



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2014년01월21일

(11) 등록번호 10-1352997

(24) 등록일자 2014년01월13일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

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

(21) 출원번호 10-2012-0136335

(22) 출원일자 2012년11월28일

심사청구일자 2012년11월28일

(65) 공개번호 10-2013-0061079

(43) 공개일자 2013년06월10일

(30) 우선권주장

JP-P-2011-261561 2011년11월30일 일본(JP)

(56) 선행기술조사문현

KR101006676 B1

KR100807957 B1

KR100819293 B1

JP2003318077 A

전체 청구항 수 : 총 5 항

(73) 특허권자

가부시키가이샤 뉴플레이 테크놀로지

일본국 카나가와Ken 요코하마시 이소고구 신스기타
쵸 8-1

(72) 발명자

마츠모토 히로노부

일본, 시즈오카Ken, 누마즈시, 오오카, 2068-3, 가
부시키가이샤 뉴플레이 테크놀로지 내

(74) 대리인

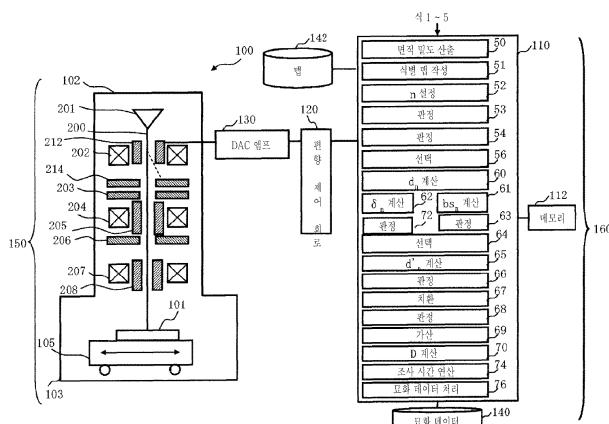
특허법인엠에이피에스

심사관 : 박성호

(54) 발명의 명칭 하전 입자빔 묘화 장치 및 하전 입자빔 묘화 방법

(57) 요약

조사량을 반복 연산에 의해 구할 시, 해의 수렴을 보다 앞당겨 묘화 시간을 단축하는 것이 가능한 장치를 제공한다. 묘화 장치(100)는, 시료의 묘화 영역이 가상 분할된 메쉬마다, 반복 연산에 의해 당해 소영역 내에 샷하는 하전 입자빔의 반복수 제 n 회째의 조사량 보정 계수를 산출하는 조사량 계수 계산부(60)와, 소영역마다, 제 n-1 회째의 조사량 보정 계수로부터, 반복수 n 회째에 산출된 제 n 회째의 조사량 보정 계수로의 변화율을 제 n 회째의 변화율로서 연산하는 변화율 계산부(62)와, 소영역마다, 제 n 회째의 변화율을 이용하여 제 n 회째의 조사량 보정 계수를 보정하는 조사량 계수 계산부(65)와, 소영역마다, 보정된 제 n 회째의 조사량 보정 계수를 이용하여 당해 소영역 내에 샷하는 하전 입자빔의 조사량을 연산하는 조사량 계산부(70)와, 조사량으로 당해 소영역 내에 원하는 패턴을 묘화하는 묘화부(150)를 구비한 것을 특징으로 한다.

대 표 도

특허청구의 범위

청구항 1

시료의 묘화 영역이 가장 분할된 메쉬 형상의 복수의 소영역의 소영역마다, 반복 연산에 의해 상기 소영역 내에 샷(shot)하는 하전 입자빔의 반복수 제 n 회째의 조사량 보정 계수를 산출하는 조사량 계수 연산부와,

소영역마다, 제 n - 1 회째의 조사량 보정 계수로부터, 반복수 n 회째에 산출된 상기 제 n 회째의 조사량 보정 계수로의 변화율을 제 n 회째의 변화율로서 연산하는 변화율 연산부와,

소영역마다, 상기 제 n 회째의 변화율을 이용하여 상기 제 n 회째의 조사량 보정 계수를 보정하는 보정 연산부와,

소영역마다, 보정된 상기 제 n 회째의 조사량 보정 계수를 이용하여 상기 소영역 내에 샷하는 하전 입자빔의 조사량을 연산하는 조사량 연산부와,

상기 조사량으로 상기 소영역 내에 원하는 패턴을 묘화하는 묘화부

를 구비한 것을 특징으로 하는 하전 입자빔 묘화 장치.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

소영역마다, 상기 제 n - 1 회째의 조사량 보정 계수를 이용하여, 상기 소영역에 하전 입자빔을 조사한 경우에 상기 소영역을 제외한 다른 복수의 소영역에 축적되는 각각의 조사량의 후방 산란 성분 계수의 합계를 나타내는 제 n 회째의 후방 산란 성분 계수를 연산하는 후방 산란 성분 함수 연산부를 더 구비하고,

상기 조사량 계수 연산부는, 상기 제 n 회째의 조사량 보정 계수를 산출할 시, 상기 제 n 회째의 후방 산란 성분 계수를 이용하는 것을 특징으로 하는 하전 입자빔 묘화 장치.

청구항 3

제 2 항에 있어서,

상기 조사량 계수 연산부는, 상기 제 n 회째의 조사량 보정 계수를 산출할 시, 또한 상기 소영역에 하전 입자빔을 조사한 경우에 상기 소영역에 분포하는 하전 입자빔의 조사량 분포 함수치를 이용하는 것을 특징으로 하는 하전 입자빔 묘화 장치.

청구항 4

시료의 묘화 영역이 가장 분할된 메쉬 형상의 복수의 소영역의 소영역마다, 반복 연산에 의해 상기 소영역 내에 샷하는 하전 입자빔의 반복수 제 n 회째의 조사량 보정 계수를 산출하는 공정과,

소영역마다, 반복수 제 n - 1 회째의 조사량 보정 계수로부터, 상기 제 n 회째의 조사량 보정 계수로의 변화율을 제 n 회째의 변화율로서 연산하는 공정과,

소영역마다, 상기 제 n 회째의 변화율을 이용하여 상기 제 n 회째의 조사량 보정 계수를 보정하는 공정과,

소영역마다, 보정된 상기 제 n 회째의 조사량 보정 계수를 이용하여 상기 소영역 내에 샷(shot)하는 하전 입자빔의 조사량을 연산하는 공정과,

상기 조사량으로 상기 소영역 내에 원하는 패턴을 묘화하는 공정

을 구비한 것을 특징으로 하는 하전 입자빔 묘화 방법.

청구항 5

제 4 항에 있어서,

소영역마다, 상기 제 n - 1 회째의 조사량 보정 계수를 이용하여, 상기 소영역에 하전 입자빔을 조사한 경우에 상기 소영역을 제외한 다른 복수의 소영역에 축적되는 각각의 조사량의 후방 산란 성분 계수의 합계를 나타내는

제 n 회째의 후방 산란 성분 계수를 연산하는 공정을 더 구비하고,

상기 제 n 회째의 조사량 보정 계수를 산출할 시, 상기 제 n 회째의 후방 산란 성분 계수를 이용하는 것을 특징으로 하는 하전 입자빔 묘화 방법.

명세서

기술분야

[0001]

본 발명은, 하전 입자빔 묘화 장치 및 하전 입자빔 묘화 방법에 관한 것이며, 예를 들면, 전자선 묘화에서 전자빔의 조사량을 구하는 방법에 관한 것이다.

배경기술

[0002]

반도체 디바이스의 미세화의 진전을 담당하는 리소그래피 기술은 반도체 제조 프로세스 중에서도 유일하게 패턴을 생성하는 매우 중요한 프로세스이다. 최근, LSI의 고집적화에 수반하여, 반도체 디바이스에 요구되는 회로 선폭은 해마다 미세화되고 있다. 이들 반도체 디바이스에 원하는 회로 패턴을 형성하기 위해서는 고정밀도의 원화(原畫) 패턴(레티를 혹은 마스크라고도 함)이 필요하다. 여기서, 전자선(전자빔) 묘화 기술은 본질적으로 뛰어난 해상성을 가지고 있어, 고정밀도의 원화 패턴의 생산에 이용된다.

[0003]

도 10은, 종래의 가변 성형형(成形型)의 전자선 묘화 장치의 동작을 설명하기 위한 개념도이다. 가변 성형형 전자선(EB: Electron beam) 묘화 장치는 이하와 같이 동작한다. 제 1 애퍼처(aperture)(410)에는 전자선(330)을 성형하기 위한 직사각형의 개구(411)가 형성되어 있다. 또한, 제 2 애퍼처(420)에는 제 1 애퍼처(410)의 개구(411)를 통과한 전자선(330)을 원하는 직사각형 형상으로 성형하기 위한 가변 성형 개구(421)가 형성되어 있다. 하전 입자 소스(430)로부터 조사되고 제 1 애퍼처(410)의 개구(411)를 통과한 전자선(330)은 편향기에 의해 편향되고, 제 2 애퍼처(420)의 가변 성형 개구(421)의 일부를 통과하여, 소정의 일방향(예컨대, X 방향이라 함)으로 연속적으로 이동하는 스테이지 상으로 탑재된 시료(340)에 조사된다. 즉, 제 1 애퍼처(410)의 개구(411)와 제 2 애퍼처(420)의 가변 성형 개구(421)와의 양방을 통과할 수 있는 직사각형 형상이, X 방향으로 연속적으로 이동하는 스테이지 상에 탑재된 시료(340)의 묘화 영역에 묘화된다. 제 1 애퍼처(410)의 개구(411)와 제 2 애퍼처(420)의 가변 성형 개구(421)의 양방을 통과시켜, 임의 형상을 작성하는 방식을 가변 성형 방식(VSB 방식)이라고 한다.

