

(45) 공고일자	2021년01월21일
(11) 등록번호	10-2205682
(24) 등록일자	2021년01월15일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 21/66 (2006.01) *G01B 11/06* (2006.01)
G01B 11/24 (2006.01)
- (52) CPC특허분류
H01L 22/12 (2013.01)
G01B 11/06 (2021.01)
- (21) 출원번호 10-2015-7006613
- (22) 출원일자(국제) 2013년08월15일
 심사청구일자 2018년08월08일
- (85) 번역문제출일자 2015년03월16일
- (65) 공개번호 10-2015-0043478
- (43) 공개일자 2015년04월22일
- (86) 국제출원번호 PCT/IL2013/050697
- (87) 국제공개번호 WO 2014/027354
 국제공개일자 2014년02월20일
- (30) 우선권주장
 61/683,215 2012년08월15일 미국(US)
- (56) 선행기술조사문헌
 US20120008147 A1*
 US20080009081 A1
 US20010003084 A1
- *는 심사관에 의하여 인용된 문헌

- (73) 특허권자
노바 메주어링 인스트루먼츠 엘티디.
 이스라엘, 76100 레호보트, 퍼.오.비. 266, 웨이
 즈-맨 사이언티픽 파크
- (72) 발명자
튜로베츠, 이고르
 이스라엘, 모샤브 기바트 야림 9097000, 244
보즈도그, 코넬
 미국, 캘리포니아 95118, 산 호세, 윌로우데일 드
 라이브 1536
엘리야시, 다리오
 이스라엘, 예루살렘 9358922, 슈테로트 샤이 아그
 논 10
- (74) 대리인
강명구, 박윤원

심사관 : 홍종선

(54) 발명의 명칭 인-시추 측정을 위한 광학 계측

서로 다른 층들의 스택의 영역을 갖는 패터닝된 구조물에 적용되는 공정을 제어하기 위해 사용되는 방법 및 시스템이 제공된다. 상기 방법은 지정된 공정 시간 동안 가공되는 구조물의 광학 응답을 나타내는 측정 데이터를 순차적으로 수신하고, 시간에 따라 측정된 데이터 조각의 대응하는 시퀀스를 생성하는 단계, 및 데이터 조각의 시

대표도 - 도1



퀀스를 분석하고 처리하며 구조물의 적어도 하나의 주 파라미터를 결정하는 단계를 포함한다. 상기 분석하고 처리하는 것은 데이터 조각의 시퀀스의 일부를 처리하고 상기 구조물의 하나 이상의 파라미터를 나타내는 데이터를 획득하고, 상기 구조물의 하나 이상의 파라미터를 나타내는 상기 데이터를 이용하고 구조물의 광학 응답과 구조물의 하나 이상의 파라미터 간 관계를 기술하는 모델 데이터를 최적화하며, 측정 데이터 조각의 시퀀스의 적어도 일부를 처리하기 위한 최적화된 모델 데이터를 이용하고 상기 구조물에 적용되는 공정을 특징화하는 구조물의 적어도 하나의 파라미터를 결정하고, 상기 적어도 하나의 파라미터를 나타내는 데이터를 생성하는 것을 포함한다.

(52) CPC특허분류

G01B 11/24 (2013.01)

H01L 22/20 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

패터닝된 구조물을 제조하는 복수-단계 공정을 제어하는 데 사용되는 방법으로서, 상기 복수-단계 공정은 복수의 단계의 시퀀스를 통해 구조물에 적용되며, 상기 방법은

복수의 레시피를 나타내는 데이터를 제공하는 단계 - 각각의 레시피는 상기 복수의 단계의 시퀀스의 적어도 하나의 공정 단계에 대해 최적화된 - , 및

구조물이 동일한 공정 챔버 내에 위치하는 동안 구조물에 적용되는 공정이 복수의 단계의 시퀀스의 적어도 서브셋을 통해 진행됨에 따라 공정 시간 동안 구조물에서 인-시추 광학 측정을 수행하는 단계를 포함하며, 광학 측정을 수행하는 단계는

(a) 공정 시간 동안 측정된 데이터를 순차적으로 수신하는 단계 - 측정된 데이터는 구조물에 적용되는 공정의 복수의 단계의 시퀀스의 적어도 서브셋에 의해 도입되는 구조물의 하나 이상의 파라미터의 변화에 의해 야기되는 공정 동안의 구조물의 프로파일의 변동에 대응하는 구조물의 광학 응답의 변동을 나타냄 - , 및

(b) 공정 시간 내 선택된 시점에서, 구조물에 적용되는 공정을 특징 짓는 구조물의 하나 이상의 파라미터를 결정하기 위해, 측정된 데이터의 시퀀스를 분석 및 처리하는 단계 - 상기 분석 및 처리하는 단계는: 이론적 구조물 프로파일과 측정 대상 구조물의 이론적 구조물의 광학 응답 간 관계를 기술하는 데이터 해석 모델을 동적으로 최적화하기 위해, 복수의 단계의 시퀀스에서 공정 단계에 대해 최적화된 복수의 레시피를 나타내는 데이터를 이용하는 단계, 및 최적화된 모델과 시퀀스의 각자의 측정된 데이터 간 적합화 절차(fitting procedure)를 수행하여, 구조물의 하나 이상의 파라미터를 결정하는 단계를 포함함 - 를 포함하는, 복수-단계 공정을 제어하는 데 사용되는 방법.

청구항 2

제1항에 있어서, 복수의 레시피를 나타내는 데이터를 이용하는 단계는 구조물 파라미터의 하나 이상의 값을 복수의 단계의 시퀀스 내 다음 단계에 대응하는 다음 레시피로 투입하기 위해, 복수의 단계의 시퀀스 내 이전 단계에 대응하는 이전 레시피를 이용하는 단계를 포함하는, 복수-단계 공정을 제어하는 데 사용되는 방법.

청구항 3

제1항에 있어서, 측정된 데이터의 시퀀스를 분석 및 처리하는 단계는 구조물에 적용되는 공정을 특징 짓는 구조물의 적어도 하나의 파라미터를 나타내는 데이터를 이용하는 단계 및 공정 단계를 통한 구조물의 광학 응답의 변동의 추정 함수에 따라, 측정된 데이터의 시퀀스의 적어도 일부를 단편화(segment)하는 단계를 포함하는, 복수-단계 공정을 제어하는 데 사용되는 방법.

청구항 4

제1항에 있어서, 측정된 데이터의 시퀀스를 분석 및 처리하는 단계는 측정치의 시간 시퀀스를 이용해 구조물에 적용되는 공정 단계 및 시간 시퀀스를 공정 및 복수의 레시피와 연결하는 사용 제약사항을 추적하는 단계를 포함하는, 복수-단계 공정을 제어하는 데 사용되는 방법.

청구항 5

제1항에 있어서, 측정된 데이터의 시퀀스 중 적어도 일부의 측정된 데이터가, 복수의 검출기에 의한 구조물 상의 동일한 위치의 광학 응답의 검출에 대응하며, 측정된 데이터의 시퀀스를 분석 및 처리하는 단계는 복수의 검출기로부터의 정보를 처리하고 공정에 대한 정보를 획득하는 단계, 및 상기 공정에 대한 정보를 투입함으로써 데이터 해석 모델을 최적화하는 단계를 포함하는, 복수-단계 공정을 제어하는 데 사용되는 방법.

