



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2019년07월16일
(11) 등록번호 10-2000746
(24) 등록일자 2019년07월10일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 21/66 (2006.01) *G01B 21/04* (2006.01)
- (52) CPC특허분류
H01L 22/12 (2013.01)
G01B 21/042 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2015-7007740
- (22) 출원일자(국제) 2013년09월05일
심사청구일자 2018년09월05일
- (85) 번역문제출일자 2015년03월26일
- (65) 공개번호 10-2015-0052128
- (43) 공개일자 2015년05월13일
- (86) 국제출원번호 PCT/US2013/058254
- (87) 국제공개번호 WO 2014/039674
국제공개일자 2014년03월13일
- (30) 우선권주장
61/696,963 2012년09월05일 미국(US)
(뒷면에 계속)
- (56) 선행기술조사문현
KR1020040093168 A
KR1020060129421 A
KR1020110136845 A

(73) 특허권자
케이엘에이-텐코 코포레이션
미합중국, 캘리포니아 95035, 밀피타스, 원 테크
놀로지 드라이브

(72) 발명자
아미트 에란
이스라엘 37061 하이파 파데스 한나-카르쿠르 제
바 3/6
클레인 다나
이스라엘 34816 하이파 카르멜리야 알렉산더 야나
이 23
(뒷면에 계속)

(74) 대리인
김태홍, 김진희

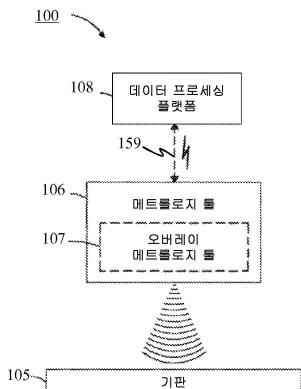
전체 청구항 수 : 총 17 항

심사관 : 홍종선

(54) 발명의 명칭 편심 타겟 부정확도를 추정 및 정정하기 위한 방법

(57) 요약

본 개시의 양상들은 비례 팩터들을 이용함으로써 메트롤로지 툴을 교정하기 위한 시스템들 및 방법을 설명한다. 비례 팩터들은 상이한 측정 조건들 하에서 기관을 측정함으로써 획득될 수 있다. 이어서, 측정된 메트롤로지 값 및 하나 이상의 품질 메리트들이 계산된다. 이 정보로부터, 비례 팩터들이 결정될 수 있다. 그 후, 비례 팩터들은 메트롤로지 측정에서 부정확도를 정량화하는데 이용될 수 있다. 비례 팩터들은 또한 최적화 측정 레시피를 결정하는데 또한 이용될 수 있다. 이 요약은 검색자 또는 다른 독자가 기술적 개시물의 주제를 빠르게 확인하는 것을 허용하게 하는 요약을 요구하는 규칙들에 따라 제공된다는 것이 강조된다. 이것은 청구항들의 범위 또는 의미를 해석하거나 제한하는데 이용되지 않을 것이라고 이해할 수 있게 된다.

대 표 도 - 도1a

(72) 발명자

코헨 구이

이스라엘 20155 야아파 디.엔. 미스가브

위드만 아미르

이스라엘 30860 디.엔. 호프 하카르멜 에인 카르멜

슈알 님로드

이스라엘 5314 노피트 해멕 232

마나센 암논

이스라엘 34982 하이파 골다 메이르 12

아미르 누리엘

이스라엘 20692 스트리트 요크네암 야르덴 스트리트 34

(30) 우선권주장

61/697,159 2012년09월05일 미국(US)

61/764,441 2013년02월13일 미국(US)

61/766,320 2013년02월19일 미국(US)

13/834,915 2013년03월15일 미국(US)

명세서

청구범위

청구항 1

비일시적 컴퓨터 판독 가능 저장매체에 있어서,

메트로로지 툴(metrology tool)을 교정(calibrating)하는데 적합한 하나 이상의 비례 팩터(proportionality factor)를 생성하기 위한 프로그램 명령어들을 포함하고, 컴퓨터 시스템의 하나 이상의 프로세서에 의한 상기 프로그램 명령어들의 실행은 상기 하나 이상의 프로세서로 하여금,

기판에 걸쳐 분포된 복수의 측정 위치들의 각각의 측정 위치에 대한 복수의 메트로로지 측정 신호들을 획득하는 단계로서, 각각의 측정 위치에 대해 획득된 상기 복수의 측정 신호들 각각은 복수의 상이한 측정 조건들 중 하나로 측정 위치를 측정하는 메트로로지 툴에 의해 생성되는 것인, 상기 복수의 메트로로지 측정 신호들을 획득하는 단계;

각각의 측정 신호에 대한 측정된 메트로로지 값 및 하나 이상의 품질 메리트(quality merit)를 결정하는 단계;

상기 복수의 상이한 측정 조건들 중 하나에 각각 대응하는 비례 팩터들을 결정하기 위해 측정된 메트로로지 값 및 상기 품질 메리트를 활용하는 단계; 및

후속 메트로로지 측정 값을 생성할 때, 후속 타겟들을 측정하는데 이용되는 측정 조건에 대응하는 비례 팩터를 이용하도록 상기 메트로로지 툴을 교정하는 단계

를 수행하게 하는 것인, 비일시적 컴퓨터 판독 가능 저장매체.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

측정 조건들의 어느 결합이 최적화된 측정 레시피를 생성하는지를 결정하기 위해 상기 측정 조건들 각각에 대응하는 비례 팩터들을 비교하는 단계; 및

상기 후속 메트로로지 측정들에서 상기 최적화된 측정 레시피를 활용하도록 상기 메트로로지 툴에 지시하는 단계를 더 포함하는, 비일시적 컴퓨터 판독 가능 저장매체.

청구항 3

제 2 항에 있어서,

상기 최적화된 측정 레시피는 상기 메트로로지 측정 값의 부정확도의 양을 최소화하는 것인, 비일시적 컴퓨터 판독 가능 저장매체.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 복수의 상이한 측정 조건들은 상이한 컬러 필터들인 것인, 비일시적 컴퓨터 판독 가능 저장매체.

청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 복수의 상이한 측정 조건들은 상이한 포커스 포지션들인 것인, 비일시적 컴퓨터 판독 가능 저장매체.

청구항 6

제 1 항에 있어서,

상기 복수의 상이한 측정 조건들은 상이한 광 편광들인 것인, 비일시적 컴퓨터 판독 가능 저장매체.

청구항 7

제 1 항에 있어서,

상기 복수의 상이한 측정 조건들은 상기 기판 상의 타겟의 상이한 타입들인 것인, 비일시적 컴퓨터 판독 가능 저장매체.

청구항 8

제 7 항에 있어서,

각각의 측정 위치는 서로 가까이 위치된 복수의 타겟 타입들을 포함하는 것인, 비일시적 컴퓨터 판독 가능 저장매체.

청구항 9

제 1 항에 있어서,

상기 메트롤로지 툴은 오버레이 툴(overlay tool)인 것인, 비일시적 컴퓨터 판독 가능 저장매체.

청구항 10

제 9 항에 있어서,

상기 측정된 메트롤로지 값들은 오버레이 측정들인 것인, 비일시적 컴퓨터 판독 가능 저장매체.

청구항 11

제 1 항에 있어서,

상기 메트롤로지 툴은 임계 치수 메트롤로지 툴인 것인, 비일시적 컴퓨터 판독 가능 저장매체.

청구항 12

제 11 항에 있어서,

상기 측정된 메트롤로지 값은 스캐터로메트리(scatterometry)로 형성되는 것인, 비일시적 컴퓨터 판독 가능 저장매체.

청구항 13

제 11 항에 있어서,

상기 측정된 메트롤로지 값은 엘립소메트리(ellipsometry)로 형성되는 것인, 비일시적 컴퓨터 판독 가능 저장매체.

청구항 14

제 11 항에 있어서,

상기 측정된 메트롤로지 값은 CD-SEM으로 형성되는 것인, 비일시적 컴퓨터 판독 가능 저장매체.

청구항 15

네트워크 상에서 동작하도록 구성된 메트롤로지 툴(metrology tool)에 있어서,

프로세서;

상기 프로세서에 연결되는 메모리;

상기 프로세서에 의한 실행을 위해 메모리에서 구현되는 하나 이상의 명령어를 포함하고,

상기 명령어는 상기 메트롤로지 툴을 교정(calibrating)하는데 적합한 하나 이상의 비례 팩터를 생성하도록 구

성되며,

상기 프로세서에 의한 상기 하나 이상의 명령어의 실행은, 상기 프로세서로 하여금,

기판에 걸쳐 분포된 측정 위치들의 각각의 측정 위치에 대한 복수의 메트롤로지 측정 신호들을 획득하는 단계로서, 각각의 측정 위치에 대해 획득된 상기 복수의 측정 신호들 각각은 복수의 상이한 측정 조건들 중 하나로 측정 위치를 측정하는 메트롤로지 툴에 의해 생성되는 것인, 상기 복수의 메트롤로지 측정 신호들을 획득하는 단계;

각각의 측정 신호에 대한 측정된 메트롤로지 값 및 하나 이상의 품질 메리트(quality merit)를 결정하는 단계;

상기 복수의 상이한 측정 조건들 중 하나에 각각 대응하는 비례 팩터들을 결정하기 위해 상기 측정된 메트롤로지 값 및 상기 품질 메리트를 활용하는 단계; 및

후속 메트롤로지 측정 값들을 생성할 때, 후속 타겟들을 측정하는데 이용되는 측정 조건에 대응하는 상기 비례 팩터를 이용하도록 상기 메트롤로지 툴을 교정하는 단계

를 수행하게 하는 것인, 네트워크 상에서 동작하도록 구성된 메트롤로지 툴.

청구항 16

비일시적 컴퓨터 판독 가능 저장매체에 있어서,

메트롤로지 툴(metrology tool)로 비례 팩터들을 타겟 결합들에 연관시키기 위한 프로그램 명령어들을 포함하고, 컴퓨터 시스템의 하나 이상의 프로세서에 의한 상기 프로그램 명령어들의 실행은 상기 하나 이상의 프로세서로 하여금,

알려진 결합을 갖는 타겟으로부터 메트롤로지 신호를 획득하는 단계로서, 상기 메트롤로지 툴은 상기 메트롤로지 신호를 생성하기 위해 제 1 알려진 비례 팩터를 갖는 제 1 측정 조건을 이용하는 것인, 상기 메트롤로지 신호를 획득하는 단계;

상기 메트롤로지 신호에 대한 하나 이상의 품질 메리트를 계산하는 단계;

상기 하나 이상의 품질 메리트 및 비례 팩터들의 결합을 상기 알려진 결합에 연관시키는 단계; 및

결합 데이터베이스에 상기 연관을 저장하는 단계

를 수행하게 하는 것인, 비일시적 컴퓨터 판독 가능 저장매체.

