



등록특허 10-2366045



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2022년02월22일

(11) 등록번호 10-2366045

(24) 등록일자 2022년02월17일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

H01J 37/302 (2006.01) H01J 37/317 (2006.01)

(52) CPC특허분류

H01J 37/3026 (2013.01)

H01J 37/3174 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2020-0038174

(22) 출원일자 2020년03월30일

심사청구일자 2020년03월30일

(65) 공개번호 10-2020-0130099

(43) 공개일자 2020년11월18일

(30) 우선권주장

JP-P-2019-088437 2019년05월08일 일본(JP)

(56) 선행기술조사문헌

JP2007242824 A

JP2012174812 A

JP2016219829 A

JP2015204404 A

(73) 특허권자

가부시키가이샤 뉴플레이 테크놀로지

일본국 카나가와Ken 요코하마시 이소고쿠 신스기타
쵸 8-1

(72) 발명자

야스이 켄이치

일본, 카나가와Ken, 요코하마, 이소고쿠, 신스기타
쵸 8-1, 가부시키가이샤 뉴플레이 테크놀로지 내

(74) 대리인

김진환, 박지하, 김민철

전체 청구항 수 : 총 14 항

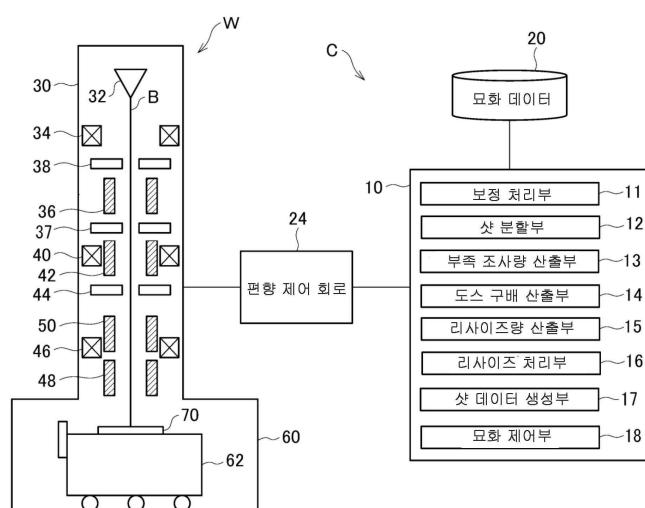
심사관 : 이민형

(54) 발명의 명칭 하전 입자 빔 묘화 방법 및 하전 입자 빔 묘화 장치

(57) 요 약

실시 형태는, 하전 입자 빔 묘화 방법 및 하전 입자 빔 묘화 장치에 관한 것이다.

실시 형태의 하전 입자 빔 묘화 방법은, 도형 패턴이 정의된 묘화 데이터를 이용하여, 상기 도형 패턴을 하전 입자 빔의 샷으로 조사 가능한 사이즈의 복수의 샷 도형으로 분할하는 공정과, 묘화 대상 기판을 메쉬 형상으로 가상 분할하여 복수의 메쉬 영역으로 나누고, 상기 도형 패턴의 위치에 기초하여, 상기 메쉬 영역마다, 근접 효과 및 근접 효과보다 영향 반경이 작은 중거리 효과를 보정하는 보정 조사량을 산출하는 공정과, 상기 보정 조사량을 이용하여 각 샷 도형의 조사량을 산출하는 공정과, 상기 조사량에 기초하여, 상기 샷 도형의 옛지부에 있어서의 부족 조사량을 산출하는 공정과, 상기 부족 조사량에 기초하여, 상기 샷 도형을 리사이즈하는 공정과, 상기 조사량의 하전 입자 빔을 이용하여, 상기 묘화 대상 기판에, 리사이즈한 샷 도형을 묘화하는 공정을 구비한다.

대 표 도 - 도1

(52) CPC특허분류
H01J 2237/31769 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

도형 패턴이 정의된 묘화 데이터를 이용하여, 상기 도형 패턴을 하전 입자 빔의 샷으로 조사 가능한 사이즈의 복수의 샷 도형으로 분할하는 공정과,

묘화 대상 기판의 묘화 영역을 메쉬 형상으로 가상 분할하여 복수의 메쉬 영역으로 나누고, 상기 도형 패턴의 위치에 기초하여, 상기 메쉬 영역마다, 근접 효과 및 근접 효과보다 영향 반경이 작은 중거리 효과를 보정하는 보정 조사량을 산출하는 공정과,

상기 보정 조사량을 이용하여 각 샷 도형의 조사량을 산출하는 공정과,

상기 조사량에 기초하여, 상기 샷 도형의 옛지부에 있어서의 부족 조사량을 산출하는 공정과,

상기 부족 조사량에 기초하여, 상기 샷 도형을 리사이즈하는 공정과,

상기 조사량의 하전 입자 빔을 이용하여, 상기 묘화 대상 기판에, 상기 리사이즈한 샷 도형을 묘화하는 공정을 구비하는 하전 입자 빔 묘화 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 조사량의 하전 입자 빔으로 리사이즈 전의 샷 도형을 묘화한 경우의, 상기 샷 도형 내에서의 도스량 변화의 상기 옛지부에 있어서의 구배를 산출하고,

상기 부족 조사량 및 상기 구배에 기초하여, 상기 샷 도형의 리사이즈량을 산출하는 것을 특징으로 하는 하전 입자 빔 묘화 방법.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 샷 도형의 조사량은, 해당 샷 도형의 무게중심의 주위의 메쉬 영역의 보정 조사량으로부터 산출되는 것을 특징으로 하는 하전 입자 빔 묘화 방법.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 샷 도형의 무게중심의 주위의 메쉬 영역의 보정 조사량으로부터 제1 조사량을 산출하고,

상기 샷 도형의 상기 옛지부의 주위의 메쉬 영역의 보정 조사량으로부터 제2 조사량을 산출하고,

상기 제1 조사량과 상기 제2 조사량과의 차분의 1/2를 상기 부족 조사량으로 하는 것을 특징으로 하는 하전 입자 빔 묘화 방법.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 샷 도형의 무게중심의 주위의 메쉬 영역의 보정 조사량으로부터 제1 조사량을 산출하고,

상기 옛지부와, 상기 무게중심으로부터 상기 옛지부로 내린 수선과의 교점의 주위의 메쉬 영역의 보정 조사량으로부터 제2 조사량을 산출하고,

상기 제1 조사량 및 상기 제2 조사량을 이용하여 상기 부족 조사량을 구하는 것을 특징으로 하는 하전 입자 빔 묘화 방법.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 샷 도형의 무게중심의 주위의 메쉬 영역의 보정 조사량으로부터 제1 조사량을 산출하고,

상기 옛지부 상에 복수의 평가점을 설정하고, 각 평가점에 대하여, 주위의 메쉬 영역의 보정 조사량으로부터 제2 조사량을 산출하고,

각 평가점에 대하여, 상기 제1 조사량 및 제2 조사량을 이용하여 상기 부족 조사량을 산출하고,

상기 부족 조사량으로부터 각 평가점에 있어서의 리사이즈량을 산출하고,

각 평가점의 리사이즈량의 평균값을 상기 옛지부의 리사이즈량으로서 산출하는 것을 특징으로 하는 하전 입자빔 묘화 방법.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 복수의 평가점은, 상기 옛지부의 끝점(端点) 및 상기 무게중심으로부터 상기 옛지부로 내린 수선과 해당 옛지부와의 교점을 포함하는 것을 특징으로 하는 하전 입자빔 묘화 방법.

청구항 8

도형 패턴이 정의된 묘화 데이터를 이용하여, 상기 도형 패턴을 하전 입자빔의 샷으로 조사 가능한 사이즈의 복수의 샷 도형으로 분할하는 샷 분할부와,

묘화 대상 기판의 묘화 영역을 메쉬 형상으로 가상 분할하여 복수의 메쉬 영역으로 나누고, 상기 도형 패턴의 위치에 기초하여, 상기 메쉬 영역마다, 근접 효과 및 근접 효과보다 영향 반경이 작은 중거리 효과를 보정하는 보정 조사량을 산출하는 보정 처리부와,

상기 보정 조사량을 이용하여 각 샷 도형의 조사량을 산출하고, 해당 조사량에 기초하여, 상기 샷 도형의 옛지부에 있어서의 부족 조사량을 산출하는 부족 조사량 산출부와,

상기 부족 조사량에 기초하여, 상기 샷 도형을 리사이즈하는 리사이즈 처리부와,

상기 조사량의 하전 입자빔을 이용하여, 상기 묘화 대상 기판에, 리사이즈한 샷 도형을 묘화하는 묘화부를 구비하는 하전 입자빔 묘화 장치.

