(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2011년10월11일
(11) 등록번호 10-1072514
(24) 등록일자 2011년10월05일

(51) Int. Cl.
H01L 21/027 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2005-0029545
(22) 출원일자 2005년04월08일
심사청구일자 2009년12월11일
(65) 공개번호 10-2006-0046670
(43) 공개일자 2006년05월17일
(30) 우선권주장
60/560,615 2004년04월09일 미국(US)
(56) 선행기술조사문헌
US20020083408 A1*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
에이에스엠엘 마스크툴즈 비.브이.
네덜란드 5504 데에르 벨트호벤 드 런 6501
(72) 발명자
라이딕, 토마스
미국 캘리포니아 94801 포인트 리치몬드 코티지 애비뉴 201
오이르링스, 마르쿠스 프란시스쿠스 안토니우스
네덜란드 엔엘-4824 에르카 브레다 아렌베르크란 159
(74) 대리인
송재련, 특허법인화우, 김양오

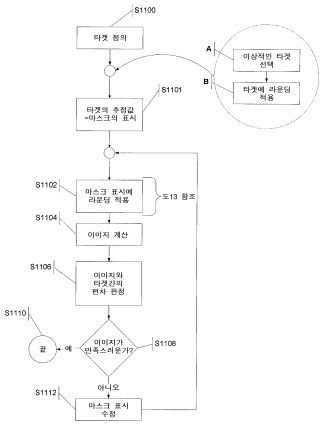
전체 청구항 수 : 총 16 항 심사관 : 나용수

(54) 코너에서의 라운딩 및 챔퍼들을 이용한 광근접성 보정 방법

(57) 요 약

기판 상에 형성될 디자인을 최적화하는 방법이 개시되어 있다. 상기 방법은, 상기 디자인의 이미지의 1 이상의 코너의 라운딩을 근사화하는 단계; 상기 1 이상의 코너의 근사 라운딩에 더해 상기 디자인의 표시를 생성하는 단계; 상기 표시를 토대로 상기 디자인을 묘화하는데 이용되는 마스크의 초기 표시를 생성하는 단계; 및 상기 마스크의 상기 초기 표시에 더해 광근접성보정(OPC)을 수행하는 단계를 포함한다.

대 표 도 - 도11



특허청구의 범위

청구항 1

기판 상에 형성될 디자인을 최적화하는 방법에 있어서,

(a) 1 이상의 코너상에 위치될 때 웨이퍼 상으로 최종 전사된 디자인에서의 코너를 샤프닝(sharpen)하는 역할을 하는 서브-리소그래픽 어시스트 피처에 관하여 사전정의된 규칙들의 편차를 토대로, 상기 디자인 이미지의 1 이상의 코너의 근사 라운딩을 결정하는 단계;

(b) 상기 1 이상의 코너의 근사 라운딩에 더해 상기 디자인의 표시를 생성하는 단계;

(c) 상기 표시를 토대로 상기 디자인을 묘화하는데 이용되는 마스크의 초기 표시를 생성하는 단계; 및

(d) 상기 마스크의 상기 초기 표시에 더해 광근접성보정(OPC)을 수행하는 단계를 포함하여 이루어지는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 2

제 1항에 있어서,

상기 단계 (d)는,

(e) 상기 마스크의 상기 초기 표시에 더해 상기 디자인의 이미지를 생성하는 단계;

(f) 상기 단계 (b)에서 생성된 상기 표시와 상기 단계 (e)에서 생성된 상기 이미지간의 편차를 평가하는 단계;

(g) 상기 단계 (f)의 평가 결과가 사전정의된 제약조건들을 만족하는 지의 여부를 판정하는 단계;

(h) 상기 결과가 사전정의된 제약조건들을 만족시키지 못하는 경우, 상기 결과들에 따라 상기 마스크의 다음 표시를 생성하는 단계; 및

(i) 상기 편차가 사전정의된 제약조건들을 만족시킬 때까지, 상기 단계 (f) 내지 (h)를 반복하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 3

제 1항에 있어서,

(i) 상기 근사 라운딩을 토대로, 챔퍼로부터의 컷아웃의 크기를 선택하는 단계; 및

(ii) 상기 컷아웃의 크기에 따라 라운딩을 근사화하도록 상기 1 이상의 코너를 챔퍼링하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 4

제 3항에 있어서,

상기 사전정의된 규칙들은 세리프의 치수를 정의하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 5

제 3항에 있어서,

상기 챔퍼로부터의 상기 컷아웃의 형상을 선택하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 6

제 5항에 있어서,

상기 컷아웃의 상기 형상의 2 이상의 각도들이 동일한 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 7

제 3항에 있어서,

상기 챔퍼로부터의 상기 컷아웃의 크기는, 사전설정된 크기의 증가분(increment)들 내의 각도들을 형성하는 상기 챔퍼를 기초로 하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 8

제 7항에 있어서,

상기 사전설정된 크기는 45도인 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 9

제 1항에 있어서,

상기 라운딩을 근사화하도록 상기 디자인의 상기 1 이상의 코너를 챔퍼링하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 10

제 1항에 있어서,

상기 라운딩의 상기 근사화는, 한 세트의 사전설정된 처리 팩터들에 기초한 최소 라운딩에 대응하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 11

제 3항 내지 제 9항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 챔퍼는 상기 디자인의 제1코너에 대응하는 제1챔퍼에 대응하고,

(i) 상기 제1코너에 인접한 제2코너에 대해 제2챔퍼로부터의 제2컷아웃의 크기를 결정하는 단계; 및

(ii) 상기 제1챔퍼 및 상기 제2챔퍼가 교차하지 않도록, 상기 제1챔퍼 및 상기 제2챔퍼 중 1 이상의 크기를 감소시키는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 12

제 3항 내지 제 9항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 챔퍼는 상기 디자인의 제1코너에 대응하는 제1챔퍼에 대응하고,

(i) 상기 제1코너에 인접한 제2코너에 대해 제2챔퍼로부터의 제2컷아웃의 크기를 결정하는 단계; 및

(ii) 상기 제1챔퍼 및 상기 제2챔퍼가 교차하지 않도록, 상기 제1챔퍼 및 상기 제2챔퍼의 크기를 비례적으로 감소시키는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 13

제 3항에 있어서,

상기 사전정의된 규칙들은 세리프 선택에 관련되고,

상기 사전정의된 규칙들을 이용하여 선택된 세리프의 중복값들을 토대로 상기 챔퍼의 크기를 선택하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 14

제 2항에 있어서,

(i) 마스크 제조 제약조건들을 토대로, 상기 마스크의 상기 초기 표시의 코너들의 라운딩을 결정하는 단계; 및

(ii) 코너 라운딩이 적용되는 상기 초기 표시를 토대로, 수정된 마스크 표시를 생성하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 15

제 14항에 있어서,

각각의 코너에서의 라운딩은 사전설정된 반경을 가지는 것을 특징으로 하는 방법.

청구항 16

1 이상의 기계 판독가능 매체에 의해 전송가능한 실행가능 코드를 포함하여 이루어지는 컴퓨터 프로그램을 기록한 기록매체에 있어서,

1 이상의 프로그램가능한 컴퓨터에 의한 코드의 실행은, 1 이상의 프로그램가능한 컴퓨터로 하여금 제1항 내지 제10항 및 제 13항 내지 제15항 중 어느 한 항에 따른 단계들의 시퀀스를 수행하도록 하여, 상기 기판 상에 제작될 디자인을 최적화하도록 하는 것을 특징으로 하는 컴퓨터 프로그램을 기록한 기록매체.

명 세 서

발명의 상세한 설명

발명의 목적

발명이 속하는 기술 및 그 분야의 종래기술

[0017] 본 출원은 본 명세서에서 그 전문이 인용참조되는, 2004년 4월 9일에 출원된 "OPTICAL PROXIMITY CORRECTION USING CHAMFERS AND ROUNDING AT CORNERS"란 제목의 미합중국 가출원 제 60/560,615호를 우선권 주장한다.

[0018] 본 발명은 포토리소그래피, 그리고 특히 코너들에서의 라운딩(rounding) 및 챔퍼(chamfer)들을 이용하여 광근접성 기술들의 보정에 관한 것이다.

[0019] 리소그래피 장치는 예를 들어, 집적회로(ICs)의 제조에 사용될 수 있다. 이러한 경우, 제조에 사용되는 마스크는 IC의 개별층에 대응하는 회로패턴을 포함하고, 이 패턴은 방사선감응재(레지스트)층으로 코팅된 기판(실리콘 웨이퍼)상의 타겟 노광 필드(예를 들어, 하나 이상의 다이로 구성) 상으로 묘화(image)될 수 있다. 일반적으로, 단일 웨이퍼는 투영시스템에 의해 한번에 하나씩 연속적으로 조사되는 인접한 타겟 노광 필드들의 전체적인 네트워크를 포함할 것이다. 일 형태의 리소그래피 투영장치에서, 타겟 노광 필드 상에 전체 마스크 패턴을 한번에 노광함으로써 각각의 타겟 노광 필드가 조사되는데, 이러한 장치를 통상 웨이퍼 스테퍼(wafer stepper)라 칭한다. 통상 스텝-앤드-스캔 장치(step-and-scan apparatus)라 불리는 대안적인 장치에서, 투영빔하에서 주어진 기준방향("스캐닝" 방향)으로 마스크 패턴을 점진적으로 스캐닝하면서, 상기 방향과 평행하게 또는 반평행하게 기판 테이블을 동기적으로 스캐닝함으로써 각각의 타겟 노광 필드가 조사된다. 일반적으로 투영시스템이 배율인자(M)(일반적으로<1)를 가지므로, 기판 테이블이 스캐닝되는 속도(V)는 마스크 테이블이 스캐닝되는 속도의 인자(M)배가 된다. 여기에 서술된 리소그래피 장치에 관련된 추가 정보는 예를 들어, 본 명세서에서 참고자료로 채택된 US 제6,046,792호로부터 얻을 수 있다.

[0020] 리소그래피 투영장치를 사용하는 제조 프로세스에서, 마스크 패턴은 적어도 부분적으로 방사선감응재(레지스트)층으로 도포된 기판상에 묘화된다. 이러한 묘화 단계(imaging step)에 앞서, 기판은 전처리(priming), 레지스트 코팅, 소프트 베이크와 같은 다양한 절차를 거칠 수 있다. 노광 후에, 기판은 노광-후 베이크(PEB), 현상, 하드 베이크 및 묘화된 피처(imaged feature)의 측정/검사와 같은 기타 절차를 거칠 수 있다. 이러한 일련의 절차는, 예를 들어 IC와 같은 디바이스의 개별층을 패터닝하는 기초로서 사용된다. 그런 다음, 이러한 패터닝된 층은 에칭, 이온주입(도핑), 금속화, 산화, 화학-기계적 폴리싱 등과 같은 개별층을 마무리하기 위한 다양한 프로세스를 거친다. 여러 층이 요구된다면, 새로운 층마다 전체 절차 또는 그 변형 절차가 반복되어져야만 할 것이다. 종국에는, 디바이스의 배열이 기판(웨이퍼)상에 존재하게 될 것이다. 이들 디바이스가 다이싱 또는 소잉 등의 기술에 의해 서로 격리된 후에, 각각의 디바이스는 캐리어에 탑재되고, 핀 등에 접속될 수 있다.