청구항 17

비일시적 컴퓨터 판독 가능 저장매체에 있어서,

메트롤로지 툴(metrology tool)로 타겟 결합 타입들을 검출하기 위한 프로그램 명령어들을 포함하고, 컴퓨터 시스템의 하나 이상의 프로세서에 의한 상기 프로그램 명령어들의 실행은 상기 하나 이상의 프로세서로 하여금,

측정 레시피(measurement recipe)에 따라 기판 상의 하나 이상의 타겟을 측정함으로써 하나 이상의 측정 신호를 생성하는 단계로서, 상기 측정 레시피의 적어도 하나의 측정 조건은 알려진 비례 팩터를 갖는 것인, 상기 하나 이상의 측정 신호를 생성하는 단계;

상기 하나 이상의 측정 신호 각각에 대한 하나 이상의 품질 메리트를 생성하는 단계; 및

상기 알려진 비례 팩터 및 상기 하나 이상의 품질 메리트의 결합을, 결합 데이터베이스에서의 타겟 결합과 연관되었던, 저장된 비례 팩터 및 품질 메리트 결합들의 세트와 비교하는 단계

를 수행하게 하는 것인, 비일시적 컴퓨터 판독 가능 저장매체.

발명의 설명

기술 분야

우선권 주장

- [0002] 본 출원은 Eran Amit 등에 의해 2012년 9월 5일 출원되고, 발명의 명칭이 "METHOD FOR ESTIMATING AND CORRECTING MISREGISTRATION TARGET INACCURACY"인, 본원의 소유자와 동일한, 공동-계류중인 미국 가특허 출원 번호 제61/696,963호의 우선권 이익을 청구하며, 상기 미국 출원의 전체 개시물은 인용에 의해 본원에 포함된다.
- [0003] 본 출원은 Eran Amit 등에 의해 2012년 9월 5일 출원되고, 발명의 명칭이 "METHOD FOR ESTIMATING AND CORRECTING MISREGISTRATION TARGET INACCURACY"인, 본원의 소유자와 동일한, 공동-계류중인 미국 가특허 출원 번호 제61/697,159호의 우선권 이익을 청구하며, 상기 미국 출원의 전체 개시물은 인용에 의해 본원에 포함된다.
- [0004] 본 출원은 Eran Amit 등에 의해 2013년 2월 13일 출원되고, 발명의 명칭이 "METHOD FOR ESTIMATING AND CORRECTING MISREGISTRATION TARGET LAYER INACCURACY"인, 본원의 소유자와 동일한, 공동-계류중인 미국 가특허 출원 번호 제61/764,441호의 우선권 이익을 청구하며, 상기 미국 출원의 전체 개시물은 인용에 의해 본원에 포함된다.
- [0005] 본 출원은 Eran Amit 등에 의해 2013년 2월 19일 출원되고, 발명의 명칭이 "METHOD FOR ESTIMATING AND CORRECTING MISREGISTRATION INACCURACY BASED ON LOT OPTIMIZATION"인, 본원의 소유자와 동일한, 공동-계류중인 미국 가특허 출원 번호 제61/766,320호의 우선권 이익을 청구하며, 상기 미국 출원의 전체 개시물은 인용에 의해 본원에 포함된다.
- [0006] 본 발명의 분야
- [0007] 본 개시의 양상들은 메트롤로지 측정들(metrology measurements)에 관한 것으로서, 보다 구체적으로는, 오버레이 측정에서 타겟들의 체계적 편심 에러들(systematic misregistration errors)을 결정하기 위한 장치들 및 방법들에 관한 것이다.
- 배경기술**
- [0008] 로직 및 메모리 디바이스들과 같은 반도체 디바이스들의 제조는 다양한 피처들 및 다수의 층들을 형성하기 위한 매우 다수의 프로세싱 단계들을 포함한다. 예를 들어, 층들은 리소그래피 프로세스로 형성될 수 있다. 리소그래피는 래터클로부터 반도체 기판 상에 배열되는 레지스트로 패턴을 전사함으로써 수행된다. 메트롤로지 프로세스는 반도체 제조의 정확도를 모니터링하기 위해 리소그래피 프로세싱 단계들 또는 임의의 다른 프로세싱 단계들 간에 이용될 수 있다. 예를 들어, 메트롤로지 프로세스는 프로세스 단계 동안 웨이퍼 상에 형성되는 피처들의 치수들(예를 들어, 라인 폭, 두께 등)과 같은 웨이퍼의 하나 이상의 특성들을 측정할 수 있다. 오버레이 에러(overlay error)는 가장 중요한 특성의 예이다. 오버레이 측정은 일반적으로 제 1 패터닝된 층이 자신 위에 또는 아래 배치되는 제 2 패터닝된 층에 대해 얼마나 정확히 정렬되는지, 또는 제 1 패턴이 동일한 층 상에 배치되는 제 2 패턴에 대해 얼마나 정확히 정렬되는지를 측정한다. 오버레이 에러는 통상적으로 반도체 기판의 하나 이상의 층들 상에 형성되는 구조들을 갖는 오버레이 타겟을 이용하여 결정된다. 2개의 층들 또는 패턴들이 적절히 형성된 경우, 한 층 또는 패턴 상의 구조는 다른 층 또는 패턴 상의 구조와 정렬되는 경향이 있다. 2개의 층들 또는 패턴들이 적절히 형성되지 않은 경우, 한 층 또는 패턴 상의 구조는 다른 층 또는 패턴 상의 구조에 대해 오정렬되거나 오프셋되는 경향이 있다.
- [0009] 오버레이 에러는 2개의 컴포넌트들:(1) 랜덤 에러들; 및 (2) 체계적 에러(systematic error)들로 나눌 수 있다. 정밀도(precision)와 같은 랜덤 에러들은 충분히 큰 샘플 크기의 측정을 통해 평균화될 수 있다. 그러나 체계적인 에러들은, 이들의 타겟, 기판 그 자체, 측정 툴 또는 이들의 임의의 결합의 고유한 편중들의 결과이기 때문에 평균화의 이용을 통해 제거될 수 없다. 예를 들어, 타겟은 오버레이 에러의 정확도에 영향을 주는 비대칭 형상을 가질 수 있다. 비대칭 형상이 오버레이 에러에 미치는 효과의 상세한 설명은, Daniel Kandel 등에 의해 2012년 5월 7일 출원되고, 발명의 명칭이 "METHOD AND SYSTEM FOR PROVIDING A QUALITY METRIC FOR IMPROVED PROCESS CONTROL"이며, 본원의 소유자와 동일한 미국 특허 출원 번호 제13/508,495호에서 제공되며, 상기 미국 출원은 그 전체가 본원에 포함된다.
- [0010] 그 결과, 체계적인 오버레이 에러들의 영향을 완화하기에 적합한 시스템 및 방법을 제공하는 것이 바람직하다. 이 맥락 내에서, 본 발명의 실시예들이 발생하였다.

발명의 내용

[0011] 본 개시의 양상들에 따라, 메트롤로지 툴(metrology tool)을 교정하는데 적합한 하나 이상의 비례 팩터들(proportionality factors)을 생성하기 위한 방법이 기판에 걸쳐 분포된 복수의 측정 위치들의 각각의 측정 위치에 대한 복수의 메트롤로지 측정 신호들을 획득함으로써 실행될 수 있다. 각각의 측정 위치에 대해 획득된 복수의 측정 신호들 각각은 복수의 상이한 측정 조건들 중 하나로 측정 위치를 측정하는 메트롤로지 툴에 의해 생성될 수 있다. 이어서 프로세스는 각각의 측정 신호에 대한 측정된 메트롤로지 값 및 하나 이상의 품질 메리트들(quality merits)을 결정함으로써 지속될 수 있다. 다음으로, 품질 메리트들 및 측정된 메트롤로지 값들은 복수의 상이한 측정 조건들 중 하나에 각각 대응하는 비례 팩터들을 결정하기 위해 이용될 수 있다. 그 후 메트롤로지 툴은 후속 메트롤로지 측정 값들을 생성할 때, 후속 타겟들을 측정하는데 이용되는 측정 조건에 대응하는 비례 팩터를 이용하도록 교정될 수 있다.

[0012] 본 개시의 부가적인 양상에 따라, 방법은 측정 조건들의 어느 결합이 최적화된 측정 레시피를 생성하는지를 결정하기 위해 측정 조건들 각각에 대응하는 비례 팩터들을 비교하고 그 후 후속 메트롤로지 측정들에서 최적화된 측정 레시피를 활용하도록 메트롤로지 툴에 지시하기 위한 명령어들을 더 포함할 수 있다.

[0013] 본 개시의 양상들에 따라, 측정 조건들은 상이한 컬러 필터들, 상이한 포커스 위치들, 상이한 광 편광들, 또는 상이한 타겟 탑입들일 수 있지만, 이들로 제한되진 않는다. 본 개시의 다른 부가적인 양상들에 따라, 메트롤로지 툴은 오버레이 측정 툴, 임계 치수 측정 툴, 또는 3-차원 형상 측정 툴일 수 있지만, 이들로 제한되진 않는다. 본 개시의 다른 부가적인 양상들에 따라 측정된 메트롤로지 값은 오버레이 측정들일 수 있지만, 이들로 제한되진 않는다.

[0014] 본 개시의 부가적인 양상에 따라, 메트롤로지 툴로 타겟들을 비례 팩터들을 연관시키기 위한 방법이 설명된다. 이 방법은 알려진 결합을 갖는 타겟으로부터 메트롤로지 신호를 획득하는 단계를 포함하며, 여기서 상기 메트롤로지 툴은 메트롤로지 신호를 생성하기 위해 제 1 측정 조건을 이용한다. 이어서 방법은 메트롤로지 신호에 대한 하나 이상의 품질 메리트들을 계산함으로써 지속된다. 그 후 방법은 하나 이상의 품질 메리트들 및 비례 팩터들의 결합을 알려진 결합에 연관시킴으로써 지속될 수 있다. 이어서 방법은 결합 데이터베이스에 연관을 저장하는 단계를 포함할 수 있다.

