



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2019년07월29일

(11) 등록번호 10-2005083

(24) 등록일자 2019년07월23일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 21/027 (2006.01) *H01J 37/302* (2006.01)
H01J 37/317 (2006.01)
- (52) CPC특허분류
H01L 21/0277 (2013.01)
H01J 37/3026 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2018-7034228(분할)
- (22) 출원일자(국제) 2012년02월15일
 심사청구일자 2018년11월26일
- (85) 번역문제출일자 2018년11월26일
- (65) 공개번호 10-2018-0128525
- (43) 공개일자 2018년12월03일
- (62) 원출원 특허 10-2013-7022194
 원출원일자(국제) 2012년02월15일
 심사청구일자 2017년02월09일
- (86) 국제출원번호 PCT/US2012/025149
- (87) 국제공개번호 WO 2012/118616
 국제공개일자 2012년09월07일

(30) 우선권주장
 13/037,263 2011년02월28일 미국(US)
 (뒷면에 계속)

(56) 선행기술조사문헌

Christophe Pierrat 외 1명, 'Impact of Model-Based Fracturing on E-beam Proximity Effect Correction Methodology', Proc. of SPIE, Vol. 7823, 782313.(2010.09.30.)*

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

전체 청구항 수 : 총 38 항

심사관 : 이석주

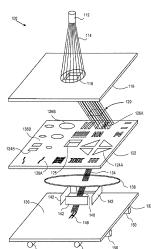
(54) 발명의 명칭 하전 입자빔 리소그래피를 사용하여 패턴들을 형성하는 방법 및 시스템

(57) 요 약

패턴을 표면 상에 형성할 수 있는 성형 빔 샷 세트가 결정되는 분할 또는 마스크 데이터 준비 또는 광학 근접 보정 또는 근접 효과 보정 또는 마스크 프로세스 보정을 위한 방법 및 시스템이 개시되며, 동일한 노출 패스 내의 복수의 샷들이 중첩되고, 샷 세트로부터의 선량 마진이 계산된다. 패턴을 표면 상에 형성할 수 있는 성형 빔 샷

(뒷면에 계속)

대 표 도 - 도1



세트가 결정되는 분할 또는 마스크 데이터 준비 또는 광학 근접 보정 또는 근접 효과 보정 또는 마스크 프로세스 보정을 위한 방법 및 시스템이 개시되며, 샷 세트는 상이한 조사량들을 패턴의 상이한 부분들에 제공하고, 샷 세트로부터의 선량 마진이 계산된다. 패턴들을 표면 상에 형성하는 방법이 또한 개시된다.

(52) CPC특허분류

H01J 37/3174 (2013.01)

H01J 2237/31764 (2013.01)

H01J 2237/31776 (2013.01)

(30) 우선권주장

13/329,315 2011년12월18일 미국(US)

13/329,314 2011년12월18일 미국(US)

명세서

청구범위

청구항 1

표면 상에 패턴을 형성하는데 사용하기 위한 샷(shot)들의 세트를 결정하기 위한 방법으로서,

노출 패스에 대한 복수의 성형 빔 하전 입자 빔 샷들을 결정하는 단계를 포함하고, 상기 복수의 성형 빔 샷들은 표면 상에 패턴을 형성할 수 있고, 상기 복수의 성형 빔 샷들 중 적어도 2개의 샷들은 상기 노출 패스에서 중첩하고, 그리고

상기 결정하는 단계는 상기 복수의 성형 빔 샷들로부터 에지 경사(edge slope)를 계산하는 단계를 포함하고,

상기 에지 경사는 최적화되고, 상기 복수의 성형 빔 샷들은 표면 상의 상기 패턴의 내부 영역에서보다 상기 표면 상의 상기 패턴의 윤곽(perimeter) 가까이에서 더 높은 조사량 피크(dosage peak)를 생성하는, 표면 상에 패턴을 형성하는데 사용하기 위한 샷들의 세트를 결정하기 위한 방법.

청구항 2

청구항 1에 있어서, 상기 계산하는 단계는 하전 입자 빔 시뮬레이션을 포함하는, 표면 상에 패턴을 형성하는데 사용하기 위한 샷들의 세트를 결정하기 위한 방법.

청구항 3

청구항 2에 있어서, 상기 하전 입자 빔 시뮬레이션은 전방 산란, 후방 산란, 레지스트 확산(resist diffusion), 쿨롱(Coulomb) 효과, 에칭(etching), 포깅(fogging), 로딩/loading) 및 레지스트 차징(resist charging)으로 구성되는 그룹 중 적어도 하나를 포함하는, 표면 상에 패턴을 형성하는데 사용하기 위한 샷들의 세트를 결정하기 위한 방법.

청구항 4

청구항 1에 있어서, 상기 에지 경사가 미리 결정된 타겟 에지 경사보다 더 낮은 경우, 상기 복수의 성형 빔 샷들을 변경하고 상기 에지 경사를 재계산하는 단계를 더 포함하는, 표면 상에 패턴을 형성하는데 사용하기 위한 샷들의 세트를 결정하기 위한 방법.

청구항 5

청구항 1에 있어서, 상기 복수의 성형 빔 샷들의 각각의 샷은 할당된 조사량을 포함하고, 그리고 상기 복수의 성형 빔 샷들 중 적어도 2개의 샷들의 할당된 조사량들은 긴 범위 효과(long-range effect)들에 대한 조사량 보정 전에 서로 상이한, 표면 상에 패턴을 형성하는데 사용하기 위한 샷들의 세트를 결정하기 위한 방법.

청구항 6

청구항 1에 있어서, 상기 복수의 성형 빔 샷들의 각각의 샷은 가변 성형 빔(VSB; variable shaped beam) 샷인, 표면 상에 패턴을 형성하는데 사용하기 위한 샷들의 세트를 결정하기 위한 방법.

청구항 7

청구항 1에 있어서, 상기 표면은 기판을 제조하기 위해 광학 리소그래피 프로세스에 사용될 레티클(reticle)을 포함하는, 표면 상에 패턴을 형성하는데 사용하기 위한 샷들의 세트를 결정하기 위한 방법.

청구항 8

하전 입자 빔 리소그래피를 사용하여 표면을 제조하기 위한 방법으로서,

노출 패스에 대한 복수의 성형 빔 샷들을 결정하는 단계; 및

상기 복수의 성형 빔 샷들로 상기 표면 상에 패턴을 형성하는 단계를 포함하며,

상기 복수의 성형 빔 샷들 중 적어도 2개의 샷들은 상기 노출 패스에서 중첩하고, 그리고
상기 결정하는 단계는 상기 복수의 성형 빔 샷들로부터 에지 경사를 계산하는 단계를 포함하고,
상기 에지 경사는 최적화되고, 상기 복수의 성형 빔 샷들은 상기 표면 상의 상기 패턴의 내부 영역에서보다 상
기 표면 상의 상기 패턴의 윤곽 가까이에서 더 높은 조사량 피크를 생성하는, 하전 입자 빔 리소그래피를 사용
하여 표면을 제조하기 위한 방법.

청구항 9

청구항 8에 있어서, 상기 계산하는 단계는 하전 입자 빔 시뮬레이션을 포함하는, 하전 입자 빔 리소그래피를 사
용하여 표면을 제조하기 위한 방법.

청구항 10

청구항 9에 있어서, 상기 하전 입자 빔 시뮬레이션은 전방 산란, 후방 산란, 레지스트 확산, 쿨롱 효과, 에칭,
포깅, 로딩 및 레지스트 치장으로 구성되는 그룹 중 적어도 하나를 포함하는, 하전 입자 빔 리소그래피를 사용
하여 표면을 제조하기 위한 방법.

청구항 11

청구항 8에 있어서, 상기 에지 경사가 미리 결정된 타겟 에지 경사보다 더 낮은 경우, 상기 복수의 성형 빔 샷
들을 변경하고 상기 에지 경사를 재계산하는 단계를 더 포함하는, 하전 입자 빔 리소그래피를 사용하여 표면을
제조하기 위한 방법.

청구항 12

청구항 8에 있어서, 상기 복수의 성형 빔 샷들의 각각의 샷은 할당된 조사량을 포함하고, 그리고 상기 복수의
성형 빔 샷들 중 적어도 2개의 샷들의 할당된 조사량들은 긴 범위 효과들에 대한 조사량 보정 전에 상이한, 하
전 입자 빔 리소그래피를 사용하여 표면을 제조하기 위한 방법.

청구항 13

청구항 12에 있어서, 긴 범위 효과들에 대한 선량 보정을 수행하는 단계를 더 포함하고, 상기 복수의 성형 빔
샷들 중 적어도 2개의 샷들의 할당된 조사량들은 상기 선량 보정 전에 서로 상이한, 하전 입자 빔 리소그래피를
사용하여 표면을 제조하기 위한 방법.

청구항 14

청구항 8에 있어서, 상기 표면은 기판을 제조하기 위해 광학 리소그래피 프로세스에 사용될 레티클을 포함하는,
하전 입자 빔 리소그래피를 사용하여 표면을 제조하기 위한 방법.

청구항 15

광학 리소그래피 프로세스를 사용하여 집적 회로를 제조하기 위한 방법으로서,

상기 광학 리소그래피 프로세스는 하전 입자 빔 리소그래피로 제조되는 레티클을 사용하고,

상기 방법은,

노출 패스에 대한 복수의 성형 빔 샷들을 결정하는 단계; 및

상기 복수의 성형 빔 샷들로 상기 레티클 상에 패턴을 형성하는 단계를 포함하며,

상기 복수의 성형 빔 샷들 중 적어도 2개의 샷들은 상기 노출 패스에서 중첩하고, 그리고

상기 결정하는 단계는 상기 복수의 성형 빔 샷들로부터 에지 경사를 계산하는 단계를 포함하고,

상기 에지 경사는 최적화되고, 상기 복수의 성형 빔 샷들은 상기 레티클 상의 상기 패턴의 내부 영역에서보다
상기 레티클 상의 상기 패턴의 윤곽 가까이에서 더 높은 조사량 피크를 생성하는, 광학 리소그래피 프로세스를
사용하여 집적 회로를 제조하기 위한 방법.

청구항 16

청구항 15에 있어서, 상기 계산하는 단계는 하전 입자 빔 시뮬레이션을 포함하는, 광학 리소그래피 프로세스를 사용하여 집적 회로를 제조하기 위한 방법.

청구항 17

청구항 16에 있어서, 상기 하전 입자 빔 시뮬레이션은 전방 산란, 후방 산란, 레지스트 확산, 쿨롱 효과, 에칭, 포깅, 로딩 및 레지스트 차징으로 구성되는 그룹 중 적어도 하나를 포함하는, 광학 리소그래피 프로세스를 사용하여 집적 회로를 제조하기 위한 방법.

청구항 18

표면 상에 패턴을 형성하는데 사용하기 위한 샷들의 세트를 결정하기 위한 시스템으로서,

노출 패스에 대한 복수의 성형 빔 하전 입자 빔 샷들을 결정할 수 있는 디바이스를 포함하고, 상기 복수의 성형 빔 샷들은 표면 상에 패턴을 형성할 수 있고, 상기 복수의 성형 빔 샷들 중 적어도 2개의 샷들은 상기 노출 패스에서 중첩하고, 그리고

상기 결정할 수 있는 디바이스는 상기 복수의 성형 빔 샷들로부터 예지 경사를 계산하고,

상기 예지 경사는 최적화되고, 상기 복수의 성형 빔 샷들은 상기 표면 상의 상기 패턴의 내부 영역에서보다 상기 표면 상의 상기 패턴의 윤곽 가까이에서 더 높은 조사량 피크를 생성하는, 표면 상에 패턴을 형성하는데 사용하기 위한 샷들의 세트를 결정하기 위한 시스템.

청구항 19

청구항 18에 있어서, 상기 계산하는 것은 하전 입자 빔 시뮬레이션을 포함하는, 표면 상에 패턴을 형성하는데 사용하기 위한 샷들의 세트를 결정하기 위한 시스템.

청구항 20

표면 상에 패턴을 형성하는데 사용하기 위한 샷들의 세트를 결정하기 위한 방법으로서,

노출 패스에 대한 복수의 성형 빔 하전 입자 빔 샷들을 결정하는 단계를 포함하고, 상기 복수의 성형 빔 샷들은 표면 상에 패턴을 형성할 수 있고, 상기 복수의 성형 빔 샷들은 상기 패턴의 상이한 부분들에 상이한 조사량들을 제공하고, 그리고

상기 결정하는 단계는 상기 복수의 성형 빔 샷들로부터 예지 경사를 계산하는 단계를 포함하고,

상기 예지 경사는 최적화되고, 상기 복수의 성형 빔 샷들은 상기 표면 상의 상기 패턴의 내부 영역에서보다 상기 표면 상의 상기 패턴의 윤곽 가까이에서 더 높은 조사량 피크를 생성하는, 표면 상에 패턴을 형성하는데 사용하기 위한 샷들의 세트를 결정하기 위한 방법.

청구항 21

청구항 20에 있어서, 상기 계산하는 단계는 하전 입자 빔 시뮬레이션을 포함하는, 표면 상에 패턴을 형성하는데 사용하기 위한 샷들의 세트를 결정하기 위한 방법.

청구항 22

청구항 21에 있어서, 상기 하전 입자 빔 시뮬레이션은 전방 산란, 후방 산란, 레지스트 확산, 쿨롱 효과, 에칭, 포깅, 로딩 및 레지스트 차징으로 구성되는 그룹 중 적어도 하나를 포함하는, 표면 상에 패턴을 형성하는데 사용하기 위한 샷들의 세트를 결정하기 위한 방법.

청구항 23

청구항 20에 있어서, 상기 예지 경사가 미리 결정된 타겟 예지 경사보다 더 낮은 경우, 상기 복수의 성형 빔 샷들을 변경하고 상기 예지 경사를 재계산하는 단계를 더 포함하는, 표면 상에 패턴을 형성하는데 사용하기 위한 샷들의 세트를 결정하기 위한 방법.

청구항 24

청구항 20에 있어서, 상기 복수의 성형 빔 샷들의 각각의 샷은 할당된 조사량을 포함하고, 그리고 상기 복수의 성형 빔 샷들 중 적어도 2개의 샷들의 할당된 조사량들은 긴 범위 효과들에 대한 조사량 보정 전에 서로 상이한, 표면 상에 패턴을 형성하는데 사용하기 위한 샷들의 세트를 결정하기 위한 방법.

청구항 25

청구항 20에 있어서, 상기 복수의 성형 빔 샷들의 각각의 샷은 가변 성형 빔(VSB) 샷인, 표면 상에 패턴을 형성하는데 사용하기 위한 샷들의 세트를 결정하기 위한 방법.

청구항 26

청구항 20에 있어서, 상기 표면은 기판을 제조하기 위해 광학 리소그래피 프로세스에 사용될 레티클을 포함하는, 표면 상에 패턴을 형성하는데 사용하기 위한 샷들의 세트를 결정하기 위한 방법.