[0021] 설명을 간단히 하기 위해, 투영시스템은 이후에 "렌즈"라고 언급될 수 있다. 하지만, 이 용어는 예를 들어, 굴절 광학기, 반사 광학기 및 카타디옵트릭 시스템을 포함한 다양한 형태의 투영시스템을 내포하는 것으로서 폭넓게 해석되어야 한다. 또한, 방사선시스템은 방사선 투영빔의 지향, 성형 또는 제어를 하기 위한 설계유형 중의 어느 하나에 따라 동작하는 구성요소를 포함할 수 있고, 이러한 구성요소들도 아래에서 집합적으로 또는 개별적으로 "렌즈"라고 언급될 수 있다. 또한, 상기 리소그래피 장치는 두개 이상의 기판 테이블 (및/또는 두개 이상의 마스크 테이블)을 구비하는 형태가 될 수 있다. 이러한 "다수 스테이지" 장치에서, 추가적인 테이블들이 병

행하여 사용될 수 있거나, 하나 이상의 다른 테이블들이 노광을 위하여 사용되고 있는 동안에 하나 이상의 테이블에서 준비단계가 수행될 수 있다. 트윈 스테이지 리소그래피 장치는 예를 들어, 본 명세서에서 참고자료로 채택된 US 제5,969,441호 및 WO 98/40791호에 개시되어 있다.

[0022] 상기 언급된 포토리소그래피 마스크는 실리콘 웨이퍼상으로 집적되는 회로 구성요소에 대응하는 기하학적인 패턴들을 포함한다. 이러한 마스크를 형성하는데 사용되는 상기 패턴들은, CAD(컴퓨터 지원 설계 : Computer-Aided Design) 프로그램을 사용하여 생성될 수 있고, 이 프로세스는 종종 EDA(전자설계 자동화 : Electronic Design Automation)로 언급된다. 대부분의 CAD 프로그램은 기능적인 마스크를 생성하기 위해 미리 결정된 설계 규칙의 세트를 따른다. 이들 규칙은 처리 및 설계 제한에 의해 설정된다. 예를 들어, 설계규칙들은, 회로 디바이스들(게이트들, 캐패시터들 등과 같은) 또는 상호접속 라인들 사이의 간격 허용오차를 정의하여, 상기 회로 디바이스들 또는 라인들이 바람직하지 않은 방식으로 서로 상호 작용하지 않도록 한다. 통상적으로, 상기 설계 규칙 제한을 "임계치수"(CD : Critical Dimensions)로 칭한다. 회로의 임계치수는 라인의 최소폭 또는 두개의 라인들 사이의 최소간격으로 정의될 수 있다. 따라서, 상기 CD는 설계된 회로의 전체적인 크기 및 밀도를 결정한다.

[0023] 물론, 집적회로 제조에서의 여러 목적 중의 하나는, (마스크를 통해) 웨이퍼 상에 원래의 회로 디자인을 정확하게 재현하는 것이다. 하지만, 리소그래피 피처들 및 고분해능 시스템들의 크기가 더욱 더 미세해지기 때문에, 기판 상에 프린트되는 결과적인 피처들은 소정의 리플링, 즉 직선으로 되어야 할 에지들이 직선이 아닌 현상이 나타나는 경향이 있다. 이러한 리플링은 필터 이론에서는 "링잉(ringing)"에 관련되고, 작은 피처들을 묘화하는데 필요한 높은 공간 주파수들을 강조하는 노력들에 대한 자연적인 부작용이다. 리플링을 초래할 수 있는 여타의 팩터들이 당업자에게는 잘 알려져 있다. 도 1은 리플링의 문제를 겪고 있는 기판 상에 프린트된 피처들을 예시한다.

[0024] 현 기술 수준에서, 모델-기반 OPC는 다음과 같은 단계들을 이용하여 타겟 이미지와 예측된 이미지간의 오정렬(mismatch)을 고려한다. (1) 타겟 층이 복수의 섹션들로 분할된다. (2) 예측된 이미지는 복수의 섹션들의 각 섹션의 하나의 "평가 포인트(evaluation point)"에서 평가된다. (3) 각각의 평가값들을 토대로, 타겟 이미지와 예측된 이미지간의 오정렬을 최소화하기 위하여 대응하는 섹션의 중앙에서의 각각의 평가값에 따라 마스크를 수정함으로써 프린트될 피처들이 수정된다. 리플링이 발생되는 저 k1 시스템(low k1 system)들에서, 또는 리플링이 좀더 우세한 경우, 종래의 모델 기반 OPC 방법들은, 평가 포인트들이 우연히 그들의 각각의 섹션들 내에 이상적으로 전형적인 장소들에 배치되지 않게 되는 경우에, 도 1에 일반적으로 도시된 바와 같은 리플링을 두드러지게 한다(accentuate).

[0025] 보다 상세하게는, 도 2는 리플링을 가지는 예측된 이미지(22) 상에 중첩된 (superimposed) 타겟 이미지(20)를 예시한다. 상기 타겟 이미지(20)는 복수의 섹션(24)으로 분할되고, 상기 이미지(22, 24)들은 각각의 섹션(24)에 대해 평가 포인트(26)들에서 평가된다. 각각의 평가 포인트(26)는 각각의 섹션(24)의 중앙에 위치된다. 이러한 평가값들을 토대로, 타겟 이미지는 도 3에 예시된 바와 같이 수정된다(수정된 마스크 30). 수정된 마스크는 타겟 이미지(20)와 예측된 이미지(22) 사이의 오정렬을 고려한다. 복수의 섹션(24) 각각의 중앙에서의 평가값에 대해서는, 타겟 이미지(20)에 대하여 △n의 오프셋이 적용되는데, 여기서 n은 대응하는 섹션(24)을 나타낸다. 다시 말해, 결과적인 신규 에지는, 예상되는 바와 같이, 원래의 예측값이 높았던 각각의 위치에서 하향 조정되고, 원래의 예측값이 낮았던 각각의 위치에서는 상향 조정된다.

[0026] 도 4는 수정된 마스크(30)에 기초한 신규 예측된 이미지(40)를 예시한다. 예측된 이미지(22)와 비교하여, 종래의 모델 기반 OPC 기술들은 신규 예측된 이미지(40)의 리플링을 두드러지게 하는데, 이는 주위 구조(surrounding structure)에 의존하는 브레이킹(breaking) 또는 브릿징(bridging)의 가능성을 증가시킨다.

[0027] 개선된 결과들은 원칙적으로 "보다 양호한(better)" 평가 포인트를 선택함으로써 얻어질 수 있으며, 이것에 관해서는 일부 제한된 전략들이 존재한다. 특히, 코너들에 있거나 또는 코너들 근처에 있는 섹션들의 평가 포인트들은, 과-보정(over-correction)을 피하기 위하여 상기 코너로부터 뒤쪽으로 떨어져(back away) 이동될 수도 있다. 이러한 방법들은 유용하지만, 주위 문맥상 피처(surrounding contextual feature)들과 해당 특정 에지 상에서 관측된 리플들간의 상호작용의 복잡성으로 인하여 단순한 경우들을 제외하고는 적용하기가 어렵다.

[0028] 더욱이 모델 기반 OPC는 에어리얼 모델 또는 캘리브레이션된 모델을 이용한다. 캘리브레이션된 모델은 마스크 특성, 상기 마스크를 생성하기 위한 툴들의 특성, 레지스트 특성 등을 고려하여야만 한다. 이 때문에, 캘리브레이션된 모델을 이용하는 것을 많은 단점들이 있다. 단점으로는 마스크의 형성(building)과 웨이퍼들의 노광, 그리고 마스크, 반도체, 또는 기타 연관된 특성에 기인될 수 없는 임의의 묘화 특성들의 주요 요인을 포함하는 광

범위한 캘리브레이션을 들 수 있다. 주된 단점은, 모델을 캘리브레이션하기 위하여, 합당한 마스크(reasonable mask)가 이미 존재하여야만 한다는 점이다. 따라서, 산업계는 종종 모델 기반 OPC를 위한 에어리얼 모델을 이용하는데, 그 이유는 편리하면서도 현존하는 툴들에 의존하지 않기 때문이다. 하지만, 에어리얼 모델들은, 캘리브레이션된 모델을 이용하는 경우에서와 같이, 제품 및 제조 결함들의 주요 요인이 아니다.

[0029] 실재(real life) 결함들을 근사화(approximate)하기 위한, 타겟 이미지와 예측된 이미지간의 오정렬을 제거하는 방법이 아직까지는 고안되지 않았다.

발명이 이루고자 하는 기술적 과제

[0030] 본 명세서의 목적은, 상술된 문제점들을 해결하고 기판 상에 형성될 디자인을 최적화하는 신규 방법을 제공하는 것이다. 본 단계들은, 디자인의 이미지의 1 이상의 코너의 라운딩을 근사화하는 단계; 상기 1 이상의 코너의 근사 라운딩(approximate rounding)에 더해 상기 디자인의 표시를 생성하는 단계; 상기 표시를 토대로 상기 디자인을 묘화하는데 이용되는 마스크의 초기 표시를 생성하는 단계; 및 상기 마스크의 상기 초기 표시에 더해 광근접성보정(OPC)을 수행하는 단계를 포함한다.

[0031] OPC는, 마스크의 초기 표시에 더해 상기 디자인의 이미지를 생성하는 단계; 상기 근사 라운딩에 대한 추가의 상기 디자인의 표시와 상기 이미지간의 편차를 평가하는 단계; 상기 평가의 결과가 사전정의된 제약조건들을 만족하는 지의 여부를 판정하는 단계를 포함한다. 상기 결과가 사전정의된 제약조건들을 만족시키지 못하는 경우, 마스크의 다음 표시가 상기 결과들에 따라 생성될 수 있으며, 상기 편차가 사전정의된 제약조건들을 만족시킬 때까지 OPC가 반복된다.

[0032] 근사 라운딩의 결정은, 사전정의된 규칙의 파생물(derivation)을 기초로 할 수 있으며, 이는 세리프의 치수를 정의하는데 사용될 수 있다. 나아가, 챔퍼로부터의 컷아웃의 크기를 선택하고, 상기 컷아웃의 크기에 따라 라운딩을 근사화하도록 1 이상의 코너를 챔퍼링함으로써 라운딩이 근사화될 수도 있다.