[0004]

상술한 전자빔 묘화에서는, 도형의 단부(端部)에서 빔 조사량이 레지스트를 해상시키는 조사량의 임계치가 되도록 각 샷(shot)의 조사량을 설정하고 있다. 통상, 도형 단부에서의 샷의 조사 에너지의 최대치의 반 정도로 임계치에 도달하도록 설정된다. 그리고, 조사량의 계산에는 조사 위치에 관계없이 하나의 조사량 계산식이 이용된다. 이 때문에, 복수의 샷을 연결하여 구성되는 도형을 묘화할 경우, 각 샷에서는 도형의 단부인지 여부에 관계없이, 조사 에너지의 최대치의 반 정도로 임계치에 도달하도록 조사량이 설정된다.

[0005]

한편, 최근의 패턴의 미세화에 수반하여, 묘화 장치로 묘화되는 묘화 시간이 길어져, 그 단축화가 요청되고 있다. 그러나, 패턴을 치수대로 묘화하기 위해서는 계산된 조사량을 레지스트에 입사시킬 필요가 있고, 종래의 방법으로는 묘화 시간의 단축에도 한계가 있었다.

[0006]

여기서, 전자빔 묘화의 조사량 계산식에 관련하여, 근접 효과라 불리는 현상 등을 보정하기 위하여, 조사량의 연산에 이용하는 기준 조사량(D_{base})과, 근접 효과를 보정하기 위한 후방 산란 계수(η)와 같은 값을 위치에 의존하여 변경하여 조사량을 연산하는 방법도 존재한다. 그러나, 이러한 방법에서도 이용하는 조사량 계산식 자체는 동일하며, 식 내의 변수를 조정하는 것이다.

[0007]

상술한 바와 같이, 종래에는, 설정되는 하나의 조사량 계산식으로 각 샷의 조사량을 계산하고 있었다. 종래의 조사량 계산식으로 구한 입사 조사량으로 조사하면, 도형 단부와 묘화하지 않는 장소를 제외한 모든 영역에서, 전체 조사량은 레지스트의 임계치보다 커진다. 도형 단부에서의 전체 조사량이 레지스트의 임계치가 되기 위하여 도형 단부 근방에서의 전체 조사량을 레지스트의 임계치보다 크게 하는 것은 필요하지만, 도형 단부로부터 충분히 멀어진 영역에서는 전체 조사량이 임계치 정도이면 된다. 그러나, 종래의 방법에서는 이를 고려하고 있지 않았다. 그 때문에, 예를 들면, 복수의 샷을 연결하여 구성되는 도형을 묘화할 경우 등에, 이러한 방법으로 도형 단부로부터 빔의 전방 산란 반경보다 충분히 멀어진 도형 내부의 영역의 입사 조사량을 구하면, 이러한 영역의 조사량은 레지스트의 임계치보다 커진다. 조사량이 크면 그 만큼 조사 시간도 길어진다. 이와 같이, 도형

또는 그 조사 위치에 따라서는 과잉인 조사량이 존재하고, 그 만큼 묘화 시간이 필요 이상으로 걸린다고 하는 문제가 있었다.

[0008] 특허 문헌 1: 일본특허공개공보 2011-228503호

발명의 내용

해결하려는 과제

[0009] 이에 대하여, 본원 발명자는 도형 단부와 도형 내부의 영역과의 사이에서 조사량 계산식을 구분하여 이용하는 방법을 제안했는(예를 들면, 특허 문헌 1 참조)데, 이용한 식에서의 수렴 시간에 대하여 한층 더 단축화가 요구되고 있었다.

[0010] 상술한 바와 같이 종래의 조사량 계산식에서는, 조사량을 연산함에 있어서의 수렴에 시간이 걸리는 경우가 있어, 소정의 반복(iteration) 횟수로 연산할 시, 아직 수렴이 완료되어 있지 않아, 조사량의 부족을 초래하는 경우가 있을 수 있는 것을 알 수 있었다. 그러나, 이러한 문제에 대하여 종래 충분한 방법이 확립되어 있지 않았다. 반복 횟수를 늘리면 되지만, 그 만큼 연산 시간이 길어져 묘화 시간에 영향을 줄 우려가 있었다. 최근의 패턴의 미세화에 따른 데이터량의 증가에 수반하여, 묘화 시간을 단축하기 위해서도, 조사량 연산의 연산 시간의 단축화가 요구된다.

[0011] 따라서 본 발명은, 상술한 문제점을 극복하고, 조사량을 반복 연산에 의해 구할 시, 해의 수렴을 보다 앞당기는 것이 가능한 장치 및 방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

[0012] 본 발명의 일태양의 하전 입자빔 묘화 장치는,

[0013] 시료의 묘화 영역이 가장 분할된 메쉬 형상의 복수의 소영역의 소영역마다, 반복 연산에 의해 상기 소영역 내에 샷하는 하전 입자빔의 반복수 제 n 회째의 조사량 보정 계수를 산출하는 조사량 계수 연산부와,

[0014] 소영역마다, 제 n - 1 회째의 조사량 보정 계수로부터, 반복수 n 회째에 산출된 제 n 회째의 조사량 보정 계수로의 변화율을 제 n 회째의 변화율로서 연산하는 변화율 연산부와,

[0015] 소영역마다, 제 n 회째의 변화율을 이용하여 제 n 회째의 조사량 보정 계수를 보정하는 보정 연산부와,

[0016] 소영역마다, 보정된 제 n 회째의 조사량 보정 계수를 이용하여 상기 소영역 내에 샷하는 하전 입자빔의 조사량을 연산하는 조사량 연산부와,

[0017] 조사량으로 상기 소영역 내에 원하는 패턴을 묘화하는 묘화부

[0018] 를 구비한 것을 특징으로 한다.

[0019] 또한 소영역마다, 제 n - 1 회째의 조사량 보정 계수를 이용하여, 상기 소영역에 하전 입자빔을 조사했을 경우에 상기 소영역을 제외한 다른 복수의 소영역에 축적되는 각각의 조사량의 후방 산란 성분 계수의 합계를 나타내는 제 n 회째의 후방 산란 성분 계수를 연산하는 후방 산란 성분 함수 연산부를 더 구비하고,

[0020] 조사량 계수 연산부는, 제 n 회째의 조사량 보정 계수를 산출할 시, 제 n 회째의 후방 산란 성분 계수를 이용하면 적합하다.

[0021] 또한 조사량 계수 연산부는, 제 n 회째의 조사량 보정 계수를 산출할 시, 또한 상기 소영역에 하전 입자빔을 조사했을 경우에 상기 소영역에 분포하는 하전 입자빔의 조사량 분포 함수치를 이용하면 적합하다.

[0022] 본 발명의 일태양의 하전 입자빔 묘화 방법은,

[0023] 시료의 묘화 영역이 가장 분할된 메쉬 형상의 복수의 소영역의 소영역마다, 반복 연산에 의해 상기 소영역 내에 샷하는 하전 입자빔의 반복수 제 n 회째의 조사량 보정 계수를 산출하는 공정과,

[0024] 소영역마다, 반복수 제 n - 1 회째의 조사량 보정 계수로부터, 제 n 회째의 조사량 보정 계수로의 변화율을 제 n 회째의 변화율로서 연산하는 공정과,

[0025] 소영역마다, 제 n 회째의 변화율을 이용하여 제 n 회째의 조사량 보정 계수를 보정하는 공정과,

- [0026] 소영역마다, 보정된 제 n 회째의 조사량 보정 계수를 이용하여 상기 소영역 내에 샷하는 하전 입자빔의 조사량을 연산하는 공정과,
- [0027] 조사량으로 상기 소영역 내에 원하는 패턴을 묘화하는 공정
- [0028] 을 구비한 것을 특징으로 한다.
- [0029] 또한 소영역마다, 상기 제 n - 1 회째의 조사량 보정 계수를 이용하여, 상기 소영역에 하전 입자빔을 조사했을 경우에 상기 소영역을 제외한 다른 복수의 소영역에 축적되는 각각의 조사량의 후방 산란 성분 계수의 합계를 나타내는 제 n 회째의 후방 산란 성분 계수를 연산하는 공정을 더 구비하고,
- [0030] 제 n 회째의 조사량 보정 계수를 산출할 시, 제 n 회째의 후방 산란 성분 계수를 이용하면 적합하다.