청구항 27

하전 입자 빔 리소그래피를 사용하여 표면을 제조하기 위한 방법으로서,

복수의 노출 패스들에 대한 복수의 성형 빔 샷들을 결정하는 단계; 및

상기 복수의 성형 빔 샷들로 상기 표면 상에 패턴을 형성하는 단계를 포함하며,

상기 복수의 성형 빔 샷들은 상기 패턴의 상이한 부분들에 상이한 조사량들을 제공하고, 그리고

상기 결정하는 단계는 상기 복수의 성형 빔 샷들로부터 에지 경사를 계산하는 단계를 포함하고,

상기 에지 경사는 최적화되고, 상기 복수의 성형 빔 샷들은 상기 표면 상의 상기 패턴의 내부 영역에서보다 상기 표면 상의 상기 패턴의 윤곽 가까이에서 더 높은 조사량 피크를 생성하는, 하전 입자 빔 리소그래피를 사용하여 표면을 제조하기 위한 방법.

청구항 28

청구항 27에 있어서, 상기 계산하는 단계는 하전 입자 빔 시뮬레이션을 포함하는, 하전 입자 빔 리소그래피를 사용하여 표면을 제조하기 위한 방법.

청구항 29

청구항 28에 있어서, 상기 하전 입자 빔 시뮬레이션은 전방 산란, 후방 산란, 레지스트 확산, 쿨롱 효과, 에칭, 포깅, 로딩 및 레지스트 차징으로 구성되는 그룹 중 적어도 하나를 포함하는, 하전 입자 빔 리소그래피를 사용하여 표면을 제조하기 위한 방법.

청구항 30

청구항 27에 있어서, 상기 에지 경사가 미리 결정된 타겟 에지 경사보다 더 낮은 경우, 상기 복수의 성형 빔 샷들을 변경하고 상기 에지 경사를 재계산하는 단계를 더 포함하는, 하전 입자 빔 리소그래피를 사용하여 표면을 제조하기 위한 방법.

청구항 31

청구항 27에 있어서, 상기 복수의 성형 빔 샷들의 각각의 샷은 할당된 조사량을 포함하고, 그리고 상기 복수의 성형 빔 샷들 중 적어도 2개의 샷들의 할당된 조사량들은 긴 범위 효과들에 대한 조사량 보정 전에 상이한, 하전 입자 빔 리소그래피를 사용하여 표면을 제조하기 위한 방법.

청구항 32

청구항 31에 있어서, 긴 범위 효과들에 대한 선량 보정을 수행하는 단계를 더 포함하고, 상기 복수의 성형 빔 샷들 중 적어도 2개의 샷들의 할당된 조사량들은 상기 선량 보정 전에 서로 상이한, 하전 입자 빔 리소그래피를 사용하여 표면을 제조하기 위한 방법.

청구항 33

청구항 27에 있어서, 상기 표면은 기판을 제조하기 위해 광학 리소그래피 프로세스에 사용될 레티클을 포함하는, 하전 입자 빔 리소그래피를 사용하여 표면을 제조하기 위한 방법.

청구항 34

광학 리소그래피 프로세스를 사용하여 집적 회로를 제조하기 위한 방법으로서,

상기 광학 리소그래피 프로세스는 하전 입자 빔 리소그래피로 제조되는 레티클을 사용하고,

상기 방법은,

노출 패스에 대한 복수의 성형 빔 샷들을 결정하는 단계; 및

상기 레티클을 상에 패턴을 형성하는 단계를 포함하며,

상기 레티클은 레지스트로 코팅되고, 하전 입자 빔 라이터(writer)는 상기 복수의 성형 빔 샷들을 사용하여 레지스트-코팅된 레티클 상에 조사량을 생성하고, 상기 레지스트-코팅된 레티클 상의 상기 조사량은 상기 패턴을 형성하고, 상기 레티클 상의 상기 패턴은 패턴 윤곽을 포함하고, 상기 레지스트는 레지스트 임계치를 포함하고, 상기 복수의 성형 빔 샷들은 상기 패턴의 상이한 부분들에 상이한 조사량들을 제공하며,

상기 결정하는 단계는 상기 복수의 성형 빔 샷들로부터 에지 경사를 계산하는 단계를 포함하고, 그리고 상기 에지 경사는, 상기 패턴 윤곽에 수직인 직선 방향에 대한, 상기 레지스트 임계치에서의 레지스트 조사량의 기울기이고,

상기 에지 경사는 최적화되고, 상기 복수의 성형 빔 샷들은 상기 레티클 상의 상기 패턴의 내부 영역에서보다 상기 레티클 상의 상기 패턴의 윤곽 가까이에서 더 높은 조사량 피크를 생성하는, 광학 리소그래피 프로세스를 사용하여 집적 회로를 제조하기 위한 방법.

청구항 35

청구항 34에 있어서, 상기 계산하는 단계는 하전 입자 빔 시뮬레이션을 포함하는, 광학 리소그래피 프로세스를 사용하여 집적 회로를 제조하기 위한 방법.

청구항 36

청구항 34에 있어서, 상기 하전 입자 빔 시뮬레이션은 전방 산란, 후방 산란, 레지스트 확산, 쿨롱 효과, 에칭, 포깅, 로딩 및 레지스트 차징으로 구성되는 그룹 중 적어도 하나를 포함하는, 광학 리소그래피 프로세스를 사용하여 집적 회로를 제조하기 위한 방법.

청구항 37

표면 상에 패턴을 형성하는데 사용하기 위한 샷들의 세트를 결정하기 위한 시스템으로서,

노출 패스에 대한 복수의 성형 빔 하전 입자 빔 샷들을 결정하도록 구성되는 디바이스를 포함하고, 상기 복수의 성형 빔 샷들은, 하전 입자 빔 라이터에서 사용되는 경우, 레지스트-코팅된 표면 상에 조사량을 생성하고, 상기 레지스트-코팅된 표면 상의 상기 조사량은 상기 표면 상에 패턴을 형성하고, 상기 표면 상의 상기 패턴은 패턴 윤곽을 포함하고, 상기 레지스트는 레지스트 임계치를 포함하고, 상기 복수의 성형 빔 샷들은 상기 패턴의 상이한 부분들에 상이한 조사량들을 제공하며,

상기 결정하도록 구성되는 디바이스는 상기 복수의 성형 빔 샷들로부터 에지 경사를 계산하고, 그리고 상기 에지 경사는, 상기 패턴 윤곽에 수직인 직선 방향에 대한, 상기 레지스트 임계치에서의 레지스트 조사량의 기울기이고,

상기 에지 경사는 최적화되고, 상기 복수의 성형 빔 샷들은 상기 표면 상의 상기 패턴의 내부 영역에서보다 상기 표면 상의 상기 패턴의 윤곽 가까이에서 더 높은 조사량 피크를 생성하는, 표면 상에 패턴을 형성하는데 사용하기 위한 샷들의 세트를 결정하기 위한 시스템.

청구항 38

청구항 37에 있어서, 상기 복수의 성형 빔 샷들의 각각의 샷은 가변 성형 빔(VSB) 샷인, 표면 상에 패턴을 형성하는데 사용하기 위한 샷들의 세트를 결정하기 위한 시스템.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 관련 출원들

본 출원은 1) 2011년 12월 18일자로 출원되고, 발명의 명칭이 "Method and System for Forming Patterns Using Charged Particle Beam Lithography with Overlapping Shots"인 미국 특허 출원 일련 번호 제13/329,314호에 대한 우선권을 주장하고; 2) 2011년 12월 18일자로 출원되고, 발명의 명칭이 "Method and System for Forming Patterns Using Charged Particle Beam Lithography with Variable Pattern Dosage"인 미국 특허 출원 일련 번호 제13/329,315호에 대한 우선권을 주장하며; 그의 둘 다는 2011년 2월 28일자로 출원되고, 발명의 명칭이 "Method And System For Design Of A Surface To Be Manufactured Using Charged Particle Beam Lithography"인 미국 특허 출원 일련 번호 제13/037,263호의 부분 계속 출원이고; 상기 모두는 모든 목적들을 위해 본 명세서에 참고 문헌에 의해 포함되어 있다. 본 출원은 또한 2011년 2월 28일자로 출원되고, 발명의 명칭이 "Method And System For Design Of Enhanced Accuracy Patterns For Charged Particle Beam Lithography"인 미국 특허 출원 일련 번호 제13/037,268호에 관한 것이고; 2011년 2월 28일자로 출원되고, 발명의 명칭이 "Method And System For Design Of Enhanced Edge Slope Patterns For Charged Particle Beam Lithography"인 미국 특허 출원 일련 번호 제13/037,270호에 관한 것이며; 그의 둘 다는 모든 목적들을 위해 본 명세서에 참고 문헌에 의해 포함되어 있다.

배경 기술

[0003] 본 개시는 리소그래피(lithography)에 관한 것으로서, 특히 하전 입자 빔 리소그래피를 사용하는 레티클(reticle), 웨이퍼(wafer), 또는 임의의 다른 표면일 수 있는 표면의 설계 및 제조에 관한 것이다.

집적 회로들과 같은 반도체 소자들의 생산 또는 제조에서, 광학 리소그래피는 반도체 소자들을 제조하기 위해 사용될 수 있다. 광학 리소그래피는 레티클로부터 제조되는 리소그래피 마스크 또는 포토마스크가 집적 회로(I.C.)를 생성하도록 패턴들을 반도체 또는 실리콘 웨이퍼와 같은 기판에 전사하는데 사용되는 인쇄 프로세스이다. 다른 기판들은 평판 디스플레이들, 홀로그래픽 마스크들 또는 심지어 다른 레티클들을 포함할 수 있었다. 종래의 광학 리소그래피는 193 nm의 파장을 갖는 광원을 사용할지라도, 극 자외선(EUV) 또는 X선 리소그래피는 또한 본 출원에서 광학 리소그래피의 타입들로 간주된다. 레티클 또는 다수의 레티클들은 집적 회로의 개별 층에 대응하는 회로 패턴을 포함할 수 있고, 이 패턴은 포토레지스트 또는 레지스트로 알려진 방사선 민감 재료의 층에 의해 코팅된 기판 상에 특정 영역 상으로 이미징될 수 있다. 패턴화된 층이 전사되면, 층은 에칭, 이온 주입(도핑), 금속화, 산화, 및 연마와 같은 각종 다른 프로세스들을 겪을 수 있다. 이 프로세스들은 기판 내의 개별 층을 마무리하기 위해 사용된다. 수개의 층들이 요구되면, 이 때 전체 프로세스 또는 그의 변형들은 각각의 새로운 층에 대해 반복될 것이다. 결국, 다수의 소자들 또는 집적 회로들의 결합은 기판 상에 존재할 것이다. 그 다음, 이 집적 회로들은 다이싱(dicing) 또는 소잉(sawing)에 의해 서로로부터 분리될 수 있고 그 후에 개별 패키지들에 실장될 수 있다. 더 일반적인 경우에, 기판 상의 패턴들은 디스플레이 픽셀들, 홀로그램들, 또는 자기 녹음 헤드들과 같은 인공물들을 형성하기 위해 사용될 수 있다. 종래의 광학 리소그래피 라이팅 기계들은 전형적으로 광학 리소그래픽 프로세스 동안 포토마스크 패턴을 4의 인자만큼 감소시킨다. 따라서, 레티클 또는 마스크 상에 형성되는 패턴들은 기판 또는 웨이퍼 상의 원하는 패턴의 크기보다 더 큰 4배이어야 한다.

[0005] 집적 회로들과 같은 반도체 소자들의 생산 또는 제조에서, 비광학 방법들은 리소그래피 마스크 상의 패턴을 실리콘 웨이퍼와 같은 기판에 전사하기 위해 사용될 수 있다. 나노임프린트 리소그래피(NIL, nanoimprint lithography)는 비광학 리소그래픽 프로세스의 예이다. 나노임프린트 리소그래피에서, 리소그래피 마스크 패턴은 표면과 리소그래피 마스크의 접촉을 통해 표면에 전사된다.

[0006] 집적 회로들과 같은 반도체 소자들의 생산 또는 제조에서, 마스크리스 직접 라이팅(maskless direct write)은 반도체 소자들을 제조하기 위해 사용될 수도 있다. 마스크리스 직접 라이팅은 하전 입자 빔 리소그래피가 집적 회로를 생성하도록 패턴들을 반도체 또는 실리콘 웨이퍼와 같은 기판에 전사하기 위해 사용되는 인쇄 프로세스이다. 다른 기판들은 평판 디스플레이들, 나노임프린트 리소그래피를 위한 임프린트 마스크들, 또는 심지어 레티클들을 포함할 수 있었다. 원하는 층 패턴들은 표면 상에 직접 라이팅되며, 이는 이 경우에 또는 기판이다.

패턴화된 층이 전사되면, 층은 예칭, 이온 주입(도핑), 금속화, 산화, 및 연마와 같은 각종 다른 프로세스들을 겪을 수 있다. 이 프로세스들은 기판 내의 개별 층을 마무리하기 위해 사용된다. 수개의 층들이 요구되면, 이 때 전체 프로세스 또는 그의 변형들은 각각의 새로운 층에 대해 반복될 것이다. 층들 중 일부는 광학 리소그래피를 사용하여 라이팅될 수 있는 한편 다른 것들은 동일한 기판을 제조하기 위해 마스크리스 직접 라이팅을 사용하여 라이팅될 수 있다. 또한, 주어지 층의 일부 패턴들은 광학 리소그래피를 사용하여 라이팅될 수 있고, 다른 패턴들은 마스크리스 직접 라이팅을 사용하여 라이팅될 수 있다. 결국, 다수의 소자들 또는 집적 회로들의 결합은 기판 상에 존재할 것이다. 그 다음, 이 집적 회로들은 다이싱 또는 소잉에 의해 서로로부터 분리되고 그 후에 개별 패키지들에 실장된다. 더 일반적인 경우에, 표면 상의 패턴들은 디스플레이 팩셀들, 홀로그램들, 또는 자기 녹음 헤드들과 같은 인공물들을 형성하기 위해 사용될 수 있다.