[0033] 챔퍼링된 코너가 또다른 코너에 인접하는 경우에는, 제1챔퍼 및 제2챔퍼가 교차하지 않도록 제1챔퍼 및 제2챔퍼 중 1 이상의 크기를 감소시키는 것과 같은 추가 조정들이 필요할 수도 있다. 대안적으로는, 제1챔퍼 및 제2챔퍼가 교차하지 않도록, 상기 제1챔퍼 및 제2챔퍼의 크기가 비례적으로 감소될 수도 있다.

[0034] 또다른 신규 개념은 OPC를 개선하기 위한 방법을 포함한다. 본 단계들은 마스크 제조 제약조건들을 토대로, 상기 마스크의 상기 초기 표시의 코너들의 라운딩을 결정하는 단계; 및 코너 라운딩이 적용되는 상기 초기 표시를 토대로, 수정된 마스크 표시를 생성하는 단계를 포함한다. 각각의 코너에서의 라운딩은 사전설정된 반경을 가진다.

[0035] 이에 따라, 묘화 제약조건들로 인한 코너들의 라운딩 및 마스크 제조 제약조건들로 인한 마스크 코너들의 라운딩 모두가 팩토링될 수 있다.

[0036] 추가적인 목적, 장점 및 신규 특징들이 아래의 상세한 설명에서 일부 설명될 것이고, 일부는 다음의 첨부된 도면들을 살펴보면 당업계의 당업자에게 명백해질 것이며, 예시들을 생산 및 작동시킴으로써 습득할 수도 있다. 본 발명의 목적들과 장점들은, 첨부된 청구항들에 특별히 제시된 방법, 수단 및 그 조합들을 실시 또는 이용함으로써 실현 및 성취될 수 있다.

발명의 구성 및 작용

[0037] 적절히 마스크를 조정함으로써, 예측된 이미지의 불일치성들을 해결하기 위한 새로운 개념들이, 2004년 3월 30일에 출원된 "Apparatus, Method and Program Product for Suppressing Waviness of Features to be printed using Photolithographic Systems"이란 제목의 관련된 미국특허 출원번호 제 60/557,833호(이하 "'833" 특허출원이라 함)에 개시되어 있다. 이 출원은 본 명세서에서 그 전문이 인용참조된다.

[0038] 발명자들은 또한 공지된 프린팅 제조 한계들에 대한 타겟 이미지를 보상함으로써, 예측된 이미지의 리플링 및 기타 부정적인 영향들을 감소시키기 위한 신규 개념들을 고안하였다. 이러한 한계들 중 한 가지에 관하여, 코너들을 사전설정된 샤프니스(sharpness) 이상으로 프린팅하는 방법도 고안되었다. 예를 들어, 도 5a는 이상적인 피처(50)를 예시하고, 도 5b는 프린트된 실제 피처(52) 또는 상기 피처(52)의 예측된 이미지를 예시한다. 상기 이상적인 피처(50)는 무한한 샤프니스(infinite sharpness)의 이상적인 코너(54)를 가지지만, 제조 및 물리적인 한계들로 인해, 실제로는 이상적인 코너(54)의 형상이 얻어질 수 없다.

[0039] 상기 '833 출원에는 모델 OPC에서의 타겟 이미지의 코너 라운딩을 보상하기 위한 새로운 접근법들이 개시되어

있다. 이들은 코너 근처 또는 코너에서 취한 평가값들에 조정 팩터들을 적용하는 것을 포함하고 있다. 대안적으로는, 코너 근처 또는 코너에 위치한 평가 포인트들이 전반적으로 제거될 수도 있다. 코너들은 항상 소정의 라운딩을 가질 것이기 때문에, 조정 팩터가 이를 고려하여, 이에 따라 타겟 이미지에 대한 조정값들이 만들어진다.

[0040] 본 발명에서와 같이, 또다른 신규 접근법은, 각각의 코너에서의 라운딩을 시뮬레이션하기 위하여 타겟 이미지를 수정하는 것이다. 프린팅 공정 시, 코너들은 항상 소정의 라운딩을 겪을 것이며, OPC 처리들은 이러한 불가피한 라운딩을 보정하려는 시도의 결과로서 원하지 않는 결과들("링잉", "넥킹", "브릿징")을 야기할 수 있다. 상기 '833 출원은 코너 라운딩으로 인한 오정렬들이 선택적으로 무시될 수 있는 방법들을 제시하는 반면, 본 발명은 불가피한 코너 라운딩을 근사화하는 방법으로 타겟을 수정하여, 이러한 수정된 타겟을 재현하기 위한 시도를 OPC에 적용한다.

[0041] 세리프들을 이용하는 규칙-기반(rule-based) OPC의 다양한 개선예들이 있다. 미국 특허 제 5,663,893호, 제 5,707,765호 및 제 6,670,081호는 세리프들을 이용하는 OPC의 예시적인 설명들을 제공한다. 이들 특허는 본 명세서에서 그 전문이 인용참조되고 있다.

[0042] 일반적으로 세리프들은 회로 피처의 코너들 상에 위치하는 서브-리소그래피 스퀘어(sub-lithographic square) 형상의 피처들이다. 그들은 웨이퍼 상의 최종 전사된 디자인에서의 코너들을 "샤프닝(sharpen)"하는 역할을 하여, 포토레지스트 층 상에 최종 전사된 회로 패턴과 실제 회로 디자인간의 대응성(correspondence)을 개선시킬 수 있다. 볼록한 정점들에서의 "포지티브" 세리프들은, 코너의 손실을 방지하도록 정점에서의 마스크의 노광 에너지를 조정한다고 알려져 있다. 오목한 정점들에서의 "네거티브" 세리프들은, 최종 패턴 내의 오목한 정점의 정확한 표시를 유지하도록 시도하기 위하여, 상기 오목한 정점에서 마스크 패턴의 일부분을 제거시킨다. 세리프들을 최적화하기 위하여 개발된 규칙들을 토대로, "코너의 샤프니스"의 한계값들을 일반적으로 알 수 있다.

[0043] 세리프들을 이용하는 통상적인 OPC에서, 주어진 세리프(포지티브 및 네거티브 모두)의 각각의 에지는 주어진 세리프의 여타의 모든 에지에 대해 조정가능하여, 세리프의 전체 크기가 수정되도록 할 수 있다. 또한, 각각의 세리프는 여타의 모든 세리프에 독립적으로 수정될 수도 있다. '081 특허에 설명된 바와 같이, 이러한 세리프들의 수정예들은 사전정의된 규칙들에 의해 좌우되는데, 이 규칙들은 생성될 피처 패턴에 따라 사용자에 의해 선택/정의된다. 이러한 규칙들은 상이한 회로 디자인 피처들에 따라 변할 것이라는 것이 잘 알려져 있다. 물론, 이들 규칙들은 고정된 치수의 세리프들 및 간격 임계값(들)을 위한 종류일 수도 있다.

[0044] 도 6a 및 도 6b는 세리프들을 이용하여 프린트될 패턴을 예시한다. 세리프들의 위치 및 치수는 예시 및 설명을 위해 과장되었다. 각각의 세리프는 "중복부(overlap portion)" 및 "확장부(extension portion)"를 가진다. 상기 피처의 배경과 중복되는 네거티브 세리프의 일부분은 중복부(도 6a)인 반면, 실제 피처와 중복되는 포지티브 세리프의 일부분은 중복부(도 6b)이다. 상기 세리프의 중복부는 "짧은 중복부(short overlap)" O_S 및 "긴 중복부" O_L 로 정의될 수 있다. 이와 유사하게, 확장부는 "짧은 확장부" E_S 및 "긴 확장부" E_L 로 정의될 수 있다. 세리프들을 사이징하고 포지셔닝하기 위한 여하한의 규칙-기반 접근법을 이용하여, 주어진 코너에 대한 각각의 세리프가 정의될 수 있다.

[0045] 발명자들은 최적의 챔퍼, 즉 코너 컷오프(corner cutoff)가 최적의 세리프 치수와 동일한 방식으로 도출될 수 있다는 것을 발견하였다. 최적의 챔퍼링 규칙들은 세리프 보정을 위한 이상적인 규칙들과 상이할 수도 있지만, 상기 규칙들은 형태상으로는 유사할 것이다. 도 5b를 다시 참조하여, 코너(56)의 라운딩이 상술된 바와 같이 세리프들을 이용하여 최소화되었다고 가정하면, 남아 있는 것은 제거될 수 없는 잔류 코너 라운딩이다. 도 5b에 도시된 바와 같이, 이러한 OPC 전의 예상된 라운딩을 근사화 또는 시뮬레이션하기 위하여 코너(54')를 챔퍼링함으로써, 후속 OPC 처리가, 코너 라운딩을 제거하기 위한 시도로, 이웃하는 영역(nearby area)들의 보정을 희생하도록 하지는 않을 것이다.

[0046] 도 5b에 도시된 바와 같이, 코너 라운딩은 부드러운 곡선(smooth curve) 형태를 가진다. 이러한 형상은 종래의 EDA 소프트웨어에서는 다루기 어렵거나 아예 불가능하다. 상기 코너는 일련의 직선형 에지들로 "다각형" 근사화 방법에 의해서 근사화될 수도 있다. 이러한 다각형의 단순성과 그것이 이상적인 만곡된 모양을 근사화하는 정밀성간의 절충안이 있을 수도 있다. 발명자들은, 대부분의 경우에 절충이 양호하게 되도록 각각의 단부에서 대칭적인 45도 각도를 갖는 단일 대각선 에지를 발견하였다. 에지들에 대한 지오메트리를 45도의 배수인 각도들로 제한함으로써, 마스크 제조에 있어서 실제적인 장점들을 가지게 되는데, 그 이유는 대부분의 마스크-기록 기계들이 "계단(stairstep)" 패턴을 이용하여 여타의 각도들을 근사화하여야만 하기 때문이다. 하지만, 보다 많은

대각선 에지들(소정의 경우에는 45도 이외의 각도를 가짐)이 실제(true) 코너 라운딩을 보다 잘 근사화할 수 있으며, 특정 상황들에 있어서 선호될 수도 있다.

[0047] 그 각도를 제한하지 않는 단일 챔퍼링 에지의 경우를 가정하면, 챔퍼 컷아웃(chamfer cutout)은, 그 레그(leg)들 중 하나는 짧은 중복부 O_S와 같고, 나머지 하나는 긴 중복부 O_L과 같도록 선택되는 삼각형일 것이다. 세리프를 정의하는데 필요한 E_S 및 E_L의 값들은, 이 챔퍼를 생성할 때에는 무시된다. O_S 및 O_L은 보통 그 길이가 다른데, 그 이유는 원래의 두 타겟 에지들의 길이 차이 때문이며, 보다 짧은 에지를 따라 보다 짧은 중복부를 가진다. 이것은 이러한 경우에 발견되는 실제 코너 라운딩의 비대칭 곡선을 근사화한다. 각도를 45도로 제한하기 위해서는, 본 발명의 바람직한 실시예에서와 같이, 삼각형의 두 레그들이 동일한 길이를 가져야만 하고, 보다 짧은 길이 O_S가 선택된다.

