



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2023-0039557
(43) 공개일자 2023년03월21일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G03F 1/84 (2012.01) G06T 7/00 (2017.01)
G06T 7/13 (2017.01)
(52) CPC특허분류
G03F 1/84 (2013.01)
G06T 7/0004 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2022-0113367
(22) 출원일자 2022년09월07일
심사청구일자 없음
(30) 우선권주장
17/473,342 2021년09월13일 미국(US)

- (71) 출원인
어플라이드 머티리얼즈 이스라엘 리미티드
이스라엘 레호보트 파크 라빈 오픈하이머 스트리트 9 (우: 76705)
(72) 발명자
쉬카림, 아리엘
이스라엘 7670109 레호보트 파크 라빈 오픈하이머 스트리트 9 어플라이드 머티리얼즈 이스라엘 리미티드 내
발, 에브게니
이스라엘 7670109 레호보트 파크 라빈 오픈하이머 스트리트 9 어플라이드 머티리얼즈 이스라엘 리미티드 내
(74) 대리인
양영준, 백만기

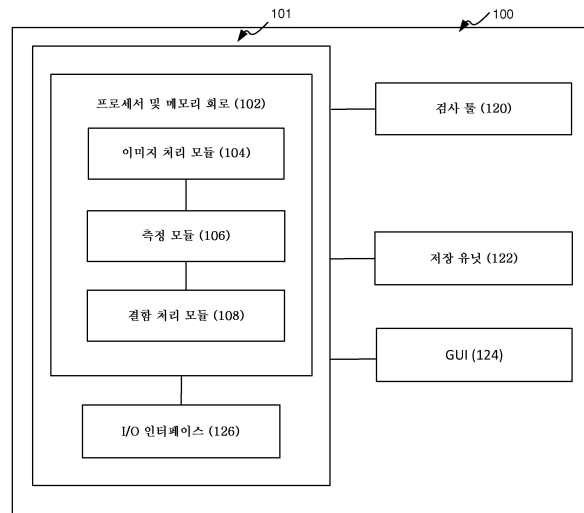
전체 청구항 수 : 총 20 항

(54) 발명의 명칭 반도체 시편 제조를 위한 마스크 검사

(57) 요약

마스크 검사의 시스템 및 방법이 제공되고, 방법은: 마스크의 적어도 일부를 나타내는 제1 이미지를 획득하는 단계; 제2 이미지를 획득하기 위해 제1 이미지에 인쇄 임계치를 적용하는 단계; 관심 구조적 요소들(SEI들)의 군의 각각의 SEI에 대한 윤곽을 추정하고, 윤곽을 특징짓는 속성들의 세트를 추출하고, SEI들의 군에 대응하는 윤곽들의 군 및 그들과 연관된 속성들의 각각의 세트를 생성하는 단계; 각각의 주어진 윤곽에 대해, 윤곽들의 군에서의 나머지 윤곽들 중에서, 그들과 연관된 속성들의 각각의 세트들 사이를 비교함으로써, 주어진 윤곽과 유사한 하나 이상의 기준 윤곽을 식별하는 단계; 및 주어진 윤곽과 그의 각각의 기준 윤곽 사이의 편차를 측정하고, 결함이 존재하는지 여부를 나타내는 하나 이상의 측정된 편차를 생성하는 단계를 포함한다.

대표도



(52) CPC특허분류
G06T 7/13 (2017.01)

명세서

청구범위

청구항 1

반도체 시편을 제조하는 데 사용가능한 마스크를 검사하는 컴퓨터화된 시스템으로서, 상기 시스템은

처리 및 메모리 회로(PMC)

를 포함하고, 상기 PMC는:

마스크의 적어도 일부를 나타내는 제1 이미지를 획득하고 - 상기 제1 이미지는 상기 반도체 시편의 제조에 사용가능한 리소그래피 툴의 광학 구성을 에뮬레이팅함으로써 취득됨 -;

상기 제1 이미지에 인쇄 임계치를 적용하고, 제2 이미지를 생성하며 - 상기 제2 이미지는 상기 반도체 시편 상에 인쇄가능한 상기 마스크의 복수의 구조적 요소들에 대한 정보를 제공함 -;

상기 복수의 구조적 요소들로부터의 관심 구조적 요소들(SEI들)의 군의 각각의 SEI에 대한 윤곽을 추정하고, 상기 윤곽을 특징짓는 속성들의 세트를 추출하고, 상기 SEI들의 군에 대응하는 윤곽들의 군 및 그들과 연관된 속성들의 각각의 세트들을 생성하고;

상기 윤곽들의 군의 각각의 주어진 윤곽에 대하여, 상기 윤곽들의 군에서의 나머지 윤곽들 중에서, 그들과 연관된 속성들의 각각의 세트들 사이를 비교함으로써, 상기 주어진 윤곽과 유사한 하나 이상의 기준 윤곽을 식별하고;

상기 주어진 윤곽과 상기 주어진 윤곽의 하나 이상의 기준 윤곽 각각 사이의 편차를 측정하고, 상기 주어진 윤곽과 연관된 SEI에 대해 결함이 존재하는지 여부를 나타내는 하나 이상의 측정된 편차를 생성하도록

구성되는, 컴퓨터화된 시스템.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 마스크는 단일 다이의 마스크 필드 및 스크라이브 영역을 포함하고, 상기 마스크의 적어도 일부는 상기 단일 다이의 적어도 일부 및/또는 상기 스크라이브 영역의 적어도 일부를 포함하는, 컴퓨터화된 시스템.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 마스크는 복수의 다이들의 마스크 필드 및 스크라이브 영역을 포함하고, 상기 마스크의 적어도 일부는 상기 스크라이브 영역의 적어도 일부를 포함하는, 컴퓨터화된 시스템.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 제1 이미지는 상기 리소그래피 툴의 광학 구성을 에뮬레이팅하도록 구성된 화학선 검사 툴에 의해 취득되는, 컴퓨터화된 시스템.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 제1 이미지는, 비-화학선 검사 툴을 사용하여 이미지를 취득하고, 상기 리소그래피 툴의 광학 구성을 모의하기 위해 상기 이미지에 대해 모의를 수행하고, 상기 제1 이미지를 생성함으로써 획득되는, 컴퓨터화된 시스템.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 결합은 상기 주어진 윤곽의, 상기 주어진 윤곽의 예상되는 위치로부터의 비교적 상당한 편차를 나타내는 에지 변위인, 컴퓨터화된 시스템.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 윤곽은 에지 검출 방법을 사용하여 추정되는, 컴퓨터화된 시스템.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 속성들의 세트는: 상기 윤곽에 의해 형성된 영역, 상기 영역의 폭, 상기 영역의 높이, 상기 윤곽을 따른 픽셀들의 개수, 체인 코드, 및 무게 중심을 포함하는 군으로부터 선택되는, 컴퓨터화된 시스템.

청구항 9

제1항에 있어서,

상기 PMC는:

상기 주어진 윤곽을 각각 상기 하나 이상의 기준 윤곽과 정합시키고, 윤곽들의 하나 이상의 정합된 쌍을 생성하는 것;

윤곽들의 각각의 정합된 쌍의 대응하는 지점들 사이의 거리들을 측정하는 것; 및

상기 측정된 거리들로부터 최대 거리를, 상기 주어진 윤곽과 상기 하나 이상의 기준 윤곽의 각각의 기준 윤곽 사이의 상기 측정된 편차로서 선택하는 것

에 의해 편차를 측정하도록 구성되는, 컴퓨터화된 시스템.

청구항 10

제1항에 있어서,

상기 PMC는, 상기 하나 이상의 측정된 편차에 기초하여 조합된 편차를 도출하고, 상기 조합된 편차에 편차 임계치를 적용하고, 상기 조합된 편차가 상기 편차 임계치를 넘을 때 결합의 존재를 보고하도록 추가로 구성되는, 컴퓨터화된 시스템.

청구항 11

제10항에 있어서,

상기 PMC는 상기 제1 이미지에 대응하고 상기 마스크의 적어도 일부 상의 하나 이상의 결합의 존재 및 그의 위치들을 나타내는 결합 맵을 제공하도록 추가로 구성되는, 컴퓨터화된 시스템.

청구항 12

제1항에 있어서,

상기 PMC는 각각이 상기 마스크의 각각의 부분을 나타내는 복수의 제1 이미지들을 획득하도록 구성되고, 상기 복수의 제1 이미지들은, 상기 복수의 제1 이미지들의 복수의 시야들(FOV들)이 중첩되지 않도록, 미리 정의된 스텝 크기로 연속적으로 취득되고,

상기 PMC는, 상기 복수의 제1 이미지들 각각에 대해 상기 적용, 추정, 식별 및 측정을 수행하고, 상기 복수의 제1 이미지들 각각에 대응하고 상기 마스크의 각각의 부분 상의 하나 이상의 결합의 존재를 나타내는 결합 맵을 제공함으로써, 상기 복수의 제1 이미지들에 대응하는 복수의 결합 맵들을 생성하도록 구성되는, 컴퓨터화된 시스템.

청구항 13

제12항에 있어서,

상기 PMC는 상기 복수의 결합 맵들 각각에 제시된 결합과 연관된 하나 이상의 SEI를 식별하고, 상기 복수의 제1 이미지들 사이의 하나 이상의 SEI의 하나 이상의 윤곽을 비교하고, 적어도 하나의 결합이 상기 제1 이미지들 중 적어도 하나의 제1 이미지에서의 고유 구조적 요소의 존재를 나타내는 오경보인지 여부를 결정하도록 추가로 구성되는, 컴퓨터화된 시스템.

청구항 14

제1항에 있어서,

상기 PMC는 상기 마스크의 주어진 부분에 대해, 각각이 적어도 상기 주어진 부분을 나타내는 복수의 제1 이미지들을 획득하도록 구성되고, 상기 복수의 제1 이미지들은, 상기 복수의 제1 이미지들의 복수의 시야들(FOV들)이 적어도 상기 주어진 부분에 의해 중첩되도록, 미리 정의된 스텝 크기로 연속적인 방식으로 취득되고,

상기 PMC는, 상기 복수의 제1 이미지들 각각에 대해 상기 적용, 추정, 식별 및 측정을 수행하고, 상기 복수의 제1 이미지들 각각에 대응하고 상기 적어도 주어진 부분 상의 하나 이상의 결합의 존재를 나타내는 결합 맵을 제공함으로써, 상기 복수의 제1 이미지들에 대응하는 복수의 결합 맵들을 생성하고, 결합이 관심 결합인지 오경보인지 여부를 결정하기 위해 상기 복수의 결합 맵들에 제시된 결합들을 비교하도록 구성되는, 컴퓨터화된 시스템.

청구항 15

반도체 시편을 제조하는 데 사용가능한 마스크를 검사하는 컴퓨터화된 방법으로서, 상기 방법은 처리 및 메모리 회로(PMC)에 의해 수행되고, 상기 방법은:

마스크의 적어도 일부를 나타내는 제1 이미지를 획득하는 단계 - 상기 제1 이미지는 상기 반도체 시편의 제조에 사용가능한 리소그래피 툴의 광학 구성을 에뮬레이팅함으로써 취득됨 -;

상기 제1 이미지에 인쇄 임계치를 적용하고, 제2 이미지를 생성하는 단계 - 상기 제2 이미지는 상기 반도체 시편 상에 인쇄가능한 상기 마스크의 복수의 구조적 요소들에 대한 정보를 제공함 -;

상기 복수의 구조적 요소들로부터의 관심 구조적 요소들(SEI들)의 군의 각각의 SEI에 대한 윤곽을 추정하고, 상기 윤곽을 특징짓는 속성들의 세트를 추출하고, 상기 SEI들의 군에 대응하는 윤곽들의 군 및 그들과 연관된 속성들의 각각의 세트들을 생성하는 단계;

상기 윤곽들의 군의 각각의 주어진 윤곽에 대하여, 상기 윤곽들의 군에서의 나머지 윤곽들 중에서, 그들과 연관된 속성들의 각각의 세트들 사이를 비교함으로써, 상기 주어진 윤곽과 유사한 하나 이상의 기준 윤곽을 식별하는 단계; 및

상기 주어진 윤곽과 상기 주어진 윤곽의 하나 이상의 기준 윤곽 각각 사이의 편차를 측정하고, 상기 주어진 윤곽과 연관된 SEI에 대해 결합이 존재하는지 여부를 나타내는 하나 이상의 측정된 편차를 생성하는 단계

를 포함하는, 컴퓨터화된 방법.

청구항 16

제15항에 있어서,

상기 마스크는 단일 다이의 마스크 필드 및 스크라이브 영역을 포함하고, 상기 마스크의 적어도 일부는 상기 단일 다이의 적어도 일부 및/또는 상기 스크라이브 영역의 적어도 일부를 포함하는, 컴퓨터화된 방법.

청구항 17

제15항에 있어서,

상기 측정 단계는:

상기 주어진 윤곽을 각각 상기 하나 이상의 기준 윤곽과 정합시키고, 윤곽들의 하나 이상의 정합된 쌍을 생성하는 단계;

윤곽들의 각각의 정합된 쌍의 대응하는 지점들 사이의 거리들을 측정하는 단계; 및

상기 측정된 거리들로부터 최대 거리를, 상기 주어진 윤곽과 상기 하나 이상의 기준 윤곽의 각각의 기준 윤곽 사이의 상기 측정된 편차로서 선택하는 단계

를 포함하는, 컴퓨터화된 방법.

청구항 18

제15항에 있어서,

상기 하나 이상의 측정된 편차에 기초하여 조합된 편차를 도출하고, 상기 조합된 편차에 편차 임계치를 적용하고, 상기 조합된 편차가 상기 편차 임계치를 넘을 때 결함의 존재를 보고하는 단계를 더 포함하는, 컴퓨터화된 방법.

청구항 19

제15항에 있어서,

상기 획득 단계는 상기 마스크의 주어진 부분에 대해, 각각이 적어도 상기 주어진 부분을 나타내는 복수의 제1 이미지들을 획득하는 단계를 포함하고, 상기 복수의 제1 이미지들은, 상기 복수의 제1 이미지들의 복수의 시야들(FOV들)이 적어도 상기 주어진 부분에 의해 중첩되도록, 미리 정의된 스텝 크기로 연속적인 방식으로 취득되고,

상기 방법은, 상기 복수의 제1 이미지들 각각에 대해 상기 적용, 추정, 식별 및 측정을 수행하고, 상기 복수의 제1 이미지들 각각에 대응하고 상기 적어도 주어진 부분 상의 하나 이상의 결함의 존재를 나타내는 결함 맵을 제공함으로써, 상기 복수의 제1 이미지들에 대응하는 복수의 결함 맵들을 생성하고, 결함이 관심 결함인지 오경보인지 여부를 결정하기 위해 상기 복수의 결함 맵들에 제시된 결함들을 비교하는 단계를 포함하는, 컴퓨터화된 방법.

청구항 20

명령어들의 프로그램을 유형적으로 구현하는 비일시적 컴퓨터 판독가능 저장 매체로서,

상기 명령어들은, 컴퓨터에 의해 실행될 때, 상기 컴퓨터로 하여금, 반도체 시편을 제조하는 데 사용가능한 마스크를 검사하는 방법을 수행하게 하고, 상기 방법은:

마스크의 적어도 일부를 나타내는 제1 이미지를 획득하는 단계 - 상기 제1 이미지는 상기 반도체 시편의 제조에 사용가능한 리소그래피 툴의 광학 구성을 에뮬레이팅함으로써 취득됨 -;

상기 제1 이미지에 인쇄 임계치를 적용하고, 제2 이미지를 생성하는 단계 - 상기 제2 이미지는 상기 반도체 시편 상에 인쇄가능한 상기 마스크의 복수의 구조적 요소들에 대한 정보를 제공함 -;

상기 복수의 구조적 요소들로부터의 관심 구조적 요소들(SEI들)의 군의 각각의 SEI에 대한 윤곽을 추정하고, 상기 윤곽을 특징짓는 속성들의 세트를 추출하고, 상기 SEI들의 군에 대응하는 윤곽들의 군 및 그들과 연관된 속성들의 각각의 세트들을 생성하는 단계;

상기 윤곽들의 군의 각각의 주어진 윤곽에 대하여, 상기 윤곽들의 군에서의 나머지 윤곽들 중에서, 그들과 연관된 속성들의 각각의 세트들 사이를 비교함으로써, 상기 주어진 윤곽과 유사한 하나 이상의 기준 윤곽을 식별하는 단계; 및

상기 주어진 윤곽과 상기 주어진 윤곽의 하나 이상의 기준 윤곽 각각 사이의 편차를 측정하고, 상기 주어진 윤곽과 연관된 SEI에 대해 결함이 존재하는지 여부를 나타내는 하나 이상의 측정된 편차를 생성하는 단계

를 포함하는, 비일시적 컴퓨터 판독가능 저장 매체.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 개시된 주제는 일반적으로, 마스크 검사의 분야에 관한 것으로, 더 구체적으로, 포토마스크에 대한 결함 검

출에 관한 것이다.

