



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2018년03월28일  
(11) 등록번호 10-1843056  
(24) 등록일자 2018년03월22일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
G03F 1/36 (2012.01) G03F 1/00 (2006.01)  
G03F 1/20 (2012.01) G03F 7/20 (2006.01)  
H01L 21/027 (2006.01)  
(52) CPC특허분류  
G03F 1/36 (2013.01)  
G03F 1/144 (2013.01)  
(21) 출원번호 10-2016-0048667  
(22) 출원일자 2016년04월21일  
심사청구일자 2016년04월21일  
(65) 공개번호 10-2016-0125313  
(43) 공개일자 2016년10월31일  
(30) 우선권주장  
JP-P-2015-087042 2015년04월21일 일본(JP)  
(56) 선행기술조사문헌  
JP2012054361 A\*  
(뒷면에 계속)  
전체 청구항 수 : 총 12 항

(73) 특허권자  
가부시키가이샤 뉴플레어 테크놀로지  
일본국 카나가와켄 요코하마시 이소고쿠 신스기타  
쵸 8-1  
(72) 발명자  
카토 야스오  
일본, 카나가와켄, 요코하마, 이소고쿠, 신스기타  
쵸 8-1, 가부시키가이샤 뉴플레어 테크놀로지 내  
이세 마사후미  
일본, 카나가와켄, 요코하마, 이소고쿠, 신스기타  
쵸 8-1, 가부시키가이샤 뉴플레어 테크놀로지 내  
카와나 료  
일본, 카나가와켄, 요코하마, 이소고쿠, 신스기타  
쵸 8-1, 가부시키가이샤 뉴플레어 테크놀로지 내  
(74) 대리인  
특허법인엠에이피에스

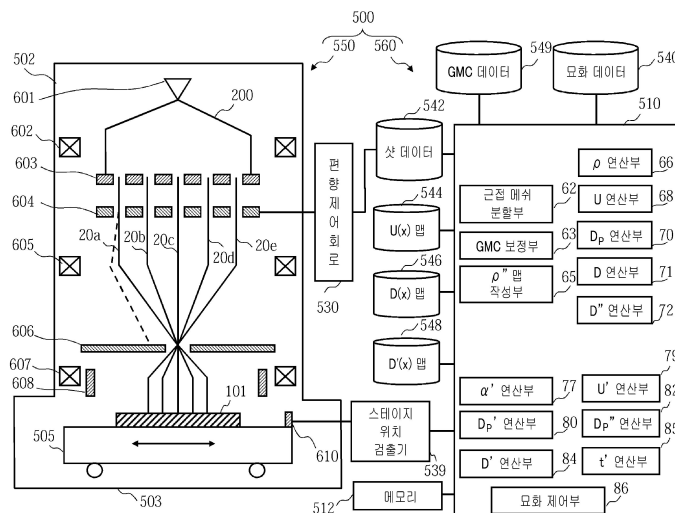
심사관 : 박종민

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

(57) 요약

본 발명의 일 태양의 하전 입자빔 묘화 장치는, 소정의 영향을 고려하지 않은 제1 근접 효과 보정 조사 계수용의 1 차항째부터 n 차항째까지의 보정 조사 계수항 중 k 차항째까지의 보정 조사 계수항을, 상기 소정의 영향을 고려한 상기 제2 근접 효과 보정 조사 계수용의 상기 보정 조사 계수항으로 치환된 제3 근접 효과 보정 조사 계수를 연산하는 근접 효과 보정 조사 계수 연산 처리 회로와, 상기 제3 근접 효과 보정 조사 계수를 이용하여 조사량을 연산하는 조사량 연산 처리 회로를 구비한 것을 특징으로 한다.

대표도



(52) CPC특허분류

*G03F 1/20* (2013.01)  
*G03F 7/2061* (2013.01)  
*G03F 7/70441* (2013.01)  
*H01L 21/0274* (2013.01)

(56) 선행기술조사문헌

KR1020090004730 A\*  
KR1020070082031 A  
US08207514 B2  
US08563953 B2  
\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

---

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

하전 입자빔에 의한 근접 효과를 보정하기 위한, 근접 효과 보정과는 상이한 조사량 변조의 영향을 고려하지 않은 제1 근접 효과 보정 조사 계수를 구하는 경우의 1 차항째부터  $n$  차항째( $n$ 은 1 이상의 정수)의 각 차항의 보정 조사 계수항을 연산하는 제1 보정 조사 계수항 연산 처리 회로와,

하전 입자빔에 의한 근접 효과를 보정하기 위한, 상기 영향을 고려한 제2 근접 효과 보정 조사 계수를 구하는 경우의  $k$  차항째( $k$ 는 1부터  $n$ 까지의 정수 중 하나)까지의 보정 조사 계수항을 연산하는 제2 보정 조사 계수항 연산 처리 회로와,

상기 영향을 고려하지 않은 상기 제1 근접 효과 보정 조사 계수용의 1 차항째부터  $n$  차항째까지의 보정 조사 계수항 중  $k$  차항째까지의 보정 조사 계수항이 상기 영향을 고려한 상기 제2 근접 효과 보정 조사 계수용의 상기 보정 조사 계수항으로 치환된 제3 근접 효과 보정 조사 계수를 연산하는 근접 효과 보정 조사 계수 연산 처리 회로와,

상기 제3 근접 효과 보정 조사 계수를 이용하여 조사량을 연산하는 조사량 연산 처리 회로와,

시료가 재치된 스테이지와 하전 입자빔원과 편향기를 가지며, 연산된 조사량에 기초해 하전 입자빔을 이용하여 상기 시료에 패턴을 묘화하는 묘화부

를 구비한 것을 특징으로 하는 하전 입자빔 묘화 장치.

#### 청구항 2

제1항에 있어서,

상기 제2 보정 조사 계수항 연산 처리 회로는, 상기 보정 조사 계수항으로서 상기 제2 근접 효과 보정 조사 계수를 구하는 경우의 1 차항째의 보정 조사 계수항을 연산하고,

상기 근접 효과 보정 조사 계수 연산 처리 회로는, 상기 영향을 고려하지 않은 상기 제1 근접 효과 보정 조사 계수용의 1 차항째부터  $n$  차항째까지의 각 차항의 보정 조사 계수항 중 1 차항째의 보정 조사 계수항이 상기 영향을 고려한 상기 제2 근접 효과 보정 조사 계수용의 상기 1 차항째의 보정 조사 계수항으로 치환된 상기 제3 근접 효과 보정 조사 계수를 연산하는 것을 특징으로 하는 하전 입자빔 묘화 장치.

#### 청구항 3

제2항에 있어서,

상기 제2 근접 효과 보정 조사 계수용의 상기 1 차항째의 보정 조사 계수항은, 면적 밀도와 분포 함수를 콘볼루션 적분한 값을 이용하여 연산되는 것을 특징으로 하는 하전 입자빔 묘화 장치.

#### 청구항 4

제2항에 있어서,

상기 제2 근접 효과 보정 조사 계수용의 상기 1 차항째의 보정 조사 계수항은, 면적 밀도를 이용하여 콘볼루션 적분하지 않고 연산되는 것을 특징으로 하는 하전 입자빔 묘화 장치.

#### 청구항 5

제1항에 있어서,

상기 묘화부는, 상기 스테이지 상에 배치되며 상기 스테이지의 위치를 측정하기 위한 미러를 가지고,

상기 하전 입자빔 묘화 장치는, 복수의 패턴의 패턴 데이터가 정의된 묘화 데이터를 기억하는 기억 장치와, 상기 시료와 상기 미러 중 적어도 하나의 변형에 기인하는 묘화될 패턴의 위치 이탈에 기초하여 상기 패턴 데이터

를 보정하는 위치 이탈 보정 처리 회로를 더 구비하고,

상기 제2 근접 효과 보정 조사 계수용의 상기 k 차항째까지의 보정 조사 계수항은, 보정되기 전의 패턴 데이터로부터 얻어지는 면적 밀도를 이용하여 연산되고,

상기 조사량은, 보정된 후의 패턴 데이터로부터 얻어지는 면적 밀도를 이용하여 연산되는 것을 특징으로 하는 하전 입자빔 묘화 장치.

#### 청구항 6

제1항에 있어서,

상기 제1 근접 효과 보정 조사 계수를 이용하여 임시 조사량을 연산하는 임시 조사량 연산 처리 회로와,

상기 임시 조사량을 이용하여 상기 영향을 받는 위치에서의 영향 계수를 연산하는 영향 계수 연산 처리 회로

를 더 구비하고,

상기 제2 보정 조사 계수항 연산 처리 회로는, 상기 영향 계수를 이용하여 상기 k 차항째까지의 상기 보정 조사 계수항을 연산하는 것을 특징으로 하는 하전 입자빔 묘화 장치.

#### 청구항 7

제6항에 있어서,

상기 영향 계수는, 상기 영향을 받는 위치와 상기 위치에서의 상기 임시 조사량에 의존하는 것을 특징으로 하는 하전 입자빔 묘화 장치.

#### 청구항 8

제7항에 있어서,

상기 묘화부는, 상기 스테이지상에 배치되며 상기 스테이지의 위치를 측정하기 위한 미러를 가지고,

상기 하전 입자빔 묘화 장치는, 복수의 패턴의 패턴 데이터가 정의된 묘화 데이터를 기억하는 기억 장치와, 상기 시료와 상기 미러 중 적어도 하나의 변형에 기인하는 묘화될 패턴의 위치 이탈에 기초하여 상기 패턴 데이터를 보정하는 위치 이탈 보정 처리 회로를 더 구비하고,

상기 영향 계수 연산 처리 회로는, 보정된 후의 패턴 데이터의 제1 위치에서의 상기 임시 조사량에 기초해 상기 제1 위치에서의 상기 영향 계수를 연산하여, 연산된 상기 제1 위치에서의 상기 영향 계수를 보정되기 전의 패턴 데이터에서 대응되는 제2 위치에서의 영향 계수로 시프트하고,

상기 제2 보정 조사 계수항 연산 처리 회로는, 시프트된 상기 영향 계수에 기초하여 상기 k 차항째까지의 상기 보정 조사 계수항을 연산하는 것을 특징으로 하는 하전 입자빔 묘화 장치.

#### 청구항 9

제1항에 있어서,

상기 조사량 변조는 패턴 단부의 보정, 패턴 각부의 보정, 패턴의 해상성 향상을 위한 보정, 레지스트 히팅 보정 중 적어도 하나의 치수 변동 보정을 위한 조사량 변조인 것을 특징으로 하는, 하전 입자빔 묘화 장치.

#### 청구항 10

하전 입자빔에 의한 근접 효과를 보정하기 위한, 근접 효과 보정과는 상이한 조사량 변조의 영향을 고려하지 않은 제1 근접 효과 보정 조사 계수를 구하는 경우의 1 차항째부터 n 차항째(n은 1 이상의 정수)의 각 차항의 보정 조사 계수항을 연산하고,

하전 입자빔에 의한 근접 효과를 보정하기 위한, 상기 영향을 고려한 제2 근접 효과 보정 조사 계수를 구하는 경우의 k 차항째(k는 1부터 n까지의 정수 중 하나)까지의 보정 조사 계수항을 연산하고,

상기 영향을 고려하지 않은 상기 제1 근접 효과 보정 조사 계수용의 1 차항째부터 n 차항째까지의 보정 조사 계수항 중 k 차항째까지의 보정 조사 계수항이 상기 영향을 고려한 상기 제2 근접 효과 보정 조사 계수용의 상기

보정 조사 계수항으로 치환된 제3 근접 효과 보정 조사 계수를 연산하고,

상기 제3 근접 효과 보정 조사 계수를 이용하여 조사량을 연산하고,

연산된 조사량에 기초해 하전 입자빔을 이용하여 시료에 패턴을 묘화하는 것을 특징으로 하는 하전 입자빔 묘화 방법.

#### 청구항 11

제10항에 있어서,

상기 보정 조사 계수항으로서, 상기 제2 근접 효과 보정 조사 계수를 구하는 경우의 1 차항계의 보정 조사 계수항이 연산되고,

상기 영향을 고려하지 않은 상기 제1 근접 효과 보정 조사 계수용의 1 차항계부터 n 차항계까지의 각 차항의 보정 조사 계수항 중, 1 차항계의 보정 조사 계수항이 상기 영향을 고려한 상기 제2 근접 효과 보정 조사 계수용의 상기 1 차항계의 보정 조사 계수항으로 치환된 상기 제3 근접 효과 보정 조사 계수가 연산되는 것을 특징으로 하는 하전 입자빔 묘화 방법.

#### 청구항 12

제10항에 있어서,

상기 조사량 변조는 패턴 단부의 보정, 패턴 각부의 보정, 패턴의 해상성 향상을 위한 보정, 레지스트 히팅 보정 중 적어도 하나의 치수 변동 보정을 위한 조사량 변조인 것을 특징으로 하는, 하전 입자빔 묘화 방법.

### 발명의 설명

#### 기술 분야

[0001] 본 발명은 하전 입자빔 묘화 장치 및 하전 입자빔 묘화 방법에 관한 것으로, 예를 들면, 근접 효과 이외의 소정의 영향으로 조사량 변조를 행하는 경우의 근접 효과 보정을 행하는 하전 입자빔 묘화 장치 및 하전 입자빔 묘화 방법에 관한 것이다.

#### 배경 기술

[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(原畵) 패턴(레티클 혹은 마스크라고도 함)이 필요하다. 여기서, 전자선(EB: Electron beam) 묘화 기술은 본질적으로 우수한 해상성을 가지고 있어 고정밀도의 원화 패턴의 생산에 이용된다.

[0003] 예를 들면, 1 개의 빔을 이용한 묘화 장치가 있다. 예를 들면, 래스터 방식의 묘화 장치가 있다. 이러한 래스터 방식의 묘화 장치에서는 예를 들면, 전자총으로부터 방출된 전자빔을 1 개의 홀을 가진 마스크에 통과시켜 1 개의 빔을 성형하고, 시료 상을 차례로 따라가도록 편향기로 1 개의 성형빔을 편향시키면서 필요한 개소에 빔이 조사되도록 블랭킹 제어된다.

[0004] 그 외에 예를 들면, 멀티빔을 이용한 묘화 장치가 있다. 1 개의 전자빔으로 묘화하는 경우에 비해, 멀티빔을 이용함으로써 한 번에 많은 빔을 조사할 수 있으므로 스루풋을 큰 폭으로 향상시킬 수 있다. 이러한 멀티빔 방식의 묘화 장치에서는 예를 들면, 전자총으로부터 방출된 전자빔을 복수의 홀을 가진 마스크에 통과시켜 멀티빔을 형성하고, 각각 블랭킹 제어되어 차폐되지 않은 각 빔이 광학계로 축소되고, 편향기로 편향되어 시료 상의 원하는 위치로 조사된다.

[0005] 또한, 전술한 래스터 방식의 묘화 장치 외에 1 개의 빔을 사용한 묘화 장치에 대해, 예를 들면 가변 성형 방식(VSB 방식)의 묘화 장치가 있다. VSB 방식의 묘화 장치에서는, 블랭킹 제어에 의해 샷 빔을 형성하고 또한 빔이 통과하는 2 단의 성형 애퍼처의 상대 위치의 관계를 가변으로 제어함으로써 샷마다 빔을 가변 성형한다. 그리고, 가변 성형된 빔이 편향기로 편향되어 시료 상의 원하는 위치로 조사된다.