[0007] 2개의 공통 타입들의 하전 입자 빔 리소그래피는 가변 성형 빔(VSB, variable shaped beam) 및 캐릭터 투영(CP, character projection)이다. 이들은 둘 다 성형 빔 하전 입자 빔 리소그래피의 하위 카테고리이며, 정확한 전자 빔은 웨이퍼의 표면 또는 레티클의 표면과 같은 레지스트 표면을 노출시키도록 성형되고 조향된다. VSB에서, 이 성형들은 간단한 성형들이며, 통상 직교 좌표 평면(즉 "맨하탄" 배향)의 축들에 평행한 측면들을 갖는 특정 최소 및 최대 크기들의 직사각형들, 및 특정 최소 및 최대 크기들의 45도 직각 삼각형들(즉 3개의 내각들이 45도, 45도, 및 90도인 삼각형들)에 제한된다. 미리 결정된 위치들에서, 전자들의 선량들은 이러한 간단한 성형들에 의해 레지스트로 쟁된다. 이 타입의 시스템에 대한 전체 라이팅 시간은 쟁들의 수에 따라 증가한다. 캐릭터 투영(CP)에서, 직선, 임의의 각진 선형, 원형, 거의 원형, 환형, 거의 환형, 타원형, 거의 타원형, 부분 원형, 부분적으로 거의 원형, 부분 환형, 부분적으로 거의 환형, 부분적으로 거의 타원형, 또는 임의의 곡선 형상들과 같은 복잡한 형상들일 수 있고, 복잡한 형상들의 연결된 세트 또는 복잡한 형상들의 연결된 세트들의 분절된 세트들의 그룹일 수 있는 다양한 애피처(aperture)들 또는 캐릭터들을 그것에 갖는 시스템 내의 스텐실(stencil)이 존재한다. 전자 빔은 더 복잡한 패턴들을 레티클 상에 효과적으로 생성하기 위해 스템실 상의 캐릭터를 통해 쟁될 수 있다. 이론적으로, 그러한 시스템은 각각의 시간 소모 쟁에 의해 더 복잡한 형상들을 슈팅(shoot)할 수 있기 때문에 VSB 시스템보다 더 빠를 수 있다. 따라서, VSB 시스템에 의한 E-성형 패턴 쟁은 4개의 쟁들을 취하지만, 동일한 E-성형 패턴은 캐릭터 투영 시스템에 의해 하나의 쟁으로 쟁될 수 있다. VSB 시스템들은 캐릭터 투영의 특수한(간단한) 경우로서 생각될 수 있고, 캐릭터들은 단지 간단한 캐릭터들이고, 통상 직사각형들 또는 45-45-90도 삼각형들인 점에 주목한다. 또한, 캐릭터를 부분적으로 노출시키는 것이 가능하다. 이것은 예를 들어 입자 빔의 부분을 차단함으로써 수행될 수 있다. 예를 들어, 상술한 E-성형 패턴은 F-성형 패턴 또는 I-성형 패턴으로서 부분적으로 노출될 수 있으며, 빔의 상이한 부분들은 애피처에 의해 컷오프된다. 이것은 다양한 크기의 직사각형들이 VSB를 사용하여 쟁될 수 있는 방법과 동일한 메커니즘이다. 본 개시에서, 부분 투영은 캐릭터 투영 및 VSB 투영 둘 다를 의미하는데 사용된다.

[0008] 지시된 바와 같이, 리소그래피에서 리소그래피 마스크 또는 레티클은 기판 상에 집적되는 회로 구성요소들에 대응하는 기하학적 패턴들을 포함한다. 레티클을 제조하기 위해 사용되는 패턴들은 컴퓨터 지원 설계(CAD) 소프트웨어 또는 프로그램들 이용하여 생성될 수 있다. 패턴들을 설계할 시에 CAD 프로그램은 레티클을 생성하기 위해 미리 결정된 설계 규칙 세트를 따를 수 있다. 이 규칙들은 처리, 설계, 및 최종 사용 제한들에 의해 설정된다. 최종 사용 제한의 예는 요구된 공급 전압에서 충분히 동작할 수 없는 방식으로 트랜지스터의 기하구조를 형성하는 것이다. 특히, 설계 규칙들은 회로 소자들 또는 상호 연결 라인들 사이의 공간 허용 오차를 정의할 수 있다. 설계 규칙들은 예를 들어 회로 소자들 또는 라인들이 바람직하지 않은 방식으로 서로 상호 작용하지 않는 것을 보장하기 위해 사용된다. 예를 들어, 설계 규칙들은 단락 회로를 야기할 수 있는 방식으로 라인들이 서로 매우 가까이 놓이지 않도록 사용된다. 설계 규칙 제한들은 다른 것들 중에서, 신뢰성있게 제조될 수 있는 가장 작은 치수들을 반영한다. 이 작은 치수들을 참조할 때, 통상 임계 치수의 개념을 도입한다. 이들은 예를 들어 라인의 가장 작은 폭 또는 2개의 라인들 사이의 가장 작은 공간으로 정의되며, 이 수들은 정교한 제어를 필요로 한다.

[0009] 광학 리소그래피에 의한 집적 회로 제조의 하나의 목적은 레티클의 사용에 의해 본래 회로 설계를 기판 상에 재현하는 것이다. 집적 회로 제조자들은 반도체 웨이퍼 부동산을 가능한 한 효율적으로 사용하려고 항상 시도하고 있다. 기술자들은 집적 회로들이 더 많은 회로 요소들을 포함하고 더 적은 전력을 사용하는 것을 허용하기 위해 회로들의 크기를 계속하여 줄이고 있다. 집적 회로 임계 치수의 크기가 감소되고 그의 회로 밀도가 증가하므로, 회로 패턴 또는 물리적 설계의 임계 치수는 종래의 광학 리소그래피에 사용되는 광학 노출 툴의 해상도 한계에 접근한다. 회로 패턴의 임계 치수들이 더 작고 노출 툴의 해상도 값에 접근하므로, 레지스트 층에 현상되는 실제 회로 패턴에 대한 물리적 설계의 정확한 복사가 어려워진다. 광학 리소그래피 프로세스에 사용되는 광 파장 보다 더 작은 특징들을 갖는 패턴들을 전사하기 위해 광학 리소그래피의 추가적인 사용으로, 광학 근접 보정(OPC, optical proximity correction)으로 알려진 프로세스가 개발되어 왔다. OPC는 근접 특징들에 의한 특징

들의 광학 회절 및 광학 상호 작용과 같은 효과들에 의해 야기되는 왜곡들을 보상하기 위해 물리적 설계를 변경 한다. OPC는 레티클에 의해 수행되는 모든 해상도 항상 기술들을 포함한다.

[0010]

OPC는 원래 물리적 설계 패턴, 즉 설계와 기판 상의 최종 전사된 회로 패턴 사이의 차이들을 감소시키기 위해 서브-해상도 리소그래피 특징들을 마스크 패턴들에 추가할 수 있다. 서브-해상도 리소그래피 특징들은 물리적 설계 내의 원래 패턴들과 상호 작용하고 서로 상호 작용하며 근접 효과들을 보상하여 최종 전사된 회로 패턴을 개선한다. 패턴의 전사를 개선하기 위해 사용되는 하나의 특징은 서브-해상도 지원 특징(SRAF, sub-resolution assist feature)이다. 패턴 전사를 개선하기 위해 추가되는 다른 특징은 "세리프들(serifs)"로 지칭된다. 세리프들은 코너를 최종 전사된 이미지에서 날카롭게 하기 위해 패턴의 내부 또는 외부 코너 상에 위치될 수 있는 작은 특징들이다. SRAF들에 대한 표면 제조 프로세스에 대해 요구되는 정확성이 기판 상에 인쇄되도록 의도되는 패턴들에 대해 요구되고, 종종 주요 특징으로 지칭되는 정확성보다 더 작은 경우가 종종 있다. 세리프들은 주요 특징의 일부이다. 광학 리소그래피의 제한들이 서브 파장 영역 내로 멀리 확장됨에 따라, OPC 특징들은 훨씬 더 민감한 상호 작용들 및 효과들을 보상하기 위해 점점 더 복잡해져야 한다. 이미징 시스템들이 그의 제한들에 가깝게 강요됨에 따라, 충분히 미세한 OPC 특징들에 의해 레티클들을 생산하는 능력이 중요하게 된다. 세리프들 또는 다른 OPC 특징들을 마스크 패턴에 추가하는 것이 유리할지라도, 그것은 또한 전체 특징 카운트를 마스크 패턴에서 실질적으로 증가시킨다. 예를 들어, 종래의 기술들을 사용하여 세리프를 정사각형의 코너들 각각에 추가하는 것은 8개보다 많은 직사각형들을 마스크 또는 레티클 패턴에 추가한다. OPC 특징들을 추가하는 것은 매우 힘든 작업이며, 비용이 많이 드는 계산 시간을 필요로 하고, 더 비싼 레티클들을 야기한다. OPC 패턴들이 복잡할 뿐만 아니라, 광학 근접 효과들이 최소 라인 및 공간 치수들과 비교하여 긴 범위이므로, 주어진 위치 내의 정확한 OPC 패턴들은 어떤 다른 기하 구조가 주변에 있는지에 상당히 의존한다. 따라서, 예를 들어, 라인 엔드 (line end)는 레티클 상에서 주변에 무엇이 있는지에 따라 상이한 크기 세리프들을 가질 것이다. 이것은 그 목적이 정확하게 동일한 형상을 웨이퍼 상에 생성하는 것임에도 불구하고 존재한다. 이러한 약간이지만 임계 변형들은 중요하고 다른 것들이 레티클 패턴들을 형성할 수 있는 것을 방지하여 왔다. 설계된 특징들, 즉 OPC 장식 전의 설계를 반영하는 특징들, 및 OPC 특징들이 세리프들, 조그들(jogs), 및 SRAF를 포함할 수 있는 경우의 OPC 특징들의 관점에서 레티클 상에 라이팅될 OPC 장식 패턴들을 설명하는 것은 종래 기술이다. 작은 변형들에 의해 의미되는 것을 정량화하기 위해, 이웃에서 이웃까지의 OPC 장식의 전형적인 약간의 변형은 설계된 특징 크기의 5% 내지 80%일 수 있었다. 명료성을 위해, OPC의 설계의 변형들이 참조된다는 점에 주목한다. 코너 라운딩과 같은 제조 변형들은 또한 실제 표면 패턴들에 존재할 것이다. 이 OPC 변형들은 실질적으로 동일한 패턴들을 웨이퍼 상에 생성할 때, 의미되는 것은 웨이퍼 상의 기하 구조가 지정된 에러 내에서 동일한 것을 목표로 하는 것이며, 이는 기하 구조가 예를 들어, 트랜지스터 또는 와이어를 수행하도록 설계되는 기능의 상세들에 의존한다. 그럼에도 불구하고, 전형적인 사양들은 설계된 특징 범위의 2%-50% 내에 있다. 또한 변형들을 야기하는 다수의 제조 인자들이 존재하지만, 그 전체 에러의 OPC 구성요소는 종종 리스트된 범위 내에 있다. 서브-해상도 지원 특징들과 같은 OPC 형상들은 광학 리소그래피를 사용하여 웨이퍼에 전사될 수 있는 가장 작은 특징의 크기에 기초하는 규칙과 같은 다양한 설계 규칙들에 종속된다. 다른 설계 규칙들은 마스크 제조 프로세스로에서 비롯되거나, 캐릭터 투영 하전 입자 빔 라이팅 시스템이 패턴을 레티클 상에 형성하기 위해 사용되면, 스텐실 제조 프로세스에서 비롯될 수 있다. 또한, 마스크 상의 SRAF 특징들의 정확도 요건은 마스크 상의 설계된 특징들에 대한 정확도 요건들보다 더 낮을 수 있다는 점에 주목해야 한다. 프로세스 노드들이 계속해서 줄어듬에 따라, 포토마스크 상의 가장 작은 SRAF들의 크기가 또한 줄어든다. 예를 들어, 20 nm 로직 프로세스 노드에서, 40 nm 내지 60 nm SRAF들은 가장 높은 정확도 층들을 위해 마스크 상에 요구된다.

[0011]

역 리소그래피 기술(ILT)은 OPC 기술의 한 종류이다. ILT는 레티클 상에 형성되는 패턴이 실리콘 웨이퍼와 같은 기판 상에 형성되고자 하는 패턴으로부터 직접 계산되는 프로세스이다. 이것은 기판 상의 원하는 패턴을 입력으로서 사용하여 광학 리소그래픽 프로세스를 역 방향으로 시뮬레이션하는 것을 포함할 수 있다. ILT-컴퓨팅된 레티클 패턴들은 순수 곡선 - 즉 완전 비직선 - 일 수 있고 원형, 거의 원형, 환형, 거의 환형, 타원형 및/또는 거의 타원형 패턴들을 포함할 수 있다. 이러한 이상적인 ILT 곡선 패턴들은 종래의 기술들을 사용하여 레티클 상에 형성되는 것이 어렵고 비싸므로, 곡선 패턴들의 직선 근사들 또는 직선화가 사용될 수 있다. 그러나, 직선 근사들은 이상적인 ILT 곡선 패턴들과 비교하여 정확도를 증가시킨다. 게다가, 직선 근사들이 이상적인 ILT 곡선 패턴들로부터 생성되면, 전체 계산 시간은 이상적인 ILT 곡선 패턴들과 비교하여 증가된다. 본 개시에서, ILT, OPC, 소스 마스크 최적화(SMO), 및 계산 리소그래피는 교환가능하게 사용되는 용어들이다.

[0012]

광학 리소그래피 또는 하전 입자 빔 리소그래피를 사용하는 것을 포함하여, 패턴들을 레티클 상에 형성하는데 사용되는 다수의 기술들이 존재한다. 가장 사용되는 시스템은 가변 성형 빔(VSB)이며, 상술한 바와 같이, 맨하탄 직사각형들 및 45도 직각 삼각형들과 같은 간단한 형상들을 갖는 전자들의 선량들은 레지스트 코팅 레티클

표면을 노출시킨다. 종래의 마스크 라이팅에서, 전자들의 선량들 또는 샷들은 종래에 가능한 한 어디든지 중첩되는 것을 회피하도록 설계되어, 레티를 상의 레지스트가 패턴을 등록하는 방법의 계산을 크게 단순화한다. 유사하게, 샷 세트는 레티를 상에 형성되어야 하는 패턴 영역을 완전히 커버하도록 설계된다. 본 출원 특허의 양수인에 의해 소유되고 모든 목적들을 위해 참고 문헌에 의해 포함되는 미국 특허 제7,754,401호는 패턴들을 라이팅하는 의도적인 샷 중첩이 사용되는 마스크 라이팅의 방법을 개시한다. 중첩 샷들이 사용될 때, 하전 입자빔 시뮬레이션은 레티를 상의 레지스트가 등록되는 패턴을 결정하기 위해 사용될 수 있다. 중첩 샷들의 사용은 패턴들이 감소된 샷 카운트에 의해 라이팅되는 것을 허용할 수 있다. 미국 특허 제7,754,401호는 또한 선량변조의 사용을 개시하며, 샷들의 할당된 조사량들은 다른 샷들의 조사량들에 대해 변화한다. 모델 기반 분할이라는 용어는 미국 특허 제7,754,401호의 기술을 사용하여 샷들을 결정하는 프로세스를 설명하기 위해 사용된다.

