



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2011-0069044  
(43) 공개일자 2011년06월22일

(51) Int. Cl.

H01L 21/027 (2006.01) G03F 7/20 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2011-7007654

(22) 출원일자(국제출원일자) 2009년08월10일

심사청구일자 없음

(85) 번역문제출일자 2011년04월01일

(86) 국제출원번호 PCT/US2009/053328

(87) 국제공개번호 WO 2010/025032

국제공개일자 2010년03월04일

(30) 우선권주장

12/202,364 2008년09월01일 미국(US)

(뒷면에 계속)

(71) 출원인

디2에스, 인코포레이티드

미국 캘리포니아 샌어제이 #250 무어파크 애브뉴  
4040 (우: 95117)

(72) 발명자

후지무라, 아키라

미국 95070 캘리포니아 사라토가 소베이 로드  
15220

글레서, 랜스

미국 95070 캘리포니아 사라토가 비아 에스큐엘라  
드라이브 19753

(74) 대리인

박성환

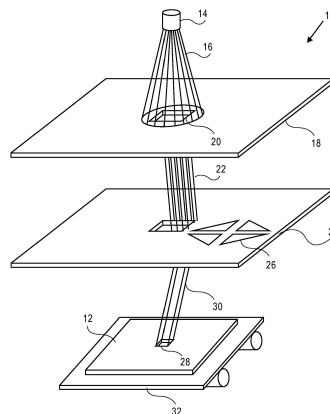
전체 청구항 수 : 총 75 항

(54) 가변 형상 비임 리소그래피를 이용한 레티클의 광 근접 보정, 설계 및 제조 방법

(57) 요약

본 발명은 표면에 목표 패턴을 형성하도록 가변 형상 비임(VSB) 샷을 이용하기 위한 방법을 설명하며, 이 방법에서 다수의 VSB 샷의 합체에 의해 목표 패턴으로부터 벗어난다. 또한, VSB 샷들이 서로 중첩되도록 하고 샷의 조사량이 가변되는 것을 허용한다. 유사한 방법들이 광 근접 보정(OPC), 분절, 마스크 데이터 준비, 및 근접 효과 보정을 위해 설명된다. 글리프 형성 방법이 또한 공개되는데, 이 방법에서 VSB 샷들 중 하나 또는 그룹으로부터 표면에 초래되는 패턴이 미리-계산된다. 일부 실시예들에서, 최적화 기술이 샷 카운트를 최소화시키기 위해 사용될 수 있다. 본 개시물의 방법은 예를 들면 레티클을 이용하여 광학 리소그래피에 의해 집적 회로를 제조하는 공정에서, 또는 직접 라이팅을 이용하여 집적 회로를 제조하는 공정에서 이용될 수 있다.

대표도 - 도1



(30) 우선권주장

12/202,365	2008년09월01일	미국(US)
12/202,366	2008년09월01일	미국(US)
12/269,777	2008년11월12일	미국(US)
12/473,241	2009년05월27일	미국(US)
12/473,248	2009년05월27일	미국(US)
12/473,265	2009년05월27일	미국(US)

---

## 특허청구의 범위

### 청구항 1

하전 입자 비임 리소그래피를 이용하여 표면을 제조하기 위한 방법으로서,

상기 표면상에 형성되는 목표 패턴(desired pattern)을 입력하는 단계;

다수의 가변 형상 비임(VSB) 샷(shot)들을 결정하는 단계로서, 상기 다수의 샷들 내의 샷들이 서로 중첩되도록 하고, 상기 다수의 VSB 샷들 중 어떠한 서브세트(subset)의 합체(union)도 상기 목표 패턴과 상이하며, 상기 서브 세트 내의 각각의 샷은 오버사이징되거나 언더사이징되거나 원래-결정된 크기인, 다수의 가변 형상 비임(VSB) 샷들을 결정하는 단계;

상기 다수의 VSB 샷들로부터 상기 표면상의 계산된 패턴을 계산하는 단계;

상기 계산된 패턴이 상기 목표 패턴과 미리 결정된 허용오차 이상 상이한 경우 상기 다수의 VSB 샷들을 교정하고 상기 계산된 패턴을 재계산하는 단계; 및

상기 다수의 VSB 샷들로 상기 표면상에 상기 패턴을 형성하는 단계를 포함하는,

하전 입자 비임 리소그래피를 이용하여 표면을 제조하기 위한 방법.

### 청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 다수의 VSB 샷들로부터 상기 표면상의 계산된 패턴을 계산하는 단계는 하전 입자 비임 시뮬레이션을 포함하는,

하전 입자 비임 리소그래피를 이용하여 표면을 제조하기 위한 방법.

### 청구항 3

제 2 항에 있어서,

상기 하전 입자 비임 시뮬레이션은 전방 산란, 후방 산란, 레지스트 확산, 쿨롱 효과, 에칭, 포깅, 로딩 및 레지스트 차징으로 이루어지는 그룹 중 하나 이상을 포함하는,

하전 입자 비임 리소그래피를 이용하여 표면을 제조하기 위한 방법.

### 청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 목표 패턴은 곡선형인,

하전 입자 비임 리소그래피를 이용하여 표면을 제조하기 위한 방법.

### 청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 VSB 샷 각각은 조사량(dose)을 포함하며, 상기 VSB 샷들의 조사량들은 서로에 대해 변화되는 것을 허용하는,

하전 입자 비임 리소그래피를 이용하여 표면을 제조하기 위한 방법.

### 청구항 6

제 1 항에 있어서,

상기 다수의 VSB 샷들로부터 상기 표면상의 계산된 패턴을 계산하는 단계 및 상기 다수의 VSB 샷들을 교정하고 상기 계산된 패턴을 재계산하는 단계 중 하나 이상의 단계는 상기 다수의 VSB 샷들을 결정하도록 최적화 기술을

이용하는 단계를 포함하는,  
하전 입자 비임 리소그래피를 이용하여 표면을 제조하기 위한 방법.

#### 청구항 7

제 6 항에 있어서,  
상기 다수의 VSB 샷들은 개수가 최소화되는,  
하전 입자 비임 리소그래피를 이용하여 표면을 제조하기 위한 방법.

#### 청구항 8

제 6 항에 있어서,  
미리 결정된 최대치보다 더 큰 중형비를 가지는 상기 다수의 VSB 샷들은 개수가 최소화되는,  
하전 입자 비임 리소그래피를 이용하여 표면을 제조하기 위한 방법.

#### 청구항 9

제 1 항에 있어서,  
가능한 글리프들을 입력하는 단계를 더 포함하며,  
상기 글리프들 각각은 하나 이상의 VSB 샷의 계산을 이용하여 결정되며, 상기 다수의 가변 형상 비임(VSB) 샷들을 결정하는 단계는 상기 가능한 글리프들로부터 글리프를 선택하는 단계를 포함하는,  
하전 입자 비임 리소그래피를 이용하여 표면을 제조하기 위한 방법.

#### 청구항 10

제 1 항에 있어서,  
상기 다수의 VSB 샷들은 상기 목표 패턴이 대칭일 때 대칭이 되도록 제한되는,  
하전 입자 비임 리소그래피를 이용하여 표면을 제조하기 위한 방법.

#### 청구항 11

제 1 항에 있어서,  
상기 표면은 레티클인,  
하전 입자 비임 리소그래피를 이용하여 표면을 제조하기 위한 방법.

#### 청구항 12

제 1 항에 있어서,  
상기 표면은 기관인,  
하전 입자 비임 리소그래피를 이용하여 표면을 제조하기 위한 방법.

#### 청구항 13

제 1 항에 있어서,  
상기 다수의 가변 형상 비임(VSB) 샷들을 결정하는 단계는 자동 오류 제거 결정론적 기술(correct-by-construction deterministic technique)을 이용하는,  
하전 입자 비임 리소그래피를 이용하여 표면을 제조하기 위한 방법.

#### 청구항 14

레티클을 이용하는 광 리소그래픽 공정을 이용하여 집적 회로를 제조하는 방법으로서,

상기 레티클 상에 형성되는 목표 패턴을 입력하는 단계;

다수의 가변 형상 비임(VSB) 샷들을 결정하는 단계로서, 상기 다수의 샷들 내의 샷들이 서로 중첩되도록 하고, 상기 다수의 VSB 샷들 중 어떠한 서브세트의 합체도 상기 목표 패턴과 상이하고, 상기 서브세트 내의 각각의 샷은 오버사이징되거나 언더사이징되거나 원래-결정된 크기인, 다수의 가변 형상 비임(VSB) 샷들을 결정하는 단계;

상기 다수의 VSB 샷들로부터 상기 레티클 상의 계산된 패턴을 계산하는 단계;

상기 계산된 패턴이 상기 목표 패턴과 미리 결정된 허용오차 이상 상이한 경우 상기 다수의 VSB 샷들을 교정하고 상기 계산된 패턴을 재계산하는 단계; 및

상기 다수의 VSB 샷들로 상기 레티클 상에 상기 패턴을 형성하는 단계를 포함하는,

광 리소그래픽 공정을 이용하여 집적 회로를 제조하는 방법.

#### 청구항 15

제 14 항에 있어서,

상기 다수의 VSB 샷들로부터 상기 레티클상의 계산된 패턴을 계산하는 단계는 하전 입자 비임 시뮬레이션을 포함하는,

광 리소그래픽 공정을 이용하여 집적 회로를 제조하는 방법.

#### 청구항 16

제 15 항에 있어서,

상기 하전 입자 비임 시뮬레이션은 전방 산란, 후방 산란, 레지스트 확산, 쿨롱 효과, 에칭, 포깅, 로딩 및 레지스트 차징으로 이루어지는 그룹 중 하나 이상을 포함하는,

광 리소그래픽 공정을 이용하여 집적 회로를 제조하는 방법.

#### 청구항 17

제 14 항에 있어서,

상기 VSB 샷 각각은 조사량을 포함하며, 상기 VSB 샷들의 조사량들은 서로에 대해 변화되는 것을 허용하는,

광 리소그래픽 공정을 이용하여 집적 회로를 제조하는 방법.

#### 청구항 18

제 14 항에 있어서,

상기 다수의 VSB 샷들로부터 상기 레티클상의 계산된 패턴을 계산하는 단계 및 상기 다수의 VSB 샷들을 교정하고 상기 계산된 패턴을 재계산하는 단계 중 하나 이상의 단계는 상기 다수의 VSB 샷들을 결정하도록 최적화 기술을 이용하는 단계를 포함하는,

광 리소그래픽 공정을 이용하여 집적 회로를 제조하는 방법.

#### 청구항 19

제 18 항에 있어서,

상기 다수의 VSB 샷들은 개수가 최소화되는,

광 리소그래픽 공정을 이용하여 집적 회로를 제조하는 방법.

#### 청구항 20

제 14 항에 있어서,

상기 레티클로부터 마스크를 제조하는 단계로서, 상기 마스크는 상기 레티클 상에 형성된 상기 패턴을

포함하는, 마스크 제조 단계; 및

광 리소그래피를 이용하여 상기 마스크 상의 상기 패턴을 기판으로 전사하는 단계를 더 포함하는,

광 리소그래픽 공정을 이용하여 집적 회로를 제조하는 방법.

#### 청구항 21

제 20 항에 있어서,

상기 기판 상으로 이상적인 패턴을 입력하는 단계; 및

상기 기판 상의 시뮬레이팅된 패턴을 계산하는 단계로서, 다수의 가변 형상 비임(VSB) 샷들을 결정하는 단계는 상기 기판 상의 이상적인 패턴과 상기 기판 상의 상기 시뮬레이팅된 패턴 사이의 차이를 최소화하는 단계를 포함하는, 상기 기판 상의 시뮬레이팅된 패턴을 계산하는 단계를 더 포함하는,

광 리소그래픽 공정을 이용하여 집적 회로를 제조하는 방법.

#### 청구항 22

제 21 항에 있어서,

상기 기판 상의 상기 시뮬레이팅된 패턴은 상기 레티클 상의 상기 계산된 패턴을 이용하여 계산되는,

광 리소그래픽 공정을 이용하여 집적 회로를 제조하는 방법.

#### 청구항 23

기판을 가지는 집적 회로를 제조하는 방법으로서,

상기 기판 상에 형성되는 목표 패턴을 입력하는 단계;

다수의 가변 형상 비임(VSB) 샷들을 결정하는 단계로서, 상기 다수의 샷들 내의 샷들이 서로 중첩되도록 하고, 상기 다수의 VSB 샷들 중 어떠한 서브세트의 합체도 상기 목표 패턴과 상이하고, 상기 서브세트 내의 각각의 샷은 오버사이징되거나 언더사이징되거나 원래-결정된 크기인, 다수의 가변 형상 비임(VSB) 샷들을 결정하는 단계;

상기 다수의 VSB 샷들로부터 상기 기판 상의 계산된 패턴을 계산하는 단계;

상기 계산된 패턴이 상기 목표 패턴과 미리 결정된 허용오차 이상 상이한 경우 상기 다수의 VSB 샷들을 교정하고 상기 계산된 패턴을 재계산하는 단계; 및

상기 다수의 VSB 샷들로 상기 기판 상에 상기 패턴을 형성하는 단계를 포함하는,

기판을 가지는 집적 회로를 제조하는 방법.

#### 청구항 24

제 23 항에 있어서,

상기 다수의 VSB 샷들로부터 상기 기판상의 계산된 패턴을 계산하는 단계는 하전 입자 비임 시뮬레이션을 포함하는,

기판을 가지는 집적 회로를 제조하는 방법.

#### 청구항 25

제 23 항에 있어서,

상기 다수의 가변 형상 비임(VSB) 샷들을 결정하는 단계 및 상기 다수의 VSB 샷들을 교정하고 상기 계산된 패턴을 재계산하는 단계 중 하나 이상의 단계는 상기 다수의 VSB 샷들을 결정하도록 최적화 기술을 이용하는 단계를 포함하는,

기판을 가지는 집적 회로를 제조하는 방법.

## 청구항 26

상기 패턴을 기관으로 전사하도록 광 리소그래픽 공정에서 이용되는, 표면에 형성되는 패턴을 포함하는 설계의 광 근접 보정(OPC)을 위한 방법으로서,

상기 기관을 위한 목표 패턴을 입력하는 단계;

다수의 가변 형상 비임(VSB) 샷들을 결정하는 단계로서, 상기 다수의 샷들 내의 샷들이 서로 중첩되도록 하고, 상기 다수의 VSB 샷들 중 어떠한 서브세트의 합체도 상기 기관을 위한 상기 목표 패턴의 OPC-보정 버전과 상이하며, 상기 서브세트 내의 각각의 샷은 오버사이징되거나 언더사이징되거나 원래-결정된 크기인, 다수의 가변 형상 비임(VSB) 샷들을 결정하는 단계;

상기 다수의 VSB 샷들로부터 상기 표면상의 계산된 패턴을 계산하는 단계; 및

상기 계산된 패턴이 상기 기관을 위한 상기 목표 패턴의 OPC-보정 버전과 미리 결정된 허용오차 이상 상이한 경우 상기 VSB 샷들을 교정하고 상기 계산된 패턴을 재계산하는 단계를 포함하는,

표면에 형성되는 패턴을 포함하는 설계의 광 근접 보정(OPC)을 위한 방법.

## 청구항 27

제 26 항에 있어서,

상기 다수의 VSB 샷들로부터 상기 표면상의 계산된 패턴을 계산하는 단계는 하전 입자 비임 시뮬레이션을 포함하는,

표면에 형성되는 패턴을 포함하는 설계의 광 근접 보정(OPC)을 위한 방법.

## 청구항 28

제 27 항에 있어서,

상기 하전 입자 비임 시뮬레이션은 전방 산란, 후방 산란, 레지스트 확산, 쿨롱 효과, 에칭, 포깅, 로딩 및 레지스트 차장으로 이루어지는 그룹들 중 하나 이상을 포함하는,

표면에 형성되는 패턴을 포함하는 설계의 광 근접 보정(OPC)을 위한 방법.

## 청구항 29

제 26 항에 있어서,

상기 기관을 위한 상기 목표 패턴의 상기 OPC-보정 버전이 곡선형인,

표면에 형성되는 패턴을 포함하는 설계의 광 근접 보정(OPC)을 위한 방법.

## 청구항 30

제 26 항에 있어서,

각각의 VSB 샷들은 조사량을 포함하며, 상기 VSB 샷들의 조사량들은 서로에 대해 변화하는 것을 허용하는,

표면에 형성되는 패턴을 포함하는 설계의 광 근접 보정(OPC)을 위한 방법.

## 청구항 31

제 26 항에 있어서,

다수의 가변 형상 비임(VSB) 샷들을 결정하는 단계 및 상기 VSB 샷들을 교정하고 상기 계산된 패턴을 재계산하는 단계는 상기 다수의 VSB 샷들을 결정하도록 최적화 기술을 이용하는 단계를 포함하는,

표면에 형성되는 패턴을 포함하는 설계의 광 근접 보정(OPC)을 위한 방법.

## 청구항 32

제 31 항에 있어서,

상기 다수의 VSB 샷들이 개수가 최소화되는,  
표면상에 형성되는 패턴을 포함하는 설계의 광 근접 보정(OPC)을 위한 방법.

### 청구항 33

제 31 항에 있어서,  
미리 결정된 최대치보다 큰 중횡비를 가지는 다수의 VSB 샷들은 개수가 최소화되는,  
표면상에 형성되는 패턴을 포함하는 설계의 광 근접 보정(OPC)을 위한 방법.