청구항 6

제1항에 있어서, 측정된 데이터의 시퀀스 중 적어도 일부의 측정된 데이터가 복수의 검출기에 의한 구조물 상의

상이한 위치의 광학 응답의 검출에 대응하며, 측정된 데이터의 시퀀스를 분석 및 처리하는 단계는 측정된 데이터의 시퀀스 중 광학 응답에 의해 형성된 측정된 서명을 나타내는 측정된 데이터를 결정하는 단계, 및 이론적 광학 응답 서명을 기술하는 데이터 해석 모델을 최적화하는 단계를 포함하는, 복수-단계 공정을 제어하는 데 사용되는 방법.

청구항 7

제6항에 있어서, 측정된 데이터의 시퀀스를 분석 및 처리하는 단계는 복수의 검출기에 대한 구조물의 상대 위치에 대한 위치 데이터를 이용해 복수의 검출기로부터의 복수의 측정된 데이터의 동시 해석을 가능하게 하는 단계 및 공정을, 구조물에 걸친 구조물의 파라미터의 프로파일에 대한 제어 데이터를 생성하는 단계를 포함하는 복수-단계 공정을 제어하는 데 사용되는 방법.

청구항 8

제1항에 있어서, 측정된 데이터의 시퀀스를 분석 및 처리하는 단계는, 공정 시간 내 한 시점에서 측정치의 세트를 분석하는 단계를 포함하며, 상기 측정치의 세트는 공정 시간의 시작에서부터 상기 한 시점까지의 시간 동안 측정된 데이터의 시퀀스인, 복수-단계 공정을 제어하는 데 사용되는 방법.

청구항 9

제2항에 있어서, 치수 파라미터의 값인 하나 이상의 값이 데이터 해석 모델에 투입되는, 복수-단계 공정을 제어하는 데 사용되는 방법.

청구항 10

제2항에 있어서, 측정된 데이터의 해석을 위한 시작 포인트를 형성하기 위해 하나 이상의 값이 데이터 해석 모델로 투입되는, 복수-단계 공정을 제어하는 데 사용되는 방법.

청구항 11

제10항에 있어서, 측정된 데이터를 분석하는 것은, 공정 시간의 시작에서부터 선택된 시점까지의 시간 동안 측정된 데이터의 전체 시퀀스 및 파라미터의 하나 이상의 값을 포함하는 모델-기반 해석 결과의 대응하는 전체 시퀀스를 기초로 상기 선택된 시점에서 예측 모델을 구축하는 것, 및 측정된 데이터의 다음 해석을 위한 시작 포인트의 자동 추정 및 해석 범위를 위한 자동 추정을 위해 예측 모델을 이용하는 것을 포함하는, 복수-단계 공정을 제어하는 데 사용되는 방법.

청구항 12

제1항에 있어서, 모델을 동적으로 최적화하는 것은 사후 측정에서 결정된 구조물의 파라미터의 하나 이상의 값의 외부 투입을 더 포함하는, 복수-단계 공정을 제어하는 데 사용되는 방법.

청구항 13

제12항에 있어서, 구조물의 파라미터의 하나 이상의 값이 모델의 상수 프로파일 파라미터를 형성하기 위해 데이터 해석 모델로 투입되는, 복수-단계 공정을 제어하는 데 사용되는 방법.

청구항 14

제12항에 있어서, 측정된 데이터의 시퀀스 내 측정된 데이터의 해석을 위한 시작 포인트를 형성하기 위해, 구조물의 파라미터의 하나 이상의 값이 데이터 해석 모델로 투입되는, 복수-단계 공정을 제어하는 데 사용되는 방법.

청구항 15

제1항에 있어서, 모델을 동적으로 최적화하는 것은 구조물 상의 예비 측정치를 나타내는 데이터의 외부 투입을 더 포함하며, 예비 측정치를 나타내는 데이터의 외부 투입은 인-시추 측정된 데이터를 변경하는, 복수-단계 공정을 제어하는 데 사용되는 방법.

청구항 16

제15항에 있어서, 예비 측정치를 나타내는 데이터는 구조물로부터 정반사를 포함하는 상이한 구조물 사이트 상의 측정치에 대응하며, 구조물의 반사 스펙트럼을 포함하는 인-시추 측정된 데이터로 투입되어, 인-시추 측정된 데이터로부터 측정되는 구조물 내 비주기적 패턴의 반사와 연관된 신호를 제거함으로써, 인-시추 측정된 데이터를 변경하는, 복수-단계 공정을 제어하는 데 사용되는 방법.

청구항 17

제1항에 있어서, 구조물에 적용되는 공정을 특징 짓는 구조물의 하나 이상의 파라미터는 에칭 심도, 증착되는 물질의 두께, 및 물질 제거 공정 동안의 잔여 물질의 두께 중 저경도 하나를 포함하는, 복수-단계 공정을 제어하는 데 사용되는 방법.

청구항 18

제1항에 있어서, 하나 이상의 파라미터는, 스택 내 적어도 하나의 층의 측벽 각도, 라운딩, 두께 중 하나 이상을 포함하는, 복수-단계 공정을 제어하는 데 사용되는 방법.

청구항 19

제1항에 있어서, 측정된 데이터는 스펙트럼 데이터를 포함하는, 복수-단계 공정을 제어하는 데 사용되는 방법.

청구항 20

패터닝된 구조물을 제조하는 복수-단계 공정을 제어하는 데 사용되기 위한 제어 시스템으로서, 상기 제어 시스템은 청구항 제1항에 따르는 방법을 수행하도록 구성되고 동작하는 컴퓨터 시스템인, 제어 시스템.

청구항 21

삭제

청구항 22

삭제

청구항 23

삭제

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 일반적으로 광학 측정 기법 분야에 속하며, 가공/제조되는 구조물의 파라미터의 인-시추(in-situ) 측정에서 사용되기 위한 광학 방법 및 시스템과 관련된다. 구체적으로 본 발명은 패터닝된 구조물(반도체 웨이퍼)의 제작에서 다양한 프로세스를 제어하기 위한 반도체 산업에서 유용하다.

배경 기술

[0002] 일반적으로, 패터닝된 구조물의 생성 분야에서, 하나 이상의 통합된, 인-시추 독립형(stand alone) 광학 측정 기술에 의한 패턴 생성 공정을 제어하는 것이 알려져 있다.

[0003] 예를 들어, 본 출원의 출원인에게 양도된 미국 특허 번호 6,764,379가 생산 라인 상에서 전진하는 실질적으로 동일한 물품들의 스트림의 가공을 모니터링하기 위한 통합 기법의 사용을 기재하고 있으며 또한 통합된 인-시추 기법들의 조합을 기술하고 있다. 첫째, 인-시추 기법이 엔드-포인트 신호를 검출하면 가공을 식별 및 종료하기 위해 적용되며, 여기서 후자는 가공되는 물품의 특정 파라미터의 지정 값에 대응한다. 물품의 가공 동안 계속 동작하는 엔드-포인트 검출기에 의해 생성되는 엔드-포인트 신호에 응답하여 가공을 완료하면, 통합형 모니터링이 가공된 물품에 적용되어 상기 파라미터의 값을 측정한다. 원하는 파라미터의 측정 값이 분석되어 흐름 내 다음 물품의 가공을 적절하게 완료하기 위해 사용될 엔드-포인트 신호를 조절하도록 사용될 교정 값(correction value)을 결정할 수 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