[0013] 가장 진보된 기술 노드들에 대한 레티를 라이팅은 전형적으로 하전 입자빔 라이팅의 다수의 패스들, 멀티 패스 노출로 불려지는 프로세스를 포함하며, 그것에 의해 레티를 상의 주어진 형상이 라이팅되고 겹쳐서 라이팅된다. 전형적으로, 2개 내지 4개의 패스들은 레티를 라이팅하여 정밀 에러들을 하전 입자빔 라이터에서 평균하기 위해 사용되어, 더 정확한 포토마스크들의 생성을 허용한다. 또한 전형적으로, 조사량들을 포함하는 샷들의 리스트는 모든 패스에 대해 동일한다. 멀티 패스 노출의 하나의 변형에서, 샷들의 리스트들은 노출 패스들 중에서 변화할 수 있지만, 임의의 노출 패스 내의 샷들의 유니온(union)은 동일한 영역을 커버한다. 멀티 패스 라이팅은 표면을 코팅하는 레지스트의 과열을 감소시킬 수 있다. 멀티 패스 라이팅은 또한 하전 입자빔 라이터의 랜덤 에러들을 평균한다. 상이한 노출 패스들에 대한 상이한 샷 리스트들을 이용하는 멀티 패스 라이팅은 특정 시스템 에러들의 효과들을 라이팅 프로세스에서 감소시킬 수도 있다.

[0014] EUV 리소그래피에서, OPC 특징들은 일반적으로 요구되지 않는다. 따라서, 레티를 상에 제조되는 패턴의 복잡성은 종래의 193 nm 파장 광학 리소그래피에 의한 것보다 더 작고, 샷 카운트 감소는 대응적으로 덜 중요하다. 그러나, EUV에서, 마스크 정확도 요건들은 전형적으로 웨이퍼 상의 크기에 4x인 마스크 상의 패턴들이 충분히 작아서 그들이 전자빔과 같은 하전 입자빔 기술을 사용하여 정확하게 형성하는데 도전하기 때문에 매우 높다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0015] 본 발명의 목적은 하전 입자빔 리소그래피를 사용하여 패턴들을 형성하는 방법 및 시스템들 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0016] 패턴을 표면 상에 형성할 수 있는 성형 빔 샷 세트가 결정되는 분할 또는 마스크 데이터 준비 또는 광학 근접보정 또는 근접 효과 보정 또는 마스크 프로세스 보정을 위한 방법 및 시스템이 개시되며, 동일한 노출 패스 내의 복수의 샷이 중첩되고, 샷 세트로부터의 선량 마진(dose margin)이 계산된다.

[0017] 패턴들을 표면 상에 형성하는 방법이 또한 개시되며, 패턴을 표면 상에 형성할 수 있는 성형 빔 샷 세트가 결정되고, 동일한 노출 패스 내의 복수의 샷들이 중첩되고, 샷 세트로부터의 선량 마진이 계산된다.

[0018] 패턴을 표면 상에 형성할 수 있는 성형 빔 샷 세트가 결정되는 분할 또는 마스크 데이터 준비 또는 광학 근접보정 또는 근접 효과 보정 또는 마스크 프로세스 보정을 위한 방법 및 시스템이 개시되며, 샷 세트는 상이한 조사량들을 패턴의 상이한 부분들에 제공하고, 샷 세트로부터의 선량 마진이 계산된다.

[0019] 패턴들을 표면 상에 형성하는 방법이 또한 개시되며, 패턴을 표면 상에 형성할 수 있는 성형 빔 샷 세트가 결정되고, 샷 세트는 상이한 조사량들을 패턴의 상이한 부분들에 제공하고, 샷 세트로부터의 선량 마진이 계산된다.

도면의 간단한 설명

[0020] 도 1은 캐릭터 투영 입자빔 시스템의 예를 예시한다.

도 2a는 단일 하전 입자빔 샷 및 샷의 단면 조사량 그래프의 예를 예시한다.

도 2b는 근접 샷 쌍 및 샷 쌍의 단면 조사량 그래프의 예를 예시한다.

도 2c는 도 2b의 샷 쌍로부터 레지스트 코팅 표면 상에 형성되는 패턴의 예를 예시한다.

도 3a는 다각형 패턴의 예를 예시한다.

도 3b는 도 3a의 다각형 패턴의 종래의 분할의 예를 예시한다.

도 3c는 도 3a의 다각형 패턴의 대안의 분할의 예를 예시한다.

도 4a는 직사각형 샷으로부터 샷 윤곽의 예를 예시한다.

도 4b는 정규 샷 조사량을 사용하는 도 4a의 샷에 대한 세로 조사량 곡선의 예를 예시한다.

도 4c는 긴 범위 효과들(long-range effects)이 포함된 상태에서, 도 4b와 유사한 세로 조사량 곡선의 예를 예시한다.

도 4d는 정규보다 더 높은 샷 조사량을 사용하는 도 4a의 샷에 대한 세로 조사량 곡선의 예를 예시한다.

도 4e는 긴 범위 효과들이 포함된 상태에서, 도 4d와 유사한 세로 조사량 곡선의 예를 예시한다.

도 4f는 도 4e와 유사하지만, 더 높은 배경 조사량 레벨을 갖는 세로 조사량 곡선의 예를 예시한다.

도 5a는 표면 상에 형성되는 원형 패턴의 예를 예시한다.

도 5b는 도 5a의 패턴을 형성할 수 있는 9개의 샷들의 윤곽들의 예를 예시한다.

도 6a는 표면 상에 형성되는 정사각형 패턴을 예시한다.

도 6b는 도 6a의 패턴을 표면 상에 형성하는 단일 샷 방법을 예시한다.

도 6c는 본 발명의 다른 실시예에 의해 도 6a의 패턴을 표면 상에 방법의 예를 예시한다.

도 6d는 본 발명의 또 다른 실시예에 의해 도 6a의 패턴을 표면 상에 형성하는 방법의 예를 예시한다.

도 7은 집적 회로와 같은 기판을 광학 리소그래피를 사용하여 실리콘 웨이퍼 상에 제조하는데 사용되는 레티클과 같은 표면의 준비 방법의 개념 흐름도를 예시한다.

도 8은 집적 회로와 같은 기판을 실리콘 웨이퍼 상에 제조하는데 사용되는 표면의 준비 방법의 개념 흐름도를 예시한다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0021]

본 개시는 패턴들을 하전 입자 빔 라이터를 위한 샷들로 분할하는 방법을 설명하며, 중첩 샷들은 표면의 라이팅되는 패턴의 정확도 및/또는 선량 마진을 개선하기 위해 생성된다. 선량 마진 개선은 프로세스 변화들과 연관되는 치수 변경들을 라이팅된 패턴 내에서 감소시킨다.

[0022]

이제 유사한 번호들이 유사한 항목들을 지칭하는 도면들을 참조하면, 도 1은 하전 입자 빔 라이터 시스템, 이 경우에 표면(130)을 제조하기 위해 캐릭터 투영을 이용하는 전자 빔 라이터 시스템과 같은 종래의 리소그래피 시스템(100)의 실시예를 예시한다. 전자 빔 라이터 시스템(100)은 전자 빔(114)을 애퍼처 플레이트(116)를 향해 투영시키는 전자 빔 소스(112)를 갖는다. 플레이트(116)는 그 안에 형성되어 전자 빔(114)이 통과하는 것을 허용하는 애퍼처(118)를 갖는다. 전자 빔(114)이 애퍼처(118)를 통과하면, 그것은 렌즈들(도시되지 않음)의 시스템에 의해 전자 빔(120)으로서 다른 직사각형 애퍼처 플레이트 또는 스텐실 마스크(122)를 향해 지향되거나 편향된다. 스템실(122)은 다양한 타입들의 캐릭터들(126)을 형성하는 다수의 개구부들 또는 애퍼처들(124)을 그 안에 형성하고 있으며, 캐릭터들은 복잡한 캐릭터들일 수 있다. 스템실(122)에 형성되는 각각의 캐릭터(126)은 패턴(148)을 실리콘 웨이퍼, 레티클 또는 다른 기판과 같은 기판(132)의 표면(130) 상에 형성하기 위해 사용될 수 있다. 부분 노출, 부분 투영, 부분 캐릭터 투영, 또는 가변 캐릭터 투영 시에, 전자 빔(120)은 캐릭터들(126) 중 하나의 일부만을 충돌하거나 조명하도록 위치됨으로써, 캐릭터(126)의 서브세트인 패턴(148)을 형성할 수 있다. 애퍼처(118)에 의해 형성되는 전자 빔(120)의 크기보다 작은 각각의 캐릭터(126)에 대해, 애퍼처를 포함하지 않는 블랭킹 영역(136)은 캐릭터(126)에 인접하도록 설계되어, 전자 빔(120)이 불필요한 캐릭터를 스템실(122) 상에 조명하는 것을 방지한다. 전자 빔(134)은 캐릭터들(126) 중 하나로부터 출현하고, 캐릭터(126)로부터 패턴의 크기를 감소시키는 전자기 또는 정전기 감소 렌즈(138)를 통과한다. 통상적으로 이용 가능한 하전 입자 빔 라이터 시스템들에서, 감소 인자는 10과 60 사이이다. 감소된 전자 빔(140)은 감소 렌즈(138)로부터 출현하고, 일련의 편향기들(142)에 의해 표면(130) 상에 패턴(148)으로서 지향되며, 패턴은 캐릭터(126A)에 대응하는 문자 "H"의 형상인 것으로 도시된다. 패턴(148)은 감소 렌즈(138) 때문에 캐릭터(126A)와 비교하여 크기가 감소된다. 패턴(148)은 전자 빔 시스템(100)의 하나의 샷을 사용함으로써 도출된다. 이것은 가변 성형 빔(VSB) 투영 시스템 또는 방법을 사용하는 것과 비교하여 패턴(148)을 완성하는 전체 라이팅 시간을 감소시킨다. 하나

의 애피처(118)가 플레이트(116)에 형성되는 것으로 도시될지라도, 플레이트(116)에 하나보다 많은 애피처가 존재할 수 있는 것이 가능하다. 2개의 플레이트들(116 및 122)이 이 예에 도시될지라도, 단지 하나의 플레이트 또는 2개보다 많은 플레이트들이 존재할 수 있으며, 각각의 플레이트는 1개 이상의 애피처들을 포함한다. 스텐실 마스크(122)는 또한 직사각형 애피처(125)와 같은 애피처들을 VSB 샷들을 위해 포함한다.

[0023] 종래의 하전 입자 빔 라이터 시스템들에서, 감소 렌즈(138)는 고정 감소 인자를 제공하기 위해 교정된다. 감소 렌즈(138) 및/또는 편향기들(142)은 또한 빔을 표면(130)의 평면 상에 집중시킨다. 표면(130)의 크기는 편향 플레이트들(142)의 최대 빔 편향 능력보다 상당히 더 클 수 있다. 이 때문에, 패턴들은 통상적으로 일련의 스트라이프들로 표면 상에 라이팅된다. 각각의 스트라이프는 복수의 서브필드들을 포함하며, 서브필드는 편향 플레이트들(142)의 빔 편향 능력 내에 있다. 전자 빔 라이터 시스템(100)은 기판(132)을 스트라이프들 및 서브필드들 각각에 대해 위치시키는 것을 허용하기 위해 위치 결정 메커니즘(150)을 포함한다. 종래의 하전 입자 빔 라이터 시스템의 하나의 변형에서, 기판(132)은 서브필드가 노출되면서 고정 유지되며, 그 후 위치 결정 메커니즘(150)은 기판(132)을 다음 서브필드 위치로 이동시킨다. 종래의 하전 입자 빔 라이터 시스템의 다른 변형에서, 기판(132)은 라이팅 프로세스 동안 연속적으로 이동한다. 연속적 이동을 포함하는 이러한 변형에서, 편향 플레이트들(142)에 더하여, 빔을 기판(132)이 이동하는 것과 동일한 속도 및 방향으로 이동시키는 다른 세트의 편향 플레이트들(도시되지 않음)이 존재할 수 있다. 일 실시예에서, 기판(132)은 레티클일 수 있다. 이 실시예에서, 레티클은 패턴에 의해 노출된 후, 그것이 리소그래피 마스크 또는 포토마스크가 되는 다양한 제조 단계들을 겪는다. 그 다음, 마스크는 일반적으로 크기가 감소된 레티클 패턴(148)의 이미지를 집적 회로를 제조하는 실리콘 웨이퍼 상에 투영시키기 위해 광학 리소그래피 기계에 사용될 수 있다. 더 일반적으로, 마스크는 패턴(148)을 기판 상에 전사하기 위해 다른 장치 또는 기계에 사용된다. 다른 실시예에서, 기판(132)은 실리콘 웨이퍼일 수 있다.

[0024] 적당한 정확도로 표면(130) 상에 투영될 수 있는 최소 크기 패턴은 전자 빔 라이터 시스템(100) 및 표면(130)과 연관되는 다양한 짧은 범위 물리적 효과들에 의해 제한되며, 표면은 통상적으로 기판(132) 상에 레지스트 코팅을 포함한다. 이 효과들은 전방 산란, 쿨롱 효과, 및 레지스트 확산을 포함한다. 또한 β_f 로 불려지는 빔 블러(beam blur)는 이러한 짧은 범위 효과들의 모두를 포함하기 위해 사용되는 용어이다. 가장 현대적인 전자 빔 라이터 시스템들은 20 nm 내지 30 nm 범위의 유효 빔 블러 반경 또는 β_f 를 달성할 수 있다. 전방 산란은 전체 빔 블러의 1/4 내지 1/2을 구성할 수 있다. 현대의 전자 빔 라이터 시스템들은 구성하는 빔 블러 각각을 최소로 감소시키기 위해 다수의 메커니즘들을 포함한다. 빔 블러의 일부 성분들이 입자 빔 라이터의 교정 레벨의 함수이므로, 동일한 설계의 2개의 입자 빔 라이터들의 β_f 는 다를 수 있다. 레지스트들의 확산 특성들은 또한 변할 수 있다. 샷 크기 또는 샷 선량에 기초한 β_f 의 변형은 시뮬레이션되고 체계적으로 설명될 수 있다. 그러나, 설명될 수 없거나 설명되지 않는 다른 효과들이 존재하고, 그들은 임의의 변형으로 출현한다.

[0025] 전자 빔 라이터 시스템과 같은 하전 입자 빔 라이터의 샷 조사량은 각각의 샷에 대한 노출 시간 및 빔 소스(112)의 강도의 함수이다. 전형적으로 빔 강도는 고정 유지되고, 노출 시간은 가변 샷 조사량들을 획득하기 위해 변화된다. 노출 시간은 근접 효과 보정(PEC)으로 불려지는 프로세스에서 후방 산란 및 포깅(fogging)과 같은 다양한 긴 범위 효과들을 보상하기 위해 변화될 수 있다. 전자 빔 라이터 시스템들은 통상 기본 조사량으로 불려지는 전체 조사량을 설정하는 것을 허용하며, 기본 조사량은 노출 패스 내의 모든 샷들에 영향을 미친다. 일부 전자 빔 라이터 시스템들은 조사량 보상 계산들을 전자 빔 라이터 시스템 자체 내에서 수행하고, 각각의 샷의 조사량이 입력 샷 리스트의 일부로서 개별적으로 할당되는 것을 허용하지 않고, 따라서 입력 샷들은 비할당된 샷 조사량들을 갖는다. 그러한 전자 빔 라이터 시스템들에서, 모든 샷들은 PEC 전에 기본 조사량을 갖는다. 다른 전자 빔 라이터 시스템들은 조사량 할당을 샷 단위로 허용한다. 샷 단위 조사량 할당을 허용하는 전자 빔 라이터 시스템들에서, 이용가능한 조사량 레벨들의 수는 64 내지 4096 이상일 수 있거나, 3 내지 8 레벨들과 같은 비교적 적게 이용가능한 조사량 레벨들이 존재할 수 있다. 본 발명의 일부 실시예들은 비교적 적은 조사량 레벨들 중 하나의 할당을 허용하는 하전 입자 빔 라이팅 시스템들과 함께 사용하는 것을 목표로 한다.