[0015] 본 개시의 또 다른 부가적인 양상에 따라, 메트롤로지 툴로 타겟 결합 탑입들을 검출하기 위한 방법이 설명된다. 이 방법은 우선, 측정 레시피(measurement recipe)에 따라 기판 상의 하나 이상의 타겟들을 측정함으로써 하나 이상의 측정 신호들을 생성하는 단계를 포함할 수 있으며, 여기서 상기 측정 레시피의 적어도 하나의 측정 조건은 알려진 비례 팩터를 갖는다. 이어서 이 방법은 하나 이상의 측정 신호들 각각에 대한 하나 이상의 품질 메리트들을 생성하는 단계를 포함할 수 있다. 그 후 이 방법은 알려진 비례 팩터 및 하나 이상의 품질 메리트들의 결합을, 결합 데이터베이스에서 타겟 결합과 연관된 저장된 비례 팩터 및 품질 메리트 결합들의 세트에 비교함으로써 지속될 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0016] 본 발명의 목적들 및 이점들은 이하의 상세한 설명을 읽고 첨부 도면들을 참조하면 자명하게 될 것이다.

도 1a는 본 개시의 특정한 양상들에 따라 비례 팩터들을 결정하기에 적합할 수 있는 시스템의 블록도이다.

도 1b는 본 개시의 양상에 따라 도 1a에서 설명된 시스템에서 이용될 수 있는 기판의 위에서 본 광경이다.

도 1c는 본 개시의 양상에 따라 도 1b에서 도시된 노출 필드의 줌인된 광경이다.

도 1d는 본 개시의 양상에 따라 도 1a에서 설명된 시스템에서 이용될 수 있는 데이터 프로세싱 플랫폼의 블록도이다.

도 2a는 본 개시의 양상에 따라 비례 팩터들로 메트롤로지 툴을 교정하기 위한 방법의 흐름도이다.

도 2b는 본 개시의 양상에 따라 비례 팩터들로 메트롤로지 툴을 교정하기 위한 방법을 설명하기 위해 도 2a의 흐름도와 함께 이용될 수 있는 블록도이다.

도 3a는 측정 조건이 타겟 탑입인, 본 개시의 양상들과 함께 이용될 수 있는 기판의 위에서 본 광경이다.

도 3b는 측정 조건이 타겟 탑입인, 본 개시의 양상들과 함께 이용될 수 있는 도 3a의 기판의 영역의 줌인된 위에서 본 광경이다.

도 4는 본 개시의 양상에 따라 타겟 결합 탑입과 비례 팩터의 연관을 구축하는데 이용될 수 있는 방법의 흐름도

이다.

도 5는 본 개시의 양상에 따라 비례 팩터들을 이용하여 메트롤로지 툴로 타겟 결합 타입을 검출하는데 이용될 수 있는 방법의 흐름도이다.

도 6a 내지 도 6c는 본 개시의 다양한 양상들을 구현하는데 이용될 수 있는 프로그램 명령어들을 예시하는 블록도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0017] 다음의 상세한 설명은 예시 목적을 위한 다수의 특정한 세부사항들을 포함하지만, 당업자라면 다음의 세부사항들에 대한 다양한 변형들 및 변경들이 본 발명의 범위 내에 있다는 것을 인지할 것이다. 이에 따라, 아래에서 설명되는 본 발명의 예시적인 실시예들은 일반성의 어떠한 손실도 없이 그리고 제한들을 부과함 없이, 청구된 발명을 기술한다. 부가적으로, 본 발명의 실시예들이 컴포넌트들이 다수의 상이한 배향들로 포지셔닝될 수 있지만, 방향성 용어는 예시 목적을 위한 것이고 어떠한 방식으로도 제한하지 않는다. 다른 실시예들이 활용될 수 있고, 구조적 또는 논리적 변화들이 본 발명의 범위로부터 벗어남 없이 이루어질 수 있다는 것이 이해될 것이다.

[0018] 이 문서에서, 특히 문서들에 일반적인 바와 같이 단수로 표현된 용어들은 하나 또는 1개 초과를 포함하도록 이용된다. 이 문서에서, "또는"이란 용어는 비배타적인 "또는"을 지칭하도록 이용되어서, "A 또는 B"는 달리 표시되지 않으면, "B를 제외한 A만", "A를 제외한 B만" 및 "A 및 B"를 포함하게 된다. 다음의 상세한 설명은 이에 따라 제한적인 의미로 받아들이지 않고, 본 발명의 범위는 첨부된 청구항들에 의해 정의된다. "선택적" 또는 "선택적으로"는 후속적으로 설명되는 상황이 발생할 수 있거나 발생하지 않을 수 있어서, 설명은 그 상황이 발생하는 사례들 및 그것이 발생하지 않는 사례들을 포함하게 된다는 것을 의미한다. 예를 들어, 디바이스가 선택적으로 피처 A를 포함하는 경우, 이는 피처 A가 존재할 수 있거나 존재하지 않을 수 있고, 이에 따라 설명은 디바이스가 피처 A를 소유하는 구조들 및 피처 A가 존재하지 않는 구조들 둘 다를 포함한다는 것을 의미한다.

[0019] 본 개시의 양상들은 메트롤로지 측정들에서 개선된 여러 추정을 가능하게 하는 시스템들 및 방법들을 설명한다. 특히, 본 개시의 양상들은 오버레이 측정들에서 개선된 여러 추정을 가능하게 하는 메트롤로지 측정들을 설명한다. 그러나 부가적인 메트롤로지 측정들이 또한 본 개시의 양상들로부터 혜택을 받을 수 있고, 오버레이 측정들의 이용은 본 발명의 특정한 양상을 단지 예시한다는 것이 주의되어야 한다.

[0020] 본 개시의 특정한 양상에 따라, 오버레이 툴에 의해 측정되는 각각의 타겟에 대한 오버레이 에러(OVL_{meas})가 2개의 컴포넌트들의 결합인 것으로 가정된다. 제 1 컴포넌트는 정확한 측정(OVL_{acc})이다. OVL_{acc} 는 임의의 측정 방법에 관하여 로우버스트(robust) 측정이다. OVL_{acc} 는, 임의의 측정에 대해, 정확한 측정값이 직접 측정될 수 없는 경우조차도 그 정확한 값이 존재해야 하기 때문에 로우버스트 측정이다. 따라서 OVL_{acc} 는, 메트롤로지 툴에 의해 이용되는 측정 레시피(measurement recipe)에 무관하게 항상 동일할 것이다. 그러므로, 제 2 컴포넌트는 필수적으로 부정확도의 측정이다. 이 가정에 따라, 측정된 오버레이는 수학식 1에 의해 설명될 것이다.

수학식 1

$$OVL_{meas} = OVL_{acc} + \text{부정확도}$$

[0021]

0022] OVL_{acc} 를 결정하기 위해, 각각의 타겟에 대한 부정확도(inaccuracy)의 값을 결정하는 것이 이에 따라 필수적이다. 부정확도는 타겟 및/또는 시스템 미비점(system imperfection)들에 대한 측정 방법의 응답 함수이다. 일반적으로, 부정확도는 수학식 2에 의해 모델링될 수 있지만, 수학식 2의 함수는 선형 관계로 제한되지 않고 단지 예시로서 해석되어야 한다는 것이 여기서 인지된다. 수학식 2의 함수는 다양한 수학적 형태를 취할 수 있다는 것이 예상된다.

수학식 2

$$\text{부정확도} = \alpha * Q_{merit}$$

[0023]

[0024] Q_{merit} 은 물질 메리트(quality merit)이고, α 는 비례 팩터(proportionality factor)이다. Q_{merit} 은 측정된 각각의 타겟에 대해 계산될 수 있다. 품질 메리트의 계산은 Daniel Kandel 등에 의해 2012년 5월 7일 출원되고 발명의 명칭이 METHOD AND SYSTEM FOR PROVIDING A QUALITY METRIC FOR IMPROVED PROCESS CONTROL인, 본원의 소유자와 동일한 미국 특허 출원 제13/508,495호에서 상세히 설명되며, 상기 미국출원은 그 전체가 본원에 포함된다. 비례 팩터는 실수이고, 각각의 측정 조건 및 미비점 타입에 대해 고유하다. 본 명세서에서 이용된 바와 같이, "측정 조건"이란 문구는 측정 신호를 획득하기 위해 메트롤로지 툴에 의해 이용되는 파라미터를 지칭한다. 제한이 아닌 예로서, 측정 조건들은 컬러 필터, 포커스 포지션, 편광, 조명 각도, 또는 타겟 타입의 선택을 포함할 수 있다. 본 명세서에서 이용된 바와 같이, "측정 신호"란 문구는 측정되는 기판의 실세계 특성에 대응하는, 메트롤로지 툴에 의해 검출된 신호를 지칭한다. 예로서, 오버레이 에러를 분석하는데 이용되는 디지털 이미지(또는 디지털 이미지를 생성하기 위해 이용되는 신호들의 세트)가 측정 신호일 수 있다. 다수의 측정 조건들의 결합은 "측정 레시피"로서 지칭될 수 있다. 본 명세서에서 이용된 바와 같이, "미비점 타입"이란 문구는 측벽 각도 비대칭, 타겟 두께 변동, 또는 측정 시스템 미비점들과 같은(그러나 이들로 제한되지 않음) 타겟의 결함들을 지칭한다.

[0025]

그러므로 다양한 측정 조건들에 대한 비례 팩터(α) 및 미비점 타입들이 알려지면, 미래 측정들의 부정확도들이 결정될 수 있다. 부가적으로, 각각의 측정 조건에 대한 비례 팩터(α)가 알려지면, 최적화된 측정 레시피가 개발될 수 있다. 이에 따라, 본 개시의 부가적인 양상에 따라, 비례 팩터들(α)은 미래 결함 식별을 위해 데이터 베이스에서 카테고리화될 수 있다. 각각의 결함 타입이 고유한 알파에 의해 식별 가능하기 때문에, 주어진 결함 타입과 연관되는 α 의 모습(appearance)은 그 후 그 특정한 결함에 대한 식별자로서 이용될 수 있다. 따라서, 본 개시의 양상들은 오버레이 시스템과 같은 메트롤로지 툴에 부가적인 결함 식별 기능성을 제공할 수 있다.

[0026]

도 1a는 반도체 기판(105) 상의 타겟들(117)의 메트롤로지 측정들 동안 발생하는 체계적 측정 에러를 결정하는데 활용될 수 있는 시스템(100)의 블록도이다. 시스템(100)은 기판(105)을 포함할 수 있다. 본 개시 전체에 걸쳐서 이용되는 바와 같이, "기판"이란 용어는 일반적으로 반도체 또는 비-반도체 물질로 형성된 기판을 지칭한다. 예를 들어, 반도체 물질 또는 비반도체 물질은, 단결정 실리콘, 갈륨 비화물, 및 인듐 인화물을 포함할 수 있지만 이들로 제한되지 않는다. 기판(105)은 하나 이상의 층들을 포함할 수 있다. 예를 들어, 이러한 층들은, 레지스트, 유전체 물질, 전도성 물질 및 반전도성 물질을 포함할 수 있지만, 이들로 제한되지 않는다. 다수의 상이한 타입의 이러한 층들은 당 분야에 알려져 있고, 본 명세서에서 이용되는 바와 같은 기판이란 용어는 이러한 층들의 모든 타입들이 형성될 수 있는 기판을 포함하도록 의도된다.