[0006] 여기서, 전술한 각종 묘화 방식 중 래스터 방식 및 멀티빔 방식의 묘화에서는, 패턴의 엣지 또는 코너부를 묘화하는 경우, 패턴의 단부(경계)와 화소의 경계가 어긋나 있는 경우에 이러한 패턴의 엣지 또는 코너부를 설계 상

의 조사량으로 조사하면, 패턴의 엣지 또는 코너부의 형상이 원하는 형상이 되지 않는다고 하는 문제가 있었다. 그래서, 이러한 개소에서의 조사량을 변조시킴으로써 보정하는 것이 검토되고 있다.

[0007] 또한, 최근의 광 리소그래피 기술의 진전 또는 EUV에 따른 단파장화에 수반하여, 마스크 묘화에 필요한 전자빔의 샷 수는 가속적으로 증가하고 있다. 한편, 미세화에 필요한 선폭 정밀도를 확보하기 위해, 레지스트를 저감도화시키고 조사량을 증가시킴으로써 샷 노이즈 또는 패턴의 엣지 러프니스의 저감을 도모하고 있다. 이와 같이, 샷 수와 조사량이 한없이 계속 증가하고 있기 때문에, 묘화 시간도 한없이 증가해 간다. 이 때문에, 이상과 같은 각종 묘화 방식의 묘화 장치에서 전류 밀도를 높임으로써 묘화 시간의 단축을 도모하는 것이 검토되고 있다.

[0008] 그러나, 증가한 조사 에너지량을 보다 고밀도의 전자빔으로 단시간에 조사하고자 하면, 기관 온도가 과열되어 레지스트 감도가 변화되고 선폭 정밀도가 악화되는 레지스트 히팅으로 불리는 현상이 발생한다고 하는 문제가 있었다. 그래서, 편향 영역 중 최소 편향 영역마다 당해 최소 편향 영역보다 전에 묘화되는 다른 최소 편향 영역으로부터의 전열에 기초하는 당해 최소 편향 영역의 대표 온도를 산출하고, 대표 온도를 이용하여 조사량을 변조시키는 것이 제안되고 있다(일본특허공개공보 제2012-69675호 참조).

[0009] 한편 전자빔 묘화에서는, 전자빔을 레지스트가 도포된 마스크에 조사하여 회로 패턴을 묘화하는 경우, 전자빔이 레지스트층을 투과하여 그 아래의 층에 도달하고, 재차 레지스트층에 재입사되는 후방 산란에 의한 근접 효과로 불리는 현상이 발생한다. 이에 따라, 묘화 시에 원하는 치수에서 이탈된 치수로 묘화되는 치수 변동이 발생한다. 이러한 현상을 회피하기 위해, 묘화 장치 내에서는 근접 효과 보정 연산을 행하여 예를 들면 조사량을 변조시킴으로써 이러한 치수 변동을 억제하는 것이 행해진다.

[0010] 그러나, 근접 효과 보정 연산을 행하여 조사량을 변조시켜도, 그 후에 전술한 패턴의 엣지 / 코너 보정 또는 레지스트 히팅 보정 등과 같은 근접 효과와는 상이한 도처의 영향을 보정하기 위한 조사량 변조를 행하면, 근접 효과 보정에 보정 잔차(殘差)가 발생한다고 하는 문제가 있었다.

[0011] 전술한 바와 같이 근접 효과 보정에 보정 잔차가 발생하므로, 도처의 영향을 보정하기 위한 조사량 변조 연산 후, 재차 근접 효과 보정 연산을 행할 필요가 발생한다. 그러나, 이러한 경우에도 근접 효과 보정의 연산량은 커서 그에 상당하는 계산기 리소스와 처리 시간이 필요해진다고 하는 문제가 있다. 이 때문에, 실시간 보정 연산이 곤란해진다고 하는 문제가 있었다. 따라서, 처리의 효율화가 필요하다.

## 발명의 내용

[0012] 본 발명은, 근접 효과의 보정 잔차를 억제하면서 효율적으로 도처의 영향에 따른 패턴의 치수 변동을 억제하는 묘화가 가능한 하전 입자빔 묘화 장치 및 하전 입자빔 묘화 방법을 제공한다.

[0013] 본 발명의 일 태양의 하전 입자빔 묘화 장치는,

[0014] 하전 입자빔에 의한 근접 효과를 보정하기 위한, 소정의 영향을 고려하지 않은 제1 근접 효과 보정 조사 계수를 구하는 경우의 1 차항제부터 n 차항제(n은 1 이상의 정수)의 각 차항의 보정 조사 계수항을 연산하는 제1 보정 조사 계수항 연산 처리 회로와,

[0015] 하전 입자빔에 의한 근접 효과를 보정하기 위한, 상기 소정의 영향을 고려한 제2 근접 효과 보정 조사 계수를 구하는 경우의 k 차항제(k는 1부터 n까지의 정수 중 하나)까지의 보정 조사 계수항을 연산하는 제2 보정 조사 계수항 연산 처리 회로와,

[0016] 상기 소정의 영향을 고려하지 않은 상기 제1 근접 효과 보정 조사 계수용의 1 차항제부터 n 차항제까지의 보정 조사 계수항 중 k 차항제까지의 보정 조사 계수항이 상기 소정의 영향을 고려한 상기 제2 근접 효과 보정 조사 계수용의 상기 보정 조사 계수항으로 치환된 제3 근접 효과 보정 조사 계수를 연산하는 근접 효과 보정 조사 계수 연산 처리 회로와,

[0017] 상기 제3 근접 효과 보정 조사 계수를 이용하여 조사량을 연산하는 조사량 연산 처리 회로와,

[0018] 시료가 재치된 스테이지와 하전 입자빔원과 편향기를 가지며, 연산된 조사량에 기초해 하전 입자빔을 이용하여 상기 시료에 패턴을 묘화하는 묘화부

[0019] 를 구비한 것을 특징으로 한다.

[0020] 본 발명의 일 태양의 하전 입자빔 묘화 방법은,

- [0021] 하전 입자빔에 의한 근접 효과를 보정하기 위한, 소정의 영향을 고려하지 않은 제1 근접 효과 보정 조사 계수를 반복 연산에 의해 구하는 경우의 1 차항째부터 n 차항째(n은 1 이상의 정수)의 각 차항의 보정 조사 계수항을 차례로 연산하고,
- [0022] 하전 입자빔에 의한 근접 효과를 보정하기 위한, 상기 소정의 영향을 고려한 제2 근접 효과 보정 조사 계수를 구하는 경우의 k 차항째(k는 1부터 n까지의 정수 중 하나)까지의 보정 조사 계수항을 연산하고,
- [0023] 상기 소정의 영향을 고려하지 않은 상기 제1 근접 효과 보정 조사 계수용의 1 차항째부터 n 차항째까지의 보정 조사 계수항 중 k 차항째까지의 보정 조사 계수항이 상기 소정의 영향을 고려한 상기 제2 근접 효과 보정 조사 계수용의 상기 보정 조사 계수항으로 치환된 제3 근접 효과 보정 조사 계수를 연산하고,
- [0024] 상기 제3 근접 효과 보정 조사 계수를 이용하여 조사량을 연산하고,
- [0025] 연산된 조사량에 기초해 하전 입자빔을 이용하여 시료에 패턴을 묘화하는 것을 특징으로 한다.

### 도면의 간단한 설명

- [0026] 도 1은 실시 형태 1에서의 묘화 장치의 구성을 나타내는 개념도이다.
- 도 2(a)와 도 2(b)는 실시 형태 1에서의 멀티빔 성형 부재의 구성을 나타내는 개념도이다.
- 도 3은 실시 형태 1에서의 블랭킹 플레이트의 구성을 나타내는 단면도이다.
- 도 4는 실시 형태 1에서의 묘화 방법의 주요부 공정을 나타내는 순서도이다.
- 도 5는 실시 형태 1의 효과를 평가하는 평가 패턴의 일례를 나타내는 도면이다.
- 도 6(a)와 도 6(b)는 실시 형태 1의 비교예 1, 2가 되는 조건으로 평가 패턴을 묘화 한 경우의 치수 오차 결과의 일례를 나타내는 도면이다.
- 도 7은 실시 형태 1에서의 평가 패턴을 묘화한 경우의 치수 오차 결과의 일례를 나타내는 도면이다.
- 도 8은 실시 형태 3에서의 묘화 장치의 구성을 나타내는 개념도이다.
- 도 9는 실시 형태 3에서의 각 영역을 설명하기 위한 개념도이다.
- 도 10은 실시 형태 3에서의 묘화 방법의 주요부 공정을 나타내는 순서도이다.
- 도 11은 실시 형태 3의 비교예가 되는 조건으로 평가 패턴을 묘화한 경우의 치수 오차 결과의 일례를 나타내는 도면이다.
- 도 12는 실시 형태 3의 조건으로 평가 패턴을 묘화한 경우의 치수 오차 결과의 일례를 나타내는 도면이다.
- 도 13은 실시 형태 3의 조건으로 평가 패턴을 묘화한 경우의 치수 오차 결과의 일례를 나타내는 도면이다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0027] 이하, 실시 형태에서는, 하전 입자빔의 일례로서 전자빔을 이용한 구성에 대해 설명한다. 단, 하전 입자빔은 전자빔에 한정되지 않으며, 이온빔 등의 하전 입자를 이용한 빔이어도 상관없다.
- [0029] 실시 형태 1.
- [0030] 도 1은 실시 형태 1에서의 묘화 장치의 구성을 나타내는 개념도이다. 도 1에서 묘화 장치(500)는 묘화부(550)와 제어부(560)를 구비하고 있다. 묘화 장치(500)는 멀티 하전 입자빔 묘화 장치의 일례이다. 묘화부(550)는 전자 경통(502)과 묘화실(503)을 구비하고 있다. 전자 경통(502) 내에는 전자총(601), 조명 렌즈(602), 멀티빔 성형 부재(603), 블랭킹 플레이트(604), 축소 렌즈(605), 제한 애퍼처 부재(606), 대물 렌즈(607) 및 편향기(608)가 배치되어 있다. 묘화실(503) 내에는 XY 스테이지(505)가 배치된다. XY 스테이지(505) 상에는, 묘화 시에는 묘화 대상 기판이 되는 마스크 등의 시료(101)가 배치된다. 시료(101)에는 반도체 장치를 제조할 때의 노광용 마스크, 혹은 반도체 장치가 제조되는 반도체 기판(실리콘 웨이퍼) 등이 포함된다. 또한, 시료(101)에는 레지스트가 도포된 아직 아무것도 묘화되지 않은 마스크 블랭크스가 포함된다. XY 스테이지(505) 상에는 또한 XY 스테이지(505)의 위치 측정용의 미러(610)가 배치된다.
- [0031] 제어부(560)는 제어 계산기(510), 메모리(512), 편향 제어 회로(530), 스테이지 위치 검출기(539) 및 자기 디스



크 장치 등의 기억 장치(540, 542, 544, 546, 548, 549)를 가지고 있다. 제어 계산기(510), 메모리(512), 편향 제어 회로(530), 스테이지 위치 검출기(539) 및 기억 장치(540, 542, 544, 546, 548, 549)는 도시하지 않은 버스를 개재하여 서로 접속되어 있다. 묘화되기 위한 복수의 도형 패턴의 패턴 데이터가 정의된 묘화 데이터가 묘화 장치(500)의 외부로부터 입력되어 기억 장치(540)(기억부)에 저장되어 있다. GMC 데이터가 묘화 장치(500)의 외부로부터 입력되어 기억 장치(549)(기억부)에 저장되어 있다.

[0032] 또한, 제어 계산기 유닛(510) 내에는 근접 메쉬 분할부(62), 그리드 매칭 콜렉션(GMC) 보정부(63), 면적 밀도( $\rho$ ) 맵 작성부(65), 면적 밀도( $\rho$ ) 연산부(66), 근접 효과 밀도(U) 연산부(68), 조사 보정 계수(Dp) 연산부(70), 조사량(D) 연산부(71), D" 연산부(72), 영향 계수( $\alpha'$ ) 연산부(77), U' 연산부(79), 조사 보정 계수(Dp') 연산부(80), 조사 보정 계수(Dp") 연산부(82), 조사량(D') 연산부(84), 조사 시간(t') 연산부(85) 및 묘화 제어부(86)가 배치된다. 근접 메쉬 분할부(62), GMC 보정부(63), 면적 밀도( $\rho$ ) 맵 작성부(65), 면적 밀도( $\rho$ ) 연산부(66), 근접 효과 밀도(U) 연산부(68), 조사 보정 계수(Dp) 연산부(70), 조사량(D) 연산부(71), D" 연산부(72), 영향 계수( $\alpha'$ ) 연산부(77), U' 연산부(79), 조사 보정 계수(Dp') 연산부(80), 조사 보정 계수(Dp") 연산부(82), 조사량(D') 연산부(84), 조사 시간(t') 연산부(85) 및 묘화 제어부(86)와 같은 각 '~ 부'는 하나의 처리 회로를 가지며, 그 처리 회로로서 전기 회로, 컴퓨터, 프로세서, 회로 기관, 양자 회로 혹은 반도체 장치 등을 이용할 수 있다. 또한, 각 '~ 부'는 공통되는 처리 회로(동일한 처리 회로)를 이용해도 된다. 혹은, 상이한 처리 회로(별도의 처리 회로)를 이용해도 된다. 제어 계산기 유닛(110) 내에 필요한 입력 데이터 혹은 연산된 결과는 그때마다 메모리(512)에 기억된다.

[0033] 여기서, 도 1에서는 실시 형태 1을 설명함에 있어서 필요한 구성을 기재하고 있다. 묘화 장치(500)에 있어서 통상적으로 필요한 그 외의 구성을 구비하고 있어도 상관없다.

[0034] 도 2(a)와 도 2(b)는 실시 형태 1에서의 멀티빔 성형 부재의 구성을 나타내는 개념도이다. 도 2(a)에서 멀티빔 성형 부재(603)에는, 세로(y 방향) m 열  $\times$  가로(x 방향) n 열( $m, n \geq 2$ )의 홀(개구부)(22)이 소정의 배열 피치로 매트릭스 형상으로 형성되어 있다. 도 2(a)에서는 예를 들면,  $512 \times 8$  열의 홀(22)이 형성된다. 각 홀(22)은 모두 동일 치수 형상의 직사각형으로 형성된다. 혹은, 동일한 외경의 원형이어도 상관없다. 여기서는 y 방향의 각 열에 대해 x 방향으로 A부터 H까지의 8 개의 홀(22)이 각각 형성되는 예가 나타나 있다. 이들 복수의 홀(22)을 전자빔(600)의 일부가 각각 통과함으로써 멀티빔(20)이 형성되게 된다. 여기서는 가로세로(x, y 방향)가 모두 2 열 이상의 홀(22)이 배치된 예를 나타냈으나, 이에 한정되지 않는다. 그 외에 예를 들면, 가로세로(x, y 방향) 중 어느 일방이 복수 열이고 타방은 1 열 뿐이어도 상관없다. 또한, 홀(22)의 배열 방법은 도 2(a)와 같이 가로세로가 격자 형상으로 배치되는 경우에 한정되지 않는다. 도 2(b)에 나타난 바와 같이 예를 들면, 세로 방향(y 방향) 1 단계의 열과 2 단계의 열의 홀끼리가 가로 방향(x 방향)으로 치수(a)만큼 이동하여 배치되어도 된다. 마찬가지로, 세로 방향(y 방향) 2 단계의 열과 3 단계의 열의 홀끼리가 가로 방향(x 방향)으로 치수(b)만큼 이동하여 배치되어도 된다.

