



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2022년11월17일
(11) 등록번호 10-2468348
(24) 등록일자 2022년11월14일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01J 37/304 (2006.01) G03F 7/20 (2006.01)
H01J 37/147 (2006.01)
(52) CPC특허분류
H01J 37/304 (2013.01)
G03F 7/2059 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2020-0090035
(22) 출원일자 2020년07월21일
심사청구일자 2020년07월21일
(65) 공개번호 10-2021-0012940
(43) 공개일자 2021년02월03일
(30) 우선권주장
JP-P-2019-137072 2019년07월25일 일본(JP)
(56) 선행기술조사문헌
KR1020160140459 A*
JP2017028284 A*
JP2015204404 A
JP2016225357 A
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
가부시키가이샤 뉴플레어 테크놀로지
일본국 카나가와켄 요코하마시 이소고쿠 신스기타
쵸 8-1
(72) 발명자
마츠모토 히로시
일본, 카나가와켄, 요코하마, 이소고쿠, 신스기타
쵸 8-1, 가부시키가이샤 뉴플레어 테크놀로지 내
(74) 대리인
김진환, 박지하, 김민철

전체 청구항 수 : 총 10 항

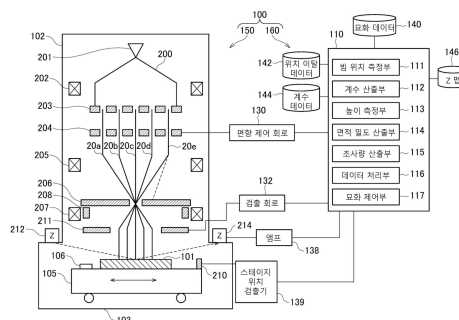
심사관 : 이민형

(54) 발명의 명칭 멀티 빔 묘화 방법 및 멀티 빔 묘화 장치

(57) 요약

실시 형태는, 멀티 빔 묘화 방법 및 멀티 빔 묘화 장치에 관한 것이다. 실시 형태의 멀티 빔 묘화 방법은, 기관 상에 조사되는 멀티 빔의 각 빔의 위치 이탈량을 변화시키는 파라미터의 복수의 파라미터값에 대응하는 복수의 위치 이탈 데이터를 취득하는 공정과, 상기 복수의 위치 이탈 데이터에 각각 대응하는 복수의 기준 계수 데이터를 산출하는 공정과, 상기 복수의 파라미터값에 대응하는 복수의 기준 계수 데이터를 이용하여, 상기 기관 상의 상기 멀티 빔의 조사 위치에서의 파라미터값에 대응하는 계수 데이터를 산출하는 공정과, 상기 계수 데이터를 이용하여 상기 각 빔의 샷마다의 조사량을 변조하는 공정과, 변조된 상기 조사량의 멀티 빔의 적어도 일부의 상기 각 빔을 상기 기관에 조사하여 패턴을 묘화하는 공정을 구비한다.

대표도



(52) CPC특허분류

H01J 37/147 (2020.05)

H01J 37/3177 (2013.01)

H01J 2237/31774 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

기관 상에 조사되는 멀티 빔의 각 빔의 위치 이탈량을 변화시키는 파라미터의 복수의 파라미터값에 대응하는 복수의 위치 이탈 데이터를 취득하는 공정과,

상기 복수의 위치 이탈 데이터에 각각 대응하는 복수의 기준 계수 데이터를 산출하는 공정과,

상기 복수의 파라미터값에 대응하는 복수의 기준 계수 데이터를 이용하여, 상기 기관 상의 상기 멀티 빔의 조사 위치에서의 파라미터값에 대응하는 계수 데이터를 산출하는 공정과,

상기 계수 데이터를 이용하여 상기 각 빔의 샷마다의 조사량을 변조하는 공정과,

변조된 상기 조사량의 멀티 빔의 적어도 일부의 상기 각 빔을 상기 기관에 조사하여 패턴을 묘화하는 공정을 구비하는 멀티 빔 묘화 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 멀티 빔의 상기 각 빔의 조사 위치의 이탈을 변화시키는 파라미터가 복수 있는 경우에, 해당 복수의 파라미터의 각각에 대하여, 상기 복수의 파라미터의 복수의 파라미터값의 조에 대응하는 상기 복수의 위치 이탈 데이터를 취득하고, 상기 복수의 파라미터의 파라미터값의 조마다 상기 복수의 기준 계수 데이터를 산출하고,

조사 위치에서의 상기 복수의 파라미터의 상기 파라미터값의 조에 대응하는 상기 계수 데이터를, 상기 조마다의 상기 복수의 기준 계수 데이터의 보간 또는 외삽(外挿)에 의하여 산출하는 것을 특징으로 하는 멀티 빔 묘화 방법.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 복수의 파라미터는, 상기 멀티 빔의 초점 위치 및 패턴 밀도를 포함하는 것을 특징으로 하는 멀티 빔 묘화 방법.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 기관의 묘화 중에, 적어도 이산(離散)적인 시각에서 상기 멀티 빔의 빔 위치 이탈의 측정을 행하여, 상기 측정으로부터 상기 멀티 빔의 상기 각 빔의 위치 이탈을 나타낸 상기 복수의 위치 이탈 데이터를 취득하는 공정을 가지고,

각각 상기 위치 이탈 데이터에 포함되는, 상기 묘화를 개시하고 나서의 경과 시간보다 짧은 제1 시간이 경과한 시점의 제1 위치 이탈 데이터, 및 묘화를 개시하고 나서의 경과 시간보다 짧고 상기 제1 시간보다 긴 제2 시간이 경과한 시점의 제2 위치 이탈 데이터를 이용하여, 상기 제1 위치 이탈 데이터에 대응하는 제1 기준 계수 데이터 및 상기 제2 위치 이탈 데이터에 대응하는 제2 기준 계수 데이터를 산출하고,

상기 제1 기준 계수 데이터 및 상기 제2 기준 계수 데이터의 외삽에 의하여, 현재 시각에 대응하는 계수 데이터를 산출하는 것을 특징으로 하는 멀티 빔 묘화 방법.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 기관의 묘화 중에, 적어도 이산적인 시각에서 상기 멀티 빔의 상기 각 빔의 상기 위치 이탈량의 측정을 행

하여, 상기 복수의 위치 이탈 데이터를 취득하는 공정을 가지고,

각각 상기 복수의 위치 이탈 데이터에 포함되는, 상기 묘화를 개시하고 나서의 경과 시간보다 짧은 제1 시간이 경과한 시점의 제1 위치 이탈 데이터, 및 묘화를 개시하고 나서의 경과 시간보다 짧고 상기 제1 시간보다 긴 제2 시간이 경과한 시점의 제2 위치 이탈 데이터를 이용하여, 상기 제1 위치 이탈 데이터에 대응하는 제1 기준 계수 데이터 및 상기 제2 위치 이탈 데이터에 대응하는 제2 기준 계수 데이터를 산출하고,

묘화를 개시하고 나서 현재까지의 경과 시간보다 긴 제3 시간에 대하여, 상기 제1 위치 이탈 데이터 및 상기 제2 위치 이탈 데이터를 이용하여, 상기 제3 시간이 경과한 시점의 제3 위치 이탈 데이터를 산출하고,

상기 제3 위치 이탈 데이터에 대응하는 제3 기준 계수 데이터를 산출하고,

상기 제2 기준 계수 데이터 및 제3 기준 계수 데이터의 보간에 의하여, 현재 시각에 대응하는 계수 데이터를 산출하는 것을 특징으로 하는 멀티 빔 묘화 방법.