### 청구항 34

제 26 항에 있어서,  
상기 기관을 위한 목표 패턴이 대칭일 때, 상기 다수의 VSB 샷들은 대칭이 되도록 제한되는,  
표면상에 형성되는 패턴을 포함하는 설계의 광 근접 보정(OPC)을 위한 방법.

### 청구항 35

제 26 항에 있어서,  
상기 표면상의 상기 계산된 패턴이, 광 리소그래피를 이용하여 상기 기관으로 전사될 때, 상기 기관상의 미리 결정된 허용오차 내에서 상기 기관을 위한 상기 목표 패턴과 등가인, 패턴을 형성하는지를 시뮬레이션하는 단계를 포함하며, 상기 시뮬레이션은 리소그래피 시뮬레이션 및 에칭 시뮬레이션 중 하나 이상을 포함하는,  
표면상에 형성되는 패턴을 포함하는 설계의 광 근접 보정(OPC)을 위한 방법.

### 청구항 36

상기 패턴을 기관으로 전사하도록 광 리소그래픽 공정에 이용되는, 표면상에 형성되는 패턴을 포함하는 설계의 광 근접 보정(OPC)을 위한 방법으로서,  
상기 기관을 위한 목표 패턴을 입력하는 단계;  
가능한 글리프들을 입력하는 단계로서, 상기 글리프들 각각은 하나 이상의 VSB 샷의 계산을 이용하여 결정되는, 가능한 글리프들을 입력하는 단계; 및  
다수의 글리프를 결정하는 단계로서, 상기 다수의 글리프들로부터 형성되는 상기 표면상의 패턴이 미리 결정된 허용오차 내에서 상기 기관을 위한 목표 패턴의 OPC-보정 버전과 등가인, 다수의 글리프를 결정하는 단계를 포함하는,  
표면상에 형성되는 패턴을 포함하는 설계의 광 근접 보정(OPC)을 위한 방법.

### 청구항 37

제 36 항에 있어서,  
상기 가능한 글리프는 하나 이상의 파라미터화된 글리프를 포함하는,  
표면상에 형성되는 패턴을 포함하는 설계의 광 근접 보정(OPC)을 위한 방법.

### 청구항 38

제 36 항에 있어서,  
상기 다수의 글리프를 포함하는 단계는 상기 다수의 글리프를 결정하도록 최적화 기술을 이용하는 단계를 포함하는,  
표면상에 형성되는 패턴을 포함하는 설계의 광 근접 보정(OPC)을 위한 방법.

### 청구항 39



제 38 항에 있어서,

상기 다수의 글리프는 다수의 VSB 샷들을 포함하며, 다수의 VSB 샷은 개수가 최소화되는,  
표면상에 형성되는 패턴을 포함하는 설계의 광 근접 보정(OPC)을 위한 방법.

#### 청구항 40

제 36 항에 있어서,

상기 다수의 글리프를 결정하는 단계;

상기 가능한 글리프들로부터 글리프를 선택하는 단계;

상기 선택된 글리프를 기초로 하여 상기 기관 상에 전사된 패턴을 계산하는 단계; 및

상기 계산된 패턴이 상기 기관을 위한 상기 목표 패턴과 미리 결정된 한계치 이상 상이한 경우 상기 가능한 글리프들로부터 또 다른 글리프를 선택하는 단계를 포함하는,

표면상에 형성되는 패턴을 포함하는 설계의 광 근접 보정(OPC)을 위한 방법.

#### 청구항 41

글리프를 생성하는 방법으로서,

상기 글리프의 기초(basis)로서 가변 형상 비임(VSB) 샷들을 이용하는 단계; 및

부가 글리프를 생성하도록 하나 이상의 VSB 샷으로부터 초래되는 표면상의 패턴을 계산하는 단계를 포함하는,  
글리프 생성 방법.

#### 청구항 42

제 41 항에 있어서,

하나 이상의 VSB 샷으로부터 초래되는 상기 표면상의 패턴을 계산하는 단계는 하전 입자 비임 시뮬레이션을 포함하는,

글리프 생성 방법.

#### 청구항 43

제 42 항에 있어서,

상기 하전 입자 비임 시뮬레이션은 전방 산란, 레지스트 확산, 쿨롱 효과, 및 에칭으로 이루어지는 그룹 중 하나 이상을 포함하는,

글리프 생성 방법.

#### 청구항 44

제 41 항에 있어서,

상기 생성된 글리프는 파라미터화된 글리프인,

글리프 생성 방법.

#### 청구항 45

제 41 항에 있어서,

하나 이상의 VSB 샷으로부터 초래되는 상기 표면상의 패턴을 계산하는 단계는 다수의 중첩되는 VSB 샷들을 이용하는,

글리프 생성 방법.

#### 청구항 46

제 41 항에 있어서,

하나 이상의 VSB 샷으로부터 초래되는 상기 표면상의 패턴을 계산하는 단계는 다수의 VSB 샷들을 이용하여, 각각의 VSB 샷은 조사량을 포함하며, 상기 VSB 샷들 중 조사량들은 서로에 대해 변화되는 것이 허용되는,

클리프 생성 방법.

#### 청구항 47

패턴을 기관으로 전사하도록 광 리소그래픽 공정에 이용되는, 표면에 형성되는 패턴을 포함하는 설계의 광 근접 보정(OPC)을 위한 시스템으로서,

상기 기관을 위한 목표 패턴;

다수의 가변 형상 비임(VSB) 샷들을 결정하기 위한 장치로서, 상기 다수의 샷들 내의 샷들이 서로 중첩되도록 하고, 상기 다수의 VSB 샷들의 어떠한 서브세트의 합체도 상기 기관을 위한 목표 패턴의 OPC-보정 버전과 상이하며, 상기 서브세트 내의 샷 각각은 오버사이징 또는 언더사이징되거나 원래-결정된 크기인, 다수의 가변 형상 비임 샷들을 결정하기 위한 장치;

상기 다수의 VSB 샷들로부터 상기 표면상의 계산된 패턴을 계산하기 위한 장치; 및

상기 계산된 패턴이 상기 기관을 위한 목표 패턴의 OPC-보정 버전과 미리 결정된 허용오차 이상 상이한 경우 상기 다수의 VSB 샷들을 교정하고 상기 계산된 패턴을 재계산하기 위한 장치를 포함하는,

표면에 형성되는 패턴을 포함하는 설계의 광 근접 보정(OPC)을 위한 시스템.

#### 청구항 48

제 47 항에 있어서,

상기 다수의 VSB 샷들로부터 상기 표면상의 계산된 패턴을 계산하기 위한 장치는 하전 입자 비임 시뮬레이션을 이용하는,

표면에 형성되는 패턴을 포함하는 설계의 광 근접 보정(OPC)을 위한 시스템.

#### 청구항 49

패턴을 기관으로 전사하도록 광 리소그래픽 공정에서 이용되는, 표면에 형성되는 패턴을 포함하는 설계의 광 근접 보정(OPC)을 위한 시스템으로서,

상기 기관을 위한 목표 패턴;

가능한 클리프의 세트로서, 상기 클리프 각각은 하나 이상의 VSB 샷의 계산을 이용하여 결정되는, 가능한 클리프의 세트;

다수의 클리프를 결정하기 위한 장치로서, 상기 다수의 클리프로부터 형성되는 상기 표면상의 패턴이 미리 결정된 허용오차 내에서 상기 기관 상의 목표 패턴의 OPC-보정 버전과 동일한, 다수의 클리프를 결정하기 위한 장치를 포함하는,

표면에 형성되는 패턴을 포함하는 설계의 광 근접 보정(OPC)을 위한 시스템.

#### 청구항 50

클리프를 생성하기 위한 시스템으로서,

상기 클리프의 기초로서 가변 형상 비임(VSB) 샷들을 이용하기 위한 장치; 및

부가 클리프들을 생성하도록 하나 이상의 VSB 샷으로부터 표면상의 패턴을 계산하기 위한 장치를 포함하는,

클리프를 생성하기 위한 시스템.

#### 청구항 51

분절 또는 마스크 데이터 준비 또는 근접 효과 보정을 위한 방법으로서,

레티클 상에 형성되는 목표 패턴을 입력하는 단계;

다수의 가변 형상 비임(VSB) 샷들을 결정하는 단계로서, 상기 다수의 가변 형상 비임 샷들 내의 샷들이 서로 중첩되도록 하고, 상기 다수의 VSB 샷들의 어떠한 서브세트의 합체도 상기 목표 패턴과 상이하고, 상기 서브세트 내의 각각의 샷이 오버사이징되거나 언더사이징되거나 원래-결정된 크기인, 다수의 가변 형상 비임(VSB) 샷들을 결정하는 단계;

상기 다수의 VSB 샷들로부터 상기 레티클 상의 계산된 패턴을 계산하는 단계; 및

상기 계산된 패턴이 상기 목표 패턴과 미리 결정된 허용오차 이상 상이한 경우 상기 다수의 VSB 샷들을 교정하고 상기 계산된 패턴을 재계산하는 단계를 포함하는,

분절 또는 마스크 데이터 준비 또는 근접 효과 보정을 위한 방법.

#### 청구항 52

제 51 항에 있어서,

상기 레티클 상에 형성되는 목표 패턴을 입력하는 단계는 상기 목표 패턴이 서로 약간 상이하게 변형된 서브세트들을 가지는,

분절 또는 마스크 데이터 준비 또는 근접 효과 보정을 위한 방법.

#### 청구항 53

제 52 항에 있어서,

상기 목표 패턴의 약간 상이한 서브세트들이 기관상의 패턴이 실질적으로 동일한 패턴을 생산하는,

분절 또는 마스크 데이터 준비 또는 근접 효과 보정을 위한 방법.

#### 청구항 54

제 53 항에 있어서,

등가 기준은 상기 기관 상의 패턴들이 실질적으로 동일한 것인지를 결정하는,

분절 또는 마스크 데이터 준비 또는 근접 효과 보정을 위한 방법.

#### 청구항 55

제 54 항에 있어서,

상기 등가 기준은 리소그래피 시뮬레이션 및 에칭 시뮬레이션 중 하나 이상을 기초로 하는,

분절 또는 마스크 데이터 준비 또는 근접 효과 보정을 위한 방법.

#### 청구항 56

제 51 항에 있어서,

상기 다수의 VSB 샷들로부터 상기 레티클 상의 계산된 패턴을 계산하는 단계는 하전 입자 비임 시뮬레이션을 포함하는,

분절 또는 마스크 데이터 준비 또는 근접 효과 보정을 위한 방법.

#### 청구항 57

제 56 항에 있어서,

상기 하전 입자 비임 시뮬레이션은 전방 산란, 후방 산란, 레지스트 확산, 쿨롱 효과, 에칭, 포깅, 로딩 및 레지스트 차징으로 이루어지는 그룹 중 하나 이상을 포함하는,

분절 또는 마스크 데이터 준비 또는 근접 효과 보정을 위한 방법.

#### 청구항 58

제 51 항에 있어서,

상기 목표 패턴은 곡선형인,

분절 또는 마스크 데이터 준비 또는 근접 효과 보정을 위한 방법.

#### 청구항 59

제 51 항에 있어서,

각각의 VSB 샷은 조사량을 포함하고, 상기 VSB 샷들의 조사량들은 서로에 대해 변화하는 것을 허용하는,

분절 또는 마스크 데이터 준비 또는 근접 효과 보정을 위한 방법.

#### 청구항 60

제 51 항에 있어서,

상기 다수의 가변 형상 비임(VSB) 비임들을 결정하는 단계 및 상기 다수의 VSB 샷들을 교정하고 상기 계산된 패턴을 재계산하는 단계는 상기 다수의 VSB 샷들을 결정하도록 최적화 기술을 이용하는 단계를 포함하는,

분절 또는 마스크 데이터 준비 또는 근접 효과 보정을 위한 방법.

#### 청구항 61

제 60 항에 있어서,

상기 다수의 VSB 샷들은 개수가 최소화되는,

분절 또는 마스크 데이터 준비 또는 근접 효과 보정을 위한 방법.

#### 청구항 62

제 60 항에 있어서,

미리 결정된 최대치보다 큰 중첩비를 가지는 상기 다수의 VSB 샷들은 개수가 최소화되는,

분절 또는 마스크 데이터 준비 또는 근접 효과 보정을 위한 방법.

#### 청구항 63

분절 또는 마스크 데이터 준비 또는 근접 효과 보정을 위한 방법으로서,

레티클 상에 형성되는 목표 패턴을 입력하는 단계;

가능한 글리프들을 입력하는 단계로서, 상기 글리프들 중 각각이 하나 이상의 VSB 샷의 계산을 이용하여 결정되는, 가능한 글리프들을 입력하는 단계; 및

다수의 글리프들을 결정하는 단계로서, 상기 다수의 글리프들로부터 형성되는 상기 레티클 상의 패턴이 미리 결정된 허용오차 내에 상기 목표 패턴에 대해 등가인, 다수의 글리프들을 결정하는 단계를 포함하는,

분절 또는 마스크 데이터 준비 또는 근접 효과 보정을 위한 방법.

#### 청구항 64

제 63 항에 있어서,

상기 가능한 글리프들은 하나 이상의 파라미터화된 글리프를 포함하는,

분절 또는 마스크 데이터 준비 또는 근접 효과 보정을 위한 방법.

#### 청구항 65

제 63 항에 있어서,

상기 다수의 글리프들을 결정하는 단계는 상기 다수의 글리프들을 결정하도록 최적화 기술을 이용하는 단계를 포함하는,

분절 또는 마스크 데이터 준비 또는 근접 효과 보정을 위한 방법.

#### 청구항 66

제 65 항에 있어서,

상기 다수의 글리프들은 다수의 VSB 샷들을 포함하며, 상기 다수의 VSB 샷들은 개수가 최소화되는,

분절 또는 마스크 데이터 준비 또는 근접 효과 보정을 위한 방법.

#### 청구항 67

제 63 항에 있어서,

상기 가능한 글리프들은 글리프들의 서브세트들을 포함하며, 상기 글리프들의 서브 세트 각각은 다수의 약간 상이한 패턴들을 포함하는,

분절 또는 마스크 데이터 준비 또는 근접 효과 보정을 위한 방법.

#### 청구항 68

분절 또는 마스크 데이터 준비 또는 근접 효과 보정을 위한 시스템으로서,

레티클 상에 형성되는 목표 패턴을 입력하는 장치;

다수의 가변 형상 비임(VSB) 샷들을 결정하기 위한 장치로서, 상기 다수의 샷들 내의 샷들이 서로 중첩되도록 하고, 상기 다수의 VSB 샷들의 어떠한 서브세트의 합체도 상기 목표 패턴과 상이하고, 상기 서브세트 내의 각각의 샷은 오버사이징 또는 언더사이징되거나 원래-결정된 크기인, 다수의 가변 형상 비임(VSB) 샷들을 결정하기 위한 장치;

상기 다수의 VSB 샷들로부터 상기 레티클 상의 계산된 패턴을 계산하기 위한 장치; 및

상기 계산된 패턴이 상기 목표 패턴과 미리 결정된 허용오차 이상 상이한 경우 상기 다수의 VSB 샷들을 교정하고 상기 계산된 패턴을 재계산하는 장치를 포함하는,

분절 또는 마스크 데이터 준비 또는 근접 효과 보정을 위한 시스템.

#### 청구항 69

제 68 항에 있어서,

상기 다수의 VSB 샷들로부터 상기 레티클 상의 계산된 패턴을 계산하기 위한 장치는 하전 입자 비임 시뮬레이션을 위한 장치를 포함하는,

분절 또는 마스크 데이터 준비 또는 근접 효과 보정을 위한 시스템.

#### 청구항 70

제 68 항에 있어서,

각각의 VSB 샷은 조사량을 포함하며, 상기 VSB 샷들의 조사량들은 서로에 대해 변화하는 것이 허용되는,

분절 또는 마스크 데이터 준비 또는 근접 효과 보정을 위한 시스템.

#### 청구항 71

제 68 항에 있어서,

다수의 가변 형상 비임(VSB) 샷들을 결정하기 위한 장치 및 상기 다수의 VSB 샷들을 교정하고 상기 계산된 패턴을 재계산하는 장치는 상기 다수의 VSB 샷들을 결정하도록 최적화 기술을 이용하기 위한 장치를 포함하는,

분절 또는 마스크 데이터 준비 또는 근접 효과 보정을 위한 시스템.

## 청구항 72

제 71 항에 있어서,

상기 다수의 VSB 샷들의 개수가 최소화되는,

분절 또는 마스크 데이터 준비 또는 근접 효과 보정을 위한 시스템.

## 청구항 73

분절 또는 마스크 데이터 준비 또는 근접 효과 교정을 위한 시스템으로서,

레티클 상에 형성되는 목표 패턴을 입력하기 위한 장치;

가능한 글리프들을 입력하기 위한 장치로서, 상기 글리프들 중 각각은 하나 이상의 VSB 샷의 계산을 이용하여 결정되는, 가능한 글리프들을 입력하기 위한 장치; 및

다수의 글리프들을 결정하기 위한 장치로서, 상기 다수의 글리프들로부터 형성되는 상기 레티클 상의 패턴이 미리 결정된 허용오차 내에서 상기 목표 패턴과 등가인, 다수의 글리프들을 결정하기 위한 장치를 포함하는,

분절 또는 마스크 데이터 준비 또는 근접 효과 교정을 위한 시스템.

## 청구항 74

제 73 항에 있어서,

상기 가능한 글리프들은 글리프들의 서브세트들을 포함하고 상기 글리프들의 서브 세트 각각은 다수의 약간 상이한 패턴들을 포함하는,

분절 또는 마스크 데이터 준비 또는 근접 효과 교정을 위한 시스템.