배경 기술

- [0002] 제조되는 마이크로전자 디바이스들의 극초대규모 집적 회로와 연관된, 높은 밀도 및 성능에 대한 현재의 요구들은 미크론미만 피쳐들(submicron features), 증가된 트랜지스터 및 회로 속도들, 및 개선된 신뢰성을 필요로 한다. 반도체 프로세스들이 진전됨에 따라, 패턴 치수들, 예컨대, 라인 폭, 및 다른 유형들의 임계 치수들이 연속적으로 축소된다. 그러한 요구들은 높은 정밀도 및 균일성으로 디바이스 피쳐들을 형성하는 것을 필요로 하는데, 이는 차례로, 디바이스들이 여전히 반도체 웨이퍼들의 형태로 되어 있는 동안 디바이스들의 자동화된 검사를 포함하는, 제조 프로세스의 주의 깊은 모니터링을 요한다.
- [0003] 반도체 디바이스들은 종종, 포토리소그래피 프로세스에서 포토리소그래피 마스크들(포토마스크들 또는 마스크들 또는 레티클들로 또한 지칭됨)을 사용하여 제조된다. 포토리소그래피 프로세스는 반도체 디바이스들의 제조에서 주요 프로세스들 중 하나이고, 제조될 반도체 디바이스들의 회로 설계에 따라 웨이퍼의 표면을 패터닝하는 단계를 포함한다. 그러한 회로 설계는 먼저, 마스크 상에 패터닝된다. 따라서, 작동 반도체 디바이스들을 획득하기 위해, 마스크는 결함이 없어야 한다. 마스크들은 복잡한 프로세스에 의해 제조되고, 다양한 결함들 및 변동들을 겪을 수 있다.
- [0004] 추가적으로, 마스크는 종종, 웨이퍼 상에 많은 다이들을 생성하기 위해 반복 방식으로 사용된다. 따라서, 마스크 상의 임의의 결함은 웨이퍼 상에서 다수 회 반복될 것이고, 다수의 디바이스들이 결함있게 할 것이다. 생산할 만한 프로세스를 확립하는 것은 전체 리소그래피 프로세스의 엄격한 제어를 요구한다. 이러한 프로세스 내에서, 임계 치수(CD) 제어는 디바이스 성능 및 수율에 대한 결정 인자이다.
- [0005] 다양한 마스크 검사 방법들이 개발되었고 상업적으로 이용가능하다. 마스크들을 설계하고 평가하는 특정한 종래의 기법들에 따르면, 마스크가 생성되고 그를 통해 웨이퍼를 노출시키는 데 사용된 다음, 마스크의 피쳐들/패턴들이 설계에 따라 웨이퍼에 전사되었는지 여부를 결정하기 위해 검사가 수행된다. 의도된 설계로부터의 최종 인쇄된 피쳐들에서의 임의의 변동들은 설계를 수정하는 것, 마스크를 수리하는 것, 새로운 마스크를 생성하는 것, 및/또는 새로운 웨이퍼를 노출시키는 것을 요할 수 있다.
- [0006] 이와 관련하여, 인쇄된 피쳐들의 정확도 및 품질의 검증은 마스크를 검증하는 간접적인 방법을 허용한다. 그러나, 웨이퍼 또는 다이 상의 최종 인쇄된 패턴은 인쇄 프로세스, 예를 들어, 레지스트 현상, 기판 처리(예컨대, 물질 식각 또는 퇴적) 등 이후에 형성되기 때문에, 최종 인쇄된 패턴에서의 오류들을, 마스크 및/또는 레지스트 퇴적 및/또는 현상 프로세스들과 연관된 문제들에 귀착시키거나, 구별하거나, 격리하는 것이 어려울 수 있다. 더욱이, 웨이퍼 또는 다이 상의 최종 인쇄된 패턴을 검사하는 것은, 임의의 처리 문제들을 검출, 결정, 및 해결하는 데에 사용가능한 제한된 개수의 샘플들을 제공하는 경향이 있다. 이러한 프로세스는 또한, 노동 집약적일 수 있고, 대규모의 검사 및 분석 시간을 제시한다.
- [0007] 대안적으로, 마스크는 다양한 마스크 검사 툴들을 사용하여 직접 검사될 수 있다.

발명의 내용

- [0008] 본 개시된 주제의 특정 양상들에 따르면, 반도체 시편을 제조하는 데 사용가능한 마스크를 검사하는 컴퓨터화된 시스템이 제공되고, 시스템은 처리 및 메모리 회로(PMC)를 포함하며, PMC는: 마스크의 적어도 일부를 나타내는 제1 이미지를 획득하고 - 제1 이미지는, 반도체 시편의 제조에 사용가능한 리소그래피 툴의 광학 구성을 에뮬레이션함으로써 취득됨 -; 제1 이미지에 인쇄 임계치를 적용하고, 제2 이미지를 생성하고 - 제2 이미지는 반도체 시편 상에 인쇄가능한 마스크의 복수의 구조적 요소들에 대한 정보를 제공함 -; 복수의 구조적 요소들로부터의 관심 구조적 요소들(SEI들)의 군의 각각의 SEI에 대한 윤곽을 추정하고, 윤곽을 특징짓는 속성들의 세트를 추출하고, SEI들의 군에 대응하는 윤곽들의 군 및 그들과 연관된 속성들의 각각의 세트들을 생성하고; 윤곽들의 군의 각각의 주어진 윤곽에 대해, 윤곽들의 군에서의 나머지 윤곽들 중에서, 그들과 연관된 속성들의 각각의 세트들 사이를 비교함으로써, 주어진 윤곽과 유사한 하나 이상의 기준 윤곽을 식별하고; 주어진 윤곽과 그의 하나 이상의 기준 윤곽 각각 사이의 편차를 측정하고, 주어진 윤곽과 연관된 SEI에 대해 결함이 존재하는지 여부를 나타내는 하나 이상의 측정된 편차를 생성하도록 구성된다.
- [0009] 상기 피쳐들 외에도, 본 개시된 주제의 이 양상에 따른 시스템은 아래에 열거된 피쳐들 (i) 내지 (xiii) 중 하나 이상을, 기술적으로 가능한 임의의 원하는 조합 또는 순열로 포함할 수 있다.

- [0010] (i). 마스크는 단일 다이의 마스크 필드 및 스크라이브 영역을 포함하고, 마스크의 적어도 일부는 단일 다이의 적어도 일부 및/또는 스크라이브 영역의 적어도 일부를 포함한다.
- [0011] (ii). 마스크는 복수의 다이들의 마스크 필드 및 스크라이브 영역을 포함하고, 마스크의 적어도 일부는 스크라이브 영역의 적어도 일부를 포함한다.
- [0012] (iii). 제1 이미지는 리소그래피 툴의 광학 구성을 에뮬레이팅하도록 구성되는 화학선 검사 툴에 의해 취득된다.
- [0013] (iv). 제1 이미지는, 비-화학선 검사 툴을 사용하여 이미지를 취득하고, 리소그래피 툴의 광학 구성을 모의하기 위해 이미지에 대해 모의(simulation)를 수행하고, 제1 이미지를 생성함으로써 획득된다.
- [0014] (v). 결합은, 주어진 윤곽의, 그의 예상 위치로부터의 비교적 상당한 편차를 나타내는 에지 변위이다.
- [0015] (vi). 윤곽은 에지 검출 방법을 사용하여 추정된다.
- [0016] (vii). 속성들의 세트는, 윤곽에 의해 형성된 영역, 영역의 폭, 영역의 높이, 윤곽을 따른 픽셀들의 개수, 체인 코드, 및 무게 중심을 포함하는 군으로부터 선택된다.
- [0017] (viii). PMC는, 주어진 윤곽을 각각 하나 이상의 기준 윤곽과 정합시키고, 윤곽들의 하나 이상의 정합된 쌍을 생성하고; 윤곽들의 각각의 정합된 쌍의 대응하는 지점들 사이의 거리들을 측정하고; 측정된 거리들로부터 최대 거리를, 주어진 윤곽과 하나 이상의 기준 윤곽의 각각의 기준 윤곽 사이의 측정된 편차로서 선택함으로써, 편차를 측정하도록 구성된다.
- [0018] (ix). PMC는 하나 이상의 측정된 편차에 기초하여 조합된 편차를 도출하고, 조합된 편차에 편차 임계치를 적용하고, 조합된 편차가 편차 임계치를 넘을 때 결합의 존재를 보고하도록 추가로 구성된다.
- [0019] (x). PMC는, 제1 이미지에 대응하고 마스크의 적어도 일부 상의 결합들의 존재 및 그의 위치들을 나타내는 결합 맵을 제공하도록 추가로 구성된다.
- [0020] (xi). PMC는 각각이 마스크의 각각의 부분을 나타내는 복수의 제1 이미지들을 획득하도록 구성되고, 복수의 제1 이미지들은, 복수의 제1 이미지들의 복수의 시야들(FOV들)이 중첩되지 않도록, 미리 정의된 스텝 크기로 연속적으로 취득된다.
- [0021] PMC는 복수의 제1 이미지들 각각에 대해 독립적으로 적용, 추정, 식별 및 측정을 수행하고, 복수의 제1 이미지들 각각에 대응하고 마스크의 각각의 부분 상의 결합들의 존재를 나타내는 결합 맵을 제공함으로써, 복수의 제1 이미지들에 대응하는 복수의 결합 맵들을 생성하도록 구성된다.
- [0022] (xii). PMC는 복수의 결합 맵들 각각에 제시된 결합과 연관된 하나 이상의 SEI를 식별하고, 복수의 제1 이미지들 사이의 하나 이상의 SEI의 하나 이상의 윤곽을 비교하고, 적어도 하나의 결합이 제1 이미지들 중 적어도 하나의 제1 이미지에서의 고유 구조적 요소의 존재를 나타내는 오경보인지 여부를 결정하도록 추가로 구성된다.
- [0023] (xiii). PMC는, 마스크의 주어진 부분에 대해, 각각이 적어도 주어진 부분을 나타내는 복수의 제1 이미지들을 획득하도록 구성되고, 복수의 제1 이미지들은, 복수의 제1 이미지들의 복수의 시야들(FOV들)이 적어도 주어진 부분에 의해 중첩되도록, 미리 정의된 스텝 크기로 연속적인 방식으로 취득된다.
- [0024] PMC는 복수의 제1 이미지들 각각에 대해 적용, 추정, 식별 및 측정을 수행하고, 복수의 제1 이미지들 각각에 대응하고 적어도 주어진 부분 상의 결합들의 존재를 나타내는 결합 맵을 제공함으로써, 복수의 제1 이미지들에 대응하는 복수의 결합 맵들을 생성하고, 결합이 관심 결합인지 오경보인지 여부를 결정하기 위해 복수의 결합 맵들에 제시된 결합들을 비교하도록 구성된다.
- [0025] 본 개시된 주제의 다른 양상들에 따르면, 반도체 시편을 제조하는 데 사용가능한 마스크를 검사하는 방법이 제공되고, 방법은 처리 및 메모리 회로(PMC)에 의해 수행되며, 방법은: 마스크의 적어도 일부를 나타내는 제1 이미지를 획득하는 단계 - 제1 이미지는, 반도체 시편의 제조에 사용가능한 리소그래피 툴의 광학 구성을 에뮬레이팅함으로써 취득됨 -; 제1 이미지에 인쇄 임계치를 적용하고, 제2 이미지를 생성하는 단계 - 제2 이미지는 반도체 시편 상에 인쇄가능한 마스크의 복수의 구조적 요소들에 대한 정보를 제공함 -; 복수의 구조적 요소들로부터의 관심 구조적 요소들(SEI들)의 군의 각각의 SEI에 대한 윤곽을 추정하고, 윤곽을 특징짓는 속성들의 세트를 추출하고, SEI들의 군에 대응하는 윤곽들의 군 및 그들과 연관된 속성들의 각각의 세트들을 생성하는 단계; 윤곽들의 군의 각각의 주어진 윤곽에 대해, 윤곽들의 군에서의 나머지 윤곽들 중에서, 그들과 연관된 속성들의 각

각의 세트들 사이를 비교함으로써, 주어진 윤곽과 유사한 하나 이상의 기준 윤곽을 식별하는 단계; 및 주어진 윤곽과 그의 하나 이상의 기준 윤곽 각각 사이의 편차를 측정하고, 주어진 윤곽과 연관된 SEI에 대해 결함이 존재하는지 여부를 나타내는 하나 이상의 측정된 편차를 생성하는 단계를 포함한다.

[0026] 개시된 주제의 이 양상은 시스템과 관련하여 위에서 열거된 피쳐들 (i) 내지 (xiii) 중 하나 이상을, 준용하여, 기술적으로 가능한 임의의 원하는 조합 또는 순열로 포함할 수 있다.

[0027] 본 개시된 주제의 다른 양상들에 따르면, 명령어들을 포함하는 비밀시적 컴퓨터 판독가능 매체가 제공되고, 명령어들은, 컴퓨터에 의해 실행될 때, 반도체 시편을 제조하는 데 사용가능한 마스크를 검사하는 방법을 컴퓨터로 하여금 수행하게 하며, 방법은: 마스크의 적어도 일부를 나타내는 제1 이미지를 획득하는 단계 - 제1 이미지는, 반도체 시편의 제조에 사용가능한 리소그래피 톨의 광학 구성을 에뮬레이팅함으로써 취득됨 -; 제1 이미지에 인쇄 임계치를 적용하고, 제2 이미지를 생성하는 단계 - 제2 이미지는 반도체 시편 상에 인쇄가능한 마스크의 복수의 구조적 요소들에 대한 정보를 제공함 -; 복수의 구조적 요소들로부터의 관심 구조적 요소들(SEI들)의 군의 각각의 SEI에 대한 윤곽을 추정하고, 윤곽을 특징짓는 속성들의 세트를 추출하고, SEI들의 군에 대응하는 윤곽들의 군 및 그들과 연관된 속성들의 각각의 세트들을 생성하는 단계; 윤곽들의 군의 각각의 주어진 윤곽에 대해, 윤곽들의 군에서의 나머지 윤곽들 중에서, 그들과 연관된 속성들의 각각의 세트들 사이를 비교함으로써, 주어진 윤곽과 유사한 하나 이상의 기준 윤곽을 식별하는 단계; 및 주어진 윤곽과 그의 하나 이상의 기준 윤곽 각각 사이의 편차를 측정하고, 주어진 윤곽과 연관된 SEI에 대해 결함이 존재하는지 여부를 나타내는 하나 이상의 측정된 편차를 생성하는 단계를 포함한다.

[0028] 개시된 주제의 이 양상은 시스템과 관련하여 위에서 열거된 피쳐들 (i) 내지 (xiii) 중 하나 이상을, 준용하여, 기술적으로 가능한 임의의 원하는 조합 또는 순열로 포함할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0029] 본 개시내용을 이해하고 본 개시내용이 어떻게 실제로 수행될 수 있는지를 알기 위해, 이제, 첨부 도면들을 참조하여, 단지 비제한적인 예로서, 실시예들이 설명될 것이고, 도면들에서:

도 1은 본 개시된 주제의 특정 실시예들에 따른 마스크 검사 시스템의 기능 블록도를 예시한다.

도 2는 본 개시된 주제의 특정 실시예들에 따른 마스크 검사의 일반화된 흐름도를 예시한다.

도 3은 본 개시된 주제의 특정 실시예들에 따른, 주어진 윤곽과 그의 기준 윤곽들 사이의 편차를 측정하는 일반화된 흐름도를 예시한다.

도 4는 본 개시된 주제의 특정 실시예들에 따른, 오경보 제거를 위해, 중첩된 이미지들을 취득하고 활용하는 일반화된 흐름도를 예시한다.

도 5는 본 개시된 주제의 특정 실시예들에 따른, 화학선 검사 톨 및 리소그래피 톨의 개략도를 예시한다.

도 6은 본 개시된 주제의 특정 실시예들에 따른, 단일 다이 마스크의 예시적인 레이아웃 및 다중 다이 마스크의 예시적인 레이아웃을 개략적으로 예시한다.

도 7은 본 개시된 주제의 특정 실시예들에 따른, 인쇄 임계치를 적용하는 프로세스의 개략도뿐만 아니라 제1 이미지 및 제2 이미지의 예들을 도시한다.

도 8a는 본 개시된 주제의 특정 실시예들에 따른, 상이한 형상들을 갖는 몇몇 구조적 요소들에 대한 추출된 윤곽들(파선들로 표시됨)의 몇몇 예들을 예시한다.

도 8b는 본 개시된 주제의 특정 실시예들에 따른, 주어진 윤곽들에 대한 기준 윤곽들의 예들을 예시한다.

도 9는 본 개시된 주제의 특정 실시예들에 따른, 결함들의 존재를 나타내는 측정된 편차들의 2개의 예들을 예시한다.

도 10a는 본 개시된 주제의 특정 실시예들에 따른, 마스크의 부분에 대해 캡처된 일련의 중첩되지 않은 이미지들의 예를 개략적으로 예시한다.