[0035] 도 3은 실시 형태 1에서의 블랭킹 플레이트의 구성을 나타내는 단면도이다. 또한, 도 3에서 전극(24, 26)과 제어 회로(41)의 위치 관계는 일치시켜 기재하지 않았다. 블랭킹 플레이트(604)(블랭킹 장치)는, 도 3에 나타난 바와 같이 지지대(333) 상에 실리콘 등으로 이루어지는 반도체 기관(331)이 배치된다. 기관(331)의 중앙부는 이면측으로부터 얇게 깎여 얇은 막 두께(h)의 멤브레인 영역(330)(제1 영역)으로 가공되어 있다. 멤브레인 영역(330)을 둘러싸는 주위는 두꺼운 막 두께(H)의 외주 영역(332)(제2 영역)이 된다. 멤브레인 영역(330)의 상면과 외주 영역(332)의 상면은 동일한 높이 위치, 혹은 실질적으로 동일한 높이 위치가 되도록 형성된다. 기관(331)은 외주 영역(332)의 이면에서 지지대(333) 상에 보지(保持)된다. 지지대(333)의 중앙부는 개구되어 있으며, 멤브레인 영역(330)의 위치는 지지대(333)의 개구된 영역에 위치하고 있다.

[0036] 멤브레인 영역(330)에는, 도 2(a)(혹은 도 2(b))에 나타난 멀티빔 성형 부재(603)의 각 홀(22)에 대응하는 위치에 멀티빔 각각의 빔의 통과용의 통과홀(25)(개구부)이 개구된다. 바꾸어 말하면, 기관(331)에는 세로(y 방향) m 열  $\times$  가로(x 방향) n 열( $m, n \geq 2$ )의 2 차원으로 멀티빔 중 각각 대응 전자빔(20)이 통과하는 관통된 복수의 통과홀(25)이 형성된다. 그리고 멤브레인 영역(330) 상에는, 도 3에 나타난 바와 같이 각 통과홀(25)의 근방 위치에 해당하는 통과홀(25)을 사이에 두고 블랭킹 편향용의 전극(24, 26)의 조(블랭커: 블랭킹 편향기)가 각각 배치된다. 또한, 멤브레인 영역(330)의 기관(331) 중에는 각 통과홀(25)의 근방에 각 통과홀(25)용의 예를 들면 전극(24)에 편향 전압을 인가하는 제어 회로(41)(로직 회로)가 배치된다. 각 빔용의 2 개의 전극(24, 26)의 타방(예를 들면, 전극(26))은 접지된다. 또한 도 3에 나타난 바와 같이, 각 제어 회로(41)는 제어 신호용의 예를 들면 10 비트의 병렬 배선이 접속된다. 각 제어 회로(41)는 예를 들면 10 비트의 병렬 배선 외에 전원용, 제어 클록 등의 배선이 접속된다. 전원용의 배선은 병렬 배선의 일부의 배선을 유용해도 상관없다. 멀티빔을 구성하



는 각각의 빔마다 전극(24, 26)과 제어 회로(41)에 의한 개별 블랭킹 기구(47)가 구성된다. 또한, 막 두께가 두꺼운 외주 영역(332) 상에는 각 제어 회로(41)로 제어 신호를 송신하는 도시하지 않은 패드 등이 배치된다.

[0037] 도 4는 실시 형태 1에서의 묘화 방법의 주요부 공정을 나타내는 순서도이다. 도 4에 있어서 실시 형태 1에서의 묘화 방법은,  $\rho(x)$  연산 공정(S104)과,  $U(x)$  연산 공정(S106)과,  $Dp(x)$  연산 공정(S108)과,  $D(x)$  연산 공정(S110)과, GMC 보정 공정(S111)과, 영향 계수 연산 공정(S113)과,  $U'(x)$  연산 공정(S115)과,  $Dp'(x)$  연산 공정(S116)과,  $Dp''(x)$  연산 공정(S118)과,  $D''(x)$  연산 공정(S119)과,  $\rho''$  맵 작성 공정(S120)과,  $D'(x)$  연산 공정(S121)과,  $t'(x)$  연산 공정(S122)과, 묘화 공정(S124)과 같은 일련의 공정을 실시한다.

[0038] 먼저, 근접 메쉬 분할부(62)(제2 메쉬 분할부)는, 근접 효과를 보정하기 위한 사이즈( $\Delta_2$ )(제2 메쉬 사이즈)로 시료(101)의 묘화 영역을 복수의 근접 메쉬(제2 메쉬 영역)로 가상 분할한다. 근접 메쉬는 예를 들면, 근접 효과의 영향 반경의 1 / 10 정도의 사이즈로 분할되면 적합하다. 예를 들면, 0.5 ~ 2  $\mu m$  정도로 분할되면 적합하다.

[0039]  $\rho$  연산 공정(S104)으로서,  $\rho$  연산부(66)는 기억 장치(540)로부터 묘화 데이터를 독출하고, 근접 메쉬마다 해당하는 근접 메쉬 내에 배치되는 도형 패턴의 면적 밀도( $\rho$ )를 연산한다. 그리고,  $\rho$  연산부(66)는 각 메쉬값을 이용하여 면적 밀도 맵을 작성한다.  $\rho$  연산부(66)는 프레임 영역마다의 데이터 파일을 순차적으로 판독하여 프레임 영역마다 면적 밀도( $\rho$ )를 연산한다. 즉, 여기서는 GMC 보정 전의 묘화 데이터를 사용하여 면적 밀도( $\rho$ )를 연산한다.

[0040]  $U(x)$  연산 공정(S106)으로서,  $U$  연산부(68)는 근접 메쉬 영역마다 근접 효과 밀도( $U(x)$ )를 연산한다. 근접 효과 밀도( $U(x)$ )는 분포 함수( $g(x)$ )와 면적 밀도( $\rho$ )를 콘볼루션 적분하는 다음의 식(1)로 정의할 수 있다. 이하, 위치( $x$ )는 벡터를 나타낸다. 그리고, 각 근접 메쉬 영역의 메쉬값을 이용하여 근접 효과 밀도( $U(x)$ ) 맵을 작성한다.  $U(x)$  맵은 기억 장치(544)에 저장된다.

$$(1) U(x) = \int \rho(x')g(x-x')dx'$$

[0041]

[0042] 여기서, 근접 효과의 보정 잔차를 발생시키는 도처의 영향 중 하나로서, 패턴 단부(엣지)와 패턴 각부(코너) 중 적어도 하나를 묘화하는 조사량의 변조의 영향이 포함된다. 일반적으로, 도형 패턴의 경계와 화소의 경계는 일치하지 않는다. 일치하던 패턴에서도 GMC 보정으로 도형 패턴의 위치를 이동시킴으로써 경계가 일치하지 않게 되는 경우가 있다. 이러한 패턴에 대해서는, 경계가 일치하지 않는 부분의 화소의 조사량을 변조시키지 않으면, 패턴 단부(엣지)와 패턴 각부(코너) 중 적어도 하나에 대해 묘화되었을 때의 형상이 어긋난다. 멀티빔 묘화에서는 가변 성형(VSB)형의 묘화보다 코너부에서의 둥글어짐이 커진다. 이 때문에, 멀티빔 묘화에서는 특히 조사량의 변조에 의해 이러한 엣지 · 코너 보정을 행할 필요가 발생한다.

[0043] 또한, 근접 효과 보정 계수에 의해 우도(尤度)(도스 래티튜드: 도스(조사량)의 변화량에 대한 CD의 변화량의 비)가 상이하다. 이 때문에, 코너 보정에 사용하는 도스의 보정 계수가 상이하다. 애초에 근접 효과에 따라 코너가 둥글어지는 방식이 상이할 수 있다.

[0044] 이와 같이, 멀티빔 묘화에서는 패턴 단부(엣지)와 패턴 각부(코너) 중 적어도 하나를 묘화하는 조사량의 변조의 영향에 의해 근접 효과의 보정 잔차가 발생하기 쉽다. 그래서 실시 형태 1에서는, 패턴 엣지와 패턴 코너 중 적어도 하나를 묘화하는 조사량을 변조시키는 것에 따른 영향에 의해 발생하는 근접 효과의 보정 잔차를 억제하는 구성에 대해 설명한다. 실시 형태 1에서는 입사 조사량에 영향 계수( $\alpha'(x)$ )(영향 계수의 일례)를 곱한 항과 후방 산란 조사량의 항을 이용한 모델을 이용한다. 이러한 모델을 사용하여 보정 조사량(근접 효과 보정 조사 계수)을 계산한다. 그리고, 연산 시간을 단축시키기 위해, 실시 형태 1에서는 패턴 단부(엣지)와 패턴 각부(코너) 중 적어도 하나를 묘화하는 경우의 조사량의 변조의 영향을 고려하지 않고 근접 효과 보정 연산을 행한다. 그리고, 그 후에 패턴 단부(엣지)와 패턴 각부(코너) 중 적어도 하나를 묘화하는 경우의 조사량의 변조의 영향을 고려하는 연산을 행한다. 먼저, 패턴 단부(엣지)와 패턴 각부(코너) 중 적어도 하나를 묘화하는 경우의 조사량의 변조의 영향을 고려하지 않고 근접 효과 보정 연산을 행하는 경우에 대해 설명한다.

[0045]  $Dp(x)$  연산 공정(S108)으로서,  $Dp$  연산부(70)는 패턴 단부(엣지)와 패턴 각부(코너) 중 적어도 하나를 묘화하는 경우의 조사량의 변조의 영향을 고려하지 않고 근접 효과를 보정하기 위한 보정 조사 계수( $Dp(x)$ )(제1 근접 효과 보정 조사 계수)를 연산한다. 보정 조사 계수( $Dp(x)$ )는 패턴 단부(엣지)와 패턴 각부(코너) 중 적어도 하나

를 묘화하는 경우의 조사량의 변조의 영향을 고려하지 않은 미지의 보정 조사 계수( $D_p(x)$ )와 근접 효과 보정 계수( $\eta$ )를 이용한 다음의 모델식(2)를 풀으로써 구할 수 있다. 여기서는, 규격화된 조사량으로 정의함으로써 조사량( $D(x)$ )을 보정 조사 계수( $D_p(x)$ )로 치환하였다.

$$(2) \quad \frac{D_p(x)}{2} + \eta \int \rho(x') D_p(x') g(x-x') dx' = \frac{1}{2} + \eta$$

식(2)로부터 미지의 보정 조사 계수( $D_p(x)$ )를 구하기 위해서는  $n$  차항( $n$ 은 1 이상의 정수)까지의 반복 연산이 이용된다. 따라서,  $D_p$  연산부(70)는 반복 연산에 의해 구하는 경우의 1 차항째부터  $n$  차항째의 각 차항의 보정 조사 계수항을 차례로 연산한다.  $D_p$  연산부(70)는 제1 보정 조사 계수항 연산부의 일례가 된다. 1 차항째의 보정 조사 계수항( $d_1$ )과  $n$  차항째의 보정 조사 계수항( $d_n$ )은 다음의 식(3-1)(3-2)로 정의된다.

$$(3-1) \quad d_1(x) = \frac{\frac{1}{2} + \eta}{\frac{1}{2} + \eta U(x)}$$

$$(3-2) \quad d_n(x) = \frac{\eta \{d_{n-1} U(x) - \int d_{n-1} \rho(x') g(x-x') dx'\}}{\frac{1}{2} + \eta U(x)} \quad (n \geq 2)$$

그리고, 보정 조사 계수( $D_p(x)$ )(제1 근접 효과 보정 조사 계수)는 다음의 식(4)로 정의된다. 얻어진 보정 조사 계수( $D_p(x)$ )와 각 차항째의 보정 조사 계수항 중 적어도 1 차항째의 보정 조사 계수항( $d_1(x)$ )은 기억 장치(54)에 저장된다.

$$(4) \quad D_p(x) = \sum_{k=1}^n d_k(x)$$

$D(x)$  연산 공정(S110)으로서,  $D$  연산부(71)(임시 조사량 연산부)는 패턴마다 얻어진 보정 조사 계수( $D_p(x)$ )와 기준 조사량( $D_0$ )을 곱하여 조사량( $D(x)$ )(임시 조사량)을 연산한다.

GMC 보정 공정(S111)으로서, GMC 보정부(63)(위치 이탈 보정부)는 시료(101)와 미러(610) 중 적어도 하나의 변형에 기인하는 묘화되는 패턴의 위치 이탈에 기초하여 패턴 데이터를 보정한다. 구체적으로는, GMC 보정부(63)는 기억 장치(540)로부터 묘화 데이터를 독출하고, 묘화 데이터에 정의된 복수의 도형 패턴에 대해 GMC 보정을 행한다. GMC 보정으로서, 실시 형태 1에서는 미러(610)의 변형 및 / 혹은 시료(101)의 변형에 기인하는 패턴의 위치 이탈을 보정한다. 이러한 미러(610)의 변형 및 / 혹은 시료(101)의 변형에 기인하는 패턴의 위치 이탈을 보정하기 위한 보정 데이터가 되는 GMC 데이터는 기억 장치(549)에 기억되어 있다. GMC 보정부(63)는 기억 장치(549)로부터 GMC 데이터를 독출하고, 묘화 데이터에 정의된 복수의 도형 패턴에 대해 패턴 데이터를 보정함으로써 GMC 보정을 행한다. GMC 데이터로서, 미러(610)의 변형 및 / 혹은 시료(101)의 변형에 기인하는 패턴의 위치 이탈을 보정하기 위한 보정값을 근사시킨 다항식(예를 들면, 4 차 함수) 및 / 혹은 이러한 다항식의 계수가 포함된다. 또한, 이러한 다항식으로 근사시키는 것이 곤란한 편재된 위치 이탈을 보정하는 보정값이 정의된 보정 맵이 포함된다. GMC 보정부(63)는 각 패턴의 위치를 이러한 다항식 혹은 보정 맵에 의해 보정한다. 이에 따라, 샷 데이터로 전개되기 전의 묘화 데이터의 단계에서 패턴의 위치를 보정할 수 있다.

이어서, 패턴 엣지와 패턴 코너 중 적어도 하나를 묘화하는 조사량의 변조의 영향을 고려한 근접 효과 보정 연산을 행한다. 실시 형태 1에서는 입사 조사량에 영향 계수( $\alpha'(x)$ )(영향 계수의 일례)를 곱한 향과 후방 산란

조사량의 항을 이용한 모델을 이용한다. 이러한 모델은 패턴 엣지와 패턴 코너 중 적어도 하나를 묘화하는 조사량의 변조의 영향을 고려한 미지의 근접 효과 보정 조사 계수( $Dp'(x)$ )를 이용하여 다음의 식(5)로 정의된다. 여기서, 규격화된 조사량으로 정의함으로써 조사량( $D'(x)$ )을 보정 조사 계수( $Dp'(x)$ )로 치환하였다.

$$(5) \alpha'(x)D_p'(x) + \eta \int \rho(x')D_p'(x')g(x-x')dx' = \frac{1}{2} + \eta$$

[0054]

[0055]

패턴 엣지와 패턴 코너 중 적어도 하나를 묘화하는 조사량의 변조의 영향을 고려한 미지의 근접 효과 보정 조사 계수( $Dp'(x)$ )는 식(5)를 풀어서 구할 수 있다. 이를 위해서는 입사 조사량용의 영향 계수( $\alpha'(x)$ )가 필요하다.