[0027]

도 1b에서 도시된 바와 같이, 기판(105)은 반도체 웨이퍼일 수 있고 리소그래피 프로세싱 툴들(예를 들어, 스텝페더, 스캐너들 등)에 의해 활용될 수 있는 복수의 노출 필드들(115)을 포함할 수 있다. 각각의 필드(115) 내에, 도 1c에서 도시된 노출 필드(115)의 줌인된 이미지(zoomed in image)에서 알 수 있는 바와 같이, 다수의 다이(116)가 있을 수 있다. 다이(116)는 결국 단일 칩이 되는 기능적 유닛이다. 기판들(105)의 생산 시에, 오버레이 메트롤로지 타겟들(117)은 통상적으로 스크라이브 영역(scribble area)에(예를 들어, 필드의 4개의 코너들에) 배치된다. 이는 노출 필드 주변(예를 들어, 다이 외부)의 회로가 없는 영역이다. 몇몇 사례들에서, 오버레이 타겟들은 필드 주위가 아닌 다이 간의 영역들인 스트리트(street)들에 배치될 수 있다. 엔지니어링 및 특징화 기판(즉, 비-생산 기판들(non-production substrates))은 필드(115)의 중앙에 걸쳐 다수의 오버레이 타겟들을 가질 수 있다.

[0028]

기판(105) 상에 형성된 하나 이상의 층들은 패터닝되거나 패터닝되지 않을 수 있다. 예를 들어, 기판은, 각각이 반복 가능한 패터닝된 퍼처들을 갖는 복수의 다이들(116)을 포함한다. 이러한 물질층들의 형성 및 프로세싱은 궁극적으로 디바이스들을 완성시킬 수 있다. 다수의 상이한 타입들의 디바이스들이 기판 상에 형성될 수 있으며, 본 명세서에서 이용되는 바와 같은 기판이란 용어는 당 분야에 알려진 임의의 타입의 디바이스가 제조되는 기판을 포함하도록 의도된다.

[0029]

시스템(100)은 메트롤로지 툴(106)을 또한 포함할 수 있다. 본 명세서에서 이용된 바와 같이, 메트롤로지 툴은 기판(105) 상에서 메트롤로지 측정들을 수행할 수 있는 임의의 툴이다. 제한이 아닌 예로서, 메트롤로지 측정은 오버레이 측정 툴(107)에 의해 수행되는 오버레이 측정일 수 있다. 예로서, 오버레이 측정 툴(107)은 캘리포니아 밀피타스 소재의 KLA-Tencor로부터 입수 가능한 Archer 시리즈의 오버레이 메트롤로지 시스템들 중 임의의 것일 수 있다. 오버레이 툴(107)이 도 1a에서 특정되지만, 메트롤로지 툴(106)은 또한, 임계 치수(CD), 또는 3차원 형상 측정들과 같은(그러나 이들로 제한되지 않음) 임의의 메트롤로지 측정들을 행하는 툴일 수 있다. 그들이 주의되어야 한다. 부가적으로, 메트롤로지 툴(106)은 스캐터로메트리(scatterometry), 엘립소메트리(ellipsometry), 스캐닝 전자 현미경법(scanning electron microscopy; SEM), 또는 이들의 임의의 결합과 같은(그러나 이들로 제한되지 않음) 측정 방법들을 활용할 수 있다. 본 개시의 양상들에 적합할 수 있는 부가적인 메트롤로지 툴들은 캘리포니아, 밀피타스 소재의 KLA-Tencor로부터 입수 가능한 SpectraShape 계통의 메트롤로지 툴들을 포함(그러나 이들로 제한되지 않음)할 수 있다.

[0030]

기판(105) 상에서 메트롤로지 측정들을 수행하고 메트롤로지 측정들로부터 발생할 수 있는 메트롤로지 신호들의 프로세싱을 위한 명령어들은 데이터 프로세싱 플랫폼(108)에 의해 수행될 수 있다. 데이터 프로세싱 플랫폼(108)은 메트롤로지 툴(106) 외부에 있을 수 있거나, 또는 이는 메트롤로지 툴(106)에 통합될 수 있다.

[0031]

도 1d에서 도시된 바와 같이, 데이터 프로세싱 플랫폼(108)은 중앙 처리 장치(CPU)(131)를 포함할 수 있다. 예로서, CPU(131)는 임의의 적합한 프로세서 아키텍처 예를 들어, 듀얼-코어, 쿼드-코어, 멀티-코어, 또는 셀 프로세서 아키텍처에 따라 구성될 수 있는 하나 이상의 프로세서들을 포함할 수 있다. 데이터 프로세싱 플랫폼(108)은 또한 메모리(132)(예를 들어, RAM, DRAM, ROM 등)를 포함할 수 있다. CPU(131)는 프로세스-제어 프로그램(133)을 실행할 수 있으며, 이 프로그램의 일부는 메모리(132)에 저장될 수 있다. 데이터 프로세싱 플랫폼(108)은 또한 잘-알려진 지원 회로들(140), 예컨대, 입력/출력(I/O) 회로들(141), 전력 공급기들(P/S)(142), 클록(CLK)(143) 및 캐시(144)를 포함할 수 있다. 데이터 프로세싱 플랫폼(108)은 선택적으로 프로그램들 및/또는 데이터를 저장하기 위해 대용량 저장 디바이스(134), 예컨대, 디스크 드라이브, CD-ROM 드라이브, 테이프 드라이브 등을 포함할 수 있다. 데이터 프로세싱 플랫폼(108)은 또한 선택적으로, 데이터 프로세싱 플랫폼(108)과 사용자 간의 상호작용을 용이하게 하기 위해 디스플레이 유닛(137) 및 사용자 인터페이스(138)를 포함할 수 있다. 디스플레이 유닛(137)은 텍스트, 숫자들 또는 그래픽 심볼들을 디스플레이하는 음극선관(CRT) 또는 평면 패널 스크린의 형태일 수 있다. 사용자 인터페이스(138)는 키보드, 마우스, 조이스틱, 광 펜, 또는 다른 디바이스를 포함할 수 있다. 데이터 프로세싱 플랫폼(108)은 Wi-Fi, 이더넷 포트, 또는 다른 통신 방법들의 이용을 가능하게 하도록 구성된 네트워크 인터페이스(139)를 포함할 수 있다. 네트워크 인터페이스(139)는 적합한 하드웨어, 소프트웨어, 펌웨어 또는 전자 통신 네트워크(159)를 통한 통신을 용이하게 하도록 이들 중 2개 이상의 임의의 결합을 포함할 수 있다. 네트워크 인터페이스(139)는 인터넷과 같은 광역 네트워크들 및 로컬 에어리어 네트워크를 통한 무선 또는 유선 통신을 구현하도록 구성될 수 있다. 데이터 프로세싱 플랫폼(108)은 네트워크(159) 상에서 하나 이상의 데이터 패킷들을 통해 데이터 및/또는 파일들에 대한 요청들을 송신 및 수신할 수 있다. 위의 컴포넌트들은 내부 시스템 버스(150)를 통해 서로 신호들을 교환할 수 있다. 데이터 프로세싱 플랫폼(108)은 본 명세서에서 설명된 바와 같이 본 발명의 실시예들을 구현하는 코드를 실행할 때 특수 목적 컴퓨터가 되는 범용 컴퓨터일 수 있다. 본 개시의 양상들에 따라, 캘리포니아 밀피타스 소재의 KLA-Tencor로부터 입수 가능한 K-T Analyzer와 같은(그러나 이것으로 제한되지 않음) 메트롤로지 관리 시스템은 데이터 프로세싱 플랫폼(108)에 대해 액세스 가능하거나, 데이터 프로세싱 플랫폼(108) 상에 이식될 수 있다.

[0032]

도 2a는 본 개시의 양상에 따라 메트롤로지 툴을 교정하는데 적합한 하나 이상의 비례 팩터들을 생성하는데 이용될 수 있는 방법(200)을 도시하는 흐름도이다. 먼저, 261에서, 기판에 걸쳐서 분포된 복수의 측정 위치들의 각각의 측정 위치에 대해 복수의 메트롤로지 측정 신호들(221)이 획득될 수 있다. 측정 위치는, 측정될 메트롤로지 타겟(117)의 위치 또는 다수의 타겟들(117)이 서로 가까이 위치되는 위치의 위치일 수 있다. 각각의 측정 위치에 대해 획득된 복수의 측정 신호들(221) 각각은 복수의 상이한 측정 조건들 중 하나로 측정 위치를 측정하는 메트롤로지 툴(106)에 의해 생성된다.

[0033]

도 2b에서, 메트롤로지 측정 세트들(220)은 복수의 메트롤로지 측정 신호(221)를 포함하는 것으로 도시된다. 제한이 아닌 예로서, 다수(N)의 측정 세트들($220_1, 220_2, \dots, 220_N$)이 있을 수 있다. 각각의 측정 세트(220)는 다수(n)의 측정 신호들을 가질 수 있다. 예로서, 측정 세트(220_1)는, (도 1c에서 도시된) 제 1 측정 조건을 갖는 타겟들($117_1, 117_2$ 및 117_n)을 포함하는 위치들의 측정에 의해 생성된 측정 신호들($221_{1-2}, 221_{1-2}, \dots, 221_{1-n}$)을 가질 수 있다. 제한이 아닌 예로서, 제 1 측정 조건은 측정을 수행하기 위한 녹색 광의 이용일 수 있다.

부가적으로, 제 2 메트롤로지 측정 세트(220₂)는 동일한 타겟들(117₁, 117₂, 및 117_n)의 측정으로부터 발생하였지만, 이번에는, 백색 광을 이용한 측정을 수행하는 것과 같이 제 2 측정 조건으로 측정되는 신호들인 측정 신호들(221₂₋₁, 221₂₋₂, ..., 221_{2-n})을 포함할 수 있다.