[0026] 전자 빔 라이터들 내의 메커니즘들은 계산들을 위해 비교적 정확하지 않은 해상도를 갖는다. 이와 같이, 2 μm 의 범위에서 EUV 마스크들에 요구될 수 있는 것과 같은 중간 범위 보정들은 현재의 전자 빔 라이터들에 의해 정확히 계산될 수 있다.

[0027] 도 2a-도 2b는 1개 이상의 하전 입자 빔 샷들로부터 레지스트 코팅 표면 상에 에너지가 어떻게 등록되는지를 예시한다. 도 2a에서, 직사각형 패턴(202)은 샷 윤곽을 예시하며, 샷 윤곽은 다른 샷들에 근접하지 않는 샷으로부터 레지스트 코팅 표면 상에 생성될 패턴이다. 패턴(202)의 코너들은 빔 블러로 인해 라운딩된다. 조사량 그래프(210)에서, 조사량 곡선(212)은 샷 윤곽(202)을 통해 라인(204)을 따라 단면 조사량을 예시한다. 라인

(214)은 레지스트 임계값을 나타내며, 레지스트 임계값은 레지스트가 패턴을 등록하는 것보다 위의 조사량이다. 조사량 그래프(210)로부터 알 수 있는 바와 같이, 조사량 곡선(212)은 X 좌표들 "a" 및 "b" 사이의 레지스트 임계값보다 위에 있다. 좌표 "a"는 파선(216)에 대응하며, 파선은 샷 윤곽(202)의 가장 좌측 범위를 나타낸다. 유사하게, 좌표 "b"는 파선(218)에 대응하며, 파선은 샷 윤곽(202)의 가장 우측 범위를 나타낸다. 도 2a의 예의 샷에 대한 샷 조사량은 조사량 그래프(210) 상에 표시된 바와 같이, 정규 조사량이다. 종래의 마스크 라이팅 방법에서, 정규 조사량은 긴 범위 효과들이 없을 때 비교적 큰 직사각형 샷이 원하는 크기의 패턴을 레지스트 코팅 표면 상에 등록하도록 설정된다. 따라서, 정규 조사량은 레지스트 임계값(214)의 값에 의존한다.

[0028] 도 2b는 2개의 입자 빔 샷들의 샷 윤곽들, 및 대응하는 조사량 곡선을 예시한다. 샷 윤곽(222) 및 샷 윤곽(224)은 2개의 근접 입자 빔 샷들에서 기인한다. 조사량 그래프(220)에서, 조사량 곡선(230)은 샷 윤곽들(222 및 224)을 통해 라인(226)을 따라 조사량을 예시한다. 조사량 곡선(230)에 도시된 바와 같이, 라인(226)을 따라 레지스트에 의해 등록되는 조사량은 샷 윤곽(222) 및 샷 윤곽(224)에 의해 표현되는 2개의 입자 빔 샷들로부터 조사량들의 합과 같은 조합이다. 알 수 있는 바와 같이, 조사량 곡선(230)은 X 좌표 "a"에서 X 좌표 "d"까지 임계값(214)보다 위에 있다. 이것은 레지스트가 2개의 샷들을 좌표 "a"에서 좌표 "d"까지 연장되는 단일 형상으로 등록하는 것을 표시한다. 도 2c는 도 2b의 예로부터 2개의 샷들이 형성할 수 있는 패턴(252)을 예시한다. 패턴(252)의 가변 폭은 샷 윤곽(222)과 샷 윤곽(224) 사이의 갭의 결과이고, 샷들(222 및 224) 사이의 갭이 조사량으로 하여금 갭에 가장 가까운 샷 윤곽들의 코너들 근처의 임계값 아래로 내려가게 하는 것을 예시한다.

[0029] 단일 노출 패스를 사용하는 비중첩 샷들을 사용할 때, 종래에 모든 샷들은 PEC 조사량 조정 전에 정규 조사량을 할당받는다. 따라서, 샷 단위 조사량 할당을 지원하지 않는 하전 입자 빔 라이터는 기본 조사량을 정규 조사량에 설정함으로써 사용될 수 있다. 다수의 노출 패스들이 그러한 하전 입자 빔 라이터와 함께 사용되면, 기본 조사량은 통상적으로 이하의 방정식에 따라 설정된다:

[0030] 기본 조사량 = 정규 조사량 / 노출 패스들의 #

[0031] 도 3a-도 3c는 다각형 패턴을 분할하는 2개의 공지된 방법들을 예시한다. 도 3a는 표면 상에 형성되는 것이 바람직한 다각형 패턴(302)을 예시한다. 도 3b는 비중첩 또는 분리 샷들을 사용하여 이 패턴을 형성하는 종래의 방법을 예시한다. 샷 윤곽(310), 샷 윤곽(312) 및 샷 윤곽(314)은 명료성을 위해 X로 표시되는데, 상호 분리되어 있다. 게다가, 이 샷 윤곽들과 연관되는 3개의 샷들은 근접 효과 보정 전에, 원하는 정규 조사량을 모두 사용한다. 도 3b에 도시된 바와 같은 종래의 방법을 사용하는 장점은 레지스트의 응답이 용이하게 예측될 수 있다는 것이다. 또한, 도 3b의 샷들은 하전 입자 빔 라이터의 기본 조사량을 정규 조사량에 설정함으로써, 조사량 할당을 샷 단위로 허용하지 않는 하전 입자 빔 시스템을 사용하여 노출될 수 있다. 도 3c는 패턴(302)을 비중첩 샷들을 사용하여 레지스트 코팅 표면 상에 형성하는 대안의 방법을 예시하며, 이는 미국 특허 제7,754,401호에 개시되어 있다. 도 3c에서, 샷 윤곽들이 중첩될 수 없는 제약이 제거되어, 샷(320) 및 샷(322)이 중첩된다. 도 3c의 예에서, 샷 윤곽들이 중첩되는 것을 허용하는 것은 도 3b의 3개의 샷들과 비교하여, 패턴(302)을 단지 2개의 샷들로 형성하는 것을 가능하게 한다. 그러나, 도 3c에서, 중첩 샷들에 대한 레지스트의 응답은 도 3b에서와 같은 용이하게 예측되지 않는다. 특히, 내부 코너들(324, 326, 328 및 330)은 수평 라인 읍영에 의해 도시된 중첩 영역(332)에 의해 수용되는 큰 조사량 때문에 과도하게 라인딩되는 것으로서 등록될 수 있다. 하전 입자 빔 시뮬레이션은 레지스트에 의해 등록되는 패턴을 결정하기 위해 사용될 수 있다. 본 특허 출원의 양수인에 의해 소유되고 모든 목적들을 위해 참고 문헌으로 포함되는 미국 특허 제8,062,813호에 개시되는 일 실시예에서, 하전 입자 빔 시뮬레이션은 각각의 그리드 위치에 대한 조사량을 2차원(X 및 Y) 그리드에서 계산하기 위해 사용되어, 조사량 맵으로 불려지는 계산된 조사량들의 그리드를 생성할 수 있다. 하전 입자 빔 시뮬레이션의 결과들은 샷(320) 및 샷(322)에 대한 비정규 조사량들의 사용을 표시할 수 있다. 게다가, 도 3c에서 영역(332) 내의 샷들의 중첩은 영역 조사량 - 패턴(302)에 근접한 영역 내의 조사량 - 을 그것이 샷 중첩 없이 존재하는 것 이상으로 증가시킴으로써, 후방 산란을 증가시킨다. 2개의 개별 샷들의 중첩은 영역 조사량을 상당히 증가시키지 않을지도, 이 기술은 설계 도처에 사용되면 후방 산란을 증가시킬 것이다.

[0032] 예를 들어, 표면 상의 반복된 패턴을 하전 입자 빔 리소그래피를 사용하여 노출할 시에, 각각의 패턴 경우의 크기는 최종 제조된 표면 상에서 측정된 바와 같이, 제조 변형들로 인해 약간 상이할 것이다. 크기 변형의 양은 필수적인 제조 최적화 기준이다. 현재 마스크 마스킹에서, 겨우 1 nm(1 시그마)의 제곱 평균(RMS) 변형이 요구될 수 있다. 더 많은 크기 변형은 회로 성능의 더 많은 변형으로 변화되어, 더 높은 설계 마진들이 요구되는 것을 초래하여, 더 빠른 저전력 집적 회로들을 설계하는 것이 점점 곤란해진다. 이 변형은 임계 치수(CD) 변형으로 지칭된다. 낮은 CD 변형이 바람직하고, 이 변형은 제조 변형들이 비교적 작은 크기 변형들을 최종 제조된 표면 상에 생성하는 것을 표시한다. 더 작은 규모에서, 높은 CD 변형의 효과들은 라인 에지 조도(LER)로 관찰될

수 있다. LER은 약간 상이하게 제조되는 라인 에지의 각각의 부분에 의해 야기되어, 직선 에지를 갖도록 의도되는 라인에서 일부 표면파형(waviness)을 초래한다. CD 변형은 레지스트 임계값에서 조사량 곡선의 경사와 반비례 관계가 있으며, 경사는 에지 경사로 불려진다. 따라서, 에지 경사, 또는 선량 마진은 표면들의 입자 빔 라이팅에 대한 임계 최적화 인자이다.

[0033] 도 4a는 직사각형 샷(402)의 윤곽의 예를 예시한다. 도 4b는 샷(402)이 예로서 10 미크론일 수 있는 후방 산란 효과의 범위 내에서 유일한 샷인 경우에 발생되는 것과 같이, 정규 샷 조사량을 갖고, 어떤 후방 산란을 갖지 않는 샷 윤곽(402)을 통해 라인(404)을 따라 조사량을 예시하는 조사량 그래프(410)의 예를 예시한다. 다른 긴 범위 효과들은 또한 도 4b의 배경 노출에 전혀 기여하지 않는 것으로 가정되어, 제로 배경 노출 레벨을 초래한다. 레지스트에 전달되는 전체 조사량은 y축 상에 예시되고, 정규 조사량의 100%이다. 제로 배경 노출 때문에, 전체 조사량 및 샷 조사량은 동일하다. 조사량 그래프(410)는 또한 레지스트 임계값(414)을 예시한다. x 방향으로 조사량 그래프(410)에 의해 표현되는 형상의 CD 변형은 그것이 레지스트 임계값과 교차하는 X 좌표들 "a" 및 "b"에서 조사량 곡선(412)의 경사와 반비례 관계가 있다.

[0034] 도 4b는 제로 배경 노출의 조건이 실제 설계들에 반영되지 않는 것을 예시한다. 실제 설계들은 전형적으로 많은 다른 샷들을 샷(402)의 후방 산란 내에 가질 것이다. 도 4c는 정규 전체 조사량과 비제로 배경 노출(428)을 갖는 샷의 조사량 그래프(420)의 예를 예시한다. 이 예에서, 정규 조사량의 20%의 배경 노출이 도시되어 있다. 조사량 그래프(420)에서, 조사량 곡선(422)은 샷(402)과 유사한 샷의 단면 조사량을 예시한다. 곡선(422)의 CD 변형은 하부 에지 경사에 의해 표시된 바와 같이 곡선(412)의 CD 변형보다 나쁘며 곡선(422)은 후방 산란에 의해 야기되는 배경 노출로 인해 지점들 "a" 및 "b"에서 레지스트 임계값(424)과 교차한다.

[0035] 조사량 곡선의 경사를 레지스트 임계값에 증가시키는 하나의 방법은 샷 조사량을 증가시키는 것이다. 도 4d는 배경 노출을 갖지 않는 정규 조사량의 150%의 전체 조사량을 예시하는 조사량 곡선(432)을 갖는 조사량 그래프(430)의 예를 예시한다. 배경 노출을 갖지 않는 경우, 샷 조사량은 전체 조사량과 같다. 도 4d 내의 임계값(434)은 도 4b 내의 임계값(414)으로부터 변경되지 않는다. 샷 조사량을 증가시키는 것은 레지스트에 의해 등록되는 패턴의 크기를 증가시킨다. 따라서, 임계값(434)과 조사량 곡선(432)의 교차점들로 예시되는 레지스트 패턴의 크기를 유지하기 위해, 조사량 그래프(430)에 사용되는 샷 크기는 샷(402)보다 다소 더 작다. 알 수 있는 바와 같이, 임계값(434)과 교차하는 조사량 곡선(432)의 경사는 임계값(414)과 교차하는 조사량 곡선(412)의 경사보다 더 높아서, 도 4b의 정규 조사량 샷에 대한 것보다 도 4d의 더 높은 조사량 샷에 대한 하부 개선된 CD 변형을 표시한다.

[0036] 그러나, 조사량 그래프(410)와 같이, 조사량 그래프(430)의 제로 배경 노출 조건은 실제 설계들에 반영되지 않는다. 도 4e는 단지 하나의 샷의 조사량이 정규 조사량의 150%의 전체 조사량을 달성하기 위해 증가되었고, 다른 샷들의 조사량이 정규 조사량의 100%에 잔존된 경우에 발생되는 것과 같이, 20% 배경 노출을 갖는 정규 조사량의 150%의 레지스트 상에 전체 조사량을 달성하기 위해 조정되는 샷 조사량을 갖는 조사량 그래프(440)의 예를 예시한다. 임계값(444)은 도 4b-도 4d에서와 같이 동일하다. 배경 노출은 라인(448)으로 예시된다. 알 수 있는 바와 같이, X 좌표들 "a" 및 "b"에서의 조사량 곡선(442)의 경사들은 후방 산란의 존재 때문에 X 좌표들 "a" 및 "b"에서의 조사량 곡선(432)의 경사들보다 더 작다. 샷 조사량의 효과에 대한 그래프들(420 및 440)을 비교하면, X 좌표들 "a" 및 "b"에서의 조사량 곡선(442)의 경사는 동일한 X 좌표들에서의 조사량 곡선(422)의 경사보다 더 높아서, 다른 샷들의 조사량들이 동일하게 잔존하면, 개선된 에지 경사가 조사량을 증가시킴으로써 단일 샷에 대해 획득될 수 있는 것을 표시한다.