[0048] 비교적 긴 두 라인들로 연결되는 코너들은, 한 코너의 코너 라운딩(및 그것을 근사화하는 챔퍼링)이 인접한 코너의 라운딩과 간섭하지 않도록, 소정의 공칭 챔퍼량(nominal chamfer amount)과 같은 O_S 및 O_L 모두를 가질 것이다. 하지만, 인접한 코너들간의 라인들이 때때로 "U" 에지로 칭하는 라인의 일 단부에서와 같이 비교적 짧은 경우에는, 일 코너의 챔퍼링이 인접한 코너의 챔퍼링과 간섭할 수 있다. 이 개념은 도 7a에 예시되어 있다.

[0049] 통상적으로, 세리프들에 대한 규칙들은 볼록한 코너 상에 세리프를 배치시키는 것과 오목한 코너 상에 세리프를 배치시키는 것을 식별한다. 일 예로서 볼록 규칙들을 취하면, 40nm의 "공칭" 세리프 크기 규칙(챔퍼 크기 규칙에 대응됨)을 고려한다. 하지만, 짧은 "U 에지들"에 있어서는, 도 7b에서 볼 수 있는 바와 같이, 챔퍼가 감소되어, 라인 단부의 1/4만 절단되도록 할 수 있다. 물론, 이러한 규칙들은, 챔퍼가 "실제(true)" U 에지를 유지하기 위하여 라인 단부의 1/2 미만의 여하한의 비율로 라인을 절단할 수 있도록 수정될 수도 있다.

[0050] 이는 상기 U 에지의 길이에 선형으로 종속되는 챔퍼의 "평행 중복(parallel overlap)"에 대한 조정값을 갖는 "ps_adj"(positive serif adjustment rule) 파라미터로 성취될 수도 있다. 예를 들어, 공칭 챔퍼 폭은 40nm일 수 있고, 평행 중복 조정값은 160nm의 에지 길이에서 0nm로부터 80nm의 에지 길이에서는 -20nm까지 선형으로 변경될 수 있다. 이는 80nm와 160nm 사이의 여하한의 선폭을 갖는 경우에 선폭 W의 1/4인 챔퍼를 생성한다. 이 범위의 일 단부에서, 160nm의 폭을 갖는 라인은 어떠한 조정값도 수용하지 않고, 40nm 공칭 챔퍼 크기는 정확하게 160nm 선폭의 1/4이다. 이 범위의 다른 단부에서는, 80nm의 폭을 갖는 라인이 40nm 공칭 챔퍼 크기에 대해 -20nm의 조정값을 수용하여 20nm 챔퍼를 산출하는데, 이는 다시 상기 선폭의 1/4이다.

[0051] 도 8은 타겟 이미지(800)(점괘선), 세리프(802)(대각선 빗금) 및 프린트될 피처의 각각의 코너에서 발생되는 관련된 챔퍼(804)를 예시한다. 세리프(802) 및 챔퍼(804) 치수는 단지 예시와 설명을 위해 과장되었으며, 주어진 패턴에 최선이 아닐 수도 있다. 또한, 세리프(802) 및 챔퍼(804)들은 챔퍼(804) 치수를 결정하기 위해 상술된 개념들을 간단히 설명하기 위하여 동일한 이미지 내에 예시되어 있다.

[0052] 도 9는 특허 출원 번호 '833에 개시되고, 본 명세서에서 논의된 신규 개념들에 따라, 메디안 평가값을 이용하여 수행되는 보정들로부터 시뮬레이션된 결과들을 예시한다. 도 10은 특허 출원 번호 '833에만 개시된, 메디안 평가값을 이용하여 수행되는 보정들로부터 시뮬레이션된 결과들을 예시한다. 도 9에서, 타겟 이미지는 900(점괘선)으로 표시되고, 보정된 마스크 패턴은 902(대각선 빗금)으로 표시되며, 예측된 프린팅 결과들은 904(수평 빗금)으로 표시된다. 도 10에서는, 타겟 이미지가 1000(점괘선)으로 표시되고, 보정된 마스크 패턴은 1002(대각선 빗금)으로 표시되며, 예측된 프린팅 결과들은 1004(수평 빗금)으로 표시된다.

[0053] 브릿징, 넥킹(또는 핀칭), 리플링, 라인 스무딩(line smoothing) 및 평균 선폭의 영향들을 비교하기 위하여 각 도면에 표시된 영역 A~E가 선택되었다. 도 9의 A 및 B를 참조하여 가장 잘 볼 수 있는 바와 같이, 도 10의 것에 비해 브릿징이 감소되었다. 도 9의 C를 참조하여 가장 잘 볼 수 있는 바와 같이, 도 10의 것에 비해 리플링이 감소되었다. 도 9의 C 및 D를 참조하여 가장 잘 볼 수 있는 바와 같이, 도 10의 것에 비해 평균 선폭 및 라인 스무딩이 보다 양호하다. 도 9의 E를 참조하여 가장 잘 볼 수 있는 바와 같이, 도 10의 것에 비해 넥킹이 감소되었다.

[0054] 라운딩을 근사화하기 위한 상기 수정된 타겟 이미지가 양호한 근사값(good approximation)이더라도, 타겟 이미지는 그럼에도 불구하고 여전히 이상적인 표시(ideal representation)이다. 후술되는 또다른 개선예들을 생각해 보자.

[0055] 상기 이미지들을 생성하기 위한 모델 OPC 루프는 다음과 같다: (1) 타겟에 대응하는 마스크 표시를 정의하고, (2) (에어리얼 이미지 또는 레지스트 내의 이미지) 이미지를 계산하고, (3) 이미지와 타겟간의 편차(deviatio

n)를 판정하고, (4) 마스크를 수정하고, (5) 이미지가 만족스러울 때까지 반복한다. 챔퍼링된 코너들에 대해 타겟 이미지를 수정함으로써, 이 모델 OPC 루프는 상술된 바와 같이 실제로 보다 우수한 이미지를 생성한다. 하지만, 상기 모델 OPC는 타겟, 마스크 또는 양자 모두 상의 실제 코너 라운딩을 고려하기 위해 더 수정될 수도 있다.

[0056] 실제적으로 코너들을 갖는 피처들의 모든 리소그래피 프린팅에서 불가피하게 발생하는 마스크 라운딩에 있어서 팩토링하기 위하여, 마스크 구조 기능 및/또는 타겟 이미지 수정 기능이 상기 모델 OPC 루프 내에 통합될 수도 있다. 도 11은 이러한 개념들 모두를 통합하는 모델 OPC 루프의 예시적인 흐름도를 보여준다. 단계 1100에서, 도 8에 예시된 타겟 이미지(800)와 같은 초기 타겟 이미지가 정의된다. 단계 1101에서는, 단계 1101에 앞서 정의된 상기 타겟과 동일하도록 마스크의 초기 추정값이 선택된다. 단계 A 및 B는 단계 1100에 이어 통합될 수도 있는데, 여기서 이상적인 타겟, 즉 샤프 코너들을 갖는 타겟이 선택되고, 라운딩 또는 챔퍼들을 근사화하는 것이 타겟 이미지의 각각의 코너들에 각각 적용된다. 이러한 방식으로, 보다 현실적으로 성취할 수 있는 타겟이 생성된다. 상기 타겟의 라운딩을 근사화하는 이 단계는, 투영 시스템이 저역 필터로서 작용한다는 기존의 지식을 고려하고, 이에 따라 샤프 코너들을 묘화할 수 없게 될 것이다.

[0057] 단계 1102에서, 실제 마스크 상의 피처들의 코너들의 실제 라운딩에서 팩토링하기 위하여 상기 마스크의 초기 추정값에 라운딩이 적용될 수도 있다(단계 1102). 상기 라운딩은 통상적으로 마스크 제조 제약조건들에 기인한다. 이러한 제조 제약조건들은 당업계의 당업자에게는 잘 알려져 있다. 단계 1104에서는, 단계 1102에서 생성된 마스크 표시를 토대로 이미지가 생성되고, 단계 1106에서는, 생성된 이미지와 상기 표시간의 편차가 판정된다. 사전정의된 제약조건들을 토대로, 상기 이미지가 만족스러운 지의 여부가 판정된다(단계 1108). 사전정의된 제약조건들을 설정하고, 이미지가 만족스러운 지의 여부를 판정하는 방식은 리소그래피 분야에서 잘 알려져 있다. 만일 이미지가 허용가능하다면, 프로세스가 종료되며(단계 1110), 마스크는 단계 1104의 이미지를 생성하는데 사용되는 마스크의 표시를 토대로 생성될 수 있다. 대안적으로, 상기 이미지가 불만족스럽다면, 상기 마스크의 표시가 잘 알려진 OPC 기술들에 따라 수정될 수도 있다(단계 1112). 단계 1102 내지 1108은, 상기 이미지가 만족스러울 때까지 반복된다.

[0058] 도 12는 단계 B(도 11)의 타겟 수정과 마스크 표시(단계 1102)의 수정간의 유사성을 나타낸다. 보다 상세하게는, 도 12는 라운딩을 시뮬레이션하기 위해 챔퍼링에 의해 수정된 타겟 이미지(1200) 및 라운딩을 적용하기 위해 단계 1104에서 수정된 마스크 표시(1202)를 예시한다. 타겟(1200)은 예시 및 설명의 목적으로 타겟 이미지(1202)에 대해 약간 확대되었다. 마스크 표시에 라운딩을 적용함으로써, 코너들의 결함들에 대한 보다 양호한 표시가 근사화될 수 있다. 나아가, 상기 마스크 표시의 실제 라운딩은, 근사 라운딩이 적용된 타겟 이미지를 보충한다. 다시 말해, 마스크 표시의 실제 라운딩은 타겟 이미지의 챔퍼링된 코너들을 라운딩하는 것이라 할 수 있다.

[0059] 도 12는 또한 각각의 코너가 사전설정된 반경 r로 라운딩되는 또다른 개념을 예시한다. 본 명세서에서 논의된 바와 같이, 라운딩의 영향들은 알려져 있으며, 대부분의 프린팅 타입에 대해 일반적으로 근사화될 수 있다. 예를 들어, 발명자들은, 통상적인 마스크 제조 공정에 있어서, 레티클에서 측정된 40~80㎚의 범위 내에 있는 반경이 예상될 수 있다는 것을 발견하였다. 물론, 마스크 피처 및 마스크 제조 공정의 복잡성 또는 마스크-기록 시스템 파라미터들에 따라 상이한 크기의 반경이 선택될 수도 있다.