청구항 6

멀티 빔의 각 빔의 위치 이탈량을 변화시키는 파라미터의 복수의 파라미터값에 대응하는 복수의 위치 이탈 데이터를 저장하는 기억부와,

상기 복수의 위치 이탈 데이터를 이용하여, 상기 멀티 빔이 기관에 주는 노광량 분포를 보정하기 위하여 상기 각 빔의 샷마다의 조사량을 변조하는 조사량 보정 계산으로 이용하는 복수의 기준 계수 데이터를 상기 파라미터의 복수의 파라미터값의 각각에 대하여 산출하고, 상기 복수의 기준 계수 데이터를 이용하여, 상기 멀티 빔의 조사 위치에서의 파라미터의 파라미터값에 대응하는 계수 데이터를 산출하는 계수 산출부와,

상기 계수 데이터를 이용하여 상기 각 빔의 상기 샷마다의 상기 조사량을 변조하는 조사량 산출부와,

변조된 상기 조사량의 상기 각 빔을 상기 기관에 조사하여 패턴을 묘화하는 묘화부를 구비하는 멀티 빔 묘화 장치.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 기억부는, 상기 멀티 빔의 상기 각 빔의 조사 위치의 이탈을 변화시키는 파라미터가 복수 있는 경우에, 해당 복수의 파라미터의 각각에 대하여, 상기 복수의 파라미터의 복수의 파라미터값의 조에 대응하는 상기 복수의 위치 이탈 데이터를 저장하고,

상기 계수 산출부는, 상기 복수의 파라미터의 복수의 파라미터값의 조마다 상기 복수의 기준 계수 데이터를 산출하고, 조사 영역에서의 상기 복수의 파라미터의 파라미터값의 조에 대응하는 상기 계수 데이터를, 상기 조마다의 상기 복수의 기준 계수 데이터의 보간 또는 외삽에 의하여 산출하는 것을 특징으로 하는 멀티 빔 묘화 장치.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 복수의 파라미터는, 상기 멀티 빔의 초점 위치 및 패턴 밀도를 포함하는 것을 특징으로 하는 멀티 빔 묘화 장치.

청구항 9

제6항에 있어서,

상기 기관의 묘화 중에, 적어도 이산적인 시각에서 상기 멀티 빔의 빔 위치 이탈의 측정이 행해지고,

상기 기억부는, 상기 측정으로부터 얻어진 상기 멀티 빔의 상기 각 빔의 위치 이탈을 나타낸 상기 복수의 위치 이탈 데이터를 저장하고,

상기 복수의 위치 이탈 데이터는, 상기 묘화를 개시하고 나서의 경과 시간보다 짧은 제1 시간이 경과된 시점의 제1 위치 이탈 데이터, 및 묘화를 개시하고 나서의 경과 시간보다 짧고 상기 제1 시간보다 긴 제2 시간이 경과된 시점의 제2 위치 이탈 데이터를 포함하고,

상기 계수 산출부는, 상기 제1 위치 이탈 데이터 및 상기 제2 위치 이탈 데이터를 이용하여, 상기 제1 위치 이탈 데이터에 대응하는 제1 기준 계수 데이터 및 상기 제2 위치 이탈 데이터에 대응하는 제2 기준 계수 데이터를 산출하고, 상기 제1 기준 계수 데이터 및 상기 제2 기준 계수 데이터의 외삽에 의하여, 현재 시각에 대응하는 상기 계수 데이터를 산출하는 것을 특징으로 하는 멀티 빔 묘화 장치.

청구항 10

제6항에 있어서,

상기 기관의 묘화 중에, 적어도 이산적인 시각에서 상기 멀티 빔의 상기 각 빔의 상기 위치 이탈량의 측정이 행해지고,

상기 기억부는, 상기 측정으로부터 얻어진 상기 멀티 빔의 상기 각 빔의 위치 이탈을 나타낸 상기 복수의 위치 이탈 데이터를 저장하고,

상기 위치 이탈 데이터는, 상기 묘화를 개시하고 나서의 경과 시간보다 짧은 제1 시간이 경과된 시점의 제1 위치 이탈 데이터, 및 묘화를 개시하고 나서의 경과 시간보다 짧고 상기 제1 시간보다 긴 제2 시간이 경과된 시점의 제2 위치 이탈 데이터를 포함하고, 상기 계수 산출부는,

상기 제1 위치 이탈 데이터 및 상기 제2 위치 이탈 데이터를 이용하여, 상기 제1 위치 이탈 데이터에 대응하는 제1 기준 데이터 및 상기 제2 위치 이탈 데이터에 대응하는 제2 기준 계수 데이터를 산출하고,

묘화를 개시하고 나서 현재까지의 경과 시간보다 긴 제3 시간에 대하여, 상기 제1 위치 이탈 데이터 및 상기 제2 위치 이탈 데이터를 이용하여, 상기 제3 시간이 경과한 시점의 제3 위치 이탈 데이터를 산출하고,

상기 제3 위치 이탈 데이터에 대응하는 제3 기준 계수 데이터를 산출하고,

상기 제2 기준 계수 데이터 및 제3 기준 계수 데이터의 보간에 의하여, 현재 시각에 대응하는 계수 데이터를 산출하는 것을 특징으로 하는 멀티 빔 묘화 장치.

발명의 설명

기술 분야

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

배경 기술

[0002] LSI의 고집적화에 수반하여, 반도체 디바이스에 요구되는 회로 선 폭은 해마다 미세화되어 있다. 반도체 디바이스에 원하는 회로 패턴을 형성하기 위해서는, 축소 투영형 노광 장치를 이용하여, 석영 상에 형성된 고정밀도의 원화 패턴(마스크, 혹은 특히 스테퍼 또는 스캐너로 이용되는 것은 레티클이라고도 함)을 웨이퍼 상에 축소 전사하는 수법이 채용되어 있다. 고정밀도의 원화 패턴의 제작에는, 전자 빔 묘화 장치에 의하여 레지스트를 노광하여 패턴을 형성하는, 소위, 전자 빔 리소그래피 기술이 이용되고 있다.

[0003] 멀티 빔을 사용한 묘화 장치는, 1 개의 전자 빔으로 묘화하는 경우에 비하여, 한 번에 많은 빔을 조사할 수 있으므로, 스루풋을 대폭 향상시킬 수 있다. 멀티 빔 묘화 장치의 한 형태인 블랭킹 애퍼처 어레이를 사용한 멀티 빔 묘화 장치에서는, 예를 들면, 1 개의 전자 총으로부터 방출된 전자 빔을 복수의 개구를 가진 성형 애퍼처 어레이를 통하여 멀티 빔(복수의 전자 빔)을 형성한다. 멀티 빔은, 블랭킹 애퍼처 어레이의 각각 대응하는 후술하는 블랭커 내를 통과한다. 블랭킹 애퍼처 어레이는, 빔을 개별적으로 편향하기 위한 전극 쌍을 가지며, 전극 쌍의 사이에 빔 통과용의 개구가 형성되어 있다. 전극 쌍(블랭커)의 일방의 전극을 그라운드 전위로 고정하고, 타방의 전극을 그라운드 전위와 그 이외의 전위로 전환함으로써, 통과하는 전자 빔의 블랭킹 편향을 행한다. 블랭커에 의하여 편향된 전자 빔은 차폐되고, 편향되지 않은 전자 빔은 기관 상에 조사된다.

[0004] 멀티 빔 묘화 장치는, 기관의 묘화 영역을 메쉬 형상의 복수의 화소로 분할하고, 각 화소에 필요한 조사량의 빔을 조사함으로써 형성되는 화소 패턴(비트 패턴)의 조합에 의하여 원하는 패턴을 묘화한다. 묘화 데이터 내에 정의된 도형 패턴의 화소마다의 면적 밀도로부터 각 화소의 조사량이 산출된다.

[0005] 멀티 빔 묘화에서는, 광학계의 특성 등이 원인으로, 멀티 빔의 각 빔의 시료면에서의 조사 위치에 멀티 빔의 어

레이의 면 내에서 계통적인 이탈이 생긴다. 멀티 빔 묘화 장치에서 빔의 수가 매우 많은 경우에는, 개별 빔마다 독립적인 편향 기구를 설치하여 개별 빔마다 위치 이탈을 보정하는 것은 곤란하다. 대신에, 멀티 빔의 각 빔의 위치 이탈량에 따라 조사량 변조 처리를 행하여, 위치 이탈한 빔으로 노광한 경우에도, 레지스트에 주는 도스 분포에 빔 위치 이탈의 영향이 나타나지 않도록 할 수 있다. 즉, 개별 빔의 위치 이탈량으로부터 빔마다 보정 조사량을 계산하여, 위치 이탈을 가진 채로 보정 조사량으로 노광함으로써, 멀티 빔이 레지스트에 주는 도스 분포에 빔 위치 이탈의 영향이 나타나는 것을 막을 수 있다. 이 처리로서, 등 피치로 배열한 화소마다 정의한 도스량을, 화소의 주변의 빔에, 빔의 위치 이탈량으로부터 산출한 가중치로 할당하는 방법이 있다.