[0034] 그 후, 262에서, 측정된 메트롤로지 값(222) 및 하나 이상의 품질 메리트(223)가 각각의 측정 신호(221)에 대해 결정된다. 제한이 아닌 예로서, 측정된 메트롤로지 값(222)은 측정된 오버레이 에러(OVL_{meas})일 수 있다. 측정된 메트롤로지 값(222) 및 하나 이상의 품질 메리트들을 결정하는 프로세스는 Daniel Kandel 등에 의해 2012년 5월 7일 출원되고 발명의 명칭이 "METHOD AND SYSTEM FOR PROVIDING A QUALITY METRIC FOR IMPROVED PROCESS CONTROL"이며, 본원의 소유자와 동일한 미국 특허 출원 번호 제13/508,495호에서 상세히 설명되며, 이 미국특허 출원은 그 전체가 본원에 포함된다. 요약하면, 오버레이 측정 신호들에 대한 품질 메리트들에 관하여, 품질 메리트의 결정은 다수의 오버레이 추정들을 계산하기 위해 하나 이상의 획득된 메트롤로지 신호들(221)에 복수의 오버레이 알고리즘들을 적용함으로써 완수될 수 있다. 그 후, 이를 계산된 오버레이 추정들의 분포 또는 스팬(span)에 기초하여, 기관의 각각의 샘플링된 메트롤로지 타겟(117)에 대한 품질 메리트(223)가 생성될 수 있다.

[0035] 메트롤로지 측정 값들(222) 및 품질 메리트들(223)이 샘플링된 타겟들(117) 각각에 대해 결정된 이후, 복수의 측정 조건들 각각에 대응하는 비례 팩터들은 이어서 방법(200)의 블록(263)에 의해 도시된 바와 같이 결정될 수 있다.

[0036] 상이한 측정 조건들을 통해 획득된 측정된 메트롤로지 값들(222) 및 Qmerits(223)을 이용함으로써 그리고 (위에서 설명된 바와 같이, 모든 측정 방법들에 대해 공통적인) OVL_{acc}의 로우버스트함(robustness)을 이용함으로써, 각각의 측정 방법의 비례 팩터는 수학식 3을 최소화함으로써 결정될 수 있다.

수학식 3

$$x^2 = \sum_{n=1}^N \sum_{c_1=1}^{N_c} \sum_{c_2=1}^{c_1-1} W_n \left[\left(OVL_{n,c_1} - \sum_d \alpha_{c_1}^{(d)} Qmerit_{n,c_1}^{(d)} \right) - \left(OVL_{n,c_2} - \sum_d \alpha_{c_2}^{(d)} Qmerit_{n,c_1}^{(d)} \right) \right]^2$$

[0037] 여기서 n은 각각의 측정 위치의 사이트 인덱스이고, c1 및 c2는 상이한 N_c 측정 조건들을 표현하고, d는 각각의 메리트 값들의 인덱스이다(그 이유는, 측정 조건에 대하여, 사이트 당 1개 초과의 메리트가 있는 사례들이 있을 수 있기 때문임). W_n은, 상이한 사이트 인덱스들(n)이 회귀(regression)에 대한 상이한 기여분들(contributions)을 갖도록 허용하는 정규화된 가중 함수이다. 가중 함수의 이용은, 품질 메리트들에서 반드시 반영되진 않을 수 있는, 기관에 관한 부가적인 정보가 알려질 때 유익할 수 있다. 제한이 아닌 예로서, 가중 함수는 활성 디바이스에 더 가까이 위치되는 타겟들에 부가적인 가중을 제공하도록 활용될 수 있는데, 그 이유는 수학식에 대한 그의 기여분이 통상적으로 보다 클 것이기 때문이다. 또한, 오버레이 측정들 및 품질 메리트들은 각각의 사이트 및 측정 조건에 대해 상이한 반면에, 비례 팩터들이 전체 샘플에 대해 공통적이라는 것이 주의되어야 한다.

[0039] 따라서, 비례 팩터들이 결정되면, 방법은, 메트롤로지 툴이 후속 메트롤로지 측정 값들을 생성할 때 후속적인 타겟들을 측정하는데 이용되는 측정 조건에 대응하는 비례 팩터(224)를 이용하도록 메트롤로지 툴(106)을 교정함으로써 블록(264)에서 지속될 수 있다. 교정은, 측정 조건이 알려질 것이고 적절한 비례 팩터가 적용될 수 있기 때문에 부정확도 부분(Inacc.=a*Qmerit)을 제거함으로써 후속 측정된 메트롤로지 값들을 자동으로 조정할 수 있다. 예로서, 녹색 광을 이용한 측정에 대한 비례 팩터가 발견된 경우, 녹색 광을 활용하는 후속 측정들에서, 측정은 측정의 부정확도 부분을 제거하여 정확한 부분만을 제시하도록 교정될 수 있다.

[0040] 방법(200)은 또한 선택적으로, 블록(265)에서 후속적인 기관들 상에서 메트롤로지 툴에 의한 이용을 위해 최적의 측정 레시피를 생성하는 것을 포함한다. 그것에 대해 계산된 비례 팩터를 갖는 각각의 측정 조건이 교정될 수 있지만, 가장 적은 양의 교정을 요구하는 측정 조건들(즉, 최소 량의 부정확도를 갖는 측정 조건들)을 활용하는 것이 또한 바람직할 수 있다. 그러므로, 블록(265)에서, 방법(200)은 측정 조건들의 어느 결합이 최적화된 측정 레시피를 생성하는지를 결정하기 위해 측정 조건들 각각에 대응하는 부정확도 추정들을 (품질 메리트 및 비례 팩터들에 기초하여) 비교함으로써 지속될 수 있다. 그 후, 블록(266)에서, 방법(200)은 또한 선택적으

로, 후속 메트롤로지 측정들에서 최적화된 메트롤로지 레시피를 활용하도록 메트롤로지 툴(106)에 지시하는 것을 포함할 수 있다. 본 명세서에서 이용된 바와 같이, 최적화된 측정 레시피는, 최소량의 부정확도, 증가된 측정 쓰루풋 또는 (종래의 TMU 정의에 기초하여) 측정 성능 간의 임의의 원하는 벨런스 및 부정확도의 최소화를 생성하는 측정 레시피들을 포함할 수 있다. 그러나 명료함을 위해, 최적화는 레시피만을 변경하고, 교정 함수는 변경되지 않는다는 것이 주의되어야 한다. 본 개시의 부가적인 양상들에 따라, 후속 프로세싱에서 사용하기 위한 타겟(117)의 선택에 관하여 이루어지는 부가적인 최적화가 있을 수 있다. 위에서 설명된 바와 같이, 메트롤로지 측정에 대해 이용된 타겟의 타입은 측정 조건들 중 하나일 수 있다. 제한이 아닌 예로서, 메트롤로지 타겟들은 박스-인-박스(box-in-box; BiB), 진보된 이미징 메트롤로지(advanced imaging metrology; AIM), AIMid, 블라썸(Blossom), 또는 다중층 AIMid 메트롤로지 타겟들일 수 있다. 주어진 프로세스에 대한 최적화된 타겟 타입은 각각의 타입의 비례 팩터를 결정함으로써 발견될 수 있다. 다수의 측정 조건들을 갖는 단일 타겟을 측정하는 대신, 다수의 타겟 타입들이 서로 가까이 포지셔닝되어, 그의 위치는 이상적인 것으로 가정될 수 있다. 이어서 동일한 측정 조건들이 타겟 타입들 각각을 측정하는데 활용될 수 있다.

[0041] 도 3a는 최적의 타겟 타입의 결정을 허용하는 방식으로 프로세싱되는 기판(105)의 예이다. 알 수 있는 바와 같이, 기판 상에 복수의 위치들(311, 312 및 313)이 존재한다. 각각의 위치에서, 복수의 상이한 타입들의 타겟들이 있을 수 있으며, 각각의 위치는 동일한 복수의 타겟들을 갖는다. 도 3b에서 도시된 바와 같이, 위치(311)는 3개의 상이한 타겟 타입들(317₁, 317₂ 및 317_N)을 갖는다. 타겟들은 이들이 동일한 위치를 갖는 것으로 가정될 수 있도록 서로에 대해 충분히 근접하게 형성된다. 예로서, 타겟들은, 그의 오버레이 차이들이 요구된 정밀도 보다 더 작은 경우 그 가정을 하기에 충분히 서로 근접하다. 타겟들이 기판 상에 형성되면, 측정 신호(221)는 각각의 타겟에 대해 생성된다. 서로 가까이 위치되는 타겟들은 동일한 위치에 형성된다고 가정되므로, 다수의 측정 신호들(221)은 복수의 위치들(1-N) 각각에 대해 생성될 것이다. 그 후, 측정 신호들(221)은 방법(200)에서 설명된 것과 실질적으로 유사한 방식으로 타겟 타입들 각각에 대한 비례 팩터들을 결정하는데 활용된다.

[0042] 본 개시의 부가적인 양상들에 따라, 비례 팩터들은 메트롤로지 툴의 기능성을 확장하는데 이용될 수 있다. 특히, 오버레이 메트롤로지 툴에서, 상이한 측정 조건들에서의 정확도 추정 및/또는 상이한 품질 지표들(quality metrics)의 결합은 타겟 부정확도에 영향을 주는 특정한 결함을 식별하는데 이용될 수 있으며, 그에 따라 오버레이 툴 능력들을 연장시킨다. 본 개시의 부가적인 양상들에 따라, 비례 팩터들이 단독으로 결함 타입들을 식별하는데 또한 이용될 수 있다.

[0043] 도 4는 본 개시의 양상에 따라 비례 팩터로 타겟 결함을 식별하기 위해 이용될 수 있는 방법(400)의 흐름도를 도시한다. 먼저, 박스(481)에서, 메트롤로지 신호가 알려진 결함을 갖는 타겟으로부터 획득될 수 있으며, 여기서 메트롤로지 툴이 메트롤로지 신호를 생성하기 위해 제 1 알려진 비례 팩터를 갖는 제 1 측정 조건을 이용한다. 하나 이상의 품질 메리트들이 이어서 박스(482)에서 결과적인 메트롤로지 신호로부터 생성될 수 있다. 측정 조건의 비례 팩터 및 결과적인 하나 이상의 품질 메리트들의 결합은 박스(483)에서, 알려진 타겟 결함과 연관되고 타겟 결함 데이터베이스에 저장될 수 있다. 이어서, 블록(484)에서, 연관은 결함 데이터베이스에 저장될 수 있다. 제한이 아닌 예로서, 결함 데이터베이스는 데이터 프로세싱 플랫폼(108) 상의 메모리에 위치될 수 있다. 그 후, 방법(400)은 결함 데이터베이스에 또한 저장될 수 있는 알려진 타겟 결함에 대응하는 부가적인 비례 팩터-품질 메리트 결합들을 생성하기 위해 상이한 측정 조건들에 대해 선택적으로 반복될 수 있다.

