



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2019년05월21일

(11) 등록번호 10-1980921

(24) 등록일자 2019년05월15일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

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

(21) 출원번호 10-2013-0126070

(22) 출원일자 2013년10월22일

심사청구일자 2018년10월22일

(65) 공개번호 10-2014-0051798

(43) 공개일자 2014년05월02일

(30) 우선권주장

13/658,737 2012년10월23일 미국(US)

(56) 선행기술조사문현

JP2010519771 A

(뒷면에 계속)

(73) 특허권자

어플라이드 머티어리얼스, 임코포레이티드

미국 95054 캘리포니아 산타 클라라 바우어스 애브뉴 3050

(72) 발명자

치안, 준

미국 94087 캘리포니아주 씨니베일 더블린 웨이 575

단다파니, 시바쿠마르

미국 95136 캘리포니아주 산 호세 화이트 채플 애브뉴 494

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

양영준, 백만기

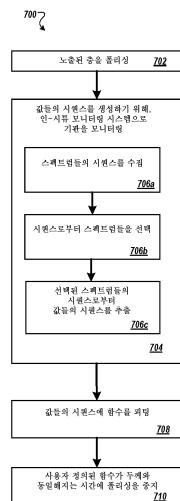
전체 청구항 수 : 총 14 항

심사관 : 오순영

(54) 발명의 명칭 선택적 스펙트럼 모니터링을 이용한 종료점 지정

(57) 요약

폴리싱을 제어하는 방법은 기판을 폴리싱하는 단계; 측정된 스펙트럼들의 시퀀스를 생성하기 위해, 폴리싱 동안 인-시튜 분광사진 모니터링 시스템으로 기판을 모니터링하는 단계; 선택된 스펙트럼들의 시퀀스를 생성하기 위해, 측정된 스펙트럼들의 전부보다 적게 선택하는 단계; 선택된 스펙트럼들의 시퀀스로부터 값들의 시퀀스를 생성하는 단계; 및 값들의 시퀀스에 기초하여 폴리싱 레이트에 대한 조절 또는 폴리싱 종료점 중 적어도 하나를 결정하는 단계를 포함한다.

대 표 도 - 도6

(72) 발명자

체리안, 벤자민

미국 95120 캘리포니아주 산 호세 칼 에스페란자
6090

오스터헬드, 토마스 에이치.

미국 94040 캘리포니아주 마운틴 뷰 바바라 애비뉴
1195

데이비드, 제프리 드류

미국 95125 캘리포니아주 산 호세 마르케스 애비뉴
2208

멘크, 그레고리 이.

미국 94566 캘리포니아주 플레젠투n 그린우드 로드
1833

스웨덱, 보구슬로 에이.

미국 95014 캘리포니아주 쿠퍼티노 에이 엘 프라도
웨이 10315

베네트, 도일 이.

미국 95051 캘리포니아주 산타 클라라 터레인 코트
3492

(56) 선행기술조사문현

JP2011082286 A

KR1020110090965 A
US20110081829 A1

US20120124589 A1

명세서

청구범위

청구항 1

폴리싱(polishing)을 제어하는 방법으로서,

기판을 폴리싱하는 단계;

측정된 스펙트럼들의 시퀀스(a sequence of measured spectra)를 생성하기 위해 폴리싱 동안 인-시튜 분광사진 모니터링 시스템(in-situ spectrographic monitoring system)으로 상기 기판을 모니터링하는 단계;

측정된 스펙트럼들의 시퀀스 내의 각각의 측정된 스펙트럼에 대해, 측정된 스펙트럼 내의 피쳐(feature)의 존재 또는 부재를 판정하는 것, 또는 측정된 스펙트럼들의 시퀀스로부터 사전 측정된 스펙트럼에 관한 상기 측정된 스펙트럼 내의 피쳐의 위치를 판정하는 것 중 적어도 하나에 기초하여 상기 측정된 스펙트럼을 선택된 스펙트럼으로서 포함시킬지 여부를 결정하여, 선택된 스펙트럼들의 시퀀스를 생성하는 데 있어 상기 측정된 스펙트럼들의 전부보다 더 적은 스펙트럼이 선택되도록 하는 단계;

상기 선택된 스펙트럼들의 시퀀스로부터 값들의 시퀀스(a sequence of values)를 생성하는 단계; 및

상기 값들의 시퀀스에 기초하여 폴리싱 레이트(polynomial rate)에 대한 조절 또는 폴리싱 종료점(polynomial endpoint) 중 적어도 하나를 결정하는 단계

를 포함하는 폴리싱 제어 방법.

청구항 2

폴리싱을 제어하는 방법으로서,

기판을 폴리싱하는 단계;

측정된 스펙트럼들의 시퀀스를 생성하기 위해 폴리싱 동안 인-시튜 분광사진 모니터링 시스템으로 상기 기판을 모니터링하는 단계;

상기 측정된 스펙트럼들의 시퀀스로부터의 각각의 측정된 스펙트럼에 대해, 상기 측정된 스펙트럼을 상기 측정된 스펙트럼이 소정의 선택 기준을 만족하는지 여부에 기초하여 복수의 그룹 중 하나의 그룹으로 분류하여, 상기 측정된 스펙트럼들의 시퀀스의 측정된 스펙트럼들이 상기 복수의 그룹 중 제1 그룹을 위한 제1 스펙트럼 시퀀스(a first sequence of spectra) 및 상기 복수의 그룹 중 제2 그룹을 위한 제2 스펙트럼 시퀀스를 생성하도록 하는 단계;

제1 알고리즘에 기초하여 상기 제1 스펙트럼 시퀀스로부터 제1 값 시퀀스(a first sequence of values)를 생성하는 단계;

상이한 제2 알고리즘에 기초하여 상기 제2 스펙트럼 시퀀스로부터 제2 값 시퀀스를 생성하는 단계; 및

상기 제1 값 시퀀스 및 상기 제2 값 시퀀스에 기초하여 폴리싱 레이트에 대한 조절 또는 폴리싱 종료점 중 적어도 하나를 결정하는 단계

를 포함하는 폴리싱 제어 방법.

청구항 3

명령어들을 포함하는 컴퓨터 프로그램을 기록한 컴퓨터 판독가능 기록 매체로서, 상기 명령어들은 프로세서로 하여금:

기판을 폴리싱하는 동안, 인-시튜 분광사진 모니터링 시스템(in-situ spectrographic monitoring system)으로부터 측정된 스펙트럼들의 시퀀스를 수신하고;

상기 측정된 스펙트럼들의 시퀀스 내의 각각의 측정된 스펙트럼에 대해, 상기 측정된 스펙트럼 내의 피쳐

(feature)의 존재 또는 부재를 판정하는 것, 또는 측정된 스펙트럼들의 시퀀스로부터 사전 측정된 스펙트럼에 관한 상기 측정된 스펙트럼 내의 피쳐의 위치를 판정하는 것 중 적어도 하나에 기초하여 상기 측정된 스펙트럼을 선택된 스펙트럼으로서 포함시킬지 여부를 결정하여, 선택된 스펙트럼들의 시퀀스를 생성하는 데 있어 상기 측정된 스펙트럼들의 전부보다 더 적은 스펙트럼이 선택되도록 하고;

상기 선택된 스펙트럼들의 시퀀스로부터 값들의 시퀀스(a sequence of values)를 생성하며; 그리고
상기 값들의 시퀀스에 기초하여 폴리싱 레이트(polishing rate)에 대한 조절 또는 폴리싱 종료점(polishing endpoint) 중 적어도 하나를 결정
하도록 하는, 컴퓨터 관독가능 기록 매체.

청구항 4

제3항에 있어서, 상기 측정된 스펙트럼을 선택된 스펙트럼으로서 포함시킬지 여부를 결정하는 명령어들은, 특정
파장 범위 내의 피크, 밸리 또는 변곡점의 존재 또는 부재를 판정하는 명령어들을 포함하는, 컴퓨터 관독가능
기록 매체.

청구항 5

제3항에 있어서, 상기 측정된 스펙트럼을 선택된 스펙트럼으로서 포함시킬지 여부를 결정하는 명령어들은, 특정
레벨을 초과하는 크기를 갖는 피크, 또는 특정 레벨 미만의 크기를 갖는 밸리의 존재 또는 부재를 결정하는 명
령어들을 포함하는, 컴퓨터 관독가능 기록 매체.

청구항 6

제3항에 있어서, 상기 측정된 스펙트럼을 선택된 스펙트럼으로서 포함시킬지 여부를 결정하는 명령어들은, 특정
범위 내의 파장 거리만큼 떨어진 피크들 또는 밸리들의 존재 또는 부재를 결정하는 명령어들을 포함하는, 컴퓨터
관독가능 기록 매체.