[0006] 이러한 조사량 변조 처리에서는, 시료 상에 규칙적으로 배치한 화소의 하나로부터 그 주위에 위치 이탈을 가지고 배치하고 있는 복수의 빔에 어느 정도의 가중치로 조사량을 분배할지를 나타내는 계수 데이터(계수의 조)를 참조하여, 계수와, 각 화소의 조사량과의 곱에 의하여, 각 빔의 보정 조사량을 산출한다.

[0007] 예를 들면, 묘화 처리를 실시하기 전에, 미리, 평가용 기관에 멀티 빔을 조사하여 얻은 패턴의 위치를 측정함으로써, 멀티 빔의 일부의 복수의 빔, 또는 멀티 빔의 복수의 빔의 그룹의 위치 이탈량을 측정하여 위치 이탈 맵을 작성한다. 그리고, 작성한 위치 이탈 맵에 기초하여, 멀티 빔의 각 빔의 위치 이탈량을 산출하여 각 빔의 보정 조사량을 산출하기 위한 계수 데이터를 산출한다. 계수 데이터의 산출 처리는 계산량이 많으므로, 묘화 처리 전에 계수 데이터를 산출해 둔다. 묘화 처리 중에는, 위치 이탈 맵이 불변인 것을 전제로, 사전에 산출한 계수 데이터를 이용하여, 각 빔의 보정 조사량을 산출한다.

[0008] 그러나, 묘화 중의 초점 보정 또는 빔 축의 이탈 등에 의하여, 위치 이탈 맵이 변화하여 묘화 정밀도가 저하한다고 하는 문제가 생길 가능성이 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0009] 본 발명은, 묘화 처리 중에 멀티 빔의 각 빔의 위치 이탈량이 변화하는 경우에도 패턴을 고정밀도로 묘화할 수 있는 멀티 빔 묘화 방법 및 멀티 빔 묘화 장치를 제공한다.

[0010] 본 발명의 일 태양에 의한 멀티 빔 묘화 방법은, 기관 상에 조사되는 멀티 빔의 각 빔의 위치 이탈량을 변화시키는 파라미터의 복수의 파라미터값에 대응하는 복수의 위치 이탈 데이터를 취득하는 공정과, 상기 복수의 위치 이탈 데이터에 각각 대응하는 복수의 기준 계수 데이터를 산출하는 공정과, 상기 복수의 파라미터값에 대응하는 복수의 기준 계수 데이터를 이용하여, 상기 기관 상의 상기 멀티 빔의 조사 위치에서의 파라미터값에 대응하는 계수 데이터를 산출하는 공정과, 상기 계수 데이터를 이용하여 상기 각 빔의 샷마다의 조사량을 변조하는 공정과, 변조된 상기 조사량의 멀티 빔의 적어도 일부의 상기 각 빔을 상기 기관에 조사하여 패턴을 묘화하는 공정을 구비하는 것이다.

도면의 간단한 설명

[0011] 도 1은, 본 발명의 실시 형태에 따른 묘화 장치의 개략 구성도이다.

도 2는, 성형 애퍼처 부재의 개략도이다.

도 3(a) 내지 도 3(c)은, 묘화 동작을 설명하는 도면이다.

도 4는, 동일한 실시 형태에 따른 묘화 방법을 설명하는 플로우차트이다.

도 5는, 기준 계수 데이터의 보간(補間)의 일예를 설명하는 도면이다.

도 6은, 기준 계수 데이터의 보간의 일예를 설명하는 도면이다.

도 7은, 기준 계수 데이터의 보간의 일예를 설명하는 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0012] 이하, 본 발명의 실시 형태를 도면에 기초하여 설명한다. 이하, 실시 형태에서는, 전자 빔을 이용한 구성에 대하여 설명한다. 단, 빔은, 전자 빔에 한정되는 것은 아니며, 이온 빔 등의 다른 하전 입자 또는 레이저 광을 이용한 빔이어도 상관없다.

[0013] 도 1은, 실시 형태에 따른 묘화 장치의 개략 구성도이다. 도 1에 도시한 바와 같이, 묘화 장치(100)는, 묘화부

(150)와 제어부(160)를 구비하고 있다. 묘화 장치(100)는, 멀티 하전 입자 빔 묘화 장치의 일예이다. 묘화부(150)는, 전자 경통(102)과 묘화실(103)을 구비하고 있다. 전자 경통(102) 내에는, 전자 총(201), 조명 렌즈(202), 성형 애퍼처 부재(203), 블랭킹 플레이트(204), 축소 렌즈(205), 제한 애퍼처 부재(206), 대물 렌즈(207), 편향기(208), 및, 검출기(211)가 배치되어 있다.