## 청구항 75

제 73 항에 있어서,

상기 다수의 글리프들을 결정하기 위한 장치는 상기 다수의 VSB 샷들을 결정하도록 최적화된 기술을 이용하여 위한 장치를 포함하는,

분절 또는 마스크 데이터 준비 또는 근접 효과 교정을 위한 시스템.

## 명세서

## 기술분야

[0001] 본 출원은 1) 2008년 9월 1일에 출원되고 발명의 명칭이 "캐릭터 투사 입자 비임 리소그래피를 이용하여 레티클을 제조하기 위한 방법 및 시스템(Method and System for Manufacturing a Reticle Using Character Projection Particle Beam Lithography)"인, 미국 특허 출원 제 12/202,364호; 2) 2008년 9월 1일에 출원되고 발명의 명칭이 "캐릭터 투사 리소그래피를 이용하여 제조되는 레티클의 광 근접 보정을 위한 방법(Method For Optical Proximity Correction Of A Reticle To Be Manufactured Using Character Projection Lithography)"인 미국 특허 출원 제 12/202,365호; 3) 2008년 9월 1일에 출원되고 발명의 명칭이 "캐릭터 투사 리소그래피를 이용하여 제조되는 레티클의 설계를 위한 방법 및 시스템(Method And System For Design Of A Reticle To Be Manufactured Using Character Projection Lithography)"인 미국 특허 출원 제 12/202,366호; 4) 2008년 11월 12일에 출원되고 발명의 명칭이 "캐릭터 투사 리소그래피를 이용하여 레티클을 제조하기 위한 방법 및 시스템(Method and System For Manufacturing a Reticle Using Character Projection Lithography)"인 미국 특허 출원 제 12/269,777호; 5) 2009년 5월 27일에 출원되고 발명의 명칭이 "가변 형상 비임 리소그래피를 이용하여 표면 및 집적 회로를 제조하기 위한 방법(Method For Manufacturing A Surface And Integrated Circuit Using Variable Shaped Beam Lithography)"인 미국 특허 출원 제 12/473,241호; 6) 2009년 5월 27일에 출원되고 발명의 명칭이 "가변 형상 비임 리소그래피를 이용하여 제조되는 레티클의 광 근접 보정을 위한 방법(Method For Optical Proximity Correction Of A Reticle To Be Manufactured Using Variable Shaped Beam Lithography)"

인 미국 특허 출원 제 12/473,248호; 및 7) 2009년 5월 27일에 출원되고 발명의 명칭이 "가변 형상 비임 리소그래피를 이용하여 제조되는 레티클의 설계를 위한 방법 및 시스템(Method And System For Design Of A Reticule To Be Manufactured Using Variable Shaped Beam Lithography)"인 미국 특허 출원 제 12/473,265호를 우선권으로 청구한다.

## 배경 기술

- [0002] 본 개시물은 리소그래피에 관한 것으로 더욱 특별하게는 가변 형상 비임(VSB) 하전 입자 비임 리소그래피를 이용하여 레티클(reticle), 웨이퍼, 또는 소정의 다른 표면일 수 있는 표면의 설계 및 제조에 관한 것이다.
- [0003] 집적 회로와 같은 반도체 소자의 생산 또는 제조시, 광 리소그래피가 반도체 소자를 제조하기 위해 이용될 수 있다. 광 리소그래피는 레티클로부터 제조된 리소그래픽 마스크가 집적 회로를 생성하기 위해 패턴을 반도체 또는 실리콘 웨이퍼와 같은 기판으로 전사하기 위해 이용되는 프린팅 공정이다. 다른 기판은 평판 디스플레이 또는 심지어 다른 레티클을 포함할 수 있다. 또한, 극 자외선(EUV) 또는 X-레이 리소그래피는 광 리소그래피의 타입들로 고려된다. 레티클 또는 다중 레티클은 집적 회로의 개별 층에 대응하는 회로 패턴을 포함할 수 있으며, 이러한 패턴은 포토레지스트(photoresist) 또는 레지스트로서 알려진 방사선(radiation)-민감성 재료의 층으로 코팅되는 기판상의 소정의 영역상으로 이미지화될 수 있다. 패턴화된 층이 전사되면, 층은 에칭, 이온-주입(도핑), 금속화(metallization), 산화, 및 폴리싱과 같은 다양한 다른 공정을 거칠 수 있다. 이러한 공정들은 기판 내의 개별 층을 마무리하기 위해 적용된다. 수 개의 층이 요구되는 경우, 이때 전체 공정 또는 공정의 변화가 각각의 새로운 층에 대해 반복될 것이다. 결국, 다수 개의 소자들 또는 집적 회로들의 조합이 기판상에 존재하게 된다. 이러한 집적 회로들은 이어서 절단 공정에 의해 서로 분리될 수 있으며 이어서 개별 패키지로 장착될 수 있다. 더욱 일반적인 경우, 기판상의 패턴은 디스플레이 픽셀들 또는 자기 녹음 헤드와 같은 인공물(artifact)을 정의하기 위해 이용될 수 있다.
- [0004] 집적 회로, 반도체 소자의 생산 및 제조시, 마스크리스 직접 라이팅(maskless direct writing)은 또한 반도체 소자를 제조하기 위해 이용될 수 있다. 마스크리스 직접 라이팅은 하전 입자 비임 리소그래피가 집적 회로를 생성하도록 패턴을 반도체 또는 실리콘 웨이퍼와 같은 기판으로 전사하기 위해 이용되는 프린팅 공정이다. 다른 기판은 평판 디스플레이, 나노-프린팅용 임프린트 마스크, 또는 심지어 레티클을 포함할 수 있다. 층의 목표 패턴(desired pattern)은 기판상에 직접 라이팅되며, 이러한 경우 표면은 또한 기판이다. 패턴화 층이 전사되면, 층은 에칭, 이온-주입(도핑), 금속화, 산화, 및 폴리싱과 같은 다양한 다른 공정을 겪을 수 있다. 이러한 공정은 기판 내에 개별 층을 마무리하기 위해 적용된다. 수 개의 층이 요구되는 경우, 이때 전체 공정 또는 전체 공정의 변화는 각각의 새로운 층에 대해 반복된다. 층의 일부는 광 리소그래피를 이용하여 라이팅될 수 있으며 나머지는 동일한 기판을 제조하도록 마스크리스 직접 라이팅을 이용하여 라이팅될 수 있다. 결국, 다중의 소자 또는 집적 회로의 조합이 기판상에 존재하게 된다. 이러한 집적 회로는 이어서 절단 작업에 의해 서로로부터 분리되어 개별 패키지 내로 장착된다. 더욱 일반적인 경우에서, 표면상의 패턴은 디스플레이 픽셀 또는 자기 녹음 헤드와 같은 인공물을 형성하기 위해 이용될 수 있다.
- [0005] 설명된 바와 같이, 광 리소그래피에서 리소그래픽 마스크 또는 레티클은 기판상으로 통합되도록 회로 부품에 대응하는 기하학적 패턴을 포함한다. 레티클을 제조하기 위해 이용된 패턴은 컴퓨터 지원 설계(CAD) 소프트웨어 또는 프로그램을 이용하여 생성될 수 있다. 패턴 설계시, CAD 프로그램은 레티클을 생성하도록 한 세트의 미리 결정된 설계 룰(rule)을 따를 수 있다. 이러한 룰은 공정, 설계, 및 최종-용도 한계에 의해 설정될 수 있다. 최종-용도 한계의 일 예는 요구된 공급 전압에서 충분히 작동할 수 없는 방식으로 트랜지스터의 지오메트리(geometry)를 정의하는 것이다. 특히, 설계 룰은 회로 소자 또는 상호 연결 라인 사이의 공간 허용오차를 한정할 수 있다. 설계 룰은 예를 들면 회로 장치 소자 또는 라인이 원하지 않은 방식으로 서로 상호작용하지 않도록 하는 것을 보장하기 위해 이용된다. 예를 들면, 설계 룰은 라인이 단락을 일으킬 수 있는 방식으로 서로 너무 가까워지지 않도록 이용된다. 다른 것 중에서, 설계 룰 한계는 신뢰성 있게 제조될 수 있는 가장 작은 치수를 반영한다. 이러한 작은 치수를 지칭할 때, 통상적으로 임계 치수의 개념을 도입한다. 이것은 예를 들면, 두 개의 라인들 사이의 가장 작은 공간 또는 라인의 가장 작은 폭으로서 정의되며, 이러한 치수는 정교한 제어를 요구한다.
- [0006] 광 리소그래피에 의한 집적 회로 제조시 하나의 목적은 레티클의 이용에 의해 기판상에 원래의 회로 설계를 재생하는 것이다. 집적 회로 제조자는 항상 가능한 한 효율적으로 반도체 웨이퍼 면적(real estate)을 이용하기 위한 시도를 한다. 엔지니어는 집적 회로가 더 많은 회로 소자들을 포함하고 적은 전력을 이용하도록 회로의 크기를 계속 줄이고자 한다. 집적 회로 임계 치수의 크기가 감소되고 집적 회로의 회로 밀도가 증가하는 경우,

집적 회로의 대응하는 마스크 패턴의 임계적 치수는 광 리소그래피에서 이용되는 광 노출 도구의 해상도 한계에 도달한다. 회로 패턴의 임계적 치수가 더 작아지고 노출 도구의 해상도 값에 도달할 때, 레지스트 층에 전개된 마스크 패턴과 실제 회로 패턴 사이의 정밀한 복사가 어렵게 된다. 광 리소그래픽 공정에서 이용되는 광 파장보다 작은 피쳐(feature)를 가지는 패턴을 전사하도록 광 리소그래피의 이용에 부가하여, 광 근접 보정(OPC)으로서 알려진 공정이 개발되었다. OPC는 광 회절 및 피쳐와 근접한 피쳐의 광 상호 작용과 같은 영향에 의해 발생하는 뒤틀림(distortion)을 보상하기 위해 원래의 마스크 패턴을 변경한다. OPC는 레티클로 수행되는 모든 해상도 강화 기술을 포함한다.

[0007] OPC는 원래의 마스크 패턴, 즉 설계와 기관상에 최종으로 전사된 회로 패턴 사이의 차이를 감소시키기 위해 서브(sub)-해상도 리소그래픽 피쳐를 마스크 패턴에 부가한다. 서브-해상도 리소그래픽 피쳐는 원래의 마스크 패턴과 그리고 서로 상호 작용하여 최종으로 전사된 회로 패턴을 개선하도록 근접 효과를 보상한다. 패턴의 전사를 개선하기 위해 이용되는 하나의 피쳐는 서브-해상도 보조 피쳐(sub-resolution assist feature; SRAF)이다. 패턴 전사를 개선하기 위해 부가되는 또 다른 피쳐는 "세리프(serif)"로 지칭된다. 세리프는 최종 전사된 이미지에서 모서리를 뚜렷하게 하도록(sharpen) 패턴의 모서리상에 위치될 수 있는 소형 피쳐이다. 광 리소그래피의 한계가 서브-파장 영역(regime) 내로 훨씬 확장될 수 있기 때문에, OPC 피쳐는 심지어 더욱 섬세한 상호 작용 및 영향을 보상하도록 더욱 복잡하게 형성되어야 한다. 그러나, 이미징 시스템이 자신의 한계에 더 근접하게 강제될 때, 충분히 미세한 OPC 피쳐로 레티클을 생산할 수 있는 능력은 임계적이 된다. 비록 마스크 패턴으로 세리프 또는 다른 OPC 피쳐를 부가하지만, 이는 또한 마스크 패턴 내의 총 피쳐 개수를 실질적으로 증가시킨다. 예를 들면, 종래의 기술을 이용하여 정사각형의 모서리의 각각에 세리프를 부가함으로써 마스크 또는 레티클 패턴에 8개 이상의 직사각형을 부가한다. OPC 피쳐를 부가하는 것은 매우 힘든 작업이며, 비용이 많이 드는 계산 시간(computation time)을 요구하고, 더욱 비싼 레티클을 초래한다. OPC 패턴이 복잡할 뿐만 아니라 광 근접 효과가 최소 라인 및 공간 치수에 비해 긴 범위이므로, 주어진 장소에서 보정된 OPC 패턴은 다른 지오메트리가 이웃에 있는 것에 상당히 종속한다. 따라서, 예를 들면, 라인 단부는 레티클 상의 라인 단부 근처에 무엇이 있느냐에 따라 상이한 크기의 세리프를 가질 것이다. 이는 심지어 대상물이 웨이퍼 상에 동일한 형상으로 정확히 생산되어야 할지라도 그렇다. 이러한 약간이지만 임계적인 변화들은 중요하고 다른 것들이 레티클 패턴을 형성할 수 있는 것을 방지하였다. 종래에는 메인 피쳐 및 OPC 피쳐에서 레티클 상에 라이팅되는 OPC-데코레이팅(decorated) 패턴을 논의하였는데, 메인 피쳐는 OPC 데코레이션 전 설계를 반영하는 피쳐이고, OPC 피쳐는 세리프, 조그(jog), 및 SRAF를 포함할 수 있다. 약간의 변화들에 의해 의미되는 것을 정량화하기 위해, 이웃으로부터 이웃으로의 OPC 데코레이션에서 통상적인 약간의 변화는 메인 피쳐 크기의 5% 내지 80%일 수 있다. 명료성을 위해, OPC의 설계에서의 변화들이 언급되고 있는 것이라는 점에 주의하라. 라인-에지 거칠기(line-edge roughness) 및 모서리 라운딩과 같은 제조 변화는 또한 실제 표면 패턴에서 존재할 것이다. 이러한 OPC 변화가 실질적으로 웨이퍼 상에 동일한 패턴을 형성할 때, 의미하는 것은 웨이퍼 상의 지오메트리(geometry)가 특정 에러 내에서 동일하게 되는 것을 목표로 한다는 것인데, 특정 에러는 상기 지오메트리, 예를 들며 트랜지스터 또는 와이어를 수행하도록 설계되는 기능의 세부사항들에 종속된다. 그럼에도 불구하고, 통상적인 사양은 메인 피쳐 범위의 2% 내지 50% 내에 있다. 또한 변화를 일으킬 수 있는 수많은 요소들이 있지만, 전체 에러의 OPC 성분은 종종 리스트된 범위 내에 있다.

[0008] 광 리소그래피 또는 하전 입자 비임 리소그래피를 이용하는 것을 포함하는, 레티클 상에 패턴을 형성하기 위한 다수의 기술이 있다. 가장 통상적으로 이용되는 시스템은 가변 형상 비임(VSB)이며, 가변 형상 비임은 하전 입자 비임 라이터 시스템의 타입이며, 이 시스템에서 정밀한 전자 비임이 형상화되어 레티클의 레지스트-코팅 표면으로 안내된다. 이러한 형상화는 간단한 형상화이며 보통 소정의 최소 및 최대 크기의 직사각형 및 삼각형으로 제한되며, 직사각형은 데카르트 좌표 평면의 축선에 대해 평행한 측부를 가지며, 삼각형은 3개의 내각이 소정의 최소 및 최대 크기의 45도, 45도, 및 90도이다. 미리-결정된 장소에서, 전자의 조사량(dose)이 이러한 간단한 형상을 가진 레지스트 내로 방사된다. 이러한 타입의 시스템에 대한 총 라이팅 시간은 샷(shot)의 개수와 함께 증가된다. 전자의 조사량 또는 샷은 종래에는 가능한 모든 경우에서 중첩되는 것을 피하도록 설계되어, 레티클 상의 레지스트가 어떻게 패턴을 레지스터(register)하는가의 계산을 매우 단순화하도록 하였다. 그러나, OPC 피쳐는 더욱 복잡하게 되기 때문에, 한 세트의 중첩되지 않는 단순한 형상들로의 패턴의 분리 또는 분절(fracturing)은 다수의 수 십억 개의 단순한 형상들을 초래할 수 있어, 매우 긴 레티클 라이팅 시간을 초래하였다.

[0009] 기관을 이용하기 위해 이용되는 레티클을 준비 및 제조하는 데 소요되는 시간 및 비용을 감소시키는 것이 유용하다. 더욱 일반적으로, 임의의 표면을 준비 및 제조하는데 걸리는 시간 및 비용을 감소시키는 것이 유용하다. 예를 들면, 표면이 그들 중에서 단지 약간의 차이점만을 가지는 수천 개의 패턴들을 가질 수 있다. 최소 개수



의 VSB 샷으로 이러한 약간 상이한 패턴들 모두를 생성하는 것이 바람직하다.