청구항 9

제8항에 있어서,

상기 조사량의 하전 입자빔으로 리사이즈 전의 샷 도형을 묘화한 경우의, 상기 샷 도형 내에서의 도스량 변화의 상기 옛지부에 있어서의 구배를 산출하는 도스 구배 산출부와,

상기 부족 조사량 및 상기 구배에 기초하여, 상기 샷 도형의 리사이즈량을 산출하는 리사이즈량 산출부를 더 구비하는 것을 특징으로 하는 하전 입자빔 묘화 장치.

청구항 10

제8항에 있어서,

상기 부족 조사량 산출부는, 상기 샷 도형의 무게중심의 주위의 메쉬 영역의 보정 조사량으로부터 해당 샷 도형의 조사량을 산출하는 것을 특징으로 하는 하전 입자빔 묘화 장치.

청구항 11

제8항에 있어서,

상기 부족 조사량 산출부는,

상기 샷 도형의 무게중심의 주위의 메쉬 영역의 보정 조사량으로부터 제1 조사량을 산출하고,

상기 샷 도형의 상기 옛지부의 주위의 메쉬 영역의 보정 조사량으로부터 제2 조사량을 산출하고,

상기 제1 조사량과 상기 제2 조사량과의 차분의 1/2를 상기 부족 조사량으로 하는 것을 특징으로 하는 하전 입자 빔 묘화 장치.

청구항 12

제8항에 있어서,

상기 부족 조사량 산출부는,

상기 샷 도형의 무게중심의 주위의 메쉬 영역의 보정 조사량으로부터 제1 조사량을 산출하고,

상기 옛지부와, 상기 무게중심으로부터 상기 옛지부로 내린 수선과의 교점의 주위의 메쉬 영역의 보정 조사량으로부터 제2 조사량을 산출하고,

상기 제1 조사량 및 상기 제2 조사량을 이용하여 상기 부족 조사량을 구하는 것을 특징으로 하는 하전 입자 빔 묘화 장치.

청구항 13

제8항에 있어서,

상기 부족 조사량 산출부는,

상기 샷 도형의 무게중심의 주위의 메쉬 영역의 보정 조사량으로부터 제1 조사량을 산출하고,

상기 옛지부 상에 복수의 평가점을 설정하고, 각 평가점에 대하여, 주위의 메쉬 영역의 보정 조사량으로부터 제2 조사량을 산출하고,

각 평가점에 대하여, 상기 제1 조사량 및 제2 조사량을 이용하여 상기 부족 조사량을 산출하고,

상기 상기 부족 조사량으로부터 각 평가점에 있어서의 리사이즈량을 산출하고, 각 평가점의 리사이즈량의 평균값을 상기 옛지부의 리사이즈량으로서 산출하는 리사이즈량 산출부를 더 구비하는 것을 특징으로 하는 하전 입자 빔 묘화 장치.

청구항 14

제13항에 있어서,

상기 복수의 평가점은, 상기 옛지부의 끝점 및 상기 무게중심으로부터 상기 옛지부로 내린 수선과 해당 옛지부와의 교점을 포함하는 것을 특징으로 하는 하전 입자 빔 묘화 장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은, 하전 입자 빔 묘화 방법 및 하전 입자 빔 묘화 장치에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] LSI의 고집적화에 수반하여, 반도체 디바이스에 요구되는 회로 선택은 해마다 미세화되고 있다. 반도체 디바이스에 원하는 회로 패턴을 형성하기 위해서는, 축소 투영형 노광 장치를 이용하여, 포토마스크의 패턴을 웨이퍼 상에 축소 전사하는 수법이 채용되어져 있다. 고정밀도의 원화 패턴은, 전자 빔 묘화 장치에 의해 묘화되며, 소위, 전자 빔 리소그래피 기술이 이용되고 있다.

[0003] 전자 빔 묘화 시에 기판면에 조사되는 전자가, 레지스트 내에서 산란(전방 산란)하고, 또한, 기판으로부터 반사(후방 산란)함으로써 패턴의 치수 변동을 일으키게 하는, 이른바 근접 효과의 문제가 알려져 있다. 근접 효과를 보정하는 방법의 하나로서, 조사량 보정법이 알려져 있다. 이는, 빔 조사 위치의 주변 패턴의 사이즈나 조밀(粗密)에 기초하여 위치마다 조사량을 결정하는 보정 방법이다.

- [0004] 조사량 보정에서는, 포토마스크에 조사한 전자빔이 기판에서 반사하고, 레지스트를 재노광하여 생기는, 후방산란 조사량의 계산이 행해진다. 이 계산은, 레이아웃 내의 패턴 정보를, 예를 들면 수 μm 각의 멘쉬로 표현한 패턴 밀도 맵과, 후방산란 분포 함수로서의 가우스 커넬과의 곱합(합성곱)을 이용하여 고속화되어 있다. 근접 효과의 영향 범위는 $10 \mu\text{m}$ 정도이며, 조사량 보정에 있어서의 계산 멘쉬 사이즈는 수 μm 정도이다.
- [0005] 최근, 영향 범위가 수백 nm 내지 수 μm 정도의 EUV 기판 고유의 후방산란이나, 프로세스에 기인하는 선폭에러를 보정하는 중거리 효과 보정의 필요성이 높아지고 있다. 중거리 효과 보정의 계산 멘쉬 사이즈는 수백 nm 정도이다.
- [0006] 종래, 전자빔 묘화 장치에서는, 도 11에 도시한 바와 같이, 계산 멘쉬 상에서의 샷 도형 무게중심 좌표를 산출하고, 이 무게중심의 주위의 멘쉬값(D11 내지 D14)을 내삽 계산하여, 해당 샷 도형의 조사량을 결정하고 있었다. 그러나, 샷 사이즈가 중거리 효과 보정 멘쉬 사이즈보다 큰 경우, 샷의 옛지부에 있어서, 해당 샷의 조사량과, 보정 계산으로 구한 보정 조사량과의 차가 커지는 경우가 있었다.
- [0007] 예를 들면, 도 12에 도시한 바와 같이, 샷(SH1)의 샷 사이즈가, 계산 멘쉬의 멘쉬 사이즈보다 큰 경우를 생각한다. 샷(SH1)의 조사량(D1)은, 샷(SH1)의 중심의 주위(근방)의 계산 멘쉬(ME1, ME2)에 있어서의 보정 조사량(멘쉬값)으로부터 산출된다. 한편, 샷(SH1)의 도면 중 좌측의 옛지부는 계산 멘쉬(ME0)의 위치에 있고, 그 보정 조사량은 D0이다. 따라서, 샷(SH1)의 옛지부에서는, $\Delta D (=D1-D0)$ 만큼 조사량이 부족하고, 묘화 패턴 치수(해상 선폭)가 설계값보다 작아진다.
- [0008] 이 문제에 대처하기 위하여, 최대 샷 사이즈를 작게 하거나 옛지 부근에서 샷을 작게 분할하는 방법이 생각되지만, 샷 수가 증가하고 묘화 시간이 길어진다. 또한, 최대 샷 사이즈를 충분히 작게 해도, 종래의 근접 효과 보정의 이론으로는, 패턴 옛지부에서 전방산란 기여를 입사 도스의 1/2로 하고 있어, 옛지 근방에서 도스 구배를 가지는 중거리 효과 보정에 있어서, 이 전제가 성립되지 않고, 보정 잔차가 발생하여, 묘화 정밀도의 열화를 초래하고 있었다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0009] 본 발명의 실시 형태는, 묘화 정밀도를 향상시킬 수 있는 하전 입자빔 묘화 방법 및 하전 입자빔 묘화 장치를 제공한다.
- [0010] 본 발명의 일 태양에 의한 하전 입자빔 묘화 방법은, 도형 패턴이 정의된 묘화 데이터를 이용하여, 상기 도형 패턴을 하전 입자빔의 샷으로 조사 가능한 사이즈의 복수의 샷 도형으로 분할하는 공정과, 묘화 대상 기판의 묘화 영역을 멘쉬 형상으로 가상 분할하여 복수의 멘쉬 영역으로 나누고, 상기 도형 패턴의 위치에 기초하여, 상기 멘쉬 영역마다, 근접 효과 및 근접 효과보다 영향 반경이 작은 중거리 효과를 보정하는 보정 조사량을 산출하는 공정과, 상기 보정 조사량을 이용하여 각 샷 도형의 조사량을 산출하는 공정과, 상기 조사량에 기초하여, 상기 샷 도형의 옛지부에 있어서의 부족 조사량을 산출하는 공정과, 상기 부족 조사량에 기초하여, 상기 샷 도형을 리사이즈하는 공정과, 상기 조사량의 하전 입자빔을 이용하여, 상기 묘화 대상 기판에, 상기 리사이즈한 샷 도형을 묘화하는 공정을 구비하는 것이다.