[0060] 도 13은 도 11의 단계 1102 시, 일반적으로 라운딩을 적용하는 흐름도를 예시한다. 일반적으로, 각각의 코너는 단계 1300에서와 같이 검사되며, 사전설정된 반경의 라운딩이 단계 1302에서 적용된다. 단계 1304에서, 수정된 마스크 표시(도 12의 1202 참조)가 생성되며, 이 이미지를 토대로 OPC가 행해진다. 도 14는 또한 이 개념을 예시한다. 웨이퍼 레벨에서 1404로 라운딩된 코너(1400)는 기본적으로 타겟 이미지의 챔퍼(1402)의 크기에 대응된다.

[0061] 이에 따라, 마스크 제조 제약조건들로 인하여 라운딩을 시뮬레이션하기 위한 마스크의 표시의 수정예 또는 라운딩을 근사화하기 위한 타겟 이미지의 수정예 중 어느 하나 또는 양자 모두가 최종 마스크를 최적화하는데 사용될 수 있다.

[0062] 도 15는 본 발명의 도움으로 디자인된 마스크에 사용하기 적절한 리소그래피 투영장치를 개략적으로 도시한다. 상기 장치는,

[0063] - 방사선의 투영빔(PB)을 공급하는 방사선시스템(Ex, IL)(이러한 특수한 경우 방사선시스템은 방사선소스(LA)도 포함한다);

[0064] - 마스크(M)(예를 들어, 레티클)를 지지하는 마스크 홀더가 제공되고, 아이템 PL에 대하여 마스크를 정확히 위치시키는 제1위치설정수단에 연결된 제1대물테이블(마스크테이블)(MT);

[0065] - 기판(W)(예를 들어, 레지스트코팅된 실리콘웨이퍼)을 유지하는 기판 홀더가 제공되고, 아이템 PL에 대하여 기판을 정확히 위치시키는 제2위치설정수단에 연결된 제2대물테이블(기판테이블)(WT); 및

[0066] - 기판(W)의 타겟부(C)(1 이상의 다이를 포함)상으로 마스크(MA)의 조사된 부분을 묘화시키는 투영시스템("렌즈")(PL)(예를 들어, 굴절형, 카톱트릭 또는 카타디옵트릭 광학시스템)을 포함한다.

[0067] 묘사된 바와 같이, 상기 장치는 (예를 들어, 투과마스크를 구비한) 투과형으로 구성된다. 하지만, 일반적으로 상기 장치는 (예를 들어, 반사마스크를 구비한) 반사형일 수도 있다. 대안적으로, 상기 장치는 마스크의 사용의 대안례로서 또 다른 종류의 패터닝수단을 채용할 수도 있다; 그 예로서는 프로그램가능한 거울 어레이 또는 LCD 매트릭스가 있다.

[0068] 상기 소스(LA)(예를 들어, 수은 램프 또는 엑시머 레이저)는 방사선의 빔을 생성한다. 상기 빔은 곧바로 또는, 예를 들어 빔 익스펜더와 같은 컨디셔닝수단을 거친 다음에 조명시스템(일루미네이터)(IL)으로 들어간다. 상기 일루미네이터(IL)는 빔내의 세기분포의 외측반경 및/또는 내측반경 크기(통상 각각 외측-σ 및 내측-σ라 함)를 설정하는 조정수단(AM)을 포함하여 이루어진다. 또한, 그것은 일반적으로 인티그레이터(IN) 및 콘덴서(CO)와 같은 그 밖의 다른 다양한 구성요소들을 포함한다. 이러한 방식으로, 마스크(MA)에 입사하는 빔(PB)은 그 단면에 소정의 균일성과 세기분포를 갖게 된다.

[0069] 도 15와 관련하여, 상기 소스(LA)는 리소그패피 투영장치의 하우징내에 놓이지만(흔히 방사선 소스(LA)가 예를 들어 수은램프인 경우에서처럼), 그것이 리소그래피 투영장치로부터 멀리 떨어져 있어서 그것이 만들어 낸 방사선빔은 (가령, 적절한 지향거울에 의해) 장치내부로 들어오게 할 수도 있다. 후자의 시나리오는 흔히 방사선 소스(LA)가 (예를 들어, KrF, ArF 또는 F_2 레이징에 기초한) 엑시머 레이저인 경우이다. 본 발명은 적어도 이들 시나리오들을 모두 포괄한다.

[0070] 이후, 상기 빔(PB)은 마스크테이블(MT)상에 잡혀있는 마스크(MA)를 통과한다. 마스크(MA)를 지난 빔(PB)은 렌즈(PL)를 통과하여 기판(W)의 타겟부(C) 위에 초점이 맞추어진다. 제2위치설정수단(및 간섭계측정수단(IF))에 의하여, 기판테이블(WT)은, 예를 들어 빔(PB)의 경로내에 상이한 타겟부(C)를 위치시키도록 정확하게 이동될 수 있다. 이와 유사하게, 제1위치설정수단은 예를 들어, 마스크 라이브러리로부터 마스크(MA)를 기계적으로 회수한 후에, 또는 스캔하는 동안, 빔(PB)의 경로에 대하여 마스크(MA)를 정확히 위치시키도록 사용될 수 있다. 일반적으로 대물테이블(MT, WT)의 이동은, 도 15에 명확히 도시되지는 않았지만, 긴 행정모듈(long stroke module)(개략위치설정) 및 짧은 행정모듈(미세위치설정)의 도움을 받아 실현될 것이다. 하지만, (스텝-앤드-스캔 툴과는 대조적으로) 웨이퍼스테퍼의 경우에는 마스크테이블(MT)이 단지 짧은 행정모듈에만 연결될 수도 있고 또는 고정될 수도 있다.

[0071] 상술한 장치는 다음의 두가지 상이한 모드로 사용될 수 있다.

[0072] - 스텝 모드에서는, 마스크테이블(MT)은 기본적으로 정지상태로 유지되며, 전체 마스크 이미지는 한번에(즉, 단일 "섬광"으로) 타겟부(C) 상으로 투영된다. 이후 기판테이블(WT)이 x 및/또는 y 방향으로 시프트되어 다른 타겟부(C)가 빔(PB)에 의하여 조사될 수 있다.

[0073] - 스캔 모드에서는, 주어진 타겟부(C)가 단일 "섬광"에 노광되지 않는 것을 제외하고는 기본적으로 동일한 시나리오가 적용된다. 그 대신에, 마스크테이블(MT)이 v의 속도로 소정 방향(소위 "스캔방향", 예를 들어 y 방향)으로 이동가능해서, 투영빔(PB)이 마스크 이미지의 모든 부분을 스캐닝하도록 되고, 이와 함께 기판테이블(WT)은 속도 $V=Mv$로, 동일한 방향 또는 그 반대방향으로 동시에 이동하는 데, 이 때 M은 렌즈(PL)의 배율(통상 $M=1/4$ 또는 1/5)이다. 이러한 방식으로, 분해능을 떨어뜨리지 않고도 비교적 넓은 타겟부(C)가 노광될 수 있다.

[0074] 본 명세서에 개시된 개념은 서브 파장 피처들을 묘화하는 여하한의 포괄적인 묘화 시스템을 시뮬레이션하거나 수학적으로 모델링할 수 있으며, 또한, 더욱 더 작아지는 크기의 파장을 생성할 수 있는 묘화 기술을 나타내는 데 특히 유용할 수 있다. 신생 기술(emerging technology)은, 사용시에 ArF 레이저를 사용하여 193㎚의 파장, 심지어는 플루오르 레이저를 사용하여 157㎚ 파장을 생성할 수 있는 EUV(극자외선) 리소그래피를 포함한다. 더욱이, EUV 리소그래피는 싱크로트론을 이용하거나 고에너지 전자로 물질(고체 또는 플라즈마 중 어느 하나)을 때림으로써 20 내지 5㎚의 범위내에 있는 파장을 생성하여 이 범위내의 광자들을 생성할 수 있다. 대부분의 물질이 이 범위내에서 흡수되기 때문에, 조명은 몰리브덴 및 실리콘으로 된 다층-스택(multi-stack)을 갖는 반사

형 거울들에 의해 생성될 수 있다. 이 다층-스택 거울은 몰리브덴과 실리콘의 쌍으로 된 40개의 층을 가지며, 각 층의 두께는 파장의 4분의 1이다. 이보다 더 작은 파장이 X-레이 리소그래피로 생성될 수 있다. 통상적으로, 싱크로트론은 X-레이 파장을 생성하는데 사용된다. 대부분의 물질이 x-레이 파장에서 흡수되기 때문에, 물질을 흡수하는 얇은 부분이 피처가 프린트하는 곳(포지티브 레지스트) 또는 프린트하지 않는 곳(네거티브 레지스트)을 정의한다.

[0075] 본 명세서에서 개시된 개념은 실리콘 웨이퍼와 같은 기판상에 묘화하는데 사용될 수 있지만, 개시된 개념은 여하한의 종류의 리소그래피 묘화 시스템, 예를 들어 실리콘 웨이퍼 이외의 기판상에 묘화하는데 사용될 수 있는 시스템에 사용될 수 있음을 이해하여야 한다.

[0076] 본 명세서에 개시된 개념들은 시뮬레이터로서, 즉 컴퓨터 시스템 상에서 구현될 수 있는 컴퓨터 프로그램을 기록한 기록매체로서 사용될 수도 있다. 컴퓨터 시스템의 소프트웨어 기능성들은, 실행가능한 코드를 포함하는 프로그래밍을 수반하는데, 이는 상술된 묘화 모델을 구현하는데 사용될 수 있다. 소프트웨어 코드는 범용 컴퓨터에 의해 실행될 수 있다. 작동시, 상기 코드 및 아마도 그와 관련된 데이터 기록은 범용 컴퓨터 플랫폼내에 저장된다. 하지만, 그 이외의 시간에는, 상기 소프트웨어는 다른 로케이션에 저장되고 및/또는 적절한 범용 컴퓨터 시스템으로의 로딩을 위해 전달될 수 있다. 그러므로, 상술된 실시예들은 1 이상의 기계-판독가능 매체에 의해 수행되는 코드의 1 이상의 모듈의 형식으로 1 이상의 소프트웨어 제품과 관련된다. 컴퓨터 시스템의 프로세서에 의한 이러한 코드의 실행은 기본적으로 본 명세서에서 서술되고 예시된 실시예들로 수행되는 방식으로, 플랫폼이 카탈로그 및/또는 소프트웨어 다운로딩 기능을 구현할 수 있게 한다.