청구항 7

제3항에 있어서, 상기 측정된 스펙트럼을 선택된 스펙트럼으로서 포함시킬지 여부를 결정하는 명령어들은, 측정
된 스펙트럼의 피크 또는 밸리가 사전 측정된 스펙트럼에 관하여 미리 결정된 범위 내의 양만큼 시프트되었는지를
판정하는 명령어들을 포함하는, 컴퓨터 관독가능 기록 매체.

청구항 8

제3항에 있어서, 상기 측정된 스펙트럼을 선택된 스펙트럼으로서 포함시킬지 여부를 결정하는 명령어들은, 측정
된 스펙트럼의 복수의 피크 또는 밸리가 사전 측정된 스펙트럼에 대하여 동일 방향으로 시프트되었는지를 판정
하는 명령어들을 포함하는, 컴퓨터 관독가능 기록 매체.

청구항 9

명령어들을 포함하는 컴퓨터 프로그램을 기록한 컴퓨터 관독가능 기록 매체로서, 상기 명령어들은 프로세서로
하여금:

기판을 폴리싱하는 동안, 인-시튜 분광사진 모니터링 시스템(in-situ spectrographic monitoring system)으로
부터 측정된 스펙트럼들의 시퀀스를 수신하고;

상기 측정된 스펙트럼들의 시퀀스로부터의 각각의 측정된 스펙트럼에 대해, 상기 측정된 스펙트럼을 상기 측정
된 스펙트럼이 소정의 선택 기준을 만족하는지 여부에 기초하여 복수의 그룹 중 하나의 그룹으로 분류하여, 상
기 측정된 스펙트럼들의 시퀀스의 측정된 스펙트럼들이 상기 복수의 그룹 중 제1 그룹을 위한 제1 스펙트럼 시
퀀스 및 상기 복수의 그룹 중 제2 그룹을 위한 제2 스펙트럼 시퀀스를 생성하도록 하고;

제1 알고리즘에 기초하여 상기 제1 스펙트럼 시퀀스로부터 제1 값 시퀀스를 생성하고;

상이한 제2 알고리즘에 기초하여 상기 제2 스펙트럼 시퀀스로부터 제2 값 시퀀스를 생성하고;

상기 제1 값 시퀀스 및 상기 제2 값 시퀀스에 기초하여 폴리싱 레이트에 대한 조절 또는 폴리싱 종료점 중 적어

도 하나를 결정

하도록 하는, 컴퓨터 판독가능 기록 매체.

청구항 10

제9항에 있어서, 상기 측정된 스펙트럼을 상기 측정된 스펙트럼이 소정의 선택 기준을 만족하는지 여부에 기초하여 복수의 그룹 중 하나의 그룹으로 분류하는 명령어들은 상기 측정된 스펙트럼을 베이스라인 스펙트럼과 비교하는 명령어들을 포함하는, 컴퓨터 판독가능 기록 매체.

청구항 11

제9항에 있어서, 상기 측정된 스펙트럼을 상기 측정된 스펙트럼이 소정의 선택 기준을 만족하는지 여부에 기초하여 복수의 그룹 중 하나의 그룹으로 분류하는 명령어들은 상기 측정된 스펙트럼 내의 피쳐의 존재 또는 부재를 판정하는 명령어들을 포함하는, 컴퓨터 판독가능 기록 매체.

청구항 12

제9항에 있어서, 상기 제1 알고리즘은 상기 제1 그룹 내의 각각의 측정된 스펙트럼에 대하여, 기준 스펙트럼들의 라이브러리로부터 일치하는 기준 스펙트럼을 식별하는 명령어들을 포함하고, 상기 제2 알고리즘은 제2 그룹 내의 각각의 측정된 스펙트럼에 대하여, 스펙트럼 피쳐의 특성을 추적하는 명령어들을 포함하는, 컴퓨터 판독가능 기록 매체.

청구항 13

제9항에 있어서, 상기 제1 알고리즘은 제1 그룹 내의 각각의 측정된 스펙트럼에 대하여, 광학 모델을 측정된 스펙트럼에 피팅(fitting)하는 명령어들을 포함하고, 상기 제2 알고리즘은 제2 그룹 내의 각각의 측정된 스펙트럼에 대하여, 기준 스펙트럼들의 라이브러리로부터 일치하는 기준 스펙트럼을 식별하거나 스펙트럼 피쳐의 특성을 추적하는 명령어들을 포함하는, 컴퓨터 판독가능 기록 매체.

청구항 14

제9항에 있어서, 상기 제1 알고리즘은 상기 제1 그룹 내의 각각의 측정된 스펙트럼에 대하여, 제1 광학 모델을 상기 측정된 스펙트럼에 피팅하는 명령어들을 포함하고, 상기 제2 알고리즘은 상기 제2 그룹 내의 각각의 측정된 스펙트럼에 대하여, 상이한 제2 광학 모델을 상기 측정된 스펙트럼에 피팅하는 명령어들을 포함하는, 컴퓨터 판독가능 기록 매체.

청구항 15

삭제

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 명세서는 기판의 처리 동안의 광학 모니터링에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 집적 회로는 통상적으로 실리콘 웨이퍼 상에 전도체, 반도체 또는 절연체 층들을 순차적으로 퇴적(deposition)함으로써 기판 상에 형성된다. 다양한 제조 프로세스들은 기판 상의 층의 평탄화를 필요로 한다. 예를 들어, 특정 응용들, 예컨대 패터닝된 층의 트렌치 내에 비아, 플러그 및 라인을 형성하기 위한 금속 층의 폴리싱에 있어서는, 패터닝된 층의 최상부면이 노출될 때까지, 위에 놓인 층이 평탄화된다. 다른 응용들, 예컨대 포토리소그래피를 위한 유전체 층의 평탄화에서는, 아래에 놓인 층 위에 원하는 두께가 남을 때까지, 위에 놓인 층이 폴리싱된다.

[0003] 화학적 기계적 연마(chemical mechanical polishing; CMP)는 일반적으로 인정되는 평탄화 방법 중 하나이다. 이 평탄화 방법은 통상적으로 기판이 캐리어 또는 폴리싱 헤드 상에 탑재될 것을 요구한다. 기판의 노출된 표면은 통상적으로 회전 폴리싱 패드에 맞닿아 놓인다(placed against a rotating polishing pad). 캐리어 헤드

는 기판 상에 제어 가능한 로드를 제공하여, 기판을 폴리싱 패드 쪽으로 민다(push the substrate against the polishing pad). 통상적으로는, 연마 폴리싱 슬러리(abrasive polishing slurry)가 폴리싱 패드의 표면에 공급된다.

[0004] CMP에 있어서의 한가지 문제점은 폴리싱 프로세스가 완료되었는지의 여부, 즉 기판 충이 원하는 평탄도(flatness) 또는 두께로 평탄화되었는지의 여부, 또는 원하는 양의 재료가 제거된 시기를 판정하는 것이다. 슬러리 분포에서의 편차, 폴리싱 패드 상태, 폴리싱 패드와 기판 간의 상대 속도, 및 기판 상의 로드는 재료 제거율(material removal rate)에 편차를 유발할 수 있다. 이러한 편차와, 기판 충의 최초 두께에서의 편차는 폴리싱 종료점에 도달하는 데에 필요한 시간의 편차를 야기한다. 그러므로, 폴리싱 종료점을 단순히 폴리싱 시간의 함수로서 결정하는 것은 웨이퍼 내 비균일성(WIWNU: within-wafer non-uniformity) 및 웨이퍼 간 비균일성(WTWNU: wafer-to-wafer non-uniformity)을 야기할 수 있다.

[0005] 일부 시스템들에서, 기판은 폴리싱 동안 광학적으로 인-시튜(in-situ) 모니터링되는데, 예를 들어 폴리싱 패드 내의 원도우를 통해 모니터링된다. 그러나, 기존 광학 모니터링 기법들은 반도체 장치 제조자들의 증가하는 요구를 만족시키지 못할 수 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 일부 인-시튜 모니터링 프로세스들에서, 스펙트럼들의 시퀀스가 기판으로부터 측정된다. 그러나, 기판과 광빔 간의 상대적 움직임으로 인해, 시퀀스 내의 스펙트럼들은 기판 상의 상이한 위치들에서의 측정들로부터 온 것일 수 있다. 결과적으로, 모니터링 중인 기판이 패터닝된 기판이라면, 상이한 위치들은 상이한 층 스택들에 대응할 수 있고, 이는 상이한 스펙트럼들을 제공한다. 추가로, 개별 스펙트럼들은 상이한 층 스택들을 갖는 영역들로부터의 반사들의 조합의 결과일 수 있다. 이것은 폴리싱 종료점의 검출 또는 폴리싱 레이트의 제어를 어렵게 할 수 있다.