과제의 해결 수단

- [0004] 하나의 구조물 내 서로 다른 층들의 스택을 갖는 유형의 패터닝된 구조물을 제조하기 위한 공정을 인-시추 모니터링하기 위한 신규한 방식이 요구된다.
- [0005] 일반적으로, 통합형 및 자립형 기술에 비교되는 인-시추 측정의 이점이 공정이 진행됨에 따라 동일한 구조물을 측정할 수 있다는 것이다. 이로 인해 실제로 공정을 중단시키지 않고 생산 및 공정 파라미터를 실시간으로 제어하고 공정 엔드-포인트를 실시간으로 검출하고 공정 파라미터를 제어하는 것이 가능하다. 인-시추 측정 데이터의 해석이 복잡한 작업이며, 특정된 유형의 종래의 기술이 충분히 정확하지 않는데, 이는 주로 인-시추 측정이 불규칙적인 환경 특성, 가공/측정 중인 구조물의 기계적 움직임 등에 의해 영향받기 때문이다. 또한 인-시추 광학 측정은 이들이 비교적 큰 크기의 측정 스팟을 필요로 하기 때문에, 불가피하게 낮은 공간 분해능을 가진다. 패터닝된 구조물이 서로 다른 층들의 스택을 갖는 경우, 이러한 큰 스팟을 사용함으로써 측정 스팟이 서로 다른 스택, 가령, 서로 다른 패턴의 일부분을 포함하게 된다. 더 구체적으로, 인-시추 광학, 가령, 스펙트럼 측정이 특정하게 설계된 스크라이브 라인(scribe line) 시험 구조물(50×50마이크론)보다 훨씬 더 큰 스팟을 갖고 이뤄지는 것이 일반적이다. 일반적으로, 웨이퍼 표면 상의 스팟 크기의 지름이 약 수 밀리미터 이상이며, 이는 다이 크기와 동일하거나 더 크다. 이러한 "큰" 스팟의 경우 측정된 신호가 측정된 스팟에서 모든 특징부로부터 반사된 신호 조합일 수 있다. 다시 말하면, 인-시추 광학 측정은 웨이퍼의 패턴에 대한 강한 신호 종속성을 가진다.
- [0006] 본 발명은 인-시추 광학 측정에서 사용되기 위한 신규한 기법을 제공한다. 이 신규한 기법은 인-시추 광학 측정이 구조물에 적용되는 공정이 진행되는 시간에 따라 측정된 데이터 조각의 시퀀스의 형태로 된 측정된 데이터를 제공한다는 발명자의 이해를 기초로 한다. 데이터 조각의 이러한 시퀀스는 시간에 따른 구조물의 프로파일 변동의 맵을 제공한다. 이로 인해 구조물 프로파일의 실시간 모델링, 즉, 구조물 프로파일과 구조물의 광학 응답 간 관계를 기술하는 모델을 최적화하는 것이 가능해진다. 따라서 구조물의 프로파일 파라미터가 인-시추 광학 신호(서명), 가령, 스펙트럼, 각도-분해능, 엘립소메트릭 파라미터(elipsometric parameter), 스펙트럼-엘립소미터(spectro-ellipsometer)(SE) 파라미터 등의 시계열을 기초로 동적으로 최적화된 모델로부터 추출될 수 있다.
- [0007] 본 발명의 실시간 프로파일 모델링 접근법이 프로파일 정의와 데이터 해석을 위한 알고리즘 모두에서 정규 스캐터로메트리(광학 임계 치구, OCD) 모델링과 상이함을 알아야 한다. 본 발명의 실시간 프로파일 모델링 기법은 (사전 측정을 이용하거나 실시간 데이터세트 시리즈를 서로 다른 알고리즘에 의해 분석될 수 있는 서브-시리즈로 쪼갬으로써) 현재의 실행(run)과 (사후 공정 측정을 이용해) 다음 실행 모두에 대해, 임의의 관련 특징부 또는 동일한 패턴닝된 구조물(웨이퍼) 상의 특징부의 표준 OCD 및/또는 그 밖의 다른 측정 결과를 이용하여 실시간 프로파일 예측의 정확도 및 타이밍을 미세 튜닝할 수 있다. (동일하거나 상이한 유형의) 복수의 광학 점출기가 구조물 상의 동일한 스팟 및/또는 구조물 상의 서로 다른 복수의 스팟의 인-시추 측정을 위해 사용될 수 있음이 자명할 것이다.
- [0008] 본 발명은 본 발명의 실시간 프로파일 모델링을 이용해 측정의 안정성 및 강건성을 보강하기 위한 전용 기법을 제공한다. 본 발명에 따라, 몇 개의 측정의 시간 시퀀스가 공정의 추적을 가능하게 하고 공정 및 모델링과 일치하는 방식으로 시퀀스를 연결하는 제약사항을 이용하는 여러 다른 방식으로 사용된다.
- [0009] 일부 실시예에서, 본 발명은 측정의 조합된 시간 시퀀스를 이용한다. 스캐터로메트리(scatterometry) 측정에서 전통적으로 이뤄지는 바와 같이 각각의 서명(가령, 스펙트럼)을 보는 것을 이용하는 대신, 본 발명의 실시간 프로파일 모델링 방식은 (공정 동안 실시간으로) 임의의 시점에서, 공정의 시작부분에서부터 현재 순간까지 시간의 흐름에 따라 측정된 데이터 조각의 시퀀스인 측정의 전체 세트를 분석하는 것을 기초로 한다. 다시 말하면, 본 발명의 기법은 이미 측정된 프레임/신호(선행 측정된 데이터 조각)가 분석을 위해 이용 가능한 공정의 히스토리틀 이용하며 이전에 측정된 스펙트럼의 해석의 결과의 전체 시퀀스가 추세 분석 및 예측을 위해 사용된다. 예측 모델이 이용 가능한 이전 해석 결과의 전체 시퀀스를 기초로 각각의 시점에서 구축되며 다음 해석(들)을 위한 시작 시점의 자동 추정과 해석 범위에 대한 자동 추정을 위해 사용된다. 덧붙여, 예측 모델은 시간 프레임의 시퀀스에서 서로 다른 검색 알고리즘들 간 스위칭을 트리거하여, 예측을 기초로 파라미터를 개방/폐쇄함으로써, 안정한 솔루션이 얻어지거나 유동 파라미터의 개수를 감소시킬 때 고속 수렴을 가능하게 할 수 있다.