- [0014] 묘화실(103) 내에는, XY 스테이지(105)가 배치된다. 묘화실(103)에는, Z 센서의 투광기(212), 및 Z 센서의 수광기(214)가 배치되어 있다. XY 스테이지(105) 상에는, 묘화 대상의 기관(101)이 배치된다. 기관(101)은, 예를 들면, 마스크 블랭크스 또는 반도체 기관(실리콘 웨이퍼)이다.
- [0015] XY 스테이지(105) 상에는, 마크(106), 및 위치 측정용의 미러(210)가 배치된다.
- [0016] 제어부(160)는, 제어 계산기(110), 편향 제어 회로(130), 검출 회로(132), 앰프(138), 스테이지 위치 검출기(139), 및 기억부(140, 142, 144, 146)를 가지고 있다. 기억부(140)에는, 묘화 데이터가 외부로부터 입력되어 저장되어 있다.
- [0017] 제어 계산기(110)는, 빔 위치 측정부(111), 계수 산출부(112), 높이 측정부(113), 면적 밀도 산출부(114), 조사량 산출부(115), 데이터 처리부(116), 및 묘화 제어부(117)를 가진다. 제어 계산기(110)의 각 부는, 전기 회로 등의 하드웨어로 구성되어도 되고, 이들 기능을 실행하는 프로그램 등의 소프트웨어로 구성되어도 된다. 혹은, 하드웨어와 소프트웨어의 조합에 의하여 구성되어도 된다.
- [0018] 스테이지 위치 검출기(139)는, 레이저를 조사하고, 미러(210)로부터의 반사광을 수광하여, 레이저 간섭법의 원리로 XY 스테이지(105)의 위치를 검출한다.
- [0019] 도 2는, 성형 애퍼처 부재(203)의 구성을 나타내는 개념도이다. 도 2에 도시한 바와 같이, 성형 애퍼처 부재(203)에는, 세로(y 방향) m 열 X 가로(x 방향) n 열($m, n \geq 2$)의 개구(22)가 소정의 배열 피치로 형성되어 있다. 각 개구(22)는, 모두 같은 치수 형상의 직사각형으로 형성된다. 각 개구(22)는, 같은 외경의 원형이어도 상관없다. 이들 복수의 개구(22)를 전자 빔(200)의 일부가 각각 통과함으로써, 멀티 빔(20a 내지 20e)이 형성된다.
- [0020] 블랭킹 플레이트(204)에는, 성형 애퍼처 부재(203)의 각 개구(22)의 배치 위치에 맞추어 통과 홀이 형성되어 있다. 각 통과 홀에는, 쌍이 되는 2 개의 전극의 조(블랭커)가 각각 배치된다. 일방의 전극을 접지하여 그라운드 전위로 유지하고, 타방의 전극을 그라운드 전위 또는 그라운드 전위 이외의 전위로 전환함으로써, 통과 홀을 통과하는 빔의 편향의 온/오프가 전환, 즉, 블랭킹 제어된다. 블랭커가 빔을 편향하지 않는 경우, 빔은 온이 되지만 온이 된 빔의 시료면 상의 위치를 블랭커는 변화시키지 않는다. 즉, 블랭커는 온 상태의 개별 빔의 위치 제어는 행하지 않는다. 이와 같이, 복수의 블랭커가, 성형 애퍼처 부재(203)의 복수의 개구(22)를 통과한 멀티 빔 중, 각각 대응하는 빔의 블랭킹 편향을 행한다.
- [0021] 전자 총(201)(방출부)으로부터 방출된 전자 빔(200)은, 조명 렌즈(202)에 의하여 성형 애퍼처 부재(203) 전체를 조명한다. 전자 빔(200)은, 모든 개구(22)가 포함되는 영역을 조명한다. 전자 빔(200)이, 성형 애퍼처 부재(203)의 복수의 개구(22)를 통과함으로써, 예를 들면, 직사각형 형상의 복수의 전자 빔(멀티 빔)(20a 내지 20e)이 형성된다.
- [0022] 멀티 빔(20a 내지 20e)은, 블랭킹 플레이트(204)의 각각 대응하는 블랭커 내를 통과한다. 블랭커는, 각각, 개별적으로 통과하는 전자 빔을 블랭킹 제어한다. 블랭킹 플레이트(204)를 통과한 멀티 빔(20a 내지 20e)은, 축소 렌즈(205)에 의하여 축소되고, 제한 애퍼처 부재(206)에 형성된 중심을 향해 진행한다.
- [0023] 블랭킹 플레이트(204)의 블랭커에 의하여 편향된 전자 빔은, 제한 애퍼처 부재(206)의 중심의 개구로부터 위치가 이탈되어, 제한 애퍼처 부재(206)에 의하여 차폐된다. 한편, 블랭킹 플레이트(204)의 블랭커에 의하여 편향되지 않은 전자 빔은, 제한 애퍼처 부재(206)의 중심의 개구를 통과한다. 블랭커의 편향의 온/오프에 의하여 블랭킹 제어가 행해져, 빔의 온/오프가 제어된다.
- [0024] 제한 애퍼처 부재(206)는, 복수의 블랭커에 의하여 빔 오프의 상태가 되도록 편향된 각 빔을 차폐한다. 그리고, 빔 온이 되고 나서 빔 오프가 될 때까지 형성된, 제한 애퍼처 부재(206)를 통과한 빔에 의하여 1 회분의 샷의 멀티 빔이 형성된다. 제한 애퍼처 부재(206)를 통과한 멀티 빔은, 대물 렌즈(207)에 의하여 초점이 맞추어져, 원하는 축소율의 패턴상이 되고, 편향기(208)에 의하여, 제한 애퍼처 부재(206)를 통과한 각 빔(멀티 빔 전체)이 동일 방향으로 한꺼번에 편향되어, 기관(101) 상의 원하는 위치에 조사된다. 빔 온의 상태에 있는 멀티 빔의 적어도 일부가 기관(101)에 조사되어, 패턴이 묘화된다.
- [0025] XY 스테이지(105)가 연속 이동하고 있는 경우, 적어도 시료에 빔을 조사하고 있는 동안에는 빔의 조사 위치가

XY 스테이지(105)의 이동에 추종하도록, 편향기(208)에 의하여 제어된다. 한 번에 조사되는 멀티 빔(20)은, 이상적으로는 성형 애퍼처 부재(203)의 복수의 개구의 배열 피치에 상술한 원하는 축소율을 곱한 피치로 배열되게 된다. 묘화 장치(100)는, 샷 빔을 연속하여 순서대로 조사해 가는 래스터 스캔 방식으로 묘화 동작을 행한다.

[0026] 묘화 장치(100)는, 시료면(기관(101) 표면) 상에 정의한 화소를 멀티 빔으로 노광할 때, 화소마다 소정의 도스량을 주도록, 멀티 빔의 빔마다 노광 시간을 독립적으로 제어한다. 편향에 의하여 빔이 시료면 상에서 위치 결정된 후, 블랭킹 제어에 의하여 빔이 온이 되고, 소정의 시간이 경과 후에 빔이 오프된다. 노광량이 제로의 화소인 경우, 화소 노광 중 빔은 오프의 상태로 보지된다. 래스터 스캔 방식으로 화소 노광과 다음의 노광 화소로의 이동을 반복하여 행하지만, 전술한 바와 같이, 노광 중에, 빔은 스테이지에 대하여 정지하도록 편향 제어된다. 개별 빔의 위치 이탈이 있는 경우, 빔 위치는 화소 위치로부터 이탈되어 버린다. 이 경우, 전술한 바와 같이, 빔마다의 노광량을 노광 시간의 변조로 조정함으로써, 시료에 주는 도스의 프로파일을 빔의 위치 이탈이 없는 경우에 근접하도록 보정하는 처리를 넣을 수 있다.

[0027] 도 3은, 실시 형태에 있어서의 묘화 동작을 설명하기 위한 개념도이다. 도 3(a)에 도시한 바와 같이, 기관(101)의 묘화 영역(30)은, 예를 들면, y 방향을 향해 소정의 폭으로 직사각형 형상의 복수의 스트라이프 영역(34)으로 가상 분할된다. 각 스트라이프 영역(34)이 묘화 단위 영역이 된다. 우선, XY 스테이지(105)를 이동시켜, 제1 번째의 스트라이프 영역(34)의 좌단에 1 회의 멀티 빔의 조사로 조사 가능한 조사 영역(35)이 위치하도록 조정하여, 묘화가 개시된다.

[0028] 제1 번째의 스트라이프 영역(34)을 묘화할 때에는, XY 스테이지(105)를 -x 방향으로 이동시킴으로써, 상대적으로 +x 방향으로 묘화를 진행시켜 간다. XY 스테이지(105)는 소정의 속도로 연속 이동시킨다. 제1 번째의 스트라이프 영역(34)의 묘화 종료 후, 스테이지 위치를 -y 방향으로 이동시켜, 제2 번째의 스트라이프 영역(34)의 우단에 조사 영역(35)이 위치하도록 조정한다. 이어서, 도 3(b)에 도시한 바와 같이, XY 스테이지(105)를 +x 방향으로 이동시킴으로써, -x 방향을 향해 묘화를 행한다.

[0029] 제3 번째의 스트라이프 영역(34)에서는, +x 방향을 향해 묘화하고, 제4 번째의 스트라이프 영역(34)에서는, -x 방향을 향해 묘화한다. 교대로 방향을 바꾸면서 묘화함으로써 묘화 시간을 단축할 수 있다. 같은 방향을 향해 각 스트라이프 영역(34)을 묘화해도 된다.

[0030] 각 스트라이프 영역(34)을 묘화할 때, x 방향을 향해 XY 스테이지(105)가 이동하는 중, 편향기(208)에 의하여, 예를 들면, y 방향으로 각 샷이 순서대로 이동하도록(스캔하도록) 편향하고, 샷 빔을 연속하여 순서대로 조사해 가는 래스터 스캔 방식으로 묘화한다. 예를 들면, 편향기(208)에 의하여, XY 스테이지(105)의 이동 속도에 추종하도록 x 방향으로 편향하면서, y 방향으로 각 샷이 순서대로 이동하도록(스캔하도록) 편향한다. 이에 의하여, 도 3(c)에 도시한 바와 같이, 성형 애퍼처 부재(203)의 하나의 개구(a)를 통과한 빔에 의한 샷 패턴(36)은, 1 회째에 조사된 위치로부터 y 방향으로 순서대로 이탈되면서 조사되어 가게 된다. 마찬가지로, 성형 애퍼처 부재(203)의 하나의 개구(b)를 통과한 빔에 의한 샷 패턴(36)은, 1 회째에 조사된 위치로부터 y 방향으로 순서대로 이탈되면서 조사되어 가게 된다. 그 밖의 개구를 통과한 각 빔에 의한 샷 패턴(36)도, 마찬가지로 각각 1 회째에 조사된 위치로부터 y 방향으로 순서대로 이탈되면서 조사되어 가게 된다.