[0056]

영향 계수 연산 공정(S113)으로서,  $\alpha'$  연산부(77)는 패턴 엣지와 패턴 코너 중 적어도 하나에 해당하는 위치( $x$ )의 조사량( $D(x)$ )(입사 조사량)에 기초하여 영향 계수( $\alpha'(x)$ )를 연산한다. 영향 계수( $\alpha'(x)$ )는  $x$ 와 조사량( $D(x)$ )에 의존하는 함수이다. 여기서, 실시 형태 1에서는 GMC 보정을 행하고 있으므로 위치( $x$ )는 GMC 보정 후의 위치이다. 패턴의 단부(경계)와 화소의 경계가 어긋나 있는 패턴 엣지와 패턴 코너에서는 설계 상의 조사량으로 전자빔을 조사해도 원하는 형상이 얻어지지 않는다. 이 때문에, 이러한 부분에 대해서는 조사량을 높여 강조한다. 또한, 패턴 엣지와 패턴 코너의 위치의 주위의 화소(패턴 외부의 화소)에 대해서도 빔이 조사되도록 구성해도 적합하다. 바꾸어 말하면, 패턴 엣지와 패턴 코너의 위치의 주위의 면적 밀도가 0인 화소에서도 빔이 조사되도록 구성해도 적합하다. 영향 계수( $\alpha'(x)$ )는 미리 평가 도형 패턴 상의 위치(엣지 위치, 코너 위치 혹은 내부 위치)와 이러한 위치에서의 조사량( $D$ )에 따라 실험 등에 의해 구해 두면 된다.

[0057]

$U'(x)$  연산 공정(S115)으로서,  $U'$  연산부(79)는 근접 메쉬 영역마다 영향 계수( $\alpha'(x)$ )를 고려한 근접 효과 밀도( $U'(x)$ )를 연산한다. 근접 효과 밀도( $U'(x)$ )는 분포 함수( $g(x)$ )와 영향 계수( $\alpha'(x)$ )를 고려한 면적 밀도( $\rho'(x)$ )를 컨볼루션 적분하는 다음의 식(6-1)로 정의할 수 있다. 또한, 면적 밀도( $\rho'(x)$ )는 면적 밀도( $\rho(x)$ )와 영향 계수( $\alpha'(x)$ )를 이용하여 식(6-2)로 정의할 수 있다. 여기서 영향 계수( $\alpha'(x)$ )는 GMC 보정 후의 위치의 함수이기 때문에, 면적 밀도( $\rho'(x)$ )를 연산할 때에 영향 계수( $\alpha'(x)$ )를 GMC 보정 전의 위치로 시프트할 필요가 있다. 그리고, 각 근접 메쉬 영역의 메쉬값을 이용하여 근접 효과 밀도( $U'(x)$ ) 맵을 작성한다.  $U'(x)$  맵은 기억 장치(544)에 저장된다.

$$(6-1) U'(x) = \int \rho'(x')g(x-x')dx'$$

$$(6-2) \rho'(x) = \rho(x)/2\alpha'(x)$$

[0058]

[0059]

$Dp'(x)$  연산 공정(S116)으로서,  $Dp'$  연산부(80)는 전자빔에 의한 근접 효과를 보정하기 위한, 패턴 엣지와 패턴 코너 중 적어도 하나를 묘화하는 조사량의 변조의 영향을 고려한 보정 조사 계수( $Dp'(x)$ )(제2 근접 효과 보정 조사 계수)를 반복 연산에 의해 구하는 경우의  $k$  차항제까지의 보정 조사 계수항을 연산한다. 또한,  $k$ 는 1부터  $n$ 까지의 정수 중 하나를 나타낸다. 예를 들면, 1 차항제의 보정 조사 계수항( $d1'$ )을 연산한다.  $Dp'$  연산부(80)는 제2 보정 조사 계수항 연산부의 일례이다. 보정 조사 계수( $Dp'(x)$ )는 패턴 엣지와 패턴 코너 중 적어도 하나를 묘화하는 조사량의 변조의 영향을 고려한 미지의 보정 조사 계수( $Dp'(x)$ )와 근접 효과 보정 계수( $\eta$ )를 이용한 모델식(5)을 풀어서 구할 수 있다. 여기서, 규격화된 조사량으로 정의함으로써 조사량( $D(x)$ )을 보정 조사 계수( $Dp'(x)$ )로 치환하였다.

[0060]

식(5)로부터, 미지의 보정 조사 계수( $Dp'(x)$ )를 구하기 위해서는 통상적으로  $n$  차항( $n$ 은 1 이상의 정수)까지의 반복 연산이 이용된다. 그러나, 실시 형태 1에서는 가장 패턴 엣지와 패턴 코너 중 적어도 하나를 묘화하는 조사량의 변조의 영향을 받는 1 차항제의 보정 조사 계수항( $d1'$ )만을 연산한다. 이 때문에, 2 차항제 이후의 계산을 하지 않아도 될 수 있다. 보정 조사 계수( $Dp'(x)$ )(제2 근접 효과 보정 조사 계수)용의 1 차항제의 보정 조사 계수항( $d1'$ )은 모델식(5)를 반복 연산에 의해 푸는 경우의 1 차항제의 해이다. 근접 효과 보정 연산은 시간이 걸리지만, 1 차항제만을 연산함으로써 연산 시간을 큰 폭으로 삭감할 수 있다. 또한,  $k = 1$ 이 가장 바람직하지만,  $k$ 는 1에 한정되지 않으며 2 이상이어도 상관없다. 단,  $k$ 를 2 차 이상의 고차로 설정하는 경우에는  $k$

차항째까지의 계산이 필요해진다. 1 차항째의 보정 조사 계수항( $d_1'$ )은 다음의 식(7)로 정의된다.

$$(7) \quad d_1'(x) = \frac{\frac{1}{2} + \eta}{\frac{1}{2} + \eta U'(x)}$$

[0061]

[0062]

이와 같이, 패턴 엣지와 패턴 코너 중 적어도 하나를 묘화하는 조사량의 변조의 영향을 고려한 보정 조사 계수( $Dp'(x)$ )(제2 근접 효과 보정 조사 계수)용의 1 차항째의 보정 조사 계수항( $d_1'$ )은, 패턴 엣지와 패턴 코너 중 적어도 하나를 묘화하는 조사량의 변조의 영향을 고려한 면적 밀도( $\rho'(x)$ )와 분포 함수를 콘볼루션 적분한 값인 근접 효과 밀도( $U'(x)$ )를 이용하여 연산된다. 또한, 근접 효과 밀도( $U'(x)$ )는 이미 연산된 근접 효과 밀도( $U'(x)$ )를 기억 장치(544)로부터 독출하면 된다. 또한, 근접 효과 밀도( $U'(x)$ )는 전술한 GMC 보정을 행하기 전의 도형 패턴의 위치에 기초하고 있다. 근접 효과의 보정 계산은 시료면 상의 위치에 기초하여 계산해야 해서 GMC 보정 후의 위치에 기초하면 설계 위치로부터 이탈되어 있으므로 근접 효과의 보정에 오차가 발생하게 되기 때문이다. 이와 같이, 보정 조사 계수( $Dp'(x)$ )(제2 근접 효과 보정 조사 계수)용의 1 차항째의 보정 조사 계수항( $d_1'$ )은 묘화 데이터가 GMC 보정되기 전의 패턴 데이터로부터 얻어지는 면적 밀도( $\rho'(x)$ )를 이용하여 연산된다. 즉, GMC 보정되기 전의 패턴 데이터로부터 얻어지는 면적 밀도( $\rho(x)$ )가 이용된다.

[0063]

$Dp''(x)$  연산 공정(S118)으로서,  $Dp''$  연산부(82)(근접 효과 보정 조사 계수 연산부)는 패턴 엣지와 패턴 코너 중 적어도 하나를 묘화하는 조사량의 변조의 영향을 고려하지 않은 보정 조사 계수( $Dp(x)$ )(제1 근접 효과 보정 조사 계수)용의 1 차항째부터 n 차항째까지의 각 차항의 보정 조사 계수항 중 k 차항째까지의 보정 조사 계수항이 패턴 엣지와 패턴 코너 중 적어도 하나를 묘화하는 조사량의 변조의 영향을 고려한 보정 조사 계수( $Dp'(x)$ )(제2 근접 효과 보정 조사 계수)용의 k 차항째까지의 보정 조사 계수항으로 치환된 보정 조사 계수( $Dp''(x)$ )(제3 근접 효과 보정 조사 계수)를 연산한다. 여기서는, 패턴 엣지와 패턴 코너 중 적어도 하나를 묘화하는 조사량의 변조의 영향을 고려하지 않은 보정 조사 계수( $Dp(x)$ )(제1 근접 효과 보정 조사 계수)용의 1 차항째부터 n 차항째까지의 각 차항의 보정 조사 계수항 중 1 차항째의 보정 조사 계수항( $d_1$ )이 패턴 엣지와 패턴 코너 중 적어도 하나를 묘화하는 조사량의 변조의 영향을 고려한 보정 조사 계수( $Dp'(x)$ )(제2 근접 효과 보정 조사 계수)용의 1 차항째의 보정 조사 계수항( $d_1'$ )으로 치환된 보정 조사 계수( $Dp''(x)$ )(제3 근접 효과 보정 조사 계수)를 연산한다.  $Dp''$  연산부(82)는 근접 효과 보정 조사 계수 연산부의 일례이다. 즉, 보정 조사 계수( $Dp''(x)$ )는 다음의 식(8)로 정의된다.

$$(8) \quad D_p''(x) = D_p(x) - d_1(x) + d_1'(x)$$

[0064]

[0065]

패턴 엣지와 패턴 코너 중 적어도 하나를 묘화하는 조사량의 변조의 영향을 고려한 영향 계수( $\alpha'(x)$ )를 계산하기 위해서는 조사량(D)이 필요하다. 이 때문에, 전술한 바와 같이 우선은 조사량(D)을 연산할 필요가 있다. 그 후, 패턴 엣지와 패턴 코너 중 적어도 하나를 묘화하는 조사량의 변조의 영향을 고려한 근접 효과 보정 연산을 계산함으로써 패턴 엣지와 패턴 코너 중 적어도 하나를 묘화하는 조사량의 변조의 영향을 고려한 보정 조사 계수( $Dp'(x)$ )를 고차항까지 구해도 되지만, 이러한 경우에는 연산 시간이 매우 길어져 묘화 처리의 진행에 맞추어 실시간으로 연산하는 것이 어려워진다. 그래서 실시 형태 1에서는, 가장 패턴 엣지와 패턴 코너 중 적어도 하나를 묘화하는 조사량의 변조의 영향을 받는 1 차항째의 보정 조사 계수항( $d_1'$ )만을 연산하고, 이미 연산 완료된 보정 조사 계수( $Dp(x)$ )의 1 차항째의 보정 조사 계수항( $d_1$ )과 교체함으로써 큰 폭으로 연산 시간을 단축시킬 수 있다. 또한, 이러한 교체에 의해 얻어진 보정 조사 계수( $Dp''(x)$ )는 가장 패턴 엣지와 패턴 코너 중 적어도 하나를 묘화하는 조사량의 변조의 영향을 받는 1 차항째의 보정 조사 계수항( $d_1'$ )이 포함되므로, 패턴 엣지와 패턴 코너 중 적어도 하나를 묘화하는 조사량의 변조의 영향을 고려한 근접 효과 보정이 가능해진다.

[0066]

또한 전술한 바와 같이, 보정 조사 계수( $Dp'(x)$ )용의 연산되는 보정 조사 계수항은 1 차항째에 한정되지 않는다. 2 차 이후의 보정 조사 계수항을 연산한 경우에는, 보정 조사 계수( $Dp(x)$ )(제1 근접 효과 보정 조사 계수)용의 1 차항째부터 n 차항째까지의 각 차항의 보정 조사 계수항 중 보정 조사 계수( $Dp'(x)$ )의 보정 조사 계수



향과 동차향계의 보정 조사 계수항을 교체하면 된다. 1 차향계의 보정 조사 계수항을 교체하는 경우보다 연산 시간은 길어지지만, 근접 효과 보정의 보정 잔차를 줄일 수 있다.

[0067]  $D''(x)$  연산 공정(S119)으로서,  $D''$  연산부(72)는 패턴마다 얻어진 보정 조사 계수( $D_p''(x)$ )(제3 근접 효과 보정 조사 계수)와 기준 조사량( $D_0$ )을 곱하여 조사량( $D''(x)$ )을 연산한다.

[0068]  $\rho''$  맵 작성 공정(S120)으로서,  $\rho''$  맵 작성부(65)는 묘화 데이터에 정의된 GMC 보정된 도형 패턴을 이용하여 시료(101)의 묘화 영역 혹은 묘화될 칩 영역이 메쉬 형상으로 가상 분할된 복수의 메쉬 영역(화소 영역)의 화소 영역마다 그 내부에 배치되는 패턴의 면적 밀도( $\rho''(x)$ )를 산출한다. 예를 들면, 먼저 시료(101)의 묘화 영역 혹은 묘화될 칩 영역을 소정의 폭으로 직사각형 형상의 스트라이프 영역으로 분할한다. 그리고, 각 스트라이프 영역을 복수의 화소 영역으로 가상 분할한다. 화소 영역의 사이즈는 예를 들면, 빔 사이즈 혹은 그 이하의 사이즈이면 적합하다. 예를 들면, 10 nm 정도의 사이즈로 하면 적합하다.  $\rho''$  맵 작성부(65)는 예를 들면, 스트라이프 영역마다 묘화 데이터 내에 정의된 복수의 도형 패턴을 화소 영역에 할당한다. 그리고, 화소 영역마다 배치되는 도형 패턴의 면적 밀도( $\rho''(x)$ )를 산출하면 된다. 그리고, 스트라이프 영역마다 면적 밀도( $\rho''$ ) 맵을 작성한다.

[0069]  $D'(x)$  연산 공정(S121)으로서,  $D'$  연산부(84)는 화소 영역마다 조사량을 연산한다. 구체적으로는, GMC 보정된 도형 패턴의 조사량( $D''(x)$ )과  $\rho''$  맵에 정의된 면적 밀도( $\rho''(x)$ )와  $1 / (2\alpha'(x))$ 을 곱하여 조사량( $D'(x)$ )을 연산한다. 그리고, 각 화소 영역의 메쉬값을 이용하여 조사량( $D'(x)$ ) 맵을 작성한다.  $D'(x)$  맵은 기억 장치(548)에 저장된다.

[0070]  $t'(x)$  연산 공정(S122)으로서,  $t'$  연산부(85)는 화소 영역마다 조사 시간( $t'(x)$ )을 연산한다. 조사 시간( $t'(x)$ )은 조사량( $D'(x)$ )을 전류 밀도(J)로 나눔으로써 구할 수 있다. 화소 영역마다 얻어진 조사 시간( $t'(x)$ )은 샷 데이터로서 정의되어 기억 장치(542)에 일시적으로 저장된다.