[0044] 결함 데이터베이스가 설정되면, 도 5의 방법(500)은 타겟 결합들을 식별하는데 활용될 수 있다. 우선, 블록(591)에서, 메트롤로지 시스템은 측정 레시피에 따라 기판 상에서 하나 이상의 타겟들을 측정함으로써 하나 이상의 측정 신호들을 생성할 수 있다. 측정 레시피에서 이용되는 측정 조건들 중 적어도 하나는 알려진 비례 팩터들을 가져야 한다. 블록(592)에서, 측정 신호들은 하나 이상의 타겟들 각각에 대한 하나 이상의 품질 메리트들을 생성하는데 이용될 수 있다. 품질 메리트들은 본 개시 및/또는 인용에 의해 본 개시에 포함되는 출원들에서 설명된 것과 실질적으로 동일한 방식으로 생성될 수 있다. 이어서, 방법(500)은 블록(593)에서, 각각의 측정된 비례 팩터-품질 메리트 결합을, 결함 데이터베이스에 저장된 비례 팩터-품질 메리트 결합들에 비교함으로써 지속될 수 있다. 저장된 결합들과 측정된 결합들 중 임의의 것 간의 매칭(match)이 발견되는 경우, 결함의 존재의 표시가 생성될 수 있다.

[0045] 본 개시의 부가적인 양상에 따라, Qmerit 값들은 오버레이 측정들에 기초한 이미징을 이용할 때 각각의 타겟에 대해 계산되는 대신, 각각의 프로세싱 층에 대해 계산될 수 있다. 각각의 개별 층에 대한 Qmerit 값들의 계산은, 단일 층이 오버레이 측정에서 실질적으로 모든 에러를 담당한다고 가정하는 대신, 각각의 개별 층에 기인한 에러의 분석을 허용한다. 각각의 개별 층의 분석을 허용하기 위해, Qmerit 값들 중 일부는 현재 층에 대해, 일

부는 이전 층에 대해, 일부는 층들의 결합에 대해 계산될 수 있다는 점을 제외하고 수학식 3과 유사한 공식이 이용될 수 있다. 수학식 4-6은 다수의 층들을 분석하는, 본 개시의 양상들을 구현하기 위해 이루어질 수 있는 조정들을 도시한다.

[0046] 우선, 수학식 4에서, 수학식 1의 OVL 측정은 다수의 층들(L)을 포함하도록 부정확도 부분을 확장함으로써 변경된다.

수학식 4

$$OVL_{meas} = OVL_{acc} + \sum_L Inacc_L$$

[0047] [0048] OVL_{meas} 는 측정된 오버레이이고, OVL_{acc} 는 교정된 오버레이이고, $Inacc$ 는 상이한 층들에 기인한 부정확도를 나타낸다. 층(L)에 대한 부정확도는 그 층에 대해 계산된 Qmerit들을 이용하여 추정된다. 측정 조건들(c)을 이용한, 층(L)에 대한 $Inacc$ 의 가장 단순한 추정은 수학식 5에서 도시되지만, 본 개시의 양상들은 a 및 Qmerit 간의 선형 관계로 제한되지 않는다는 것이 주의되어야 한다.

수학식 5

$$Inacc_{L,c} = \sum_d \alpha_{L,c}^{(d)} Qmerit_{L,c}^{(d)}$$

[0049] [0050] 여기서 d는 오버레이 계산 방법을 명시한다. 비례 팩터(a)를 발견하기 위해, 웨이퍼의 몇몇 샘플은 수학식 6의 최소화에 의해 그리고 상이한 측정 조건들에서 측정된다.

수학식 6

$$\chi^2 = \sum_{n=1}^N W_n \sum_{c_1=1}^{Nc} \sum_{c_2=1}^{c_1-1} \left[\left(OVL_{n,c_1} - \sum_L Inacc_{L,c_1,n} \right) - \left(OVL_{n,c_2} - \sum_L Inacc_{L,c_2,n} \right) \right]^2$$

[0051] [0052] 여기서 n은 사이트 인덱스이고, c_1 및 c_2 는 상이한 Nc 측정 조건들을 표현하고, L은 층 인덱스이다. W_n 은 상이한 사이트 인덱스들(n)이 회귀에 대한 상이한 기여분들을 갖도록 허용하는 정규화된 가중화 함수이다. 오버레이 및 메리트들은 각각의 사이트 및 측정 조건에 대해 상이한 반면에 비례 팩터들은 전체 샘플에 대해 동일하다는 것에 주의한다.

[0053] 각각의 측정 타입에 대한 타겟 부정확도 에러를 인지하는 것은 측정된 오버레이로부터 이 항(term)의 감소를 가능하게 하며, 이는 오버레이 값들을 보다 정확하게 하며; 툴은 이를 미비점 에러들을 극복하도록 교정된다. 또한, 다중-층 분석은 각각의 방법의 부정확도 에러의 추정을 허용하고 이에 따라 각각의 별개의 층에 대한 최상의 측정 조건들이 식별될 수 있다. 부가적으로, 타겟의 엘리먼트들 각각의(예를 들어, 박스 타겟에서 박스의 8개의 바(bar)들 각각) 정확도는 위에서 설명된 방법과 실질적으로 유사한 방법을 이용하여 독립적으로 계산될 수 있다.

[0054] 본 개시의 또 다른 부가적인 양상에 따라, 상이한 조건들을 갖는 동일한 기판을 측정하는 대신, 교정은 동일한 측정 조건들을 갖는 동일 뮁음(lot)으로부터의 다수의 기판들을 측정함으로써 수행될 수 있다. 기판들이 동일 뮁음으로부터의 것이기 때문에, 동일한 기판 포지션에서 정확한 오버레이는, OVL_{meas} 및 Qmerit 값들이 상이하더라도 모든 기판들에 대해 동일할 것이라고 가정될 수 있다. 동일한 a가 모든 기판들에 대해 이용될 수 있다는 가정과 함께, 이러한 가정들을 이용하는 것은 a 값이 수학식 7을 최소화함으로써 발견되도록 허용한다.

수학식 7

$$x^2 = \sum_{n=1}^N \sum_{w_1=1}^{N_c} \sum_{w_2=1}^{w_1-1} W_n \left[\left(OVL_{n,w_1} - \sum_d \alpha^{(d)} Qmerit_{n,w_1}^{(d)} \right) - \left(OVL_{n,w_2} - \sum_d \alpha^{(d)} Qmerit_{n,w_2}^{(d)} \right) \right]^2$$

[0055] 여기서 w_1 및 w_2 는 상이한 기관들에 대한 표기들이고, n 은 사이트 인덱스이다. 동일한 a 들이 모든 웨이퍼들에 대해 이용되고, 품질 메리트 당 단지 하나의 자유 파라미터가 있다는 것에 주의한다. 뮤음 내의 다수의 기관들 상에서 측정들을 행함으로써 오버레이 측정을 교정하는 이용은 기관 당 필요한 샘플들의 수의 감소를 허용한다. 또한, 뮤음 내의 다수의 기관들 상에서 측정들을 행함에 의한 교정은, 샘플링 계획을 모니터링하는 제조(fab) 프로세스의 이미 부분인 것들 외에 부가적인 측정들을 요구하지 않는다.

[0056] 본 개시의 부가적인 양상에 따라, 미가공(raw) 오버레이 값이 동일하다는 가정 대신, 오버레이 모델이 동일해야 한다고 가정될 수 있다. 따라서 교정은 본 개시의 대안적인 양상들과 실질적으로 유사한 방식으로 상이한 측정 조건들을 이용하여 획득된 측정들에 기초하여 오버레이 모델들 간의 매칭을 최적화하는데 이용될 수 있다.

[0057] 본 개시의 또 다른 부가적인 실시예에 따라, 적어도 하나의 기준 소스가 있는 경우, 메트롤로지 툴 측정과 기준(reference) 간의 차이를 최소화하기 위해 측정 조건들의 최적화가 이루어질 수 있다. 제한이 아닌 예로서, 기준들은 Etest, TEM, CDSEM로부터, 또는 (개발후 측정들(after develop measurements)을 교정하는데 이용될 수 있는) 에칭후 데이터(after etch data)로부터 올 수 있다. 수학식들 3 및 7에 관하여, 기준은 측정 조건들 "C" 중 하나이며 0의 대응하는 $Qmerit$ 값을 갖는 것으로 고려될 수 있다.

[0058] 본 개시의 또 다른 부가적인 양상에 따라, 교정 함수들은 이용된 각각의 메트롤로지 기법에 대해 공통적인 리포트된 값을 획득하도록 복수의 상이한 메트롤로지 툴들에 대해 발견될 수 있다. 이는 몇 개의 메트롤로지 툴들이 동일한 값을 측정하는데 이용될 때 유용할 수 있지만, 이들은 각각 상이한 값 및 가능하게는, 그 자신의 품질 메리트를 리포트한다. 복수의 메트롤로지 툴들에 걸친 교정을 구현하기 위해, 각각의 측정 툴은 그것이 수학식 3 또는 7에서 별개의 측정 조건 "C"였던 경우와 같이 처리된다. 제한이 아닌 예로서, 상이한 측정 툴들은 이미징, 스캐터로메트리, CDSEM, TEM, 또는 임의의 다른 메트롤로지 측정과 같은 기법들로 값을 각각 측정할 수 있다. 부가적으로, 본 개시의 이러한 양상은 본 개시에서 설명된 다른 양상들과 결합될 수 있다. 제한이 아닌 예로서, 측정을 행하기 위해 이용되는 임의의 메트롤로지 툴들 내에, 본 개시의 대안적인 양상들에 따라 이용될 수 있는 복수의 상이한 측정 조건들이 있을 수 있다.