[0077] 본 명세서에서 사용되는 바와 같이, 컴퓨터 또는 기계 "판독가능 매체"라는 용어는, 실행을 위해 프로세서에 명령어를 제공하는데 관여한 여하한의 매체를 지칭한다. 이러한 매체는 비휘발성 매체, 휘발성 매체 및 전송 매체를 포함하나 이러한 것들로 제한되지 않는 다양한 형식을 취할 수 있다. 비휘발성 매체는, 예를 들어 상술된, 서버 플랫폼의 하나로서 작동하는 여하한의 컴퓨터(들)내의 여하한의 저장 디바이스와 같은 광학 또는 자기 디스크를 포함한다. 휘발성 매체는 이러한 컴퓨터 플랫폼의 메인 메모리와 같은 다이내믹 메모리를 포함한다. 물리적 전송 매체는 컴퓨터 시스템내에 버스를 포함하는 와이어들을 포함하여 구리선 및 플라스틱 다발(fiber optics) 등의 동축 케이블(coaxial cable)을 포함한다. 반송파 전송 매체는 무선 주파수(RF)와 적외선(IR) 데이터 커뮤니케이션 중에 생성된 파와 같은 전기 또는 전자기 신호, 또는 음파 또는 광 파의 형식을 취할 수 있다. 그러므로, 컴퓨터-판독가능 매체의 일반적인 형식은, 예를 들어 플로피 디스크, 플렉서블 디스크, 하드 디스크, 자기 테이프, 여하한의 자기 매체, CD-ROM, DVD, 여하한의 광학 매체, 보편적으로 덜 사용되는 펀치 카드, 페이퍼 테이프, 홀의 패턴을 갖는 여하한의 물리적 매체와 같은 매체, RAM, PROM 및 EPROM, FLASH-EPROM, 여하한의 메모리 칩 또는 카트리지, 데이터 또는 명령어를 전달하는 반송파, 이러한 반송파를 전달하는 케이블 또는 링크, 또는 컴퓨터가 프로그래밍 코드 및/또는 데이터를 판독할 수 있는 여하한의 매체를 포함한다. 컴퓨터 판독가능 매체의 이들 형식 중 대다수는, 실행을 위해 프로세스에 1 이상의 명령어의 1 이상의 시퀀스를 전달하는 것과 관련될 수 있다.

[0078] 지금까지 최선의 모드가 되기 위해 고려되어야 할 것 및/또는 여타의 실시예들이 기술되었지만, 그 안에서 다양한 수정예들이 만들어질 수 있고, 본 명세서에 개시된 요지가 다양한 형태들과 예시들로 구현될 수도 있으며, 기술적 사상들이 다수의 적용예들에 적용될 수도 있고, 본 명세서에는 단지 몇 가지만이 기재되었다는 점을 이해할 수 있다. 다음의 청구범위에 의해, 본 발명의 기술적 사상 범위 내에 있는 여하한의 그리고 모든 적용예, 수정예 및 변형예들을 청구하고자 한다.

발명의 효과

[0079] 본 발명에 따르면, 코너에서의 라운딩 및 챔퍼들을 이용한 광근접성 보정 방법을 제공할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0001] 본 도면들은, 제한하려는 것이 아니라 단지 예시의 방법을 통하여 본 발명에 따른 1 이상의 구현예들을 도시한다. 도면에서, 동일 참조부호들은 동일하거나 유사한 요소들을 나타낸다.

[0002] 도 1은 리플링(rippling)을 겪고 있는 기판 상에 프린트된 예시적인 피처들의 예시도;

[0003] 도 2는 리플링을 겪고 있는 예시적인 타겟 이미지 및 대응하는 예측된 이미지의 예시도;

[0004] 도 3은 도 2의 타겟 및 예측된 이미지들과, 도 2의 이미지들의 평가값에 기초한 예시적인 수정된 마스크의 예시

도;

[0005] 도 4는 도 3의 수정된 마스크에 기초한 예시적인 예측된 이미지의 예시도;

[0006] 도 5a는 프린트될 이상적인 피처(ideal feature)의 예시도이고, 도 5b는 이에 대응하는 프린트될 실제 피처의 예시도;

[0007] 도 6a는 피처에 대한 네거티브 세리프(negative serif)의 중복부(overlap portion)의 예시도이고, 도 6b는 상기 피처에 대한 포지티브 세리프의 중복부의 예시도;

[0008] 도 7a는 인접한 코너들에서 가능한 챔퍼링(chamfering)의 간섭의 예시도이고, 도 7b는 상기 간섭을 분해(resolve)하기 위한 챔퍼링 조정값들의 예시도;

[0009] 도 8은 타겟 이미지, 상기 타겟 이미지에 적용된 세리프들 및 상기 타겟 이미지의 챔퍼링의 시뮬레이션의 예시도;

[0010] 도 9는 각각의 코너에서의 챔퍼링을 위해 조정되는 수정된 타겟 이미지의 메디안 평가값(median evaluation)을 이용하여 수행되는 시뮬레이션의 예시도;

[0011] 도 10은 도 9에 예시된 것과 동일하지만, 수정되지 않은 타겟 이미지에 대한 시뮬레이션의 예시도;

[0012] 도 11은 모델 OPC 루프의 예시적인 흐름도;

[0013] 도 12는 라운딩(rounding)을 시뮬레이션하기 위하여 챔퍼링에 의해 수정된 타겟 이미지 및 라운딩을 적용하기 위한 단계에서 수정된 타겟 이미지의 예시도; 및

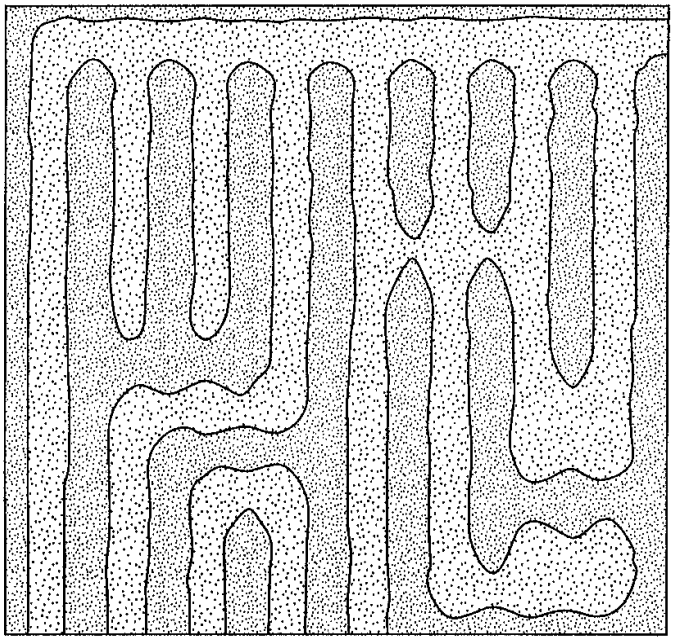
[0014] 도 13은 도 11의 대응하는 단계 시, 일반적으로 라운딩을 적용하는 흐름도;

[0015] 도 14는 웨이퍼 레벨에서 라운딩된 코너의 예시도; 및

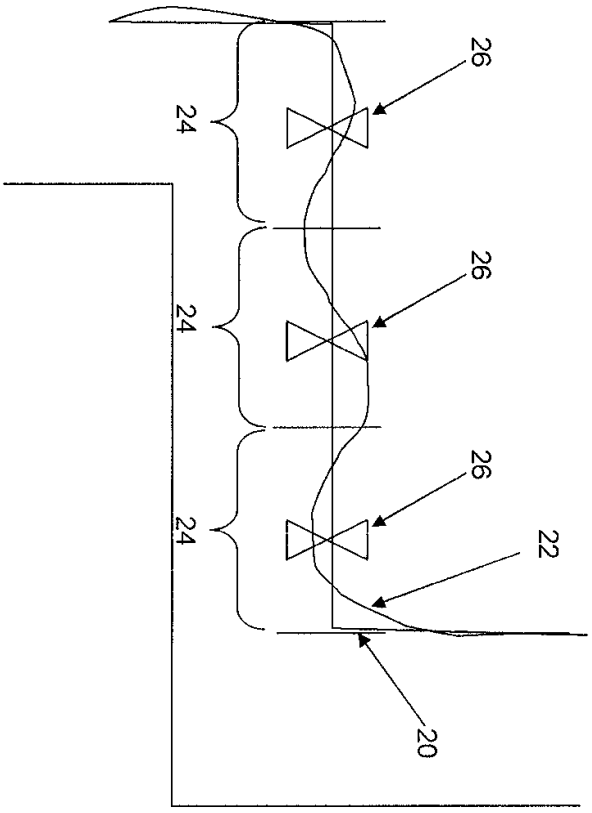
[0016] 도 15는 본 발명의 도움을 받아 디자인된 마스크를 이용하기에 적합한 리소그래피 투영장치의 개략도이다.