도 10b는 본 개시된 주제의 특정 실시예들에 따른, 마스크의 부분에 대해 캡처된 일련의 중첩된 이미지들의 예를 개략적으로 예시한다.

도 11은 본 개시된 주제의 특정 실시예들에 따른, 중첩된 이미지들을 사용하여 결정된 관심 결함 및 오경보의

예들을 예시한다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0030] 이하의 상세한 설명에서, 본 개시내용의 완전한 이해를 제공하기 위해 다수의 특정한 세부 사항들이 열거된다. 그러나, 관련 기술분야의 통상의 기술자는 본 개시된 주제가 이러한 특정한 세부 사항들 없이 실시될 수 있다는 점을 이해할 것이다. 다른 경우들에서, 잘 알려진 방법들, 절차들, 구성요소들 및 회로들은 본 개시된 주제를 모호하게 하지 않기 위해 상세히 설명되지 않았다.
- [0031] 이하의 논의들로부터 명백한 것으로서, 구체적으로 달리 언급되지 않는 한, 본 명세서 전반에 걸쳐 "검사", "획득", "에플레이팅", "적용", "추정", "추출", "식별", "비교", "측정", "취득", "수행", "정합", "선택", "도출", "보고", "제공", "결정" 등과 같은 용어들을 활용하는 논의들이, 데이터 - 상기 데이터는 물리적으로, 예컨대, 전자, 양자로 표현되고/거나 상기 데이터는 물리적 대상들을 표현함 - 를 다른 데이터로 조작하고/거나 변환하는, 컴퓨터의 작동(들) 및/또는 프로세스(들)를 지칭한다는 것을 이해한다. "컴퓨터"라는 용어는, 비제한적인 예로서, 본 출원에 개시된 마스크 검사 시스템, 마스크 결함 검출 시스템 및 그의 각각의 부분들을 포함하는, 데이터 처리 능력들을 갖는 임의의 종류의 하드웨어 기반 전자 디바이스를 망라하도록 광범위하게 해석되어야 한다.
- [0032] 본 명세서에서 사용되는 "마스크"라는 용어는 또한, "포토리소그래피 마스크" 또는 "포토마스크" 또는 "레티클"로 지칭된다. 그러한 용어들은 포토리소그래피 프로세스에서 반도체 웨이퍼 상에 패터닝될 템플릿 보유 회로 설계(예를 들어, 집적 회로의 특정 층의 레이아웃을 정의함)를 망라하도록 등가로 그리고 광범위하게 해석되어야 한다. 예로서, 마스크는 리소그래피 프로세스에서 웨이퍼들 상에 투영되는 불투명, 투명 및 위상 시프팅 영역들의 패턴으로 커버되는 용융 실리카 플레이트로서 구현될 수 있다. 예로서, 마스크는 극자외선(EUV) 마스크 또는 플루오오린화아르곤(ArF) 마스크일 수 있다. 다른 예로서, 마스크는 (메모리 디바이스를 제조하는 데 사용가능한) 메모리 마스크 또는 (로직 디바이스를 제조하는 데 사용가능한) 로직 마스크일 수 있다.
- [0033] 본 명세서에서 사용되는 "검사" 또는 "마스크 검사"라는 용어는, 제조된 포토마스크의 정확도 및 무결성을 회로 설계에 관하여 평가하기 위한 임의의 작동, 및 웨이퍼 상에 회로 설계의 정확한 표현을 생성하는 그의 능력을 망라하도록 광범위하게 해석되어야 한다. 검사는 마스크 제조 프로세스 동안 그리고/또는 후에 그리고/또는 반도체 시편 제조를 위한 마스크의 사용 동안 다양한 유형들의 결함 검출, 결함 검토 및/또는 결함 분류, 및/또는 계측 작동들과 관련된 임의의 종류의 작동들을 포함할 수 있다. 검사는 마스크의 제조 후에 비파괴 검사 툴들을 사용하여 제공될 수 있다. 비제한적인 예로서, 검사 프로세스는 다음의 작동들: 검사 툴을 사용하여, 마스크 또는 그의 부분들에 관하여 제공되는 (단일 또는 다수 횡수의 스캔들의) 스캐닝, 이미징, 샘플링, 검출, 측정, 분류 및/또는 다른 작동들 중 하나 이상을 포함할 수 있다. 마찬가지로, 마스크 검사는 또한, 마스크의 실제 검사 전에, 예를 들어, 검사 레시피(들)를 생성하는 것 및/또는 다른 셋업 작동들을 포함하도록 해석될 수 있다. 구체적으로 달리 언급되지 않는 한, 본 명세서에서 사용되는 "검사"라는 용어 또는 그의 파생어들은 검사 영역의 크기 또는 해상도에 관하여 제한되지 않는다는 점을 주목한다. 다양한 비파괴 검사 툴들은, 비제한적인 예로서, 광학 검사 툴들, 주사 전자 현미경들, 원자력 현미경들 등을 포함한다.
- [0034] 본 명세서에서 사용되는 "계측 작동"이라는 용어는 마스크 상의 하나 이상의 구조적 요소에 관한 계측 정보를 추출하기 위해 사용되는 임의의 계측 작동 절차를 망라하도록 광범위하게 해석되어야 한다. 일부 실시예들에서, 계측 작동들은, 예를 들어, 다음: 치수들(예를 들어, 라인 폭들, 라인 간격, 접촉부 직경들, 요소의 크기, 에지 거칠기, 그레이 레벨 통계 등), 요소들의 형상들, 요소들 내의 또는 요소들 사이의 거리들, 관련된 각도들, 상이한 설계 레벨들에 대응하는 요소들과 연관된 오버레이 정보 등을 포함하지만 이에 제한되지 않는, 시편 상의 특정 구조적 요소들에 대해 수행되는 임계 치수(CD) 측정들과 같은 측정 작동들을 포함할 수 있다. 측정 결과들, 예컨대, 측정된 이미지들은, 예를 들어, 이미지 처리 기법들을 채용함으로써 분석된다. 구체적으로 달리 언급되지 않는 한, 본 명세서에서 사용되는 "계측"이라는 용어 또는 그의 파생어들은 측정 기술, 측정 해상도 또는 검사 영역의 크기에 관하여 제한되지 않는다는 점을 주목한다.
- [0035] 본 명세서에서 사용되는 "시편"이라는 용어는 반도체 집적 회로들, 자기 헤드들, 평판 디스플레이들, 및 다른 반도체 제조 물품들을 제조하는 데 사용되는 임의의 종류의 웨이퍼들, 관련된 구조들, 이들의 조합들 및/또는 부분들을 망라하도록 광범위하게 해석되어야 한다.
- [0036] 본 명세서에서 사용되는 "결함"이라는 용어는 마스크 상에 형성되는 임의의 종류의 이상 또는 바람직하지 않은 피처를 망라하도록 광범위하게 해석되어야 한다. 일부 경우들에서, 결함은, 웨이퍼 상에 인쇄될 때, 제조되는

디바이스의 기능성에 대해 특정 효과들을 갖는 관심 결함(DOI) 또는 실제 결함을 지칭할 수 있다. 일부 다른 경우들에서, 결함은, 완성된 디바이스의 기능성에 대해 영향을 미치지 않기 때문에 무시될 수 있는 의심되는 결함인 방해 또는 "오경보" 결함을 지칭할 수 있다.

[0037] 본원에서 사용되는 "비일시적 메모리" 및 "비일시적 저장 매체"라는 용어들은 본 개시된 주제에 적합한 임의의 휘발성 또는 비휘발성 컴퓨터 메모리를 망라하도록 광범위하게 해석되어야 한다. 용어들은, 명령어들의 하나 이상의 세트를 저장하는 단일 매체 또는 다수의 매체들(예를 들어, 중앙집중형 또는 분산형 데이터베이스, 및/또는 연관된 캐시들 및 서버들)을 포함하는 것으로 간주되어야 한다. 용어들은 또한, 컴퓨터에 의한 실행을 위해 명령어들의 세트를 저장하거나 인코딩할 수 있고 컴퓨터로 하여금 본 개시내용의 방법론들 중 임의의 하나 이상을 수행하게 하는 임의의 매체를 포함하는 것으로 간주되어야 한다. 이에 따라, 용어들은, 판독 전용 메모리("ROM"), 랜덤 액세스 메모리("RAM"), 자기 디스크 저장 매체, 광학 저장 매체, 플래시 메모리 디바이스들 등을 포함하지만 이에 제한되지 않는 것으로 간주되어야 한다.

[0038] 구체적으로 달리 언급되지 않는 한, 개별 실시예들의 맥락으로 설명되는 본 개시된 주제의 특정한 피쳐들이 또한, 조합하여 단일 실시예에 제공될 수 있다는 것이 이해된다. 반대로, 단일 실시예의 맥락으로 설명되는 본 개시된 주제의 다양한 특징들이 또한, 개별적으로 또는 임의의 적합한 하위조합으로 제공될 수 있다. 이하의 상세한 설명에서, 방법들 및 장치의 완전한 이해를 제공하기 위해 다수의 특정한 세부 사항들이 열거된다.

[0039] 이를 염두에 두고, 본 개시된 주제의 특정 실시예들에 따른 마스크 검사 시스템의 기능 블록도를 예시하는 도 1에 주목한다.

[0040] 도 1에 예시된 검사 시스템(100)은 마스크 제조 프로세스 동안 또는 후에 마스크의 검사에 사용될 수 있다. 위에서 설명된 바와 같이, 본원에 언급되는 검사는, 마스크 또는 그의 부분들에 대한, 다양한 유형들의 결함 검출, 및/또는 결함 분류, 및/또는 예측 작동들, 예컨대, 임계 치수(CD) 측정들에 관련된 임의의 종류의 작동들을 망라하도록 해석될 수 있다. 본 개시된 주제의 특정 실시예들에 따르면, 예시된 검사 시스템(100)은 마스크 상의 구조적 요소들에 대한 결함들을 자동으로 검출할 수 있는 컴퓨터 기반 시스템(101)을 포함한다. 구체적으로, 일부 실시예들에서, 본 개시내용에서 검출될 결함들은 마스크 상의 구조적 요소들의 에지 변위와 관련된다. 따라서, 시스템(101)은 또한, 검사 시스템(100)의 하위 시스템인 마스크 결함 검출 시스템으로 지칭된다.

[0041] 시스템(101)은, 마스크를 스캐닝하고 마스크의 검사를 위해 마스크의 하나 이상의 이미지를 캡처하도록 구성되는 마스크 검사 툴(120)에 작동가능하게 연결될 수 있다. 본원에서 사용되는 "마스크 검사 툴"이라는 용어는, 비제한적인 예로서, 마스크 또는 그의 부분들과 관련하여 제공되는, (단일 또는 다수 횟수의 스캔들의) 스캐닝, 이미징, 샘플링, 검출, 측정, 분류 및/또는 다른 프로세스들을 포함하는 마스크 검사 관련 프로세스들에서 사용될 수 있는 임의의 유형의 검사 툴들을 망라하도록 광범위하게 해석되어야 한다.

[0042] 어떠한 방식으로든 본 개시내용의 범위를 제한하지 않고, 마스크 검사 툴(120)이 다양한 유형들의 검사 기계들, 예컨대, 광학 검사 툴들, 전자 빔 툴들 등으로서 구현될 수 있다는 점을 또한 주목해야 한다. 일부 경우들에서, 마스크 검사 툴(120)은 비교적 저해상도 검사 툴(예를 들어, 광학 검사 툴, 저해상도 주사 전자 현미경(SEM) 등)일 수 있다. 일부 경우들에서, 마스크 검사 툴(120)은 비교적 고해상도 검사 툴(예를 들어, 고해상도 SEM, 원자력 현미경(AFM), 투과 전자 현미경(TEM) 등)일 수 있다. 일부 경우들에서, 검사 툴은 저해상도 이미지 데이터 및 고해상도 이미지 데이터 양쪽 모두를 제공할 수 있다. 일부 실시예들에서, 마스크 검사 툴(120)은 예측 능력들을 갖고, 캡처된 이미지들에 대해 예측 작동들을 수행하도록 구성될 수 있다. 결과적인 이미지 데이터(저해상도 이미지 데이터 및/또는 고해상도 이미지 데이터)는 - 직접 또는 하나 이상의 중간 시스템을 통해 - 시스템(101)에 송신될 수 있다.

[0043] 특정 실시예들에 따르면, 마스크 검사 툴은, 예를 들어, 마스크에 형성된 패턴을 웨이퍼 상에 투영함으로써, 반도체 시편의 제조에 사용가능한 리소그래피 툴(예컨대, 예를 들어, 스캐너 또는 스텝퍼)의 광학 구성들을 애플레이팅/모방하도록 구성되는 화학선 검사 툴로서 구현될 수 있다.

[0044] 이제 도 5를 참조하면, 본 개시된 주제의 특정 실시예들에 따른, 화학선 검사 툴 및 리소그래피 툴의 개략도가 도시된다.

[0045] 리소그래피 툴(520)과 유사하게, 화학선 검사 툴(500)은 노출 파장의 광(예를 들어, 레이저)을 생성하도록 구성되는 조명원(502), 조명 광학계(504), 마스크 홀더(506), 및 투영 광학계(508)를 포함할 수 있다. 조명 광학계(504) 및 투영 광학계(508)는 하나 이상의 광학 요소(예컨대, 렌즈, 애퍼처, 공간 필터 등)를 포함할 수 있다.

[0046] 리소그래피 툴(520)에서, 마스크가 마스크 홀더(506)에 위치되고, 복제될 회로 패턴의 이미지를 웨이퍼 홀더

(512) 상에 배치된 웨이퍼 상에 (예를 들어, 웨이퍼 상에 패턴을 생성하거나 복제하기 위해 다양한 스텝핑, 스캐닝 및/또는 이미징 기법들을 채용함으로써) 투영하도록 광학적으로 정렬된다. 리소그래피 툴(520)과 달리, 웨이퍼 홀더(512)를 배치하는 대신에, 화학선 검사 툴(500)은 검출기(510)(예컨대, 전하 결합 디바이스(CCD))를 웨이퍼 홀더의 위치에 배치하고, 여기서 검출기(510)는, 마스크를 통해 투영되고 마스크의 이미지를 생성하는 광을 검출하도록 구성된다.

[0047] 볼 수 있는 바와 같이, 화학선 검사 툴(500)은, 예를 들어, 조명/노출 조건들, 예컨대, 파장, 동공 형상, 개구수(NA) 등을 포함하지만 이에 제한되지 않는, 리소그래피 툴(520)의 광학 구성들을 에뮬레이팅하도록 구성된다. 그러므로, 검출기(510)에 의해 취득된 마스크 이미지(514)는 리소그래피 툴을 통해 마스크를 사용하여 제조되는 웨이퍼의 이미지(516)와 비슷할 것으로 예상된다. 그러한 화학선 검사 툴을 사용하여 취득된 마스크 이미지는 또한, 에어리얼 이미지(aerial image), 또는 본 개시내용에 설명된 바와 같은 제1 이미지로 지칭된다. 제1 이미지는, 아래에 설명되는 바와 같이, 추가의 처리를 위해 시스템(101)에 제공된다.

[0048] 특정 실시예들에 따르면, 일부 경우들에서, 마스크 검사 툴(120)은 비-화학선 검사 툴, 예컨대, 예를 들어, 정규 광학 검사 툴, 전자 빔 툴 등으로서 구현될 수 있다. 그러한 경우들에서, 비-화학선 검사 툴은 마스크의 이미지를 취득하도록 구성될 수 있다. 리소그래피 툴의 광학 구성을 모의하기 위해, 취득된 이미지에 대해 모의가 수행될 수 있고, 이로써, 에어리얼 이미지(즉, 제1 이미지)를 생성한다. 일부 경우들에서, 모의는 시스템(101)에 의해 수행될 수 있는(예를 들어, 모의의 기능성은 시스템의 PMC(102)에 통합될 수 있음) 반면, 일부 다른 경우들에서, 모의는 마스크 검사 툴(120)의 처리 모듈에 의해, 또는 마스크 검사 툴(120) 및 시스템(101)에 작동가능하게 연결된 별개의 모의 유닛에 의해 수행될 수 있다.

[0049] 시스템(101)은 하드웨어 기반 I/O 인터페이스(126)에 작동가능하게 연결된 프로세서 및 메모리 회로(PMC)(102)를 포함한다. PMC(102)는 도 2, 3 및 4를 참조하여 더 상세히 설명되는 바와 같이 시스템을 작동시키기 위해 필요한 처리를 제공하도록 구성되고, 프로세서(개별적으로 도시되지 않음) 및 메모리(개별적으로 도시되지 않음)를 포함한다. PMC(102)의 프로세서는 PMC에 포함된 비일시적 컴퓨터 판독가능 메모리 상에 구현된 컴퓨터 판독가능 명령어들에 따라 몇몇 기능 모듈들을 실행하도록 구성될 수 있다. 그러한 기능 모듈들은 이하에서 PMC에 포함되는 것으로 지칭된다.