[0059] 도 6a에서 도시된 바와 같이, 메트롤로지 툴을 교정하기 위한 시스템 명령어들(660)의 세트는 예를 들어, 데이터 프로세싱 플랫폼(108)에 의해 구현될 수 있다. 프로세싱 플랫폼(108)은 메모리(132) 또는 대용량 저장 디바이스(134)와 같은 비일시적 컴퓨터 관독 가능 매체로부터 실행 가능한 형태의 명령어들(660)을 검색할 수 있다. 시스템 명령어들(660)은 또한 프로세스 제어 프로그램(133)의 부분일 수 있다. 블록(661)에서 명령어들은 기관에 걸쳐 분포된 복수의 측정 위치들의 각각의 측정 위치에 대한 복수의 메트롤로지 측정 신호들을 획득하기 위한 명령어들을 포함하며, 각각의 측정 위치에 대해 획득된 복수의 측정 신호들 각각은 복수의 상이한 측정 조건들 중 하나로 측정 위치를 측정하는 메트롤로지 툴에 의해 생성된다. 이어서, 블록(662)에서, 측정된 메트롤로지 값들 및 각각의 측정 신호에 대한 하나 이상의 품질 메리트들을 결정하기 위한 명령어들이 있을 수 있다. 블록(663)에서, 복수의 측정 조건들 중 하나에 각각 대응하는 비례 팩터들을 결정하기 위해 측정된 메트롤로지 값들 및 품질 메리트들을 활용하기 위한 명령어들이 있을 수 있다. 다음으로, 블록(664)에서, 후속 메트롤로지 측정 값들을 생성할 때 후속 타겟들을 측정하는데 이용되는 측정 조건에 대응하는 비례 팩터를 이용하도록 메트롤로지 툴을 교정하기 위한 명령어들이 있을 수 있다. 선택적으로, 블록(665)에서, 측정 조건들 중 어느 결합이 최적화된 측정 레시피를 생성하는지를 결정하기 위해 측정 조건들 각각에 대응하는 비례 팩터들을 비교하기 위한 명령어들이 있을 수 있다. 마지막으로, 블록(666)에서, 후속 메트롤로지 측정들에서 최적화된 측정 레시피를 활용하도록 메트롤로지 툴에 지시하기 위한 명령어들이 있을 수 있다.

[0060] 도 6b에서 도시된 바와 같이, 비례 팩터들을 타겟 결함들에 연관시키기 위한 시스템 명령어들(680)의 세트가 예를 들어, 데이터 프로세싱 플랫폼(108)에 의해 구현될 수 있다. 프로세싱 플랫폼(108)은 메모리(132) 또는 대용량 저장 디바이스(134)와 같은 비일시적 컴퓨터 관독 가능 매체 상에 형성될 수 있다. 시스템 명령어들(680)은 또한 프로세스 제어 프로그램(133)의 부분일 수 있다. 블록(681)에서, 알려진 결함을 갖는 타겟으로부터 메트롤로지 신호를 획득하기 위한 명령어들이 있을 수 있으며, 여기서 메트롤로지 툴은 메트롤로지 신호를 생성

하기 위해 제 1 알려진 비례 팩터를 갖는 제 1 측정 조건을 이용한다. 이어서, 블록(682)에서, 메트롤로지 신호를 위한 하나 이상의 품질 메리트들을 계산하기 위한 명령어들이 있을 수 있다. 다음으로, 블록(683)에서, 하나 이상의 품질 메리트들 및 대응하는 하나 이상의 비례 팩터들을 알려진 결함과 연관시키기 위한 명령어들이 있을 수 있다. 마지막으로, 블록(684)에서, 결함 데이터베이스에 연관을 저장하기 위한 명령어들이 있을 수 있다.

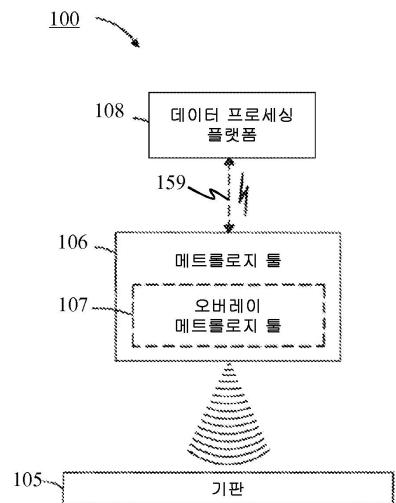
[0062] 도 6c에서 도시된 바와 같이, 메트롤로지 툴로 타겟 결함들을 검출하기 위한 시스템 명령어들(690)의 세트는 예를 들어, 데이터 프로세싱 플랫폼(108)에 의해 구현될 수 있다. 프로세싱 플랫폼(108)은 메모리(132) 또는 대용량 저장 디바이스(134)와 같은 비일시적 컴퓨터 판독 가능 매체 상에 형성될 수 있다. 시스템 명령어들(690)은 또한 프로세스 제어 프로그램(133)의 부분일 수 있다. 우선, 블록(691)에서, 측정 레시피에 따라 기판 상의 하나 이상의 타겟들을 측정함으로써 하나 이상의 측정 신호들을 생성하기 위한 명령어들이 있을 수 있으며, 여기서 측정 레시피의 적어도 하나의 측정 조건은 알려진 비례 팩터를 갖는다. 다음으로, 블록(692)에서, 하나 이상의 측정 신호들 각각에 대한 하나 이상의 품질 메리트들을 생성하기 위한 명령어들이 있을 수 있다. 마지막으로, 블록(693)에서, 알려진 비례 팩터들 및 하나 이상의 품질 메리트들의 결합을, 결함 데이터베이스 내의 타겟 결함과 연관된, 저장된 비례 팩터들 및 품질 메리트 결합의 세트에 비교하기 위한 명령어들이 있을 수 있다.

[0063] 본 개시의 양상들은 메트롤로지 측정들에 관한 다수의 혜택들을 제공할 수 있다는 것이 또한 주의되어야 한다. 특히, 측정 교정들은 교정되는 메트롤로지 툴에 대해 고유하며, 그러므로 오버레이를 설명하는데 이용되는 특유의 모델과 같은 프로세싱 선택들에 의존하지 않는다. 부가적으로, 생산 수율은, 부정확도 항의 정량화(quantification)가 종래 기술에서 가능하지 않기 때문에, 본 개시의 양상들을 활용함으로써 개선될 수 있다. 이는 전체 측정 불확실성(total measurement uncertainty; TMU)을 넘어선 개선된 정확도를 제공한다. 또한, 본 개시의 양상들에 의해 가능하게 된 개선들은 부가적인 메트롤로지 타겟들을 요구하지 않는다. 그러므로, 기판 상의 어떠한 추가 공간도 본 개시의 양상을 구현하기 위해 희생되지 않게 되어야 한다. 또한 교정에 의해 가능하게 되는 부정확도 추정 및 Qmerit들의 계산은 메트롤로지 측정들에 부가적인 시간을 부가하지 않고, 그에 따라 이동-포착-측정(move-acquire-measure; MAM) 시간이 증가되지 않는다. 여전히 추가로, 본 개시의 양상들은 개선된 측정 레시피 최적화를 제공한다. 부가적으로, 본 개시의 양상들은, 메트롤로지 툴이 기판의 프로세싱에 있어서의 작은 변동들에 대해 조정될 수 있다는 점에서, 메트롤로지 프로세스를 "동적"이 되게 한다. 또한, 본 개시의 양상들은 비례 팩터들을 이용한 타겟 형상의 식별을 허용할 수 있다. 이는 특히, 타겟 형상의 식별이, 포커스(focus) 및 도즈(dose) 애플리케이션에 대해 본 개시의 양상들을 이용하는 부가된 능력을 제공할 수 있기 때문에 유익하다. 그리고, 마지막으로, 비례 팩터들의 이용은, 메트롤로지 툴들이 이제 특정한 타겟 결함들을 식별하는데 이용될 수 있으므로, 오버레이 툴과 같은 메트롤로지 툴들에 확장된 기능성을 제공한다.

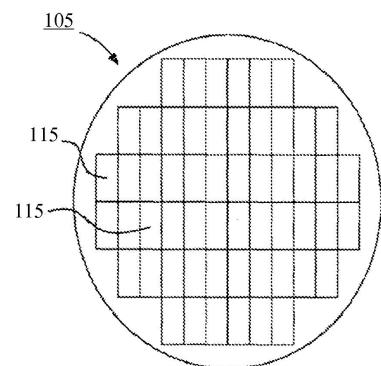
[0064] 첨부된 청구항들은, 기능식(means-plus-function) 제한들이 문구 "~를 위한 수단"을 이용하여 주어진 청구항에서 명시적으로 인용되지 않으면, 이러한 제한들을 포함하는 것으로서 해석되어선 안 된다. 특정한 기능을 수행하기 "위한 수단"을 명시적으로 언급하지 않는 청구항의 임의의 엘리먼트는 35 USC § 112, ¶ 6에서 특정된 바와 같은 "수단" 또는 "단계" 절(clause)로서 해석되지 않을 것이다. 특히, 청구항들에서 "~하는 단계"의 이용은 35 USC § 112, ¶ 16의 조항을 발동시키도록 의도되지 않는다.