과제의 해결 수단

[0007] 그러나, 스펙트럼들은 다양한 피쳐들(features)에 기초하여 분류될 수 있고, 관심 대상인 스펙트럼들이 선택될 수 있고, 폴리싱 종료점 또는 폴리싱 레이트의 제어는 선택된 스펙트럼들에 기초할 수 있다.

[0008] 일 양태에서, 폴리싱을 제어하는 방법은 기판을 폴리싱하는 단계; 측정된 스펙트럼들의 시퀀스를 생성하기 위해, 폴리싱 동안 인-시튜 분광사진 모니터링 시스템(in-situ spectrographic monitoring system)으로 기판을 모니터링하는 단계; 선택된 스펙트럼들의 시퀀스를 생성하기 위해, 측정된 스펙트럼들의 전부보다 적게 선택하는 단계; 선택된 스펙트럼들의 시퀀스로부터 값들의 시퀀스를 생성하는 단계; 및 값들의 시퀀스에 기초하여 폴리싱 레이트를 위한 조절 또는 폴리싱 종료점 중 적어도 하나를 결정하는 단계를 포함한다.

[0009] 구현들은 이하의 특징들 중 하나 이상을 포함할 수 있다. 측정된 스펙트럼들의 전부보다 적게 선택하는 단계는, 측정된 스펙트럼들의 시퀀스로부터의 각각의 측정된 스펙트럼을 베이스라인 스펙트럼과 비교하는 단계를 포함할 수 있다. 베이스라인 스펙트럼은 경험적으로 결정되거나, 광학 모델로부터 계산되거나, 문헌으로부터 취해질 수 있다. 베이스라인 스펙트럼은 인-시튜 모니터링 시스템에 의해 생성된 측정 스포트보다 작은 측정 스포트을 생성하는 분광 사진 계측 시스템을 이용하여 경험적으로 결정될 수 있다. 비교하는 단계는 제곱합 차이(sum-of-squares difference), 절대차들의 합(sum of absolute differences), 또는 각각의 측정된 스펙트럼과 베이스라인 스펙트럼 간의 교차 상관을 계산하는 단계를 포함할 수 있다. 측정된 스펙트럼들의 전부보다 적게 선택하는 단계는, 측정된 스펙트럼 내의 피쳐의 존재 또는 부재를 판정하는 단계를 포함할 수 있다. 피쳐는 특정 파장 범위 내의 피크, 밸리 또는 변곡점일 수 있다. 피쳐는 특정 레벨을 초과하는 크기를 갖는 피크, 또는 특정 레벨 미만의 크기를 갖는 밸리를 포함한다. 피쳐는 특정 범위 내의 파장 거리만큼 떨어진 피크들 또는 밸리들일 수 있다. 측정된 스펙트럼들의 전부보다 적게 선택하는 단계는, 시퀀스로부터의 사전 측정된 스펙트럼에 관한 피쳐의 존재 또는 부재를 판정하는 단계를 포함할 수 있다. 선택하는 단계는 측정된 스펙트럼의 피크 또는 밸리가 사전 측정된 스펙트럼에 관하여 미리 결정된 범위 내의 양만큼 시프트되었는지를 판정하는 단계를 포함할 수 있다. 선택하는 단계는 측정된 스펙트럼의 복수의 피크 또는 밸리가 사전 측정된 스펙트럼에 대하여 동일 방향으로 시프트되었는지를 판정하는 단계를 포함할 수 있다. 측정된 스펙트럼들의 전부보다 적게 선택하는 단계는, 다이 내에서의 측정의 위치를 계산하는 단계를 포함할 수 있다. 측정된 스펙트럼들의 전부보다 적게 선택하는 단계는, 측정의 위치가 다이 내의 미리 결정된 영역 내에 있는지를 판정하는 단계를 포함할 수 있

다.

[0010] 다른 양태에서, 폴리싱을 제어하는 방법은 기판을 폴리싱하는 단계; 측정된 스펙트럼들의 시퀀스를 생성하기 위해, 폴리싱 동안 인-시튜 분광사진 모니터링 시스템으로 기판을 모니터링하는 단계; 측정된 스펙트럼들을 측정된 스펙트럼들에 기초하여 복수의 그룹으로 분류하여, 복수의 그룹 중 제1 그룹을 위한 제1 스펙트럼 시퀀스 및 복수의 그룹 중 제2 그룹을 위한 제2 스펙트럼 시퀀스를 생성하는 단계; 제1 알고리즘에 기초하여 제1 스펙트럼 시퀀스로부터 제1 값 시퀀스를 생성하는 단계; 상이한 제2 알고리즘에 기초하여 제2 스펙트럼 시퀀스로부터 제2 값 시퀀스를 생성하는 단계; 및 제1 값 시퀀스 및 제2 값 시퀀스에 기초하여 폴리싱 레이트에 대한 조절 또는 폴리싱 종료점 중 적어도 하나를 결정하는 단계를 포함한다.

[0011] 구현들은 이하의 특징들 중 하나 이상을 포함할 수 있다. 측정된 스펙트럼들을 분류하는 단계는 각각의 측정된 스펙트럼을 베이스라인 스펙트럼에 대해 비교하는 단계를 포함할 수 있다. 측정된 스펙트럼들을 분류하는 단계는 각각의 스펙트럼 내의 피쳐의 존재 또는 부재를 판정하는 단계를 포함할 수 있다. 제1 알고리즘은 제1 그룹 내의 각각의 측정된 스펙트럼에 대하여, 기준 스펙트럼들의 라이브러리로부터 일치하는 기준 스펙트럼을 식별하는 것을 포함할 수 있고, 제2 알고리즘은 제2 그룹 내의 각각의 측정된 스펙트럼에 대하여, 스펙트럼 피쳐의 특성을 추적하는 것을 포함할 수 있다. 제1 알고리즘은 제1 그룹 내의 각각의 측정된 스펙트럼에 대하여, 광학 모델을 측정된 스펙트럼에 피팅(fitting)하는 것을 포함할 수 있고, 제2 알고리즘은 제2 그룹 내의 측정된 스펙트럼들에 대하여, 기준 스펙트럼들의 라이브러리로부터 일치하는 기준 스펙트럼을 식별하거나 스펙트럼 피쳐의 특성을 추적하는 것을 포함할 수 있다. 제1 알고리즘은 제1 그룹 내의 각각의 측정된 스펙트럼에 대하여, 제1 광학 모델을 측정된 스펙트럼에 피팅하는 것을 포함할 수 있고, 제2 알고리즘은 제2 그룹 내의 각각의 측정된 스펙트럼에 대하여, 상이한 제2 광학 모델을 측정된 스펙트럼에 피팅하는 것을 포함할 수 있다.

[0012] 다른 양태에서, 머신 판독가능한 저장 장치 내에 유형으로(tangibly) 구현되는 비일시적(non-transitory) 컴퓨터 프로그램 제품은 방법을 수행하기 위한 명령어들을 포함한다.

발명의 효과

[0013] 구현들은 이하의 이점들 중 하나 이상을 선택적으로 포함할 수 있다. 원하는 폴리싱 종료점을 검출하기 위한 종료점 시스템의 신뢰성이 개선될 수 있고, 웨이퍼-내 및 웨이퍼-간 두께 비균일성(WIWNU 및 WTWNU) 감소될 수 있다.

[0014] 하나 이상의 구현의 상세가 이하의 첨부 도면 및 설명에 제시된다. 다른 양태, 특징 및 이점은 설명 및 도면으로부터, 그리고 청구항들로부터 명백할 것이다.

도면의 간단한 설명

[0015] 도 1은 폴리싱 장치의 일례의 개략적 단면도를 도시한다.

도 2는 기판 상에서의 스펙트럼 측정들의 시퀀스의 경로를 도시한다.

도 3은 인-시튜 광학 모니터링 시스템으로부터의 측정된 스펙트럼을 도시한다.

도 4는 인-시튜 광학 모니터링 시스템에 의해 생성된 값들의 시퀀스를 도시한다.

도 5는 값들의 시퀀스 중 적어도 일부에 피팅되는 함수를 도시한다.

도 6은 폴리싱 동작을 제어하기 위한 예시적인 프로세스의 흐름도이다.