- [0010] 그 밖의 다른 일부 실시예에서, 본 발명은 복수의 원시 데이터 신호를 이용하는 측정된 데이터 처리 기법을 제공한다. 이 기법에 의해 파라미터와 관련된 공정(가령, 에칭)의 시간 도함수의 직접 근사가 가능하다. 소프트웨어 제품 또는 사용자가 이러한 목적으로 사용될 수 있는 가변 파라미터, 가령, 주 에칭 파라미터, 가령, 서로 다른 물질의 에칭율을 정의할 수 있다. 이들 파라미터에서, 사전 정보가 시적 시점 또는 예측으로서 사용될 수 있다(예를 들어, 평균낸 알려진 또는 예상된 에칭율). 우선 데이터 분석 기법이 이전 근사화 결과가 충분히 선명한 예측 추세를 정의 및/또는 예상 추세에 정합되는지 여부를 시험한다. 그런 경우, 후속 측정된 스펙트럼이 그룹 내로 근사화되어 근사화 파라미터의 시간에 따른 도함수를 근사화 파라미터 자체로서 추가할 수 있다. 실제 계산이 그룹의 스펙트럼의 일부분에 대해서만 이뤄지고 결과가 시간 축을 따라 나머지 스펙트럼으로 보간된다. 측정 중인 구조물의 광학 응답(가령, 스펙트럼)을 나타내는 측정된 데이터 조각의 시간 시퀀스가 시간상 광학 응답의 변화(스펙트럼 변화)의 추정 선형성에 따라 그룹으로 자동적으로 단편화된다.
- [0011] 일부 실시예에서, 본 발명은 신뢰 인자(confidence factor) 계산 및 사용을 이용한다. 이 특징의 목적은 측정 시간 시퀀스에서 일부 측정된 데이터(스펙트럼)에 대한 해석 결과의 신뢰도에 대한 일부 정량적 측정을 제공하는 것이다. 결과와 근사화된 파라미터 값에 대한 변화의 추세 간 차이를 기초로 하여 근사화 결과의 낮은 신뢰도가 정의된다. 매우 기본적인 방식으로, 가령, 특히 예상 추세/공정율이 알려진 공정 서브단계에 대한 이전 시점들에 대한 추정된 추세로부터의 현재 시점의 편차 간 비를 계산함으로써, 이 특징이 구현되는 가능하다. 추정된 추세의 표준 편차에 비교하여 편차가 더 클수록 현재 시점의 신뢰도 한계가 낮아진다. 이 정보는 추세의 추정치와 통합되어, 추세의 추정이 불명확해지는 경우에 더 강건해진다. 이는 구체적으로 모든 신호가 제때 해석될 수 있지 않는 온라인으로 작업할 때 관련된다. 신뢰 인자가 사용되어 추세 추정치 또는 예측 모델로부터 추정 포인트를 필터링하여 이들을 더 강건하게 만들 수 있다.
- [0012] 따라서 본 발명의 하나의 양태에 따라, 서로 다른 층들의 스택의 영역을 갖는 패터닝된 구조물에 적용되는 공정을 제어하는 데 사용되기 위한 방법이 제공된다. 상기 방법은
- [0013] (a) 지정된 공정 시간 동안 가공되는 구조물의 광학 응답(optical response)을 나타내는 측정 데이터를 순차적으로 수신하고, 시간에 따라 측정된 데이터 조각(data piece)의 대응하는 시퀀스를 생성하는 단계, 및
- [0014] (b) 데이터 조각의 시퀀스를 분석하고 처리하며 구조물의 적어도 하나의 주 파라미터를 결정하는 단계 - 상기 분석하고 처리하는 것은
- [0015] i) 데이터 조각의 시퀀스의 일부를 처리하고 상기 구조물의 하나 이상의 파라미터를 나타내는 데이터를 획득하고,
- [0016] ii) 상기 구조물의 하나 이상의 파라미터를 나타내는 상기 데이터를 이용하고 구조물의 광학 응답과 구조물의 하나 이상의 파라미터 간 관계를 기술하는 모델 데이터를 최적화하며,
- [0017] iii) 측정 데이터 조각의 시퀀스의 적어도 일부를 처리하기 위한 최적화된 모델 데이터를 이용하고 상기 구조물에 적용되는 공정을 특징화하는 구조물의 적어도 하나의 파라미터를 결정하고, 상기 적어도 하나의 파라미터를 나타내는 데이터를 생성하는 것을 포함함 -
- [0018] 을 포함한다.
- [0019] 일부 실시예에서, 하나 이상의 파라미터를 나타내는 획득된 데이터는, 구조물에 적용되는 공정에 따라 비교적 약하고 천천히 변하는, 구조물의 하나 이상의 보조 파라미터에 대한 정보를 포함하고, 및/또는 하나 이상의 파라미터를 나타내는 획득된 데이터는, 구조물에 적용되는 공정에 의해 실질적으로 영향 받지 않는, 구조물의 하나 이상의 보조 파라미터에 대한 정보를 포함한다. 구조물에 적용되는 공정을 특징화하는 구조물의 적어도 하나의 결정된 파라미터는 구조물에 적용되는 공정에 따라 비교적 세고 빠르게 변하는 적어도 하나의 구조물 파라미터를 포함한다.
- [0020] 보조 파라미터는 구조물에 적용되는 공정에 의해 실질적으로 영향 받지 않거나 공정에 따라 비교적 약하고 천천히 변하는 파라미터이며 반면에 주 파라미터는 공정에 따라 비교적 강하고 빠르게 변한다.
- [0021] 상기 하나 이상의 파라미터가 획득되는 데이터 조각의 시퀀스의 일부분은 공정 시간의 초기 시간 구간에 대응하는 선행 데이터 조각이다. 구조물에 적용되는 공정을 특징화하는 구조물의 적어도 하나의 파라미터의 결정을 위해 처리되는 시퀀스의 적어도 일부분은 공정 시간의 후속 시간 구간에 대응하는 데이터 조각을 포함한다.
- [0022] 일부 실시예에서, 선행 데이터 조각의 처리는, 상기 공정의 적용 동안 구조물의 하나 이상의 파라미터의 거동에 대한 데이터를 이용하고 선행하는 데이터 조각 중 하나 이상에 대응하는 초기 시간 구간 내 하나 이상의 시점에

서 하나 이상의 파라미터 각각에 대한 데이터를 획득하는 것, 및 모델 최적화 데이터를 생성하는 것을 포함한다. 상기 모델 최적화 데이터는 하나 이상의 파라미터 각각에 대한 고정된 값 또는 하나 이상의 보조 파라미터 각각에 대한 값 고정된 변화 범위를 포함할 수 있다.

- [0023] 구조물에 적용되는 공정을 특징화하는 적어도 하나의 파라미터는, 에칭 깊이, 증착되는 물질의 두께, 물질 제거 공정 동안 잔여 물질의 두께 중 적어도 하나를 포함할 수 있다. 초기 데이터 조각을 처리하는 동안 데이터가 획득되는 하나 이상의 파라미터가 측벽 각도, 라운딩, 스택 내 적어도 하나의 층(가령, 아래 놓이는 층)의 두께 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.
- [0024] 일부 실시예에서, 구조물에 적용되는 공정을 특징화하는 구조물의 적어도 하나의 파라미터의 결정은 광학 응답의 시간 변화의 추정된 선형성에 따라 측정 데이터 조각의 시퀀스의 적어도 일부분을 그룹으로 단편화하는 것을 포함한다.
- [0025] 본 발명의 또 다른 넓은 양태에 따르면, 패터닝된 구조물에 적용되는 공정을 제어하는 데 사용되기 위한 제어 시스템이 제공된다. 상기 제어 시스템은 컴퓨터 시스템을 포함하며, 상기 시스템은
- [0026] 지정 공정 시간 동안 공정에 의해 가공되는 구조물의 광학 응답을 나타내는 측정 데이터를 수신하고, 시간에 따라 측정된 데이터 조각의 대응하는 시퀀스를 생성하기 위한 데이터 입력 유틸리티,
- [0027] 데이터 조각의 시퀀스를 분석 및 처리하고 구조물에 적용되는 공정을 특징화하는 구조물의 적어도 하나의 파라미터를 결정하도록 구성 및 동작 가능한 처리 유틸리티를 포함하고, 상기 처리 유틸리티는
- [0028] 데이터 조각의 시퀀스의 일부분을 처리하며 구조물의 하나 이상의 파라미터를 지시하는 데이터를 획득하도록 구성 및 동작하는 구조물 분석기,
- [0029] 구조물의 하나 이상의 파라미터를 나타내는 데이터를 이용하여 구조물의 광학 응답과 구조물의 파라미터 간 관계를 기술하는 모델을 최적화하기 위한 모델 최적화 데이터를 생성하도록 구성 및 동작하는 모델 최적화 모듈,
- [0030] 측정된 데이터 조각의 시퀀스의 적어도 일부분을 처리하고 구조물에 적용되는 공정을 특징화하는 구조물의 적어도 하나의 파라미터를 결정하고 이를 나타내는 데이터를 발생하도록 구성 및 동작하는 모델 기반 파라미터 계산기
- [0031] 를 포함한다.
- [0032] 본 발명의 또 다른 양태에서, 서로 다른 층의 스택의 영역을 갖는 공정의 인-시추 모니터링을 위한 측정 시스템이 제공된다. 상기 측정 시스템은 특정 공정 시간 t 동안 가공되는 구조물에 대한 광학 측정을 수행하도록 구성 및 동작되는 광학 측정 유닛 - 상기 광학 측정 유닛은 구조물 상의 측정 스폿을 조명하기 위한 조명 조립체 및 상기 공정 시간 t 동안 광학 응답을 검출하고 시간의 흐름에 따른 검출된 광학 응답에 대응하는 측정 데이터를 생성하기 위한 검출 조립체를 포함함 - 과, 측정 데이터를 수신하고 시간의 흐름에 따라 측정된 데이터 조각의 대응하는 시퀀스를 생성하고 상기 시퀀스를 처리하며 구조물에 적용되는 공정을 특징화하는 구조물의 적어도 하나의 파라미터를 결정하기 위한 앞서 언급된 제어 시스템을 포함한다.