### 발명의 내용

- [0010] 다수의 가변 형상 비임(VSB) 샷(shot)이 표면에 목표 패턴을 형성하기 위해 이용되는 방법이 공개된다. 다수의 샷 내의 샷들은 서로 중첩되는 것을 허용한다. 샷의 조사량(dosage)은 또한 변화되는 것이 허용된다. 다수의 샷들의 합체(union)는 목표 패턴으로부터 벗어날 수 있다. 다수의 샷은 다수의 샷으로부터 계산된 표면상의 패턴이 목표 패턴의 미리 결정된 허용 오차 내에 있도록 결정될 수 있다. 일부 실시예에서, 최적화 기술은 샷 카운트(count)를 최소화하기 위해 이용될 수 있다. 다른 실시예에서, 다수의 샷은 하나 또는 둘 이상의 미리-계산된 VSB 샷 또는 VSB 샷들, 즉 글리프(glyph)의 그룹으로부터 임의적으로 선택될 수 있다. 본 개시물의 방법은 예를 들면 레티클을 이용하여 광 리소그래피에 의한 집적 회로를 제조하는 공정에서, 또는 직접 라이팅을 이용하여 집적 회로를 제조하는 공정에서 이용될 수 있다.
- [0011] 기관을 위한 목표 패턴의 광 근접 보정(OPC)을 위한 방법이 또한 개시되며, 이 방법에서 목표 기관 패턴의 OPC-보정 버전을 표면에 형성할 수 있는 다수의 가변 형상 비임(VSB) 샷들이 결정된다. 상술된 바와 같이, 샷들은 서로 중첩되는 것을 허용하고, 샷 조사량이 변화할 수 있으며, 다수의 샷들의 합체는 목표 패턴으로부터 벗어날 수 있다.
- [0012] 레티클을 형성하는 목표 패턴의 근접 영향 보정 또는 분절 또는 마스크 데이터 준비를 위한 방법이 또한 개시되며, 이 방법에서 목표 패턴을 형성할 수 있는 다수의 가변 형상 비임(VSB) 샷들이 결정된다. 상술된 바와 같이, 샷들은 서로 중첩되는 것을 허용하고 샷 조사량이 변화할 수 있으며, 다수의 샷의 합체는 목표 패턴으로부터 벗어날 수 있다.
- [0013] 글리프를 형성하는 방법이 또한 개시되며, 이 방법에서 VSB 샷들 중 하나 또는 VSB 샷들의 그룹으로부터 하나의 표면에 초래되는 패턴이 미리-계산된다. VSB 샷들의 그룹 내의 샷들은 서로 중복되는 것을 허용한다. 샷들의 조사량은 또한 가변될 수 있다.
- [0014] 본 개시물의 이러한 및 다른 장점은 첨부된 도면과 관련하여 아래의 상세한 설명을 고려한 후 명백하게 될 것이다.

### 도면의 간단한 설명

- [0015] 도 1은 표면을 제조하기 위해 이용되는 가변 형상 비임 하전 입자 비임 라이터 시스템을 도시하며,  
 도 2는 광 리소그래피 시스템을 도시하며,  
 도 3a는 기관상에 배치된 패턴의 설계를 도시하며,  
 도 3b는 도 3a에 도시된 설계로부터 레티클에 형성되는 패턴을 도시하며,  
 도 3c는 도 3b의 레티클을 이용하여 기관의 포토레지스트에 형성된 패턴을 도시하며,  
 도 4a는 도 3a에 도시된 광 근접 보정 버전의 패턴을 도시하며,  
 도 4b는 패턴이 레티클에 형성된 후 도 4a에 도시된 패턴의 광 근접 보정 버전을 도시하며,  
 도 4c는 도 4b의 레티클을 이용하여 실리콘 웨이퍼의 포토레지스트에 형성된 패턴을 도시하며,  
 도 5a는 기관상에 형성된 패턴의 설계를 도시하며,  
 도 5b는 정상 조사량을 이용하여 기관상에 형성된 도 5a의 패턴을 도시하며,  
 도 5c는 정상보다 적은 조사량을 이용하여 표면에 형성된 도 5a의 패턴을 도시하며,  
 도 5d는 정상보다 많은 조사량을 이용하여 표면에 형성된 도 5a의 패턴을 도시하며,  
 도 6a는 표면에 형성된 다각형 패턴을 도시하며,  
 도 6b는 중첩되는 직사각형으로 도 6a의 패턴의 분절을 도시하며,  
 도 6c는 도 6b의 중첩되는 직사각형으로부터 형성된 표면상의 결과적인 패턴을 도시하며,  
 도 6d는 중첩되지 않은 직사각형으로 도 6a의 패턴의 분절을 도시하며,

- 도 7a는 하전 입자 비임 라이터 시스템의 필드 경계를 가로질러 연장하는 직사각형 패턴을 도시하며,
- 도 7b는 하전 입자 비임 라이터 시스템에서의 부정확성에 의해 도 7a의 패턴에 라이팅하는 것으로부터 초래할 수 있는 표면상의 패턴을 도시하며,
- 도 7c는 하전 입자 비임 라이터 시스템에서의 부정확성에 의해 도 7a의 패턴을 라이팅하는 것으로부터 초래할 수 있는 표면상의 또 다른 패턴을 도시하며,
- 도 7d는 고스트 샷(ghost shot)을 이용하여 표면으로 도 7a의 패턴을 전사하는 방법을 도시하며,
- 도 8a는 하전 입자 비임 라이터 시스템에 의해 라이팅하기 위한 필드 내로 목표 패턴의 하나의 분할 부분(해칭 됨)을 도시하며,
- 도 8b는 하전 입자 비임 라이터 시스템에 의해 라이팅하기 위한 필드 내로 목표 패턴의 또 다른 분할 부분(해칭 됨)을 도시하며,
- 도 9a는 두 개의 중첩되는 VSB 샷을 도시하며,
- 도 9b는 정상 조사량을 이용하여 도 9a의 중첩되는 VSB 샷으로부터 초래되는 표면상의 패턴을 도시하며,
- 도 9c는 정상보다 많은 조사량을 이용하여 도 9a의 중첩되는 VSB 샷으로부터 초래되는 표면상의 패턴을 도시하며,
- 도 10a는 직사각형 패턴의 설계를 도시하며,
- 도 10b는 OPC 후 도 10a의 패턴을 도시하며,
- 도 10c는 중첩되지 않는 직사각형으로 도 10b의 패턴의 분절을 도시하며,
- 도 10d는 중첩되지 않는 샷으로 도 10b의 패턴의 종래의 분절을 도시하며,
- 도 10e는 본 개시물에 따라 예시적인 다수의 중첩되는 직사각형을 도시하며,
- 도 11a는 실리콘 웨이퍼 상의 집적 회로와 같은 기관 제조시 이용하기 위한 표면을 준비하는 방법의 개념의 흐름도의 일 실시예를 도시하며,
- 도 11b는 실리콘 웨이퍼 상의 집적 회로와 같은 기관 제조시 이용하기 위한 기관을 준비하는 방법의 개념의 흐름도의 또 다른 실시예를 도시하며,
- 도 12는 실리콘 웨이퍼 상의 집적 회로와 같은 기관 제조시 이용하기 위한 표면을 준비하는 방법의 또 다른 개념의 흐름도를 도시하며,
- 도 13은 글리프의 예들을 도시하며,
- 도 14는 파라미터화된 글리프의 예들을 도시하며,
- 도 15는 실리콘 웨이퍼 상의 집적 회로와 같은 기관 제조시 표면을 준비하는 방법의 개념의 흐름도의 추가 실시예를 도시하며,
- 도 16a는 기관상에 형성된 패턴을 도시하며,
- 도 16b는 도 16a의 패턴을 형성하도록 메인 VSB 샷 및 보조 VSB 샷의 이용을 도시하며,
- 도 17a는 표면상에 형성된 패턴을 도시하며,
- 도 17b는 도 17a의 패턴을 형성하도록 메인 VSB 샷 및 보조 VSB 샷의 이용을 도시하며,
- 도 18a는 서로 매우 근접한 두 개의 VSB 샷을 도시하며,
- 도 18b는 도 18a의 형상을 통하여 도시된 라인을 따른 조사량의 그래프를 도시하며,
- 도 18c는 도 18a의 샷으로부터 표면상의 결과적인 패턴을 도시하며,
- 도 19a는 표면상에 형성된 패턴을 도시하며,
- 도 19b는 도 19a의 패턴 상의 OPC 처리의 결과인 곡선형 패턴을 도시하며,

도 19c는 표면상에 도 19b의 곡선형 패턴을 형성할 수 있는 하나의 예시적인 세트의 중첩되는 VSB 샷을 도시하며,

도 19d는 표면상의 도 19b의 곡선형 패턴을 형성할 수 있는 또 다른 예시적인 세트의 중첩되는 VSB 샷을 도시하며,

도 20은 VSB 샷 분절 개념의 흐름도의 일 실시예를 도시한다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0016] 본 개시물의 개선점 및 장점은 VSB 샷과 정상치 아닌 조사량을 중첩시킴으로써, 그리고 패턴이 더 많은 종래의 비-중첩, 정상 조사량 VSB 샷에 비해 감소된 샷의 개수로부터 생성되는 샷의 합체가 목표 패턴으로부터 벗어나도록 함으로써, 달성될 수 있다. 따라서, 표면을 준비하는 것과 관련된 긴 라이팅 시간 및 이에 따른 높은 비용과 같은 종래의 문제점을 해결하는 표면을 제조하기 위한 방법 및 시스템이 제공된다.

[0017] 지금부터 도면을 참조하면, 동일한 도면부호는 동일한 구성을 지칭하며, 도 1은 하전 입자 비임 라이터 시스템, 이 경우 본 개시물에 따른 표면(12)을 제조하도록 가변 형상 비임(VSB)을 적용하는 전자 비임 라이터 시스템(10)과 같은, 리소그래피 시스템의 일 실시예를 표시한다. 전자 비임 라이터 시스템(10)은 애퍼처 플레이트(aperature plate; 18)를 향하여 전자 비임(16)을 투사하는 전자 비임 소스(14)를 가진다. 애퍼처 플레이트(18)는 전자 비임(16)이 통과하도록 하고 애퍼처 플레이트 내부에 형성된 애퍼처(20)를 가진다. 전자 비임(16)이 애퍼처(20)를 통과하면 전자 비임은 또 다른 직사각형 애퍼처 플레이트 또는 형판 마스크(stencil mask)(24)를 향하는 전자 비임(22)으로서 렌즈들의 시스템(도시 안 됨)에 의해 지향 또는 편향된다. 형판 마스크(24)는 내부에 형성된 다수의 애퍼처(26)를 가지며 이 애퍼처는 직사각형 또는 삼각형과 같은 다양한 단순한 형상을 형성한다. 형판 마스크(24)에 형성된 각각의 애퍼처(26)는 표면(12) 내에 패턴을 형성하기 위해 이용될 수 있다. 전자 비임(30)은 애퍼처들(26) 중 하나로부터 나와서 패턴(28)으로서 표면(12) 상으로 지향된다. 표면(12)은 전자 비임(30)과 반응하는 레지스트(도시안됨)로 코팅된다. 전자 비임(22)은 애퍼처(26)의 가변 부분을 중첩시키도록 지향되어, 패턴(28)의 크기 및 형상에 영향을 미친다. 표면(12)은 가동(movable) 플랫폼(32) 상에 장착된다. 플랫폼(32)은 표면(12)이 채워지도록 하여 하전 입자 비임(30)의 필드 크기 또는 최대 편향 능력보다 큰 패턴이 표면(12)으로 라이팅될 수 있도록 한다. 일 실시예에서 표면(12)은 레티클일 수 있다. 이러한 실시예에서, 패턴이 노출된 후 레티클은 다양한 제조 단계를 거치며 이 제조 단계를 통하여 리소그래픽 마스크가 된다. 마스크는 이어서 도 2에 도시된 광 리소그래피 소자 또는 기계(34)에서 이용될 수 있다. 광 리소그래피 기계(34)는 조명 소스(illumination source; 36), 마스크(37), 및 집적 회로를 생산하도록 일반적으로 감소된 크기의 레티클 패턴(28)의 이미지를 실리콘 웨이퍼(39) 상으로 투사하는 하나 또는 둘 이상의 렌즈들(38)을 포함한다. 더욱 일반적으로, 마스크(37)는 기관(39) 상으로 패턴(28)을 전사하도록 또 다른 소자 또는 기계에서 이용된다. 또 다른 실시예에서 표면(12)은 실리콘 웨이퍼와 같은 기관이다.

[0018] 상술된 바와 같이, 반도체 및 다른 나노-기술 제조기가 광 리소그래피의 한계에 도달하였기 때문에, 기관상으로 이상적인 패턴을 전사하는 것이 어렵다. 예를 들면, 도 3a는 기관의 레지스트에 형성되는 회로가 표시되는 이상적인 패턴(40)을 도시한다. 레티클 및 마스크 위에 형성된 패턴(40)을 가지도록 시도하는 레티클 및 마스크가 생산될 때, 레티클은 패턴(40)을 완벽하게 표시하지 않는다. 패턴(40)을 표시하도록 시도하는 레티클 내에 형성될 수 있는 패턴(42)이 도 3b에 도시된다. 패턴(42)은 패턴(40)에 비해 더 둥글게 되고 짧아진 피처를 가진다. 패턴(42)이 광 리소그래픽 공정에서 적용될 때, 패턴(44)은 도 3에 도시된 바와 같이 기관상의 포토레지스트에 형성된다. 패턴(44)은 이상적인 패턴(40)에 매우 근접하지 않으며 이는 광 근접 보정이 요구되는 이유를 보여준다.

[0019] 패턴들(40 및 44) 사이의 차이를 보상하기 위한 노력으로, 광 근접 보정이 이용된다. 광 근접 보정은 광 회절, 이웃하는 형상들의 광 상호 작용, 및 레지스트 공정 효과에 의해 발생하는 뒤틀림을 보상하기 위해 레티클을 변경하도록 설계 패턴을 변경한다. 도 4a 내지 도 4c는 광 근접 보정이 패턴(44)의 더 향상된 버전으로 현상(develop)하도록 광 리소그래픽 공정을 강화하기 위해 적용될 수 있는 방법을 보여준다. 특히, 도 4a는 패턴(40)의 변경된 버전인 패턴(50)을 도시한다. 패턴(50)은 모서리의 날카로움이 감소되도록 광 및 처리 영향을 감소시키기 위한 시도에서 특별한 영역을 제공하도록 패턴(50)의 다양한 모서리에 부가된 세리프 요소(52)를 가진다. 패턴(50)의 레티클이 생산될 때 패턴이 도 4b에 도시된 바와 같은 패턴(54)으로서 레티클 내에 나타날 수 있다. 광 근접 보정된 패턴(54)이 광 리소그래피 소자 내에서 이용될 때 도 4c에 도시된 바와 같은 출력 패턴(56)이 생산된다. 패턴(56)은 패턴(44)보다 이상적인 패턴(40)과 더 닮았으며 이는 광 근접 보정 때문이다.

비록 광 근접 보정을 이용하는 것이 도움이 되지만, 모든 패턴이 변경 또는 데코레이팅되는 것이 요구될 수 있어, 이는 레티클을 생산하기 위한 시간 및 비용을 증가시킨다. 또한, OPC가 적용될 때 레티클 상에 형성된 다양한 패턴은 패턴들 사이에 약간의 차이를 적절히 가질 수 있으며 이는 레티클을 준비하는데 있어서의 시간 및 비용에 부가된다.

[0020] 도 1을 참조하면, 패턴이 레지스트-코팅된 표면(12)에 라이팅될 때, 기관상의 결과적인 패턴은 노출 또는 조사량으로 지칭되는, 레지스트에 도달하는 입자의 양에 종속된다. 가변 형상 비임 샷의 조사량은 셔터 속도, 시간의 길이이며, 시간의 길이에 대해 주어진 샷이 표면상으로 투사된다. "조사량 보정"은 소정의 주어진 샷에 대한 조사량의 양이 예를 들면 근접 효과 보정(PEC)에 대해 약간 변형되는 공정 단계이다. 이 때문에, 최적 또는 "정상" 조사량은 모든 샷에 대해 동일하지 않게 된다. 도 5a는 표면상에 라이팅되는 샘플 다각형 패턴(60)을 도시한다. 도 5b는 정상 조사량으로 레티클 상에 초래되는 패턴(62)을 도시한다. 패턴(62)의 모서리가 이상적인 패턴(60)에 비해 다소 둥글게 된 것에 주목하라. 도 5c는 정상보다 적은 조사량(less than normal dose)으로 레티클 상에 초래되는 패턴(64)을 도시한다. 패턴(64)은 일반적으로 얇고 패턴의 긴 단부가 정상 조사량 패턴(62)에 비해 다소 짧다. 도 5d는 정상보다 많은 조사량으로 레티클 상에 초래될 수 있는 패턴(66)을 도시한다. 패턴(66)은 "두껍고", 정상 조사량 패턴(62)보다 모든 치수가 약간 더 크다. 패턴들(62, 64 및 66) 사이의 차이는 변화하는 조사량에 대한 레지스트의 반응 때문이다.

[0021] 중첩되는 VSB 샷은 내재적으로 중첩 영역과 비-중첩 영역 사이의 조사량(dosage) 변화를 일으킬 것이다. 예를 들면, 도 6a는 VSB 라이팅에 대한 단순한 형상으로 분해 또는 분절되어야 하는 설계 패턴(70)을 도시한다. 도 6b는 두 개의 직사각형(72 및 74)으로 이루어지는, 하나의 분절 해결법을 도시한다. 직사각형(72 및 74)은 확인의 용이성을 위해 내부로 "X" 패턴으로 표시된다. 볼 수 있는 바와 같이, 직사각형(72 및 74)은 직사각형 영역(75)에서 중첩된다. 직사각형(72 및 74)을 이용하여 형상(70)이 노출되는 경우, 영역(75)은 직사각형(72) 조사량 및 직사각형(74) 조사량의 합인 조사량을 수용한다. 이는 노출된 패턴이 설계된 패턴(70)보다 영역(75) 근처에서 "더 두꺼워지도록" 한다. 도 6c는 도 6b의 분절을 이용하여 표면상에 형성될 수 있는 패턴(76)을 도시한다. 패턴(76)에서 영역(75) 내의 특별한 노출 때문에 내부 모서리(77)가 두드러지게 둥글게 된 것에 주목하라. 도 6d는 중복되지 않은 3개의 직사각형(78, 79 및 80)으로 이루어지는 패턴(70)의 선택적인 분절을 도시한다. 도 6d의 분절은 패턴(70)의 모든 부분이 정상 노출을 수용하기 때문에 전통적으로 바람직하며, 이는 도 6b의 분절보다 설계 패턴(70)의 신뢰성 있는 전사를 표면으로 제공할 수 있다.