[0071] 묘화 공정(S124)으로서, 묘화 제어부(86)는 편향 제어 회로(530) 등을 거쳐 묘화부(550)를 제어하여 묘화 처리를 개시한다. 묘화부(550)는 연산된 조사량( $D'(x)$ )(조사 시간( $t'(x)$ ))에 기초해 멀티빔(20)을 이용하여 시료(101)에 패턴을 묘화한다. 구체적으로는, 이하와 같이 동작한다.

[0072] 전자총(201)(방출부)으로부터 방출된 전자빔(600)은 조명 렌즈(502)에 의해 거의 수직으로 멀티빔 성형 부재(603) 전체를 조명한다. 멀티빔 성형 부재(603)에는 직사각형의 복수의 홀(개구부)이 형성되고, 전자빔(600)은 모든 복수의 홀이 포함되는 영역을 조명한다. 복수의 홀의 위치에 조사된 전자빔(600)의 각 일부가 이러한 멀티빔 성형 부재(603)의 복수의 홀을 각각 통과함으로써, 예를 들면 직사각형 형상의 복수의 전자빔(멀티빔)( $20a \sim e$ )이 형성된다. 이러한 멀티빔( $20a \sim e$ )은 블랭킹 플레이트(604)의 각각 대응되는 블랭커(제1 편향기: 개별 블랭킹 기구) 내를 통과한다. 이러한 블랭커는 각각 개별적으로 통과하는 전자빔(20)을 편향시킨다(블랭킹 편향을 행함).

[0073] 블랭킹 플레이트(604)를 통과한 멀티빔( $20a \sim e$ )은 축소 렌즈(605)에 의해 축소되어 제한 애퍼처 부재(606)에 형성된 중심의 홀을 향해 진행된다. 여기서, 블랭킹 플레이트(604)의 전극(24, 26)(블랭커)에 의해 편향된 전자빔(20)은 제한 애퍼처 부재(606)(블랭킹 애퍼처 부재)의 중심의 홀에서 위치가 이탈되어 제한 애퍼처 부재(606)에 의해 차폐된다. 한편, 블랭킹 플레이트(604)의 전극(24, 26)(블랭커)에 의해 편향되지 않은 전자빔(20)은, 도 1에 나타난 바와 같이 제한 애퍼처 부재(606)의 중심의 홀을 통과한다. 이러한 개별 블랭킹 기구의 ON / OFF에 의해 블랭킹 제어가 행해져 빔의 ON / OFF가 제어된다. 이와 같이, 제한 애퍼처 부재(606)는 개별 블랭킹 기구에 의해 빔 OFF의 상태가 되도록 편향된 각 빔을 차폐한다. 그리고, 빔 ON이 된 후 빔 OFF가 될 때까지 형성된 제한 애퍼처 부재(606)를 통과한 빔에 의해 1 회 분의 샷의 빔이 형성된다. 제한 애퍼처 부재(606)를 통과한 멀티빔(20)은 대물 렌즈(607)에 의해 초점이 맞춰져 원하는 축소율의 패턴상이 되고, 편향기(608)에 의해 제한 애퍼처 부재(606)를 통과한 각 빔(멀티빔(20) 전체)이 동일 방향으로 일괄적으로 편향되어 각 빔의 시료(101)상의 각각의 조사 위치에 조사된다. 또한, 예를 들면 XY 스테이지(505)가 연속 이동하고 있을 때, 빔의 조사 위치가 XY 스테이지(505)의 이동에 추종하도록 편향기(608)에 의해 제어된다. XY 스테이지(505)의 위치는, 스테이지 위치 검출기(539)로부터 레이저를 XY 스테이지(505)상의 미러(610)를 향해 조사하고 그 반사광을 이용하여 측정된다. 한 번에 조사되는 멀티빔(20)은, 이상적으로는 애퍼처 부재(603)의 복수의 홀의 배열 피치에 전술한 원하는 축소율을 곱한 피치로 나열되게 된다. 묘화 장치(500)는 샷 빔을 연속해서 차례로 조사해 가는 래스터 스캔 방식으로 묘화 동작을 행하며, 원하는 패턴을 묘화할 때, 패턴에 따라 필요한 빔이 블랭킹 제어에 의해 빔 ON으로 제어된다.

- [0074] 전술한 바와 같이, 시료(101)의 묘화 영역은 예를 들면, y 방향을 향해 소정의 폭으로 직사각형 형상의 복수의 스트라이프 영역으로 가상 분할된다. 이러한 각 스트라이프 영역은 묘화 단위 영역이 된다. 먼저, XY 스테이지(505)를 이동시켜 제1 번째의 스트라이프 영역의 좌단(左端), 혹은 더 좌측의 위치에 1 회의 멀티빔(20)의 조사로 조사 가능한 조사 영역이 위치하도록 조정하고, 묘화가 개시된다. 제1 번째의 스트라이프 영역을 묘화할 때에는, XY 스테이지(505)를 예를 들면 - x 방향으로 이동시킴으로써 상대적으로 x 방향으로 묘화를 진행시켜 간다. XY 스테이지(505)는 소정의 속도로 예를 들면 연속 이동시킨다. 제1 번째의 스트라이프 영역의 묘화 종료 후, 스테이지 위치를 - y 방향으로 이동시켜 제2 번째의 스트라이프 영역의 우단(右端), 혹은 더 우측의 위치에 조사 영역이 상대적으로 y 방향으로 위치하도록 조정하고, 이번에는 XY 스테이지(505)를 예를 들면 x 방향으로 이동시킴으로써 - x 방향을 향해 동일하게 묘화를 행한다. 제3 번째의 스트라이프 영역에서는 x 방향을 향해 묘화하고, 제4 번째의 스트라이프 영역(30)에서는 - x 방향을 향해 묘화하는 것과 같이 교호로 방향을 변경하면서 묘화함으로써 묘화 시간을 단축시킬 수 있다. 단, 이러한 교호로 방향을 변경하면서 묘화하는 경우에 한정되지 않으며, 각 스트라이프 영역을 묘화할 때 동일한 방향을 향해 묘화를 진행시키도록 해도 상관없다. 1 회의 샷으로는, 멀티빔 성형 부재(603)의 각 홀(22)을 통과함으로써 형성된 멀티빔에 의해 각 홀(22)과 동일 수의 복수의 샷 패턴이 한 번에 형성된다.
- [0075] 도 5는 실시 형태 1의 효과를 평가하는 평가 패턴의 일례를 나타내는 도면이다. 도 5에서 평가 패턴은 120  $\mu\text{m}$  폭 중 절반인 60  $\mu\text{m}$  폭이 면적 밀도가 50%가 되는 1 : 1의 라인 앤드 스페이스 패턴(선폭 0.1  $\mu\text{m}$ )이 된다. 그리고, 나머지 절반인 60  $\mu\text{m}$  폭이 면적 밀도가 100%가 되는 이른바 면 패턴이 된다. 이러한 평가 패턴을 조건을 변경하여 묘화하였다.
- [0076] 도 6(a)와 도 6(b)는 실시 형태 1의 비교예 1, 2가 되는 조건으로 평가 패턴을 묘화한 경우의 치수 오차 결과의 일례를 나타내는 도면이다.
- [0077] 도 7은 실시 형태 1에서의 평가 패턴을 묘화한 경우의 치수 오차 결과의 일례를 나타내는 도면이다. 도 6(a)와 도 6(b) 및 도 7에서 세로축에 치수 오차량( $\Delta\text{CD}$ )을 나타내고, 가로축에 평가 패턴의 위치(x)를 나타내고 있다. 도 6(a)에서는 멀티빔 묘화에서 패턴 엣지와 패턴 코너 중 적어도 하나를 묘화하는 조사량의 변조 후 재차 근접 효과 보정 계산을 행하지 않고 평가 패턴을 묘화한 경우의 치수 오차 결과를 나타내고 있다. 도 6(b)에서는 멀티빔 묘화에서 패턴 엣지와 패턴 코너 중 적어도 하나를 묘화하는 조사량의 변조 후 재차 근접 효과 보정 계산에서 전술한 GMC 보정을 행한 후의 도형 패턴의 위치에 기초하여 근접 효과 밀도( $U'(x)$ )를 구한 경우를 나타내고 있다. 도 6(a)에 나타난 바와 같이, 패턴 엣지와 패턴 코너 중 적어도 하나를 묘화하는 조사량의 변조 후 재차 근접 효과 보정 계산을 행하지 않는 경우, 묘화되는 패턴의 선폭 치수(CD)의 편차량( $\Delta\text{CD}$ )이 커진다는 것을 알 수 있다. 또한 도 6(b)에 나타난 바와 같이, 패턴 엣지와 패턴 코너 중 적어도 하나를 묘화하는 조사량의 변조 후 재차 근접 효과 보정 계산을 행하는 경우에도, GMC 보정을 행한 후의 도형 패턴의 위치에 기초하여 보정 계산을 행하면, 재차 근접 효과 보정 계산을 행하지 않는 경우보다 개선되기는 하지만 아직  $\Delta\text{CD}$ 가 크다는 것을 알 수 있다.
- [0078] 이에 반해, 실시 형태 1에서는 미지의 보정 조사 계수( $D_p'(x)$ )를 구하기 위한 1 차항제의 보정 조사 계수항( $d_1'$ )만을 연산하고, 이미 연산 완료된 보정 조사 계수( $D_p(x)$ )의 1 차항제의 보정 조사 계수항( $d_1$ )과 교체하여 보정 조사 계수( $D_p''(x)$ )를 구하였다(PEC 모드 2). 실시 형태 1의 결과는 도 7에서의 그래프(B)에 나타나 있다. 또한 도 7에서의 그래프(A)는, 미지의 보정 조사 계수( $D_p'(x)$ )를 구하기 위해 1 차항제부터 n 차항제(n은 1 이상의 정수)까지의 반복 연산을 실시하고, 1 차항제부터 n 차항제까지의 보정 조사 계수항을 가산함으로써 보정 조사 계수( $D_p'(x)$ )를 연산한 경우(PEC 모드 1)의 결과를 나타낸다. 또한 도 7에서의 그래프(C)는, 미지의 보정 조사 계수( $D_p'(x)$ )를 구하기 위한 1 차항제의 보정 조사 계수항( $d_1'$ )만을 연산할 때, 후술하는 콘볼루션 적분하지 않은 값인 면적 밀도( $p'(x)$ )를 이용하여 보정 조사 계수( $D_p''(x)$ )를 구한 경우(PEC 모드 3)의 결과를 나타낸다. 그래프(B, C)의 결과가 나타난 바와 같이, 그래프(A)와 각 위치(x)에서의 치수 오차량( $\Delta\text{CD}$ )에 큰 차이는 없으며 양호하게 보정되어 있다는 것을 알 수 있다.
- [0079] 이상과 같이, 실시 형태 1에 따르면 멀티빔 방식의 묘화 처리에서도 보정 계산 속도가 묘화 속도에 뒤처지지 않도록 연산 시간을 큰 폭으로 단축시킬 수 있다. 또한, 근접 효과의 보정 잔차를 억제하면서 효율적으로 패턴 엣지와 패턴 코너 중 적어도 하나를 묘화하는 조사량의 변조에 따른 패턴의 치수 변동을 억제할 수 있다. 이와 같이, 근접 효과의 보정 잔차를 억제하면서 효율적으로 도처의 영향에 따른 패턴의 치수 변동을 억제할 수 있다. 따라서, 정밀도 높은 치수로 패턴을 묘화할 수 있다.



[0080] 또한, 전술한 예에서는 GMC 보정을 행하고 있으나, 이에 한정되지 않는다. GMC 보정을 행하지 않는 경우라도 상관없다.

[0082] 실시 형태 2.

[0083] 실시 형태 1에서는, 패턴 엣지와 패턴 코너 중 적어도 하나를 묘화하는 조사량의 변조에 따른 영향을 고려한 보정 조사 계수( $Dp'(x)$ )를 구하기 위한 1 차항체의 보정 조사 계수항( $d_1'$ )을 연산할 때 면적 밀도( $\rho$ )와 분포 함수( $g$ )를 콘볼루션 적분한 근접 효과 밀도( $U(x)$ )를 이용하였으나, 이에 한정되지 않는다. 실시 형태 2에서는 상이한 계산 방법을 설명한다. 실시 형태 2에서 묘화 장치의 구성은 도 1과 동일하다. 또한, 묘화 방법의 순서도는 도 4와 동일하다. 또한 이하, 특별히 설명하는 점 이외의 내용은 실시 형태 1과 동일하다.

[0084] 실시 형태 2에서는,  $Dp'(x)$  연산 공정(S116)에서의 패턴 엣지와 패턴 코너 중 적어도 하나를 묘화하는 조사량의 변조에 따른 영향을 고려한 보정 조사 계수( $Dp'(x)$ )(제2 근접 효과 보정 조사 계수)를 반복 연산에 의해 구하는 경우의 1 차항체의 보정 조사 계수항( $d_1'$ )을 연산하기 위한 연산식만 상이하다. 실시 형태 2에서의 1 차항체의 보정 조사 계수항( $d_1'$ )은 다음의 식(9)로 정의된다.

$$(9) \quad d_1'(x) = \frac{\frac{1}{2} + \eta}{\frac{1}{2} + \eta \rho'(x)}$$

[0085]

[0086] 식(9)에 나타난 바와 같이, 패턴 엣지와 패턴 코너 중 적어도 하나를 묘화하는 조사량의 변조에 따른 영향을 고려한 보정 조사 계수( $Dp'(x)$ )(제2 근접 효과 보정 조사 계수)용의 1 차항체의 보정 조사 계수항( $d_1'$ )은, 면적 밀도를 이용하여 콘볼루션 적분하지 않고 연산된다. 바꾸어 말하면, 근접 효과 밀도( $U'(x)$ ) 대신에 면적 밀도( $\rho'(x)$ )를 이용한다. 이러한 계산에 의해 패턴 엣지와 패턴 코너 중 적어도 하나를 묘화하는 조사량의 변조에 따른 영향을 고려할 수 있다.

[0087] 전술한 도 7의 그래프(C)는, 실시 형태 2의 조건으로 평가 패턴을 묘화한 경우의 치수 오차 결과의 일례를 나타내는 도면이다. 실시 형태 2에서는, 전술한 식(7)에 대하여 미지의 보정 조사 계수( $Dp'(x)$ )를 구하기 위한 1 차항체의 보정 조사 계수항( $d_1'$ )만을 연산할 때, 근접 효과 밀도( $U'(x)$ ) 대신에 콘볼루션 적분하지 않은 값인 면적 밀도( $\rho'(x)$ )를 이용한다. 그 외에는 실시 형태 1(PEC 모드 2)과 동일하다. 이러한 내용으로 보정 조사 계수( $Dp''(x)$ )를 구하였다(PEC 모드 3). 도 7에서는 이러한 실시 형태 2의 보정 조사 계수( $Dp''(x)$ )를 이용해 조사량을 연산하여 평가 패턴을 묘화한 경우의 치수 오차 결과를 나타내고 있다. 도 7의 그래프(C)를 도 7의 그래프(A, B)와 비교하면, 실시 형태 2에서는 라인 앤드 스페이스 패턴과 먼 패턴이 연결되는 위치 및 평가 패턴의 단부 부근에서는 정밀도가 열화되지만, 라인 앤드 스페이스 패턴의 중앙부 및 먼 패턴의 중앙부에서는 각 위치( $x$ )에서의 치수 오차량( $\Delta CD$ )에 큰 차이는 없으며 양호하게 보정되어 있다는 것을 알 수 있다.