도면의 간단한 설명

- [0011] 도 1은, 본 발명의 실시 형태에 따른 전자빔 묘화 장치의 개략도이다.
 도 2는, 제1 성형 애피처 플레이트 및 제2 성형 애피처 플레이트의 사시도이다.
 도 3은, 동 실시 형태에 의한 묘화 방법을 설명하는 플로우차트이다.
 도 4는, 도스 프로파일을 나타내는 도면이다.
 도 5는, 도스 프로파일을 나타내는 도면이다.
 도 6(a) 및 도 6(b)는, 평가점의 설정예를 나타내는 도면이다.
 도 7은, 평가점의 설정예를 나타내는 도면이다.
 도 8(a)은, 치수 오차의 예를 나타내는 그래프이며, 도 8(b)은, 묘화 위치 시프트량의 예를 나타내는 그래프이다.

다.

도 9는, 다른 실시 형태에 따른 전자 빔 묘화 장치의 개략도이다.

도 10은, 다른 실시 형태에 의한 묘화 방법을 설명하는 플로우차트이다.

도 11은, 샷 도형과 계산 메쉬의 예를 나타내는 도면이다.

도 12는, 샷 도형의 옛지부에 있어서의 조사량 부족의 예를 나타내는 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0012]

이하, 본 발명의 실시 형태를 도면에 기초하여 설명한다. 실시 형태에서는, 하전 입자 빔의 일예로서, 전자 빔을 이용한 구성에 대하여 설명한다. 단, 하전 입자 빔은 전자 빔에 한정되는 것이 아니며, 이온 빔 등이여도 된다.

[0013]

도 1은, 본 발명의 실시 형태에 따른 전자 빔 묘화 장치의 개략도이다. 도 1에 도시한 전자 빔 묘화 장치는, 제어부(C)와, 묘화부(W)를 구비한 가변 성형 빔형의 묘화 장치이다.

[0014]

묘화부(W)는, 경통(30)과 묘화실(60)을 구비하고 있다. 경통(30) 내에는, 전자 총(32), 조명 렌즈(34), 블랭커(36), 블랭킹 애퍼처 플레이트(37), 제1 성형 애퍼처 플레이트(38), 투영 렌즈(40), 성형 편향기(42), 제2 성형 애퍼처 플레이트(44), 대물 렌즈(46), 주편향기(48) 및 부편향기(50)가 배치되어 있다.

[0015]

묘화실(60) 내에는, XY 스테이지(62)가 배치되어 있다. XY 스테이지(62) 상에는, 묘화 대상의 기판(70)이 재치되어 있다. 기판(70)은, 반도체 장치를 제조할 때의 노광용 마스크, 혹은, 반도체 회로가 묘화되는 반도체 기판(실리콘 웨이퍼) 등이다. 또한, 기판(70)은, 레지스트가 도포된, 아직 아무것도 묘화되어 있지 않은 마스크 블랭크스여도 된다.

[0016]

경통(30) 내에 설치된 전자 총(32)(방출부)으로부터 방출된 전자 빔(B)은, 조명 렌즈(34)에 의하여, 직사각형의 개구(39)(도 2 참조)를 가지는 제1 성형 애퍼처 플레이트(38)에 조사된다. 제1 성형 애퍼처 플레이트(38)의 개구(39)를 통과함으로써, 전자 빔(B)은 직사각형으로 성형된다.

[0017]

제1 성형 애퍼처 플레이트(38)를 통과한 제1 애퍼처상(직사각형)의 전자 빔(B)은, 블랭커(36)(블랭킹 편향기)내를 통과할 때에 블랭커(36)에 의하여, 전자 빔이 기판(70)에 조사될지 여부가 전환된다. 블랭커(36)에 의해 빔 오프가 된 경우, 전자 빔(B)은 블랭킹 애퍼처 플레이트(37)로 차폐되도록 편향된다. 빔 온인 경우에는, 전자 빔(B)이 블랭킹 애퍼처 플레이트를 통과하도록 제어된다.

[0018]

블랭킹 애퍼처 플레이트(37)를 통과한 제1 애퍼처상(직사각형)의 전자 빔(B)은, 투영 렌즈(40)에 의하여, 개구(45)(도 2 참조)를 가진 제2 성형 애퍼처 플레이트(44) 상에 투영된다. 이 때, 성형 편향기(42)에 의하여, 제2 성형 애퍼처 플레이트(44) 상에 투영되는 제1 애퍼처상(직사각형)은 편향 제어되고, 개구(45)를 통과하는 전자 빔의 형상과 치수를 변화시키는(가변 성형을 행하는) 것이 가능하다. 또한, 성형 편향기(42)에 의하여, 제1 애퍼처상(직사각형)의 전자 빔(B)이 모두 제2 성형 애퍼처 플레이트(44)의 개구(45)를 통과하도록 제어하면, 제1 애퍼처상(직사각형)의 전자 빔의 형상과 치수를 변화시키지 않게 할 수도 있다.

[0019]

제2 성형 애퍼처 플레이트(44)의 개구(45)를 통과한 제2 애퍼처상의 전자 빔(B)은, 대물 렌즈(46)에 의해 초점을 맞추고, 주편향기(48) 및 부편향기(50)에 의해 편향되어, 연속적으로 이동하는 XY 스테이지(62) 상에 재치된 기판(70)의 목표 위치에 조사된다.

[0020]

제어부(C)는, 제어 계산기(10), 기억 장치(20) 및 편향 제어 회로(24)를 가진다. 기억 장치(20)에는, 복수의 도형 패턴으로 구성되는 묘화 데이터(레이아웃 데이터)가 외부로부터 입력되어 저장되어 있다.

[0021]

제어 계산기(10)는, 보정 처리부(11), 샷 분할부(12), 부족 조사량 산출부(13), 도스 구배 산출부(14), 리사이즈량 산출부(15), 리사이즈 처리부(16), 샷 데이터 생성부(17) 및 묘화 제어부(18)를 가진다.

[0022]

제어 계산기(10)의 각 부는, 전기 회로 등의 하드웨어로 구성해도 되고, 소프트웨어로 구성해도 된다. 소프트웨어로 구성하는 경우에는, 제어 계산기(10)의 적어도 일부의 기능을 실현하는 프로그램을 기록 매체에 수납하고, 전기 회로를 포함한 컴퓨터에 이 프로그램을 읽어들이게 하여 실행시켜야 된다. 기록 매체는, 자기 디스크 또는 광 디스크 등의 착탈 가능한 것에 한정되지 않고, 하드 디스크 장치 또는 메모리 등의 고정형의 기록 매체여도 된다.

[0023] 전자 빔 묘화 장치는, 예를 들면, 포토마스크의 패턴 묘화에 이용된다. 포토마스크의 제작에서는, 우선, 크롬막 등의 차광막 및 레지스트가 설치된 석영 기판을 준비하고, 전자 빔 묘화 장치로 레지스트에 원하는 패턴을 묘화한다. 묘화 후, 현상 처리에 의하여, 레지스트의 노광부(또는 비노광부)를 용해 제거하여 레지스트 패턴을 형성한다. 이어서, 레지스트 패턴을 마스크로 하여 드라이 에칭 장치로 에칭 처리를 행하고, 차광막을 가공한다. 그 후, 레지스트를 박리함으로써, 포토마스크가 제작된다.

[0024] 전자 빔 묘화에서는, 산란 전자의 영향으로 패턴의 치수 변동이 생기므로, 조사량을 보정하여 치수 변동을 억제할 필요가 있다. 본 실시 형태에서는, 근접 효과 및 중거리 효과의 보정을 행함과 동시에, 보정 잔차를 저감하도록 샷 사이즈의 보정(리사이즈)을 행한다.

[0025] 본 실시 형태에 따른 묘화 방법을, 도 3에 도시한 플로우차트에 따라 설명한다.

[0026] 우선, 보정 처리부(11)가, 기억 장치(20)로부터 묘화 데이터를 읽어내고, 묘화 데이터에 정의된 도형 패턴을 이용하여, 근접 효과 및 중거리 효과의 영향에 의한 치수 변동을 보정하기 위한 보정 조사량($D(x)$)을 산출한다(스텝 S1). 보정 조사량은 이하의 식 1에 나타낸 적분 방정식으로 구해진다. 예를 들면, 기판의 묘화 영역을 수 백 nm 정도의 메쉬 사이즈의 계산 메쉬(메쉬 영역)로 가상 분할하고, 계산 메쉬마다 보정 조사량($D(x)$)이 계산된다.