[0022] VSB 샷이 전통적으로 중첩되는 소정의 환경이 있다. 예를 들면, 패턴이 노출을 위해 준비될 때, 패턴 형상은 도 1의 전자 비임(30)의 하나의 필드(field)의 경계를 넘어 연장하도록 결정되고, 이어서 형상이 다수 개의 단계들에서 노출되는데, 이러한 다수 개의 단계들에서 패턴의 일부가 노출되고, 플랫폼(32)이 이동하고, 그리고 패턴의 또 다른 부분이 노출된다. 도 7a는 이러한 예에서 필드 경계부(82)가 교차하는 패턴(81)을 도시한다. 도 7b는 두 개의 샷(83 및 84)이, 상이한 필드의 샷인 경우, 표면에 노출될 수 있는 하나의 방법을 도시한다. 플랫폼(32)을 위치시키기 위한 성능에서의 부정확성에 의해, 샷(83 및 84)은 수직 및 수평 방향 모두가 약간 오정렬된다. 도 7b의 예에서, 오정렬은 작은 영역의 중첩을 형성한다. 이러한 패턴이 궁극적으로 기관으로 전달되어 집적 회로로 제조되는 경우, 이러한 중첩은 통상적으로 문제를 일으키지 않을 수 있다. 도 7c는 또 다른 가능한 오정렬을 도시한다. 도 7c에서, 샷들(86 및 88) 사이의 수평 오정렬은 샷들 사이에 겹을 형성한다. 이러한 겹이 실리콘 기관과 같은 기관으로 전사되는 경우, 결과적인 집적 회로는 적절히 기능하지 않을 수 있다. 회로 고장을 일으키는 잠재적인 오정렬을 방지하는 하나의 방법이 도 7d에 도시되는데, 도 7d에서 샷들(90 및 92) 사이의 잠재적인 겹은 고스트 샷(ghost shot)이라고 지칭되는 작은 부가 샷(94)으로 채운다. 고스트 샷 및 패턴 라이팅 공정에서 부정확성을 보상하기 위해 설계된 유사한 기술은 증가된 샷 카운트(shot count)를 초래한다.

[0023] 다중-통과 라이팅(multi-pass writing)은 또 다른 보편적인 기술인데, 이 보편적인 기술에서 VSB 샷은 의도적으로 중첩된다. 이러한 기술로 전체 패턴은 한번 노출되면, 이어서 전체 패턴이 두 번째로 노출된다. 두 번 이상의 통과가 또한 이용될 수 있다. 다중-통과 라이팅은 레지스트 가열, 레지스트 하전 및 필드-대-필드 오정렬과 같은 비-이상적인 라이팅 효과를 감소시키기 위해 이용할 수 있다. 도 8a 및 도 8b는 필드-대-필드 오정렬 효과가 감소될 수 있는 방법을 도시한다. 도 8a는 해치된 영역으로서 도시된 설계(96)를 도시하며 이 설계는 5x5 필드 그리드(98) 위에 놓인다. 도 7로 앞에서 설명된 바와 같이, 필드 경계부를 횡단하는 형상은 나누어지고 다수의 단계들에서 노출된다. 도 8b는 그리드(100)와 설계(96)의 정렬이 그리드(98)와의 정렬과 상이하도록 5x5 필드 그리드(100) 위에 배치되고 해치 영역으로서 도시된 동일한 설계(96)를 도시한다. 설계(96) 내의 패턴이 하나의 통과로 그리드(98) 상의 노출에 대해 분절되고, 이어서 두 번째 통과로 그리드(100) 상의 노출을

위해 재분절되는 경우, 제 1 통과로부터 필드-대-필드 오정렬이 제 2 통과로부터의 필드-대-필드 오정렬과 상이한 장소에서 발생하게 되어, 오정렬의 영향을 감소시킨다. 다중-통과 라이팅에서, 각각의 통과에 대한 조사량은 단일-통과 라이팅에 대한 것보다 비례적으로 낮으며, 모든 통과에 대한 조사량의 합이 패턴의 모든 부분에 대해 정상 조사량이 되는 것이 목표가 된다. 따라서, 보편적으로, 하나의 통과 내에서 샷 중첩이 회피된다. 다중-통과 노출은 또한 레지스트 가열 및 레지스트 변화와 같은 다른 비-이상적 라이팅 효과의 영향을 감소시키기 위해 이용된다. 다중 통과 노출은 실질적으로 샷 카운트(count)를 증가시킨다.

- [0024] 도 16a 및 도 16b는 또 다른 공지된 기술이다. 도 16a에서, 형상(150)은 표면에 형성될 목표 패턴이다. 도 16b는 패턴을 형성하기 위해 이용될 수 있는 한 세트의 3개의 VSB 샷을 도시한다. 이러한 예에서, 샷(151)은 목표 패턴의 형상이고, 샷(152 및 153)은 보조 샷이다. 샷(152 및 153)은 정상보다 적은 조사량을 가진 샷이고 노출 및 후속하는 레지스트 처리 동안 형상(150)의 단부가 짧아지는 것을 방지하도록 설계된다. 도 16a 및 도 16b의 기술에서, 목표 패턴에 대한 샷과 보조 샷 사이의 명확한 구분이 있다.
- [0025] 도 17a 및 도 17b는 또 다른 공지된 기술이다. 도 17a는 표면에 형성될 목표 패턴(160)을 도시한다. 도 17b는 패턴을 형성하기 위해 이용될 수 있는 5개의 VSB 샷이다. 샷(161)은 메인 샷이다. 보조 샷(162, 163, 164 및 165)은 샷(161)에 의해 완전히 중첩된다. 메인 샷보다 상당히 적은 조사량을 이용하는 보조 샷은 입자 비임 노출 시스템의 한계에 의해 발생할 수 있는 표면상의 패턴 내의 모서리의 원형화를 감소시키는데 도움이 된다.
- [0026] 고스트 샷, 다중-통과 라이팅, 및 보조 샷을 포함하는, 중첩되는 VSB 샷에 대한 상술된 기술은 두 개의 공통 특성을 가진다:
- [0027] ● 바람직하게는 오버사이징 또는 언더사이징된, 샷들 모두 또는 샷들의 소정의 서브세트(subset) 중 어느 하나의 합체(union)가 타겟 패턴과 일치한다.
- [0028] ● 모든 기술이 단일-통과 비-중첩 VSB 샷에 비해 샷 카운트를 증가시킨다.
- [0029] 본 개시물은 이러한 두 개의 특성을 회피하는 패턴을 생성하기 위한 방법을 제시한다. 이러한 방법에서:
- [0030] ● 샷 중첩이 허용된다.
- [0031] ● 서로 합쳐질 때, 심지어 샷들 중 일부가 오버사이징될 때조차, 일반적으로 타겟 패턴과 일치하는 샷들의 서브세트가 존재하지 않는다.
- [0032] ● 샷 카운트는 단일-통과, 비-중첩 VSB에 대한 샷 카운트보다 적을 수 있거나 종종 상당히 더 적을 수 있다.
- [0033] 본 개시물의 방법은 예를 들면 컴퓨터-기반 최적화 기술을 이용하여 표면에 목표 패턴을 형성하도록 계산되는 한 세트의 가능하게는-중첩되는 VSB 샷을 결정함으로써 이러한 목적을 달성한다. 상세하게는, 패턴의 모든 부분 내의 레지스트로 정상 조사량을 제공하는 종래의 제한이 제거된다. 비-중첩 및 중첩 VSB 샷 모두에 정상이 아닌 레지스트 조사량(other-than-normal resist dosage)의 이용은 종래의 기술보다 더 적은 샷으로 패턴의 생성을 허용한다. 최적 기술은 정상이 아닌 조사량으로부터 레지스트에 레지스터될 패턴들을 계산하기 위해 입자 비임 시뮬레이션(simulation)과 같은 정밀한 방법에 종속한다. 그러나, 완전한 설계(full design)로 적용될 때, 입자 비임 시뮬레이션 및 샷 최적화에 수반되는 계산 복잡도가 높다. 계산의 복잡도는 지금까지 사람들에게 균일한 정상 조사량을 이용하도록 강제하였고, 여기서, 전체 설계의 입자 비임 시뮬레이션은 요구되지 않는다.
- [0034] 이러한 개시물에 설명된 다양한 흐름은 적절한 컴퓨터 소프트웨어를 구비한 범용 컴퓨터를 이용하여 실시할 수 있다. 요구되는 많은 양의 계산에 의해, 다수의 컴퓨터들 또는 프로세서 코어들이 또한 동시에 이용될 수 있다. 일 실시예에서, 계산은 동시 처리를 유지하도록, 흐름 내의 하나 또는 둘 이상의 계산-집중 단계를 위한 다수의 2-차원 지오메트릭 영역으로 세분될 수 있다. 또 다른 실시예에서, 홀로 또는 다중으로 이용되는, 특별한 목적의 하드웨어 소자는 범용 컴퓨터 또는 프로세서 코어를 이용하는 것보다 더 빠른 속도로 하나 또는 둘 이상의 단계의 계산을 수행하기 위해 이용될 수 있다. 이러한 개시물에서 설명된 최적화 및 시뮬레이션 공정은 가능한 해답들을 교정하고 재계산하는 반복 공정을 포함할 수 있다.
- [0035] 종래의 기술에 비해 현 개시물의 샷 카운트 감소는 곡선 패턴에 대해 특히 중요하다. 예를 들면, 도 9a는 두 개의 직사각형 중첩 샷(110 및 112)을 도시한다. 도 9b는 도 9a에서 점선으로 도시된, 정상 조사량 샷(110 및 112)으로부터 표면에 생성될 수 있는 패턴(114)을 도시한다. 패턴(114)은 비-중첩 샷이 이용되는 경우 두 개 이상의 샷이 요구된다. 또 다른 예에서, 도 9c는 샷(110 및 112)에 의해 생성될 수 있는 패턴(116)을 도시하며 각각의 샷은 정상보다 많은 조사량을 가진다. 결국, 패턴(116)은 패턴(114)보다 크고 다소 상이한 형상을 가진



다. 패턴을 포함하는 중첩 샷들 중 하나 또는 둘 이상의 조사량의 가변은 패턴의 개수가 단지 작은 개수의 샷들을 이용하여 이용가능하게 될 수 있는 것을 향상시키기 위해 이용될 수 있다. 입자 비임 노출 시뮬레이션은 도 9b 및 도 9c의 패턴과 같은, 다수의 샷들로부터 표면에 형성되는 패턴을 결정하기 위해 이용될 수 있다. 단일 VSB 샷 또는 VSB 샷들의 조합에 의해 생성되는 것으로 알려진 패턴은 글리프(glyph)라고 지칭한다. 글리프들의 라이브러리(library)는 미리-계산될 수 있고 광 근접 보정 또는 마스크 데이터 준비 기능에 이용될 수 있다. 예를 들면, 패턴(116 및 114)은 미리-계산되어 글리프 라이브러리에 저장된다.

[0036] 중첩 샷을 이용하는 것의 한 가지 복잡성은 패턴의 각각의 부분에 대한 레지스트 반응을 계산하는 것이다. 레지스트의 영역이 다중 샷들로부터의 조사량을 수용할 때, 샷들 각각으로부터 조사량은 총 조사량을 결정하기 위해 결합되어야 한다. 예를 들면, 도 18a는 매우 근접한 두 개의 VSB 샷 패턴(500 및 502)을 도시한다. 도 18b는 패턴(500 및 502)이 교차하는 라인(503)을 따라 수용된 조사량을 도시한다. 도 18b에서, 패턴(500)을 위한 VSB 샷으로부터 레지스트 상에 라이팅되는 조사량은 504이며, 패턴(502)을 위한 VSB 샷으로부터 레지스트 상에 라이팅되는 조사량은 506이다. 점선(508)은 한계치(508)를 보여주며 이 한계치 위에서 레지스트가 패턴을 라이팅한다. 점선(510)은 504 및 506 모두 현저한 영역에서 504 및 506의 결합을 도시한다. 결합된 조사량(510)은 패턴들(500 및 502) 사이의 어떠한 지점에서도 레지스트 한계치(508) 아래로 가지 않는다는 점에 주목하여야 한다. 따라서 결합 조사량 곡선(510)은 레지스트가 도 18c에 도시된 바와 같이, 패턴(500 및 502)을 단일의 결합된 패턴(512)으로서 라이팅하는 것을 보여준다.

[0037] 레지스트 상의 영역이 정상보다 상당히 많거나 적은 조사량을 수용할 때 표면상의 결과적인 패턴을 예측하기 위한 상당히 많은 시도가 있다. 입자 비임 노출 시뮬레이션은 결과적인 패턴을 결정하기 위해 이용될 수 있다. 이러한 공정은 하전 입자 비임 시스템의 물리적 특성 그리고 레지스트 및 레지스트 아래 표면의 전자-광학적 및 화학적 특성을 규명하기 위해, 하전 입자 비임 시스템에 의한 레지스트-코팅 표면의 노출을 시뮬레이션한다. 입자 비임 노출 시뮬레이션은 전방 산란(forward scattering), 후방 산란, 레지스트 확산, 쿨롱 효과, 에칭, 포깅(fogging), 로딩(loading) 및 레지스트 차징(resist charging)을 포함하는 하전 입자 비임 노출 공정의 다양한 비-이상적 효과를 모델링하기 위해 이용될 수 있다. 이러한 효과들 대부분은 각각의 VSB 샷이 패턴의 다른 가까운 부분만에 영향을 미치는 것을 의미하는 짧은-범위의 효과이다. 그러나, 후방 산란, 포깅 및 로딩은 긴-범위의 효과이고 패턴의 작은 부분만이 고려될 때 정확히 시뮬레이션되지 않는다. 비록 짧은-범위 효과이지만 레지스트 차징은 최종 샷 노출 시퀀스(final shot exposure sequence)가 알려진 후 계산되어야 한다.

[0038] 예를 들면, 도 20은 사전-계산 글리프에 의한, 본질로 지칭되는 공정, 패턴에 대한 VSB 샷을 생성하기 위한 흐름의 일 실시예를 도시한다. 도 20의 흐름도(900)에서, 목표 패턴(902)은 표면에 형성되어야 할, 공정에 대한 1차 입력인 패턴이다. 에칭 보정은 에칭 모델(906)을 기초로 하여, 단계(904)에서 계산된다. 단계(904)는 에칭 전에 레지스트 상에 형성되어지는 목표 패턴인 목표 레지스트 패턴(908)을 형성한다. 따라서, 목표 레지스트 패턴(908)은 글리프에 의한 일치(matching)를 위한 타겟 패턴이다. 별도로, VSB 샷들(920)의 결합은 글리프들의 라이브러리(926)로 부가되도록 글리프를 형성하기 위한 단계(922)에서 시뮬레이션될 수 있다. 입자 비임 시뮬레이션 단계(922)는 짧은 범위의 노출 효과들(924) 중 하나 또는 둘 이상을 위한 모델을 이용한다. 따라서 글리프 라이브러리(926)에서의 결과적인 글리프는 짧은-범위 노출 효과들을 미리-보상한다. 효과들의 범위가 글리프 패턴보다 클 수 있기 때문에 긴 범위 노출 효과는 글리프 생성 동안 보상될 수 없다. 단계(910)에서 글리프 라이브러리로부터의 글리프가 선택, 배치, 및 조사량이 할당되어 미리 결정된 허용오차 내에서 에칭-보정 목표 패턴(908)과 일치하는 레지스트 상의 패턴을 형성하도록 한다. 단계(910)는 샷 조사량을 결정하는데 있어서 긴-범위 노출 효과들(912) 중 하나 또는 둘 이상을 이용한다. 단계(910)의 출력은 VSB 샷(914)의 초기 리스트이다. VSB 샷(914)의 초기 리스트는 이어서 단계(916)에서 시뮬레이션될 수 있고 추가로 보정 또는 교정된다. 단계(917)로부터 단계(916)에서 시뮬레이팅된 패턴은 두 개의 패턴들이 미리 결정된 허용 오차 내에서 일치하는 경우를 결정하도록 목표 레지스트 패턴(908)과 비교된다. 미리 결정된 허용 오차 내의 일치가 발견되지 않는 경우, 단계(916)로부터 입자 비임 시뮬레이팅된 패턴이 에칭-보정된 목표 패턴(908)의 미리 결정된 허용 오차 내에 있을 때까지 부가 보정 및 시뮬레이션이 단계(916)에서 수행될 수 있다. 단계(917)에서 이용된 허용 오차는 또한 미리 결정된 허용 오차 내의 일치가 달성될 수 없는 경우 조정될 수 있다. 단계(917)의 결과는 하전 입자 비임 시스템을 이용하여 레지스트-코팅 표면으로 라이팅하기에 적절한 확인된 샷 리스트(918)이다.