[0050] 본원에 언급되는 프로세서는 하나 이상의 범용 처리 디바이스, 예컨대, 마이크로프로세서, 중앙 처리 유닛 등을 나타낼 수 있다. 더 구체적으로, 프로세서는 복합 명령어 세트 컴퓨팅(CISC) 마이크로프로세서, 축소 명령어 세트 컴퓨팅(RISC) 마이크로프로세서, 매우 긴 명령어(VLIW) 마이크로프로세서, 다른 명령어 세트들을 구현하는 프로세서, 또는 명령어 세트들의 조합을 구현하는 프로세서들일 수 있다. 프로세서는 또한, 하나 이상의 특수 목적 처리 디바이스, 예컨대, 주문형 집적 회로(ASIC), 필드 프로그래밍가능 게이트 어레이(FPGA), 디지털 신호 프로세서(DSP), 네트워크 프로세서 등일 수 있다. 프로세서는 본원에 논의된 작동들 및 단계들을 수행하기 위한 명령어들을 실행하도록 구성된다.

[0051] 본원에 언급되는 메모리는 주 메모리(예를 들어, 판독 전용 메모리(ROM), 플래시 메모리, 동적 랜덤 액세스 메모리(DRAM), 예컨대, 동기식 DRAM(SDRAM) 또는 램버스 DRAM(RDRAM) 등), 및 정적 메모리(예를 들어, 플래시 메모리, 정적 랜덤 액세스 메모리(SRAM) 등)를 포함할 수 있다.

[0052] 전술된 바와 같이, 일부 실시예들에서, 시스템(101)은 마스크 상의 하나 이상의 구조적 요소의 에지 변위와 관련된 결함들을 검출하도록 구성될 수 있다. 본원에서 사용되는 "에지 변위"라는 용어는 구조적 요소의 에지/윤곽의, 그의 예상 위치로부터의 비교적 상당한 편차를 지칭한다.

[0053] 본원에서 사용되는 구조적 요소 또는 구조적 피처는, 일부 경우들에서 다른 대상(들)과 조합/중첩되는(그러므로 패턴을 형성하는), 윤곽이 있는 기하학적 형상 또는 기하학적 구조를 갖는, 마스크 상의 임의의 원래 대상을 지칭할 수 있다. 구조적 요소들의 예들은 일반적인 형상 피처들, 예컨대, 예를 들어, 접촉부들, 라인들 등, 및/또는 복잡한 구조들/형상들을 갖는 피처들, 및/또는 하나 이상의 다른 피처에 의해 조합된 피처들을 포함할 수 있다. 구조적 요소는 2D 또는 3D 피처일 수 있고, 구조적 요소를 캡처하는 이미지는 구조적 요소의 2D 표현을 반영할 수 있다.

[0054] 본원에서 언급되는 에지 변위의 결함은 다양한 인자들, 예컨대, 마스크의 제조 프로세스 동안의 물리적 효과(들), 및/또는 다른 인자들, 예컨대, 예를 들어, 산화(마스크의 사용 동안 점진적으로 발생할 수 있음), 입자들, 스크래치들, 결정 성장, 정전기 방전(ESD) 등에 의해 야기될 수 있다. 그러한 마스크 결함들은, 웨이퍼들의 대량 생산 이전에 검출되지 않는다면, 웨이퍼들 상에서 다수 회 반복될 것이고, 다수의 반도체 디바이스들

이 결합있게 할 것이고(예를 들어, 디바이스들의 기능성에 영향을 미침), 따라서 수율을 상당히 감소시킬 것이다.

- [0055] 마스크는 웨이퍼로 변환될 마스크 필드를 포함한다. 일부 경우들에서, 마스크 필드는 동일한 설계 패턴들을 갖는 다수의 다이들을 포함할 수 있다(그러한 마스크는 다중 다이 마스크로 지칭된다). 일부 다른 경우들에서, 마스크 필드는 단일 다이를 포함할 수 있다(그러한 마스크는 단일 다이 마스크로 지칭된다). 다이의 구조적 요소와 연관된 결합이 있는지를 검출하기 위해, 다른 다이로부터의 기준 구조적 요소가 다이-대-다이 검사에서의 비교의 목적을 위해 통상적으로 요구된다. 그러나, 단일 다이 마스크의 경우들에서, 비교에 사용될 수 있는 기준 다이가 마스크 상에 없다. 그러므로, 단일 다이의 구조적 요소들의 경우, 결합 검출의 목적을 위한 기준들을 획득할 필요가 있다.
- [0056] 이제 도 6을 참조하면, 본 개시된 주제의 특정 실시예들에 따른, 단일 다이 마스크의 예시적인 레이아웃 및 다중 다이 마스크의 예시적인 레이아웃이 개략적으로 예시된다.
- [0057] 도시된 바와 같이, 다중 다이 마스크(604)는 동일한 설계 패턴들을 갖는 9개의 다이들의 마스크 필드를 포함한다. 마스크 필드의 임의의 다이에서의 구조적 요소의 경우에는, 하나 이상의 기준 구조적 요소가, 이웃하는 다이들 중 하나 이상에서 항상 발견될 수 있다. 그러나, 단일 다이(606)의 마스크 필드를 포함하는 단일 다이 마스크(602)의 경우에는, 단일 다이에서의 구조적 요소들에 대한 결합 검출에 사용될 수 있는 기준 다이가 마스크 상에 없다.
- [0058] 추가적으로, 단일 다이 마스크(602)는 마스크의 주변 영역(610)과 다이 영역(606) 사이에 스크라이브 영역(608)을 더 포함한다. 스크라이브 영역(608)은 보조 피처들, 예컨대, 예를 들어, 정렬 피처들, 교정 피처들 등을 포함한다. 그러한 보조 피처들/구조들은 다이 영역의 패턴들과 함께 리소그래피 프로세스에서 웨이퍼 상에 인쇄될 수 있다. 그러므로, 다이들의 구조적 요소들에 대한 결합 검출에 추가적으로 또는 대안적으로, (존재한다면) 이러한 보조 피처들에 대한 결합들을 검출하는 것이 또한 바람직하다. 이는 또한, 다이 영역과 주변 영역 사이뿐만 아니라 다이들 사이에 있는, 다중 다이 마스크(604)의 스크라이브 영역(612)의 보조 피처들에 적용된다. 그러나, 검사에 사용될 마스크 상의 그러한 보조 피처들에 대한 기준 피처들은 없다.
- [0059] 화학선 검사 툴에 관련된 특정 종래의 기법들은 각각 툴의 투과된 양상 및 반사된 양상으로부터 2개의 이미지들을 취득하고, 임의의 결합의 존재를 추정하기 위해 2개의 이미지들 사이의 차이를 분석할 수 있다. 그러나, 2개의 이미징 양상들을 활용하는 것은 이미지 취득 프로세스 및 이미지 처리 프로세스 양쪽 모두에서 시간 소모적일 수 있으며, 따라서, 검사의 처리량(TpT)에 영향을 미친다.
- [0060] 대안적으로, 특정 검사 툴들은 마스크의 설계 데이터에 기초하여, 모의된 이미지를 생성하고 모의된 이미지를 마스크 이미지 상의 결합 검출을 위한 기준 이미지로서 사용하려고 시도할 수 있다. 그러나, 그러한 방법들은, 많은 경우들에서 이용가능하지 않은, 마스크의 설계 데이터의 취득을 요구한다. 추가적으로, 모의된 이미지는 마스크 제조 프로세스 동안 프로세스 변동들의 불확실성으로 인해 부정확할 수 있고, 이는 검사 결과의 정확도에 불가피하게 영향을 미칠 수 있다.
- [0061] 그러므로, 특히, 포토마스크들에 대한 진보된 프로세스들 및 복잡한 피처들의 개발로 인해, 현재의 검사 방법론들은 마스크 피처들/요소들의 원하는 프로세스 제어를 제공하기에 충분하지 않다. 따라서, 검사 처리량에 영향을 미치지 않으면서, 마스크 상의 구조적 요소들(예를 들어, 단일 다이 마스크의 다이 영역의 구조적 요소들뿐만 아니라, 단일 다이 마스크 및 다중 다이 마스크 양쪽 모두의 스크라이브 영역의 구조적 요소들)에 대한 결합들을 더 높은 감도로 정확히 검출할 수 있기 위해, 위의 문제들을 해결하는 개선된 결합 검출 방법이 요구된다.
- [0062] 본 개시된 주제의 특정 실시예들에 따르면, 마스크 상의 구조적 요소들의 에지 변위에 관련된 결합들을 검출하기 위한 새로운 마스크 검사 시스템 및 방법이 제안된다. 제안된 방법은 마스크 피처들의 진보된 프로세스 제어에 위해 개선된 정확도 및 검출 감도를 갖는 것으로 입증되었다.
- [0063] 특정 실시예들에 따르면, 시스템(101)의 PMC(102)에 포함된 기능 모듈들은 이미지 처리 모듈(104), 측정 모듈(106) 및, 선택적으로, 결합 처리 모듈(108)을 포함할 수 있다. PMC(102)는, I/O 인터페이스(126)를 통해, 마스크의 적어도 일부(예를 들어, 부분)를 나타내는 제1 이미지를 획득하도록 구성될 수 있다. 제1 이미지는, 반도체 시편의 제조에 사용가능한 광학 구성 리소그래피 툴을 에뮬레이팅함으로써 취득될 수 있다. 예로서, 이미지는, 마스크 검사 툴(120), 예컨대, 예를 들어, 화학선 검사 툴에 의해 취득될 수 있다.
- [0064] 이미지 처리 모듈(104)은 제1 이미지에 인쇄 임계치를 적용하고, 제2 이미지를 생성하도록 구성될 수 있다. 제2 이미지는, 반도체 시편 상에 인쇄가능한, 마스크의 복수의 구조적 요소들에 대한 정보를 제공한다. 이미지

처리 모듈(104)은, 복수의 구조적 요소들로부터의 관심 구조적 요소들(SEI들)의 군의 각각의 SEI에 대한 윤곽을 추정하고, 윤곽을 특징짓는 속성들의 세트를 추출하고, SEI들의 군에 대응하는 윤곽들의 군 및 그들과 연관된 속성들의 각각의 세트들을 생성하도록 추가로 구성될 수 있다.

[0065] 이미지 처리 모듈(104)은, 각각의 주어진 윤곽에 대해, 윤곽들의 군에서의 나머지 윤곽들 중에서, 그들과 연관된 속성들의 각각의 세트들 사이를 비교함으로써, 주어진 윤곽과 유사한 하나 이상의 기준 윤곽을 식별하도록 추가로 구성될 수 있다. 측정 모듈(106)은, 주어진 윤곽과 그의 하나 이상의 기준 윤곽 각각 사이의 편차를 측정하고, 주어진 윤곽과 연관된 SEI에 대해 결함이 존재하는지 여부를 나타내는 하나 이상의 측정된 편차를 생성하도록 구성될 수 있다. 선택적으로, 결함 처리 모듈(108)은, 편차가 편차 임계치를 넘을 때 결함의 존재를 보고하고/거나 검출된 결함들에 어떻게 응답할지를 결정하도록 구성될 수 있다.

[0066] 시스템들(100, 101), PMC(102) 및 그의 기능 모듈들의 작동들은 도 2, 3 및 4를 참조하여 더 상세히 설명될 것이다.

[0067] 특정 실시예들에 따르면, 시스템(100)은 저장 유닛(122)을 포함할 수 있다. 저장 유닛(122)은 시스템들(100 및 101)을 작동시키는 데 필요한 임의의 데이터, 예를 들어, 시스템들(100 및 101)의 입력 및 출력에 관련된 데이터뿐만 아니라, 시스템(101)에 의해 생성된 중간 처리 결과들을 저장하도록 구성될 수 있다. 예로서, 저장 유닛(122)은 마스크 검사 툴(120)에 의해 생성된 이미지(들) 및/또는 그의 파생물들(예를 들어, 전처리 후의 이미지들)을 저장하도록 구성될 수 있다. 이에 따라, 이미지(들)는 저장 유닛(122)으로부터 검색되고 추가의 처리를 위해 PMC(102)에 제공될 수 있다.

[0068] 일부 실시예들에서, 시스템(100)은 시스템(101)과 관련된 사용자 특정 입력들을 가능하게 하도록 구성된 컴퓨터 기반 그래픽 사용자 인터페이스(GUI)(124)를 선택적으로 포함할 수 있다. 예를 들어, 사용자에게, 시편의 이미지들 및/또는 구조적 요소들의 이미지 표현을 포함하는, 시편의 시각적 표현이 (예를 들어, GUI(124)의 일부를 형성하는 디스플레이에 의해) 제시될 수 있다. 사용자는, GUI를 통해, 특정 작동 파라미터들, 예컨대, 예를 들어, 인쇄 임계치, 편차 임계치 등을 정의하는 옵션들을 제공받을 수 있다. 일부 경우들에서, 사용자는 또한, GUI 상에서 작동 결과들, 예컨대, 측정된 편차들, 검출된 결함들, 및/또는 추가의 검사 결과들을 볼 수 있다.

[0069] 위에서 설명된 바와 같이, 시스템(101)은 마스크의 하나 이상의 이미지(예를 들어, 제1 이미지들)를 I/O 인터페이스(126)를 통해 수신하도록 구성된다. 이미지들은, 마스크 검사 툴(120)에 의해 생성된 이미지 데이터(및/또는 그의 파생물들) 및/또는 저장 유닛(122) 또는 하나 이상의 데이터 보관소에 저장된 이미지 데이터를 포함할 수 있다. 일부 경우들에서, 이미지 데이터는, 마스크 제조 프로세스 동안 또는 이후에 마스크 검사 툴에 의해 캡처된 이미지들, 및/또는 다양한 전처리 스테이지들에 의해 획득된 바와 같은, 캡처된 이미지들로부터 도출된 전처리된 이미지들 등을 지칭할 수 있다. 일부 경우들에서, 이미지들은 연관된 수치 데이터(예를 들어, 메타데이터, 수작업 속성들 등)를 포함할 수 있다는 점을 주목한다. 이미지 데이터는 웨이퍼 상에 인쇄될 반도체 디바이스의 타겟 층에 관한 것이라는 점을 더 주목한다.

[0070] 시스템(101)은 수신된 이미지들을 처리하고, I/O 인터페이스(126)를 통해, 결과들(예를 들어, 측정된 편차들, 검출된 결함들)을 저장 유닛(122), 및/또는 렌더링을 위한 GUI(124), 및/또는 마스크 검사 툴(120)에 전송하도록 추가로 구성된다.

[0071] 일부 실시예들에서, 시스템(101)에 추가적으로, 마스크 검사 시스템(100)은 하나 이상의 검사 모듈, 예컨대, 예를 들어, 마스크의 추가적인 검사를 수행하는 데 사용가능한, 추가적인 결함 검출 모듈(들) 및/또는 자동 결함 검토 모듈(ADR) 및/또는 자동 결함 분류 모듈(ADC) 및/또는 계속 관련 모듈 및/또는 다른 검사 모듈들을 더 포함할 수 있다. 하나 이상의 검사 모듈은 독립형 컴퓨터들로서 구현될 수 있거나, 그들의 기능성들(또는 그의 적어도 일부)이 마스크 검사 툴(120)과 통합될 수 있다. 일부 실시예들에서, 시스템(101)으로부터 획득된 바와 같은 출력은 마스크의 추가의 검사를 위해 마스크 검사 툴(120) 및/또는 하나 이상의 검사 모듈(또는 그의 일부)에 의해 사용될 수 있다.

[0072] 관련 기술분야의 통상의 기술자는, 본 개시된 주제의 교시들이, 도 1에 예시된 시스템에 의해 제한되지 않고; 동등하고/거나 수정된 기능성이, 다른 방식으로 통합되거나 분할될 수 있으며 하드웨어 및/또는 펌웨어와 소프트웨어의 임의의 적절한 조합으로 구현될 수 있다는 것을 쉽게 이해할 것이다.

[0073] 도 1에 예시된 검사 시스템은, PMC(102)에 포함된 바와 같은 전송된 기능 모듈들이 몇몇 로컬 및/또는 원격 디바이스들에 분산될 수 있고 통신망을 통해 연결될 수 있는 분산 컴퓨팅 환경으로 구현될 수 있다는 점을 주목한다. 다른 실시예들에서, 검사 툴(들)(120), 저장 유닛(122) 및/또는 GUI(124) 중 적어도 일부는 검사 시스템

(100)의 외부에 있을 수 있고 I/O 인터페이스(126)를 통해 시스템(101)과 데이터 통신하여 작동할 수 있다는 점을 더 주목한다. 시스템(101)은 검사 툴들과 함께 사용될 독립형 컴퓨터(들)로서 구현될 수 있다. 대안적으로, 시스템(101)의 각각의 기능들은, 적어도 부분적으로, 마스크 검사 툴(120)과 통합될 수 있고, 이로써, 검사 관련 프로세스들에서 마스크 검사 툴(120)의 기능성들을 용이하게 하고 향상시킨다.