도면

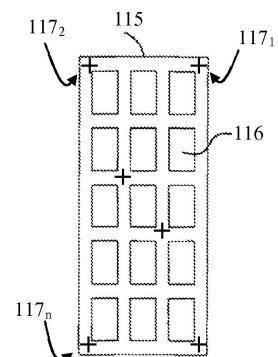
도면 1a



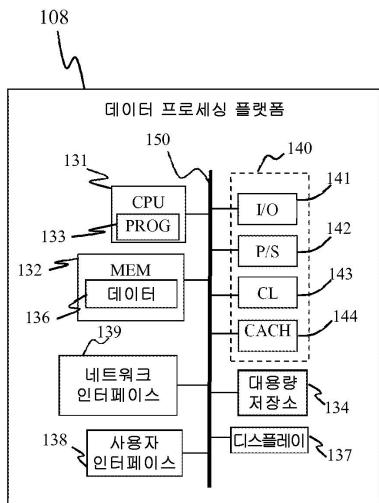
도면 1b



도면 1c

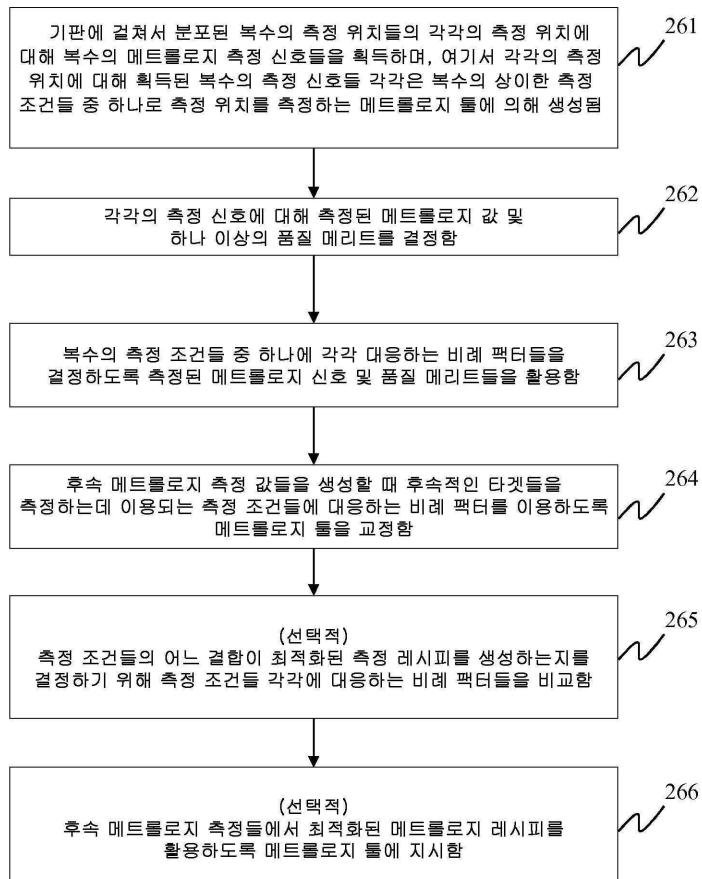


도면1d

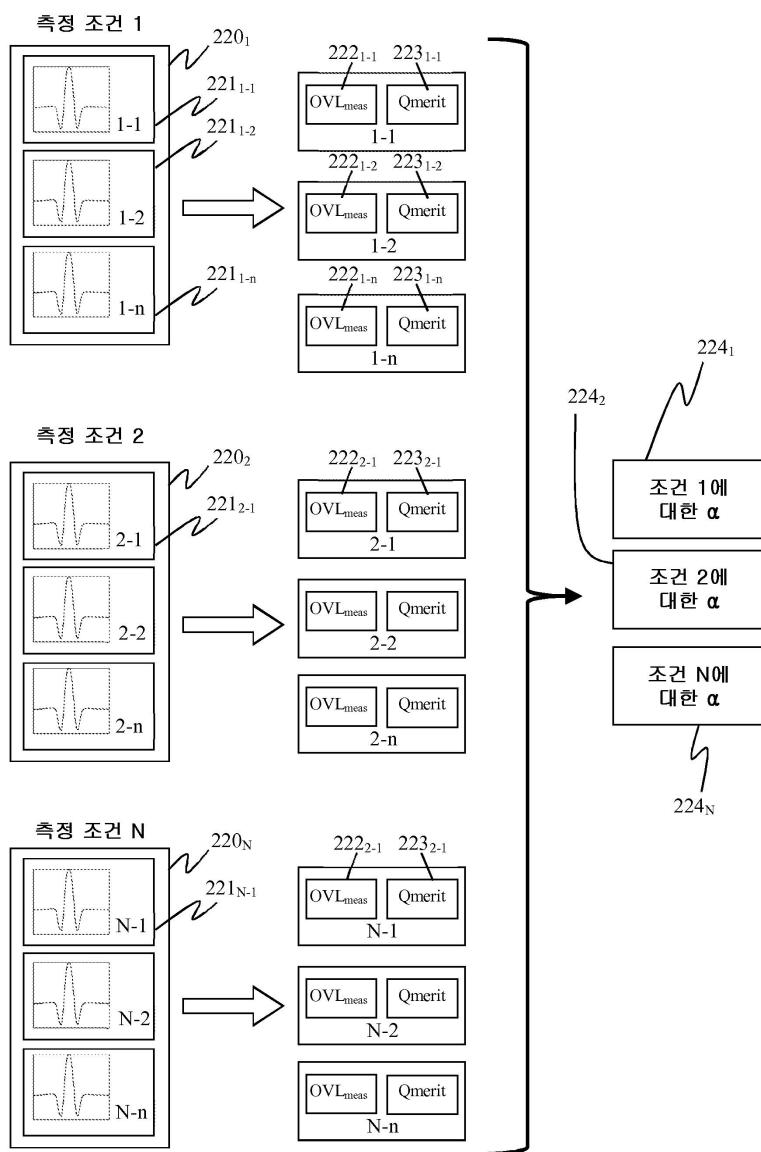


도면2a

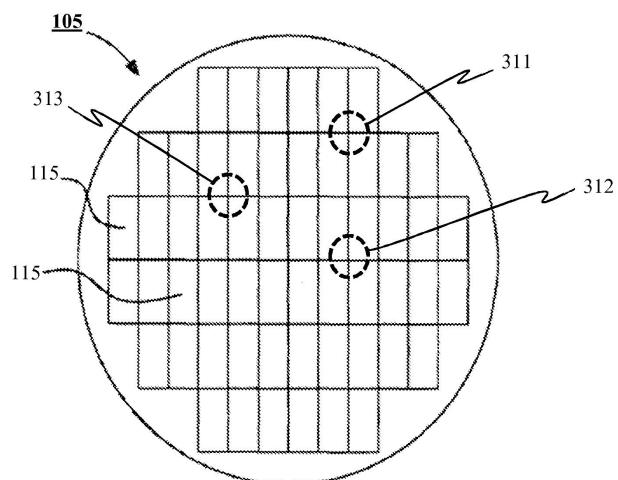
200 ↗



도면2b

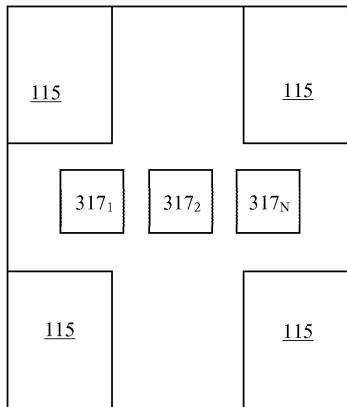


도면3a



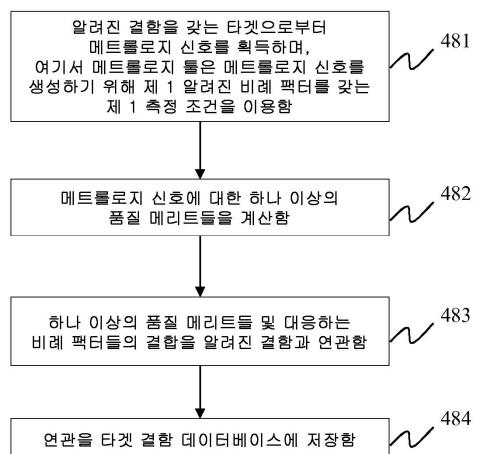
도면3b

311 ↗



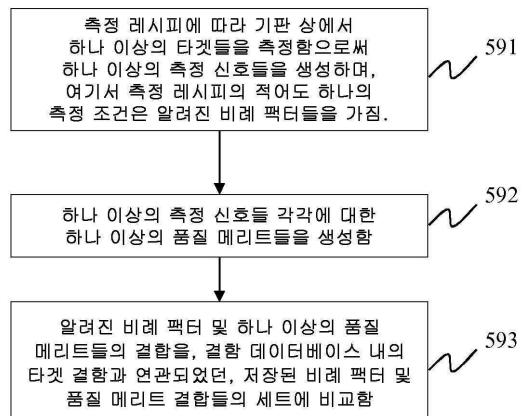
도면4

400 ↗

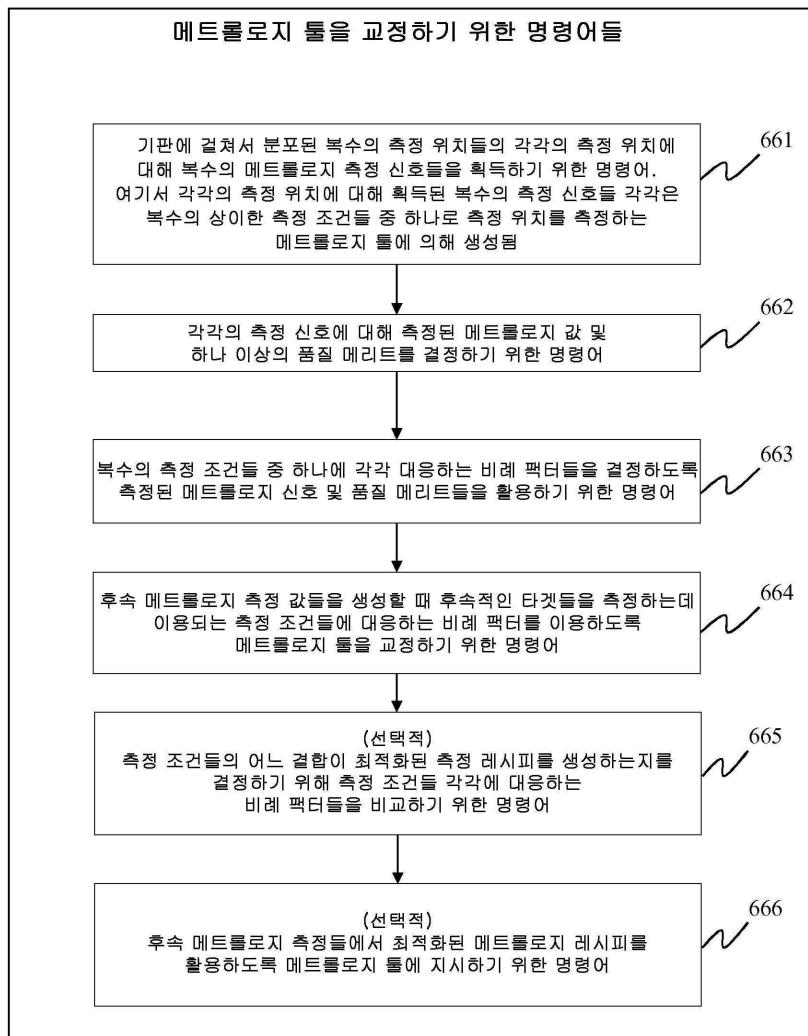


도면5

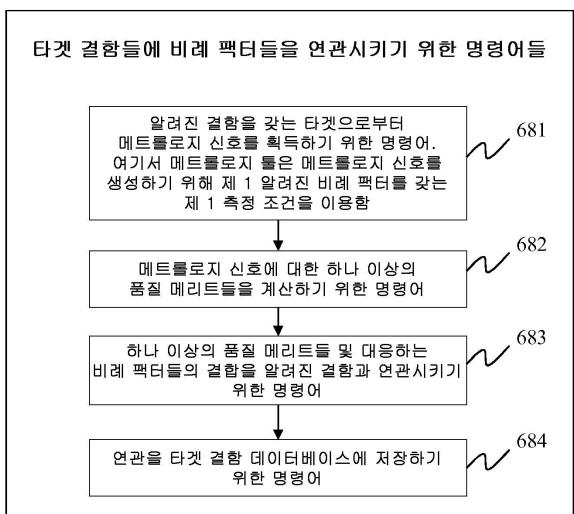
500 ↗



도면6a

660 ↗

도면6b

680 ↗

도면6c