수학식 1

$$K \left[\frac{D(x)}{2} + \eta \int_p D(x') g b(x - x') dx' \right] = C \quad \dots \text{식 1}$$

[0027] [0028] 식 1에서, C는 레지스트의 흡수량으로 일정값이다. K는 조사 도스량으로부터 축적 에너지로의 변환 계수이다. η 는 보정 계수이다. $g b(x)$ 는 근접 효과 및 중거리 효과의 영향 분포를 나타내는 가우시안 함수이다.

[0029] 묘화 데이터에 정의되는 도형 패턴의 사이즈는, 통상, 묘화부(W)가 1 회의 샷으로 형성할 수 있는 샷 사이즈보다 크다. 이 때문에, 샷 분할부(12)가 1 회의 샷으로 형성 가능한 사이즈가 되도록, 각 도형 패턴을 복수의 샷 도형으로 분할한다(스텝 S2).

[0030] 도 4에 도시한 바와 같이, 1 개의 샷 도형(FG)에 착목한 경우, 이 샷 도형(FG)의 조사량은, 샷 도형(FG)의 무게 중심(重心)((중심)中心)의 위치(x_1)에 있어서의 보정 조사량(d_1)이며, 이 보정 조사량(d_1)은 그 근방의 보정 조사량(메쉬값)을 내삽 계산함으로써 산출된다.

[0031] 샷 도형(FG)의 옆지 부분에 있어서의 보정 조사량(d_0)은, 그 위치(x_0)의 근방의 보정 조사량(메쉬값)을 내삽 계산함으로써 산출된다. 샷 도형(FG)이 묘화되는 영역에 있어서의 보정 조사량($D(x)$)은, 이하의 식 2에 나타낸 일차식으로 나타낼 수 있다.

수학식 2

$$D(x) = d_0 + a \cdot r \quad \dots \text{식 2}$$

[0032]

[0033] 식 2에서, r 는 x 좌표(x 방향의 위치)이다. 또한, a 는 보정 조사량의 기울기이며, $a = (d_1 - d_0) / (x_1 - x_0)$ 이 된다.

[0034] 도 4에 도시한 곡선(C1)은, 중거리 효과 보정 처리에 의한 도스 프로파일을 나타낸다. 샷 도형(FG)의 옆지부에 있어서의 전방 산란 기여는, 근접 효과 보정의 이론으로는 샷 도형(FG)의 조사량의 1/2가 된다. 따라서, 샷 도형(FG)의 옆지부에 있어서의 조사량(D_a)은 $d_1/2$ 가 된다.

[0035] 도 4에 도시한 곡선(C2)은, 식 2에 도시한 보정 조사량($D(x)$)을 조사한 경우의 도스 프로파일을 나타낸다. 샷 도형(FG)의 옆지부에 있어서의 곡선(C2)의 값이, 옆지부에 있어서의 목표 조사량(D_{t1})이 된다. 목표 조사량(D_{t1})은, 이하의 식 3으로 구할 수 있다.

수학식 3

$$\begin{aligned} D_{t1} &= \int_{-\infty}^{\infty} D(x') g f(x - x') dx' \\ &= \int_0^{\infty} (d_0 + \alpha \cdot \gamma) \exp\left(-\frac{r^2}{\sigma_f^2}\right) \\ &= \frac{1}{2} d_0 + \frac{\alpha \sigma_f}{2\sqrt{\pi}} \quad \dots \text{식 3} \end{aligned}$$

[0036]

[0037] 식 3에서, $g f(x)$ 는 전방 산란의 영향 분포를 나타내는 가우시안 함수이다. σ_f 는 전방 산란 영향 반경이다.

[0038] 따라서, 중거리 효과 보정 계산에 의해 산출되는 샷 도형(FG)의 엣지부의 조사량(Da)은, 목표 조사량(D_{t1})에 대하여, $\Delta D = D_{t1} - Da$ 만큼 부족하다. 조사량의 부족은, 패턴 치수의 가늘어짐을 초래하므로, 보정할 필요가 있다. 보정에 즈음하여, 우선, 부족 조사량 산출부(13)가, 상술의 식 2, 식 3을 이용하여, 샷 도형(FG)의 엣지부에 있어서의 부족 조사량(ΔD)을 산출한다(스텝 S3).

[0039] 도스 구배 산출부(14)가, 곡선(C1)에 의해 표시되는 도스 프로파일의, 샷 도형(FG)의 엣지부에 있어서의 구배(S_{x0})(곡선(C1)의 기울기)를 산출한다(스텝 S4). 구배(S_{x0})는, 이하의 식 4 내지 식 7로부터 산출할 수 있다.

수학식 4

$$D(x) = \frac{d_1}{2} \left\{ \operatorname{erf}\left(\frac{x-a}{\sigma_f}\right) - \operatorname{erf}\left(\frac{x-b}{\sigma_f}\right) \right\} \quad \dots \text{식 4}$$

[0040]

수학식 5

$$S_{x0} = \frac{dD(x)}{dx} = \frac{d_1}{\sqrt{\pi} \sigma_f} \left\{ \exp\left(-\frac{(x-a)^2}{\sigma_f^2}\right) - \exp\left(-\frac{(x+a)^2}{\sigma_f^2}\right) \right\} \quad \dots \text{식 5}$$

[0041]

수학식 6

$x=a$ 일 때

$$S_{x0} = \frac{d_1}{\sqrt{\pi} \sigma_f} \left\{ 1 - \exp\left(-\frac{L^2}{\sigma_f^2}\right) \right\} \quad \dots \text{식 6}$$

[0042]

수학식 7

$L \gg \sigma_f$ 을 가정하면

$$S_{x0} = \frac{d_1}{\sqrt{\pi}\sigma_f} \quad \dots \text{식 7}$$

[0043]

[0044]

식 4의 $\operatorname{erf}(x)$ 는 오차 함수이다.

[0045]

도 5에 도시한 바와 같이, 샷 도형(FG)을 리사이즈하고, 엣지 위치를 ΔB 만큼 시프트함으로써, 도스 프로파일이 곡선(C3)과 같이 되고, 당초의 엣지 위치(x_0)에 있어서의 조사량이 목표 조사량(D_{t1})이 된다. 리사이즈량 산출부(15)가, 이하의 식 8을 이용하여, 샷 도형(FG)의 리사이즈량(ΔB)을 산출한다(스텝 S5).

수학식 8

$$\begin{aligned} \Delta B &= \frac{\Delta D}{S_{x0}} = \frac{\frac{1}{2}d_0 + \frac{\alpha\sigma_f}{2\sqrt{\pi}} - \frac{1}{2}d_1}{\frac{d_1}{\sqrt{\pi}\sigma_f}} \\ &= \frac{\sqrt{\pi}\sigma_f}{2d_1} \left(d_0 + \frac{\alpha\sigma_f}{\sqrt{\pi}} - d_1 \right) \quad \dots \text{식 8} \end{aligned}$$

[0046]

[0047]

리사이즈 처리부(16)가, 리사이즈량(ΔB)에 기초하여, 샷 도형(FG)을 리사이즈한다(스텝 S6). 리사이즈 처리는, 샷 도형(FG)의 양쪽 모두의 엣지부에 대하여 실시된다.

[0048]

샷 데이터 생성부(17)는, 이 샷 도형(FG)을 샷하기 위한 샷 데이터를 생성한다. 샷 데이터는, 샷 위치, 샷 사이즈, 조사 시간 등을 포함한다. 조사 시간은, 샷 도형(FG)의 조사량(d_i)을 전류 밀도로 나눈 값이다.

[0049]

묘화 제어부(18)는, 샷 데이터를 편향 제어 회로(24)로 전송한다. 편향 제어 회로(24)는, 샷 데이터에 기초하여 각 편향기의 편향량을 제어하고, 기판(70)에 도형 패턴을 묘화한다(스텝 S7). 스텝 S3 내지 S7의 처리는, 샷 분할부(12)가 도형 패턴을 분할하여 생성한 모든 샷 도형에 대하여 행해진다.

[0050]

이와 같이, 샷 도형의 엣지부에 있어서의 부족 조사량에 상당하는 분만큼, 샷 도형의 엣지 위치를 시프트하고, 샷 도형을 리사이즈함으로써, 해상 패턴의 치수와 설계 치수와의 차이가 작아져, 묘화 패턴의 치수 및 위치 정밀도를 향상시킬 수 있다.