발명의 효과

- [0031] 본 발명의 일태양에 따르면, 조사량을 반복 연산에 의해 구할 시, 해의 수렴을 보다 앞당겨 묘화 시간을 단축할 수 있다. 따라서, 장치의 스루풋을 향상시킬 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0032] 도 1은 실시예 1에서의 묘화 장치의 구성을 도시한 개념도이다.
 도 2는 실시예 1에서의 조사량과 종래의 조사량을 비교하여 설명하기 위한 빔 프로파일의 일례를 나타낸 도면이다.
 도 3은 실시예 1에서의 묘화 방법의 주요부 공정을 나타낸 순서도이다.
 도 4는 실시예 1에서의 면적 밀도 맵의 일례를 도시한 도면이다.
 도 5는 실시예 1에서의 도형 단부 · 도형 내부 식별 맵의 일례를 도시한 도면이다.
 도 6은 실시예 1에서의 메쉬 영역의 좌표값의 일례를 도시한 도면이다.
 도 7은 실시예 1의 조사량 보정 계수와 종래의 조사량 보정 계수의 수렴 속도의 차이를 나타낸 개념도이다.
 도 8은 실시예 1의 조사량 보정 계수의 수렴의 방법을 설명하기 위한 개념도이다
 도 9는 실시예 1과 비교하기 위한 조사량의 일례를 나타낸 도이다.
 도 10은 종래의 가변 성형형 전자선 묘화 장치의 동작을 설명하기 위한 개념도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0033] 이하, 실시예에서는 하전 입자빔의 일례로서 전자빔을 이용한 구성에 대하여 설명한다. 단, 하전 입자빔은 전자빔에 한정되지 않고, 이온 빔 등의 하전 입자를 이용한 빔이어도 상관없다. 또한, 하전 입자빔 장치의 일례로서 가변 성형형(成形型)의 묘화 장치에 대하여 설명한다.

실시예 1

- [0035] 도 1은 실시예 1에서의 묘화 장치의 구성을 도시한 개념도이다. 도 1에서 묘화 장치(100)는 묘화부(150)와 제어부(160)를 구비하고 있다. 묘화 장치(100)는 하전 입자빔 묘화 장치의 일례이다. 특히, 가변 성형형(VSB형)의 묘화 장치의 일례이다. 묘화부(150)는 전자 경통(鏡筒)(102)과 묘화실(103)을 구비하고 있다. 전자 경통(102) 내에는 전자총(201), 조명 렌즈(202), 블랭킹 편향기(블랭커)(212), 블랭킹 애피처(214), 제 1 성형 애피처(203), 투영 렌즈(204), 편향기(205), 제 2 성형 애피처(206), 대물렌즈(207) 및 편향기(208)가 배치되어 있다. 묘화실(103) 내에는, 적어도 XY 방향으로 이동 가능한 XY 스테이지(105)가 배치된다. XY 스테이지(105) 상에는 묘화 대상이 되는 시료(101)가 배치된다. 시료(101)에는, 반도체 장치를 제조하기 위한 노광용의 마스크 또는 실리콘 웨이퍼 등이 포함된다. 마스크에는 마스크 블랭크스가 포함된다.

- [0036] 제어부(160)는 제어 계산기(110), 메모리(112), 편향 제어 회로(120), DAC(디지털 · 아날로그 컨버터) 앰프 유닛(130)(편향 앰프) 및 자기 디스크 장치 등의 기억 장치(140, 142)를 가지고 있다. 제어 계산기(110), 메모리(112), 편향 제어 회로(120) 및 기억 장치(140, 142)는, 도시하지 않은 버스를 개재하여 서로 접속되어 있다. 편향 제어 회로(120)에는 DAC 앰프 유닛(130)이 접속되어 있다. DAC 앰프 유닛(130)은 블랭킹 편향기(212)에 접

속되어 있다.

[0037] 편향 제어 회로(120)로부터 DAC 앰프 유닛(130)에 대하여, 블랭킹 제어용의 디지털 신호가 출력된다. 그리고, DAC 앰프 유닛(130)에서는 디지털 신호를 아날로그 신호로 변환하고, 증폭시킨 다음 편향 전압으로서 블랭킹 편향기(212)에 인가한다. 이러한 편향 전압에 의해 전자빔(200)이 편향되고, 각 샷의 빔이 형성된다.

[0038] 또한 제어 계산기(110) 내에는 면적 밀도 산출부(50), 식별 맵 작성부(51), 반복 횟수(n) 설정부(52), 판정부(53, 54), 선택부(56), 계수(d_n) 계산부(60), 후방 산란 성분 계수(bs_n) 계산부(61), 변화율(δ_n) 계산부(62), 판정부(63), 선택부(64), 계수(d_n') 계산부(65), 판정부(66), 치환부(67), 판정부(68), 가산부(69), 판정부(72), 조사량(D) 계산부(70), 조사 시간 산출부(74) 및 묘화 데이터 처리부(76)가 배치되어 있다. 면적 밀도 산출부(50), 식별 맵 작성부(51), 반복 횟수(n) 설정부(52), 판정부(53, 54), 선택부(56), 계수(d_n) 계산부(60), 후방 산란 성분 계수(bs_n) 계산부(61), 변화율(δ_n) 계산부(62), 판정부(63), 선택부(64), 계수(d_n') 계산부(65), 판정부(66), 치환부(67), 판정부(68), 가산부(69), 조사량(D) 계산부(70), 조사 시간 산출부(74) 및 묘화 데이터 처리부(76)와 같은 각 기능은, 프로그램과 같은 소프트웨어로 구성되어도 된다. 혹은, 전자 회로 등의 하드웨어로 구성되어도 된다. 혹은, 이들의 조합이어도 된다. 제어 계산기(110)에 필요한 입력 데이터 혹은 연산된 결과는 그 때마다 메모리(112)에 기억된다. 마찬가지로, 편향 제어 회로(120)는 프로그램과 같은 소프트웨어로 동작시키는 컴퓨터로 구성되어도, 전자 회로 등의 하드웨어로 구성되어도 된다. 혹은, 이들의 조합이어도 된다. 여기서, 도 1에서는, 실시예 1을 설명함에 있어서 필요한 구성을 기재하고 있다. 묘화 장치(100)에 있어서, 통상, 필요한 그 외의 구성을 구비하고 있어도 상관없다. 예를 들면, 편향기(205) 또는 편향기(208)를 위한 각 DAC 앰프 유닛도 구비하고 있는 것은 말할 필요도 없다.

[0039] 도 2는, 도 2의 (a)에 나타낸 패턴 폭(L)의 도형 패턴을 묘화할 경우에 실시예 1에서의 조사량과 종래의 조사량을 비교하여 설명하기 위한 빔 프로파일의 일례를 나타낸 도이다. 도 2의 (b)는 종래의 보정 방법에 따른 조사량 프로파일을 나타내고 있고, 각 샷의 입사 조사량은, 인접한 샷이 없어도 각 샷 단부에서의 전체 조사량이 레지스트를 해상하는 조사량 임계치(E_{th})가 되도록 설정되어 있다. 이 때문에 각 샷의 입사 조사량은, 레지스트를 해상하는 조사량 임계치(E_{th})에서 샷의 위치에서의 후방 산란 조사량분을 뺀 값의 2 배가 되도록 설정되어 있다. 그러나 예를 들면, 도형 내부의 샷(2 ~ 6)과 같은 위치에서는, 전방 산란의 영향에 의한 치수 변동을 무시할 수 있는 정도이므로, 이상적으로는 샷되는 빔의 에너지 최대치가 레지스트 해상의 임계치(E_{th})까지 있으면 충분하다. 따라서 실시예 1에서는, 도 2의 (c)에 나타낸 바와 같이, 이러한 도형 패턴의 내부 영역에서의 조사량(D2 ~ D3)을 레지스트가 해상하는 조사량 임계치(E_{th})로부터 샷 위치에서의 후방 산란 조사량분을 뺀 값으로 설정한다. 이러한 구성에 의해 도형 패턴의 내부 영역(2 ~ 6)에서의 조사량이 작아진 만큼, 이러한 샷의 조사 시간을 단축할 수 있다. 이하에서, 구체적으로 처리 흐름을 설명한다.

[0040] 도 3은, 실시예 1에서의 묘화 방법의 주요부 공정을 나타낸 순서도이다. 도 3에서, 실시예 1에서의 묘화 방법은, 면적 밀도 산출 공정(S102)과, 도형 단부 · 도형 내부 식별 맵 작성 공정(S104)과, 반복 횟수(n) 설정 공정(S106)과, 판정 공정(S108)과, 판정 공정(S110)과, 선택 공정(S112)과, $d_n(i, j)$ 계산 공정(S114), $\delta_n(i, j)$ 계산 공정(S116)과, 판정 공정(S118)과, 판정 공정(S119)과, 선택 공정(S120)과, $d_n'(i, j)$ 계산 공정(S122)과, 판정 공정(S124)과, 치환 공정(S126)과, 판정 공정(S128)과, 가산 공정(S130)과, 조사량(D) 계산 공정(S132)과, 조사 시간 계산 공정(S134)과, 묘화 공정(S136)과 같은 일련의 공정을 실시한다.

[0041] 우선, 묘화 장치(100) 외부로부터 묘화 데이터가 입력되고, 기억 장치(140)에 기억된다. 그리고 묘화 장치(100) 내에서는, 묘화 데이터 처리부(76)가, 외부로부터 입력되어 기억 장치(140)에 기억된 묘화 데이터를 기억 장치(140)로부터 독출(讀出)하고, 복수단의 데이터 변환 처리를 행한다. 그리고, 이러한 복수단의 데이터 변환 처리에 의해 묘화 장치 고유의 샷 데이터를 생성한다. 그리고, 이러한 샷 데이터에 따라 묘화 처리가 행해지게 된다.

[0042] 시료(101)의 묘화면은, 계산 처리 단위의 묘화 영역이 되는 복수의 프레임 영역으로 가상 분할된다. 그리고, 복수의 프레임 영역 내의 데이터 처리가 도시하지 않은 복수의 CPU 등에 의해 병렬로 진행된다. 먼저 묘화되는 프레임 영역 측으로부터 차례로 병렬 처리가 행해진다.