[0037] 도 4f는 모든 샷들의 조사량들이 정규 선량의 150%까지 증가된 경우를 예시하는 조사량 그래프(450)의 예를 예시한다. 2개의 배경 조사량 레벨들: 모든 샷들이 정규 조사량의 150%를 사용하면 생성될 수 있는 것과 같은 30% 배경 선량(459), 및 20%가 조사량 그래프(440) 내의 배경 조사량이므로 비교를 위해 도시된 20% 배경 선량(458)이 조사량 그래프(450) 상에 도시된다. 조사량 곡선(452)은 30% 배경 선량(459)에 기초한다. 알 수 있는 바와 같이, X 좌표들 "a" 및 "b"에서의 조사량 곡선(452)의 에지 경사는 동일한 지점들에서의 조사량 곡선(442)의 것보다 더 작다.

[0038] 요약하면, 도 4a-도 4f는 정규보다 더 높은 조사량이 분리된 형상들에 대한 CD 변형을 낮추기 위해 선택적으로 사용될 수 있는 것을 예시한다. 그러나, 조사량을 증가시키는 것은 2개의 바람직하지 않은 효과들을 갖는다. 첫 번째, 선량의 증가는 노출 시간을 연장함으로써 현대의 하전 입자 빔 라이터들에서 달성된다. 따라서, 선량의 증가는 라이팅 시간을 증가시키며, 이는 비용을 증가시킨다. 두 번째, 도 4e-도 4f에 예시된 바와 같이, 서로의 후방 산란 범위 내의 많은 샷들이 증가된 조사량을 사용하면, 후방 산란의 증가는 모든 샷들의 에지 경사를 감

소시킴으로써, 어떤 할당된 조사량의 모든 샷들에 대한 CD 변형을 악화시킨다. 이 문제를 방지하는 임의의 주어진 샷에 대한 유일한 방법은 조사량을 증가시키고 더 작은 크기를 슈팅하는 것이다. 그러나, 이것을 수행하는 것은 후방 산란을 훨씬 더 증가시킨다. 이 사이클은 모든 샷들이 더 높은 선량에 있게 하여, 라이트 횟수들을 훨씬 더 나쁘게 한다. 따라서, 에지를 정의하는 샷들에 대해서만 선량을 증가시키는 것이 더 좋다.

[0039] 에지 경사 또는 선량 마진은 패턴 에지들에서만의 문제이다. 예를 들어, 정규 조사량이 레지스트 임계값에 2x인 경우, 좋은 에지 경사를 제공하도록, 패턴들의 내부 영역들은 제조 변형에 대한 일부 마진을 설명한 후, 모든 내부 영역들 내의 조사량이 레지스트 임계값보다 위에 잔존하기만 하면 정규 조사량보다 더 낮은 조사량을 가질 수 있다. 본 개시에서, 패턴의 내부 영역들의 조사량을 감소시키는 2개의 방법들이 개시되어 있다:

• 할당된 샷 조사량들이 이용가능하면, 정규보다 더 낮은 샷 조사량들을 사용한다.

[0041] • 샷들 사이의 갭들을 패턴들의 내부에 삽입한다. 샷 윤곽들이 갭들을 나타낼 수 있을지라도, 갭 영역 내의 조사량은 마진이 제조 변형에 제공된 상태에서, 레지스트 임계값보다 높은 모든 것에 있으면, 어떤 갭도 레지스트에 의해 등록되지 않을 것이다.

[0042] 이 기술들 중 어느 하나 또는 둘 다는 영역 조사량을 감소시킬 것이고, 따라서 후방 산란에 의해 야기되는 배경 조사량을 감소시킨다. 따라서, 패턴 에지들에서의 에지 경사가 증가됨으로써, CD 변형을 개선할 것이다.

[0043] 최적화 기술들은 패턴의 내부 부분들에서 달성될 수 있는 가장 낮은 조사량을 결정하기 위해 사용될 수 있다. 일부 실시예들에서, 이 최적화 기술들은 입자 빔 시뮬레이션을 사용하는 것과 같이 샷 세트에 대한 레지스트 응답을 계산하는 것을 포함하여, 샷 세트가 원하는 패턴을 아마 미리 결정된 허용 오차 내에서 형성하는 것을 결정할 것이다. 단지 비할당된 조사량 샷들을 지원하는 하전 입자 빔 라이터에 대한 샷들을 생성할 때, 갭들은 영역 조사량을 감소시키기 위해 패턴의 내부 영역들에 사용될 수 있다는 점에 주목한다. 특히 제조 허용 오차의 "코너 경우들"을 시뮬레이션함으로써, 더 낮은 선량들 또는 갭들을 갖는 설계들은 원하는 형상들을 감소된 라이트 시간 및 개선된 에지 경사에 의해 안전하게 슈팅하기 위해 미리 결정될 수 있다.

[0044] 도 5a는 표면 상에 형성될 원형 패턴(502)의 예를 예시한다. 도 5b는 할당된 샷 조사량들을 갖는 9개의 VSB 샷 세트에 의해 패턴(502)이 어떻게 형성될 수 있는지의 예를 예시한다. 도 5b는 9개의 샷들 각각의 샷 윤곽들을 예시한다. 도 5b에서, 중첩 샷들(512, 514, 516, 518, 520, 522, 524 및 526)은 이 샷들 각각이 패턴의 주변을 표면 상에 형성하므로, 비교적 더 높은 조사량 세트를 할당받거나, 일부 실시예들에서 정규 조사량을 할당받아서 좋은 에지 경사를 유지할 수 있다. 그러나, 샷(530)이 패턴의 에지를 정의하지 않으므로, 샷(530)은 정규 조사량에 0.7x와 같이 샷들(512, 514, 516, 518, 520, 522, 524 및 526)보다 더 작은 할당된 조사량을 가질 수 있다. 즉, 상이한 조사량들은 패턴의 상이한 부분들에 제공된다. 샷 크기들은 형상(502)의 내부의 임의의 부분이 아마 제조 변형에 대한 일부 마진과 함께, 레지스트 임계값을 하회하는 것을 갖지 않도록 주의깊게 선택될 것이다. 샷(530)은 또한 도 5b에 예시된 바와 같이, 갭이 샷(530)의 윤곽과 인접한 샷들 각각에 대한 윤곽 사이에 존재하도록 크기에 따라 분류될 수도 있다. 갭이 존재할 때, 샷 세트 내의 샷들의 윤곽들의 유니온은 원하는 패턴을 커버하지 않을 것이다. 입자 빔 시뮬레이션은 갭이 레지스트에 의해 등록되게 하는 것 없이 조사량이 감소될 수 있도록 갭에 대한 최적 크기를 결정하기 위해 사용될 수 있다. 샷(530)에 대한 정규보다 더 낮은 조사량의 사용은 서로의 후방 산란 내의 다수의 그러한 샷들에 적용될 때, 샷(530) 및 다수의 다른 샷들을 정류 조사량을 갖는 후방 산란 범위 내에 노출시키는 것과 비교하여, 후방 산란 및 포깅을 감소시켜, 개선된 에지 경사에 기여할 것이다.

[0045] 도 5b와 함께 상술되는 해결법은 개별 샷들에 대한 조사량 할당을 허용하지 않은 하전 입자 빔 시스템을 사용하여 심지어 구현될 수 있다. 본 발명의 일 실시예에서, 작은 수의 조사량들, 예를 들어 정규에 1.0x 및 정규에 0.7x와 같은 2개의 조사량들이 사용될 수 있고, 이 2개의 조사량들 각각에 대한 샷들은 2개의 분리 노출 패스들에서 분리되고 노출될 수 있으며, 하나의 노출 패스에 대한 기본 조사량은 정규에 1.0x이고 다른 노출 패스에 대한 기본 조사량은 정규에 0.7x이다. 도 5b의 예에서, 샷들(512, 514, 516, 518, 520, 522, 524 및 526)은 PEC 보정 전에 1.0x 정규 조사량의 기본 조사량을 사용하는 제 1 노출 패스에 할당될 수 있다. 샷(530)은 PEC 보정 전에 0.7x 정규 조사량의 기본 조사량을 사용하는 제 2 노출 패스에 할당될 수 있다.

[0046] 중첩 샷들은 심지어 개별 샷들에 대한 조사량 할당을 지원하지 않는 하전 입자 빔 라이터들을 사용하여, 정규의 100%보다 더 큰 레지스트 조사량들을 생성하기 위해 사용될 수 있다. 도 5b에서, 예를 들어 샷들(514 및 512), 샷들(526 및 524), 샷들(520 및 522), 및 샷들(518 및 516)에 대한 윤곽들은 중첩되도록 설계되어 정규보다 더 높은 조사량을 주위에 생성할 수 있다. 이 영역들로부터 캐스팅되는 더 높은 에너지는 샷 윤곽(530)과 주위 샷

들 사이의 갭을 "채워서", 샷(530)의 크기를 감소시키는 것이 가능해질 수 있다.

[0047] 도 6a-도 6d는 접적 회로 설계 내의 접촉 및 비아 패턴들에 통상적으로 사용되는 것과 같이, 정사각형 패턴들을 갖는 중첩 샷들의 사용을 예시한다. 도 6a는 레티클 상에 형성되는 원하는 패턴(602)의 예를 예시한다. 도 6b는 패턴(602)을 통상적으로 형성하기 위해 사용될 수 있는 단일 VSB 샷(612)을 예시한다. 그러나, 단일 샷(612)의 사용은 에지 경사가 바람직하지 않게 낮아지게 할 수 있다. 도 6c는 본 발명의 실시예의 예를 예시한다. 도 6c는 크로스 해치되는 샷(632)을 포함하는 5개의 VSB 샷들, 및 원래 패턴(602)의 주변 영역들 주위의 4개의 추가 샷들(634)을 사용하는 샷일 수 있다. 또한, CP 캐릭터는 4개의 직사각형들(634)에 의해 예시되는 패턴을 단일 CP 샷에 노출되도록 설계되어, 도 6c가 모든 형상들(634)에 대한 하나의 VSB 샷(632) 및 하나의 CP 샷에 노출되는 것을 허용할 수 있다. 주변 CP 샷 또는 VSB 샷들의 사용은 내부 영역과 비교하여, 주변 부근의 피크 조사량을 증가시킴으로써 전사된 패턴의 전체 주변의 에지 경사를 증가시키고, 따라서 또한 상이한 조사량들을 패턴의 상이한 부분들에 제공할 수 있다. 작은 주변 CP 샷 또는 VSB 샷들은 더 높은 조사량 샷(612)이 단독으로 사용된 경우와 비교하여 더 높은 조사량이 샷(612)에 사용된 경우만큼 영역 조사량을 증가시키지 못해서, 후방 산란을 감소시킨다.

[0048] 도 6d는 본 발명의 다른 실시예의 예를 예시한다. 9개의 영역들: a) 큰 영역(642), b) 4개의 측면 영역들(644), 및 c) 4개의 코너 영역들(648)이 도 6d에 예시된다. 알 수 있는 바와 같이, 모든 영역들(644 및 648)은 영역(642)을 중첩한다. 이 영역들은 이하의 방법들 중 어느 하나에 노출될 수 있다:

[0049] · 영역(642)에 대한 하나, 4개의 영역들(644)에 대한 4개의 샷들, 및 4개의 코너 영역들(648)에 대한 4개의 샷들을 포함하는 9개의 분리 VSB 샷들.

[0050] · 5개의 VSB 샷들. 영역(642)은 하나의 샷에 의해 노출된다. 나머지 4개의 VSB 샷들에 대해, 각각의 샷은 하나의 측면 영역(644) 및 측면 영역들에 인접하는 2개의 코너 영역들(648)을 포함한다. 이것은 측면 주변들을 따르는 것보다 코너들에서 더 높은 조사량을 제공한다. 코너 부근의 추가 피크 노출은 개선된 정확도 및/또는 에지 경사를 제공할 수 있다.

[0051] · 영역(642)에 대한 하나의 VSB 샷 및 2개의 CP 샷들 - 2개의 CP 캐릭터들 각각의 하나의 샷. 하나의 CP 캐릭터는 예를 들어 4개의 측면 영역들(644)을 포함하기 위해 설계될 수 있고 제 2 CP 캐릭터는 4개의 코너 영역들(648)을 포함하기 위해 설계될 수 있다. 이 해결법은 코너 영역들 및 비코너 측면 영역들의 독립적인 조사량 제어를 허용한다.

[0052] 하나의 VSB 샷과 2개의 CP 샷들을 사용하는 방법은 9개의 샷 VSB 또는 5개의 샷 VSB 방법들보다 더 적은 노출 시간을 요구해야 한다. 게다가, 샷(642)의 크기는 원하는 패턴(602)보다 더 작도록 수정될 수 있다.

[0053] 도 6c와 함께 상술되는 해결법은 개별 샷들에 대한 조사량 할당을 허용하지 않는 하전 입자빔 시스템을 사용하여 심지어 구현될 수 있다. 본 발명의 일 실시예에서, 작은 수의 조사량들, 예를 들어 정규에 1.0x 및 정규에 0.6x와 같은 2개의 조사량들이 선택될 수 있고, 이 2개의 조사량들 각각에 대한 샷들은 2개의 노출 패스들에서 분리되고 노출될 수 있으며, 하나의 노출 패스에 대한 기본 조사량은 정규에 1.0x이고 다른 노출 패스에 대한 기본 조사량은 정규에 0.6x이다. 도 6c의 예에서, 샷(632)은 PEC 보정 전에 1.0x 정규 조사량의 기본 조사량을 사용하는 제 1 노출 패스에 할당될 수 있다. 4개의 샷들(634)은 PEC 보정 전에 0.6x 정규 조사량의 기본 조사량을 사용하는 제 2 노출 패스에 할당될 수 있다. 따라서, 중첩 샷들은 심지어 개별 샷들에 대한 조사량 할당을 지원하지 않는 하전 입자빔 라이터들을 사용하여, 정규의 100%보다 더 큰 패턴 조사량들을 생성할 수 있다.

[0054] 본 발명의 일 실시예에서, 정규 조사량 또는 정규 부근 조사량 샷들 사이의 갭들은 정규 조사량의 50% 미만을 갖는 샷들과 같은 낮은 조사량 샷들로 채워지거나 부분적으로 채워질 수 있다.