[0051]

상기 실시 형태에서, 샷 도형(FG)의 엣지 부분에 있어서의 보정 조사량(d_0)의 $1/2$ 를 목표 조사량(D_{t2})으로 해도 된다. 이 경우, 부족 조사량(ΔD)은, $\Delta D = d_0/2 - d_1/2$ 가 된다. 리사이즈량(ΔB)은, 이하의 식 9로부터 산출할 수 있다.

수학식 9

$$\Delta B = \frac{\Delta D}{S_{x0}} = \frac{\frac{1}{2}d_0 - \frac{1}{2}d_1}{\frac{d_1}{\sqrt{\pi}\sigma_f}} = \frac{\sqrt{\pi}\sigma_f}{2} \left(\frac{d_0}{d_1} - 1 \right) \quad \dots \text{식 9}$$

[0052]

리사이즈 처리부(16)는, 산출된 리사이즈량(ΔB)에 기초하여, 샷 도형(FG)을 리사이즈한다.

- [0054] 상기 실시 형태에서는, 조사량을 평가하는 점을 일차원적으로 설명했으나, 도형의 무게중심 및 각 옛지(도형의 각 변)와, 무게중심으로부터 각 옛지로 내린 수선(垂線)과의 교점을 평가점으로 하는 것이 바람직하다.
- [0055] 도 6(a)은, 직사각형의 무게중심(dc) 및 무게중심(dc)으로부터 네 변에 내린 수선이 각 변과 교차하는 교점(dt, db, d1, dr)을 나타낸다. 예를 들면, 무게중심(dc)의 주위의 메쉬 영역의 보정 조사량으로부터 제1 조사량을 산출하고, 교점(dt)의 주위의 메쉬 영역의 보정 조사량으로부터 제2 조사량을 산출한다. 제1 조사량과 제2 조사량과의 차분을 이용하여 부족 조사량을 구하고, 교점(dt)을 포함한 옛지(변)의 리사이즈량을 구한다.
- [0056] 도 6(b)은, 삼각형의 무게중심(dc) 및 무게중심(dc)으로부터 세 변에 내린 수선이 각 변과 교차하는 교점(db, d1, da)을 나타낸다.
- [0057] 1 개의 옛지(변)에 대하여, 복수의 평가점을 설치해도 된다. 예를 들면, 도 7에 도시한 예에서는, 1 개의 변(L1)에 d1, d2, d3의 3 개의 평가점을 설치하고 있다. d0는 무게중심이다. d1, d3는 변(L1)의 끝점(端点)이다. d2는, 무게중심(d0)으로부터 변(L1)에 내린 수선과 변(L1)과의 교점이다. 무게중심(d0)의 주위의 메쉬 영역의 보정 조사량으로부터 제1 조사량을 산출한다. d1, d2, d3의 각각에 대해, 주위의 메쉬 영역의 보정 조사량으로부터 제2 조사량을 산출한다.
- [0058] 제1 조사량과, 평가점(d1)에 있어서의 제2 조사량을 이용하여 부족 조사량을 산출하고, 이 부족 조사량으로부터 평가점(d1)에 있어서의 리사이즈량을 산출한다. 마찬가지로, 제1 조사량과, 평가점(d2)에 있어서의 제2 조사량을 이용하여 부족 조사량을 산출하고, 이 부족 조사량으로부터 평가점(d2)에 있어서의 리사이즈량을 산출한다. 제1 조사량과, 평가점(d3)에 있어서의 제2 조사량을 이용하여 부족 조사량을 산출하고, 이 부족 조사량으로부터 평가점(d3)에 있어서의 리사이즈량을 산출한다. 평가점(d1, d2, d3) 각각에 있어서의 리사이즈량의 평균값을 변(L1)의 리사이즈량으로 한다. 또한, 무게중심(d0)과의 각도를 중량감으로 하여 가중 평균을 취하여, 리사이즈량을 산출해도 된다.
- [0059] 도 8(a) 및 도 8(b)는, 상기 실시 형태에서 설명한 리사이즈 처리를 행하는 경우와, 행하지 않은 경우의 묘화 패턴의 치수 오차 및 묘화 위치의 시프트량의 일예를 나타낸다. 리사이즈 처리를 행함으로써, 치수 정밀도 및 위치 정밀도가 향상됨이 확인되었다.
- [0060] 멀티 빔 묘화 장치와 같이, 1 개의 빔 사이즈를 충분히 작게 할 수 있는 경우는, 이하의 식 10 내지 식 14에 나타낸 바와 같이, 근접 효과의 보정식에 전방 산란의 부족분을 고려한 항을 추가하여 보정 계산을 행할 수 있다.

수학식 10

$$\text{전방 산란 부족분을 고려한 추가항} \\ K \left[\frac{D(x)}{2} - \left\{ D(x) \int_p g f(x-x') dx' - \int_p D(x') g f(x-x') dx' \right\} + \eta \int_p D(x') g b(x-x') dx' \right] = C \\ \text{전방 산란 커널} \quad \dots \text{식 } 10$$

수학식 11

$$d(x) = \sum_{n=1}^{\infty} d_n(x) \quad \dots \text{식 } 11$$

- [0062]

수학식 12

$$d_1(x) = \frac{\frac{1}{2} + \eta}{\frac{1}{2} + \eta U(x)} \quad \dots \text{식 } 12$$

[0063]

수학식 13

$$U(x) = \int_p g b(x - x') dx' \quad \dots \text{식 } 13$$

[0064]

수학식 14

$$d_n(x) = d_n^p(x) + \frac{d_{n-1}(x) \int_p g f(x - x') dx' - \int_p d_{n-1}(x') g f(x - x') dx'}{\frac{1}{2} + \eta U(x)} \quad \dots \text{식 } 14$$

[0065]

[0066] 이 발명은 멀티 빔 묘화 장치에도 적용할 수 있다. 이하, 멀티 빔 묘화 장치에 적용한 경우에 대하여 설명한다.

[0067] 도 9는 멀티 빔 묘화 장치의 개략 구성도이다. 멀티 빔 묘화 장치는, 제어부(MC)와 묘화부(MW)를 구비하고 있다. 묘화부(MW)는, 전자 경통(200)과 묘화실(230)을 구비하고 있다. 전자 경통(200) 내에는, 전자 총(201), 조명 렌즈(202), 성형 애피처 부재(203), 블랭킹 플레이트(204), 축소 렌즈(205), 제한 애피처 부재(206), 대물 렌즈(207) 및 편향기(208)가 배치되어 있다. 축소 렌즈(205) 및 대물 렌즈(207)는 모두 전자기 렌즈로 구성되고, 축소 렌즈(205) 및 대물 렌즈(207)에 의해 축소 광학계가 구성된다.

[0068] 묘화실(230) 내에는, XY 스테이지(232)가 배치된다. XY 스테이지(232) 상에는, 묘화 대상의 기판(240)이 재치된다. 기판(240)은, 반도체 장치를 제조할 때의 노광용 마스크, 반도체 회로가 묘화되는 반도체 기판(실리콘 웨이퍼), 레지스트가 도포된, 아직 아무것도 묘화되어 있지 않은 마스크 블랭크스 등이다.

[0069] 제어부(MC)는, 제어 계산기(100), 자기 디스크 장치 등의 기억 장치(120) 및 제어 회로(130)를 구비한다. 제어 계산기(100)는, 메쉬 분할부(101), 면적 밀도 산출부(102), 제1 메쉬 변환부(103), 제2 메쉬 변환부(104), 제3 메쉬 변환부(105), 제4 메쉬 변환부(106), 제1 합성곱 연산부(107), 제2 합성곱 연산부(108), 제3 합성곱 연산부(109), 조사량 산출부(110) 및 묘화 제어부(111)를 가진다. 제어 계산기(100)의 각 부는, 전기 회로 등의 하드웨어로 구성해도 되고, 소프트웨어로 구성해도 된다. 소프트웨어로 구성하는 경우에는, 적어도 일부의 기능을 실현하는 프로그램을 기록 매체에 수납하고, 전기 회로를 포함한 컴퓨터에 이 프로그램을 읽어들이게 하여 실행시켜도 된다.

[0070] 성형 애피처 부재(203)에는, 세로(y 방향), 가로(x 방향)에 복수의 개구부가 소정의 배열 편치로, 예를 들면 매트릭스 형상으로 형성되어 있다. 각 개구부는, 모두 같은 치수 형상의 직사각형 또는 원형으로 형성된다.

[0071] 전자 총(201)으로부터 방출된 전자 빔(B)은, 조명 렌즈(202)에 의해 거의 수직으로 성형 애피처 부재(203) 전체를 조명한다. 전자 빔(B)이 성형 애피처 부재(203)의 복수의 홀을 통과함으로써, 예를 들면 직사각형 형상의 복수의 전자 빔(멀티 빔)(MB)이 형성된다.