[0043] 또한 시료(101)의 묘화면은, 소정의 사이즈로 메쉬 형상의 메쉬 영역(소영역의 일례)으로 가상 분할된다. 메쉬 사이즈는, 전자빔(200)의 전방 산란의 영향 반경보다 큰 사이즈로 한다. 예를 들면, 전자빔(200)의 전방 산란

분포인 30보다 크게 하면 된다. 또한, 메쉬 사이즈는 최소 3 사이즈보다 큰 사이즈로 하면 된다.

[0044] 면적 밀도 산출 공정(S102)으로서, 면적 밀도 산출부(50)는, 묘화 데이터를 프레임 영역마다 기억 장치(140)로부터 독출하여, 각 메쉬 위치에서의 메쉬 영역 내의 패턴 면적 밀도(p)를 산출한다.

[0045] 도 4는, 실시예 1에서의 면적 밀도 맵의 일례를 도시한 도면이다. 도 4에서, 패턴(10)이 점선으로 나타나 있다. 이러한 패턴(10)에 의해 완전히 덮여 있는 메쉬 영역에서는, 면적 밀도가 1.0(100%)로 나타나 있다. 또한, 패턴(10)이 전혀 덮여 있지 않은 메쉬 영역에서는, 면적 밀도가 0(0%)으로 나타나 있다. 그리고, 패턴(10)의 도형 단부에서는 메쉬 영역의 일부에 걸쳐 있으므로, 그 포함되는 영역의 면적에 따라 각각 면적 밀도가 구해진다. 도 4에서는, 메쉬 사이즈(m)로 격자 형상으로 분할되어 있는 예를 도시하고 있다.

[0046] 도형 단부 · 도형 내부 식별 맵 작성 공정(S104)으로서, 식별 맵 작성부(51)는, 메쉬 영역마다, 이러한 영역이 도형 단부에 위치하는지 혹은 도형 내부에 위치하는지를 식별하는 식별 맵을 작성한다.

[0047] 도 5는, 실시예 1에서의 도형 단부 · 도형 내부 식별 맵의 일례를 도시한 도이다. 도 5에서, 당해 메쉬 영역의 패턴 면적 밀도(p)가 100%이며, 또한 당해 메쉬 영역을 둘러싸는 주위의 모든 메쉬 영역이 모두 패턴 면적 밀도(p)가 100%인 영역을 도형 내부['내(内)'로 나타냄]로 하고 있다. 그리고, 이러한 조건에 해당되지 않지만 면적 밀도(p)가 0%가 아닌 메쉬 영역을 도형 단부['단(端)'으로 나타냄]로 하고 있다. 면적 밀도(p)가 0%인 메쉬 영역은, 원래 패턴이 배치되어 있지 않기 때문에, '공(空)'이라고 한다. 예를 들면 도 5에서, 하단의 각 메쉬 영역에서는, 면적 밀도가 0%이므로, 모두 '공'으로 한다. 하단으로부터 2 단째의 각 메쉬 영역 및 하단으로부터 3 단째 이후의 좌우단의 각 메쉬 영역에서는, 면적 밀도가 0%는 아니지만 100%는 아니므로, 모두 '단'으로 한다. 하단으로부터 3 단째 이후의 좌우단으로부터 내측으로 2 열째의 각 메쉬 영역은, 당해 메쉬 영역의 패턴 면적 밀도(p)는 100%이지만, 당해 메쉬 영역을 둘러싸는 메쉬 영역 내에 면적 밀도(p)가 100%가 아닌 영역이 있으므로, 모두 '단'으로 한다. 마찬가지로, 하단으로부터 3 단째의 나머지 각 메쉬 영역에 대해서도, 당해 메쉬 영역의 패턴 면적 밀도(p)는 100%이지만, 당해 메쉬 영역을 둘러싸는 메쉬 영역 내에 면적 밀도(p)가 100%가 아닌 영역이 있으므로, 모두 '단'으로 한다. 그리고, 하단으로부터 4 단째 이후의 좌우단으로부터 내측으로 3 열째의 각 메쉬 영역은, 당해 메쉬 영역의 패턴 면적 밀도($p(i, j)$)가 100%이며, 또한 당해 메쉬 영역을 둘러싸는 주위의 모든 메쉬 영역이 모두 패턴 면적 밀도(p)가 100%이므로, '내'로 한다. 여기서는, '내', '단' 및 '공'로 나타내었지만, 실제의 식별 맵에서는 이들을 식별할 수 있는 기호 혹은 정보이면 된다. 작성된 식별 맵은 기억 장치(142)에 저장된다.

[0048] 반복 횟수(n) 설정 공정(S106)으로서, n 설정부(52)는, 조사량 연산을 행할 시의 반복 횟수(n)를 설정한다. 여기서는, 첫 회에 $n = 1$ 을 설정하면 된다. 이후, 프레임마다, 또한 각 프레임 내의 메쉬 영역마다, 당해 메쉬 영역용으로 이용하는 조사량을 구한다.

[0049] 판정 공정(S108)으로서, 판정부(53)는, 당해 메쉬 영역이 도형 단부 메쉬인지 여부를 판정한다. 구체적으로 판정부(53)는, 메쉬 영역마다, 기억 장치(142)에 저장된 식별 맵을 참조하여, 당해 메쉬 영역이 도형 단부 메쉬인지 여부를 판정한다. 도형 단부 메쉬일 경우에는 선택 공정(S112)으로 진행된다. 도형 단부 메쉬가 아닐 경우에는 판정 공정(S110)으로 진행된다.

[0050] 판정 공정(S110)으로서, 판정부(54)는, 당해 메쉬 영역이 도형 내부 메쉬인지 여부를 판정한다. 구체적으로 판정부(54)는, 메쉬 영역마다, 기억 장치(142)에 저장된 식별 맵을 참조하여, 당해 메쉬 영역이 도형 내부 메쉬인지 여부를 판정한다. 도형 내부 메쉬일 경우에는 선택 공정(S112)으로 진행된다. 도형 내부 메쉬가 아닐 경우에는 판정 공정(S124)으로 진행된다.

[0051] 선택 공정(S112)으로서, 선택부(56)는, 메쉬 영역마다, 복수의 조사량 계산식 중에서 하나를 선택한다. 여기서는, 두 개의 조사량 계산식(1, 2)을 이용한다. 도형 단부에 사용하는 일방의 조사량 계산식(1)은 다음의 식(1)으로 정의된다. 조사량 계산식(1, 2)은 미리 묘화 장치(100)에 설정하면 된다.

$$(1) \quad d_n(i) = \frac{1 + \eta(1 - bs_n(i))}{\frac{1}{2} + m^2 \eta g(0)}$$

[0052]

[0053] 식(1)에서는 조사량 보정 계수($d_n(i)$)와, 전자빔의 후방 산란 계수(η)와, 전자빔의 후방 산란 분포 함수(g)

(x))와, 후방 산란 성분 계수($bs_n(i)$)와, 메쉬 사이즈(m)를 이용하고 있다. 또한, n 은 반복 연산 횟수를 나타낸다. i 는 메쉬 영역의 좌표를 나타내는 벡터이다. 또한, $g(0)$ 는 분포 함수의 중심값을 나타낸다. 즉, $g(0)$ 는, 좌표(i)의 당해 메쉬 영역에 전자빔(200)을 조사할 경우에 좌표(i)의 당해 메쉬 영역에 분포하는 전자빔의 조사량 분포 함수치가 된다.

[0054] 또한, 도형 내부에 사용하는 타방의 조사량 계산식(2)은 다음의 식(2)으로 정의된다.

$$(2) \quad d_n(i) = \frac{1 + \eta(1 - bs_n(i))}{1 + m^2 \eta g(0)}$$

[0055] [0056] 또한, 식(1) 및 식(2)에서의 후방 산란 성분 계수($bs_n(i)$), 다음의 식(3)으로 정의된다.

$$(3) \quad bs_n(i) = m^2 \sum_{j \neq 0} g(j) d_{n-1}(i + j)$$

[0057] [0058] 도 6은, 실시예 1에서의 메쉬 영역의 좌표값의 일례를 도시한 도이다. 도 6에 도시한 바와 같이 벡터(j)는, 좌표(i)의 메쉬 영역을 기준으로 한 경우의 상대 좌표를 나타낸다. 따라서, 반복 계산 횟수 제 n 회째의 후방 산란 성분 계수($bs_n(i)$)는, 메쉬 영역($i + j$)에서의 반복 계산 횟수 제 $n - 1$ 회째의 조사량 보정 계수(d_{n-1})를 이용하여, 메쉬 영역(i)을 제외한 다른 메쉬 영역($i + j$)에 전자빔(200)을 조사했을 경우에 발생하는 메쉬 영역(i)에서의 후방 산란 성분 계수를 나타낸다.

[0059] 여기서는, 도형 내부로 식별된 메쉬 영역에 대해서는 식(1)을, 도형 단부로 식별된 메쉬 영역에 대해서는 식(2)을 선택한다. 이 때문에, 조사량 계산식(1)으로 구해지는 조사량보다, 조사량 계산식(2)으로 구해지는 조사량을 작게 할 수 있다. 상술한 바와 같이, 전방 산란의 영향을 무시할 수 있는 도형 내부의 샷 위치에서는, 이 상적으로는 조사 에너지의 최대치가 레지스트의 해상 임계치(E_{th})이면 되고, 그 만큼 조사 에너지의 최대치를 작게 할 수 있다. 따라서, 여분의 조사량을 배제할 수 있다.