도면

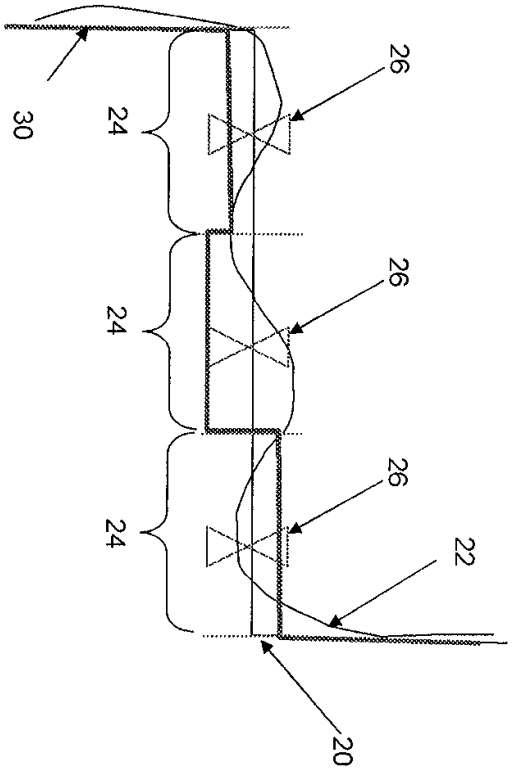
도면1



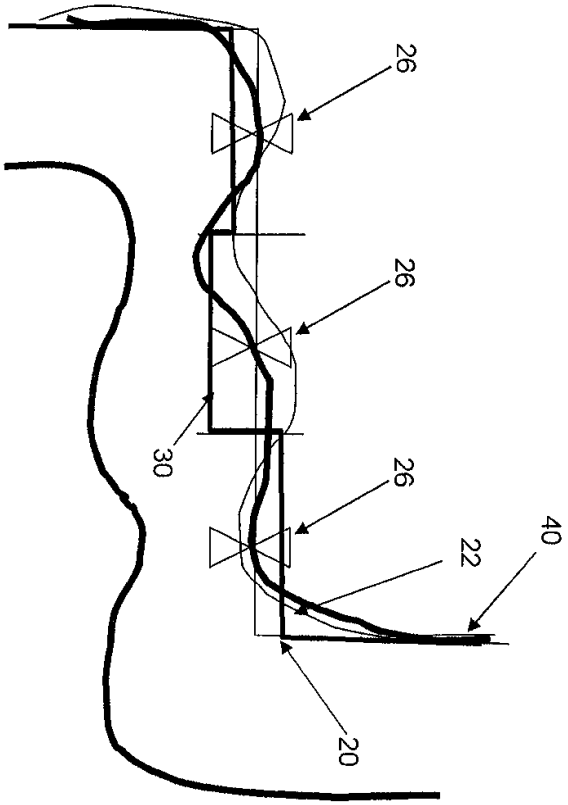
도면2



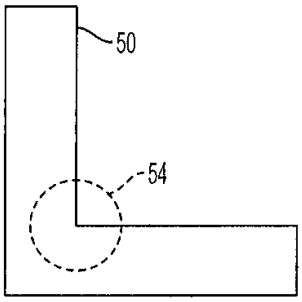
도면3



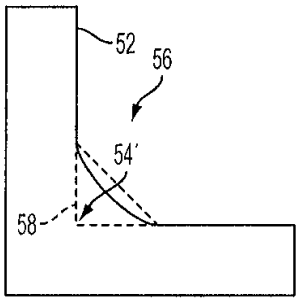
도면4



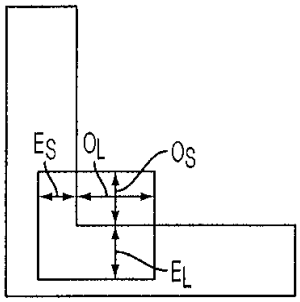
도면5a



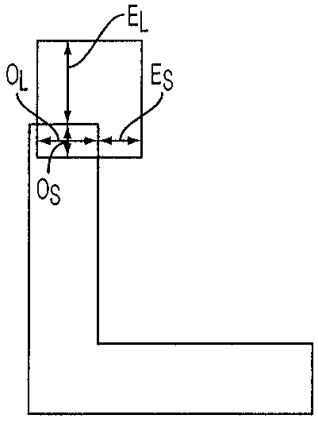
도면5b



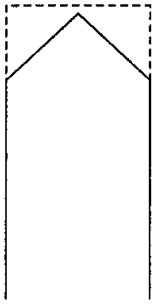
도면6a



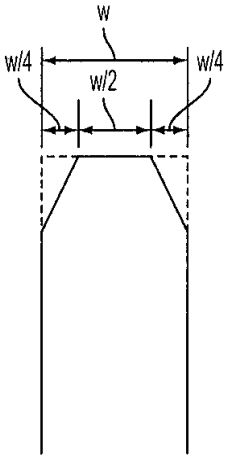
도면6b



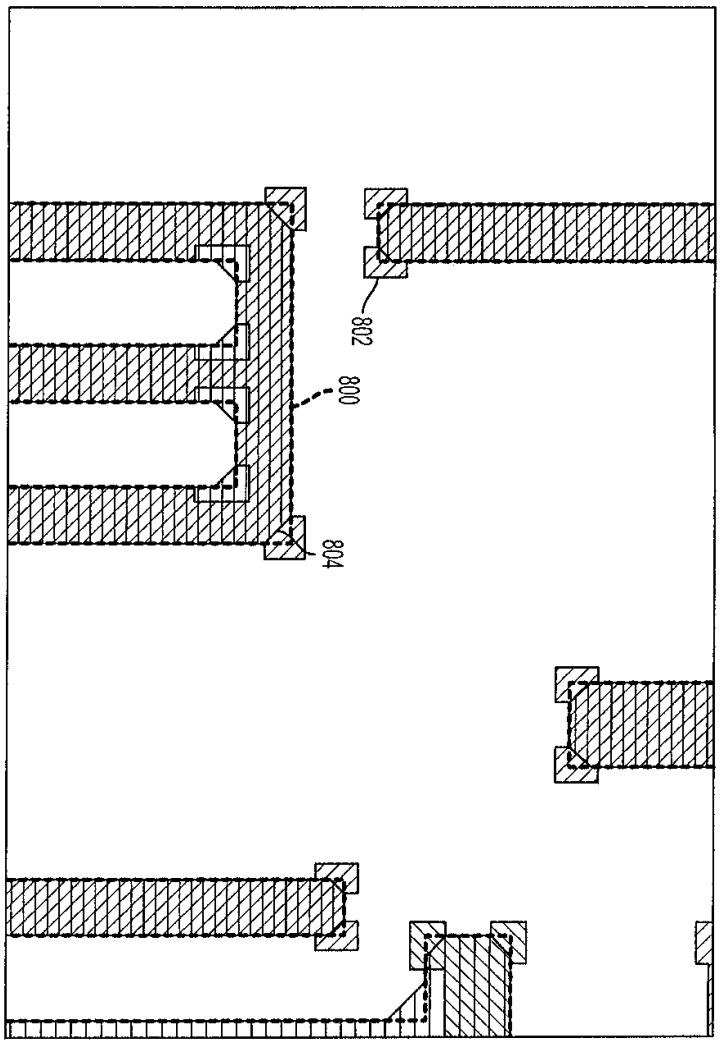
도면7a



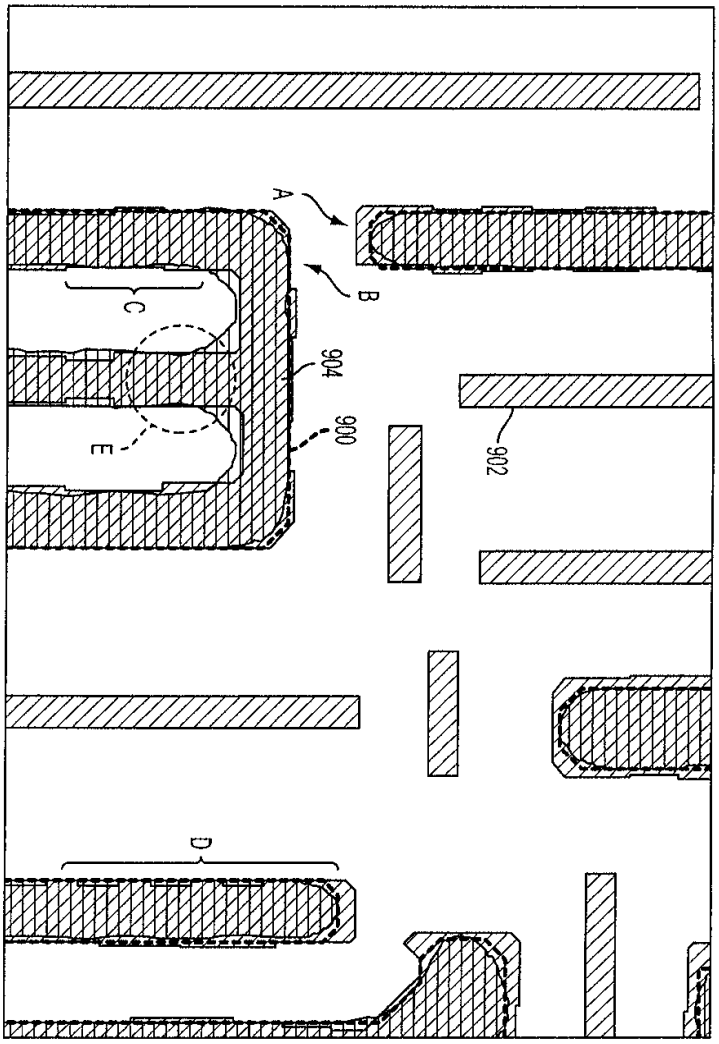
도면7b



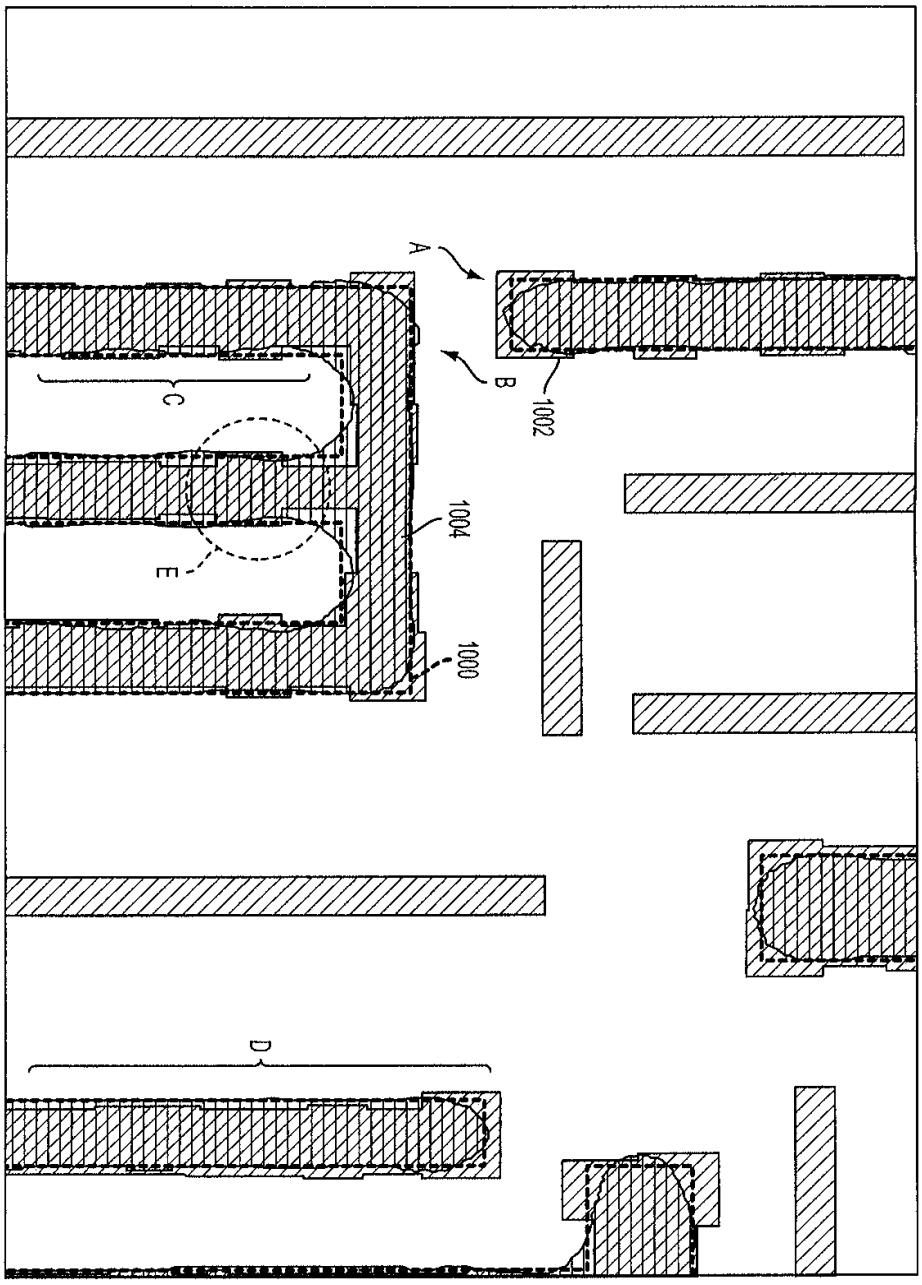
도면8



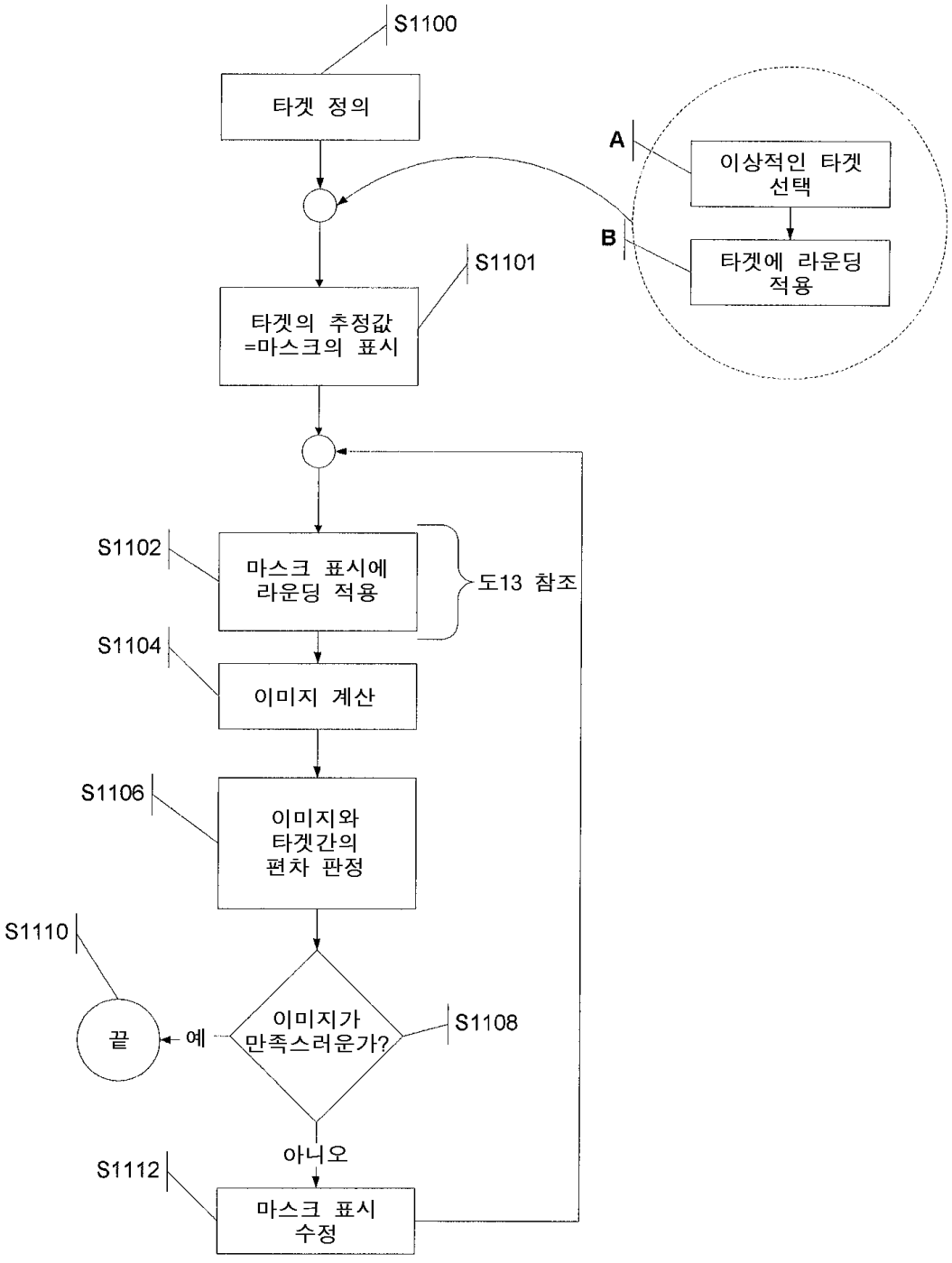