[0039] 도 10a 내지 도 10e는 가변 조사량을 가진 중첩 샷의 이용이 샷 카운트를 감소시킬 수 있는 방법의 일 예를 설명한다. 도 10a는 기판상에 패턴을 형성하는데 있어서 광 리소그래피와 함께 이용하도록, 전자 설계-자동 소프트웨어 시스템에 의해 생성될 수 있는, 콘택(contact)과 같은, 이상적인 패턴(118)을 도시한다. 패턴(114)은

정사각형의 형상이다. 도 10b는 패턴(118)의 OPC 처리에 의해 생성될 수 있는 곡선형 패턴(120)을 도시한다. 패턴(120)은 광 리소그래픽 공정을 이용하기 위한 마스크를 제조하는데 이용하기 위한 레티클 상에 형성된다. 도 10c는 VSB 기술을 이용하여 레티클 상에 패턴(120)을 라이팅하기 위해 이용될 수 있는 중첩되지 않는 직사각형의 하나의 세트(122)를 도시한다. 볼 수 있는 바와 같이, 직사각형들(120)의 세트의 합체는 형상(120)에 매우 가까워진다. 그러나, 실버(silver)로 지칭되는 높은 길이-대-폭의 중첩비를 가진 샷이 쏘여질 때, 소정의 하전 입자 비임 시스템은 상대적으로 부정확하다. 따라서 직사각형들(120)의 세트는 보편적으로 소프트웨어 분절에 의해 생성되지 않는다. 도 10d는 표면에 형상(120)을 라이팅하기 위해 보편적으로 이용될 수 있는 직사각형 및 삼각형의 중첩되지 않는 형상의 또 다른 세트를 도시한다. 이러한 형상의 세트는 실버의 이용 없이 VSB 기술을 이용하여 쏘여질 수 있다. 샷 그룹(124)에는 7개의 샷이 있다. 이는 형상(120)처럼 간단한 모양 (figure)에 대해 많은 개수의 샷이다. 도 10e는 적절한 조사량으로 목표 패턴(120)에 근접하게 레티클 상에 패턴을 라이팅할 수 있는 본 개시물의 3개의 샷 그룹(130)을 도시한다. 이러한 예에서, 샷(132 및 134)은 1.0의 상대적인 조사량을 가지며 샷(136)은 0.6의 상대적인 조사량을 가진다. 레지스트 상에 라이팅된 패턴은 미리-결정된 허용 오차 내의 목표 형상(120)과 유사한 형상(140)이다. 3개의 샷 그룹(130)은 7개의 샷 그룹(124)에 서보다 목표 패턴(120)에 근접한 레지스트 상의 패턴을 라이팅할 수 있다. 이러한 예는 가변 조사량으로 중첩되는 샷이 효과적으로 샷 카운트를 감소하기 위해 이용될 수 있는 방법을 보여준다. 샷들의 간단한 합체에 의해 형성되는 패턴과 실질적으로 상이한 패턴이 형성될 수 있다. 심지어 데카르트 평면의 축선에 대해 평행한 샷들로, 더욱이, 곡선형 형상이 형성될 수 있다. 샷 그룹(130)은 미리-계산되고 콘택 패턴(118)과 일치하는 모든 콘택들로 이용하기 위한 글리프로서 이용가능하게 형성될 수 있다.

[0040] 도 19a 내지 도 19d는 더욱 복잡한 패턴을 구비한 중첩 VSB 샷을 도시한다. 도 19a에서, 패턴(180)은 예를 들면 광 리소그래픽 공정에서의 사용을 위한, 컴퓨터 지원 설계 소프트웨어 시스템에 의해 생성될 수 있는 두 개의 정사각형 형상(182 및 184)으로 이루어진다. 도 19b는 패턴(180)의 OPC 처리에 의해 형성될 수 있는 대응하는 패턴(186)을 도시한다. 이러한 예는 두 개의 동일한 형상(182 및 184)의 OPC 처리가 약간 상이한 결과적인 형상의 세트들을 형성할 수 있는 것을 보여준다. 다수의 종래의 비-중첩 VSB 샷은 레티클 상에 패턴(186)을 형성하는 것이 요구된다. 도 19c는 레티클 상에 곡선형 패턴(186)을 생성할 수 있는 중첩 가변 조사량 VSB 샷들의 세트(190)를 도시한다. 비록 조사량이 도시되지 않았지만, VSB 샷들의 세트(190) 내의 샷들은 가변 조사량을 가진다. 이러한 세트의 샷들을 결정하는데 있어서, 최소 샷 크기 및 최대 샷 중첩비는 제약들로서 설정되었다. 190에서의 샷들의 합체—샷들의 결합(190)에 의해 덮혀진 총 영역—은 곡선형 패턴(186)과 일치하지 않는다. 또한 VSB 샷들의 세트(190)의 어떠한 서브세트도 곡선형 패턴(186)과 일치하지 않는다. 그럼에도 불구하고, 레지스트가 라이팅되는 계산된 패턴은 미리 결정된 허용오차 내에서 곡선형 패턴(186)과 일치한다. 도 19d는 레티클 상에 곡선형 패턴(186)을 생성할 수 있는 중첩 가변 조사량 VSB 샷들의 또 다른 세트를 도시한다. 도 19c에서와 같이, VSB 샷들의 세트(194) 내의 샷은 가변 조사량을 가진다. 샷들의 세트(190) 및 샷들의 세트(194)에서의 샷들의 위치가 매우 상이하며, 또한 두 개의 세트는 미리 결정된 허용오차 내에서 패턴(186)을 형성한다. 이러한 예는 상대적으로 효율적인 곡선형 패턴이 본 개시물에 따른 표면상에 형성될 수 있는 방법을 보여준다.

[0041] 도 11a는 광 리소그래피를 이용하여 실리콘 웨이퍼 상의 집적 회로와 같은 기판을 제조하는데 이용하기 위한 표면을 준비하기 위한 본 개시물의 일 실시예의 개념적인 흐름도(250)이다. 제 1 단계(252)에서, 집적 회로의 물리적 설계와 같은 물리적 설계가 설계된다. 이는 로직 게이트, 트랜지스터, 금속 층, 및 집적 회로에서의 물리적 설계와 같은 물리적 설계에서 발견되는 것이 요구되는 다른 아이템들을 결정할 수 있다. 다음으로, 단계(254)에서, 광 근접 보정이 결정된다. 이러한 개시물의 일 실시예에서, 이는 유용하게는 OPC를 수행하기 위한 계산 시간을 감소시킬 수 있는, 파라미터화된 글리프 또는 미리-계산된 글리프들의 라이브러리를 입력으로서 받아서 포함할 수 있다. 이러한 개시물의 일 실시예에서, OPC 단계(254)는 또한 샷 카운트 또는 라이팅 시간의 동시 최적화를 포함할 수 있고, 또한 분절 작업, 중첩 샷을 허용하는 샷 배치 작업, 정상이 아닌 조사량을 허용하는 조사량 할당 작업을 포함할 수 있거나, 또한 샷 시퀀스 최적화 작업 또는 다른 마스크 데이터 준비 작업을 포함할 수 있다. OPC 단계(254)는 또한 입자 비임 시뮬레이션을 이용할 수 있다. 일단 광 근접 보정이 완료되면, 마스크 설계는 단계(256)에서 전개된다. 이어서, 단계(258)에서, 분절 작업, 샷 배치 작업, 조사량 할당 작업, 또는 샷 시퀀스 최적화를 포함할 수 있는 마스크 데이터 준비 작업이 일어날 수 있다. MDP 단계(258)의 또는 OPC 단계(254)의 단계들 중 어느 하나, 또는 이러한 두 개의 단계들(254 또는 258)에 종속하는 개별 프로그램은 레티클 상에 요구된 패턴들 모두 또는 이 요구된 패턴들 중 많은 부분을 라이팅하도록 표면상에 방사될 수 있는 파라미터화된 글리프들 또는 다수의 글리프들을 결정하기 위한 프로그램을 포함할 수 있다. 하나의 단계에서 마스크 데이터 준비의 다양한 작업 중 어떤 하나 또는 모두 및 OPC의 조합이 본 개시물에서 고려된다.

마스크 데이터 준비(MDP) 단계(258)는 분절 작업을 포함할 수 있으며, 또한 입자 비임 시뮬레이션을 포함할 수 있는데, 분절 작업에서 샷 중첩 및 정상이 아닌 조사량 할당이 허용된다. MDP 단계(258)는 또한 마스크 설계에 근접하게 일치하는 마스크를 생성하도록 클리프를 일치시키기 위한 패턴 일치화 작업을 포함할 수 있다. 마스크 데이터 준비는 또한 약간 상이한 패턴들 중 일부로 표면상에 형성될 패턴을 입력시키고, 샷 카운트 또는 총 라이팅 시간을 감소시키도록 샷 중첩에서의 변화 또는 샷 조사량에서의 변화를 계산하기 위해 입자 비임 노출 시뮬레이션을 이용하는 것을 포함한다. 표면상의 약간 상이한 패턴들의 세트는 기판 상에 실질적으로 동일한 패턴을 형성하도록 설계될 수 있다. 마스크 데이터 준비가 완료되면, 표면은 전자 비임 라이터 시스템과 같은, 마스크 라이터(writer) 기계에서 생성된다. 이러한 특별한 단계는 단계(262)로서 확인된다. 전자 비임 라이터 시스템은 단계(264)에서 도시된 바와 같이, 표면상에 패턴을 형성하도록 표면상으로 형판 마스크 내의 애퍼처를 통하여 전자의 비임을 투사한다. 완료된 표면은 이어서 단계(266)에서 도시되는, 광 리소그래피 기계 상에서 이용될 수 있다. 마지막으로, 단계(268)에서, 실리콘 웨이퍼와 같은 기판이 생성된다. 클리프 생성 단계(274)는 단계(276)에서 클리프들 또는 파라미터화된 클리프들의 세트로 정보를 제공한다. 앞에서 설명한 바와 같이, 클리프 생성 단계(274)는 입자 비임 시뮬레이션을 이용할 수 있다. 또한, 상술된 바와 같이, 클리프 또는 파라미터화된 클리프 단계(276)는 OPC 단계(254) 또는 MDP 단계(258)로 정보를 제공한다.

[0042]

도 11b는 실리콘 웨이퍼 상의 집적 회로와 같은 기판을 제조하는데 이용하기 위한 표면을 준비하는 방법의 더욱 상세한 흐름도(280)이며, 이 흐름도에서 OPC 및 MDP 작업이 유리하게는 단일 단계로 조합된다. 제 1 단계(282)에서, 집적 회로의 물리적 설계와 같은 물리적 설계가 얻어진다. 물리적 설계는 종래의 CAD 물리적 설계 소프트웨어로부터 직접 얻어진 집적 회로일 수 있거나, 물리적 설계는 예를 들면, 하나 또는 다수 개의 설계 층들의 불 연산(Boolean operation), 크기 조절, 바이어싱, 또는 리타겟팅을 수행함으로써 집적 회로 설계로부터 생성될 수 있다. 다음으로, 단계(284)에서, OPC 및 MDP 작업은 마스크 데이터 보정(MDC)으로 명명된 단일 단계에서 수행된다. 하전 입자 비임 라이터 시스템 및 마스크 제조 공정의 특성에 대한 정보(296)는 MDC 단계로 제공된다. 정보(296)는 예를 들면, 전방 산란, 후방 산란, 레지스트 확산, 쿨롱 효과, 레지스트 차장, 포깅, 최대 샷 크기, 최대 샷 총형비 및 샷 지오메트릭설 설명을 포함할 수 있다. 정보(296)는 또한 가능한 VSB 샷들의 라이브러리를 포함한다. 또 다른 실시예에서, 미리-계산된 또는 미리-계산된 클리프(297)는 또한 MDC 단계로 제공될 수 있다. OPC를 수행하도록 요구된 정보(298)는 MDC 단계(284)로 제공될 수 있다. MDC 단계(284)는 광 근접 효과 보정(298)을 수행할 때 하전 입자 비임 시스템 및 공정에 관한 이용가능한 정보(296)를 이용한다. MDC 단계(284)는 목표 웨이퍼 이미지(294)를 달성하도록 VSB 샷들의 생성된 세트를 최적화한다. MDC 단계의 타겟이 되는 목표 웨이퍼 이미지는 물리적 설계(282)일 수 있거나 물리적 설계(282)로부터 얻을 수 있다. 최적화는 VSB 샷들, VSB 샷들의 위치, 및 이들의 조사량의 선택을 포함한다. VSB 샷들, VSB 샷들의 위치, 및 이들의 조사량의 선택은 하전 입자 비임 시스템 정보(296), VSB 샷들의 데이터베이스, 클리프들의 라이브러리, 또는 이들의 조합을 기초로 할 수 있다. 분절된 데이터의 최적화는 마스크 이미지의 시뮬레이션, 시뮬레이팅된 마스크 이미지를 기초로 하는 웨이퍼 이미지의 시뮬레이션, 시뮬레이팅된 웨이퍼 이미지 및 타겟 웨이퍼 이미지의 비교를 포함할 수 있다. 이 같은 비교의 결과는 최적 기준으로서 이용될 수 있다. 다른 최적화 기준은 또한 VSB 샷들의 개수, VSB 샷들의 최소 크기(즉, 실버), 동일한 환경에서 동일한 타겟 웨이퍼 이미지에 대한 VSB 샷들의 동일한 세트들의 생성, 및 물리적 설계(282)에서 대칭 패턴을 라이팅하기 위한 VSB 샷들의 대칭 세트들의 생성을 포함할 수 있다. 다음으로, MDC 단계(284)에 의해 생성되는 준비된 마스크 배치(286)는 표면(290) 상에 패턴을 생성시키도록 마스크 라이터 시스템(288)에서 이용된다. 완성된 표면은 이어서 단계(292)에서 알려진, 광 리소그래피 기계에서 이용될 수 있다. 마지막으로 웨이퍼 상의 이미지는 단계(292)에서 생산된다.

[0043]

지금부터 도 12를 참조하면, 광 리소그래피를 이용하여 실리콘 웨이퍼 상의 집적 회로와 같은 기판을 제조하는데 이용하기 위한 표면을 준비하는 방법의 또 다른 개념적 흐름도(300)가 도시되며, 이 흐름도에서, 마스크 데이터 준비 출력으로부터 생성된 마스크 설계는 등가 기준(equivalence criteria)을 기초로 포스트(post)-OPC 마스크 설계와 비교된다. 제 1 단계(302)에서, 집적 회로의 물리적 설계와 같은 물리적 설계가 설계된다. 이는 설계자가 기판 상으로 전달되는 것을 원하는 이상적인 패턴일 수 있다. 다음으로, 단계(304)에서, 단계(302)에 생성된 이상적인 패턴의 광 근접 보정이 결정된다. 이는 준비될 것이 요구되는 클리프를 선택하는 것을 포함할 수 있다. 광 근접 보정은 또한 가능한 클리프를 입력하는 것을 포함할 수 있으며, 클리프는 변화하는 샷 조사량 또는 변화하는 샷 중첩을 계산하기 위해 입자 비임 노출 시뮬레이션을 이용하여 결정된다. 또한, 광 근접 보정은 가능한 클리프들로부터 하나의 클리프를 선택하고, 선택된 클리프에 기초하여 기판 상에 전사된 패턴을 계산하고, 계산된 패턴이 목표 보정 패턴과 미리 결정된 한계치보다 더 많이 상이한 경우 또 다른 클리프를 선택하는 것을 포함한다. 광 근접 보정이 완료되면, 마스크 설계는 단계(304)에서 전개된다. 이어서, 단계(306)에서, 마스크 설계가 준비된다. 마스크 설계가 준비되면 마스크 설계의 추가 향상이 마스크 데이터 준비 단



계(308)에서 생성된다. 마스크 데이터 준비는 또한 마스크 설계와 근사하게 일치하는 마스크를 생성하도록 글리프들과 일치하는 패턴을 포함할 수 있다. 자동 오류 제거 기술(correct-by-construction) "결정론적(deterministic)" 계산이 수행되는 단지 하나의 반복을 잠재적으로 포함하는, 패턴 일치, 조사량 할당, 및 등가 체크의 반복이 또한 수행될 수 있다. 이러한 단계들은 향상된 등가 마스크 설계를 준비하는 것을 보조할 것이다.

[0044] 마스크가 향상되면, VSB 샷들의 세트와 같은, 등가 마스크 설계가 단계(310)에서 생성된다. 등가 마스크 설계가 실제로 마스크 설계와 동등한지를 결정하기 위해 이용될 수 있는 테스트에 대한 두 개의 동기 부여가 있다. 하나의 동기 부여는 마스크 검사를 통과하는 것이다. 또 다른 동기 부여는 칩 또는 집적 회로가 제조되면 칩 또는 집적 회로가 적절히 기능하게 되는 것을 확인하는 것이다. 패턴 일치화 작업이 일치를 선언하는 근사치는 한 세트의 등가 기준들에 의해 결정될 수 있다. 등가 기준들은 리소-등가(litho-equivalence)에 의해 적어도 부분적으로 추론될 수 있다. 리소-등가는 한 세트의 미리 결정된 지오메트릭 룰, 일치, 부분 일치, 또는 일치되지 않음을 선언하는 한 세트의 수학 방정식에 의해, 또는 마스크 설계의 리소그래피 시뮬레이션 및 등가 마스크 설계의 리소그래피 시뮬레이션을 작동시킴으로써 그리고 한 세트의 미리 결정된 지오메트릭 룰을 이용하는 두 개의 결과를 비교함으로써, 일치, 부분 일치, 또는 일치되지 않음을 선언하는 한 세트의 수학 방정식에 의해 결정될 수 있다. MDP 단계(308)는 결과적인 등가 마스크 설계(310)가 등가 기준들에서 허용가능한 동안 샷 카운트 또는 라이팅 시간을 최적화하도록 미리-결정된 세트의 글리프들, 또는 파라미터화된 글리프들을 이용할 수 있다. 또 다른 실시예에서, OPC 및 MDP는 자동 오류 제거 기술 방법에서 조합될 수 있으며 이 경우 등가 마스크 설계(310)로부터 개별적으로 생성된 마스크 설계(306)가 존재하지 않을 수 있다.