[0031] 묘화 처리를 행할 때, 화소의 위치에 멀티 빔의 각 빔이 조사되는 것이 이상적이지만, 실제로는 다양한 요인에 의하여 각 샷에서의 멀티 빔의 각 빔의 조사 위치가 화소의 위치로부터 이탈되어 버린다. 예를 들면, 렌즈 수차에 의하여 빔 어레이의 면 내 위치에 의존한 멀티 빔의 각 빔의 위치 이탈이 발생한다. 일반적으로 마스크 묘화 장치에서는, 기관(101)의 휨 또는 중력에 의한 굴곡 등에 의한 기관 상면의 고저에 따라 빔의 포커스 위치를 묘화 중에 변화시키는 처리, 즉, Z 위치 보정을 행한다. 기관 상면의 높이는, 기관의 복수의 위치에서 묘화 전에 측정해 두고, 위치마다 기관 상면의 높이와 포커스의 보정량을 정해 둔다. 기관 상면의 높이와 포커스 보정량의 관계가 올바르게 설정되지 않은 경우, 빔 어레이의 회전 성분을 수반하는 빔의 위치 이탈이 발생한다. 즉, 기관 상면의 높이 의존성, 또는 기관 상의 위치 의존성을 가지는 빔 위치 이탈이 발생한다. 또한, Z 위치 보정에 이용하는 렌즈의 조정이 이탈되어 있는 경우, 기관 상면의 높이와 포커스 보정량의 관계가 올바르게 설정되어 있어도, 기관 상의 위치 의존성을 가지는 빔 위치 이탈이 발생한다.

[0032] 그 때문에, 본 실시 형태에서는, 멀티 빔의 각 빔의 위치의 위치 이탈량 맵을 복수의 Z 위치 보정량마다 미리 구하여, 시료 상의 각 위치에서의 Z 위치 보정량에 따른 조사량 변조 처리를 행한다. 이에 의하여, Z 위치 보정량 의존으로 빔의 위치 이탈 맵이 변화해도, 묘화 후의 패턴을 고정밀도로 형성할 수 있다.

[0033] 이어서, 본 실시 형태에 따른 묘화 방법을 도 4에 도시한 플로우차트에 따라 설명한다.

- [0034] 우선, 빔 위치 측정부(111)가, 멀티 빔의 빔 어레이면 내에서의 빔의 위치 이탈 분포를 도시한 위치 이탈 데이터를 취득한다(스텝 S1). 예를 들면, 멀티 빔의 일부를 그룹화하여, 그룹화한 빔 어레이로 XY 스테이지(105)에 설치된 마크(106)를 스캔하고, 마크(106)에서 반사된 전자를 검출기(211)로 검출한다. 검출 회로(132)는, 검출기(211)에서 검출된 전자량을 제어 계산기(110)로 통지한다. 빔 위치 측정부(111)는, 편향량마다 검출된 전자량으로부터 스캔 곡형을 작성하고, XY 스테이지(105)의 위치를 기준으로, 그룹화한 빔 어레이의 위치를 산출한다. XY 스테이지(105)의 위치는, 스테이지 위치 검출기(139)에 의하여 검출되어 있다.
- [0035] 멀티 빔의 별도의 영역의 빔을 그룹화하여, 동일한 수법으로 그룹화한 빔 어레이의 위치를 산출한다. 이를 반복함으로써, 빔 어레이 내의 격자점마다 빔 위치를 구할 수 있다. 산출된 빔 위치와, 이상 위치와의 차분이, 격자점 위치에서의 평균적인 멀티 빔의 위치 이탈량이 된다. 빔 어레이 내의 격자점마다의 빔 위치 이탈량으로부터 멀티 빔의 빔 어레이면 내에서의 빔의 위치 이탈 분포를 산출하여, 위치 이탈 데이터(위치 이탈량의 맵)로서 기억부(142)에 저장한다.
- [0036] 또한, 다이내믹 조정(Z 위치 보정)용의 렌즈(도시 생략)의 여기량을 바꾸어 상기의 측정을 행하여, 초점 위치를 바꾼 경우의 위치 이탈 데이터를 취득하고, 기억부(142)에 저장한다. 예를 들면, 초점 위치(z)를 $-2\mu\text{m}$, $0\mu\text{m}$, $2\mu\text{m}$ 로 한 3 개의 위치 이탈 데이터를 취득하여 기억부(142)에 저장한다. 구체적으로는, 예를 들면, 초점 위치(z)가 $-2\mu\text{m}$, $0\mu\text{m}$, $2\mu\text{m}$ 에 상당하는 위치에 마크 상면이 위치하는 마크를 각각 이용하여, 각각의 마크 상면에 포커스를 맞춘 상태로 멀티 빔의 빔 위치 측정을 행하고, 초점 위치(z)가 $-2\mu\text{m}$, $0\mu\text{m}$, $2\mu\text{m}$ 의 각각의 경우의 멀티 빔의 빔 어레이면 내에서의 빔의 위치 이탈 분포를 도시한 위치 이탈 데이터를 취득하여 기억부(142)에 저장한다.
- [0037] 이어서, 계수 산출부(112)가, 위치 이탈 데이터에 기초하여, 시료에 주는 도스 분포를 보정하기 위해, 화소마다의 조사량, 즉, 멀티 빔의 각 샷의 각 빔의 조사량을 보정하는 보정 조사량 산출에 이용하는 보정 계수(기준 계수)를 산출한다(스텝 S2). 위치 이탈량으로부터 보정 계수를 구하는 수법은, 공지의 것을 사용할 수 있다. 산출된 기준 계수 데이터는 기억부(144)에 저장된다.
- [0038] 기준 계수 데이터는, 위치 이탈 데이터를 이용하여, 위치 이탈 데이터마다 생성된다. 예를 들면, 상기의 예의 경우, 도 5에 도시한 바와 같이, 초점 위치 $z=-2\mu\text{m}$ 의 위치 이탈 데이터(D1), $z=0\mu\text{m}$ 의 위치 이탈 데이터(D2), $z=2\mu\text{m}$ 의 위치 이탈 데이터(D3)로부터, 각각 대응하는 기준 계수 데이터(C1, C2, C3)가 생성된다. 여기서, 위치 이탈 데이터는, 멀티 빔 어레이의 영역 내의 위치에 따라 변화하는, 멀티 빔의 각각의 위치 이탈, 또는 멀티 빔의 위치 이탈의 분포를 나타낸다.
- [0039] 묘화 대상의 기관(101)을 묘화실(103) 내에 반입하여, XY 스테이지(105) 상에 재치한다(스텝 S3).
- [0040] 기관(101)의 상면(묘화면)의 높이 위치 분포를 측정한다(스텝 S4). 예를 들면, 스트라이프 영역(34)마다, XY 스테이지(105)를 이동시키면서, 투광기(212)로부터 레이저를 기관 표면의 광 축 위치에 조사하여, 반사광을 수광기(214)로 수광한다. 수광기(14)의 출력은, 앰프(138)로 증폭하고, 디지털 데이터로 변환되어, 제어 계산기(110)로 출력된다. 높이 측정부(113)가, 앰프(138)의 출력에 기초하여, 기관(101)의 높이 위치 분포(Z 맵)를 취득하고, 기억부(146)에 저장한다.
- [0041] 계수 산출부(112)가, 빔을 조사하는 영역의 기관 표면 높이에 따른 보정용 계수 데이터를 산출한다(스텝 S5). 빔을 조사하는 영역의 높이는, 기억부(146)에 저장되어 있는 높이 위치 분포로부터 구해진다. 계수 산출부(112)는, 빔 조사 영역의 높이(위치)에 따라, 기준 계수 데이터를 보간하여, 보정용 계수 데이터를 산출한다.
- [0042] 묘화 공정(스텝 S6)에서는, 우선, 면적 밀도 산출부(114)가, 기억부(140)로부터 묘화 데이터를 읽어내고, 묘화 데이터에 정의된 패턴을 이용하여, 각 스트라이프 영역(34) 내의 모든 화소의 패턴 면적 밀도(ρ)를 산출한다. 화소는, 스트라이프 영역(34)을 메쉬 형상으로 가상 분할한 것이며, 각 화소는, 예를 들면, 1 개의 빔과 동일한 정도의 사이즈로 한다. 조사량 산출부(115)가, 패턴 면적 밀도(ρ)에 기준 조사량(D_0)을 곱하여, 각 화소에 조사되는 빔의 조사량(ρD_0)을 산출한다.
- [0043] 또한, 조사량 산출부(115)는, 보정용 계수 데이터에 기초하여, 각 화소의 조사량(ρD_0)에 대하여, 주위의 화소로 분배하는 조사량을 감산하고, 주위의 화소로부터 분배되는 조사량을 가산하여 보정 조사량(D)을 산출한다.
- [0044] 데이터 처리부(116)는, 보정 조사량(D)을 조사 시간으로 변환하여, 묘화 시퀀스에 따른 샷 순으로 재배열한다. 재배열된 조사 시간 배열 데이터는, 편향 제어 회로(130)로 출력된다.