[0072] 블랭킹 플레이트(204)에는, 성형 애피처 부재(203)의 각 홀의 배치 위치에 맞추어 통과 홀이 형성되어 있다. 각

통과 훌에는, 쌍이 되는 2 개의 전극의 조(블랭커 : 블랭킹 편향기)가 각각 배치된다. 각 빔용의 2 개의 전극의 일방에는 전압을 인가하는 앰프가 배치되고, 타방은 접지된다. 각 통과 훌을 통과하는 전자 빔은, 각각 독립적으로, 쌍이 되는 2 개의 전극에 인가되는 전압에 의해 편향된다. 이 전자 빔의 편향에 의하여 블랭킹 제어된다.

[0073] 블랭킹 플레이트(204)를 통과한 멀티 빔(MB)은, 축소 렌즈(205)에 의해 축소되어, 제한 애퍼처 부재(206)에 형성된 중심의 개구를 향해 나아간다. 블랭킹 플레이트(204)의 블랭커에 의해 편향된 전자 빔은, 제한 애퍼처 부재(206)의 중심의 개구로부터 위치가 이탈되어, 제한 애퍼처 부재(206)에 의해 차폐된다. 한편, 블랭커에 의해 편향되지 않은 전자 빔은, 제한 애퍼처 부재(206)의 중심의 개구를 통과한다.

[0074] 이와 같이, 제한 애퍼처 부재(206)는, 개별 블랭킹 기구에 의해 빔 OFF 상태가 되도록 편향된 각 빔을 차폐한다. 그리고, 빔 ON이 되고 나서 빔 OFF가 될 때까지 형성된, 제한 애퍼처 부재(206)를 통과한 빔에 의해 1 회분의 샷의 빔이 형성된다.

[0075] 제한 애퍼처 부재(206)를 통과한 멀티 빔(MB)은, 대물 렌즈(207)에 의해 초점이 맞추어져, 원하는 축소율의 패턴상이 되고, 편향기(208)에 의해 한꺼번에 편향되어 기판(240)에 조사된다. 예를 들면, XY 스테이지(232)가 연속 이동하고 있을 때, 빔의 조사 위치가 XY 스테이지(232)의 이동에 추종하도록 편향기(208)에 의해 제어된다.

[0076] 한 번에 조사되는 멀티 빔(MB)은, 이상적이게는 성형 애퍼처 부재(203)의 복수의 홀의 배열 패치에, 상술한 원하는 축소율을 곱한 패치로 배열되게 된다. 묘화 장치는, 샷 빔을 연속하여 순서대로 조사해가는 래스터 스캔 방식으로 묘화 동작을 행하고, 원하는 패턴을 묘화할 때, 패턴에 따라 필요한 빔이 블랭킹 제어에 의해 빔 ON에 제어된다.

[0077] 상술의 식 10, 식 11을 이용한 보정 계산을 행하여, 각 빔의 조사량을 산출하여 묘화 처리를 행하는 방법을, 도 10에 도시한 플로우차트에 따라 설명한다.

[0078] 우선, 메쉬 분할부(101)가, 기판(240)의 묘화 영역을 격자 형상의 복수의 홀의 배열 패치에 가상 분할한다(스텝 S11). 메쉬 분할부(11)는, 1 개의 빔 사이즈에 따른 작은 메쉬 사이즈(제1 메쉬 사이즈), 예를 들면 10nm 정도가 되도록 분할한다. 이하, 소(小)메쉬 사이즈의 메쉬 영역을 소메쉬 영역이라고도 칭한다.

[0079] 이어서, 면적 밀도 산출부(102)가, 기억 장치(120)로부터 묘화 데이터를 읽어내고, 소메쉬 영역에 도형 패턴을 할당하여, 각 소메쉬 영역의 패턴 면적 밀도를 산출한다. 이에 의하여, 소메쉬 영역마다의 패턴 면적 밀도가 정의된 제1 메쉬 데이터가 얻어진다.

[0080] 제1 메쉬 변환부(103)가, 제1 메쉬 데이터를, 중거리 효과 보정에 적절한 메쉬 사이즈(제2 메쉬 사이즈), 예를 들면 100nm 정도의 중(中)메쉬 사이즈의 제2 메쉬 데이터로 변환한다(스텝 S12). 예를 들면, 복수의 소메쉬 영역을 1 개의 중메쉬 영역으로 변환(결합)한다. 중메쉬 영역의 메쉬값은, 복수의 소메쉬 영역의 메쉬값 및 위치 등을 이용하여 산출된다.

[0081] 제1 합성곱 연산부(107)가, 제2 메쉬 데이터를 입력으로 하여 중거리 효과 보정 커널로 합성곱 연산을 행하여, 제3 메쉬 데이터를 생성한다(스텝 S13). 제3 메쉬 데이터의 메쉬값은 중거리 효과가 보정된 조사량이 된다.

[0082] 제3 메쉬 데이터는, 제2 메쉬 데이터와 마찬가지로, 중메쉬 사이즈의 메쉬 데이터이다. 제2 메쉬 변환부(104)가, 제3 메쉬 데이터를, 소메쉬 사이즈의 제4 메쉬 데이터로 변환한다(스텝 S14). 소메쉬 영역의 메쉬값은, 중메쉬 영역의 각 정점에 연결한 메쉬값의 내삽 처리로 산출된다. 제1 메쉬 데이터와 제4 메쉬 데이터는 메쉬 사이즈가 같다.

[0083] 제3 메쉬 변환부(105)가, 제3 메쉬 데이터를, 근접 효과 보정에 적합한 메쉬 사이즈(제3 메쉬 사이즈), 예를 들면 1.6 μm 정도의 대(大)메쉬 사이즈의 제5 메쉬 데이터로 변환한다(스텝 S15).

[0084] 제2 합성곱 연산부(108)가, 제5 메쉬 데이터를 입력으로 하여 근접 효과 보정 커널로 합성곱 연산을 행하고, 제6 메쉬 데이터를 생성한다(스텝 S16). 제6 메쉬 데이터의 메쉬값은 근접 효과가 보정된 조사량이 된다.

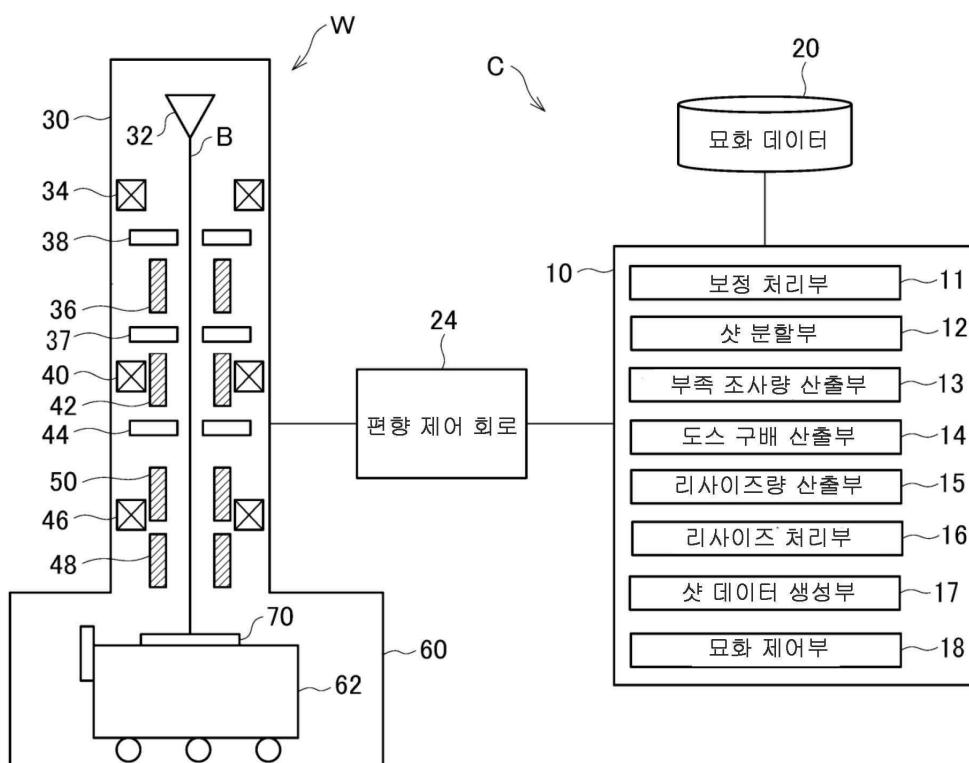
[0085] 제6 메쉬 데이터는, 제5 메쉬 데이터와 마찬가지로, 대메쉬 사이즈의 메쉬 데이터이다. 제4 메쉬 변환부(108)가, 제6 메쉬 데이터를, 소메쉬 사이즈의 제7 메쉬 데이터로 변환한다(스텝 S17). 제1 메쉬 데이터와 제7 메쉬 데이터는 메쉬 사이즈가 같다.