[0045] 등가 마스크 설계가 보정될 것이 결정되면, 표면은 전자 비임 라이터 시스템과 같은, 사전 입자 비임 라이터 시스템에서 준비된다. 이러한 단계는 단계(314) 마스크 라이터로서 식별된다. 전자 비임 라이터 시스템은 표면 상에 패턴을 형성하도록 표면상으로 형판 마스크 내의 애퍼처를 통하여 전자의 비임을 투사한다. 표면은 단계(316) 마스크 이미지에서 완성된다. 완성된 표면은 이어서 집적 회로를 제조하도록 실리콘 웨이퍼와 같은 기판으로 표면상에 존재하는 패턴을 전사하도록 단계(318)에서 도시된, 광 리소그래피 기계에서 이용될 수 있다. 마지막으로, 단계(320)에서, 반도체 웨이퍼와 같은 기판이 생산된다. 글리프 생성 단계(320)는 단계(328)에서 글리프들 또는 파라미터화된 글리프들로 정보를 제공한다. 상술된 바와 같이, 글리프 생성 단계(326)는 입자 비임 시뮬레이션을 이용할 수 있다. 또한, 상술된 바와 같이, 글리프 또는 파라미터화된 글리프 단계(328)는 OPC 단계(304) 또는 MDP 단계(308)로 정보를 제공한다.

[0046] 도 11a를 다시 참조하면, 상술된 바와 같이, 일 실시예에서, OPC 단계(254)는 MDP 단계(258)의 다양한 기능을 포함할 수 있다. 광 근접 보정 시스템은 미리-산출된 또는 미리-계산된 글리프들의 대형 라이브러리로 시작할 수 있다. 광 근접 보정 시스템은 이어서 레티클 설계로 집적 회로의 원래의 물리적 설계의 광 근접 보정 변환을 수행하는데 있어서 가능한 많은 이용가능한 글리프들을 이용하기 위한 시도를 할 수 있다. 글리프들은 관련된 샷 카운트 및 라이팅 시간 최적화 값 또는 값들로 각각 마킹할 수 있으며 광 근접 보정 시스템, 마스크 데이터 준비 시스템, 또는 소정의 독립 프로그램은 적은 샷 카운트 또는 라이팅 시간을 선택함으로써 샷 카운트 또는 라이팅 시간을 최적화할 수 있다. 이러한 최적화는 각각의 글리프가 그리디 방식(greedy manner)으로, 또는 시뮬레이팅된 어닐링으로와 같은 반복 최적화 방식으로 수행될 수 있으며, 그리디 방식에서 각각의 글리프는 일 패턴과 일치하는 글리프를 선택할 일정한 순서(order)로 샷 카운트 또는 라이팅 시간을 선택하기 위해 최상의 글리프인 것을 최적화하도록 선택되며, 반복 최적화 방식에서 글리프 선택의 교체는 전체 샷 카운트 또는 라이팅 시간을 최적화한다. 레티클 상에 형성되는 일부 목표 패턴은 여전히 소정의 이용가능한 글리프들에 의해 일치되지 않은 상태로 남아 있을 수 있으며 이 같은 패턴은 소정의 미리-계산된 글리프의 부분이 아니라 개별 VSB 샷들의 이용에 의해 형성되는 것이 요구될 수 있다.

[0047] 도 15를 참조하면, 실리콘 웨이퍼와 같은 기판 상에 직접 라이팅되는 표면을 준비하기 위한 방법의 또 다른 개념적 흐름도(700)가 도시된다. 제 1 단계(702)에서, 집적 회로의 물리적 설계와 같은, 물리적 설계가 결정된다. 이는 설계자가 기판 상으로 전사되기를 원하는 이상적인 패턴일 수 있다. 다음으로, 단계(704)에서, 근접 효과 보정(PEC) 및 다른 데이터 준비(DP) 단계에서, 입력 데이터를 기판 라이팅 장치로 준비하도록 수행되며, 이 단계에서 물리적 설계의 결과는 약간 상이한 다수의 패턴들을 포함한다. 단계(704)는 또한 단계(724)로부터 가능한 글리프 또는 파라미터화된 글리프들을 입력하는 것을 포함할 수 있으며, 글리프들은 가능한 중첩 VSB 샷들을 기초로 하며, 글리프들은 글리프 생성 단계(722)에서 샷 조사량의 변화 또는 샷 위치의 변화의 계산을 이용하여 결정된다. 단계(704)는 또한 단계(702)에서 생성된 물리적 설계에 근접하게 일치하는 웨이퍼 이미지를 생성하도록 글리프들을 일치시키기 위해 패턴 매칭을 포함할 수 있다. 자동 오류 제거

기술 "결정론적" 계산이 수행되는 단지 한 번의 반복을 잠재적으로 포함하는, 패턴 매칭의 반복, 조사량 할당, 및 등가 체크가 또한 수행될 수 있다. 단계(704)의 결과는 웨이퍼 라이팅 명령들의 세트(706)이다. 웨이퍼 라이팅 명령(706)은 이어서 전자 비임 라이터 시스템과 같은, 웨이퍼 라이터 기계에서 웨이퍼를 준비하기 위해 이용된다. 이러한 단계는 단계(710)로서 식별된다. 전자 비임 라이터 시스템은 표면에 패턴을 형성하도록 전자의 비임을 조정가능한 애퍼처를 통하여 표면상으로 투사한다. 표면은 단계(712)에서 완성된다. 글리프 생성 단계(722)는 단계(724)에서 글리프들 또는 파라미터화된 글리프들의 세트로 정보를 제공한다. 글리프들 또는 파라미터화된 글리프들 단계(724)는 PEC 및 데이터 준비 단계(704)로 정보를 제공한다. 단계(710)는 각각의 처리 층에 대해 요구되는 바와 같은 반복된 적용을 포함할 수 있으며, 잠재적으로 일부는 도 11a 및 도 12와 관련하여 설명된 방법을 이용하여 처리되고, 나머지는 도 15에 대해 위에서 약술된 방법을 이용하여 처리되거나 나머지는 실리콘 웨이퍼 상에 집적 회로를 생산하도록 소정의 다른 웨이퍼 라이팅 방법을 이용하여 생산된다.

[0048] 지금부터, 도 13을 참조하면, 광 근접 보정, 분절, 근접 효과 보정, 또는 마스크 데이터 준비의 소정의 다른 단계들에 의해 이용될 수 있는 글리프(1000, 1002, 1004, 및 1006)의 예가 도시된다. 이러한 글리프들(1000, 1002, 1004, 및 1006)은 VSB 샷의 유사하게 분절된 세트에 의해 생성될 수 있거나 상이한 분절에 의해 생성될 수 있다. 글리프를 생성하는 방법과 관계없이, 글리프는 표면에 가능한 패턴이 되는 것으로 알려진 가능한 패턴을 나타낸다. 각각의 글리프는 글리프를 포함하는 VSB의 샷들 각각에 대한 위치 및 조사량 정보와 관련된 다.

[0049] 도 14는 파라미터화된 글리프(1010 및 1012)의 예들을 보여준다. 글리프(1010)는 변화될 수 있는 치수의 사양이 기재된 일반적인 형상을 설명하며, 이러한 경우 길이는 10 내지 25의 길이 단위 값들로부터 가변된다. 글리프(1012)는 동일한 일반적인 형상을 길이 X가 단지 특정 값들 예를 들면 10, 15, 20 또는 25 중 하나일 수 있는 더욱 제한적인 방식으로 설명한다. 파라미터화된 글리프(1010)는 이러한 설명이 파라미터화되지 않은 글리프의 열거(enumeration) 방법에 실용적이지 않은 매우 다양한 가능한 글리프를 대비함을 보여준다.

[0050] 글리프(1010)에 대한 파라미터화된 글리프 기술(description)의 일 예는 아래와 같을 수 있다:

[0051] pglyph upsideDownLShape (x : 나노미터 여기서((x=10) 또는 ((x>10) 및 (x<25)) 또는 (x=25))));

[0052] rect (0,0,5,15)

[0053] rect (0,15,x,20);

[0054] end pglyph;

[0055] 글리프(1012)에 대한 파라미터화된 글리프 기술의 일 예는 아래와 같을 수 있다;

[0056] pglyph upsideDownLShape2 (x : 나노미터 여기서((x=10) 또는 (x=15) 또는 (x=20) 또는 (x=25))));

[0057] rect (0,0,5,15);

[0058] rect (0,15,x,20);

[0059] end pglyph;

[0060] 이러한 예시적 기술은 파라미터의 값이 여기서 "((x=10) 또는 (x=15) 또는 (x=20) 또는 (x=25))" 또는 "여기서 ((x=10) 또는 ((x>10) 및 (x<25)) 또는 (x=25))"와 같은 소정의 기준을 충족하는지를 결정하는 논리 테스트를 제공하는 파라미터를 기초로 한다. 파라미터화된 글리프를 기술하기 위한 다수의 다른 방법이 있다. 구조적 방법을 설명하는 또 다른 예는 아래와 같다:

[0061] pglyph upsideDownLShape2 (x : 나노미터);

[0062] glyphFor(x=10, x+x+5; x>25)

[0063] {

[0064] rect (0,0,5,15);

[0065] rect (0,15,x,20);

[0066] }

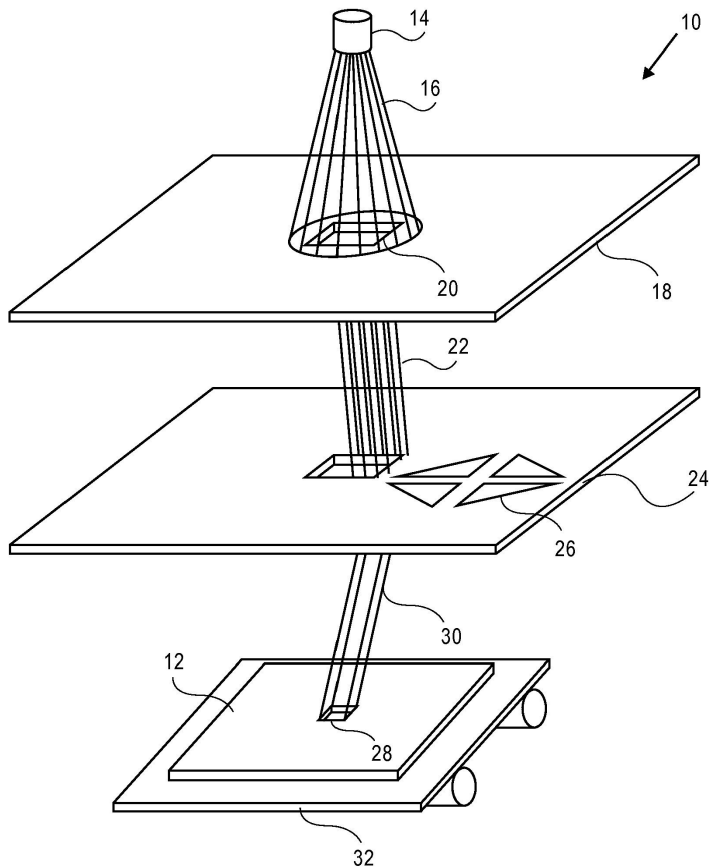
[0067] end pglyph;.

[0068]

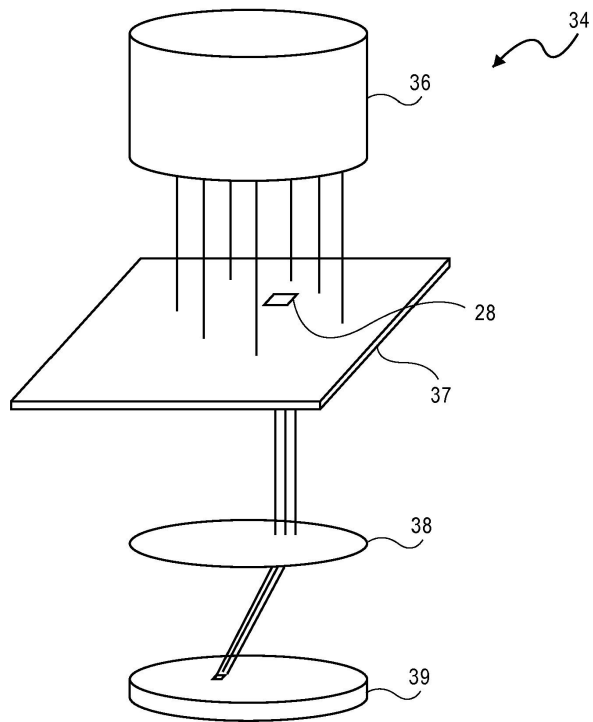
상세한 설명이 특정 실시예에 대해 상세하게 설명되었지만, 전술된 것을 이해할 때, 본 기술분야의 기술자는 이러한 실시예들에 대한 변형, 변경 및 등가물을 용이하게 착상할 수 있을 것이다. 첨부된 청구범위에서 더욱 특별히 제시되는 본 발명의 주요 구성의 사상 및 범위로부터 벗어나지 않고 가변 형상 비임 리소그래피를 이용하여 표면 또는 집적 회로를 제조하기 위한 본 발명의 시스템 및 방법에 대한 이들 및 다른 변경 및 변형은 본 기술분야의 일반적인 기술자에 의해 실시될 것이다. 더욱이, 본 기술분야의 일반적인 기술자는 전술된 설명이 단지 예에 의한 것이고 제한되는 것으로 의도되지 않는다는 것을 인정할 것이다. 따라서, 본 발명의 주요 구성은 첨부된 청구범위 및 이들의 등가물의 범위 내로부터의 이 같은 변경 및 변형을 포함하는 것으로 의도된다.