[0060] $d_n(i, j)$ 계산 공정(S114)으로서, 우선, bs_n 계산부(61)는, 식(3)을 이용하여 메쉬 영역($i + j$)에서의 반복 계산 횟수 제 $n - 1$ 회째의 조사량 보정 계수(d_{n-1})를 이용하여, 메쉬 영역(i)을 제외한 다른 메쉬 영역($i + j$)에 전자빔(200)을 조사했을 경우에 발생하는 메쉬 영역(i)에서의 후방 산란 성분 계수($bs_n(i)$)를 계산한다. bs_n 계산부(61)는, 후방 산란 성분 함수 연산부의 일례이다. 이어서 d_n 계산부(60)는, 선택된 조사량 계산식(1 또는 2)을 이용하여, 메쉬 영역마다, 반복 연산에 의해 당해 메쉬 영역 내에 샷하는 전자빔의 반복수 제 n 회째의 조사량 보정 계수($d_n(i)$)를 산출한다.

[0061] 여기서는, bs_n 계산부(61)가 후방 산란 성분 계수($bs_n(i)$)의 계산을 행하고, d_n 계산부(60)가 조사량 보정 계수($d_n(i)$)의 계산을 행한다고 하여, 계산 처리를 구분하여 행하는 예를 나타내고 있지만, 하나의 계산 처리 내에서 동시에 행해도 된다.

[0062] 조사량 계산식(1 또는 2)에 나타낸 바와 같이, d_n 계산부(60)는, 제 n 회째의 조사량 보정 계수(d_n)를 산출할 시, 제 n 회째의 후방 산란 성분 계수($bs_n(i)$)를 이용한다. 또한, 조사량 계산식(1 또는 2)에 나타낸 바와 같이, d_n 계산부(60)는, 제 n 회째의 조사량 보정 계수(d_n)를 산출할 시, 당해 메쉬 영역에 전자빔(200)을 조사했을 경우에 당해 메쉬 영역에 분포하는 전자빔의 조사량 분포 함수치($g(0)$)를 이용한다. d_n 계산부(60)는 조사량 계수 연산부의 일례이다. 여기서는, $n = 1$ 이 설정되어 있으므로, 조사량 보정 계수 $d_1(i)$ 를 산출한다. 이 때, 초기값으로서 도형 단부의 메쉬 영역에서의 조사량 보정 계수 $d_0(i) = 2\rho$ 도형 내부의 메쉬 영역에서의 조사량 보정 계수 $d_0(i) = \rho$ 로 한다. ρ 는, 당해 메쉬 영역에서의 면적 밀도의 값을 나타낸다.

[0063] $\delta_n(i, j)$ 계산 공정(S116)으로서, δ_n 계산부(62)는, 메쉬 영역마다, 제 $n - 1$ 회째의 조사량 보정 계수(d_{n-1})로부터, 반복수 n 회째에 산출된 제 n 회째의 조사량 보정 계수(d_n)로의 변화율을 제 n 회째의 변화율(δ_n)로

서 연산한다. δ_n 계산부(62)는 변화율 연산부의 일례이다. 여기서는, $n = 1$ 이 설정되어 있으므로, 조사량 보정 계수 $\delta_1(i)$ 를 산출한다. 변화율(δ_n)은 다음의 식(4)으로 정의된다.

$$(4) \quad \delta_n(i) = \frac{d_n - d_{n-1}}{d_{n-1}}$$

[0064]

[0065] 판정 공정(S118)으로서, 판정부(63)는, 변화율(δ_n)이 허용치(Δ)보다 작은지 여부를 판정한다. 변화율(δ_n)이 허용치(Δ)보다 작을 경우에는 선택 공정(S120)으로 진행된다. 변화율(δ_n)이 허용치(Δ)보다 작지 않을 경우에는 판정 공정(S119)으로 진행된다.

[0066]

[0066] 판정 공정(S119)으로서, 판정부(72)는, 변화율(δ_n)이 허용치(Δ)보다 작지 않을 경우에, 당해 메쉬 영역이 도형 단부 메쉬인지 여부를 판정한다. 구체적으로 판정부(53)는, 메쉬 영역마다, 기억 장치(142)에 저장된 식별 맵을 참조하여, 당해 메쉬 영역이 도형 단부 메쉬인지 여부를 판정한다.

[0067]

[0067] 선택 공정(S120)으로서, 선택부(64)는, 조사량 보정 계수(d_n)를 보정하기 위한 복수의 조사량 계산식(3 ~ 5) 중에서 하나를 선택한다. 선택부(64)는, 변화율(δ_n)이 허용치(Δ)보다 작지 않고, 또한 당해 메쉬 영역이 도형 단부 메쉬일 경우, 조사량 계산식(3)을 선택한다. 조사량 계산식(3)은 다음의 식(5)으로 정의된다. 조사량 계산식(3 ~ 5)은 미리 묘화 장치(100)에 설정하면 된다.

$$(5) \quad d'_n(i) = d_n(i) - k \frac{\eta \delta_n b s_n(i)}{\frac{1}{2} + m^2 \eta g(0)}$$

[0068]

[0069] 식(5)에서는, 보정된 조사량 보정 계수($d_n'(i)$)와, 변화율(δ_n)과, 후방 산란 계수(η)와, 분포 함수($g(x)$)와, 후방 산란 성분 계수($bs_n(i)$)와, 메쉬 사이즈(m)를 이용하고 있다. 또한, 계수(k)는 $0 \leq k < 1$ 의 값을 취한다.

[0070]

[0070] 선택부(64)는, 변화율(δ_n)이 허용치(Δ)보다 작고, 또한 당해 메쉬 영역이 도형 단부 메쉬가 아닐 경우(즉, 도형 내부 메쉬일 경우), 조사량 계산식(4)을 선택한다. 조사량 계산식(4)은 다음의 식(6)으로 정의된다.

$$(6) \quad d'_n(i) = d_n(i) - k \frac{\eta \delta_n b s_n(i)}{1 + m^2 \eta g(0)}$$

[0071]

[0072] 선택부(64)는 변화율(δ_n)이 허용치(Δ)보다 작을 경우, 조사량 계산식(5)을 선택한다. 조사량 계산식(5)은 다음의 식(7)으로 정의된다. 계수(α)는 $0 \leq \alpha < 1$ 의 값을 취한다.

$$(7) \quad d'_n(i) = (1 - \alpha) d_n(i) + \alpha d_{n-1}(i)$$

[0073]

[0074] $d_n'(i, j)$ 계산 공정(S122)으로서, d_n' 계산부(65)는, 선택된 조사량 계산식(3, 4 혹은 5)을 이용하여, 보정된 조사량 보정 계수($d_n'(i)$)를 계산한다. 조사량 계산식(3, 4 혹은 5)으로 조사량 보정 계수(d_n)를 보정함으로써, 조사량 보정 계수(d_n)의 수렴을 앞당길 수 있다. 특히, 변화율(δ_n)이 허용치(Δ)보다 작지 않을 경우에, 조사량 계산식(3) 혹은 조사량 계산식(4)을 이용함으로써 연산식의 수렴을 보다 앞당길 수 있다. 이와 같이, 조사량 계산식(3) 혹은 조사량 계산식(4)을 이용할 경우, d_n' 계산부(65)는, 메쉬 영역마다, 제 n 회째의 변화율(δ_n)을 이용하여 제 n 회째의 조사량 보정 계수(d_n)를 보정한다. d_n' 계산부(65)는 보정 연산부의 일례이다.

[0075]

[0075] 판정 공정(S124)으로서, 판정부(66)는, 당해 프레임 내의 모든 메쉬 영역에 대하여 상술한 계산이 종료되었는지 여부를 판정한다. 그리고, 모든 메쉬 영역에 대하여 종료되었을 경우에는 치환 공정(S126)으로 진행된다. 모든

메쉬 영역에 대하여 종료되었을 경우에는 판정 공정(S108)으로 되돌아온다. 그리고, 당해 프레임 내의 모든 메쉬 영역에 대하여 상술한 계산이 종료될 때까지, 판정 공정(S108)으로부터 판정 공정(S124)까지의 각 공정을 반복한다. 이상과 같이 하여, $n = 1$ 에 대하여, 당해 프레임 내의 모든 메쉬 영역의 보정된 조사량 보정 계수($d_{n-1}'(i)$)를 구한다.

[0076] 치환 공정(S126)으로서, 치환부(67)는, 보정된 조사량 보정 계수($d_n'(i)$)를 조사량 보정 계수($d_n(i)$)로 치환한다(재설정한다).

[0077] 판정 공정(S128)으로서, 판정부(68)는, 반복 계산 횟수(n)가 소정의 횟수(k)가 되었는지 여부를 판정한다. 반복 계산 횟수(n)가 소정의 횟수(k)가 되었을 경우에는 조사량(D) 계산 공정(S132)으로 진행된다. 반복 계산 횟수(n)가 아직 소정의 횟수(k)가 되어 있지 않을 경우에는 가산 공정(S130)으로 진행된다.

[0078] 가산 공정(S130)으로서, 가산부(69)는, 현재 설정되는 반복 계산 횟수(n)에 값 '1'을 가산한다. 그리고, 판정 공정(S108)으로 되돌아온다. 그리고, 반복 계산 횟수(n)가 소정의 횟수(k)가 될 때까지, 판정 공정(S108)으로부터 가산 공정(S130)까지의 각 공정을 반복한다. 이상과 같이 하여, $n = 1, 2, \dots, k$ 에 대하여, 당해 프레임 내의 모든 메쉬 영역에서의, 보정되고, 또한 보정 후의 조사량 보정 계수($d_n'(i)$)로 각각 치환된 조사량 보정 계수($d_n(i)$)를 구한다.