[0086] 제3 합성곱 연산부(109)가, 제1 메쉬 데이터를 입력으로 하여 전방 산란 커널로 합성곱 연산을 행하고, 제8 메쉬 데이터를 생성한다(스텝 S18).

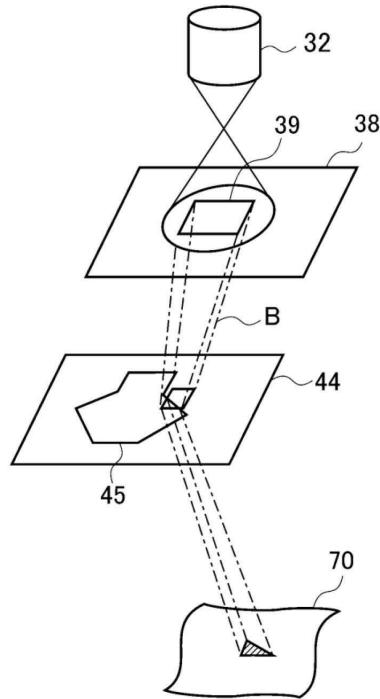
- [0087] 조사량 산출부(110)가, 제8 메쉬 데이터로부터 전방 산란항을 계산하고, 이 계산 결과에, 제4 메쉬 데이터 및 제7 메쉬 데이터를 가산함으로써, 보정 조사량을 산출한다(스텝 S19).
- [0088] 스텝 S12 내지 S19의 처리를 n 회, 예를 들면 3 회 정도 반복하면(스텝 S20_Yes), 묘화 처리를 행한다(스텝 S21). 묘화 제어부(111)가, 제어 회로(130) 등을 통하여 묘화부(MW)를 제어하여 묘화 처리를 행한다. 묘화부(MW)는, 보정 조사량에 기초하여, 블랭킹 플레이트(204)의 각 블랭커를 제어하고, 각 빔의 조사량을 조정하여, 기판(240)에 패턴을 묘화한다.
- [0089] 또한, 본 발명은 상기 실시 형태 그대로 한정되는 것은 아니며, 실시 단계에서는 그 요지를 일탈하지 않는 범위에서 구성 요소를 변형하여 구체화할 수 있다. 또한, 상기 실시 형태에 개시되어 있는 복수의 구성 요소의 적절한 조합에 의하여, 다양한 발명을 형성할 수 있다. 예를 들면, 실시 형태에 나타낸 전체 구성 요소로부터 몇 가지 구성 요소를 삭제해도 된다. 또한, 상이한 실시 형태에 걸친 구성 요소를 적절히 조합해도 된다.