다양한 도면들 내의 유사한 참조 번호 및 명칭은 유사한 구성요소를 나타낸다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0016] 도 1은 폴리싱 장치(100)의 일례를 도시한다. 폴리싱 장치(100)는 폴리싱 패드(110)가 놓이는 회전식 디스크 형상의 플래튼(platen)(120)을 포함한다. 플래튼은 축(125)에 관하여 회전하도록 동작가능하다. 예를 들어, 모터(121)는 플래튼(120)을 회전시키기 위해 구동 축(124)을 돌릴 수 있다. 폴리싱 패드(110)는 외측 폴리싱 층(112) 및 더 연성인 후면층(backing layer)(114)을 갖는 2층 폴리싱 패드일 수 있다.

[0017] 폴리싱 장치(100)는 슬러리와 같은 폴리싱 액체(132)를 폴리싱 패드(110) 상에 제공(dispense)하기 위한 패드를 향한 포트(130)를 포함할 수 있다. 폴리싱 장치는 또한 폴리싱 패드(110)를 일관된 연마 상태로 유지하기 위해

폴리싱 패드(110)를 연삭하기 위한 폴리싱 패드 컨디셔너를 포함할 수 있다.

[0018] 폴리싱 장치(100)는 적어도 하나의 캐리어 헤드(140)를 포함한다. 캐리어 헤드(140)는 기판(10)을 폴리싱 패드(110)에 대고 홀딩(hold against)하도록 동작할 수 있다. 캐리어 헤드(140)는 각각의 개별 기판에 연관된 폴리싱 파라미터들, 예를 들어 압력의 독립적인 제어를 가질 수 있다.

[0019] 특히, 캐리어 헤드(140)는 가요성 멤브레인(144) 아래에 기판(10)을 유지하기 위해 리테이닝 링(retaining ring)(142)을 포함할 수 있다. 캐리어 헤드(140)는 또한 멤브레인에 의해 정의되는 복수의 독립적으로 제어가 가능한 가압 챔버, 예를 들어 3개의 챔버(146a-146c)를 포함하는데, 이것은 가요성 멤브레인(144) 상의, 그리고 그에 따른 기판(10) 상의 관련 구역들에 독립적으로 제어가능한 압력들을 인가할 수 있다. 도시의 편의를 위해, 도 1에는 3개의 챔버만이 도시되어 있지만, 1개 또는 2개의 챔버, 또는 4개 이상의 챔버, 예를 들어 5개의 챔버가 있을 수 있다.

[0020] 캐리어 헤드(140)는 지지 구조물(150), 예를 들어 캐러셀(carousel) 또는 트랙에 매달려서, 구동 축(152)에 의해 캐리어 헤드 회전 모터(154)에 접속되므로, 캐리어 헤드는 축(155)에 대하여 회전할 수 있다. 선택적으로, 캐리어 헤드(140)는 횡방향으로, 예를 들어 캐러셀(150) 또는 트랙 상의 슬라이더 상에서, 또는 캐러셀 자체의 회전 진동에 의해 진동할 수 있다. 동작 시에, 플래튼은 그것의 중심 축(125)에 대하여 회전되며, 캐리어 헤드는 그것의 중심 축(155)에 대하여 회전되고, 폴리싱 패드의 최상부면을 가로질러 횡방향으로 병진된다.

[0021] 하나의 캐리어 헤드(140)만이 도시되어 있지만, 폴리싱 패드(110)의 표면적이 효율적으로 사용될 수 있도록 추가의 기판들을 홀딩하기 위해, 더 많은 캐리어 헤드가 제공될 수 있다.

[0022] 폴리싱 장치는 또한 인-시튜 모니터링 시스템(160)을 포함한다. 인-시튜 모니터링 시스템은 기판 상의 층의 두께에 의존하는 값들의 시변 시퀀스를 생성한다.

[0023] 인-시튜 모니터링 시스템(160)은 광학 모니터링 시스템이다. 특히, 인-시튜 모니터링 시스템(160)은 폴리싱 동안 기판으로부터 반사된 광의 스펙트럼들의 시퀀스를 측정한다.

[0024] 폴리싱 패드를 통한 광학 액세스(108)는 애퍼처(즉, 패드를 통하여 이어지는 구멍) 또는 솔리드 윈도우(solid window)(118)를 포함하는 것에 의해 제공될 수 있다. 솔리드 윈도우(118)는 예를 들어 폴리싱 패드 내의 애퍼처를 채우는 플러그로서 폴리싱 패드(110)에 고정될 수 있지만(예를 들어 폴리싱 패드에 몰딩되거나 접착제로 고정됨), 일부 구현들에서, 솔리드 윈도우는 플래튼(120) 상에 지지되고 폴리싱 패드 내의 애퍼처 내로 돌출할 수 있다.

[0025] 광학 모니터링 시스템(160)은 광원(162), 광 검출기(164), 및 원격 제어기(190)(예를 들어, 컴퓨터)와 광원(162) 및 광 검출기(164) 사이에서 신호를 송수신하기 위한 회로망(166)을 포함할 수 있다. 광원(162)으로부터의 광을 폴리싱 패드 내의 광학 액세스에 보내고 기판(10)으로부터 반사된 광을 검출기(164)에 보내기 위해, 하나 이상의 광 섬유가 이용될 수 있다. 예를 들어, 광원(162)으로부터의 광을 기판(10)에 보내고 다시 검출기(164)로 보내기 위해, 두 갈래로 나누어진 광섬유(bifurcated optical fiber)(170)가 이용될 수 있다. 두 갈래로 나누어진 광섬유는 광학 액세스에 근접하여 위치된 트렁크(172), 및 광원(162) 및 검출기(164)에 각각 접속된 2개의 브랜치(174 및 176)를 포함할 수 있다.

[0026] 일부 구현들에서, 플래튼의 최상부면은 두 갈래로 나누어진 섬유의 트렁크(172)의 한 단부를 홀딩하는 광학 헤드(168)가 들어맞는 리세스(128)를 포함할 수 있다. 광학 헤드(168)는 트렁크(172)의 최상부와 솔리드 윈도우(118) 사이의 수직 거리를 조절하기 위한 메커니즘을 포함할 수 있다.

[0027] 회로망(166)의 출력은 구동 축(124) 내의 로터리 커플러(rotary coupler)(129), 예를 들어 슬립 링(slip ring)을 통해 광학 모니터링 시스템을 위한 제어기(190)로 가는 디지털 전자 신호일 수 있다. 마찬가지로, 광원은 제어기(190)로부터 로터리 커플러(129)를 지나 광학 모니터링 시스템(160)으로 가는 디지털 전자 신호 내의 제어 커맨드들에 응답하여 턴온 또는 턴오프될 수 있다. 대안적으로, 회로망(166)은 무선 신호로 제어기(190)와 통신할 수 있다.

[0028] 광원(162)은 자외선(UV), 가시광 또는 근적외선(NIR) 광을 방출하도록 동작할 수 있다. 광 검출기(164)는 분광계일 수 있다. 분광계는 전자기 스펙트럼의 일부분에 걸쳐 광의 강도를 측정하기 위한 광학 기구이다. 적절한 분광계는 격자 분광계이다. 분광계를 위한 통상적인 출력은 광장(또는 주파수)의 함수로서의 광의 강도이다. 도 2는 광장의 함수로서의 강도를 갖는 측정된 스펙트럼(200)의 예시를 도시한다.

[0029] 위에서 언급된 바와 같이, 광원(162) 및 광 검출기(164)는 그들의 동작을 제어하고 그들의 신호를 수신하도록

동작가능한 컴퓨팅 장치, 예를 들어 제어기(190)에 접속될 수 있다. 컴퓨팅 장치는 폴리싱 장치 부근에 놓이는 마이크로프로세서를 포함할 수 있다. 예를 들어, 컴퓨팅 장치는 프로그램가능한 컴퓨터일 수 있다. 제어에 관련하여, 컴퓨팅 장치는 예를 들어 광원의 기동을 플래튼(120)의 회전과 동기화할 수 있다. 디스플레이(192)(예를 들어, LED 스크린) 및 사용자 입력 장치(194)(예를 들어, 키보드 및/또는 마우스)는 제어기(190)에 접속될 수 있다.

[0030] 동작 시에, 제어기(190)는 예를 들어 광원의 특정 섬광 또는 검출기의 시간 프레임에 대해 광 검출기에 의해 수신된 광의 스펙트럼을 기술하는 정보를 반송하는 신호를 수신할 수 있다. 따라서, 이 스펙트럼은 폴리싱 동안 인-시튜 측정된 스펙트럼이다.

[0031] 임의의 특정한 이론에 한정되지 않고, 기판(10)으로부터 반사된 광의 스펙트럼은 최외측 층의 두께에서의 변화로 인해, 폴리싱이 진행함에 따라 점진적으로 변화하며, 따라서 시변 스펙트럼들의 시퀀스를 산출해낸다.