[0055] 본 발명에 설명되거나 언급되는 계산들은 다양한 방법들로 달성될 수 있다. 일반적으로, 계산들은 프로세스중, 프로세스전 또는 프로세스후 방법들에 의해 달성될 수 있다. 프로세스중 계산은 그의 결과들이 필요할 때 계산을 수행하는 것을 포함한다. 프로세스전 계산은 결과들을 나중의 검색을 위해 후속 처리 단계 동안 미리 계산한 다음에 저장하는 것을 포함하고, 특히 다수 회 반복될 수 있는 계산들을 위해 처리 성능을 개선할 수 있다. 계산들은 또한 처리 단계로부터 연기되고 나중의 프로세스후 단계에서 수행될 수 있다. 프로세스전 계산의 예는 후방 산란의 다양한 값들에 대한 미리 계산하는 PEC 조사량 조정들이다. 프로세스전 계산의 다른 예는 샷 그룹이며, 샷 그룹은 주어진 입력 패턴 또는 입력 패턴 특성 세트와 연관되는 1개 이상의 샷들에 대한 조사량 패턴 정보의 사전 계산이다. 샷 그룹 및 연관된 입력 패턴은 미리 계산된 샷 그룹들의 라이브러리에 저장될 수 있어, 샷 그룹을 포함하는 샷 세트는 패턴 재계산 없이, 입력 패턴의 추가 경우들에 대해 빠르게 생성될 수 있다. 일

부 실시예들에서, 재계산은 샷 그룹이 레지스트 코팅 표면 상에 생성하는 조사량 패턴의 시뮬레이션을 포함할 수 있다. 다른 실시예들에서, 샷 그룹은 시뮬레이션 없이, 예컨대 교정 및 구성(correct-by-construction) 기술들을 사용함으로써 결정될 수 있다. 일부 실시예들에서, 미리 계산된 샷 그룹들은 샷들의 리스트의 형태로 샷 그룹 라이브러리에 저장될 수 있다. 다른 실시예들에서, 미리 계산된 샷 그룹들은 특정 타입 또는 타입들의 입력 패턴들에 대한 샷들을 생성할 수 있는 컴퓨터 코드의 형태로 저장될 수 있다. 또 다른 실시예들에서, 복수의 미리 계산된 샷 그룹들은 테이블의 형태로 저장될 수 있으며, 테이블 내의 엔트리 패턴 폭과 같은 다양한 입력 패턴들 또는 입력 패턴 특성들에 대응하고, 각각의 테이블 엔트리는 샷 그룹 내의 샷들의 리스트, 또는 적절한 샷 세트를 어떻게 생성하는지에 대한 정보를 제공한다. 게다가, 상이한 샷 그룹들은 샷 그룹 라이브러리에 상이한 형태들로 저장될 수 있다. 일부 실시예들에서, 주어진 샷 그룹이 생성할 수 있는 조사량 패턴은 샷 그룹 라이브러리에 저장될 수도 있다. 일 실시예에서, 조사량 패턴은 글리프(glyph)로 불려지는 2차원(X 및 Y) 조사량 맵으로서 저장될 수 있다.

[0056] 도 7은 집적 회로와 같은 표면을 실리콘 웨이퍼 상에 제조하는데 사용되는 레티클의 준비 방법의 예시적 개념 흐름도(750)이다. 제 1 단계(752)에서, 집적 회로의 물리적 설계와 같은 물리적 설계가 설계된다. 이것은 논리 게이트들, 트랜지스터들, 금속 층들, 및 집적 회로 내의 것과 같은 물리적 설계에서 발견되도록 요구되는 다른 항목들을 결정하는 것을 포함할 수 있다. 물리적 설계는 직선, 부분 곡선, 또는 완전한 곡선일 수 있다. 다음에, 단계(754)에서, 광학 근접 보정이 결정된다. 본 개시의 실시예에서, 이것은 샷 그룹 라이브러리(788)로부터 미리 계산된 샷 그룹들의 라이브러리를 입력으로서 취하는 것을 포함할 수 있다. 이것은 단계(768)에서 스텐실(784) 상에 이용가능해질 복잡한 캐릭터들을 포함하는 미리 설계된 캐릭터들(780)의 라이브러리를 입력으로서 취하는 것을 대안적으로, 또는 추가적으로 포함할 수도 있다. 본 개시의 실시예에서, OPC 단계(754)는 샷 카운트 또는 라이트 횟수들의 동시 최적화를 포함할 수도 있고, 분할 동작, 샷 배치 동작, 선량 할당 동작을 포함할 수도 있거나, 또는 샷 시퀀스 최적화 동작 또는 선량 마진 최적화, 또는 다른 마스크 데이터 준비 동작들을 포함할 수도 있으며, 이 동작들의 일부 또는 전부는 동시적이거나 단일 단계에서 결합될 수 있다. OPC 단계(754)는 부분적 또는 완전한 곡선 패턴들을 생성할 수 있다. OPC 단계(754)의 출력은 마스크 설계(756)이다.

[0057] 마스크 프로세스 보정(MPC)(758)은 선택적으로 마스크 설계(756) 상에서 수행될 수 있다. MPC는 종래의 광학 리소그래피 마스크들에서 대략 100 nm보다 더 작은 패턴들과 연관되는 효과들과 같은 비선형 효과들을 보상하도록 마스크에 라이팅되는 패턴을 수정한다. MPC는 EUV 마스크들에 영향을 미치는 비선형 효과들을 보상하기 위해 사용될 수도 있다. MPC(758)가 수행되면, 그의 출력은 마스크 데이터 준비(MDP) 단계(760)에 대한 입력이 된다.

[0058] 단계(760)에서, 분할 동작, 샷 배치 동작, 선량 할당 동작, 또는 샷 시퀀스 최적화를 포함할 수 있는 마스크 데이터 준비 동작이 발생할 수 있다. MDP는 마스크 설계(756) 또는 MPC(758)의 결과들을 입력으로서 사용할 수 있다. 본 발명의 일부 실시예들에서, MPC는 분할 또는 다른 MDP 동작의 일부로서 수행될 수 있다. 다른 보정들은 분할 또는 다른 MDP 동작의 일부로서 수행될 수도 있으며, 가능한 보정들은 전방 산란, 레지스트 확산, 쿨롱 효과, 에칭, 후방 산란, 포깅, 로딩, 레지스트 차징(resist charging), 및 EUV 중간 범위 산란을 포함한다. MDP 단계(760)의 결과는 마스크 라이팅 단계(768)에서 하나 또는 다수의 노출 패스들에 대한 샷 리스트(762)이다. OPC 단계(754) 또는 MDP 단계(760), 또는 분리 프로그램(786)은 주어진 입력 패턴에 사용될 수 있는 1개 이상의 샷 그룹들을 미리 계산하는 것, 및 이 정보를 샷 그룹 라이브러리(788)에 저장하는 것을 포함할 수 있다. OPC 및 마스크 데이터 준비의 다양한 동작들 중 어느 하나 또는 전부를 하나의 단계에 결합하는 것은 본 개시에서 생각된다. 마스크 데이터 준비 단계(760)는 분할 동작을 포함할 수 있는데, 마스크 설계(756)에 밀접하게 매칭되는 마스크 이미지(770)를 생성하기 위해 미리 계산된 샷 그룹들을 매칭하는 패턴 매칭 동작을 포함할 수도 있다. 마스크 데이터 준비(760)는 선량 마진을 계산하는 것을 포함할 수도 있고, 선량 마진을 최적화하는 것을 포함할 수도 있다. 일부 실시예들에서, 최적화는 생성된 패턴들의 내부에서보다 생성된 패턴들의 주변들 부근에서 더 높은 피크 조사량을 생성하기 위해 샷 조사량들을 변화시키는 것을 포함할 수 있다. 다른 실시예들에서, 생성된 샷들은 가장 가까운 이웃 샷들의 샷 유파들 사이에 캡들을 가져서, 영역 조사량이 감소될 수 있지만, 캡들은 후속 생성된 마스크 이미지(770) 내의 레지스트에 의해 등록되지 않도록 충분히 작다. 다른 실시예에서, 마스크 데이터 준비(760)는 캡들의 크기를 변경함으로써 최적화를 포함할 수 있다. 다른 실시예에서, 마스크 데이터 준비(760)는 계산된 선량 마진이 미리 결정된 타겟 선량 마진보다 아래에 있는 경우 초기에 결정된 샷 세트를 변경하는 것, 및 변경된 샷 세트에 의해 선량을 마진을 재계산하는 것을 포함할 수 있다. 마스크 데이터 준비(760)는 패턴들이 약간 상이한 상태에서 표면 상에 형성되는 패턴들을 입력하는 것, 패턴들의 수를 형성하기 위해 사용되는 캐릭터 세트를 선택하는 것을 포함할 수도 있으며, 캐릭터 세트는 스텐실 마스크 상에 피팅되고, 캐릭터 세트는 복잡한 및 VSB 캐릭터들 둘 다를 포함하는 것이 가능하고, 캐릭터 세트는 캐릭터 선량을 변화시키거나 캐릭터 위치를 변화시키는 것 또는 캐릭터의 부분 노출을 캐릭터 세트 내에 적용하거나 캐릭터를 드래깅

하여 샷 카운트 또는 전체 라이트 횟수를 감소시키는 것에 기초한다. 표면 상의 약간 상이한 패턴 세트는 실질적으로 동일한 패턴을 기관 상에 생성하기 위해 설계될 수 있다. 또한, 캐릭터 세트는 미리 결정된 캐릭터 세트로부터 선택될 수 있다. 본 개시의 일 실시예에서, 마스크 라이팅 단계(768) 동안 빠르게 선택될 수 있는 단계(780)에서 스텐실 상에 이용가능한 캐릭터 세트는 특정 마스크 설계를 위해 준비될 수 있다. 그 실시예에서, 마스크 데이터 준비 단계(760)가 완료되면, 스텐실은 단계(784)에서 준비된다. 본 개시의 다른 실시예에서, 스텐실은 MDP 단계(760) 전에 또는 MDP 단계와 동시에 단계(784)에서 준비되고 특정 마스크 설계와 독립적일 수 있다. 이 실시예에서, 단계(780) 및 스텐실 레이아웃에 이용가능한 캐릭터들은 특정 OPC 프로그램(754) 또는 특정 MDP 프로그램(760)에 의해 출력될 것 같은 패턴들을 통합하는 다수의 잠재적 마스크 설계들(756) 또는 메모리들, 플래시 메모리들, 시스템 온 칩 설계들과 같은 물리적 설계(752), 또는 물리적 설계(752)에서 설계되는 특정 프로세스 기술, 또는 물리적 설계(752)에 사용되는 특정 셀 라이브러리, 또는 마스크 설계(756)에서 약간 상이한 패턴들의 상이한 세트들을 형성할 수 있는 임의의 다른 공통 특성들을 특징짓는 특정 타입들의 설계들을 위해 일반적으로 출력하도록 단계(782)에서 설계된다. 스텐실은 단계(760)에서 결정된 제하된 수의 캐릭터들과 같은 캐릭터 세트를 포함할 수 있다.

[0059]

단계(764)에서, 근접 효과 보정(PEC) 개선은 조정된 조사량들에 의해 최종 샷 리스트(766)를 생성하기 위해 샷 리스트(762) 상에 수행될 수 있다. 최종 샷 리스트(766)는 마스크 라이팅 단계(768)에서 표면을 생성하기 위해 사용되며, 이는 전자빔 라이터 시스템과 같은 하전 입자빔 라이터를 사용한다. 일부 실시예들에서, PEC 개선(764)은 하전 입자빔 라이터에 의해 수행될 수 있다. 마스크 라이팅 단계(768)는 VSB 애피처들 및 복수의 복잡한 캐릭터들 둘 다를 포함하는 스텐실(784)을 사용할 수 있거나, VSB 애피처들만을 포함하는 스텐실을 사용할 수 있다. 마스크 라이팅 단계(768)는 단일 노출 패스 또는 다수의 노출 패스들을 포함할 수 있다. 전자빔 라이터 시스템은 단계(770)에 나타낸 바와 같이, 패턴들을 포함하는 마스크 이미지를 표면 상에 형성하기 위해 전자들의 빔을 스텐실을 통해 표면 상에 투영시킨다. 그 다음, 완성된 표면은 단계(772)에 도시된 광학 리소그래피 기계에 사용될 수 있다. 최종적으로, 단계(774)에서, 실리콘 웨이퍼와 같은 기판이 생산된다.

[0060]

이전에 설명된 바와 같이, 단계(780)에서 캐릭터들은 OPC 단계(754) 또는 MDP 단계(760)에 제공될 수 있다. 단계(780)는 또한 캐릭터들을 캐릭터 및 스텐실 설계 단계(782) 또는 샷 그룹 사전 계산 단계(786)에 제공한다. 캐릭터 및 스텐실 설계 단계(782)는 입력을 스텐실 단계(784) 및 캐릭터들 단계(780)에 제공한다. 샷 그룹 사전 계산 단계(786)는 정보를 샷 그룹 라이브러리(788)에 제공한다. 또한, 샷 그룹 사전 계산 단계(786)는 물리적 설계(752) 또는 마스크 설계(756)를 입력으로서 사용할 수 있고, 1개 이상의 샷 그룹들을 미리 계산할 수 있으며, 1개 이상의 샷 그룹들은 샷 그룹 라이브러리(788)에 저장된다.

[0061]

이제 도 8을 참조하면, 실리콘 웨이퍼와 같은 기판 상에 직접 라이팅되는 표면의 준비 방법의 다른 예시적 개념 흐름도(800)가 도시된다. 제 1 단계(802)에서, 집적 회로의 물리적 설계와 같은 물리적 설계가 설계된다. 이것은 설계자가 원하고 기판 상에 전사되는 이상적인 패턴일 수 있다. 다음에, 단계(804)에서, 다양한 데이터 준비(DP) 단계들은 입력 데이터를 기관 라이팅 장치에 준비하기 위해 수행된다. 단계(804)는 패턴들을 VSB 및/또는 복잡한 CP 샷 세트로 분할하는 것을 포함할 수 있으며, 샷들의 일부는 서로 중첩될 수 있다. 다른 보정들은 분할 또는 다른 DP 동작들의 일부로서 수행될 수도 있으며, 가능한 보정들은 전방 산란, 레지스트 확산, 쿨롱 효과, 에칭, 후방 산란, 포킹, 로딩, 및 레지스트 차징을 포함한다. DP 단계(804) 또는 분리 프로그램(822)은 주어진 입력 패턴에 사용될 수 있는 1개 이상의 샷 그룹들을 계산하는 것, 및 이 정보를 샷 그룹 라이브러리(824)에 저장하는 것을 포함할 수 있다. 단계(804)는 단계(802)에서 생성되는 물리적 설계에 밀접하게 매칭되는 웨이퍼 이미지(814)를 생성하기 위해 미리 계산된 샷 그룹들을 매칭시키는 패턴 매칭을 포함할 수도 있다. 패턴 매칭, 선량 할당, 및 동치(equivalence) 체킹의 반복들이 수행될 수도 있다. 일부 실시예에서, 교정 및 구성 "결정론적" 계산이 수행되는 단일 반복이 존재할 수 있다. 데이터 준비(804)는 선량 마진을 계산하는 것을 포함할 수 있고, 선량 마진을 최적화하는 것을 포함할 수도 있다. 일부 실시예들에서, 최적화는 생성된 패턴들의 내부에서보다 생성된 패턴들의 주변들 부근에서 더 높은 피크 조사량을 생성하기 위해 샷 조사량들을 변화시키는 것을 포함할 수 있다. 다른 실시예들에서, 생성된 샷들은 가장 가까운 이웃 샷들 사이에 갭들을 가져서 영역 조사량이 감소될 수 있지만, 갭들은 후속 생성된 웨이퍼 이미지(814) 내의 레지스트에 의해 등록되지 않도록 충분히 작다. 다른 실시예에서, 단계(804)는 갭들의 크기를 변경함으로써 최적화를 포함할 수 있다. 다른 실시예에서, 데이터 준비(804)는 계산된 선량 마진이 미리 결정된 타겟 선량 마진보다 아래에 있는 경우 초기에 결정된 샷 세트를 변경하는 것, 및 변경된 샷 세트에 의해 선량 마진을 재계산하는 것을 포함할 수 있다. 단계(804)의 출력은 샷 리스트(806)이다.