[0074] 반드시 그렇지는 않지만, 시스템들(101 및 100)의 작동의 프로세스는 도 2-4와 관련하여 설명된 방법들의 스테이지들 중 일부 또는 전부에 대응할 수 있다. 마찬가지로, 도 2-4와 관련하여 설명된 방법들 및 그들의 가능한 구현들은 시스템들(101 및 100)에 의해 구현될 수 있다. 그러므로, 도 2-4와 관련하여 설명된 방법들과 관련하여 논의된 실시예들은 또한, 시스템들(101 및 100)의 다양한 실시예들로서 준용하여 구현될 수 있고, 그 반대의 경우도 마찬가지라는 점을 주목한다.

[0075] 이제 도 2를 참조하면, 본 개시된 주제의 특정 실시예들에 따른 마스크 검사의 일반화된 흐름도가 예시된다.

[0076] 마스크(검사될 마스크)의 적어도 일부를 나타내는 제1 이미지가 (예를 들어, PMC(102)에 의해 I/O 인터페이스(126)를 통해, 마스크 검사 툴(120)로부터 또는 저장 유닛(122)으로부터) 획득될 수 있다(202). 제1 이미지는, 반도체 시편의 제조에 사용가능한 리소그래피 툴의 광학 구성을 에플레이팅함으로써 취득될 수 있다.

[0077] 일부 실시예들에서, 검사될 마스크는 단일 다이 마스크이다. 도 6의 602에 예시된 바와 같이, 단일 다이의 다이 영역 및 스크라이브 영역(보조 피쳐들, 예컨대, 예를 들어, 정렬 피쳐들, 교정 피쳐들 등을 포함함)을 포함하는, 단일 다이 마스크의 마스크 필드는, 리소그래피 프로세스 동안 웨이퍼 상에 전사될 인쇄가능한 피쳐들/구조들을 포함한다. 그러므로, 본 제안된 검사 방법은 이러한 영역들/지역들 중 임의의 것에 대해 결함들을 검출하는 데 적용가능하다. 예로서, 획득된 바와 같은 제1 이미지는 단일 다이 영역의 적어도 일부 및/또는 스크라이브 영역의 적어도 일부를 나타낼 수 있다.

[0078] 일부 다른 실시예들에서, 검사될 마스크는 도 6의 604에 예시된 바와 같이 다중 다이 마스크일 수 있다. 그러한 경우들에서, 본 제안된 검사 방법은 다중 다이 마스크의 스크라이브 영역의 적어도 일부에 대해 결함들을 검출하는 데 적용가능하다.

[0079] 일부 실시예들에서, 제1 이미지는, 화학선 마스크 검사 툴, 예컨대, 예를 들어, 어플라이드 머티어리얼스 인코포레이티드(Applied Materials Inc.)의 에어라(Aera) 마스크 검사 툴에 의해 취득된다. 도 5를 참조하여 위에서 설명된 바와 같이, 화학선 마스크 검사 툴은 구체적으로, 마스크에 따른 반도체 웨이퍼들의 제조에 사용되는 리소그래피 툴(예를 들어, 스캐너 또는 스텝퍼)의 광학 구성들을 에플레이팅하도록 구성된다. 에플레이팅될 광학 구성들은, 다음의 조명/노출 조건들, 예컨대, 예를 들어, 파장, 동공 형상, 개구수(NA) 등 중 하나 이상을 포함할 수 있다.

[0080] 그러한 화학선 검사 툴에 의해 취득되는 마스크 이미지(예를 들어, 제1 이미지)는 리소그래피 툴을 통해 마스크를 사용하여 제조되는 웨이퍼의 이미지와 비슷할 것으로 예상되며, 따라서, 에어리얼 이미지로 또한 지칭된다. 다시 말해서, 화학선 마스크 검사 툴은, 마스크에서의 설계 패턴들이 제조 프로세스 후에 물리적 웨이퍼에서 실제로 어떻게 나타날지를 모방할 수 있는 마스크 이미지를 캡처하도록 구성된다.

[0081] 일부 경우들에서, 화학선 검사 툴은 마스크를 검사하는 데 이용가능하지 않을 수 있다. 그러한 경우들에서, 비-화학선 검사 툴, 예컨대, 예를 들어, 정규 광학 검사 툴, 전자 빔 툴 등이 마스크의 이미지(비-에어리얼 이미지)를 취득하는 데 사용될 수 있다. 리소그래피 툴의 광학 구성들을 모의하기 위해, 취득된 비-에어리얼 이미지에 대해 모의가 수행될 수 있고, 이로써, 마스크의 에어리얼 이미지/제1 이미지를 생성한다. 이에 따라, 일부 실시예들에서, 도 2를 참조하여 설명된 바와 같은 마스크 검사 방법은, 비-화학선 검사 툴에 의해 취득된 이미지를 획득하는 단계, 및 리소그래피 툴의 광학 구성을 모의하기 위해, 이미지에 대해 (예를 들어, PMC(102)의 이미지 처리 모듈(104)에 의해, 또는 마스크 검사 툴(120)의 처리 모듈에 의해 등으로) 모의를 수행하고, 제1 이미지를 생성하는 단계의 예비 단계들을 더 포함할 수 있다.

[0082] 일부 실시예들에서, 획득된 바와 같은 제1 이미지는, 도 2를 참조하여 설명될 바와 같이, 추가의 처리 전에 전처리될 수 있다. 전처리는 이하의 작동들: 보간(예를 들어, 제1 이미지가 비교적 낮은 해상도를 갖는 경우), 노이즈 필터링, 초점 보정, 수차 보상, 이미지 포맷 변환 등 중 하나 이상을 포함할 수 있다.

[0083] 본 개시내용은 마스크 검사 툴의 특정 양상, 및/또는 그에 의해 취득된 이미지들의 유형, 및/또는 이미지들을 처리하기 위해 요구되는 전처리 작동들에 제한되지 않는다는 점을 주목해야 한다.

[0084] 제1 이미지에 (예를 들어, PMC(102)의 이미지 처리 모듈(104)에 의해) 인쇄 임계치가 적용될 수 있고, 제2 이미

지를 생성한다(204). 제2 이미지는, 반도체 시편 상에 인쇄가능한, 마스크의 복수의 구조적 요소들에 대한 정보를 제공한다.

[0085] 이제 도 7을 참조하면, 본 개시된 주제의 특정 실시예들에 따른, 인쇄 임계치를 적용하는 프로세스의 개략도뿐만 아니라 제1 이미지 및 제2 이미지의 예들이 도시된다.

[0086] 도시된 바와 같이, 예시(700)는 조명 시에 광을 투과시키는 투명 영역(702)(예를 들어, 식영으로 만들어짐), 및 광을 차단하는 불투명 영역(704)(예를 들어, 크롬으로 만들어짐)을 포함하는 예시된(그리고 간략화된) 마스크를 보여준다. 위에서 설명된 바와 같이 획득된 제1 이미지(에어리얼 이미지)는 이미지(710)에 의해 예시된 바와 같이, 마스크를 통해 투과된 광을 수집하는 검출기에 의해 캡처되는 이미지를 지칭한다.

[0087] 실제로, 제조 툴(예를 들어, 스캐너 또는 스텝퍼)에 의한 실제 웨이퍼 제조 프로세스는, 리소그래피 프로세스에 후속하는, 레지스트 프로세스 및 식각 프로세스를 포함한다. 웨이퍼는 감광성 물질인 포토레지스트로 코팅된다. 광에 대한 노출은, 프로세스에 따라, 레지스트의 섹션들이 경화되거나 연화되게 한다. 노출 후에, 웨이퍼가 현상되고, 노출 동안 수신된 영역들의 투과된 광의 양(즉, 광 강도)에 따라 특정 영역들에서 포토레지스트가 용해되게 한다.

[0088] 예로서, 투과된 광의 강도를 나타내는 파형(705)이 예시된다. 주어진 영역에서의 포토레지스트가, 투과된 광의 특정 강도 미만으로 노출되는 경우, 패턴들은 웨이퍼 상에 인쇄될 것이다. 포토레지스트가 있고 없는 이러한 영역들이 마스크 상에 설계 패턴들을 재현한다. 그러므로, 특정 강도는 도 7에 예시된 바와 같이 인쇄 임계치(705)로 알려져 있다. 그 다음, 현상된 웨이퍼는 포토레지스트 코팅에 의해 더 이상 보호되지 않는 웨이퍼의 부분들에서 규소를 식각 제거하는 용매들에 노출되고, (주어진 층에 대해) 인쇄된 웨이퍼(708)를 생성한다.

[0089] 이에 따라, 웨이퍼 제조 툴의 광학 구성을 모방하는 화학선 검사 툴에서, 파형(705)은 제1 이미지를 형성하기 위해 화학선 검사 툴의 검출기에 의해 캡처될 투과된 광을 표현한다. 화학선 검사 툴에서, 검출기가 웨이퍼를 교체했고 실제 레지스트 및 식각 프로세스가 없기 때문에, 인쇄된 웨이퍼와 비슷한 이미지를 획득하기 위해, 레지스트 및 식각 프로세스의 효과를 모방하도록 인쇄 임계치(705)가 제1 이미지에 적용될 필요가 있고, 웨이퍼 상의 인쇄가능한 피쳐들을 포함하는 제2 이미지를 생성한다. 구체적으로, 제2 이미지는 웨이퍼 상에 인쇄가능한, 마스크의 복수의 구조적 요소들에 대한 정보를 제공하는 이진 이미지이다.

[0090] 도 7은 제1 이미지(710) 및 제1 이미지에 인쇄 임계치를 적용한 후에 생성된 대응하는 제2 이미지(720)의 예를 예시한다. 도시된 바와 같이, 제2 이미지(720)는 웨이퍼(708) 상의 인쇄된 패턴들과 유사한 이진 이미지이다. 본 예에서, 인쇄 임계치 미만의 패턴들이 웨이퍼 상에 인쇄가능한 것으로서 예시되지만(즉, 포지티브 레지스트), 이는 반드시 그렇지는 않다는 점을 주목해야 한다. 일부 다른 경우들에서, 이는 반대일 수 있는데, 즉, 인쇄 임계치 초과 패턴들이 웨이퍼 상에 인쇄가능하다(즉, 네거티브 레지스트). 본 개시내용은 인쇄가능한 피쳐들을 렌더링하기 위한, 인쇄 임계치의 특정 적용에도 특정 레지스트 프로세스에도 제한되지 않는다.

[0091] 도 2의 설명을 계속하면, 복수의 구조적 요소들로부터의 관심 구조적 요소들(SEI들)의 군의 각각의 SEI에 대해 윤곽이 추정될 수 있고, 윤곽을 특징짓는 속성들의 세트가 (예를 들어, PMC(102)의 이미지 처리 모듈(104)에 의해) 추출될 수 있고, SEI들의 군에 대응하는 윤곽들의 군 및 그들과 연관된 속성들의 각각의 세트들을 생성한다(206).

[0092] 특정 실시예들에 따르면, 관심 구조적 요소들(SEI들)의 군이 복수의 구조적 요소들로부터 선택될 수 있고, 윤곽 추정은 군의 각각의 SEI에 대해 수행될 수 있다. 예로서, SEI들의 군은 다음의 인자들: 제2 이미지 상의 구조적 요소들의 위치, 구조적 요소들의 유형 및/또는 형상, 이전 검사에서 결함 후보들로서 검출된 바와 같은 구조적 요소들, 검사될 특정 구조적 요소들의 중요성에 관한 고객 입력/피드백 등 중 하나 이상에 기초하여 선택될 수 있다. 일부 경우들에서, 선택은 생략될 수 있고, SEI들의 군은 실제로, 제2 이미지 상의 복수의 구조적 요소들의 전체 모집단을 포함할 수 있다.

[0093] 윤곽이라는 용어는 대상 또는 요소의 외곽 또는 경계를 지칭할 수 있다. 윤곽 추정은 일반적으로, 이미지에서 다양한 대상들/요소들을 검출하는 데 사용될 수 있다. 본 개시내용의 일부 실시예들에서, 구조적 요소의 윤곽은 에지 검출 방법을 사용함으로써 추정될 수 있다. 예로서, 에지 검출 방법은 캐니(Canny) 또는 소벨(Sobel) 에지 검출 알고리즘을 사용하여 구현될 수 있다. 본 주제에 적용가능한 에지 검출 알고리즘의 다른 예는, 본 특허 출원의 양수인에게 양도되고 그 전체가 인용에 의해 본원에 포함되는, "System, method and computer readable medium for detecting edges of a pattern"라는 명칭의 미국 특허 번호 9,165,376에서 설명된다. 도 8a는 본 개시된 주제의 특정 실시예들에 따른, 상이한 형상들을 갖는 몇몇 구조적 요소들에 대한 추출된 윤곽들

(파선들로 표시됨)의 몇몇 예들을 예시한다.

- [0094] 각각의 윤곽에 대하여, 윤곽을 특징짓는 속성들의 세트가 추출될 수 있다. 예로서, 속성들의 세트는: 윤곽에 의해 형성된 영역, 영역의 폭, 영역의 높이, 윤곽을 따른 픽셀들의 개수, 체인 코드, 및 무게 중심 등을 포함하는 군으로부터 선택될 수 있다. 예를 들어, 체인 코드는 특정된 길이 및 방향의 일련의 연결된 직선 세그먼트들에 의해 윤곽을 표현하는 데 사용된다. 전형적으로, 이 표현은 세그먼트들의 4 또는 8 연결에 기초한다. 각각의 세그먼트의 방향은 번호지정 방식을 사용하여 코딩된다. 일련의 그러한 방향성 숫자들로서 형성된 윤곽 코드는 윤곽의 형상을 나타내는 체인 코드로 지칭된다.
- [0095] 예로서, 윤곽들의 군의 각각의 윤곽에 대한 속성들의 세트는 상이한 데이터 포맷들, 예컨대, 예를 들어, 표, 벡터들, 목록들 등으로 표현될 수 있다. 예를 들어, 표 표현은, N개의 윤곽들의 군의 특정 윤곽을 각각이 표현하는 N개의 행들, 및 윤곽들과 연관된 K개의 피쳐들의 세트를 각각이 표현하는 K개의 열들을 포함할 수 있다.
- [0096] 윤곽들의 군의 각각의 주어진 윤곽에 대해, 윤곽들의 군에서의 나머지 윤곽들(즉, 후보 윤곽들) 중에서, 주어진 윤곽과 유사한 하나 이상의 기준 윤곽이 (예를 들어, PMC(102)의 이미지 처리 모듈(104)에 의해) 식별될 수 있다(208). 일부 실시예들에서, 하나 이상의 기준 윤곽은, 주어진 윤곽과 연관된 속성들의 세트를 나머지 윤곽들 중 적어도 일부와 연관된 속성들의 각각의 세트들과 비교함으로써 식별될 수 있다. 비교는 유사성 측정에 기초할 수 있고, 유사성 기준을 충족하는 하나 이상의 윤곽은 주어진 윤곽과 유사한 기준 윤곽들로서 식별될 수 있다.
- [0097] 예로서, 유사성 척도는 거리 기반 메트릭, 예컨대, 예를 들어, 유클리드 거리, 맨하탄 거리, 코사인 거리, 피어슨 상관 거리, 스피어만 상관 거리 등일 수 있다. 유사성 기준은 미리 결정된 거리일 수 있다. 일부 경우들에서, 식별된 기준 윤곽들의 개수가 또한 미리 결정될 수 있다.
- [0098] 예를 들어, 비교는, 예를 들어, 표의 제1 후보 윤곽으로부터 시작하여, 주어진 윤곽의 속성 세트들의 각각의 쌍과 나머지 윤곽들로부터의 후보 윤곽 사이의 거리를 계산하고, 유사성 기준을 충족하는 거리들을 갖는 기준 윤곽들의 개수가 만족될 때, 프로세스가 종료됨으로써 수행될 수 있고, 식별된 바와 같은 기준 윤곽들이 제공될 것이다.
- [0099] 대안적으로, 다른 예에서, 비교는, 주어진 윤곽에 대해 나머지 윤곽들의 각각의 후보 윤곽에 대한 거리를 계산하고, 계산된 거리들을 등급화하는 것에 의해 미리 결정된 개수의 기준 윤곽들을 선택함으로써 수행될 수 있다. 일부 경우들에서, 식별된 기준 윤곽들의 개수는 미리 결정되지 않는다. 유사성 기준을 충족하는 거리들을 갖는 모든 후보 윤곽들이 기준 윤곽들로서 식별될 수 있다.
- [0100] 이제 도 8b를 참조하면, 본 개시된 주제의 특정 실시예들에 따른, 주어진 윤곽들에 대한 기준 윤곽들의 예들이 예시된다.
- [0101] 각각의 주어진 윤곽에 대해 식별된 기준 윤곽들의 개수가 1개라고 가정한다. 예로서, 윤곽(804)의 경우, 유사성 기준을 충족시키도록 식별되는 기준 윤곽은 윤곽(802)이다. 윤곽(806)의 경우, 유사성 기준을 충족시키도록 식별되는 기준 윤곽은 윤곽(804 또는 802)이다. 기준 윤곽들의 개수가 2개로 미리 결정되는 경우, 윤곽들(802 및 804) 양쪽 모두는 윤곽(806)에 대한 기준 윤곽들로서 사용될 수 있다. 윤곽(810)의 경우, 그의 기준 윤곽은 윤곽(808)이다.
- [0102] 도 2의 설명을 계속하면, 주어진 윤곽과 그의 하나 이상의 기준 윤곽 각각 사이의 편차가 (예를 들어, PMC(102)의 측정 모듈(106)에 의해) 측정될 수 있고, 주어진 윤곽과 연관된 SEI에 대해 결함이 존재하는지 여부를 나타내는 하나 이상의 측정된 편차를 생성한다(210).
- [0103] 본원에서 검출될 결함은, 주어진 윤곽의, 그의 예상 위치(예를 들어, 윤곽의 원래의 설계 데이터에 따르거나 식별된 기준 윤곽들에 따를 것으로 예상되는 바와 같은 윤곽의 위치)로부터의 비교적 상당한 편차를 나타내는 예지 변위를 지칭한다. 예지 변위는, 적어도: i) 예지 변위는 국부적인(윤곽의 국부적인 위치에 존재하는) 반면에, 예지 거칠기(제조 프로세스에서 상이한 변동들에 의해 야기될 수 있음)는 예지들 전체에 존재하고, ii) 예지 변위의 편차의 진폭이, 예지들을 따른 미묘한 거칠기의 진폭과 비교하여 비교적 더 상당하다(즉, 더 강하다/더 크다)는 점에서 예지 거칠기와 상이하다.
- [0104] 일부 경우들에서, 그러한 예지 변위는 마스크의 제조 프로세스 동안의 특정 물리적 효과들, 및/또는 다른 인자들, 예컨대, 예를 들어 산화, 입자들, 스크래치들, 결정 성장, 정전기 방전(ESD) 등에 의해 야기될 수 있고, 그러한 다른 인자들은 웨이퍼 상에 인쇄될 때, 제조된 디바이스들의 전기적 측정들에 영향을 줄 수 있고, 따라서

아마도 수율 감소 및 디바이스 성능 고장을 야기할 수 있다. 그러므로, 그러한 변위 결함들을 검출하고 그의 진폭을 측정할 필요가 있다.