[0088] 이상과 같이, 실시 형태 2에 따르면 실시 형태 1과 대략 동등한 효과가 얻어진다. 또한, 실시 형태 1보다 보정 계산을 간략화시킬 수 있다.

[0089] 또한, 전술한 예에서는 GMC 보정을 행하고 있으나, 이에 한정되지 않는다. GMC 보정을 행하지 않는 경우라도 상관없다.

[0091] 실시 형태 3.

[0092] 실시 형태 1, 2는 멀티빔 묘화 장치에 대해 설명하였으나, 도처의 영향에 따른 치수 변동에 의해 발생하는 근접 효과 보정의 보정 잔차, 즉 도처의 영향에 따른 근접 효과 보정의 보정 잔차는 멀티빔 묘화에 한정되지 않는다. 싱글빔 방식, 예를 들면 래스터빔 묘화 방식 또는 가변 성형빔 묘화 방식(VSB 묘화 방식)에도 발생한다. 예를 들면, 치수가 작은 패턴의 해상성을 좋게 하기 위해 조사량을 변조하는 경우 또는 EUV 근거리 근접 효과를 보정하기 위해 조사량을 변조하는 경우에는, 멀티빔 방식뿐만 아니라 싱글빔 방식에서도 발생한다. 실시 형태 3에서는 가변 성형빔 묘화 장치에서의 치수가 작은 패턴의 해상성 향상을 위한 조사량 변조에 따른 근접 효과 보정의 보정 잔차를 억제하는 구성에 대해 설명한다.

[0093] 도 8은 실시 형태 3에서의 묘화 장치의 구성을 나타내는 개념도이다. 도 8에서 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(102)과 묘화실(103)을 구비하고 있다. 전자 경통(102) 내에는 전자총(201), 조명 렌즈(202), 블랭킹 편향기(블랭커)(212), 블랭킹 애퍼처(214), 제1 성형 애퍼처(203), 투영 렌즈(204), 편향기(205), 제2 성형 애퍼처(206), 대물 렌즈(207), 주편향기(208) 및 부편향기(209)가 배치되어 있다. 묘화실(103) 내에는 적어도 XY 방향으로 이동 가능한 XY 스테이지(105)가 배치된다. XY 스테이지(105) 상에는 스테이지 위치 측정용의 미러(210)가 배치된다. XY 스테이지(105) 상에는, 레지스트가 도포된 묘화 대상이 되는 시료(101)(기판)가 배치된다. 시료(101)에는 반도체 장치를 제조하기 위한 노광용의 마스크 또는 실리콘 웨이퍼 등이 포함된다. 마스크에는 마스크 블랭크스가 포함된다.

[0094] 제어부(160)는 제어 계산기 유닛(110), 메모리(112), 편향 제어 회로(120), DAC(디지털 · 아날로그 컨버터) 앰프 유닛(130, 132, 134)(편향 앰프), 스테이지 위치 검출기(139) 및 자기 디스크 장치 등의 기억 장치(140, 142, 144, 146, 148, 149)를 가지고 있다. 제어 계산기 유닛(110), 메모리(112), 편향 제어 회로(120), 스테이지 위치 검출기(139) 및 기억 장치(140, 142, 144, 146, 148, 149)는 도시하지 않은 버스를 개재하여 서로 접속되어 있다. 편향 제어 회로(120)에는 DAC 앰프 유닛(130, 132, 134)이 접속되어 있다. DAC 앰프 유닛(130)은 블랭킹 편향기(212)에 접속되어 있다. DAC 앰프 유닛(132)은 부편향기(209)에 접속되어 있다. DAC 앰프 유닛(134)은 주편향기(208)에 접속되어 있다.

[0095] 또한, 제어 계산기 유닛(110) 내에는 서브 필드(SF) 메쉬 분할부(60), 근접 메쉬 분할부(62), 그리드 매칭 콜렉션(GMC) 보정부(63), 샷 분할부(64), 면적 밀도( $\rho$ ) 연산부(66), 근접 효과 밀도(U) 연산부(68), 조사 보정 계수(Dp) 연산부(70), 조사량(D) 연산부(71), 영향 계수( $\alpha'$ ) 연산부(77),  $U'$  연산부(79), 조사 보정 계수(Dp') 연산부(80), 조사 보정 계수(Dp'') 연산부(82), 조사량(D') 연산부(84), 조사 시간( $t'$ ) 연산부(85) 및 묘화 제어부(86)가 배치된다. SF 메쉬 분할부(60), 근접 메쉬 분할부(62), GMC 보정부(63), 샷 분할부(64),  $\rho$  연산부(66), U 연산부(68), Dp 연산부(70), D 연산부(71), 영향 계수( $\alpha'$ ) 연산부(77),  $U'$  연산부(79), Dp' 연산부(80), Dp'' 연산부(82), D' 연산부(84),  $t'$  연산부(85) 및 묘화 제어부(86)와 같은 각 '~ 부'는 하나의 처리 회로를 가지며, 그 처리 회로로서 전기 회로, 컴퓨터, 프로세서, 회로 기판, 양자 회로 혹은 반도체 장치 등을 이용할 수 있다. 또한, 각 '~ 부'는 공통되는 처리 회로(동일한 처리 회로)를 이용해도 된다. 혹은, 상이한 처리 회로(별도의 처리 회로)를 이용해도 된다. 제어 계산기 유닛(110) 내에 필요한 입력 데이터 혹은 연산된 결과는 그때마다 메모리(112)에 기억된다. 또한, 계산량이 많은 '~ 부'를 위해서는 복수의 CPU 혹은 복수의 GPU와 같은 계산기가 배치되면 적합하다.

[0096] 묘화 데이터가 묘화 장치(100)의 외부로부터 입력되어 기억 장치(140)에 저장되어 있다. GMC 데이터가 묘화 장치(100)의 외부로부터 입력되어 기억 장치(149)에 저장되어 있다.

[0097] 여기서, 도 8에서는 실시 형태 3을 설명함에 있어서 필요한 구성을 기재하고 있다. 묘화 장치(100)에 있어서 통상적으로 필요한 그 외의 구성을 구비하고 있어도 상관없다.

[0098] 도 9는 실시 형태 3에서의 각 영역을 설명하기 위한 개념도이다. 도 9에서 시료(101)의 묘화 영역(10)은 주편향기(208)의 편향 가능 폭으로, 예를 들면 y 방향을 향해 직사각형 형상으로 복수의 스트라이프 영역(20)으로 가상 분할된다. 또한, 각 스트라이프 영역(20)은 부편향기(209)의 편향 가능 사이즈로 메쉬 형상으로 복수의 서브 필드(SF)(30)(소영역)로 가상 분할된다. 그리고, 각 SF(30)의 각 샷 위치(42)에 샷 도형이 묘화된다. 또한, 도 9의 예에서는 SF(30)가 최소 편향 영역으로 되어 있으나, 이에 한정되지 않는다. 예를 들면, 각 SF를 더 작은 메쉬 형상으로 복수의 언더 서브 필드(TF : Tertiary Field)로 가상 분할되어도 된다. 이러한 경우, 편향기에 대해서도 주부 2 단의 편향기에 추가로 제3 단계의 편향용으로 부부편향기를 배치하면 된다.

[0099] 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 변환하여 증폭시킨 후에 편향 전압으로서 블랭킹 편향기(212)에 인가한다. 이러한 편향 전압에 의해 전자빔(200)이 편향되어, 각 샷의 빔이 형성된다.

[0100] 편향 제어 회로(120)로부터 DAC 앰프 유닛(134)에 대하여 주편향 제어용의 디지털 신호가 출력된다. 그리고, DAC 앰프 유닛(134)에서는 디지털 신호를 아날로그 신호로 변환하여 증폭시킨 후에 편향 전압으로서 주편향기(208)에 인가한다. 이러한 편향 전압에 의해 전자빔(200)이 편향되어, 각 샷의 빔이 메쉬 형상으로 가상 분할된 소정의 서브 필드(SF)의 기준 위치에 편향된다.

[0101] 편향 제어 회로(120)로부터 DAC 앰프 유닛(132)에 대하여 부편향 제어용의 디지털 신호가 출력된다. 그리고, DAC 앰프 유닛(132)에서는 디지털 신호를 아날로그 신호로 변환하여 증폭시킨 후에 편향 전압으로서 부편향기

(209)에 인가한다. 이러한 편향 전압에 의해 전자빔(200)이 편향되어, 각 샷의 빔이 메쉬 형상으로 가상 분할된 소정의 서브 필드(SF) 내의 각 샷 위치에 편향된다.

[0102] 묘화 장치(100)에서는 복수 단의 편향기를 이용하여 스트라이프 영역(20)마다 묘화 처리를 진행시켜 간다. 여기서는, 일례로서 주편향기(208) 및 부편향기(209)와 같은 2 단 편향기가 이용된다. XY 스테이지(105)가 예를 들면 -x 방향을 향해 연속 이동하면서 1 번째의 스트라이프 영역(20)에 대해 x 방향을 향해 묘화를 진행시켜 간다. 그리고, 1 번째의 스트라이프 영역(20)의 묘화 종료 후, 동일하게 혹은 반대 방향을 향해 2 번째의 스트라이프 영역(20)의 묘화를 진행시켜 간다. 이후, 마찬가지로 3 번째 이후의 스트라이프 영역(20)의 묘화를 진행시켜 간다. 그리고, 주편향기(208)(제1 편향기)가 XY 스테이지(105)의 이동에 추종하도록 SF(30)의 기준 위치(A)에 전자빔(200)을 차례로 편향시킨다. 또한, 부편향기(209)(제2 편향기)가 각 SF(30)의 기준 위치(A)에서부터 당해 SF(30) 내에 조사되는 빔의 샷 위치(42)에 전자빔(200)을 편향시킨다. 이와 같이, 주편향기(208) 및 부편향기(209)는 사이즈가 상이한 편향 영역을 가진다.

[0103] 도 10은 실시 형태 3에서의 묘화 방법의 주요부 공정을 나타내는 순서도이다. 도 10에서 실시 형태 3에서의 묘화 방법은  $\rho(x)$  연산 공정(S104)과,  $U(x)$  연산 공정(S106)과,  $Dp(x)$  연산 공정(S108)과,  $D(x)$  연산 공정(S110)과, GMC 보정 공정(S111)과, 샷 분할 공정(S112)과, 영향 계수 연산 공정(S113)과,  $Dp'(x)$  연산 공정(S116)과,  $U'(x)$  연산 공정(S115)과,  $Dp''(x)$  연산 공정(S118)과,  $D'(x)$  연산 공정(S121)과,  $t'(x)$  연산 공정(S122)과, 묘화 공정(S124)과 같은 일련의 공정을 실시한다.

[0104] 먼저, SF 메쉬 분할부(60)(제1 메쉬 분할부)는 부편향기(209)의 편향 가능 사이즈( $\Delta_1$ )(제1 메쉬 사이즈)로 시료(101)의 묘화 영역을 메쉬 형상의 복수의 SF(30)(제1 메쉬 영역)로 가상 분할한다. 여기서는, 스트라이프 영역(20)을 메쉬 형상의 복수의 SF(30)로 분할한다.

[0105] 또한, 근접 메쉬 분할부(62)(제2 메쉬 분할부)는 근접 효과를 보정하기 위한 사이즈( $\Delta_2$ )(제2 메쉬 사이즈)로 시료(101)의 묘화 영역을 복수의 근접 메쉬(제2 메쉬 영역)로 가상 분할한다. 예를 들면 근접 메쉬는, 예를 들면 근접 효과의 영향 반경의 1 / 10 정도의 사이즈로 분할되면 적합하다. 예를 들면, 0.5 ~ 2  $\mu m$  정도로 분할되면 적합하다.

[0106]  $\rho(x)$  연산 공정(S104)부터 GMC 보정 공정(S111)까지의 각 공정의 내용은 실시 형태 1 혹은 실시 형태 2와 동일하다. 단, 기억 장치(540)를 기억 장치(140)로 대체한다. 마찬가지로, 기억 장치(544)를 기억 장치(144)로 대체한다. 마찬가지로, 미러(610)를 미러(210)로 대체한다. 마찬가지로, 기억 장치(549)를 기억 장치(149)로 대체한다.

[0107] 샷 분할 공정(S112)으로서, 샷 분할부(64)는 GMC 보정된 묘화 데이터에 대해 복수 단의 데이터 변환 처리를 행하여 묘화 장치(100) 고유의 샷 데이터를 생성한다. 묘화 데이터는 예를 들면, 묘화 대상 칩의 칩 영역이 직사각형 형상으로 가상 분할된 프레임 영역마다 파일 구성되어 있다. 그리고, 샷 분할부(64)는 이러한 프레임 영역마다의 데이터 파일을 순차적으로 판독하여 샷 데이터를 생성한다. 프레임 영역은 묘화를 행할 때의 묘화 단위 영역이 되는 스트라이프 영역에 대응시키면 적합하다. 단, 이에 한정되지 않는다. 예를 들면, 스트라이프 영역이 분할된 영역이어도 된다. 또한, 칩에는 복수의 도형 패턴이 배치되는데, 묘화 장치(100)에서는 1 회의 빔 샷으로 형성 가능한 사이즈가 한정되어 있다. 이 때문에, 데이터 변환 처리 중에 각 도형 패턴은 1 회의 빔 샷으로 형성 가능한 샷 도형으로 분할된다. 그리고, 각 샷 도형의 도형 종류, 사이즈, 위치 등이 샷 데이터로서 생성된다. 샷 데이터는 순차적으로 기억 장치(142)에 저장된다.

[0108] 이어서, 치수가 작은 패턴의 해상성 향상을 위한 조사량의 변조의 영향을 고려한 근접 효과 보정 연산을 행한다. 실시 형태 1과 마찬가지로, 입사 조사량에 영향 계수( $\alpha'(x)$ )(영향 계수의 일례)를 곱한 항과 후방 산란 조사량의 항을 이용한 모델을 이용한다.

[0109] 영향 계수 연산 공정(S113)과,  $U'(x)$  연산 공정(S115)과,  $Dp'(x)$  연산 공정(S116)의 내용은 실시 형태 1과 동일하다. 단, 기억 장치(544)를 기억 장치(144)로 대체한다. 또한 실시 형태 3에서는, 영향 계수( $\alpha'(x)$ )는 GMC 보정에 영향을 받지 않으므로, 영향 계수( $\alpha'(x)$ )는 GMC 보정 전의 위치로 연산한다.