도면의 간단한 설명

- [0033] 본 명세서에 개시된 주제를 더 잘 이해하고 실제 수행될 수 있는 방식의 예시를 제공하기 위해, 이하에서 첨부된 도면을 참조하여 비-제한적 방식으로 실시예들이 기재될 것이다.
- 도 1은 패터닝된 구조물의 제조 공정을 제어하기 위해 사용되기 위한 본 발명의 시스템의 주요 기능 요소의 블록도이다.
- 도 2는 패터닝된 구조물에 적용되는 공정 동안 인-시추 측정된 데이터를 처리하기 위한 본 발명의 방법의 예시의 흐름도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0034] 본 발명은 서로 다른 층의 스택, 가령, 반도체 웨이퍼의 영역을 갖는 유형의 패터닝된 구조물을 제작할 때 공정 제어에서 사용될 신규한 방법 및 시스템을 제공한다.
- [0035] 도 1을 참조하면, 가공, 가령, 에칭 또는 연마 중인 패터닝된 구조물로부터 획득된 광학 측정된 데이터를 가공

하기 위한 본 발명에 따라 구성되고 동작 가능한 일반적으로 10으로 지정된 제어 시스템이 블록도에 의해, 도시된다. 제어 시스템(10)은 일반적으로 모듈/유틸리티(소프트웨어 및/또는 하드웨어), 가령, 데이터 입력 유틸리티(12), 메모리 유틸리티(14) 및 데이터 프로세싱 및 분석 유틸리티(16) 등을 갖는 컴퓨터 시스템이다.

[0036] 도면에서 도시될 때, 제어 시스템(10)은 측정 시스템(100)의 일부이며 광학 측정 유닛(18)과 연관되고 아마도 공정 시스템(20)과도 연관된다(유선 또는 무선 신호 전송을 통해 연결 가능하다). 이러한 측정 유닛 및 공정 시스템의 구성 및 동작은 공지되어 있으며 본 발명의 일부가 아니어서, 다음을 언급하는 것을 제외하고, 구체적으로 기재될 필요가 없다: 구조물 W 가 공정 제어기(24)에 의해 제어되는 동작을 갖는 공정 툴(22)에 의해 특정 공정, 가령, 에칭을 겪는다. 측정 유닛(18)은 생산 라인 상에서 전진하는 패터닝된 구조물, 가령, 반도체 웨이퍼 W 에 대한 인-시추 광학 측정을 수행하도록 구성 및 동작한다. 이러한 목적으로, 측정 유닛(18)은 적절한 조명 및 검출 조립체(26 및 28)를 포함한다. 이들 조립체는 암시야 및/또는 명시야 검출 모드에서 동작 가능한 임의의 적절한 구성을 가질 수 있다. 광학 측정 유닛(18)은 광학 측정, 가령, 스펙트럼 측정을 특정 공정 시간 t 동안 가공되는 구조물 W 에 적용시킨다.

[0037] 구체적으로 나타나지 않더라도, 측정 유닛(18)은 동일하거나 서로 다른 조명 및/또는 검출 조립체를 이용해 수행될 수 있는 통합 측정(integrated measurement)을 추가로 수행하도록 구성될 수 있다. 통합 측정의 원리는 잘 알려져 있으며 상세히 기재될 필요가 없다.

[0038] 본 발명의 목적을 위해, 통합 측정은 구조물의 하나 이상의 파라미터에 대한 데이터를 제공하도록 추가로 사용될 수 있다. 예를 들어, 이들은 공정에 의해 실질적으로 영향 받지 않을 수 있는 구조물 파라미터일 수 있다.

[0039] 이하에서 더 구체적으로 기재될 바와 같이, 본 발명의 일부 실시예에서, 측정된 데이터 처리의 초기 스테이지에서 보조 파라미터(들)이 결정될 수 있고, 그 후 제어될 공정 파라미터(들)을 특징화하는 구조물의 하나 이상의 원하는 파라미터(들)를 결정하도록 사용될 수 있다. 이러한 구조물 파라미터(들)는 여기서 주 파라미터(들)이라고 언급되며, 구조물에 적용되는 공정에 따라 비교적 강하고 빠르게 변한다. 일부 실시예에서, 하나 이상의 보조 파라미터의 결정은 통합 측정 시스템에 의해 측정된 하나 이상의 파라미터를 이용할 수 있다. 구체적으로 도시되어 있지 않더라도 인-시추 측정 유닛의 검출 조립체뿐 아니라 통합 측정 유닛은 서로 다른 유형의 복수의(적어도 2개의) 검출기를 이용할 수 있음을 알아야 한다.

[0040] 예를 들어, 기본 리소그래피 공정의 경우, 하나 이상의 주 공정-관련 (일반적으로 하나 또는 매우 적은 수의) 구조물 파라미터는 물질 제거 공정에서의 에칭 깊이, 증착되는 층의 두께, 나머지 층의 두께 등을 포함하며, 실제로 인-시추 공정을 기술한다. 보조 공정-관련 구조물 파라미터의 경우, 이들은 측벽 각도, 라운딩 등을 포함하며 비교적 약하고 공정에 따라 천천히 변하거나, 실시 중에 실질적으로 "상수(constant)" 프로파일을 가질 수 있는데, 즉, 공정에 따라 변하지 않거나 특정한 지정 범위 내에서 변하는 파라미터, 가령, 구조물 별로 다양할 수 있지만 (이전 공정 단계에 의해서만 결정된) 각각의 구조물에 대해 동일한 일부 층(일반적으로 아래 놓이는 층)의 두께가 있다.