- [0105] 이제 도 3을 참조하면, 본 개시된 주제의 특정 실시예들에 따른, 주어진 윤곽과 그의 기준 윤곽들 사이의 편차를 측정하는 일반화된 흐름도가 예시된다.
- [0106] 구체적으로, 주어진 윤곽은 하나 이상의 기준 윤곽과 각각 정합될 수 있고 윤곽들의 하나 이상의 정합된 쌍을 생성한다(302). 예로서, 정합은, 기준 윤곽 및 주어진 윤곽의 특정 앵커 지점들 및/또는 무게 중심을 정렬함으로써 수행될 수 있다. 윤곽들의 각각의 정합된 쌍의 대응하는 지점들 사이의 거리들이 측정될 수 있다(304). 예로서, 거리들은 하우스도르프 거리 메트릭을 사용하여 측정될 수 있다. 주어진 윤곽과 (하나 이상의 기준 윤곽의) 각각의 기준 윤곽 사이의 측정된 편차로서 사용되는 최대 거리가, 측정된 거리들로부터 선택될 수 있다(306).
- [0107] 일부 실시예들에서, 주어진 윤곽과 하나 이상의 기준 윤곽 사이의 하나 이상의 측정된 편차에 기초하여, 조합된 편차가 도출될 수 있고, 편차 임계치가, 조합된 편차에 적용될 수 있다. 조합된 편차가 편차 임계치를 넘을 때 결함의 존재가 (예를 들어, PMC(102)의 결함 처리 모듈(108)에 의해) 보고될 수 있다. 예로서, 조합된 편차는, 하나 이상의 측정된 편차, 예컨대, 예를 들어, 편차들의 평균 또는 중간값 또는 임의의 다른 종류들의 평균 계산들(가중치들을 갖거나 갖지 않음)을 평균함으로써(또는 가중 평균함으로써) 도출될 수 있다.
- [0108] 예로서, 주어진 윤곽의 3개의 기준 윤곽들이 식별될 수 있고, 주어진 윤곽과 3개의 기준 윤곽들 사이에 3개의 편차들이 각각 측정된다. 3개의 편차들은 편차 임계치와 비교될 조합된 편차를 생성하도록 평균될 수 있다. 일부 경우들에서, 편차 임계치는, 예를 들어, 특정 검사 응용, 구조적 요소들의 유형, 기술 노드, 및/또는 고객에 의해 사용되는 사양들 등에 따라 미리 결정될 수 있다.
- [0109] 이제 도 9를 참조하면, 본 개시된 주제의 특정 실시예들에 따른, 결함들의 존재를 나타내는 측정된 편차들의 2개의 예들이 예시된다.
- [0110] 그래프(900)는 타원 형상을 갖는 구조적 요소의 추정된 윤곽(904), 및 윤곽(904)에 대해 식별되는 바와 같고 결함 없는 구조적 요소의 윤곽의 예상 위치를 나타내는 기준 윤곽(902)을 예시한다. 도시된 바와 같이, 2개의 윤곽들이 정합되고, 주어진 윤곽(904)과 기준 윤곽(902) 사이의 편차로서 최대 거리(906)가 측정된다. 편차는 미리 결정된 편차 임계치보다 크고, 따라서 에지 변위의 결함이 측정의 위치에서 식별된다.
- [0111] 그래프(910)는, 에지 변위의 결함이 912의 위치에서 식별되고, 예시된 바와 같이 에지 거칠기(914)와 비교할 때 비교적 더 상당하고 따라서 편차 임계치를 넘는 다른 예를 예시한다.
- [0112] 특정 실시예들에 따르면, 일단 SEI들의 군의 각각의 SEI에 대해 결함 검출이 수행되면, 제1 이미지에 대응하고 마스크의 적어도 일부 상의 결함들의 존재 및 그의 위치들을 나타내는 결함 맵이 제공될 수 있다.
- [0113] 일부 실시예들에서, 선택적으로, 하나 이상의 결함의 존재 시에, 예를 들어, 결함들의 인쇄가능성을 평가함으로써, 또는, 이러한 결함들이, 인쇄될 때, 마스크를 사용하여 제조된 반도체 시편의 기능성에 영향을 미칠지 여부를 평가함으로써, 검출된 결함들에 어떻게 응답할지 (예를 들어, PMC(102)의 결함 처리 모듈(108)에 의해) 결정될 수 있다(212). 예로서, 평가는 반도체 시편 상에 인쇄될 때 결함과 연관되는 인쇄가능한 구조적 요소/피처의 변동들을 추정하는 것을 포함할 수 있다. 예로서, 결함들의 존재에 응답하여 가능한 처리 작동들은: 마스크를 수리하는 것, 마스크를 결함있는 마스크로서 정의하는 것, 마스크를 기능적으로 정의하는 것, 마스크의 수리 표시를 생성하는 것 등을 포함할 수 있다. 예를 들어, 이러한 추정된 변동들이 허용가능하지 않은 경우, 마스크는 수리되거나 거부되도록 마스크 샵으로 전송될 수 있다.
- [0114] 추가적으로, 일부 실시예들에서, 다음: (i) 마스크 샵으로부터 출하될 마스크에 대한 자격 기준을 제공하는 것; (ii) 마스크 생성 프로세스에 입력을 제공하는 것; (iii) 반도체 시편 제조 프로세스에 입력을 제공하는 것; (iv) 리소그래피 프로세스에서 사용되는 모의 모델에 입력을 제공하는 것; (v) 리소그래피 톨에 대한 보정 맵들을 제공하는 것; 및 (vi) 예상되는 것보다 더 큰 피처 파라미터 변동들을 특징으로 하는, 마스크 상의 영역들을 식별하는 것의 출력/표시들, 또는 이들의 임의의 조합 중 적어도 하나가 (예를 들어, PMC(102)의 결함 처리 모듈(108)에 의해) 제공될 수 있다.
- [0115] 특정 실시예들에 따르면, 검사 동안, 마스크 홀더 및 마스크 검사 톨의 검출기는 노출 동안 서로 반대 방향으로 이동될 수 있고, 마스크는 한 번에 마스크의 부분만을 이미징하는 마스크 검사 톨에 의해 단계적으로 스캐닝될 수 있다. 그러므로, 각각이 마스크의 각각의 부분을 각각 나타내는, 마스크의 복수의 제1 이미지들이 순차적으

로 획득될 수 있다. 특정 실시예들에 따르면, 복수의 제1 이미지들은, 복수의 제1 이미지들의 복수의 시야들(FOV들)이 중첩되지 않도록 미리 정의되는 스텝 크기로 연속적으로 취득될 수 있다.

[0116] 도 10a는 본 개시된 주제의 특정 실시예들에 따른, 마스크의 부분에 대해 캡처된 일련의 중첩되지 않은 이미지들의 예를 개략적으로 예시한다. 도시된 바와 같이, 일련의 4개의 제1 이미지들(1002)이 마스크(1000)의 부분(1004)에 대해 취득된다. 4개의 제1 이미지들은 그들의 FOV들이 중첩되지 않고 오히려 함께 전체 부분(1004)의 FOV를 구성하는 스텝 크기로 캡처된다.

[0117] 그러한 경우들에서, 도 2의 블록들(204-210)과 관련하여 설명된 바와 같은 일련의 작동들은 복수의 제1 이미지들 각각에 대해 반복적으로 수행될 수 있고, 복수의 제1 이미지들 각각에 대응하고 마스크의 각각의 부분 상의 결함들의 존재를 나타내는 결함 맵을 생성한다. 복수의 제1 이미지들에 대응하는 복수의 결함 맵들이 획득될 수 있다.

[0118] 일부 경우들에서, 제1 이미지의 고유 구조적 요소들의 존재로 인해, 검출된 결함들에 오경보들이 있을 수 있다. 예로서, 제1 이미지에, 고유 형상의 윤곽을 갖고 이에 유사한 형상을 갖는 기준 윤곽을 갖지 않는 하나의 구조적 요소가 있을 수 있다. 그러한 경우들에서, 검사 프로세스는 이러한 구조적 요소에 대한 기준을 찾지 못할 수 있고, 따라서 이를 결함으로서 보고하거나, 대안적으로, 이는 비교를 위해, 요소와 실제로 유사하지 않은 기준 윤곽들을 사용할 수 있고, 따라서 또한, 이를 결함으로서 보고한다. 그러한 경우들에서, 이러한 보고된 결함들은 오경보들인데, 이는 이들이 실제로는, 실제 결함들이 아니라 고유 구조적 요소들의 존재를 나타내기 때문이다. 일부 경우들에서, 그러한 고유 구조적 요소의 다른 사례가 후속 이미지들에 나타날 수 있다. 그러므로, 복수의 제1 이미지들 중에서 검출된 결함들을 비교함으로써, 그러한 오경보들이 식별될 수 있고 검출된 결함들로부터 제거될 수 있다.

[0119] 구체적으로, 특정 실시예들에 따르면, 복수의 결함 맵들 각각에 제시된 바와 같이, 결함(또는 결함들)과 연관된 하나 이상의 SEI가 식별될 수 있고, 하나 이상의 SEI의 하나 이상의 윤곽은 복수의 제1 이미지들 사이에서 비교될 수 있다. 비교는 블록(208)을 참조하여 위에서 설명된 바와 유사한 방식으로, 예를 들어, SEI들과 연관된 속성들의 세트를 비교함으로써 수행될 수 있다. 그 다음, 비교 결과에 기초하여, 적어도 하나의 결함이, 제1 이미지들 중 적어도 하나의 제1 이미지에서의 고유 구조적 요소의 존재를 나타내는 오경보인지 여부가 결정될 수 있다. 예로서, 비교마다, 결함과 연관된 것으로 보고되는 구조적 요소가 후속 이미지들에서 유사한 사례를 갖는 경우, 결함은 실제로는 고유 구조적 요소의 존재를 나타내는 오경보일 가능성이 가장 높다.

[0120] 일부 추가의 경우들에서, 툴 노이즈들(예를 들어, 검사 툴로부터의 샷 노이즈(shot noise))에 의해 야기되는 오경보들이, 검출된 결함들에 있을 수 있다. 결함들로부터 그러한 오경보들을 제거하고, 따라서 검출 감도를 개선하기 위해, 본 개시된 주제의 특정 실시예들에 따라 도 4를 참조하여 설명된 바와 같이 오경보 제거를 위해, 중첩된 이미지들을 취득하고 활용하는 방식이 제안된다.

[0121] 구체적으로, 일부 실시예들에서, 마스크의 주어진 부분에 대해 복수의 제1 이미지들이 획득될 수 있고(402), 각각의 제1 이미지는 적어도 주어진 부분을 나타낸다. 복수의 제1 이미지들은, 복수의 제1 이미지들의 복수의 시야들(FOV들)이, 적어도 주어진 부분에 의해 중첩되도록 미리 정의되는 스텝 크기로 연속적으로 취득될 수 있다.

[0122] 도 10b는 본 개시된 주제의 특정 실시예들에 따른, 마스크의 부분에 대해 캡처된 일련의 중첩된 이미지들의 예를 개략적으로 예시한다. 도시된 바와 같이, 일련의 제1 이미지들(1010)이 마스크(1000)의 동일한 부분(1004)에 대해 취득된다. 일련의 제1 이미지들은 그들의 FOV들이, 예를 들어, 이미지의 FOV의 1/3에 의해 중첩되도록 특정 스텝 크기로 캡처된다. 예를 들어, 마스크의 주어진 부분(1012)은 3개의 연속적인 이미지들에서 3회 취득된다. 그러므로, 마스크의 주어진 부분(1012)에 존재하는 실제 결함(1014)(즉, 관심 결함)은 3개의 이미지들에서 3회 자연스럽게 나타날 것인 반면, 무작위 노이즈들로부터 초래된 오경보들은 연속적인 이미지들에서 반복되지 않을 것이다.

[0123] 이에 따라, 도 2의 블록들(204-210)과 관련하여 설명된 바와 같은 일련의 작동들은 복수의 제1 이미지들 각각에 대해 수행될 수 있고, 복수의 제1 이미지들 각각에 대응하고 적어도 주어진 부분 상의 결함들의 존재를 나타내는 결함 맵이 제공될 수 있고, 이에 의해, 복수의 제1 이미지들에 대응하는 복수의 결함 맵들을 생성한다(404). 결함이 관심 결함인지 오경보인지 여부를 결정하기 위해, 복수의 결함 맵들에 제시된 결함들이 비교될 수 있다(406).

[0124] 이제 도 11을 참조하면, 본 개시된 주제의 특정 실시예들에 따른, 중첩된 이미지들을 사용하여 결정된 관심 결함 및 오경보의 예들이 예시된다.