[0110] 이러한 공정에 의해, 치수가 작은 패턴의 해상성 향상을 위한 조사량의 변조의 영향을 고려한 보정 조사 계수( $Dp'(x)$ )(제2 근접 효과 보정 조사 계수)용의 1 차항체의 보정 조사 계수항( $d1'$ )은, 치수가 작은 패턴의 해상성 향상을 위한 조사량의 변조의 영향을 고려한 면적 밀도( $\rho'(x)$ )와 분포 함수를 콘볼루션 적분한 값인 근접 효과 밀도( $U'(x)$ )를 이용하여 연산된다. 또한, 근접 효과 밀도( $U'(x)$ )는 이미 연산된 근접 효과 밀도( $U'$

(x))를 기억 장치(144)로부터 독출하면 된다. 또한, 근접 효과 밀도( $U'(x)$ )는 전술한 GMC 보정을 행하기 전의 도형 패턴의 위치에 기초하고 있다. 근접 효과의 보정 계산은 시료면 상의 위치에 기초하여 계산해야 해서 GMC 보정 후의 위치에 기초하면 설계 위치로부터 이탈되어 있으므로 근접 효과의 보정에 오차가 발생하게 되기 때문이다. 이와 같이, 보정 조사 계수( $Dp'(x)$ )(제2 근접 효과 보정 조사 계수)용의 1 차항제의 보정 조사 계수항( $d_1'$ )은 묘화 데이터가 GMC 보정되기 전의 패턴 데이터로부터 얻어지는 면적 밀도( $\rho'(x)$ )를 이용하여 연산된다. 즉, GMC 보정되기 전의 패턴 데이터로부터 얻어지는 면적 밀도( $\rho(x)$ )가 이용된다.

[0111]  $Dp''(x)$  연산 공정(S118)의 내용은 실시 형태 1과 동일하다. 실시 형태 3에서는, 실시 형태 1과 마찬가지로 치수가 작은 패턴의 해상성 향상을 위한 조사량의 변조의 영향을 가장 많이 받는 1 차항제의 보정 조사 계수항( $d_1'$ )만을 연산하고, 이미 연산 완료된 보정 조사 계수( $Dp(x)$ )의 1 차항제의 보정 조사 계수항( $d_1$ )과 교체함으로써 큰 폭으로 연산 시간을 단축시킬 수 있다. 또한, 이러한 교체에 의해 얻어진 보정 조사 계수( $Dp''(x)$ )는 치수가 작은 패턴의 해상성 향상을 위한 조사량의 변조의 영향을 가장 많이 받는 1 차항제의 보정 조사 계수항( $d_1'$ )이 포함되므로, 치수가 작은 패턴의 해상성 향상을 위한 조사량의 변조의 영향을 고려한 근접 효과 보정이 가능해진다.

[0112] 또한 전술한 바와 같이, 보정 조사 계수( $Dp'(x)$ )용의 연산되는 보정 조사 계수항은 1 차항제에 한정되지 않는다. 2 차 이후의 보정 조사 계수항을 연산한 경우에는, 보정 조사 계수( $Dp(x)$ )(제1 근접 효과 보정 조사 계수)용의 1 차항제부터 n 차항제까지의 각 차항의 보정 조사 계수항 중 보정 조사 계수( $Dp'(x)$ )의 보정 조사 계수항과 동차항제의 보정 조사 계수항을 교체하면 된다. 1 차항제의 보정 조사 계수항을 교체하는 경우보다 연산 시간은 길어지지만, 근접 효과 보정의 보정 잔차를 줄일 수 있다.

[0113]  $D'(x)$  연산 공정(S121)으로서,  $D'$  연산부(84)는 GMC 보정된 샷 도형마다 보정 조사 계수( $Dp''(x)$ )(제3 근접 효과 보정 조사 계수)를 이용하여 조사량을 연산한다. 구체적으로는, 얻어진 보정 조사 계수( $Dp''(x)$ )에 기준 조사량( $D_0$ )과  $1 / (2\alpha'(x))$ 을 곱하여 조사량( $D'(x)$ )을 연산한다.

[0114]  $t'(x)$  연산 공정(S122)으로서,  $t'$  연산부(85)는 샷 도형마다 조사 시간( $t'(x)$ )을 연산한다. 조사 시간( $t'(x)$ )은 조사량( $D'(x)$ )을 전류 밀도(J)로 나눔으로써 구할 수 있다. 얻어진 조사 시간( $t'(x)$ )은 샷 도형마다 샷 데이터에 추가 정의된다.

[0115] 묘화 공정(S124)으로서, 묘화 제어부(86)는 편향 제어 회로(120) 등을 거쳐 묘화부(150)를 제어하여 묘화 처리를 개시한다. 묘화부(150)는 연산된 조사량( $D'(x)$ )(조사 시간( $t'(x)$ ))에 기초해 전자빔(200)을 이용하여 시료(101)에 패턴을 묘화한다. 구체적으로는, 이하와 같이 동작한다. 편향 제어 회로(120)는 기억 장치(142)에 저장된 샷 데이터로부터 조사 시간을 취득한다. 그리고, 편향 제어 회로(120)는 샷마다의 조사 시간을 제어하는 디지털 신호를 DAC 앰프 유닛(130)에 출력한다. 그리고, DAC 앰프 유닛(130)은 디지털 신호를 아날로그 신호로 변환하여 증폭시킨 후에 편향 전압으로서 블랭킹 편향기(212)에 인가한다.

[0116] 전자총(201)(방출부)으로부터 방출된 전자빔(200)은, 블랭킹 편향기(212) 내를 통과할 때에 블랭킹 편향기(212)에 의해 빔 ON의 상태에서는 블랭킹 애퍼처(214)를 통과하도록 제어되고, 빔 OFF의 상태에서는 빔 전체가 블랭킹 애퍼처(214)로 차폐되도록 편향된다. 빔 OFF의 상태에서 빔 ON이 되고, 그 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 ON의 상태와 빔 OFF의 상태를 교호로 생성한다. 예를 들면, 빔 ON의 상태에서는 전압을 인가하지 않고, 빔 OFF 시에 블랭킹 편향기(212)에 전압을 인가하면 된다. 이러한 각 샷의 조사 시간으로 시료(101)에 조사되는 전자빔(200)의 샷 당의 조사량이 조정되게 된다.

[0117] 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 제1 성형 애퍼처(203) 전체를 조명한다. 여기서, 전자빔(200)을 먼저 직사각형으로 성형한다. 그리고, 제1 성형 애퍼처(203)를 통과한 제1 애퍼처상의 전자빔(200)은 투영 렌즈(204)에 의해 제2 성형 애퍼처(206) 상에 투영된다. 편향기(205)에 의해 이러한 제2 성형 애퍼처(206) 상에서의 제1 애퍼처상은 편향 제어되어, 빔 형상과 치수를 변화시킬(가변 성형을 행할) 수 있다. 이러한 가변 성형은 샷마다 행해지며, 통상적으로 샷마다 상이한 빔 형상과 치수로 성형된다. 그리고, 제2 성형 애퍼처(206)를 통과한 제2 애퍼처상의 전자빔(200)은 대물 렌즈(207)에 의해 초점을 맞추어 주편향기(208) 및 부편향기(209)에 의해 편향되고, 연속적으로 이동하는 XY 스테이지(105)에 배치된 시료(101)의 원하는 위치에 조사된다. 이상과 같이, 각 편향기에 의해 전자빔(200)의 복수의 샷이 차례로 기관이 되는 시료(101) 상으로 편향된다.



- [0118] 도 11은 실시 형태 3의 비교예가 되는 조건으로 평가 패턴을 묘화한 경우의 치수 오차 결과의 일례를 나타내는 도면이다.
- [0119] 도 12는 실시 형태 3의 조건으로 평가 패턴을 묘화한 경우의 치수 오차 결과의 일례를 나타내는 도면이다. 도 11 및 도 12에서 세로축에 치수 오차량( $\Delta CD$ )을 나타내고, 가로축에 평가 패턴의 위치( $x$ )를 나타내고 있다.
- [0120] 실시 형태 3의 비교예에서는, 미지의 보정 조사 계수( $Dp'(x)$ )를 구하기 위해 1 차항째부터  $n$  차항째( $n$ 은 1 이상의 정수)까지의 반복 연산을 실시하고, 1 차항째부터  $n$  차항째까지의 보정 조사 계수항을 가산함으로써 보정 조사 계수( $Dp'(x)$ )를 연산하였다(PEC 모드 1). 도 11에서는 이러한 보정 조사 계수( $Dp'(x)$ )를 이용해 조사량을 연산하여 평가 패턴을 묘화한 경우의 치수 오차 결과를 나타내고 있다.
- [0121] 이에 반해, 실시 형태 3에서는 미지의 보정 조사 계수( $Dp'(x)$ )를 구하기 위한 1 차항째의 보정 조사 계수항( $d_1'$ )만을 연산하고, 이미 연산 완료된 보정 조사 계수( $Dp(x)$ )의 1 차항째의 보정 조사 계수항( $d_1$ )과 교체하여 보정 조사 계수( $Dp''(x)$ )를 구하였다(PEC 모드 2). 도 12에서는 이러한 실시 형태 3의 보정 조사 계수( $Dp''(x)$ )를 이용해 조사량을 연산하여 평가 패턴을 묘화한 경우의 치수 오차 결과를 나타내고 있다. 도 11과 도 12를 비교하면, 각 위치( $x$ )에서의 치수 오차량( $\Delta CD$ )에 큰 차이는 없으며 양호하게 보정되어 있다는 것을 알 수 있다.
- [0122] 이상과 같이, 실시 형태 3에 따르면 보정 계산 속도가 묘화 속도에 뒤처지지 않도록 연산 시간을 큰 폭으로 단축시킬 수 있다. 또한, 근접 효과의 보정 잔차를 억제하면서 효율적으로 치수가 작은 패턴의 해상성을 향상시킬 수 있다. 따라서, 정밀도 높은 치수로 패턴을 묘화할 수 있다.
- [0123] 또한, 전술한 예에서는 GMC 보정을 행하고 있으나, 이에 한정되지 않는다. GMC 보정을 행하지 않는 경우라도 상관없다.
- [0124] 또한, 전술한 예에서는 도처의 영향을 고려한 보정 조사 계수( $Dp'(x)$ )를 구하기 위한 1 차항째의 보정 조사 계수항( $d_1'$ )을 연산할 때, 면적 밀도( $\rho$ )와 분포 함수( $g$ )를 콘볼루션 적분한 근접 효과 밀도( $U(x)$ )를 이용하였으나, 이에 한정되지 않는다. 실시 형태 2와 마찬가지로 면적 밀도를 이용하여 콘볼루션 적분하지 않고 연산해도 적합하다.
- [0125] 도 13은 실시 형태 3의 조건으로 평가 패턴을 묘화한 경우의 치수 오차 결과의 일례를 나타내는 도면이다. 평가 패턴은 도 5와 동일하다. 도 13에서 세로축에 치수 오차량( $\Delta CD$ )을 나타내고, 가로축에 평가 패턴의 위치( $x$ )를 나타내고 있다. 실시 형태 3에서는, 미지의 보정 조사 계수( $Dp'(x)$ )를 구하기 위한 1 차항째의 보정 조사 계수항( $d_1'$ )만을 연산할 때, 콘볼루션 적분하지 않은 값인 면적 밀도( $\rho(x)$ )를 이용한다. 그 외에는 실시 형태 2(PEC 모드 2)와 동일하다. 이러한 내용으로 보정 조사 계수( $Dp''(x)$ )를 구하였다(PEC 모드 3). 도 13에서는 이러한 실시 형태 3의 보정 조사 계수( $Dp''(x)$ )를 이용해 조사량을 연산하여 평가 패턴을 묘화한 경우의 치수 오차 결과를 나타내고 있다. 도 13을 도 11 및 도 12와 비교하면, PEC 모드 3에서는 라인 앤드 스페이스 패턴과 면 패턴이 연결되는 위치 및 평가 패턴의 단부 부근에서는 정밀도가 열화되지만, 라인 앤드 스페이스 패턴의 중앙부 및 면 패턴의 중앙부에서는 각 위치( $x$ )에서의 치수 오차량( $\Delta CD$ )에 큰 차이는 없으며 양호하게 보정되어 있다는 것을 알 수 있다.
- [0126] 또한, 실시 형태 3에서는 도처의 영향을 고려한 보정 조사 계수( $Dp'(x)$ )(제2 근접 효과 보정 조사 계수)의 1 차항째의 보정 조사 계수항( $d_1'$ )을 연산하였으나, 이에 한정되지 않는다. 도처의 영향을 고려한 보정 조사 계수( $Dp'(x)$ )(제2 근접 효과 보정 조사 계수)의  $k$  차항째까지의 보정 조사 계수항을 연산하면 된다. 또한,  $k$ 는 1부터  $n$ 까지의 정수 중 하나를 나타낸다. 또한 실시 형태 1에서 전술한 바와 같이,  $k = 1$ 이 가장 바람직하지만,  $k$ 는 1에 한정되지 않으며 2 이상이어도 상관없다. 단,  $k$ 를 2 차 이상의 고차로 설정하는 경우에는,  $k$  차항째까지의 계산이 필요해진다.
- [0127] 이상, 구체예를 참조하여 실시 형태에 대해 설명하였다. 그러나, 본 발명은 이들 구체예에 한정되지 않는다. 예를 들면, 전술한 실시 형태 1에서는 멀티빔을 이용한 경우를 설명하였으나, 싱글빔에 의한 래스터 방식의 묘화 장치에서도 동일하게 적용시킬 수 있다. 또한, 도처의 영향으로서 패턴의 엣지 / 코너 보정에 따른 조사량 변조와 치수가 작은 패턴의 해상성 향상을 위한 조사량 변조를 들고 있으나, 이에 한정되지 않는다. 예를 들면, 레지스트 히팅 보정 등 근접 효과와는 상이한 치수 변동에 기인하는 영향을 보정하기 위한 조사량 변조가 포함된다. 또한, 보정 조사 계수를 연산하는 방법으로서 도형 패턴의 면적 밀도를 이용하는 경우를 들고 있으나, 이에 한정되지 않는다. 예를 들면, 면적 밀도에 조사량의 가중치를 곱한 조사량 밀도를 이용하여 보정 조사 계수를 연산하는 경우에도 적용할 수 있다.