[0041] 따라서 도 1을 다시 참조하면, 검출기(28)의 출력이 공정 시간(processing time) t 의 적어도 일부의 연속하는 포인트/세그먼트, t_1 , t_2 , t_n 에서 수행되는 순차 측정 세션에 대응하는 데이터 조각 DP의 시퀀스의 형태(가령, 제어 시스템(10)으로의 전송을 위해 포맷팅된 형태), $S(DP_{t1}, DP_{t2}, \dots, DP_{tn})$ 를 가진다. 각각의 이러한 측정된 데이터 조각은 공정 시간의 각자의 시점/세그먼트에서의 조명되는 스팟(측정 스팟) 내 구조물의 광학 응답을 나타낸다.

[0042] 일부 실시예에서 제어 시스템(10)은 선형적으로 알려지거나 및/또는 초기 측정 세션(들) 동안 획득될 수 있는 특정 공정 관련 데이터 및/또는 구조물 관련 데이터를 이용할 수 있고, 이들 데이터는 메모리 유틸리티(14)에 저장될 수 있다. 또한 특정 모델 데이터, 가령, 하나 이상의 모델이 메모리(14)에 저장된다. 상기 모델은 구조물의 광학 응답과 구조물의 하나 이상의 파라미터 간 관계를 기술한다. 상기 모델 데이터는 다양한 구조물 파라미터의 결정을 가능하게 하도록 측정된 데이터를 해석하도록 사용된다. 공정 시간의 적어도 일부 동안 하나 이상의 구조물 파라미터의 변경/프로파일이 제어될 공정 파라미터를 나타낸다.

[0043] 따라서 시간의 흐름에 따른 연속하는 측정에 따라 측정된 데이터가 제어 시스템(10)의 입력 유틸리티(12)에 의해 순차적으로 수신되고, 처리 유틸리티(16)에 의해 처리된다. 상기 처리 유틸리티(16)는 측정된 데이터 조각의 시퀀스를 분석하고, 구조물 W 의 하나 이상의 파라미터 P_i 를 나타내는 데이터를 결정하기 위해 구성되고 동작되는 구조물 분석 모듈(30)을 포함한다. 그 후 후자는 모델 데이터를 최적화하기 위해 처리 유틸리티(16)의 모델 최적화 모듈(32)에 의해 사용된다. 구조물의 가공 및 구조물에서의 광학 측정이 진행됨에 따라, 모델 데이터가 선

행(preceding) 측정 데이터 조각을 기초로 동적으로 최적화되어 후속(successive) 측정 데이터 조각을 해석/분석할 수 있다. 모델-기반 파라미터 계산기 유틸리티/모듈(34)이 이렇게 획득된 최적화된 모델 데이터를 이용하여 후속하는 측정 데이터 조각을 분석하고 구조물에 적용되는 공정을 특징화하는 구조물의 하나 이상의 파라미터를 결정하며, 이러한 적어도 하나의 원하는 파라미터를 나타내는 출력 데이터를 생성할 수 있다.

[0044] 상기 원하는 구조물 파라미터는 구조물에 적용되는 공정의 하나 이상의 튜닝 가능한/제어 가능한 파라미터를 특징화하는 구조물 파라미터이며, 공정 분석기(36)에 의해 사용되어, 각자의 제어 신호를 공정 틀로 발생시킬 수 있다. 상기 공정 분석기(36)는 제어 시스템(10)의 일부이거나, 공정 시스템의 공정 제어기의 일부이거나, 제어 시스템(10)과 공정 시스템 간에 상호 연결 가능한 개별 컴퓨터 시스템일 수 있으며, 경우에 따라, 공정 분석기의 소프트웨어 유틸리티가 상기 제어 시스템과 공정 시스템 사이에 적절하게 분산되어 있을 수도 있다.

[0045] 일부 실시예에서, 구조물의 하나 이상의 파라미터 P_i 에 대한 초기에 획득된 데이터가 특정 파라미터의 예비 추정치(preliminary estimate), 가령, 범위 값을 포함하며, 이 데이터가 모델을 최적화하도록 사용되고, 상기 최적화된 모델을 이용해 후속하는 데이터 조각이 분석되어, 동일한 파라미터의 정확한 값 P_j 가 결정될 수 있다.

[0046] 일부 다른 실시예에서, 초기 파라미터 P_i 는 공정을 특징화하기 위해 사용되는 주 구조물관련 파라미터 P_j 에 비교할 때 구조물의 상수 파라미터(constant parameter) 또는 구조물에 적용되는 공정에 덜 민감한 파라미터인 보조 파라미터이다. 주 파라미터 P_j 는 보조 파라미터 P_i 중 하나 이상의 값도 포함할 수 있다.

[0047] 서로 다른 층들의 스택의 영역을 갖는 유형의 패터닝된 구조물에 적용되는 공정을 모니터링하는 데 사용될 본 발명의 방법의 흐름도(200)를 예로 든 도 2가 참조된다. 첫째, 초기 모델 데이터가 제공되고(단계(202)) 제어 시스템에 의해 액세스 가능한 메모리 유틸리티에 저장된다(가령, 메모리 유틸리티는 제어 시스템의 일부 또는 통신 네트워크를 통해 액세스 가능한 개별 저장 장치의 일부이다). 앞서 언급된 바와 같이, 모델 데이터는 (사용된 광학 측정의 유형에 대응하는) 구조물의 광학 응답과 구조물의 파라미터, 가령, 구조물에 적용되는 공정을 특징화하는 파라미터 간 관계(함수)를 기술한다.

[0048] 공정 시간 t 동안, 구조물이 가공되는 동안 측정이 구조물에 지속적으로 또는 주기적으로 적용된다. 공정 시간 t 의 적어도 일부 t_n 동안 측정 데이터가 제어 시스템에 순차적으로 수신되고 제어 시스템이 측정 데이터 조각의 시퀀스 $S(DP_{t1}, DP_{t2}, \dots, DP_{tn})$ 를 동적으로 발생시키도록 동작된다(단계(204)). 일반적으로, 초기 모델 데이터를 이용해 측정 데이터 조각의 시퀀스의 일부분(초기 부분)이 분석되며, 데이터 최적화 모델이 결정되며 최적화된 모델이 생성된다(단계(206)). 그 후 최적화된 모델이 후속하는 데이터 조각의 분석을 위해 사용되고 구조물의 적어도 하나의 원하는 파라미터가 결정된다(단계(208)). 앞서 언급된 바와 같이, 모델 최적화는 구조물의 하나 이상의 파라미터의 "신속한" 결정을 포함할 수 있으며, 이는 모델에서 정정될 수 있다.

[0049] 이 구체적인 그러나 비제한적인 예시에서 나타난 바와 같이, 또한 모델 데이터 최적화 스테이지(206)는 동적 절차일 수 있는데, 즉, 선행 데이터 조각의 각각의 (또는 주기적으로 획득된) 세트/스트림 각각이 모델 데이터를 최적화하기 위한 하나 이상의 파라미터를 결정하기 위해 사용될 수 있고(단계(206A)), 이렇게 최적화된 모델 데이터가 사용되어 후속하는 데이터 조각의 세트/스트림으로부터 구조물의 하나 이상의 파라미터를 결정할 수 있으며 도면에서 점선으로 나타난 바와 같이 이들 파라미터가 모델 데이터의 추가 최적화를 가능하게 한다(단계(206B)). 최종 최적화된 모델 데이터가 획득되어 충분한 정확도를 갖고 구조물의 적어도 하나의 원하는 파라미터의 결정이 가능해질 때까지 모델 데이터의 이러한 동적 최적화가 진행된다.