[0032] 광학 모니터링 시스템(160)은 측정 주파수에서 측정된 스펙트럼들의 시퀀스를 생성하도록 구성된다. 기판(10)과 광학 액세스(108) 간의 상대적 움직임은, 시퀀스 내의 스펙트럼들이 기판(10) 상의 상이한 위치들에서 측정되게 한다. 일부 구현들에서, 광원(162)에 의해 발생된 광빔은 플래튼(120)과 함께 회전하는(도 3에서 화살표 R에 의해 도시됨) 지점으로부터 나온다. 도 3에 도시된 바와 같이, 그러한 구현에서, 기판(10)과 광학 액세스(108) 간의 상대적 움직임은, 기판(10)을 가로지르는 경로 내의 위치들(300)에서 스펙트럼들이 측정되게 할 수 있다.

[0033] 일부 구현들에서, 플래튼의 회전마다 단 하나의 스펙트럼이 측정된다. 추가로, 일부 구현들에서, 광빔의 방출 지점은 정지되어 있고, 광학 액세스(108)가 광빔과 정렬될 때에만 측정이 행해진다.

[0034] 이하에 논의되는 바와 같이, 시퀀스의 스펙트럼들은 종료점 검출 또는 프로세스 제어에서 이용할 스펙트럼들 중 일부를 선택하는 선택 프로세스를 거친다. 일반적으로, 기판을 가로지르는 광학 액세스(108)의 단일 스윕(single sweep)에서 측정된 스펙트럼들 중에서 하나 이상이지만 전부보다는 적은 스펙트럼이 선택된다. 둘 이상의 스펙트럼이 선택되는 경우, 선택된 스펙트럼들이 결합되어, 이후에 종료점 검출 또는 프로세스 제어 알고리즘에서 이용되는 스펙트럼을 제공할 수 있다.

[0035] 모니터링 중인 기판이 패터닝된 기판이라면, 기판 상의 상이한 위치들은 상이한 층 스택들에 대응할 수 있다. 상이한 층 스택들은 위에 놓인 층의 두께의 함수로서 상이한 스펙트럼들을 제공할 것으로 예상되는데, 예를 들면 동일 두께의 위에 놓인 층에 대해서도, 결과적인 스펙트럼들은 상이할 수 있다. 추가로, 개별 스펙트럼들은 상이한 층 스택들을 갖는 영역들로부터의 반사들의 조합의 결과일 수 있다.

[0036] 그들의 상이한 형상으로 인해, 패터닝된 기판의 상이한 영역들로부터의 스펙트럼들의 이용은 종료점 결정에 어려움을 도입할 수 있다. 추가로, 반도체 장치 제조자는 제조 중인 상이한 장치들에 대해 상이한 사양들을 가질 수 있다. 예를 들어, 일부 장치들에 대해서는 제조자가 트렌치 영역 내에서 위에 놓인 층의 두께를 모니터링하기를 원할 수 있는 반면에, 다른 장치들에 대해서는 제조자가 조밀한 피쳐들을 갖는 영역 내에서 위에 놓인 층의 두께를 모니터링하기를 원할 수 있다.

[0037] 이를 처리하기 위해, 측정된 스펙트럼들은 다양한 피쳐들에 기초하여 분류될 수 있고, 관심 대상인 스펙트럼들이 선택될 수 있고, 폴리싱 종료점 또는 폴리싱 레이트들의 제어는 선택된 스펙트럼들에 기초할 수 있다. 일반적으로, 이것은 폴리싱 종료점 또는 폴리싱 레이트들의 제어가 기판의 원하는 영역들로부터의 스펙트럼들에 기초하여 수행될 수 있게 한다. 추가로, 스펙트럼들을 분류 및 선택함으로써, 더 정확한 종료점 지정 또는 폴리싱 균일성이 달성될 수 있다.

[0038] 분류는 이하의 기법들 중 임의의 것을 포함할 수 있다.

[0039] 1) 측정된 스펙트럼을 베이스라인 스펙트럼에 대해 비교

[0040] 폴리싱된 또는 폴리싱되지 않은 기판 상의 특정 영역의 베이스라인 스펙트럼이 결정될 수 있다. 기판의 특정 영역은 스크라이브 라인, 접촉 패드, (다이의 다른 부분들에 비해) 비교적 높은 밀도의 피쳐들을 갖는 다이의 부분, 또는 (다이의 다른 부분들에 비해) 비교적 낮은 밀도의 피쳐들을 갖는 다이의 부분에 대응할 수 있다.

[0041] 베이스라인 스펙트럼은 경험적으로, 즉 인-시튜 모니터링 시스템(160)보다 더 정밀한 스펙트럼 측정의 위치 제어(positioning)를 제공하는 계측 시스템을 이용하여, 예를 들어 독립형 계측 시스템을 이용하여 특정 영역으로부터의 스펙트럼을 측정하는 것에 의해 결정될 수 있다. 독립형 계측 시스템은 인-시튜 모니터링 시스템(160)에 의해 측정되는 스폿보다 작은 기판 상의 스폿을 측정할 수 있는데, 예를 들어, 독립형 계측 시스템은 인-시

튜 모니터링 시스템(160)의 광 범보다 작은 직경을 갖는 광 범을 이용할 수 있다.

[0042] 대안적으로, 폴리싱된 또는 폴리싱되지 않은 기판의 특정 영역의 베이스라인 스펙트럼은 예를 들어 미국 출원 제13/096,777호에 기재된 것과 같은 광학 모델에 기초하여 계산될 수 있는데, 이 특허의 전체 개시 내용이 참조되어 본 명세서에 포함된다. 광학 모델은 스택 내의 각 층의 두께, 굴절률 및 흡광 계수(coefficient of extinction)를 포함할 수 있다. 또한, 광학 모델은 예를 들어 상이한 층 스택들로부터의 반사의 조합으로 인한, 복수의 상이한 층 스택들 위에 놓인 영역으로부터의 효과를 포함할 수 있다. 이 경우, 광학 모델은 다이 내의 피쳐들의 레이아웃 및/또는 기판 상의 다이의 레이아웃에 관한 지식에 기초할 수 있다. 광학 모델은 또한 예를 들어 미국 출원 제13/456,035호에 기재된 것과 같은 다이 내의 피쳐들의 회절 효과들을 포함할 수 있는데, 이 특허의 전체 개시 내용이 참조되어 본 명세서에 포함된다.

[0043] 대안적으로, 베이스라인 스펙트럼은 문헌으로부터 결정될 수 있다.

[0044] 각각의 측정된 스펙트럼은 베이스라인 스펙트럼에 대해 비교된다. 베이스라인 스펙트럼으로부터 임계량보다 적게 차이가 나는 측정된 스펙트럼이 선택될 수 있다. 측정된 스펙트럼을 베이스라인 스펙트럼에 대해 비교하는 것은 제곱합 차이, 절대차들의 합, 또는 교차 상관일 수 있다. 제곱합 또는 절대차들의 합의 경우에서, 제어기는 전체 차이가 임계값 미만인 스펙트럼을 선택할 수 있고; 교차 상관의 경우에서, 제어기는 임계값을 초과하는 상관 관계를 갖는 스펙트럼을 선택할 수 있다.

2) 측정된 스펙트럼 내의 특정 피쳐들의 분석

[0045] 측정된 스펙트럼은 다양한 피쳐들의 존재 또는 부재에 관하여 분석될 수 있다. 예를 들어, 스펙트럼들은 특정 파장 범위 내의 피크, 밸리 또는 변곡점의 존재 또는 부재의 검출에 기초하여 선택될 수 있다. 특정 파장 범위는 모니터링 알고리즘 내에서 측정 및/또는 이용되는 파장 범위의 (전체보다 적은) 부분집합이다. 다른 예로서, 스펙트럼들은 특정 레벨을 초과하는 크기를 갖는 피크, 또는 특정 레벨 미만의 크기를 갖는 밸리의 존재 또는 부재의 검출에 기초하여 선택될 수 있다. 다른 예로서, 스펙트럼들은 특정 범위 내의 폭을 갖는 피크 또는 밸리의 존재 또는 부재에 기초하여 선택될 수 있다. 다른 예로서, 스펙트럼들은 특정 범위 내의 파장 거리만큼 떨어진 피크들 또는 밸리들의 존재 또는 부재의 검출에 기초하여 선택될 수 있다.

[0046] 다양한 피쳐들의 존재 또는 부재에 기초하여 스펙트럼들을 선택하기 위한 기준은 계산, 경험적 관측 또는 문헌으로부터의 지식에 기초할 수 있다.