[0079] 또한 상술한 공정에서 계산된, 후방 산란 성분 계수($bs_n(i)$), 조사량 보정 계수($d_n(i)$), 조사량 보정 계수($d_n'(i)$) 및 변화율(δ_n)은, 그 때마다 기억 장치(142)에 저장하면 된다.

[0080] 도 7은, 실시예 1의 조사량 보정 계수와 종래의 조사량 보정 계수의 수렴 속도의 차이를 나타낸 개념도이다. 종래의 조사량 계산식으로 조사량 보정 계수(d_n)를 반복 계산에 의해 구한 경우를 점선으로 나타내고 있다. 이에 대하여, 실시예 1에서는, 조사량 계산식(3 ~ 5 중 어느 하나)으로 보정하기 때문에, 수렴 속도를 앞당길 수 있어, 보다 적은 계산 횟수로 조사량 계산식의 해를 참값으로 수렴시킬 수 있다.

[0081] 도 8은, 실시예 1의 조사량 보정 계수의 수렴의 방법을 설명하기 위한 개념도이다. 조사량 계산식(3 ~ 5 중 어느 하나)으로 보정하지 않을 경우, 조사량 계산식의 해는, 점선으로 나타낸 바와 같은 수렴 속도가 느린 궤적을 따르게 된다. 이에 대하여, 조사량 계산식(3 ~ 5 중 어느 하나)으로 보정함으로써, 반복 계산을 행할 시, 해를 참값에 걸치면서 서서히 참값으로 근접시킬 수 있다.

[0082] 도 9는, 실시예 1과 비교하기 위한 조사량의 일례를 나타낸 도이다. 도 9의 (a)에서는, 1 : 1의 선 및 공간 패턴(line and space pattern)(20)이 나타나 있다. 그리고, 선 및 공간 패턴(20)의 옆에 100%의 면적 밀도를 가진 소위 전체 패턴(22)이 나타나 있다. 이러한 패턴을 묘화하기 위한 조사량을 연산할 경우, 종래의 조사량 계산식을 이용하면, 도 9의 (b)에 나타낸 바와 같은 조사량 프로파일을 얻는다. 도 9의 (b)의 하단은 후방 산란 전자에 의한 조사량을, 상단에는 입사 조사량을 나타냈다. 단, 도형 단부에서의 입사 조사량은 실제의 값의 1 / 2의 값으로 표현되어 있다. 도 9의 (b)에 나타낸 바와 같이, 종래의 조사량 계산식을 이용하면, 조사량 계산식의 해가 수렴되기 전에 계산이 종료되는 경우가 있으므로, 얻어지는 조사량이 임계치(D_{th})에 달하지 않을 경우가 있을 수 있다. 특히, 도형 단부에 있어 발생하기 쉬운 경향이 있다. 이에 대하여 실시예 1에서는, 조사량 계산식의 해를 보다 적은 반복 계산 횟수로 수렴시킬 수 있으므로, 얻어지는 조사량을 임계치(D_{th})에 도달하게 할 수 있다. 따라서, 종래와 같이 얻어지는 조사량이 임계치(D_{th})에 도달하지 않을 경우를 배제할 수 있다.

[0083] 조사량(D) 계산 공정(S132)으로서, D 계산부(70)는, 얻어진 $n = 1, 2, \dots, k$ 에 대하여, 보정되고, 또한 보정 후의 조사량 보정 계수($d_n'(i)$)로 각각 치환된 조사량 보정 계수($d_n(i)$)와 기준 조사량($D_{basedose}$)을 이용하여, 당해 메쉬 영역의 조사량($D(i)$)을 연산한다. 조사량($D(i)$)은 다음의 식(8)으로 정의할 수 있다.

$$(8) \quad D(x) = D_{basedose} \lim_{n \rightarrow \infty} d_n(i)$$

[0084]

[0085] 이와 같이 D 계산부(70)는, 메쉬 영역마다, 보정된 제 n 회째의 조사량 보정 계수($d_n(i)$)를 이용하여 당해 메쉬 영역 내에 샷하는 전자빔(200)의 조사량($D(i)$)을 연산한다. D 계산부(70)는 조사량 연산부의 일례이다.

[0086] 조사 시간 계산 공정(S134)으로서, 조사 시간 산출부(74)는, 각 샷에서의 전자빔(200)의 조사 시간(T)을 계산한

다. 조사량(D)은 조사 시간(T)과 전류 밀도(J)와의 곱으로 정의할 수 있으므로, 조사 시간(T)은 조사량(D)을 전류 밀도(J)로 나눔으로써 구할 수 있다. 산출된 조사 시간은 편향 제어 회로(120)에 출력된다.

[0087] 묘화 공정(S134)으로서, 묘화부(150)는, 메쉬 영역(22)마다, 연산된 조사량으로 당해 메쉬 영역 내에 원하는 패턴을 묘화한다. 구체적으로 이하와 같이 동작한다. 편향 제어 회로(120)는, 샷마다의 조사 시간을 제어하는 디지털 신호를 DAC 앤프 유닛(130)에 출력한다. 그리고, DAC 앤프 유닛(130)은 디지털 신호를 아날로그 신호로 변환하고, 증폭시킨 다음 편향 전압으로서 블랭킹 편향기(212)에 인가한다.

[0088] 전자총(201)(방출부)으로부터 방출된 전자빔(200)은, 블랭킹 편향기(212) 내를 통과할 시 블랭킹 편향기(212)에 의해, 빔 ON 상태에서는 블랭킹 애퍼처(214)를 통과하도록 제어되고, 빔 OFF 상태에서는 빔 전체가 블랭킹 애퍼처(214)로 차폐되도록 편향된다. 빔 OFF 상태로부터 빔 ON이 되고, 이 후 빔 OFF가 될 때까지 블랭킹 애퍼처(214)를 통과한 전자빔(200)이 1 회의 전자빔의 샷이 된다. 블랭킹 편향기(212)는 통과하는 전자빔(200)의 방향을 제어하여, 빔 ON 상태와 빔 OFF 상태를 교호로 생성한다. 예를 들면, 빔 ON 상태에서는 전압을 인가하지 않고, 빔 OFF 시에 블랭킹 편향기(212)에 전압을 인가하면 된다. 이러한 각 샷의 조사 시간(T)으로 시료(101)에 조사되는 전자빔(200)의 샷 당의 조사량이 조정되게 된다.

[0089] 이상과 같이 블랭킹 편향기(212)와 블랭킹 애퍼처(214)를 통과함으로써 생성된 각 샷의 전자빔(200)은, 조명 렌즈(202)에 의해 직사각형, 예를 들면 장방형의 홀을 가지는 제 1 성형 애퍼처(203) 전체를 조명한다. 여기서, 전자빔(200)을 우선 직사각형, 예컨대 장방형으로 성형한다. 그리고, 제 1 성형 애퍼처(203)를 통과한 제 1 애퍼처 이미지의 전자빔(200)은, 투영 렌즈(204)에 의해 제 2 성형 애퍼처(206) 상에 투영된다. 편향기(205)에 의해, 이러한 제 2 성형 애퍼처(206) 상에서의 제 1 애퍼처 이미지는 편향 제어되고, 빔 형상과 치수를 변화시킬(가변 성형을 행할) 수 있다. 이러한 가변 성형은 샷마다 행해지고, 통상 샷마다 상이한 빔 형상과 치수로 성형된다. 그리고, 제 2 성형 애퍼처(206)를 통과한 제 2 애퍼처 이미지의 전자빔(200)은, 대물 렌즈(207)에 의해 초점을 조정하고, 편향기(208)에 의해 편향되어, 연속적으로 이동하는 XY 스테이지(105)에 배치된 시료의 원하는 위치에 조사된다. 이상과 같이, 각 편향기에 의해, 전자빔(200)의 복수의 샷이 차례로 기판이 되는 시료(101) 상으로 편향된다.

[0090] 상술한 각 프레임(20) 내의 계산 처리가 묘화 처리의 진행에 맞추어 실시간으로 차례로 행해진다.

[0091] 이상과 같이 실시예 1에 따르면, 도형 또는 위치에 따라 조사량 계산식을 구분하여 사용할 수 있다. 이 때문에, 연산되는 조사량 자체를 제어하고, 과잉인 조사량을 억제할 수 있다. 또한, 조사량 계산식의 해를 상술한 조사량 계산식으로 보정함으로써, 해의 수렴을 앞당겨, 연산 시간의 단축을 도모할 수 있다. 또한, 조사량 계산식의 해가 수렴되기 전에 반복하여 계산을 종료하는 것을 방지할 수 있다. 그 결과, 조사량이 부족하다는 리스크를 회피할 수 있다. 그 결과, 묘화 시간을 단축하여 장치의 스루풋을 향상시킬 수 있다.

[0092] 이상, 구체예를 참조하여 실시예에 대하여 설명했다. 그러나 본 발명은, 이들 구체예에 한정되지 않는다. 상술한 예에서는, 변화율(δ_n)이 허용치(Δ)보다 작지 않을 경우, 특히 변화율이 큰 조사량 계산식(3, 4)을 이용하여 보정했지만, 이에 한정되지 않는다. 예를 들면, 반복 횟수 1 회째에 대해서는, 변화가 큰 조사량 계산식(3, 4)을 이용하고, 2 회째 이후는 조사량 계산식(5)을 이용하여 보정하도록 해도 적합하다.

