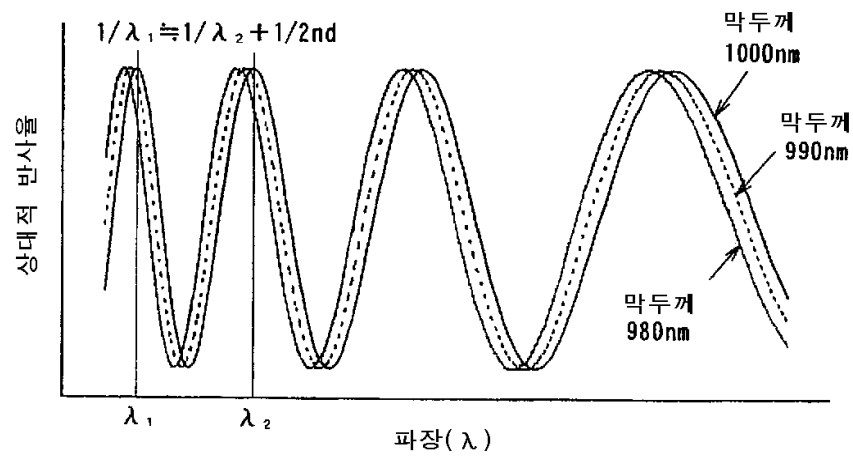
도면10



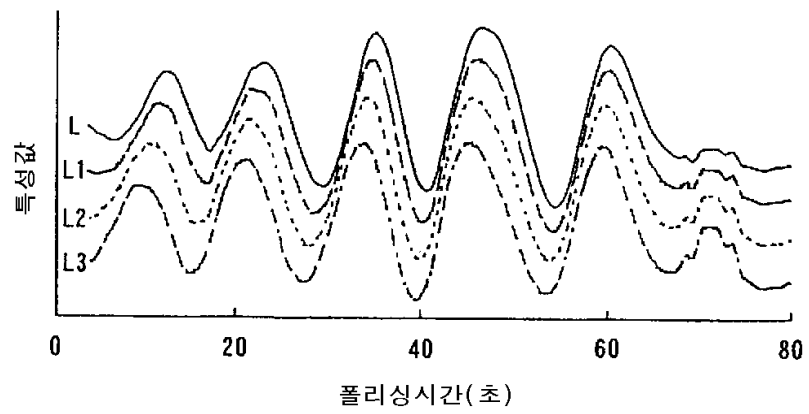
도면11



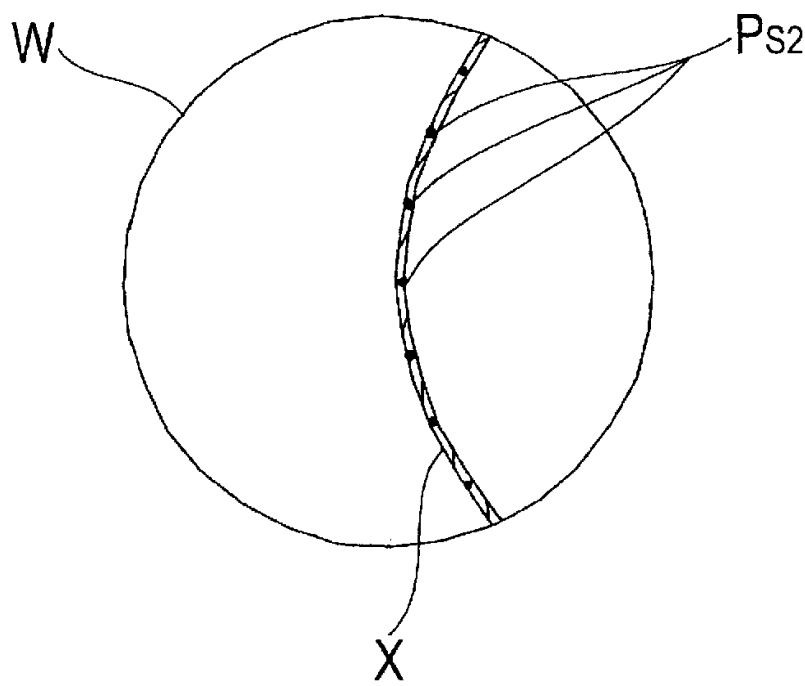
도면12



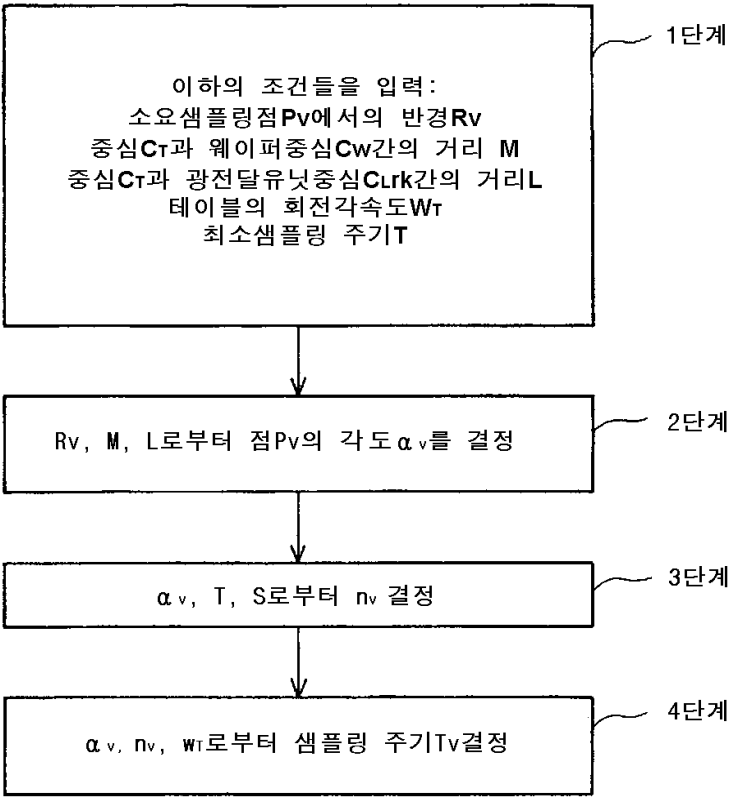
도면13



도면14



도면15



도면16