- [0045] 편향 제어 회로(130)는, 조사 시간 배열 데이터를 블랭킹 플레이트(204) 내의 각 블랭커의 제어 회로로 출력한다. 묘화 제어부(117)는 묘화부(150)를 제어하여, 상술한 묘화 처리를 실행시킨다.
- [0046] 기관(101)의 빔 조사 영역의 높이가 소정값 이상 바뀌는 경우, 보정용 계수 데이터의 변경이 필요하다고 판정하고(스텝 S7_Yes), 보정용 계수 데이터를 재계산하여 갱신한다.
- [0047] 보정용 계수 데이터를 재계산 및 갱신하는 간격은, 빔 위치 이탈량의 변화가 묘화 정밀도에 영향을 주지 않을 정도로 설정한다. 예를 들면, 기관 표면의 높이의 변화율이 작은 경우에는, 복수의 스트라이프 영역(34)마다 보정용 계수 데이터를 재계산한다. 기관 표면 높이의 변화율이 큰 경우에는, 1 개의 스트라이프 영역(34)을 복수로 분할한 영역(단, 멀티 빔의 빔 어레이 치수보다는 큰 영역)마다 보정용 계수 데이터를 재계산한다.
- [0048] 모든 스트라이프 영역의 묘화가 완료하면(스텝 S8_Yes), 기관(101)을 반출한다(스텝 S9).
- [0049] 이와 같이, 본 실시 형태에 의하면, 소수의 위치 이탈 데이터로부터 소수의 기준 계수 데이터를 사전에 산출해 두고, 조사 영역의 파라미터값(기관 상면 높이)에 따른 보정용 계수 데이터를, 기준 계수 데이터의 보간 처리로 구한다. 그 때문에, 묘화 처리 중에 파라미터 의존으로 위치 이탈 맵이 변화하는 경우에도, 패턴을 고정밀도로 묘화할 수 있다.
- [0050] 상기 실시 형태와는 별도의 방법으로서, 측정에 의하여 구한 위치 이탈 데이터(D1 내지 D3)의 보간 처리에 의하여, 미세한 스텝으로 다수의 위치 이탈 데이터를 구하고, 다수의 위치 이탈 데이터로부터 다수의 계수 데이터를 미리 작성해 두는 방법이 고려된다. 그러나, 이 방법으로는, 계산량이 많은 계수 데이터의 작성을 다수 행할 필요가 있으므로, 묘화 처리를 개시할 때까지의 대기 시간이 길어져, 묘화의 스루풋이 저하된다.
- [0051] 한편, 본 실시 형태에서는, 적어도 2 개의 기준 계수 데이터를 산출해 두면 좋으므로, 계산량을 대폭 삭감하여, 묘화 처리를 신속하게 개시할 수 있다.
- [0052] 상기 실시 형태에서는, 한 종류의 파라미터(초점 위치(기관 표면 높이))에 착안하여, 위치 이탈 데이터로부터 기준 계수 데이터를 산출하고, 복수의 기준 계수 데이터의 보간에 의하여 보정용 계수 데이터를 구하는 예에 대하여 설명했으나, 파라미터는 두 종류 이상 있어도 된다.
- [0053] 예를 들면, 초점 위치 및 패턴 밀도의 두 종류를 파라미터로 한 위치 이탈 데이터를 작성한다. 평가 기관에 초점 또는 패턴 밀도를 바꾸어 평가 패턴을 묘화하고, 평가 기관의 각 위치에서의 평가 패턴의 위치 이탈량을 측정하여, 위치 이탈 데이터를 구한다.
- [0054] 예를 들면, 도 6에 도시한 바와 같이, 초점 위치(z)를 $2\mu\text{m}$, $0\mu\text{m}$, $-2\mu\text{m}$, 패턴 밀도를 0%, 50%, 100%로 한 9 개의 위치 이탈 데이터(D11 내지 D19)를 작성한다. 위치 이탈 데이터(D11 내지 D19)로부터, 기준 계수 데이터(C11 내지 C19)를 산출한다. 또한, 기준 계수 데이터(C13, C16 내지 C19)의 도시는 생략하고 있다.
- [0055] 예를 들면, 빔 조사 영역의 표면 높이가 $1\mu\text{m}$, 패턴 밀도가 25%인 경우, 기준 계수 데이터(C11, C12, C14, C15)의 바이리니어(bilinear) 보간에 의하여 보정용 계수 데이터를 산출한다.
- [0056] 다양한 요인에 의하여, 멀티 빔의 조사 위치의 이탈량 분포가 경시(經時) 변화하는 경우가 있다. 이러한 경우에는, 묘화 중에 일정한 시간 간격으로 위치 이탈량 분포를 측정하여, 묘화 중의 현재 시각보다 전의 위치 이탈 분포로부터 현재 시각의 위치 이탈 분포를 산출하여 조사량 보정 계산에 이용한다. 즉, 현재 시각보다 전의 시각(T1, T2)에서의 위치 이탈 데이터로부터, 기준 계수 데이터를 산출한다. 묘화 중에 일정한 시간 간격으로 위치 이탈량 분포를 측정하려면, 예를 들면, 어느 한 스트라이프 영역(34)의 묘화가 완료된 후에 묘화를 휴지(休止)하여 위치 이탈량 분포의 측정을 행하고, 그 후에 묘화를 재개하여 이후의 스트라이프 영역(34)을 묘화한다.
- [0057] 이어서, 시간(T2) 경과 후는, 시간(T1, T2)의 위치 이탈 데이터의 외삽(外挿)에 의하여, 시간(T2)보다 후의 시간(T3)의 위치 이탈 데이터를 산출한다. 그리고, 산출한 위치 이탈 데이터로부터 기준 계수 데이터를 산출한다.
- [0058] 예를 들면, 도 7에 도시한 바와 같이, 묘화 개시 시와, 묘화를 개시하고 나서 2 시간 후의 위치 이탈 데이터(D21, D22)를 평가 패턴의 묘화 결과로부터 구한다. 그리고, 위치 이탈 데이터(D21, D22)로부터, 기준 계수 데이터(C21, C22)를 산출한다.
- [0059] 예를 들면, 현 시각이 묘화를 개시하고 나서 3 시간 경과하고 있는 경우, 보정용 계수 데이터를 다음과 같이 구한다. 위치 이탈 데이터(D21, D22)의 외삽에 의하여, 4 시간 후의 위치 이탈 데이터(D23)를 추측한다. 위치 이탈 데이터(D23)로부터, 기준 계수 데이터(C23)를 산출한다. 그리고, 기준 계수 데이터(C22, C23)의 보간에 의하여, 3 시간 경과한 현재 시각의 보정용 계수 데이터를 산출한다. 또는 기준 계수 데이터(C21, C22)의 외삽으로