도면9



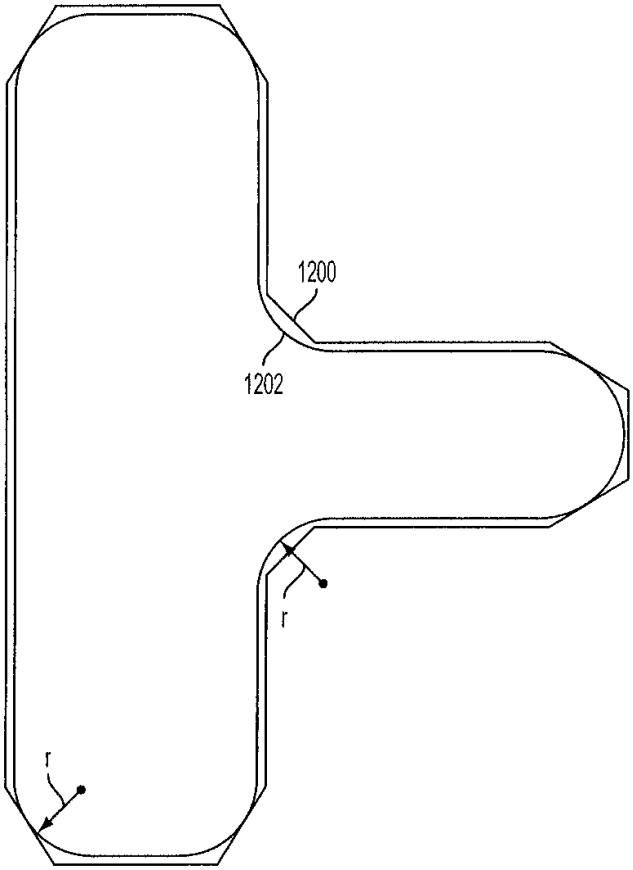
도면10



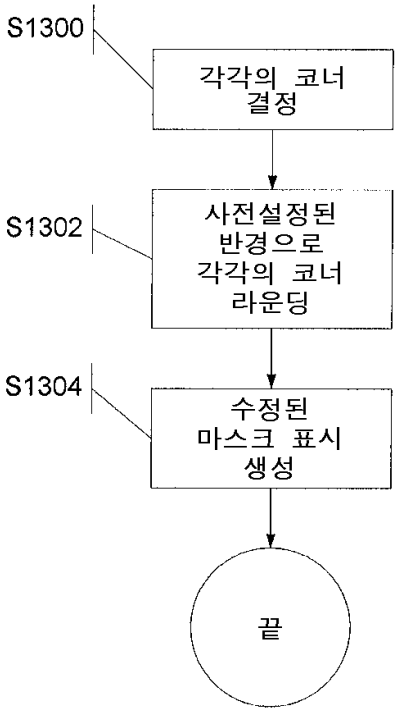
도면11


S1100
타겟 정의
A
이상적인 타겟 선택
B
타겟에 라운딩 적용
S1101
타겟의 추정값 =마스크의 표시
S1102
마스크 표시에 라운딩 적용
도13 참조
S1104
이미지 계산
S1106
이미지와 타겟간의 편차 판정
S1110
끝
예
이미지가 만족스러운가?
S1108
아니오
S1112
마스크 표시 수정

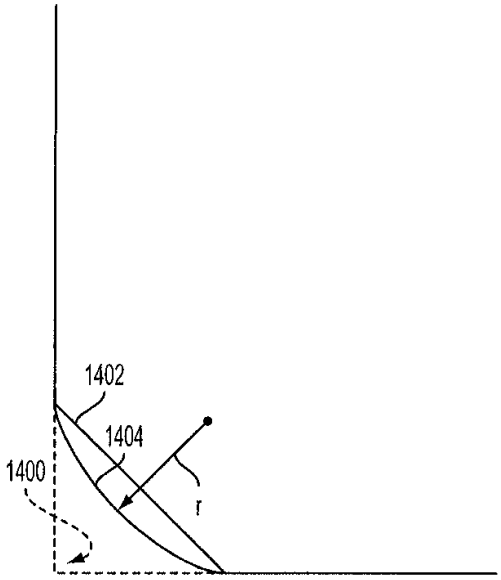
도면12


1200
1202
r
r

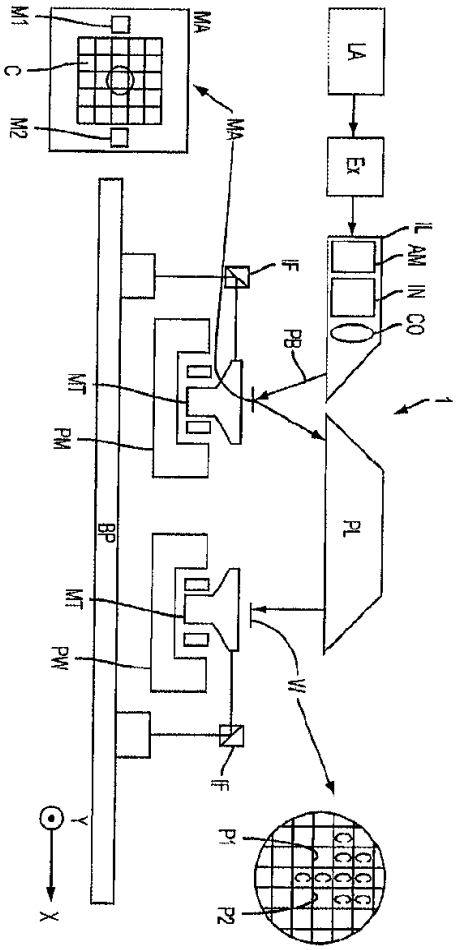
도면13


S1300
각각의 코너 결정
S1302
사전설정된 반경으로 각각의 코너 라운딩
S1304
수정된 마스크 표시 생성
끝

도면14


1402
1404
1400
r

도면15


MA
M1
C
M2
LA
Ex
LAM IN CO
IF
PB
MT
PM
BP
PL
W
P1
P2
Y
X