[0050] 더 구체적으로, 이하에서 더 기재될 바와 같이, 초기/선행 시간 간격에 대응하는, 데이터 조각의 시퀀스의 초기/선행 부분 S_k 의 분석이 구조물의 하나 이상의 파라미터에 대한 초기/선행 데이터를 획득(가령, 하나 이상의 보조 파라미터를 결정)하기 위해 사용된다. 하나 이상의 파라미터에 대한 이러한 초기/선행 데이터(가령, 보조 파라미터의 값 또는 값 범위)가 모델 데이터를 최적화하도록 사용된다(단계(206A, 206B)). 예를 들어, 보조 파라미터의 값 또는 값 범위가 모델에서 "정정(fix)"된다.

[0051] 측정 데이터 조각이 후속(successive) 측정 세션 동안 제어 시스템에서 계속 수신되고 제어 시스템에 의해 최적화된 모델 데이터를 이용해 분석되어, 구조물의 가공을 특징 짓는 구조물 파라미터(들) P_j (가령, 주 파라미터)의 값(들)을 결정할 수 있다(단계(208)). 앞서 기재된 바와 같이, 공정을 특징화하는 구조물 파라미터의 일부분, 가령, 적어도 하나의 이러한 파라미터가 모델을 동적으로 최적화하기 위해 추가로 사용될 수 있고, 그 후 최적화된 모델이 구조물의 또 다른 파라미터의 결정 또는 동일한 파라미터의 값의 더 높은 정확도의 결정을 위해 사용된다. 이러한 주 구조물 파라미터에 영향을 미치는 공정 파라미터 중 하나 이상의 추정/분석하기 위해

결정된 구조물 파라미터가 사용될 수 있고(선택적 단계(210)) 대응하는 제어 신호가 공정 시스템으로 발생된다.

- [0052] 데이터 조각의 초기 시퀀스의 분석 및 모델 데이터 최적화 및 모델 데이터 최적화를 위한 결과의 사용, 구조물을 특징화하는 구조물의 적어도 하나의 파라미터의 추정/결정에 대한 몇 가지 선택사항이 있다. 공정의 시작에서부터 현재까지 수행되는 측정의 전체 세트를 작업하는 것을 공정 시퀀스에 끼워 넣는 동안 보조 파라미터 및 주 파라미터(또는 초기 결정된 파라미터 및 후속 결정된 파라미터) 같은 파라미터 속성의 사용이 성능 최적화를 가능하게 한다.
- [0053] 모든 "상수" 보조 파라미터에 대해, 처리 유틸리티는 가능한 이른 측정 시퀀스에서 적절한 값을 발견하고 이 값을 정정하기 위해 필요한 많은 포인트를 이용한다. 모든 "상수가 아니고 약하게 변하는" 보조 파라미터에 대해, 프로세싱 알고리즘은 공정에 걸쳐 작은 일관된 변화가 있다고 가정하거나 심지어 국지적(시간상) 공정 시퀀스 단계 동안 일정하다고 가정할 수 있다. 주 파라미터의 경우, 프로세싱 알고리즘은 "알려진" 평균 공정율(가령, 에칭율, 또는 물질 제거율, 또는 물질 증착율)을 기초로 시간에 따른 예상 거동을 가정할 수 있고, 국지적(시간상) 공정 시퀀스 단계 동안 유사한 거동(동일 함수와의 국지적으로 선형 또는 비선형 종속성)을 가정할 수 있다.
- [0054] 예상된 반환 신호(광학 응답)의 계산을 위해 사용되는 모든 패턴(스택)에 대해 프로파일 파라미터의 유사한 정의가 이뤄진다. 여러 다른 스택의 파라미터들이 유연한 공정 관련 방식으로 연결된다. 복수의 스택으로부터의 광학 응답 또는 서명(스펙트럼)의 계산이 스택의 상대적 가중치 및 측정 스팟에서의 스택의 배치의 미세한 지오메트리 정의를 고려하기 위해 계산될 수 있다. 덧붙여, 입사광(광학 시스템)의 특성이 계산에서 고려된다.
- [0055] 측정 유닛이 (동일한/상이한 인-시추 검출기를 포함하는) 표준 OCD 및/또는 측정 결과를 사용할 수 있다.
- [0056] 일부 실시예에서, 본 발명의 제어 시스템은 구조물의 하나 이상의 파라미터의 결정을 위한 예비 측정치의 외부 투입을 이용한다. 예를 들어, 앞서 언급된 바와 같이, 공정에 따라 변하지 않는 보조 "상수" 파라미터는 이들의 값이 가능한 빨리(공정 시작 전 또는 공정의 첫 번째 부분 동안) 결정되고 정정되게 할 필요가 있다. 이러한 목적으로, 앞서 언급된 바와 같이, 또 다른 인-시추 센서에 의해 동일한 또는 다른 공정 챔버 내에서 및/또는 통합 계측 및/또는 임의의 자립형 툴을 이용해 공정 챔버 외부에서 예비 측정이 이뤄져서, 인-시추 측정에 대한 관련 구조물 및/또는 공정 파라미터(모든 또는 적어도 일부 프로파일 파라미터, 가령, 증착된 층의 두께)를 결정할 수 있다. 이들 값은 모델("상수" 프로파일 파라미터)로 투입되거나 및/또는 (주 공정 파라미터 및 보조 공정 파라미터의) 해석(interpretation)의 시작 포인트로서 사용될 수 있다. 웨이퍼 상의 모든 관련사이트 상에서 측정이 이뤄질 수 있고, 관련 정보만 투입될 것이다. 본 발명의 기법에 유용한(가령, 0차 수직 입사 분광광도계) 인-시추(엔드-포인트)와 통합 계측 서브-시스템을 포함하는 조합된 시스템의 예시가 본 발명의 출원인에게 양도된 미국 특허 6,764,379에 개시되어 있다. 따라서 이 문서는 이들 특정 예시와 관련하여 참조로서 본 명세서에 포함된다.
- [0057] 일부 실시예에서, 본 발명의 제어 시스템이 스펙트럼 정보에 대한 외부 투입 예비 측정을 이용한다. 더 구체적으로, 측정 스팟 내 서로 다른 스택으로부터 반환된 신호(가령, 반사된 것)가 인-시추 공통 서명(가령, 반사 스펙트럼)으로 조합된다. 이들 서로 다른 스택 각각은 웨이퍼 상의 정확한 위치에서의 10-50 마이크로미터의 비교적 작은 스팟의 측정을 제공하는 통합 및/또는 자립형 시스템(가령, Nova Measuring Instruments Ltd.의 상용화된 시스템)에 의해 측정될 수 있다. 이들 정확한 예비 측정치가 투입 및 사용되어 측정된 인-시추 신호로부터 모델링하기 어려운 웨이퍼 내 비주기성 구조물/패턴으로부터 온 반사를 제거함으로써 이 신호를 "수정"할 수 있다. 비주기성 패턴의 영향의 이러한 제거에 의해 메모리 인-다이 어레이에 대한 엔드포인트의 측정의 처리를 더 잘 수렴시킬 수 있다.
- [0058] 일부 실시예에서, 본 발명의 제어 시스템이 프로파일 파라미터의 사후-측정(post-measurement)의 외부 투입을 이용한다. 더 구체적으로, 예비 측정 정보에 추가로, 필요에 따라, 사후 측정 데이터가 또한 사용되어, 솔루션의 특정 파라미터를 조절하거나 데이터 프로세싱 알고리즘에 의해 사용되는 특정 디폴트 계수 및 가정을 재계산할 수 있다. 이들 값은 모델로 투입되거나("상수" 프로파일 파라미터) 및/또는 해석을 위한 시작 포인트로서 사용될 수 있다.
- [0059] 일부 실시예에서, 프로파일 파라미터의 내부 투입이 사용될 수 있다. 오늘날 공정의 대부분에서, 동일한 챔버 내에서 필요한 결과를 생성하기 위해 복수의 단계가 사용된다. 전체 공정의 인-시추 모니터링은 모든 단계 또는 임의의 단계 부분집합을 커버할 수 있다. 모든 단계에 대해 단일 레시피(recipe) 대신, 각각의 레시피가 특정 공정 단계에 대해 최적화된 복수의 레시피가 사용되는 경우가 있을 수 있다. 이 경우, 시퀀스 내 각각의 이전