[0062]

단계(808)에서 근접 효과 보정(PEC)은 조정된 조사량들에 의해 최종 샷 리스트(810)를 생성하기 위해 샷 리스트

(806) 상에 수행될 수 있다. 최종 샷 리스트(810)는 전자 빔 라이터 시스템과 같은 하전 입자 빔 라이터를 사용하는 웨이퍼 라이팅 단계(812)에서 패턴을 웨이퍼 상의 이미지(814)와 같은 표면 상에 생성하기 위해 사용된다. 일부 실시예들에서, PEC 개선(808)은 하전 입자 빔 라이터에 의해 수행될 수 있다. 웨이퍼 라이팅 단계(812)는 VSB 애피처들 및 복수의 복잡한 캐릭터들 둘 다를 포함하는 스텐실(808)을 사용할 수 있거나, VSB 애피처들만을 포함하는 스템실을 사용할 수 있다. 웨이퍼 라이팅 단계(812)에서, 전자 빔 라이터 시스템은 패턴들을 포함하는 이미지(814)를 표면 상에 형성하기 위해 전자들의 빔을 스템실을 통해 표면 상에 투영시킨다. 웨이퍼 라이팅 단계(812)는 단일 노출 패스 또는 다수의 노출 패스들을 포함할 수 있다.

[0063]

이전에 설명된 바와 같이, 단계(818)에서 캐릭터들은 DP 단계(804)에 제공될 수 있다. 단계(818)는 또한 캐릭터들을 캐릭터 및 스템실 설계 단계(820) 또는 샷 그룹 사전 계산 단계(822)에 제공한다. 캐릭터 및 스템실 설계 단계(820)는 입력을 스템실 단계(808) 및 캐릭터들 단계(818)에 제공한다. 샷 그룹 사전 계산 단계(822)는 정보를 샷 그룹 라이브러리(824)에 제공한다. 또한, 샷 그룹 사전 계산 단계(822)는 물리적 설계(802)를 입력으로서 사용할 수 있고 1개 이상의 샷 그룹들을 미리 계산할 수 있으며, 1개 이상의 샷 그룹들은 샷 그룹 라이브러리(824)에 저장된다.

[0064]

단계(812)는 잠재적으로 일부가 도 7과 연관되어 설명되는 방법들을 사용하여 처리되고, 다른 것들이 도 8에 대해 상술된 방법들을 사용하여 처리되거나, 다른 것들이 집적 회로들을 실리콘 웨이퍼 상에 제조하기 위해 임의의 다른 웨이퍼 라이팅 방법을 사용하여 제조된 상태에서, 각각의 처리 층에 요구되는 바와 같은 반복된 적용을 포함할 수 있다.

[0065]

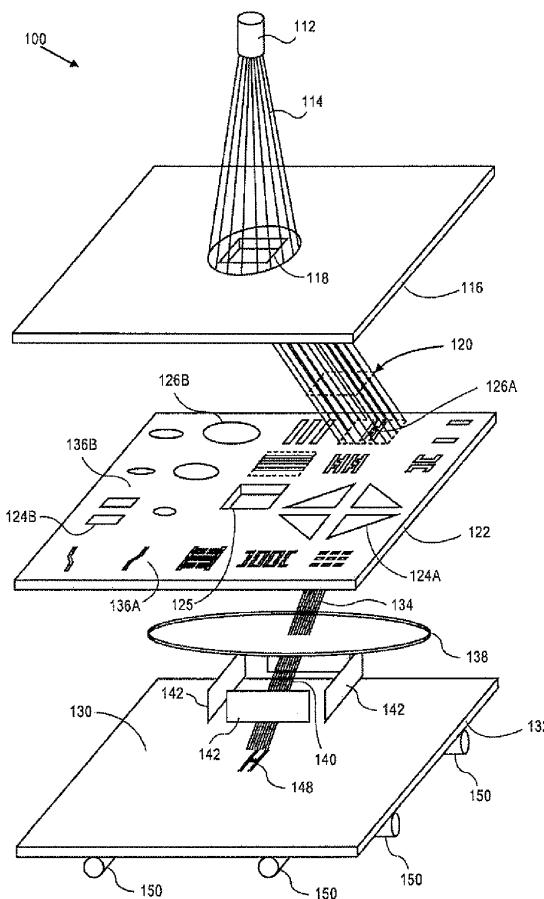
본 개시에서 설명되는 분할, MDP, OPC, MPC 및 PEC 흐름들은 적절한 컴퓨터 소프트웨어를 갖는 범용 컴퓨터들을 계산 장치들로서 사용하여 구현될 수 있다. 요구되는 대량의 계산들로 인해, 다수의 컴퓨터들 또는 프로세서 코어들은 병렬로 사용될 수도 있다. 일 실시예에서, 계산들은 흐름 내의 1개 이상의 계산 집중 단계들에 대한 복수의 2차원 기하학적 영역들로 세분되어, 병렬 처리를 지원할 수 있다. 다른 실시예에서, 개별적으로 또는 다수로 사용되는 특수 목적 하드웨어 장치는 범용 컴퓨터들 또는 프로세서 코어들을 사용하는 것보다 더 큰 속도를 갖는 1개 이상의 단계들의 계산들을 수행하기 위해 사용될 수 있다. 일 실시예에서, 특수 목적 하드웨어 장치는 그래픽스 처리 유닛(GPU)일 수 있다. 다른 실시예에서, 본 개시에 설명되는 최적화 및 시뮬레이션 프로세스들은 가능한 해결법들을 변경하고 재계산하는 반복 프로세스들을 포함하여, 샷들의 전체 수, 또는 전체 하전 입자 빔 라이팅 시간, 또는 일부 다른 파라미터를 최소화할 수 있다. 또 다른 실시예에서, 초기 샷 세트는 교정 및 구성 방법으로 결정되어, 어떤 샷 수정들이 요구되지 않을 수 있다.

[0066]

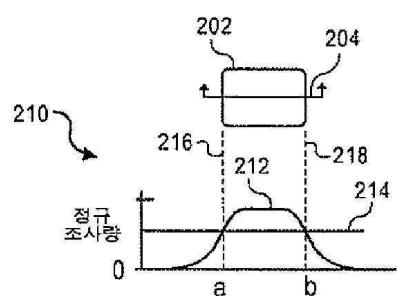
명세서는 특정 실시예들에 대해 상세히 설명되었을지라도, 당해 기술에서 통상의 기술자들은 상술한 것을 이해하면, 이 실시예들에 대한 변경들, 변형들, 및 등가물들을 용이하게 생각할 수 있다는 점이 이해될 것이다. 분할, 마스크 데이터 준비, 및 근접 효과 보정을 위한 본 방법들에 대한 이러한 및 다른 수정들 및 변형들은 본 발명 대상의 사상 및 범위로부터 벗어나는 것 없이 당해 기술에서 통상의 기술자들에 의해 실시될 수 있으며, 이는 특히 첨부된 청구항들에 설명되어 있다. 더욱이, 당해 기술에서 통상의 기술자들은 상술한 설명이 단지 예에 의한 것이고, 제한될 의도가 없는 것을 이해할 것이다. 단계들은 본 발명의 범위로부터 벗어나는 것 없이 본 명세서에 추가되고, 본 명세서로부터 제거되거나, 수정될 수 있다. 일반적으로, 제공되는 임의의 순서도들은 기능을 달성하는 기본 동작들의 하나의 가능한 시퀀스를 표시하도록 단지 의도되고, 다수의 변형들이 가능하다. 따라서, 본 발명 대상은 첨부된 청구항들 및 그의 등가물들 범위 내에 있는 그러한 수정들 및 변형들을 커버하도록 의도된다.

도면

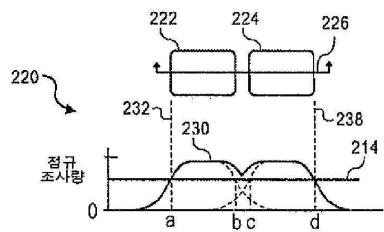
도면1



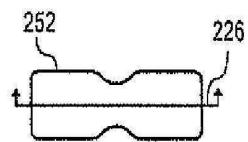
도면2a



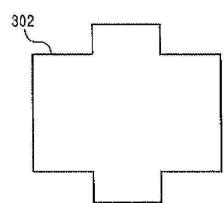
도면2b



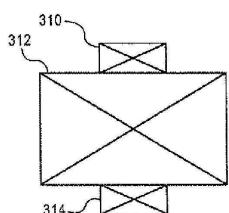
도면2c



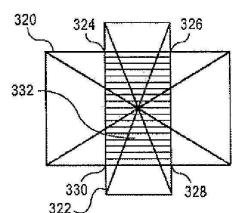
도면3a



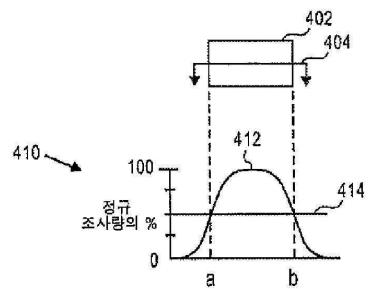
도면3b



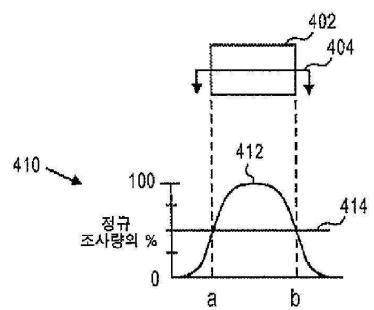
도면3c



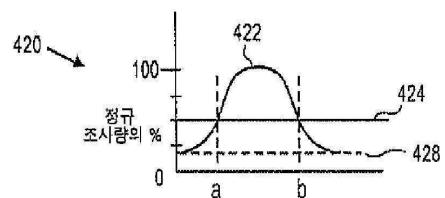
도면4a



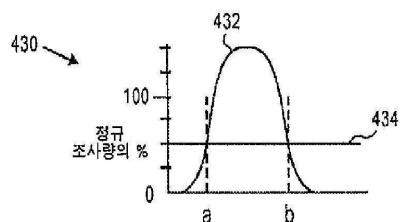
도면4b



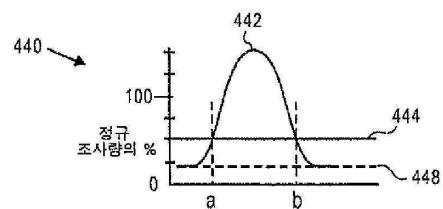
도면4c



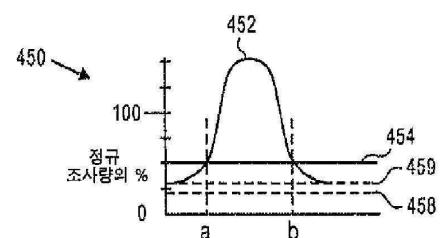
도면4d



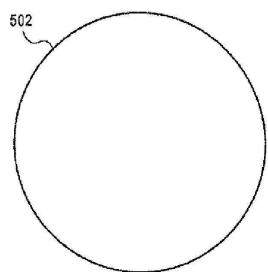
도면4e



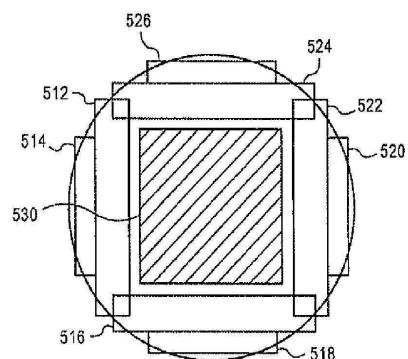
도면4f



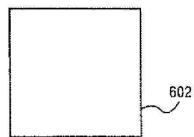
도면5a



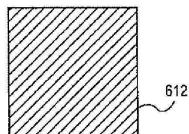
도면5b



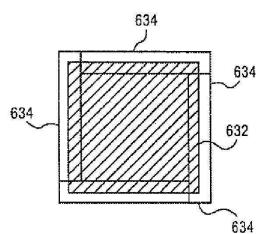
도면6a



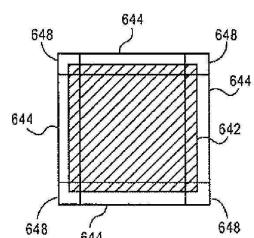
도면6b



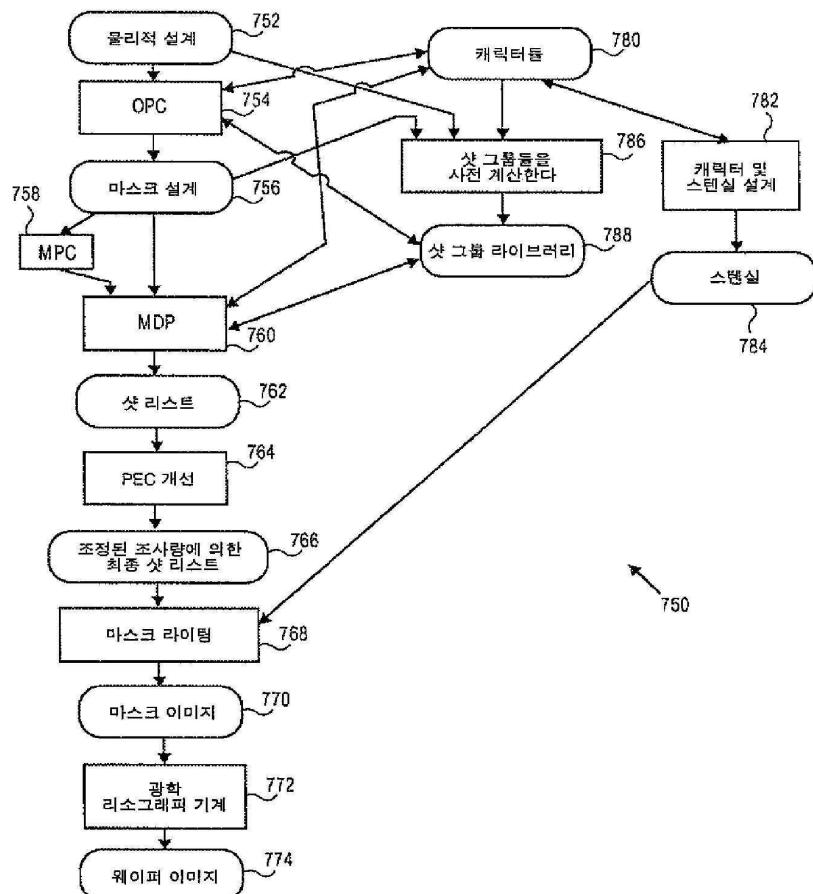
도면6c



도면6d



도면7



도면8