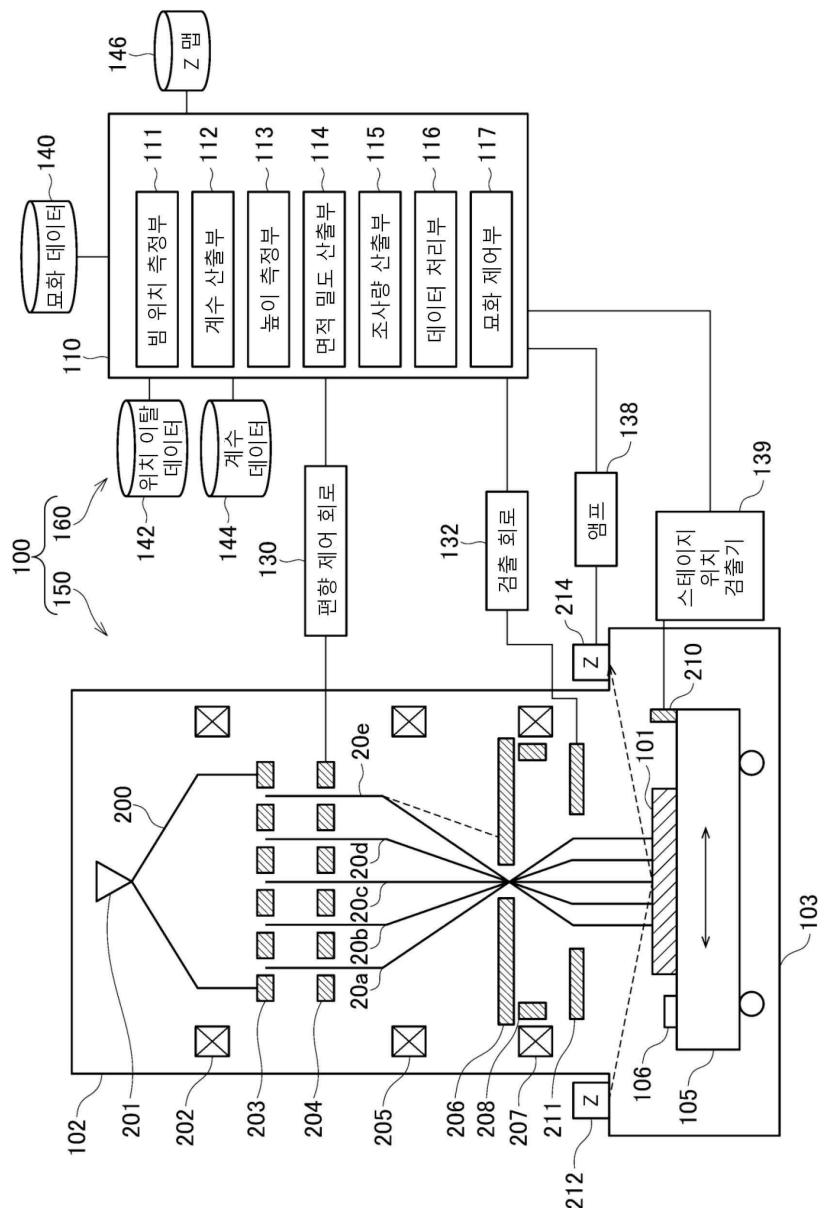
현재 시각의 보정용 계수 데이터를 산출해도 된다.

[0060] 이와 같이, 기준 계수 데이터의 보간에 의하여 보정용 계수 데이터를 산출함으로써, 사전에 준비해 두는 계수 데이터(기준 계수 데이터)의 양을 억제하면서, 위치 이탈 맵의 변화에 대응한 조사량 변조를 행하여, 패턴을 고정밀도로 묘화할 수 있다.

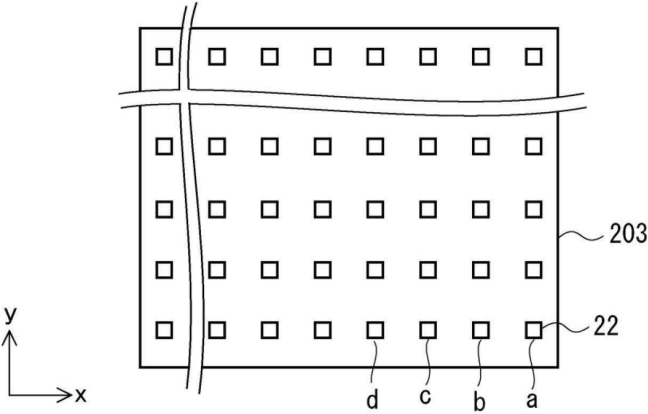
[0061] 또한, 본 발명은 상기 실시 형태 그대로 한정되는 것은 아니며, 실시 단계에서는 그 요지를 이탈하지 않는 범위에서 구성 요소를 변형하여 구체화할 수 있다. 또한, 상기 실시 형태에 개시되어 있는 복수의 구성 요소의 적절한 조합에 의하여, 다양한 발명을 형성할 수 있다. 예를 들면, 실시 형태에 나타난 전체 구성 요소로부터 몇 가지 구성 요소를 삭제해도 된다. 또한, 상이한 실시 형태에 걸친 구성 요소를 적절히 조합해도 된다.