3) 측정된 스펙트럼을 시퀀스로부터의 사전 측정된 스펙트럼에 관하여 분석

[0047] 측정된 스펙트럼은 시퀀스로부터의 사전 측정된 스펙트럼에 관한 다양한 피쳐들의 존재 또는 부재에 관하여 분석될 수 있다. 예를 들어, 스펙트럼들은 측정된 스펙트럼의 피크 또는 밸리가 사전 측정된 스펙트럼에 관하여 미리 결정된 범위 내의 양만큼 시프트되었다는 검출에 기초하여 선택될 수 있다. 다른 예로서, 스펙트럼들은 복수의 피크 또는 밸리가 사전 측정된 스펙트럼에 관하여 동일 방향으로 시프트되었다는 검출에 기초하여 선택될 수 있다.

[0048] 사전 측정된 스펙트럼에 대한 변경들에 기초하여 스펙트럼들을 선택하기 위한 기준은 계산, 경험적 관측 또는 문헌으로부터의 지식에 기초할 수 있다.

4) 다이 내의 스펙트럼 측정의 위치의 분석

[0049] 예를 들어, 참조에 의해 포함되는 미국 특허 출원 제13/552,377호에 기재된 바와 같이, 기판의 각도 위치가 결정될 수 있는 경우, 다이 내에서의 측정의 상대적 위치가 계산될 수 있다. 스펙트럼들은 다이 내에서의 그들의 계산된 측정 위치에 기초하여 선택될 수 있다.

[0050] 측정된 스펙트럼은, 스펙트럼이 선택되었는지를 판정하기 전에 수정될 수 있다. 예를 들어, 더 작은 범 직경을 갖는 분광계에 의해 행해진 측정과 같은 오프라인 측정에 기초하여, 또는 공공 영역 또는 문헌 내의 측정 또는 다른 유형의 분광계에 의한 측정에 기초하여, 스펙트럼 피쳐들이 측정된 스펙트럼으로부터 제거될 수 있다. 하나 이상의 배경 스펙트럼이 측정된 스펙트럼으로부터 감산될 수 있다. 각각의 배경 스펙트럼은 더 작은 범 직경을 갖는 분광계에 의해 행해진 측정과 같은 오프라인 측정에 기초하거나, 공공 영역 또는 문헌 내의 측정 또는 다른 유형의 분광계에 의한 측정에 기초할 수 있다.

[0051] 측정된 스펙트럼이 선택되었다면, 스펙트럼으로부터의 값을 생성하기 위해 모니터링 기법이 이용될 수 있다. 한편, 선택되지 않은 스펙트럼들은 값을 생성하는 데에 이용되지 않으며, 따라서 종료점 또는 프로세스 제어

계산으로부터 배제된다. 선택된 스펙트럼을 값으로 변환하기 위해 다양한 모니터링 기법들이 이용될 수 있다.

[0055] 하나의 모니터링 기법은 각각의 측정된 스펙트럼에 대하여, 기준 스펙트럼들의 라이브러리로부터 일치하는 기준 스펙트럼을 식별하는 것이다. 라이브러리 내의 각각의 기준 스펙트럼은 관련된 특성화 값(associated characterizing value), 예를 들어 두께값, 또는 기준 스펙트럼이 발생할 것으로 예상되는 플래튼 회전의 시간 또는 횟수를 나타내는 지수값을 가질 수 있다. 각각의 일치하는 기준 스펙트럼에 대한 관련된 특성화 값을 결정함으로써, 특성화 값들의 시변 시퀀스가 생성될 수 있다. 이러한 기법은 참조에 의해 포함되는 미국 특허 공개 제2010-0217430호에 기술되어 있다. 다른 모니터링 기법은 측정된 스펙트럼들로부터의 스펙트럼 피쳐의 특성, 예를 들어 측정된 스펙트럼들 내의 피크 또는 밸리의 파장 또는 폭을 추적하는 것이다. 측정된 스펙트럼들로부터의 피쳐의 파장 또는 폭 값들은 값들의 시변 시퀀스를 제공한다. 이러한 기법은 참조에 의해 포함되는 미국 특허 공개 제2011-0256805호에 기술되어 있다. 다른 모니터링 기법은 측정된 스펙트럼들의 시퀀스로부터의 각각의 측정된 스펙트럼에 대해 광학 모델을 피팅하는 것이다. 특히, 광학 모델의 파라미터는 측정된 스펙트럼에 대한 모델의 최상의 피팅을 제공하도록 최적화된다. 각각의 측정된 스펙트럼에 대해 생성된 파라미터 값은 파라미터 값들의 시변 시퀀스를 생성한다. 이러한 기법은 참조에 의해 포함되며, 2012년 3월 8일에 출원된 미국 특허 출원 제61/608,284호에 기술되어 있다. 다른 모니터링 기법은 각각의 측정된 스펙트럼의 퓨리에 변환을 수행하여, 변환된 스펙트럼들의 시퀀스를 생성하는 것이다. 변환된 스펙트럼으로부터의 피크들 중 하나의 위치가 측정된다. 각각의 측정된 스펙트럼에 대해 생성된 위치 값은 시변 시퀀스 위치 값들을 생성한다. 이러한 기법은 참조에 의해 포함되며, 2012년 4월 23일에 출원된 미국 특허 출원 제13/454,002호에 기술되어 있다.

[0056] 기판의 단일 구역에 대한 결과만을 도시하는 도 4를 참조하면, 값들(212)의 시변 시퀀스가 도시되어 있다. 이러한 값들의 시퀀스는 트레이스(210)라고 지칭될 수 있다. 일반적으로, 회전 플래튼을 갖는 폴리싱 시스템에 대하여, 트레이스(210)는 기판 아래에서의 광학 모니터링 시스템의 센서의 스윕 당 하나(예를 들어, 정확하게 하나)의 값을 포함할 수 있다. 기판 상의 복수의 구역이 모니터링되고 있는 경우, 구역마다 스윕 당 하나의 값이 있을 수 있다. 구역 내의 복수의 측정은 종료점 및/또는 압력의 제어를 위해 이용되는 단일 값을 생성하도록 결합될 수 있다. 그러나, 센서의 스윕 당 하나보다 많은 값이 생성되는 것도 가능하다.

[0057] 폴리싱 동작의 개시 전에, 사용자 또는 장비 제조자는 값들(212)의 시변 시퀀스에 피팅될 함수(214)를 정의할 수 있다. 예를 들어, 함수는 다항식 함수, 예를 들어 선형 함수일 수 있다. 특히, 제어기(190)는 디스플레이(192) 상에 그래픽 사용자 인터페이스를 디스플레이할 수 있고, 사용자는 사용자 입력 디바이스(194)로 사용자 입력 함수(214)를 입력할 수 있다.

[0058] 도 5에 도시된 바와 같이, 함수(214)는 값들(212)의 시퀀스에 피팅된다. 일반화된 함수들을 데이터에 피팅하기 위한 복수의 기법이 존재한다. 다항식들과 같은 선형 함수들에 대하여, 일반적인 선형 최소 제곱법이 이용될 수 있다.

[0059] 선택적으로, 함수(214)는 시간 TC 후에 수집되는 값들에 피팅될 수 있다. 시간 TC 전에 수집되는 값들은 함수를 값들의 시퀀스에 피팅할 때에는 무시될 수 있다. 예를 들어, 이것은 폴리싱 프로세스에서 조기에 발생할 수 있는 측정된 스펙트럼 내의 잡음의 제거에 도움이 될 수 있거나, 다른 층의 폴리싱 동안 측정된 스펙트럼들을 제거할 수 있다. 폴리싱은 함수(214)가 목표값 TT와 동일해지는 종료점 시간 TE에서 중지될 수 있다.

[0060] 도 6은 제품 기판을 폴리싱하는 방법(700)의 흐름도를 보여준다. 제품 기판이 폴리싱되고(단계(702)), 값들의 시퀀스는 인-시튜 광학 모니터링 시스템에 의해 생성된다(단계(704)). 예를 들어, 인-시튜 모니터링 시스템은 스펙트럼들의 시퀀스를 수집할 수 있고(단계(706a)), 예를 들어 위에서 설명된 기법들 중 임의의 것을 이용하여 시퀀스로부터의 스펙트럼들이 선택되고(단계(706b)), 예를 들어 역시 위에서 설명된 기법들 중 임의의 것을 이용하여, 값들의 시퀀스가 선택된 스펙트럼들의 시퀀스로부터 추출된다(단계(706c)). 사용자 정의된 함수는 값들의 시퀀스에 피팅된다(단계(708)).