[0093] 또한, 장치 구성 또는 제어 방법 등 본 발명의 설명에 직접 필요하지 않은 부분 등에 대해서는 기재를 생략했지만, 필요로 하는 장치 구성 또는 제어 방법을 적절히 선택하여 이용할 수 있다. 예를 들면, 묘화 장치(100)를 제어하는 제어부 구성에 대해서는 기재를 생략했지만, 필요로 하는 제어부 구성을 적절히 선택하여 이용하는 것은 말할 필요도 없다.

[0094] 그 외에, 본 발명의 요소를 구비하고, 당업자가 적절히 설계 변경할 수 있는 모든 하전 입자빔 묘화 장치 및 방법은 본 발명의 범위에 포함된다.

부호의 설명

[0095] 50 : 면적 밀도 산출부

51 : 식별 맵 작성부

52 : n 설정부

53, 54 : 판정부

56 : 선택부

60 : d_n 계산부61 : bs_n 계산부62 : δ_n 계산부

63 : 판정부

64 : 선택부

65 : d_n' 계산부

66 : 판정부

67 : 치환부

68 : 판정부

69 : 가산부

70 : D 계산부

72 : 판정부

74 : 조사 시간 산출부

76 : 묘화 데이터 처리부

100 : 묘화 장치

101 : 시료

102 : 전자 경통

103 : 묘화실

105 : XY 스테이지

110 : 제어 계산기

112 : 메모리

120 : 편향 제어 회로

130 : DAC 앰프 유닛

140 : 기억 장치

150 : 묘화부

160 : 제어부

200 : 전자빔

201 : 전자총

202 : 조명 렌즈

203 : 제 1 성형 애페처

204 : 투영 렌즈

205 : 편향기

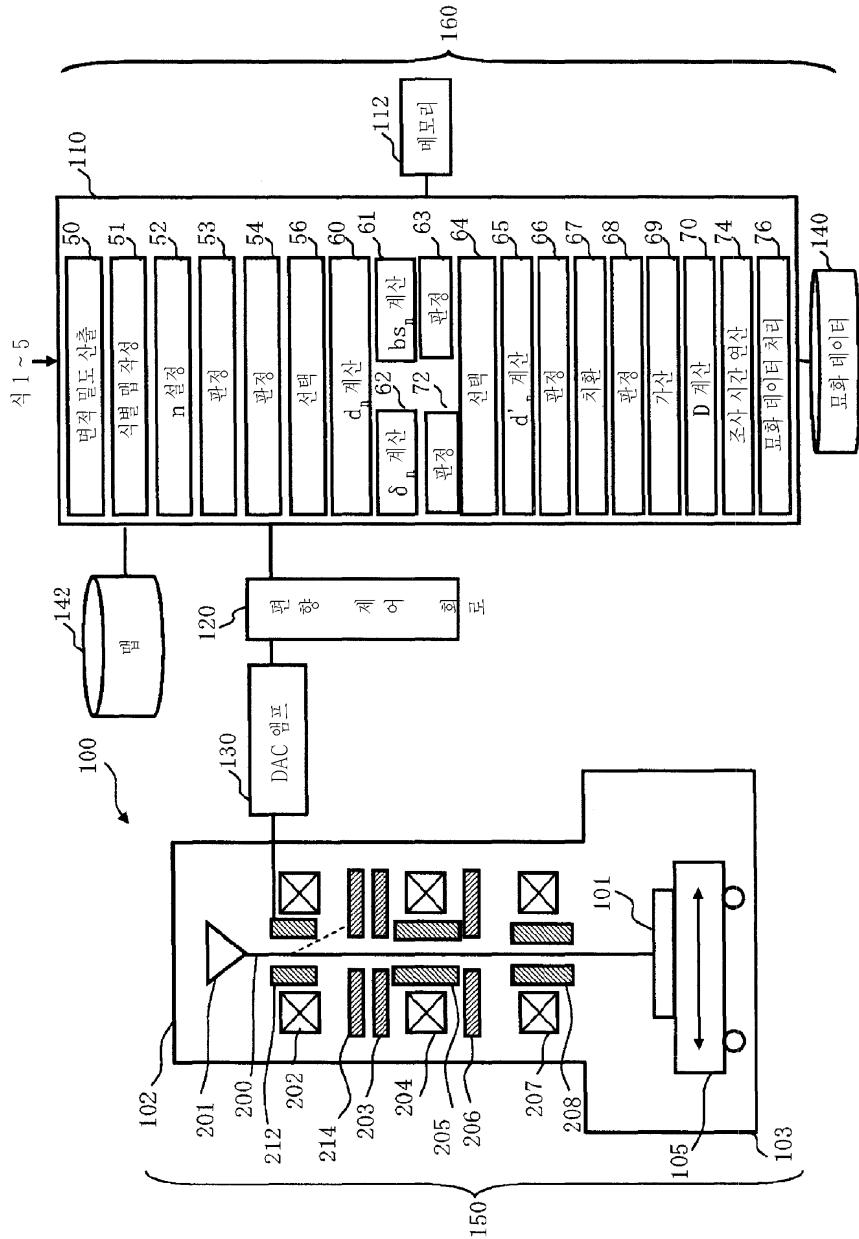
206 : 제 2 성형 애페처

207 : 대물 렌즈

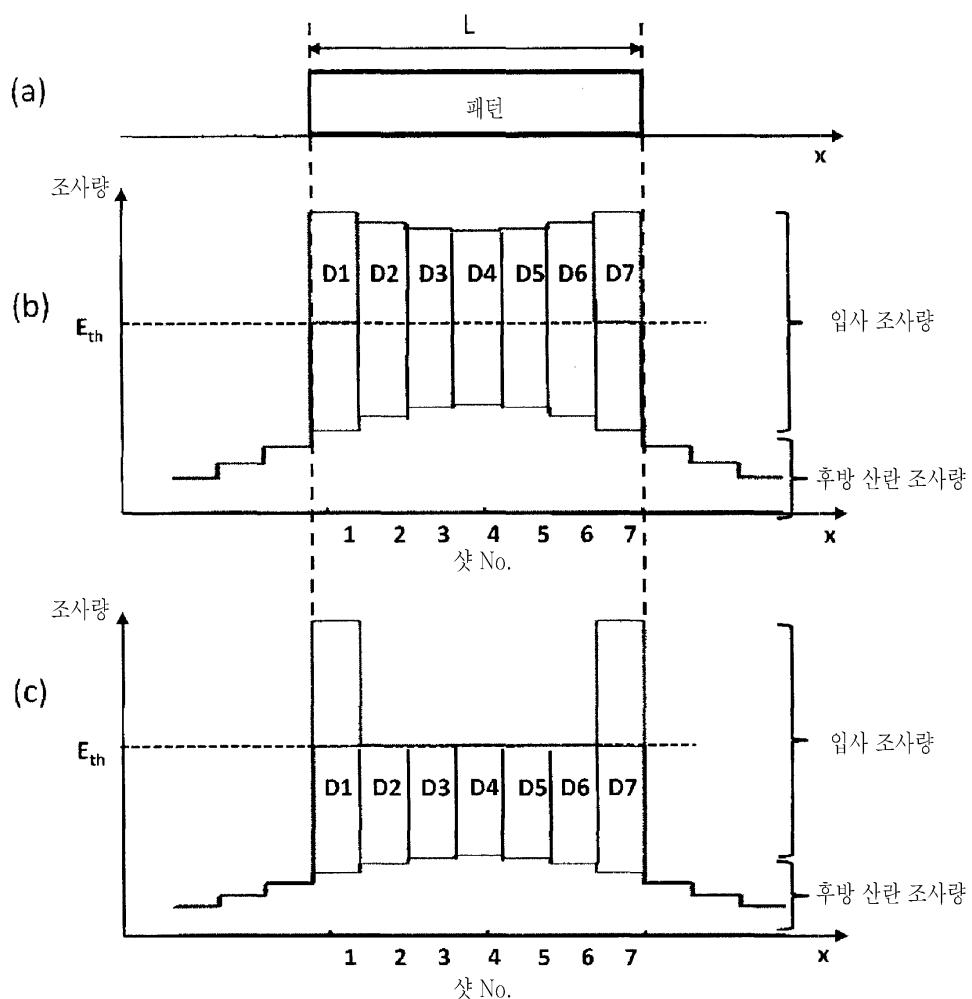
- 208 : 편향기
- 212 : 블랭킹 편향기
- 204 : 블랭킹 애피처
- 330 : 전자선
- 340 : 시료
- 410 : 제 1 애피처
- 411 : 개구
- 420 : 제 2 애피처
- 421 : 가변 성형 개구
- 430 : 하전 입자 소스