도면

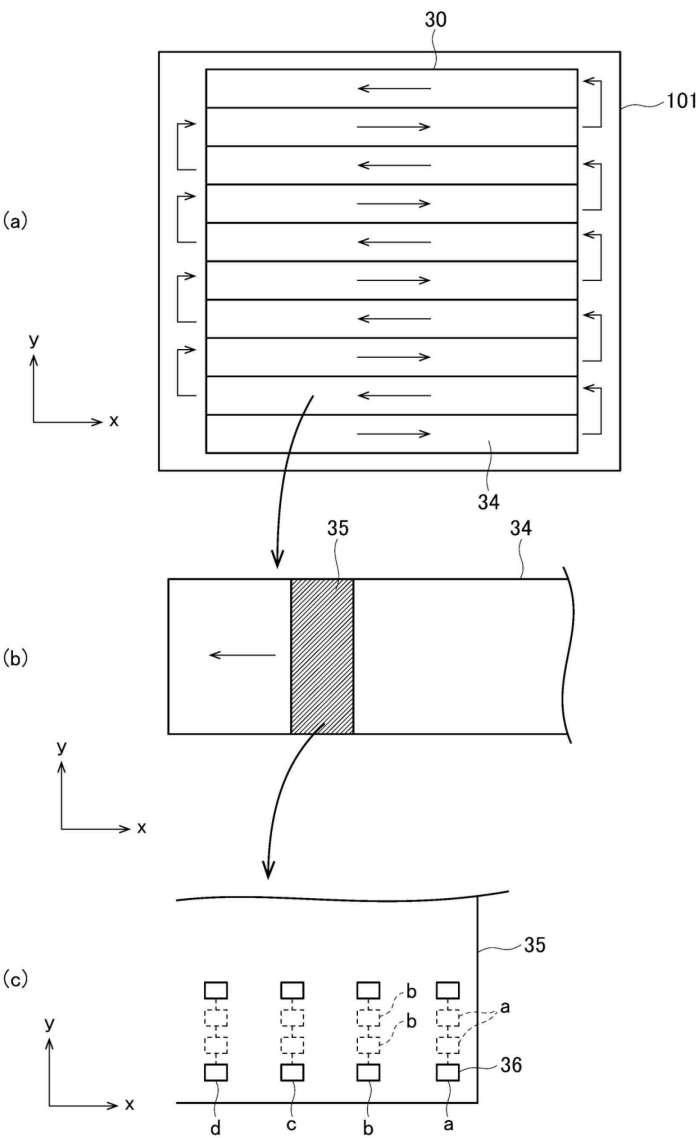
도면1



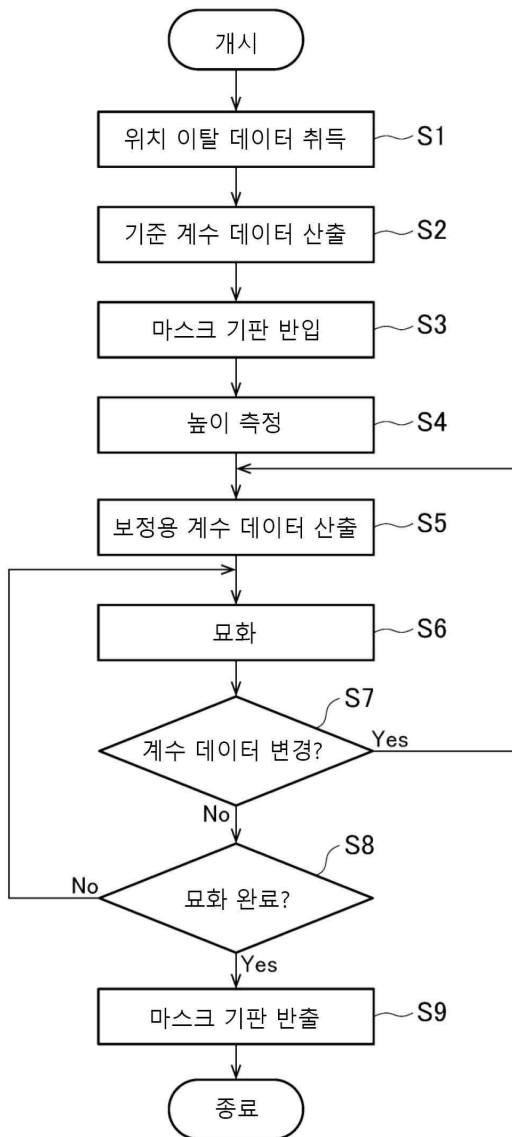
도면2



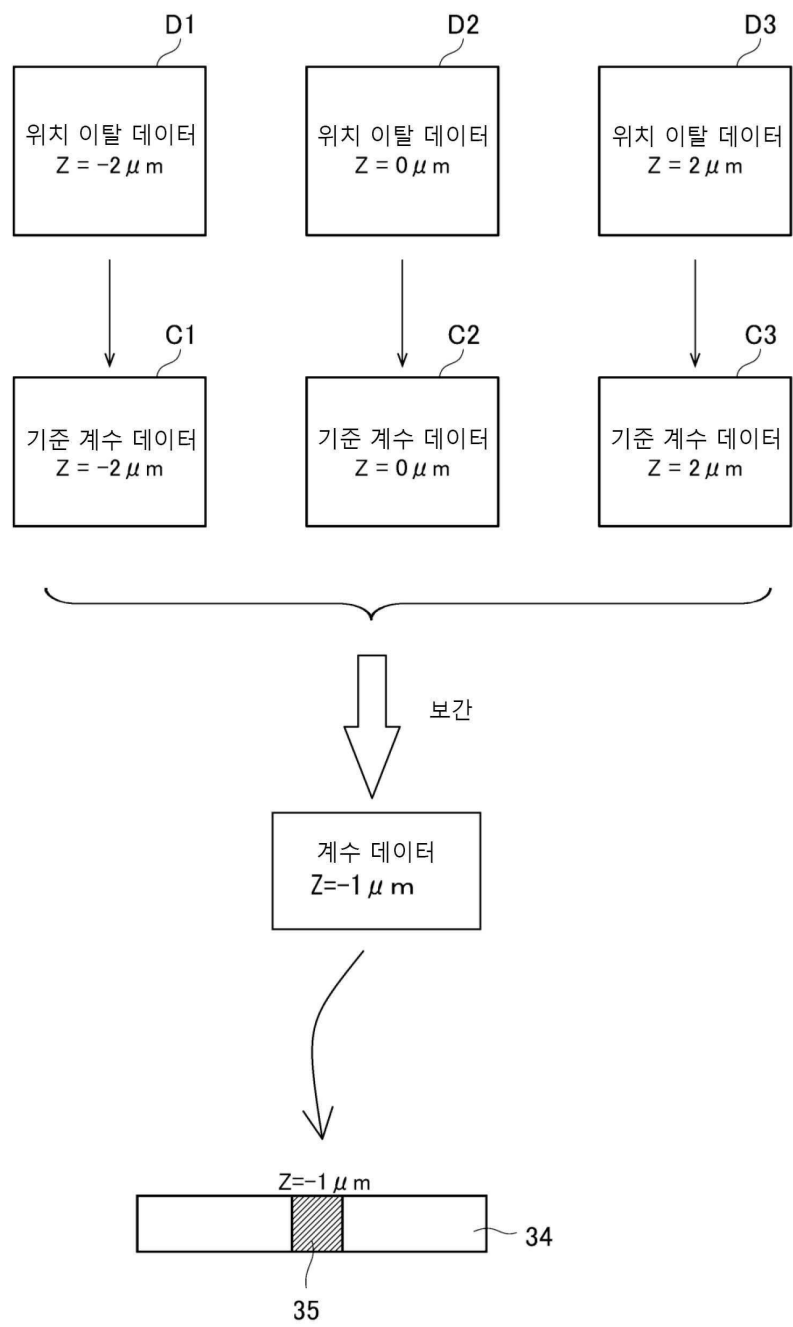
도면3



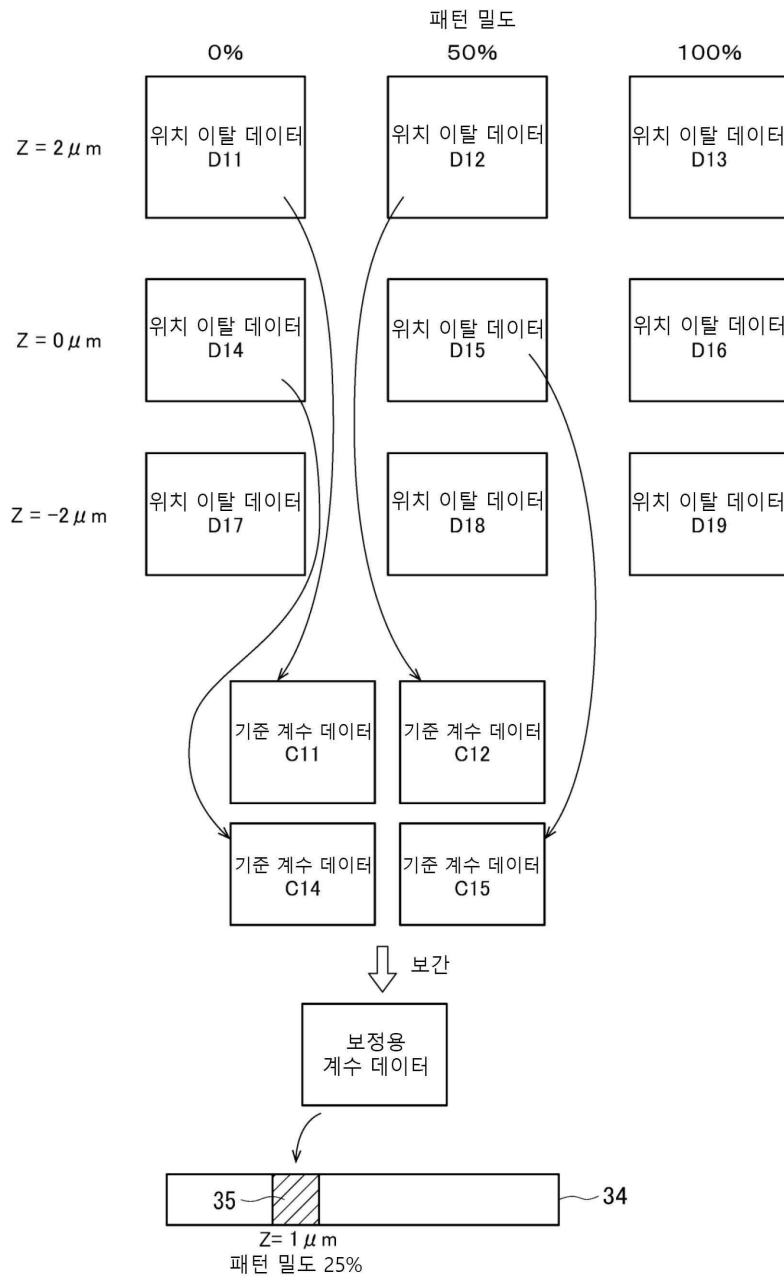
도면4



도면5



도면6



도면7