[0061] 사용자 정의된 함수가 목표값과 동일해지는 시간이 계산될 수 있다. 폴리싱은 사용자 정의된 함수가 목표값과 동일해지는 시간에서 중지될 수 있다(단계(710)). 예를 들어, 종료점 파라미터로서의 두께의 맥락에서, 사용자 정의된 함수가 목표 두께와 동일해지는 시간이 계산될 수 있다. 목표 두께 TT는 폴리싱 동작 전에 사용자에 의해 설정되어 저장될 수 있다. 대안적으로, 제거할 목표량은 사용자에 의해 설정될 수 있고, 목표 두께 TT는 제거할 목표량으로부터 계산될 수 있다(도 5 참조).

- [0062] 다른 구현에서, 측정된 스펙트럼들은 복수의 그룹으로 분류된다. 상이한 그룹들은 다이 내의 상이한 영역들, 예를 들어, 스크라이브 라인, 접촉 패드, 고밀도의 피쳐들을 갖는 영역, 또는 저밀도의 피쳐들을 갖는 영역을 나타낼 수 있다. 측정된 스펙트럼은 복수의 그룹 중 단일 그룹에 할당될 수 있다.
- [0063] 분류는 위에서 설명된 선택 절차들 중 임의의 것을 이용하여, 일련의 선택 단계들에 의해 수행될 수 있다. 일부 구현들에서, 제어기는 측정된 스펙트럼이 제1 선택 기준을 충족하는지를 판정할 수 있다. 측정된 스펙트럼이 제1 선택 기준을 충족하는 경우, 측정된 스펙트럼은 제1 그룹에 할당된다. 측정된 스펙트럼이 제1 선택 기준을 충족하지 않는 경우, 제어기는 측정된 스펙트럼이 제2 선택 기준을 충족하는지를 판정할 수 있다. 측정된 스펙트럼이 제2 선택 기준을 충족하는 경우, 측정된 스펙트럼은 제2 그룹에 할당된다.
- [0064] 예를 들어, 제어기는 측정된 스펙트럼을 제1 베이스라인 스펙트럼과 비교할 수 있다. 측정된 스펙트럼이 제1 베이스라인 스펙트럼으로부터 임계량보다 적게 차이가 나는 경우, 그 측정된 스펙트럼은 제1 그룹에 할당될 수 있다. 측정된 스펙트럼이 제1 베이스라인 스펙트럼과 충분히 유사하지 않은 경우, 측정된 스펙트럼은 상이한 제2 베이스라인 스펙트럼에 대해 비교될 수 있다. 측정된 스펙트럼이 제2 베이스라인 스펙트럼으로부터 임계량 보다 적게 차이가 나는 경우, 그 측정된 스펙트럼은 제2 그룹에 할당될 수 있다. 그러나, 선택 절차들의 다수의 다른 조합들이 가능한데, 예를 들면, 측정된 스펙트럼을 베이스라인 스펙트럼에 대해 비교한 후, 측정된 스펙트럼 내의 특정 피쳐들을 분석하는 것, 또는 그 역; 측정된 스펙트럼 내의 제1 피쳐의 존재 또는 부재를 판정한 후, 측정된 스펙트럼 내의 상이한 제2 피쳐의 존재 또는 부재를 판정하는 것; 측정된 스펙트럼을 시퀀스로부터의 사전 측정된 스펙트럼에 대해 분석한 후, 측정된 스펙트럼을 베이스라인 스펙트럼에 대해 비교하거나 측정된 스펙트럼의 다양한 피쳐들 내의 특정 피쳐들을 분석하는 것, 또는 그 역이 가능하다. 측정된 스펙트럼들을 그룹들로 분류하기 위한 선택 기법들의 다른 조합들도 가능하다.
- [0065] 측정된 스펙트럼들의 상이한 그룹들에 대해 상이한 모니터링 기법들이 이용될 수 있다. 일례로서, 제1 그룹 내의 측정된 스펙트럼들에 대하여, 기준 스펙트럼들의 제1 라이브러리로부터의 제1의 일치하는 기준 스펙트럼이 식별될 수 있고, 제2 그룹 내의 측정된 스펙트럼들에 대하여, 상이한 기준 스펙트럼들의 제2 라이브러리로부터의 제2의 일치하는 기준 스펙트럼이 식별될 수 있다. 다른 예로서, 제1 그룹 내의 측정된 스펙트럼들에 대하여, 기준 스펙트럼들의 라이브러리로부터의 일치하는 기준 스펙트럼이 식별될 수 있고, 제2 그룹 내의 측정된 스펙트럼들에 대하여, 스펙트럼 피쳐의 특성이 추적될 수 있다. 다른 예로서, 제1 그룹 내의 측정된 스펙트럼들에 대하여, 제1 스펙트럼 피쳐의 제1 특성이 추적될 수 있고, 제2 그룹 내의 측정된 스펙트럼들에 대하여, 상이한 제2 스펙트럼 피쳐의 제2 특성이 추적될 수 있다. 다른 예로서, 제1 그룹 내의 측정된 스펙트럼들에 대하여, 광학 모델이 각각의 측정된 스펙트럼에 피팅될 수 있고, 제2 그룹 내의 측정된 스펙트럼들에 대하여, 기준 스펙트럼들의 라이브러리로부터의 일치하는 기준 스펙트럼이 식별될 수 있거나 스펙트럼 피쳐의 특성이 추적될 수 있다. 다른 예로서, 제1 그룹 내의 측정된 스펙트럼들에 대하여, 제1 광학 모델이 각각의 측정된 스펙트럼에 피팅될 수 있고, 제2 그룹 내의 측정된 스펙트럼들에 대하여, 상이한 제2 광학 모델이 각각의 측정된 스펙트럼에 피팅될 수 있다.
- [0066] 복수의 스펙트럼 그룹에 대한 상이한 모니터링 기법들은 복수의 값 시퀀스, 예를 들어, 스펙트럼 그룹 당 하나의 시퀀스를 야기할 수 있다. 폴리싱 종료점 또는 폴리싱 파라미터에서의 변경은 복수의 값 시퀀스에 기초할 수 있다. 예를 들어, 폴리싱 종료점 또는 파라미터들의 제어는 예를 들어 함수에 가장 잘 피팅되는, 최소 잡음을 갖는 값들의 시퀀스에 기초할 수 있다. 폴리싱 종료점 또는 파라미터들의 제어는 모든 그룹들에 대해 검출된 종료점에 기초할 수 있거나, 그룹들 중 임의의 것에 대해 검출된 제1 종료점에 기초할 수 있다.
- [0067] 추가로, 예를 들어 참조되어 본 명세서에 포함되는 미국 출원 제13/096,777호에 기술된 기법들을 이용하여(일반적으로, 유사한 기법들을 이용하기 위해 위치값이 지수값을 대체할 수 있음), 더 균일한 폴리싱을 제공하기 위해, 기판의 상이한 구역들에 대해 값들의 시퀀스를 생성하고, 캐리어 헤드의 챔버들 내에 가해지는 압력을 조절하기 위해 상이한 구역들로부터의 시퀀스들을 이용하는 것이 가능하다. 일부 구현들에서, 기판의 하나 이상의 구역의 폴리싱 레이트를 조절하기 위해 값들의 시퀀스가 이용되지만, 폴리싱 종료점을 검출하기 위해 다른 인-시튜 모니터링 시스템 또는 기법이 이용된다.
- [0068] 추가로, 위의 논의는 인-시튜 모니터링 시스템의 센서가 플래튼 내에 설치된 회전 플래튼을 가정하지만, 시스템은 모니터링 시스템의 센서와 기판 간의 다른 유형의 상대적 움직임에 적용가능할 수 있다. 예를 들어, 일부 구현들에서, 예를 들어 케도 움직임에서, 센서는 기판 상의 상이한 위치들을 횡단(traverse)하지만, 기판의 애지를 견너지는 않는다. 그러한 경우들에서, 측정값들은 특정 주파수, 예를 들어 1Hz 이상에서 수집될 수 있다.
- [0069] 본 명세서에서 사용될 때, 기판이라는 용어는 예를 들어 제품 기판(예를 들어 복수의 메모리 또는 프로세서 등)

이를 포함하는 것), 테스트 기판, 베어 기판(bare substrate) 및 게이팅 기판(gating substrate)을 포함할 수 있다. 기판은 접적 회로 제조의 다양한 스테이지에 있을 수 있는데, 예를 들면 기판은 베어 웨이퍼일 수 있거나, 하나 이상의 퇴적된 및/또는 패턴화된 층을 포함할 수 있다. 기판이라는 용어는 원형 디스크 및 직사각형 시트를 포함할 수 있다.