도면

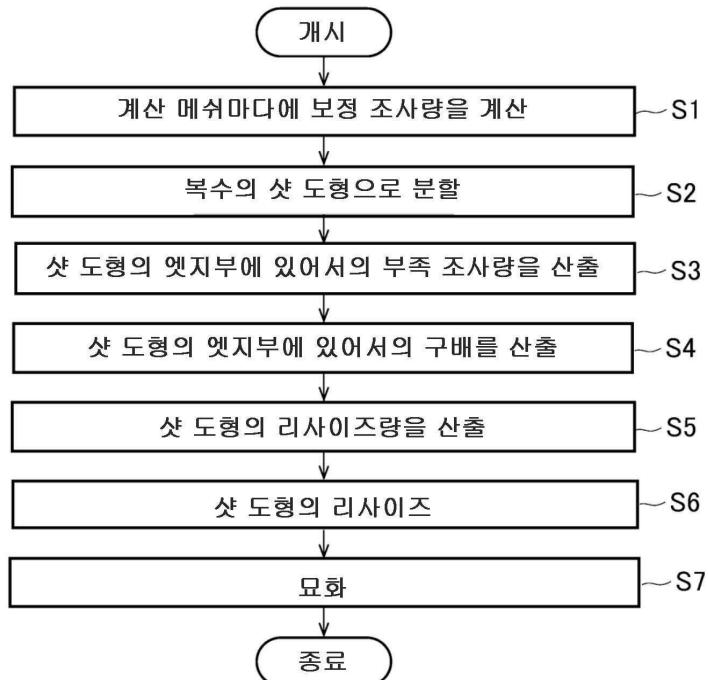
도면1



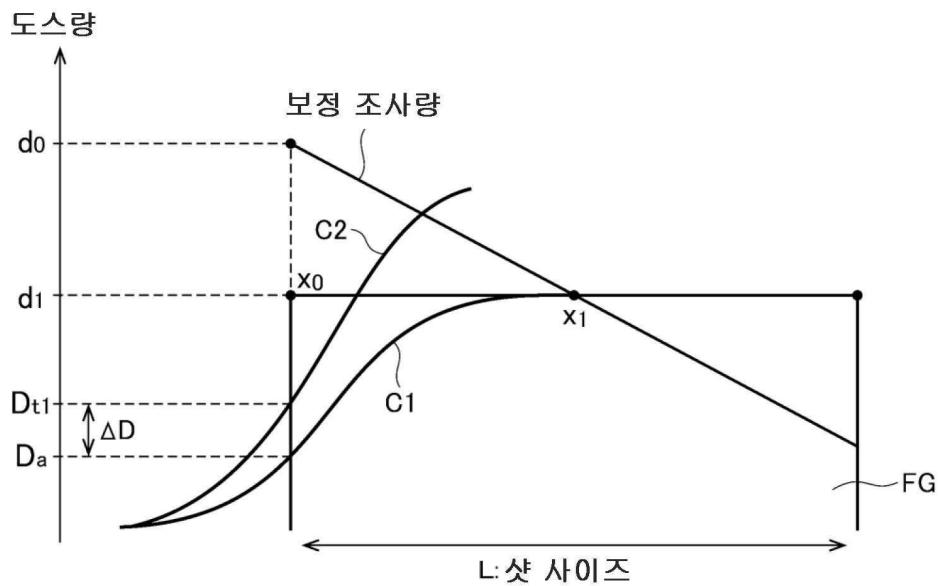
도면2



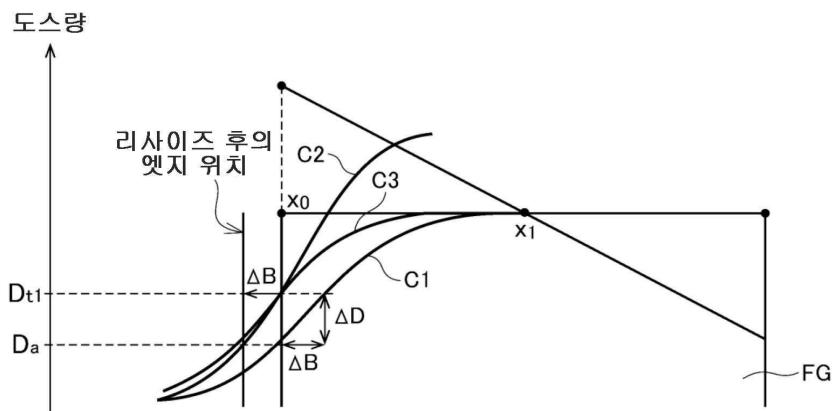
도면3



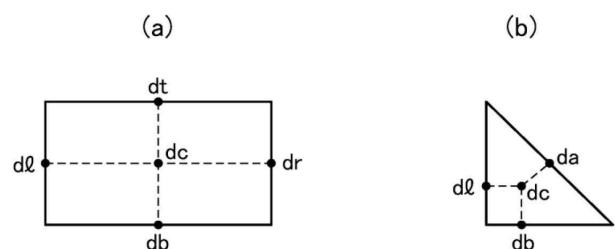
도면4



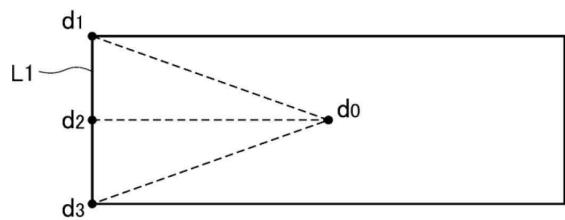
도면5



도면6

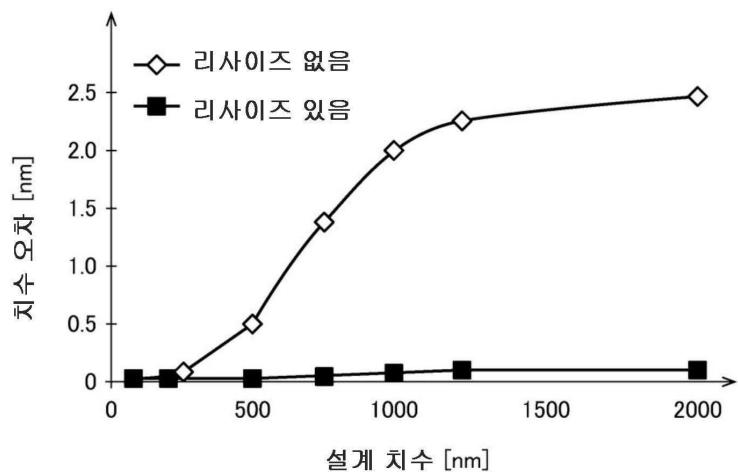


도면7

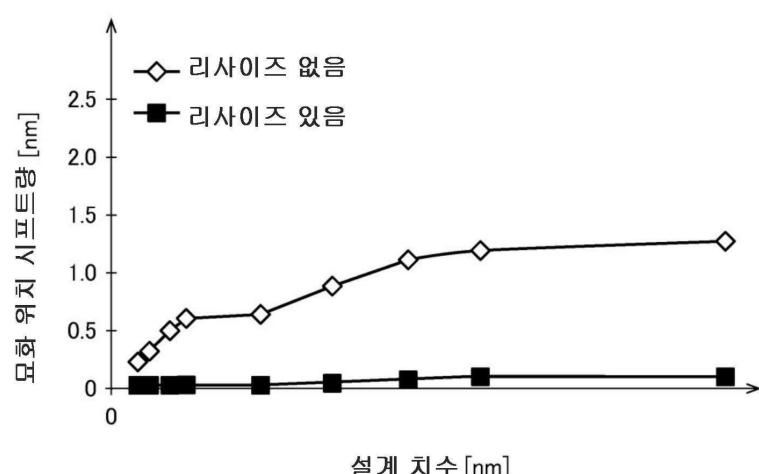


도면8

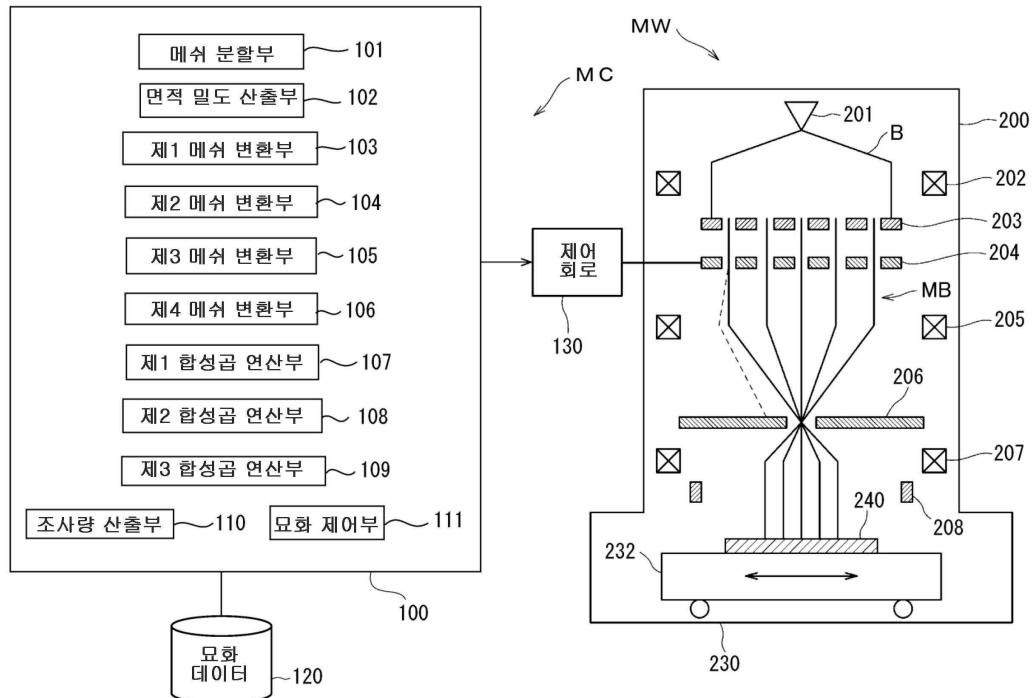
(a)



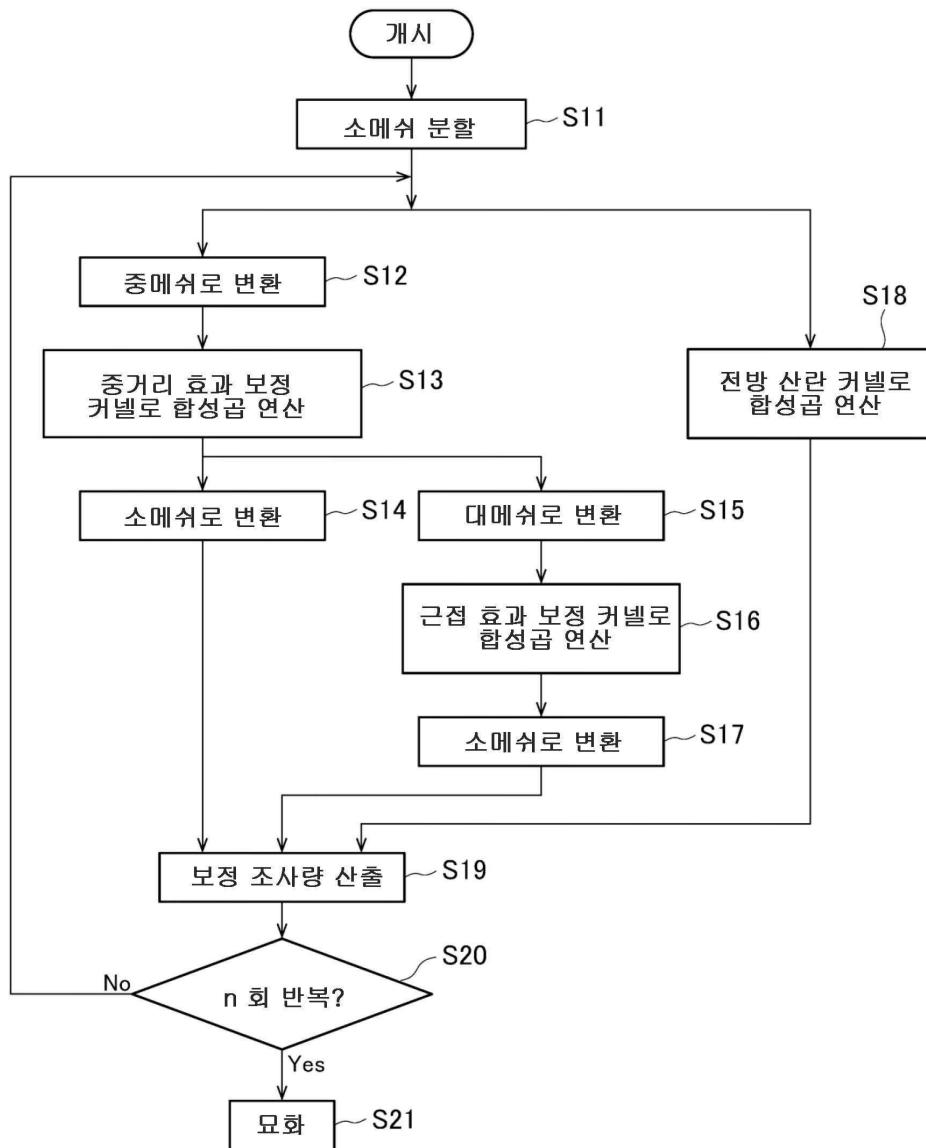
(b)



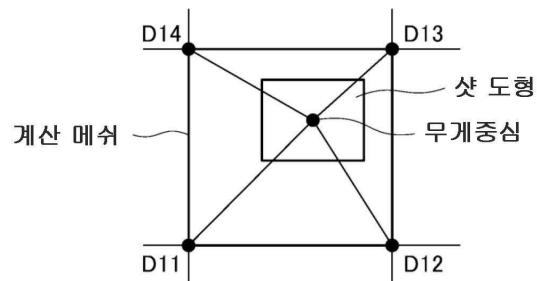
도면9



도면10



도면11



도면12