- [0125] 동일한 구조적 요소를 캡처한, 상부의 3개의 일련의 연속적인 이미지들에 도시된 바와 같이, 검출된 결함들의 비교마다, 결함(1102)이 3개의 이미지들 모두에 존재하고 구조적 요소에 대해 동일한 위치에서 각각의 이미지에 나타난다. 그러므로, 결함(1101)은 관심 결함이라고 결정될 수 있다. 반면에, 구조적 요소를 캡처한, 하부의 3개의 일련의 연속적인 이미지들에 도시된 바와 같이, 결함(1104)은 제2 이미지에만 존재하지만, 제1 및 제3 이미지들에는 존재하지 않는다. 그러므로, 결함(1104)은 무작위 노이즈들(예를 들어, 샷 노이즈들)에 의해 야기될 수 있는 오경보일 가능성이 가장 높다. 그러한 오경보들은 결함 맵으로부터 제거되어야 한다.
- [0126] 본 개시된 검사 방법에 적용가능한 마스크는, 메모리 마스크들 및/또는 로직 마스크들, 및/또는 Arf 마스크들 및/또는 EUV 마스크들 등을 포함하지만 이에 제한되지 않는, 본원에 설명된 바와 같은 에지 변위의 결함의 유형을 겪을 수 있는 임의의 종류의 마스크일 수 있다는 점을 주목해야 한다. 본 개시내용은 검사될 마스크들의 특정 유형 또는 기능성에 제한되지 않는다.
- [0127] 전형적이고 예시적인 목적들을 위해, 본원의 본 개시된 주제의 특정 실시예들 및/또는 예들은 특정 유형들/형상들, 및/또는 특정 에지 변위들을 갖는 구조적 요소에 대하여 설명된다. 이는 결코 본 개시내용을 어떠한 방식으로든 제한하도록 의도되지 않는다. 제안된 방법들 및 시스템들이, 다양한 종류들의 에지 변위들을 갖는 다른 유형들/형상들의 구조적 요소들에 적용될 수 있다는 것이 이해된다.
- [0128] 특정 실시예들에 따르면, 도 2, 3 및 4를 참조하여 위에서 설명된 바와 같은 마스크 검사 프로세스는 런타임의 온라인 마스크 검사를 위해 시스템(101) 및/또는 검사 툴(120)에 의해 사용가능한 검사 레시피의 일부로서 포함될 수 있다. 그러므로, 본 개시된 주제는 또한, 레시피 셋업 단계 동안 검사 레시피를 생성하기 위한 시스템 및 방법을 포함하고, 여기서 레시피는 도 2, 3 및 4(및 그의 다양한 실시예들)를 참조하여 설명된 바와 같은 단계들을 포함한다. "검사 레시피"라는 용어는, 위에서 설명된 바와 같은 실시예들을 포함하는 임의의 종류의 마스크 검사와 관련된 작동들을 수행하기 위해 검사 툴에 의해 사용될 수 있는 임의의 레시피를 망라하도록 광범위하게 해석되어야 한다는 점을 주목해야 한다.
- [0129] 본 개시내용에 예시된 예들, 예컨대, 예를 들어, 마스크 검사 툴 아키텍처들 및 구성들, 마스크 레이아웃들, 예시된 구조적 요소들, 및 위에서 설명된 바와 같은 편차의 측정 및 비교의 특정 방식들 등은 예시적인 목적들을 위해 예시된 것이고, 어떠한 방식으로든 본 개시내용을 제한하는 것으로 간주되어서는 안 된다는 점을 주목해야 한다. 다른 적절한 예들/구현들이 상기 내용에 추가적으로 또는 상기 내용 대신에 사용될 수 있다.
- [0130] 본원에 설명된 바와 같은 마스크 검사 프로세스의 특정 실시예들의 장점들 중에는, 마스크 상의 구조적 요소들에 대해 특정 유형의 결함(즉, 에지 변위)을 검출하는 능력이 있다. 제안된 프로세스는, 특히, 다이-대-다이 비교에 사용가능한 기준 다이가 없는 단일 다이 마스크에 대해 설계된다. 추가적으로, 제안된 프로세스는 또한, 단일 다이 마스크들 및 다중 다이 마스크들 양쪽 모두에서 스크라이브 영역을 검사하는 데 적용가능하다.
- [0131] 본원에 설명된 바와 같은 마스크 검사 프로세스의 특정 실시예들의 장점들 중에는, 제안된 검사 프로세스는, 시간 소모적일 수 있는, 기준 이미지들을 제공할 목적으로 상이한 양상들로부터의 이미지 취득을 요구하지 않는다는 점이 있다. 이는 또한, (많은 경우들에서 이용가능하지 않은) 마스크의 설계 데이터의 취득 또는 부정확한 경향이 있는, 설계 데이터에 기초한 모의를 요구하지 않는다. 제안된 프로세스는 이미지 자체 내에 기준들을 제공하기 위해 에어리얼 이미지의 특정 처리를 활용하고, 이는 마스크 피쳐들의 진보된 프로세스 제어에서 결함 검출을 위해 개선된 정확도 및 감도를 가지면서 처리량(TpT)에 영향을 미치지 않는 것으로 입증되었다.
- [0132] 본원에 설명된 바와 같은 마스크 검사 프로세스의 특정 실시예들의 장점들 중에는, 마스크의 중첩된 이미지들을 취득하고 활용함으로써, 무작위 노이즈들에 의해 야기되는 오경보들이 효과적으로 제거될 수 있고, 따라서 편차 임계치를 조정해야 할 필요 없이 검출 감도를 더 개선한다는 점이 있다.
- [0133] 본 개시내용은 본 출원에서, 본원에 포함된 설명에 제시되거나 도면들에 예시된 세부사항들로 제한되지 않는다는 것을 이해해야 한다.
- [0134] 또한, 본 개시내용에 따른 시스템은, 적어도 부분적으로, 적절히 프로그래밍된 컴퓨터 상에 구현될 수 있다는 것을 이해할 것이다. 마찬가지로, 본 개시내용은, 본 개시내용의 방법을 실행하기 위해, 컴퓨터에 의해 판독가능한 컴퓨터 프로그램을 고려한다. 본 개시내용은, 본 개시내용의 방법을 실행하기 위해 컴퓨터에 의해 실행가능한 명령어들의 프로그램을 유형적으로 구현하는 비일시적 컴퓨터 판독가능 메모리를 더 고려한다.
- [0135] 본 개시내용은 다른 실시예들이 가능하고, 다양한 방식으로 실시되거나 수행될 수 있다. 그러므로, 본원에서 채용되는 어법 및 용어는 설명의 목적을 위한 것이며 제한으로서 간주되어서는 안 된다는 점을 이해해야 한다.

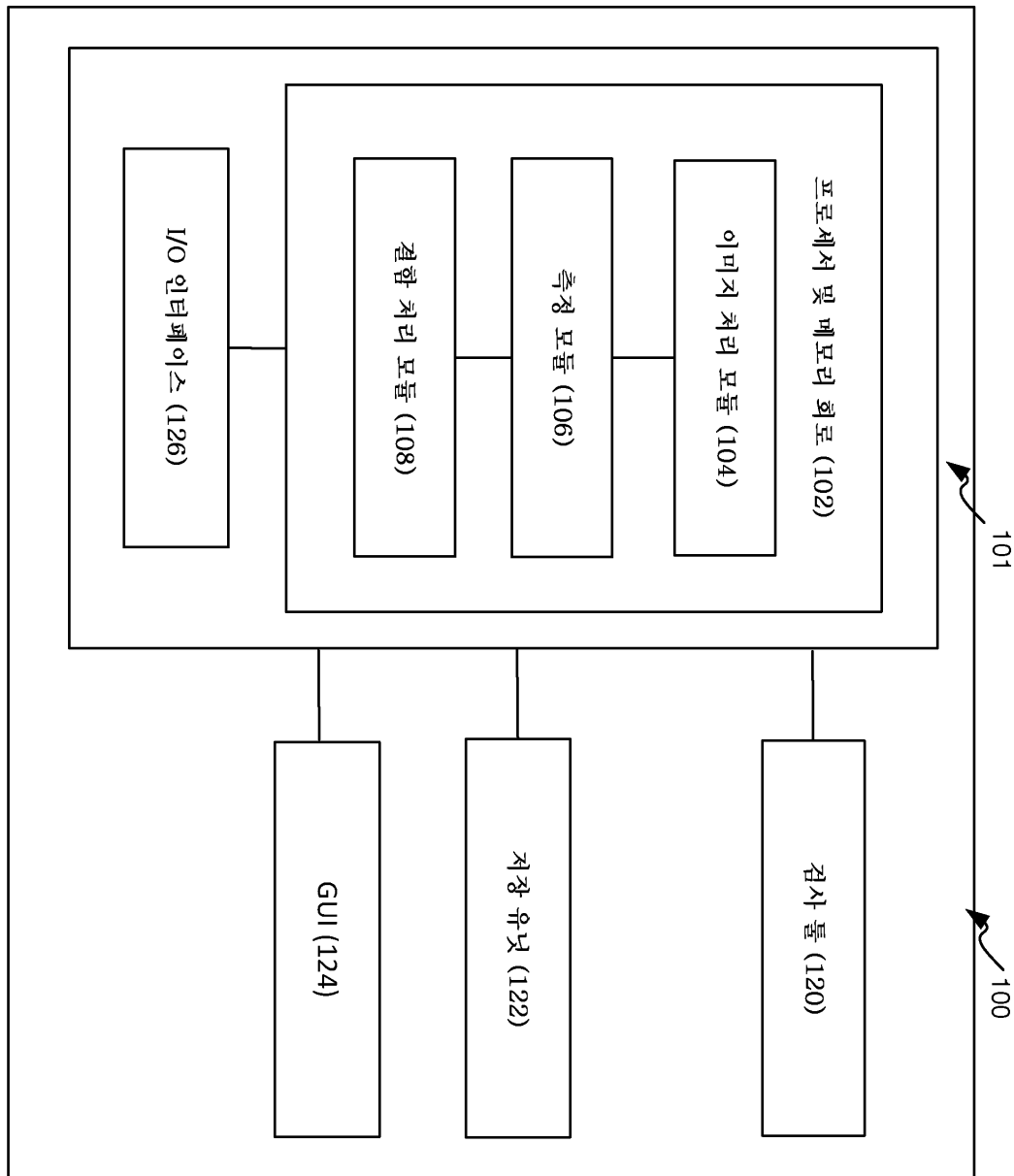
이로써, 관련 기술분야의 통상의 기술자는, 본 개시내용이 기초로 하는 개념이, 본 개시된 주제의 몇몇 목적을 수행하기 위한 다른 구조들, 방법들 및 시스템들을 설계하기 위한 기초로서 용이하게 활용될 수 있음을 이해할 것이다.

[0136]

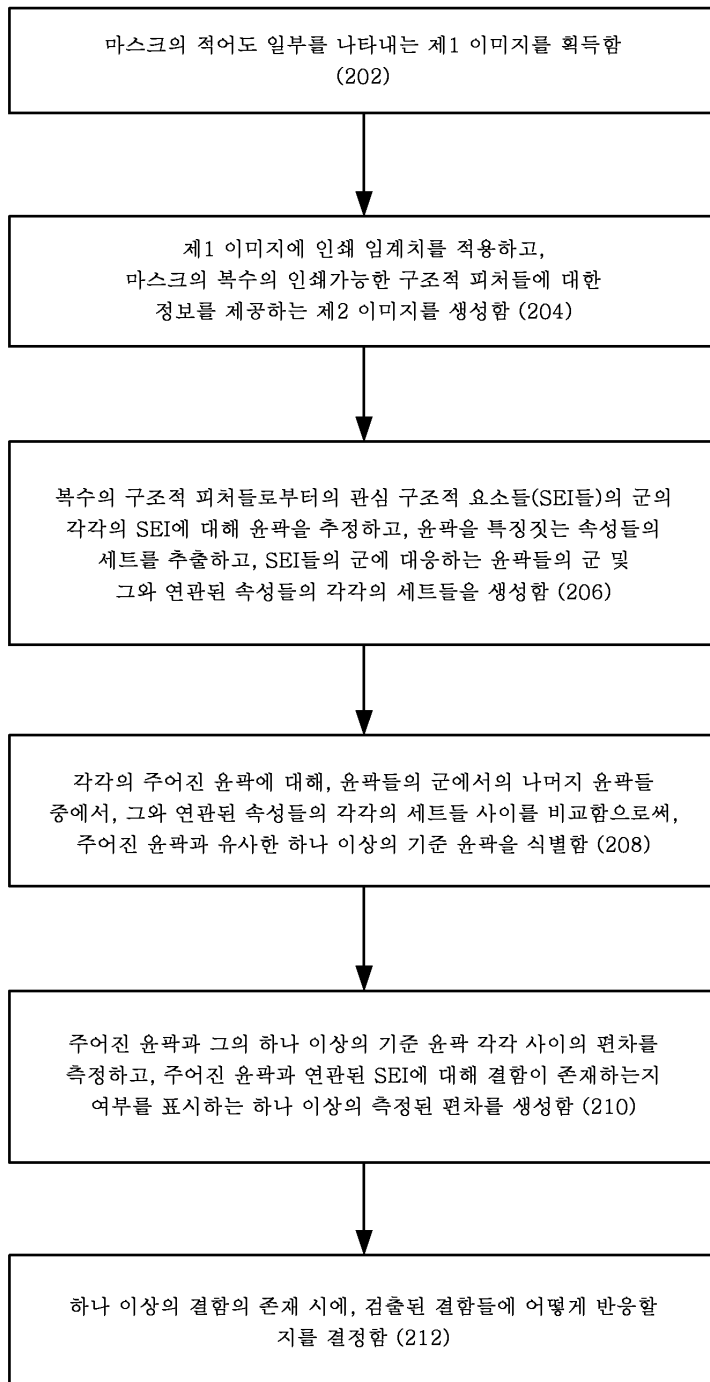
관련 기술분야의 통상의 기술자는, 다양한 수정들 및 변경들이, 본 개시내용의 범위로부터 벗어나지 않고 앞서 설명되고 첨부된 청구항들에서 그리고 청구항들에 의해 정의된 바와 같이 본 개시내용의 실시예들에 적용될 수 있다는 것을 용이하게 이해할 것이다.