[0070] 본 명세서에 설명된 본 발명의 실시예들 및 기능적 동작들 전부는 본 명세서에 개시된 구조적 수단들 및 그들의 구조적 등가물을 포함하는 컴퓨터 소프트웨어, 펌웨어 또는 하드웨어로, 또는 디지털 전자 회로로, 또는 그들의 조합으로 구현될 수 있다. 본 발명의 실시예들은 하나 이상의 컴퓨터 프로그램 제품으로서, 즉 데이터 처리 장치, 예를 들어, 프로그램가능 프로세서, 컴퓨터, 또는 다수의 프로세서나 컴퓨터에 의해 실행되거나 그것의 동작을 제어하기 위해, 비-일시적(non-transitory) 며신 판독가능한 저장 매체에 유형으로 구현되는 하나 이상의 컴퓨터 프로그램으로서 구현될 수 있다.

[0071] 전술한 폴리싱 장치 및 방법은 다양한 폴리싱 시스템에서 적용될 수 있다. 폴리싱 패드, 또는 캐리어 헤드, 또는 둘 다가 폴리싱 표면과 기판 사이의 상대적인 움직임을 제공하기 위해 이동할 수 있다. 예를 들어, 플래튼은 회전이 아니라 궤도를 그리며 돌 수 있다. 폴리싱 패드는 플래튼에 고정된 원형(또는 일부 다른 형상)의 패드일 수 있다. 종료점 검출 시스템의 일부 양태들은, 예를 들면 폴리싱 패드가 선형으로 이동하는 연속적 또는 릴-투-릴(reel-to-reel) 벨트인, 선형 폴리싱 시스템에 적용가능할 수 있다. 폴리싱 층은 표준(예를 들어, 필러를 갖거나 갖지 않는 폴리우레탄) 폴리싱 재료, 연성 재료, 또는 고정식 연마 재료(fixed-abrasive material)일 수 있다. 상대적 위치(relative positioning)의 용어들이 이용되는데, 폴리싱 표면과 기판은 수직 배향 또는 일부 다른 배향으로 홀딩될 수 있음을 이해해야 한다.

[0072] 본 발명의 구체적인 실시예들이 설명되었다. 다른 실시예들은 이하의 청구항들의 범위 내에 있다.

부호의 설명

[0073]

10: 기판

100: 폴리싱 장치

110: 폴리싱 패드

120: 플래튼

140: 캐리어 헤드

150: 지지 구조물

160: 광학 모니터링 시스템

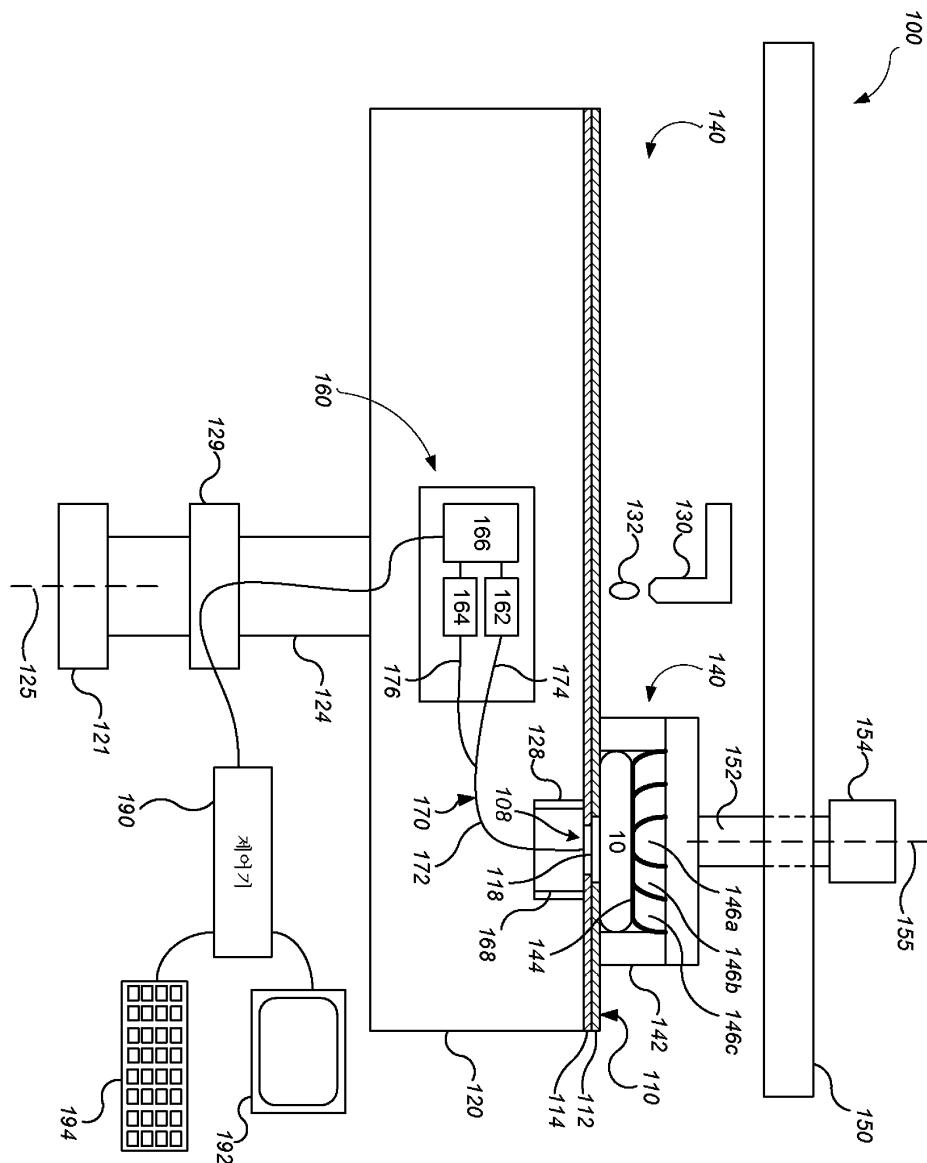
162: 광원

164: 광 검출기

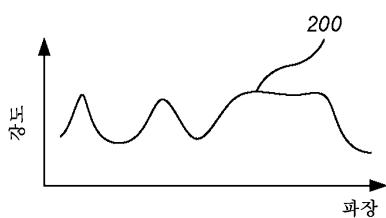
190: 제어기

도면

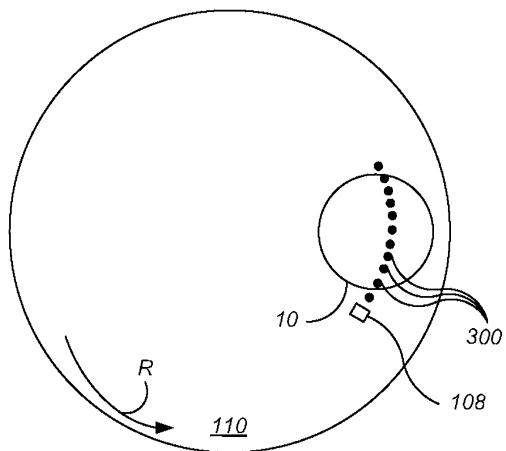
도면1



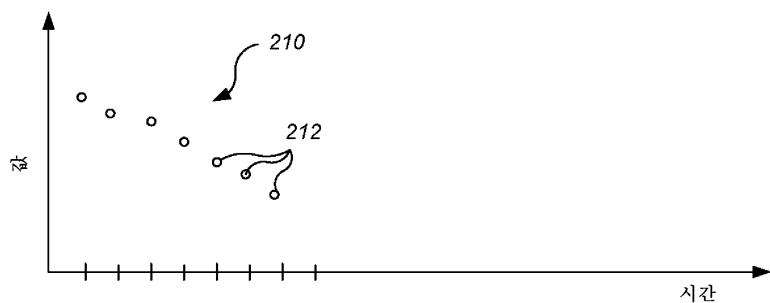
도면2



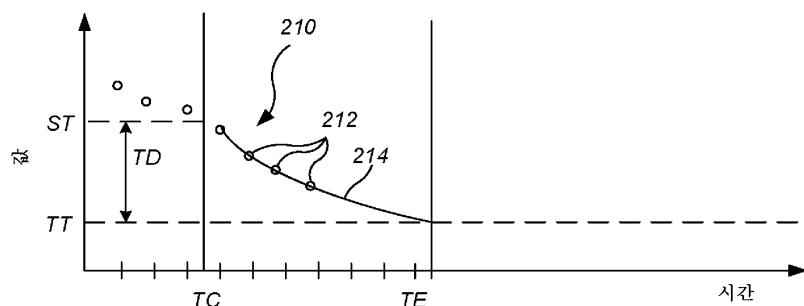
도면3



도면4



도면5



도면6