도면

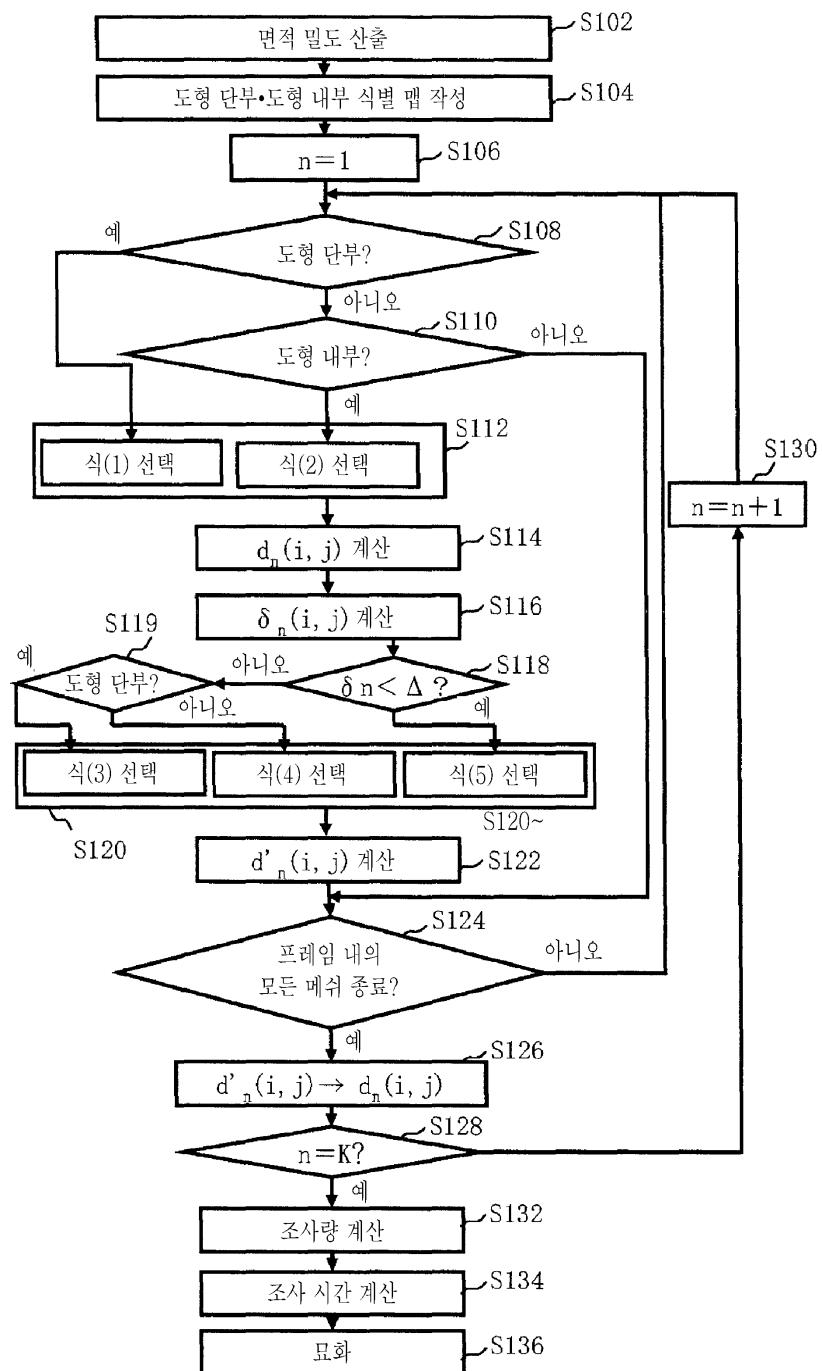
도면1



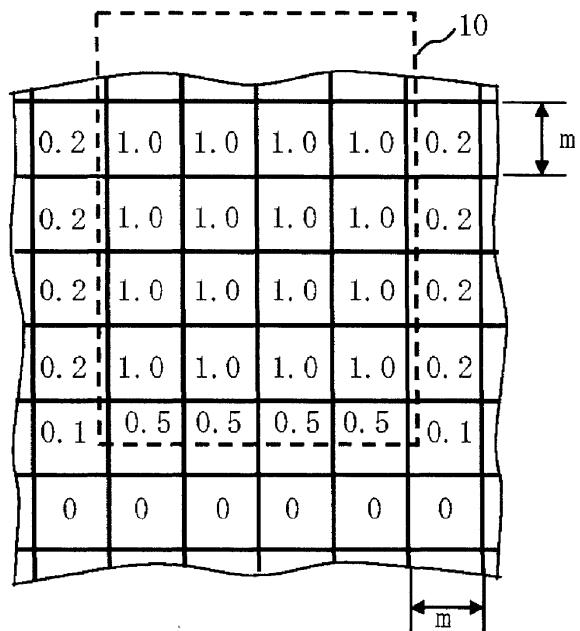
도면2



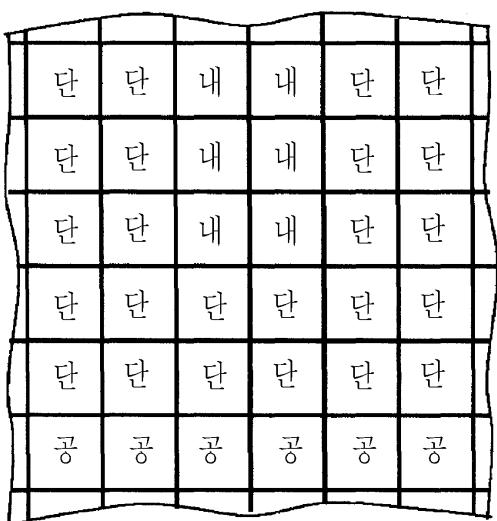
도면3



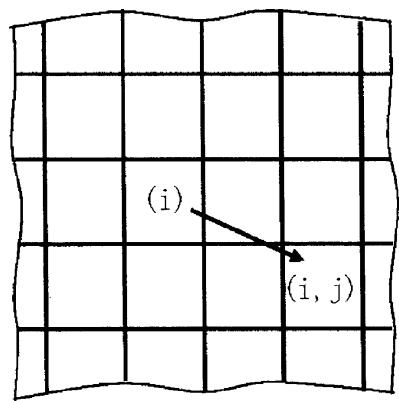
도면4



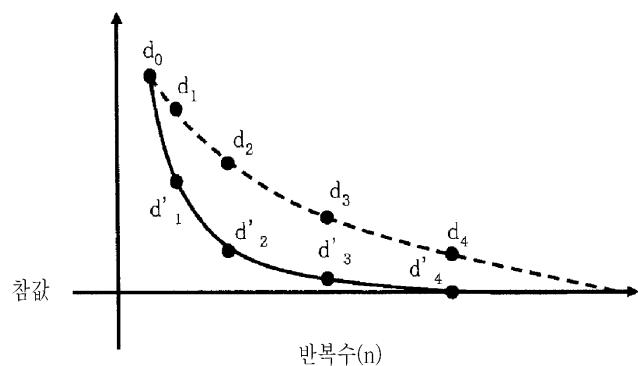
도면5



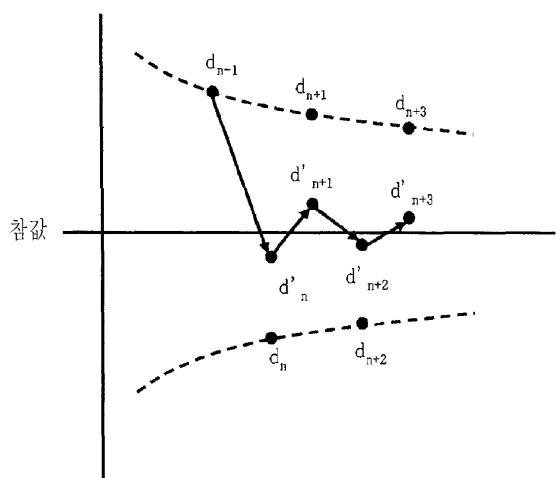
도면6



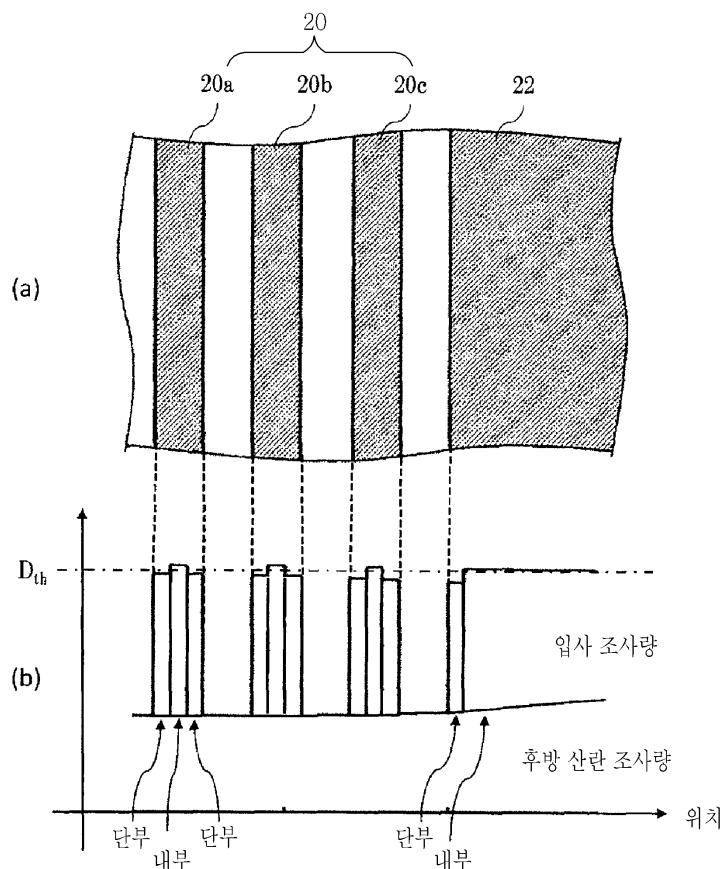
도면7



도면8



도면9



도면10