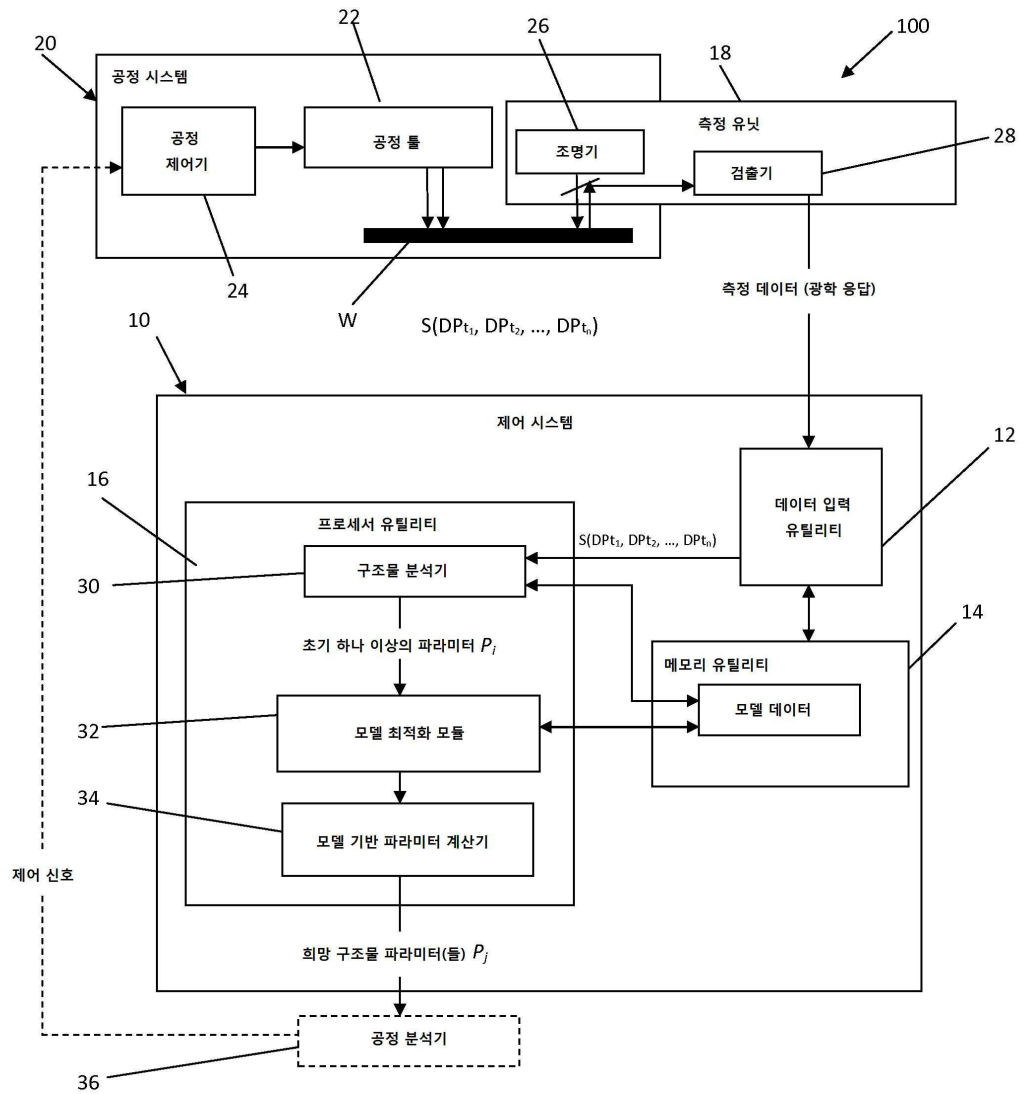
레시피가 모든 관련 파라미터를 다음 레시피에 투입시킬 수 있다. 이들 값이 모델로 투입되거나("일정한" 프로파일 파라미터) 및/또는 해석을 위한 시작점으로서 사용된다(주 공정 파라미터 및 보조 공정 파라미터).

[0060] 앞서 언급된 바와 같이, 측정 유닛은 복수의 조명/검출 유닛 또는 동일한 조명 조립체와 연관된 복수의 검출기를 이용하여, 복수의 검출기로부터의 정보의 병렬(동시) 처리를 가능하게 할 수 있다. 추가 검출기가 인-시추로 사용되는 경우, 공정에 대한 관련 정보의 투입으로서, 그리고 작업을 수행하기 위해 사용될 수 있는 추가 신호로서, 이들 검출기로부터의 정보가 실시간으로 사용되어 예측 결과(prediction result)를 개선할 수 있다. 복수의 검출기가 웨이퍼 상의 서로 다른 위치를 "보고" 있는 경우, 공정을 통해 웨이퍼 서명(광학 응답)이 결정 및 제어될 수 있다. 이는 특히 공정 동안 웨이퍼 위치가 검출기에 대해 변하는 공정의 경우 중요하다. 이러한 공정의 예시들 중 하나가 웨이퍼가 고정된 검출기 위에서 이동하는 경우 화학 기계적 평탄화(Chemical Mechanical Planarization)(CMP)이다. 복수의 검출기로부터의 정보의 동시 해석과 함께 검출기에 대한 웨이퍼의 상태 위치에 대한 정보가 CMP율에 대한 제어와 웨이퍼 균일도 제어 모두 가능하게 한다.

[0061] 서로 다른 검출기 및/또는 공정 관련 파라미터로부터의 정보, 가령, 플라스마/가스/조성/등의 변화가 최적의 수렴을 가능하게 한다. 구체적 예시가 일부 공정 단계에 대해 측정의 유효 분위기가 진공상태로 근사될 수 없는 경우 보고된 기하학적 프로파일 파라미터의 정확도에 영향을 미치지 않고 유효한 분위기(플라스마 가스 또는 에칭 부산물)의 변화가 측정 스펙트럼에 미치는 영향이다. 이러한 경우, 분위기는 정확하게 (광학적으로) 기술될 필요가 있다. 이러한 분위기는 톨/공정/웨이퍼 스택/가스/플라스마/등의 파라미터에 따라 달라질 수 있고, 이러한 상세한 순간적인 정보를 공정 톨로부터 수신하는 것이 순간적인 모델 표현 및 정확한 프로파일 측정에 대한 올바른 분위기 모델을 선택하는 것을 보조할 수 있다.

도면

도면1



도면2