## 도면

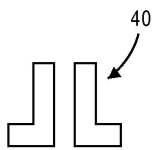
### 도면1



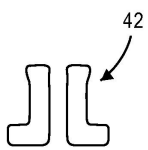
도면2



도면3a



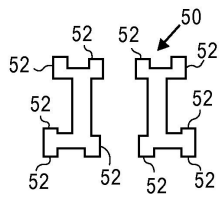
도면3b



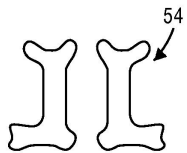
도면3c



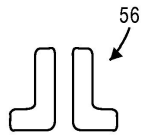
도면4a



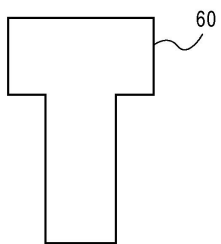
도면4b



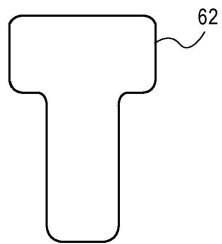
도면4c



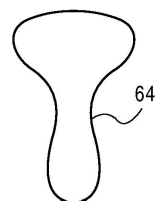
도면5a



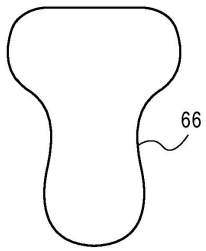
도면5b



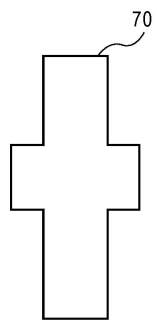
도면5c



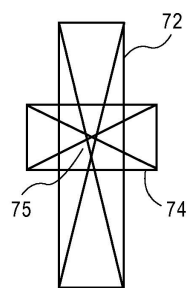
도면5d



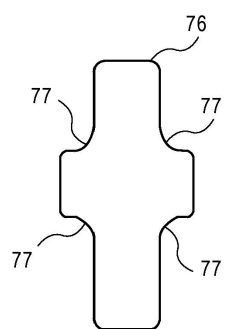
도면6a



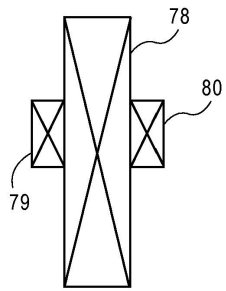
도면6b



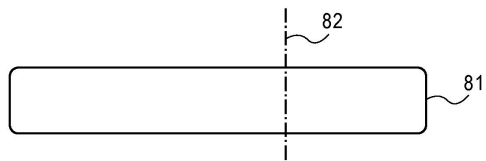
도면6c



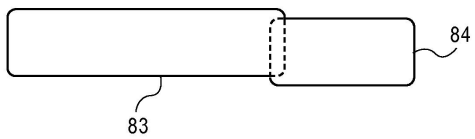
도면6d



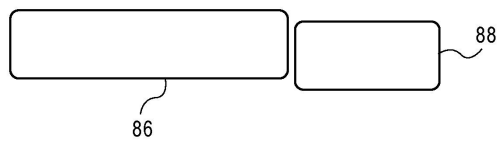
도면7a



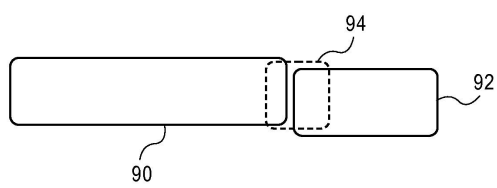
도면7b



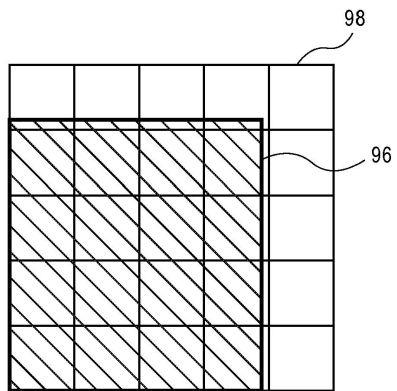
도면7c



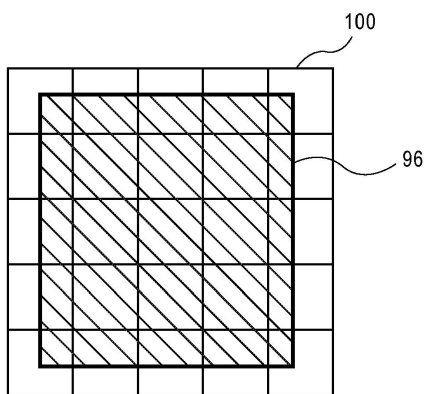
도면7d



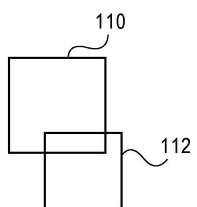
도면8a



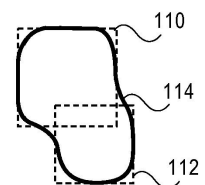
도면8b



도면9a

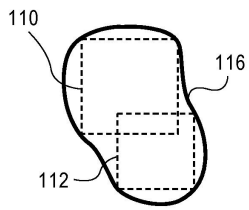


도면9b

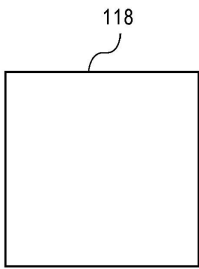




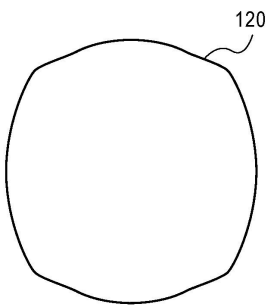
도면9c



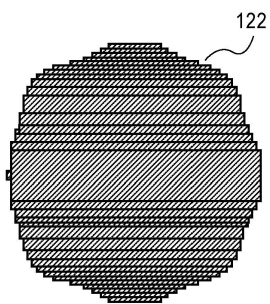
도면10a



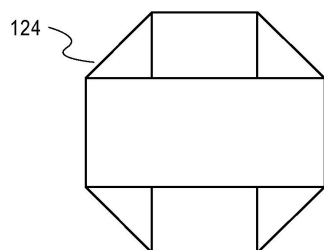
도면10b



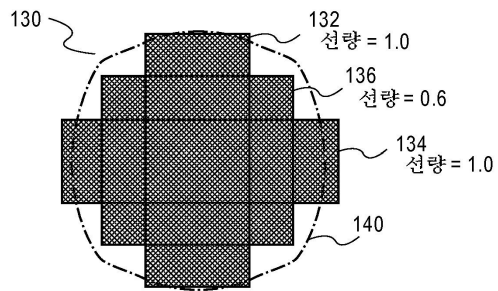
도면10c



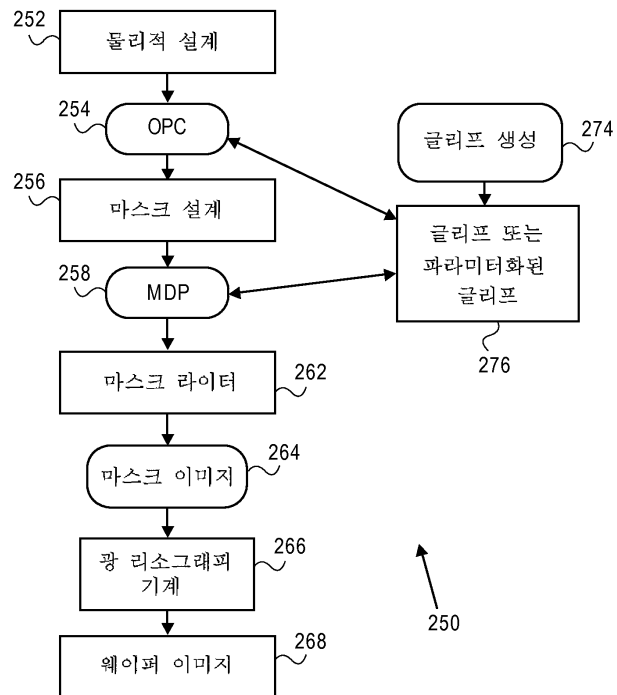
도면10d



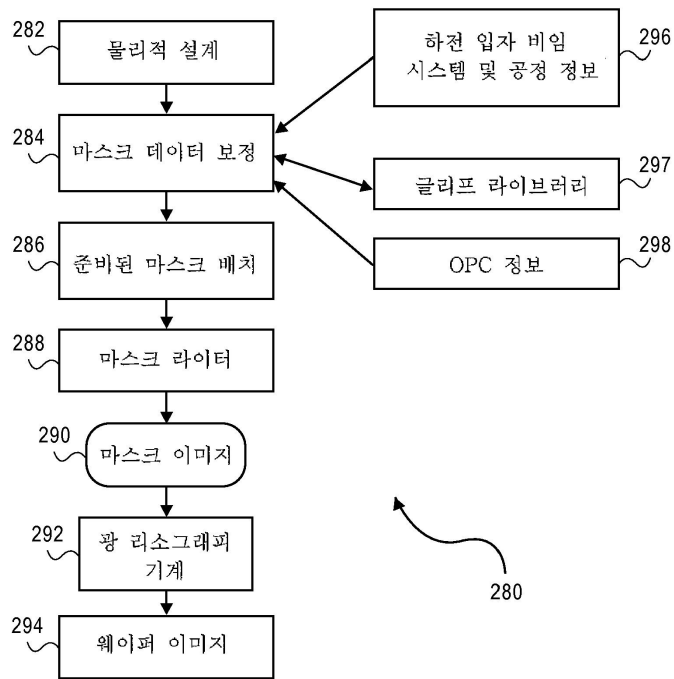
도면10e



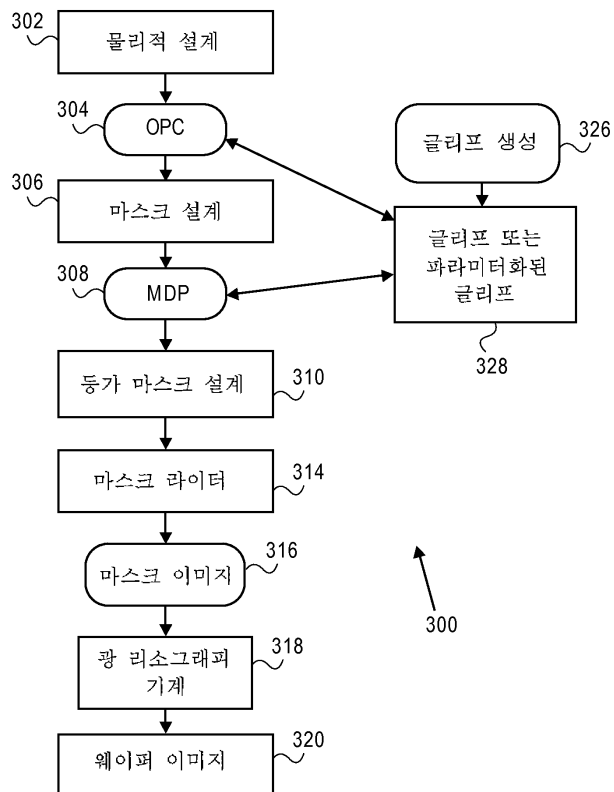
도면11a



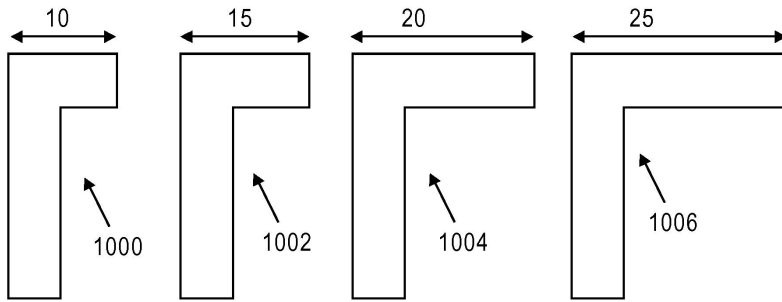
도면11b



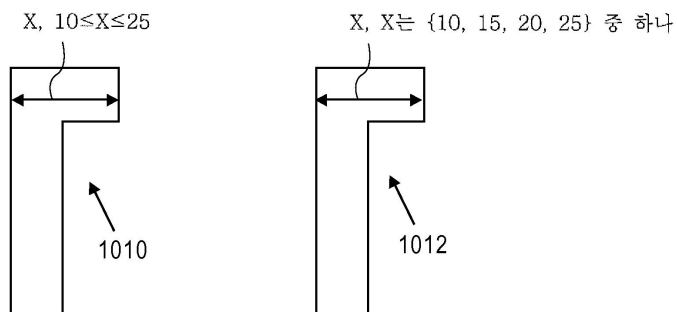
도면12



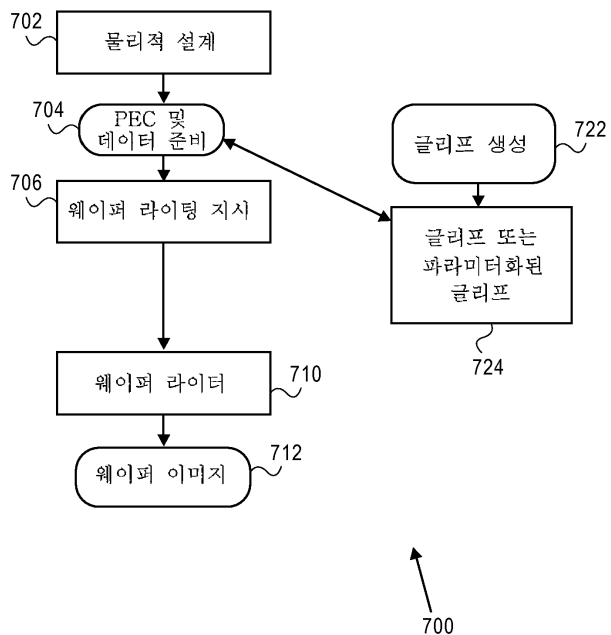
도면13



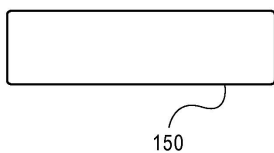
도면14



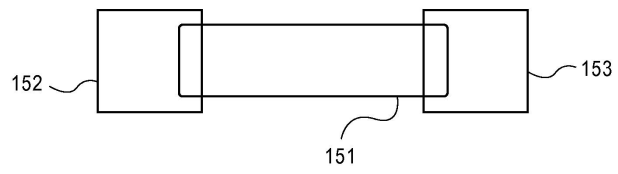
도면15



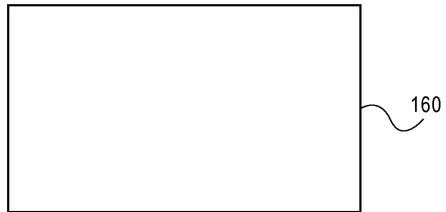
도면16a



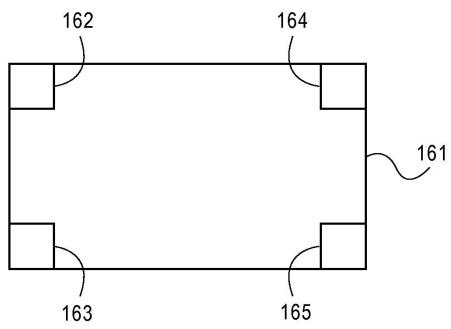
도면16b



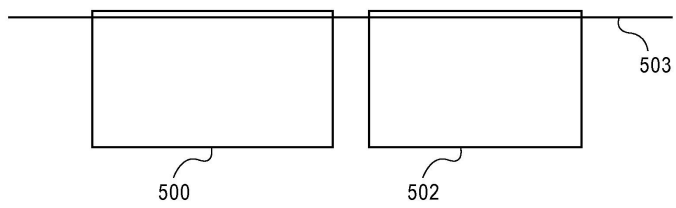
도면17a



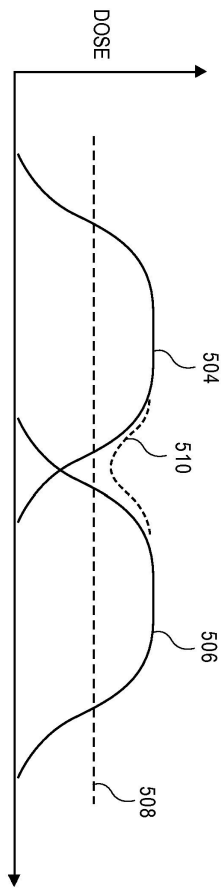
도면17b



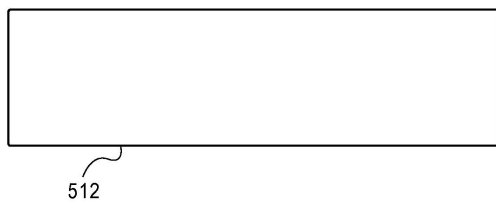
도면18a



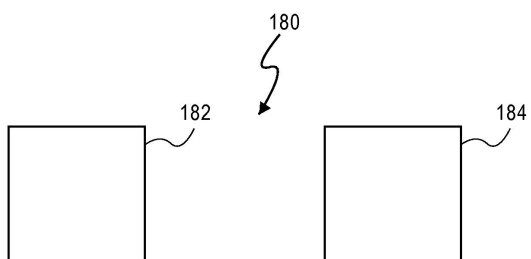
도면18b



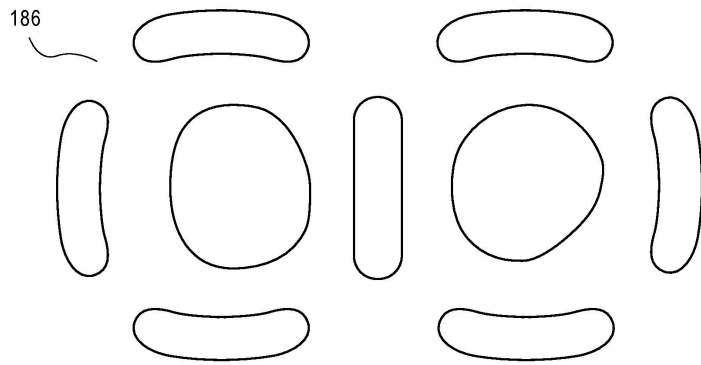
도면18c



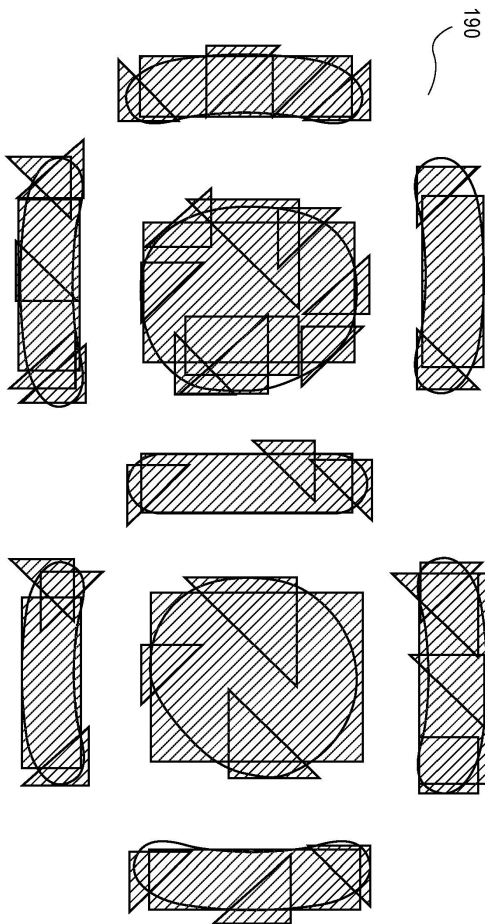
도면19a



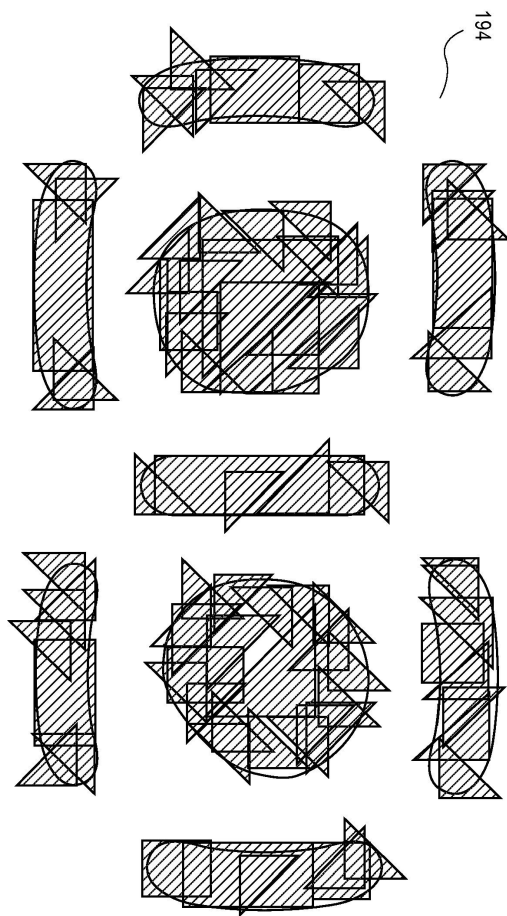
도면19b



도면19c



도면19d





도면20