도면

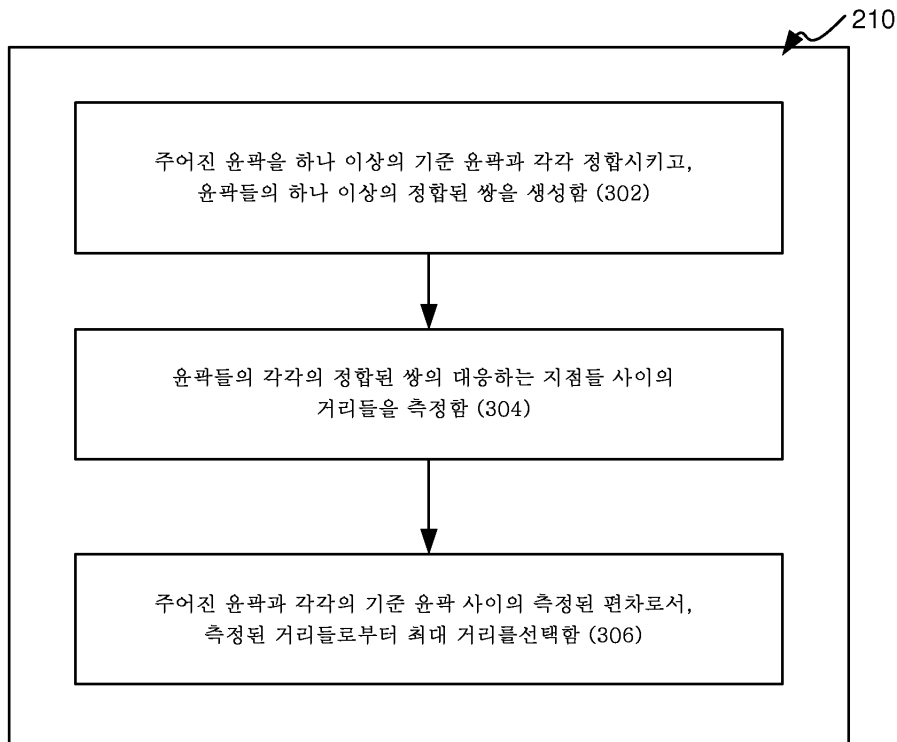
도면1



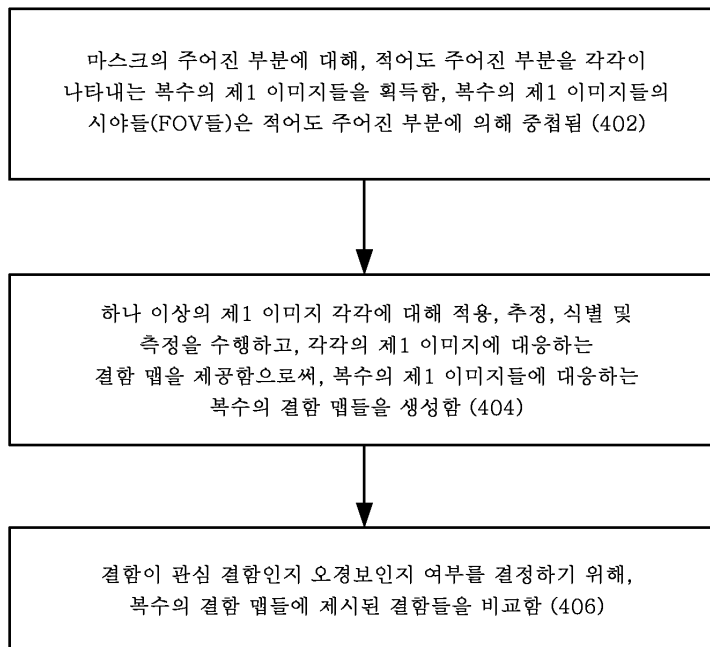
도면2



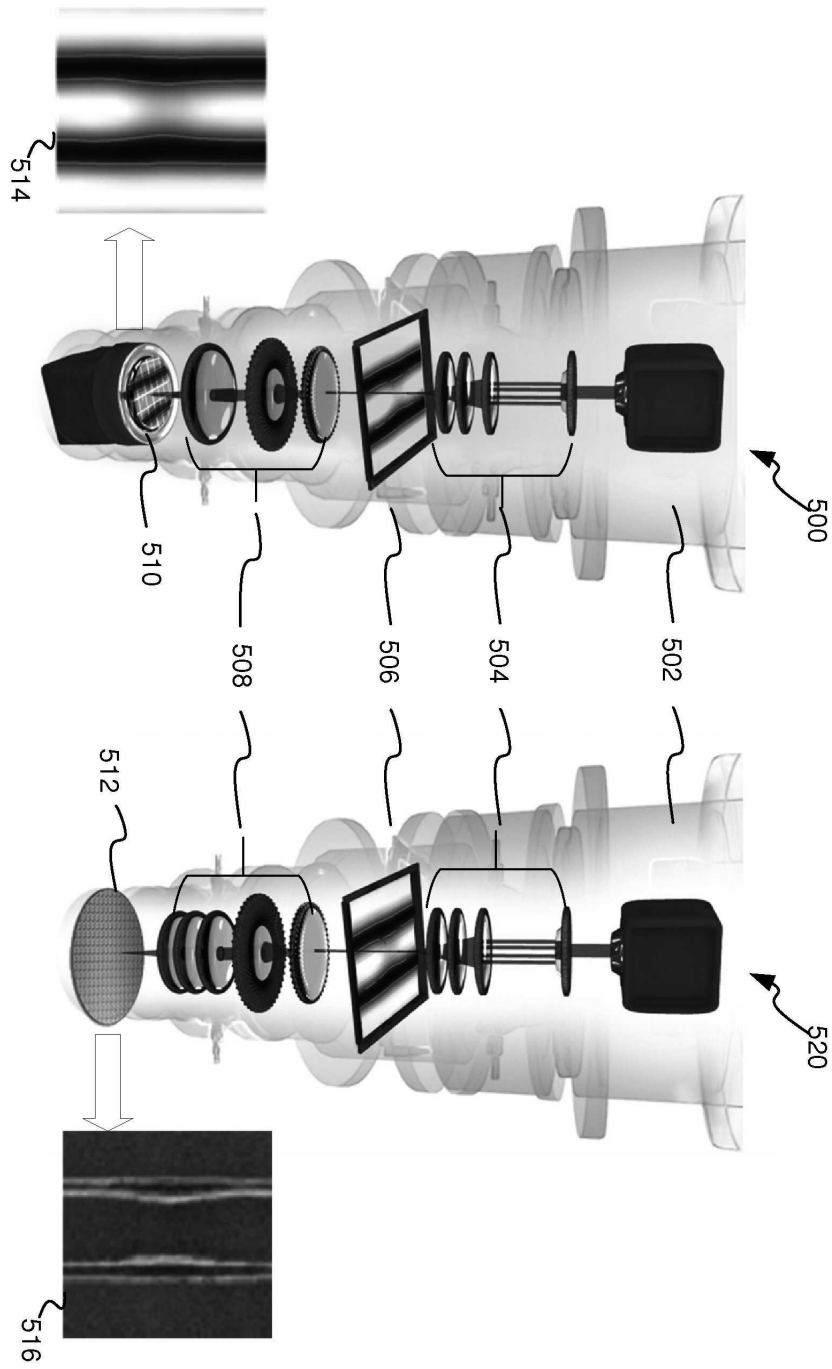
도면3



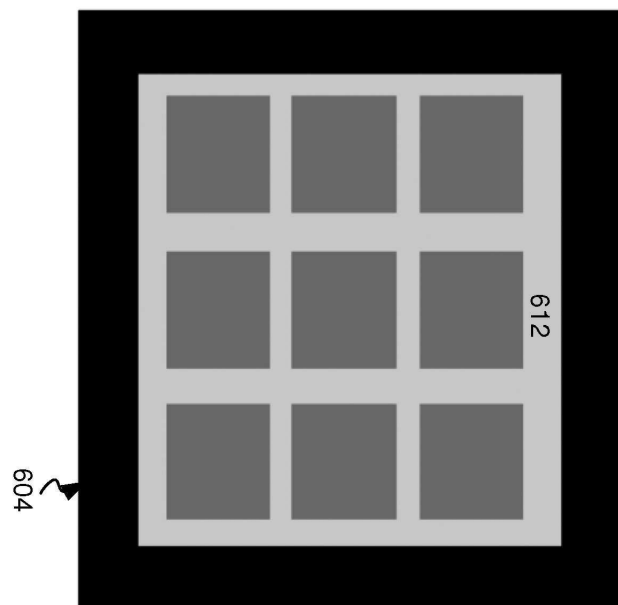
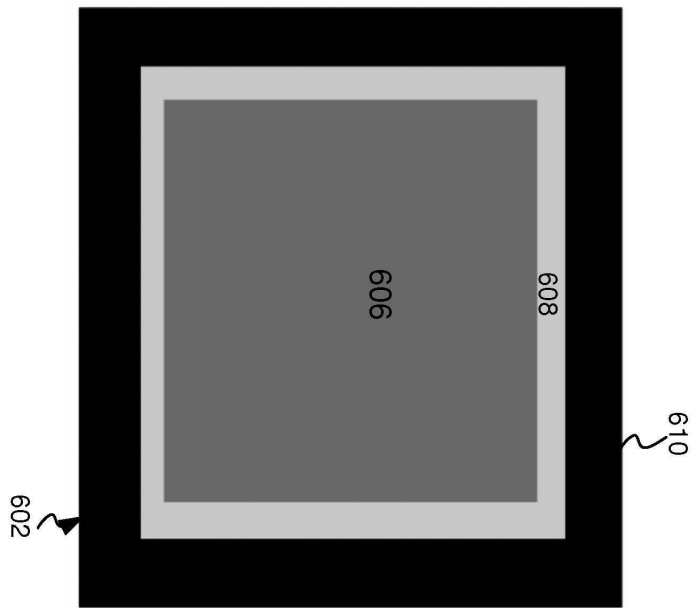
도면4



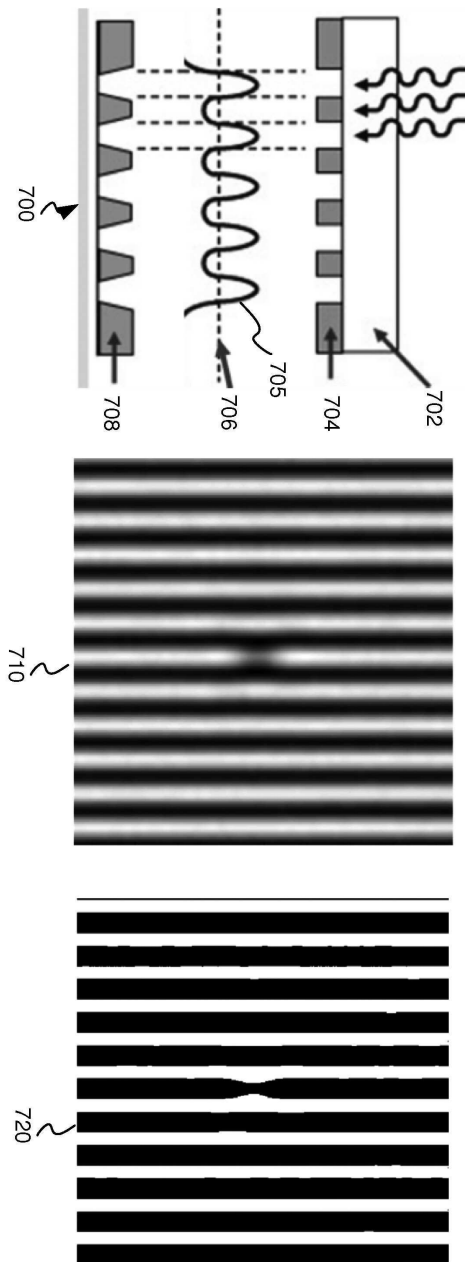
도면5



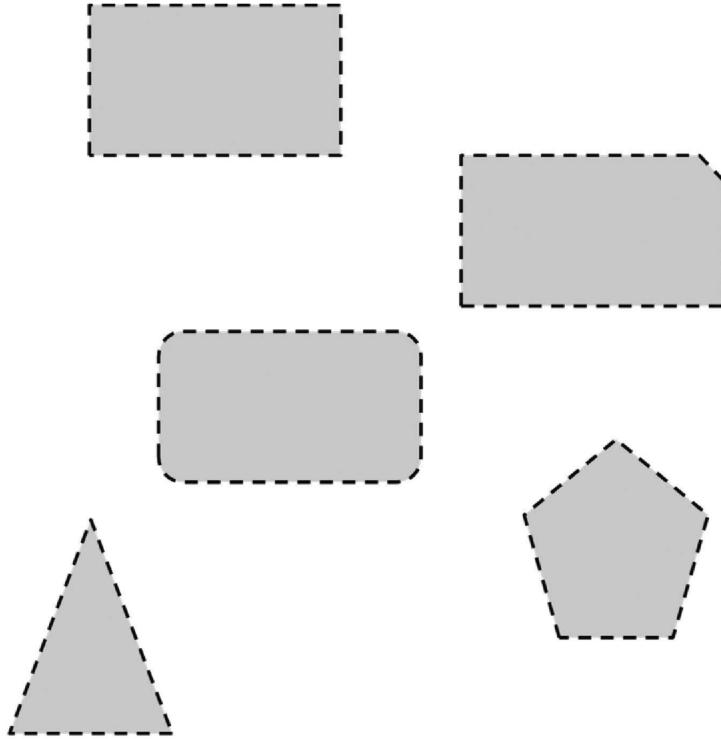
도면6



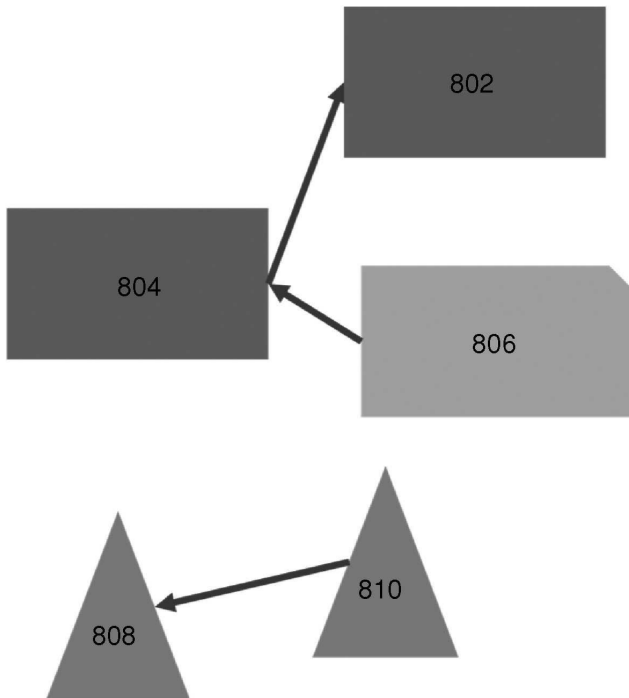
도면7



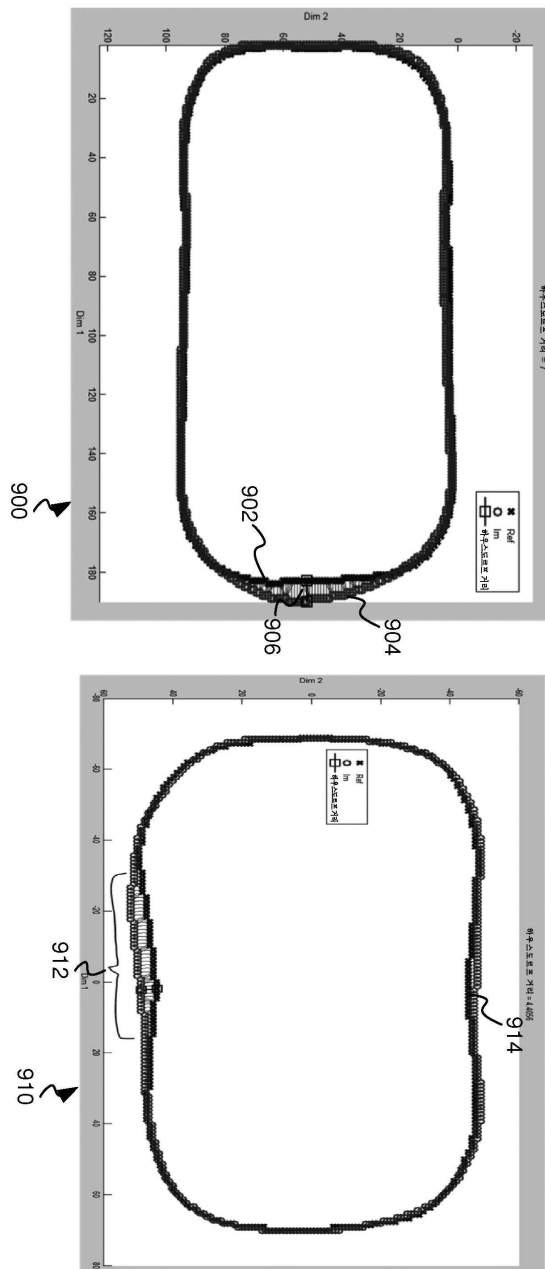
도면8a



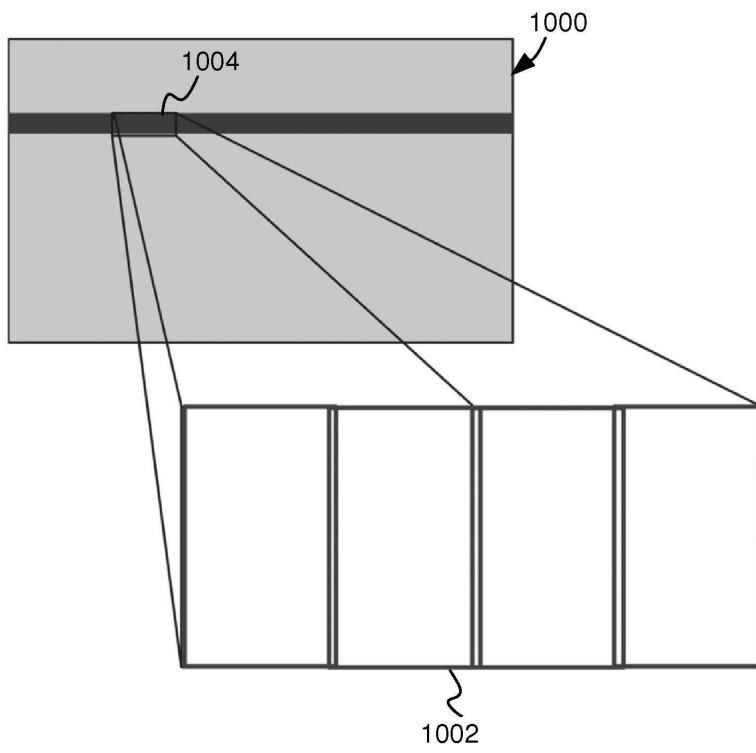
도면8b



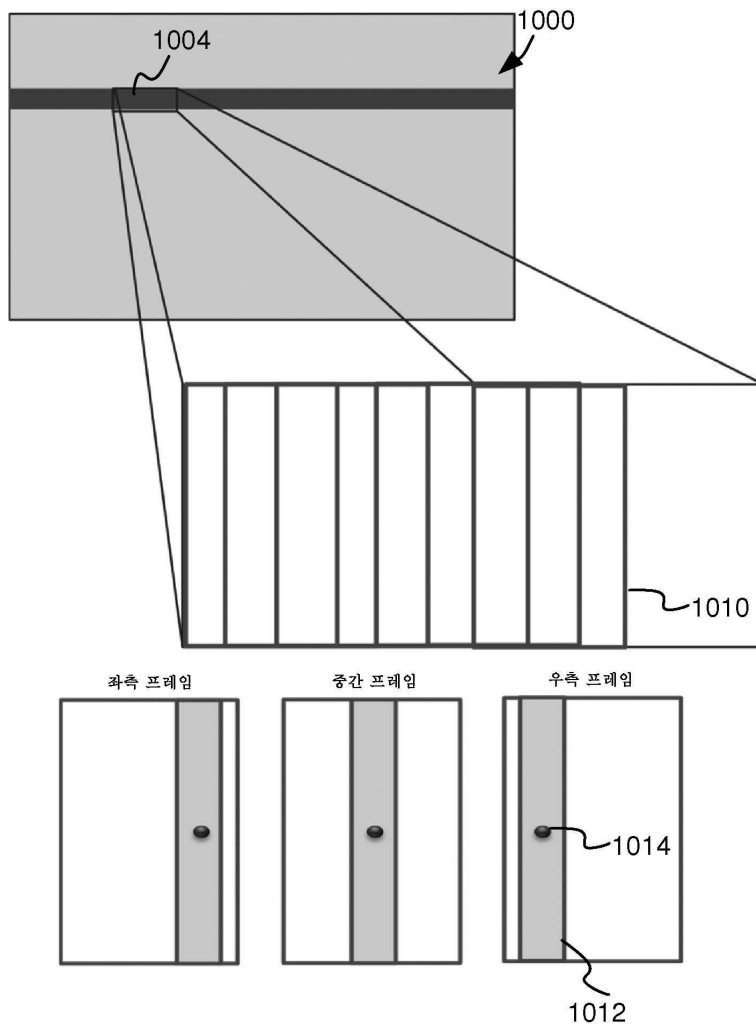
도면9



도면10a



도면10b



도면11