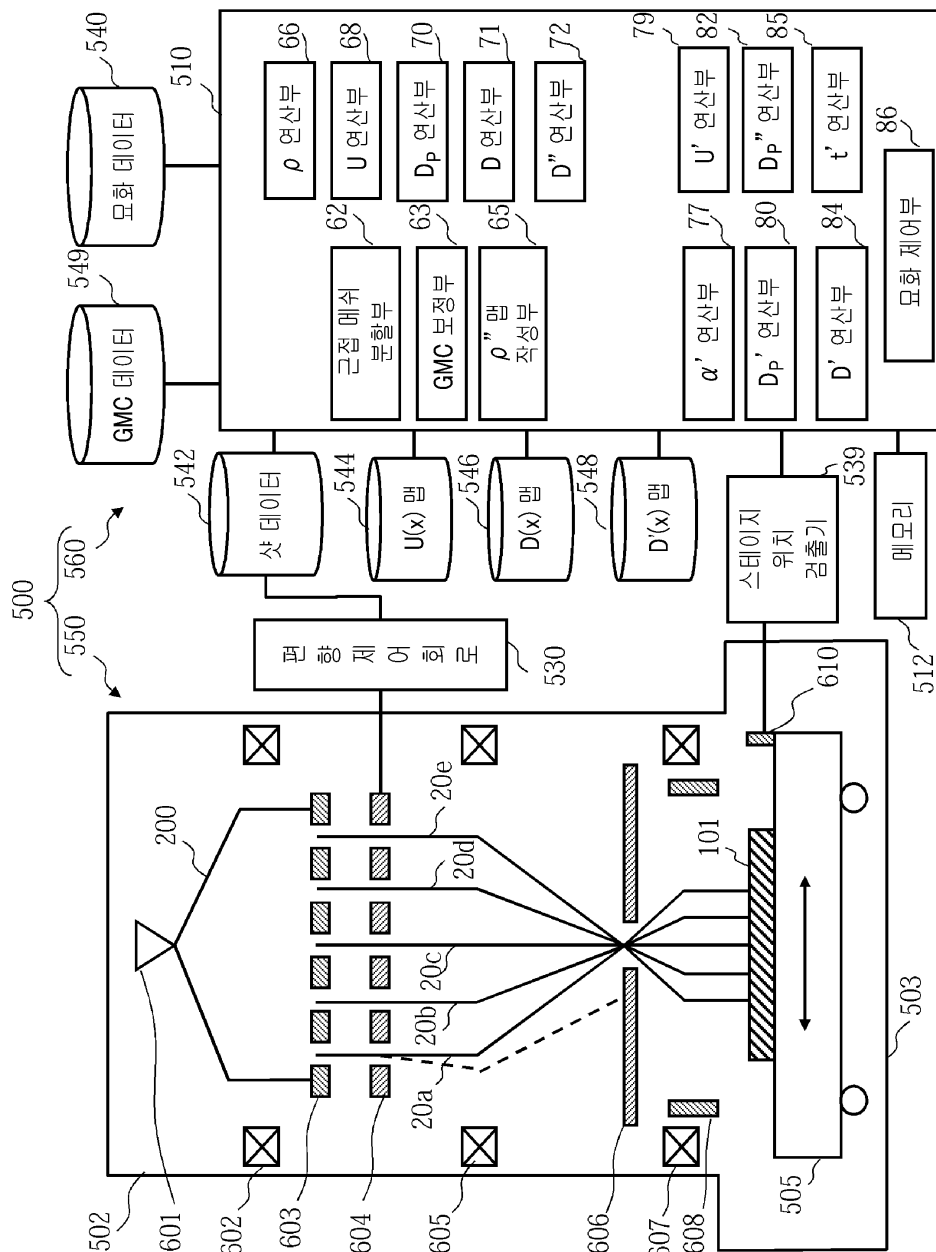
[0128] 또한, 장치 구성 또는 제어 방법 등 본 발명의 설명에 직접 필요하지 않은 부분 등에 대해서는 기재 생략하였으나, 필요한 장치 구성 또는 제어 방법을 적절히 선택하여 이용할 수 있다. 예를 들면, 묘화 장치(100)를 제어하는 제어부 구성에 대해서는 기재를 생략하였으나, 필요한 제어부 구성을 적절히 선택하여 이용하는 것은 말할 필요도 없다.

[0129] 그 외에 본 발명의 요소를 구비하며 당업자가 적절히 설계 변경할 수 있는 모든 하전 입자빔 묘화 장치 및 방법, 그리고 하전 입자빔의 조사량 변조 계수의 취득 방법은 본 발명의 범위에 포함된다.

[0130] 본 발명의 몇 개의 실시 형태를 설명하였으나, 이들 실시 형태는 예로서 제시한 것이며, 발명의 범위를 한정하는 것은 의도하고 있지 않다. 이들 신규 실시 형태는 그 외의 다양한 형태로 실시되는 것이 가능하며, 발명의 요지를 일탈하지 않는 범위에서 다양한 생략, 치환, 변경을 행할 수 있다. 이들 실시 형태 또는 그 변형은 발명의 범위 또는 요지에 포함되고, 또한 특허 청구의 범위에 기재된 발명과 그 균등 범위에 포함된다.

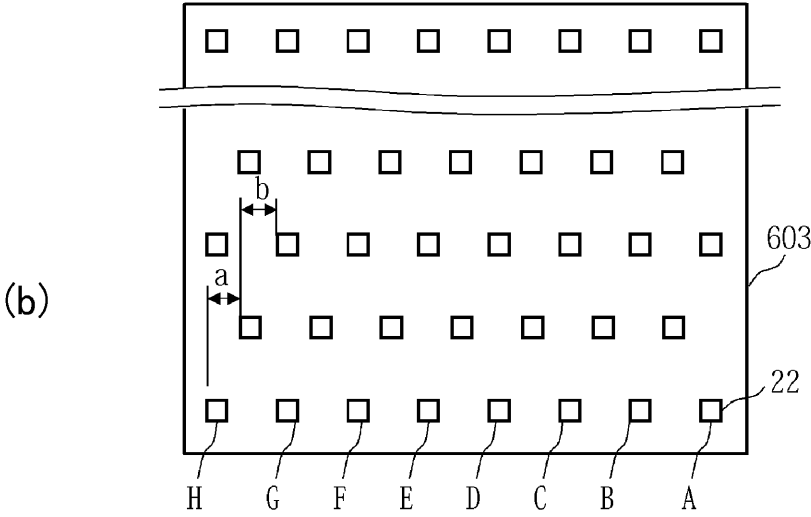
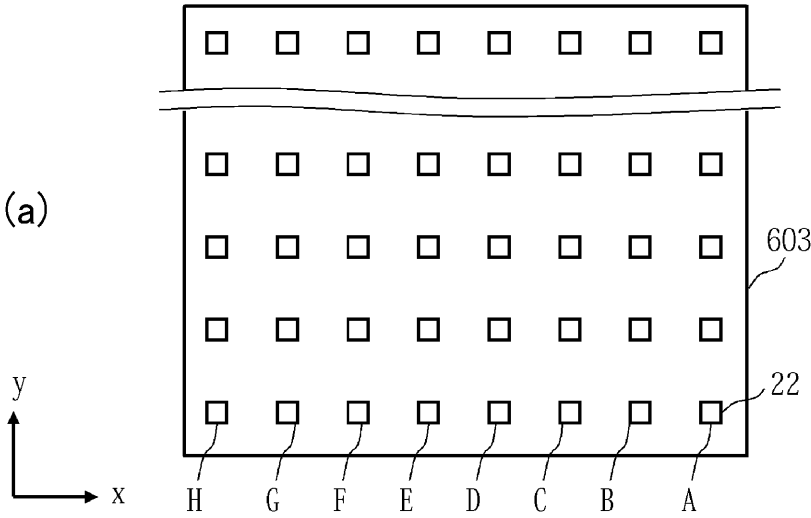
도면

도면1

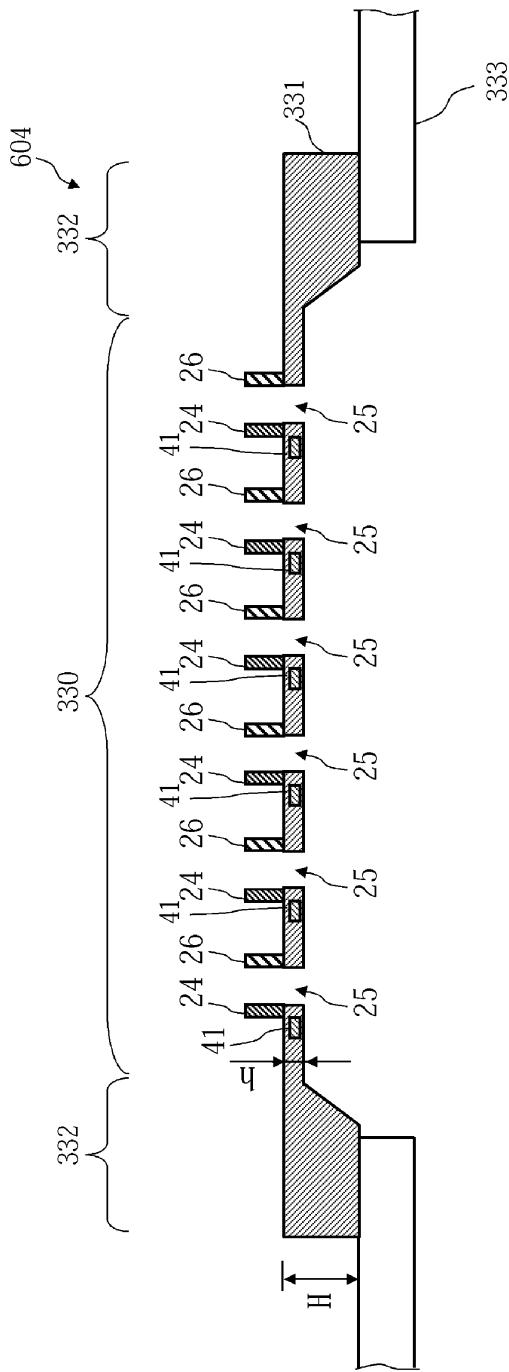




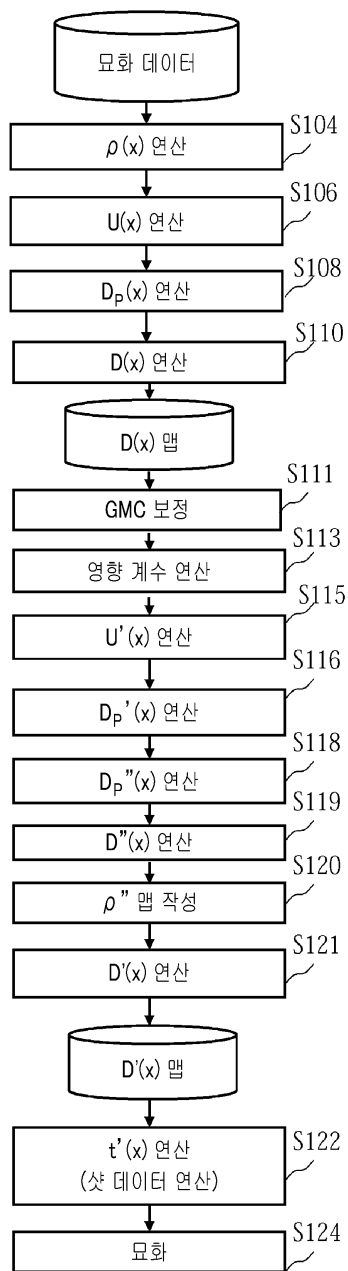
도면2



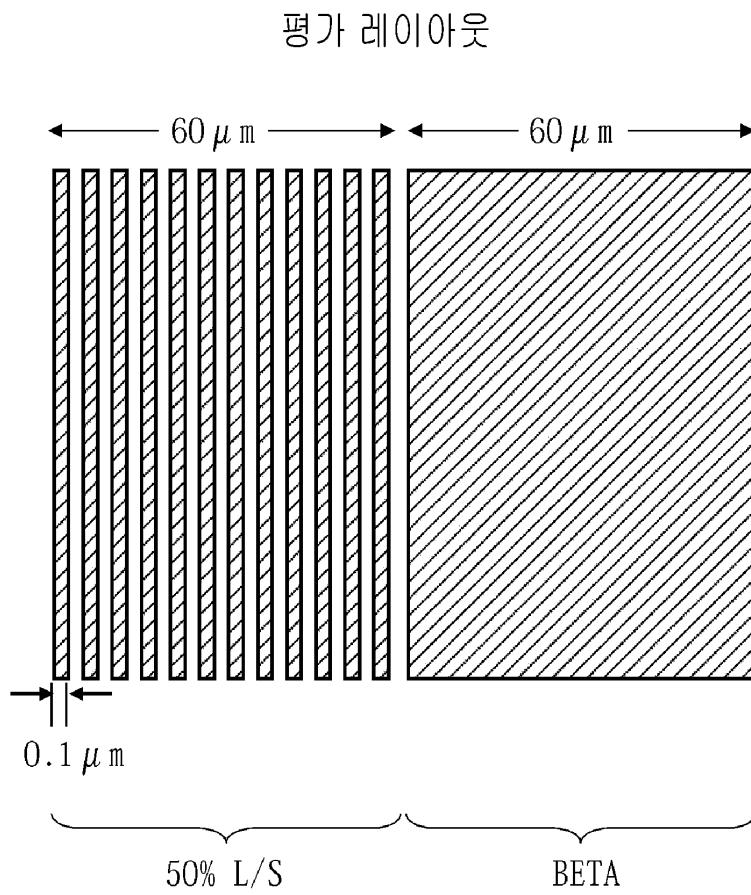
도면3



도면4

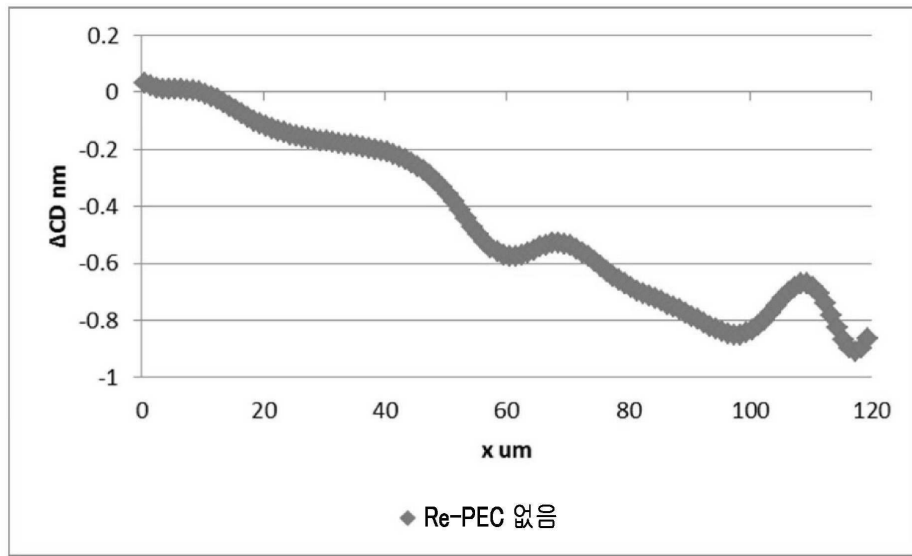


도면5

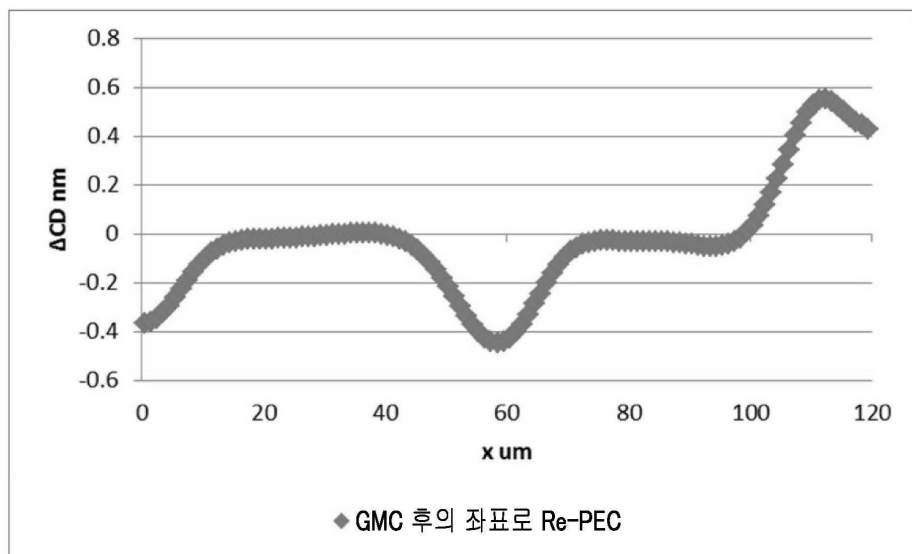


도면6

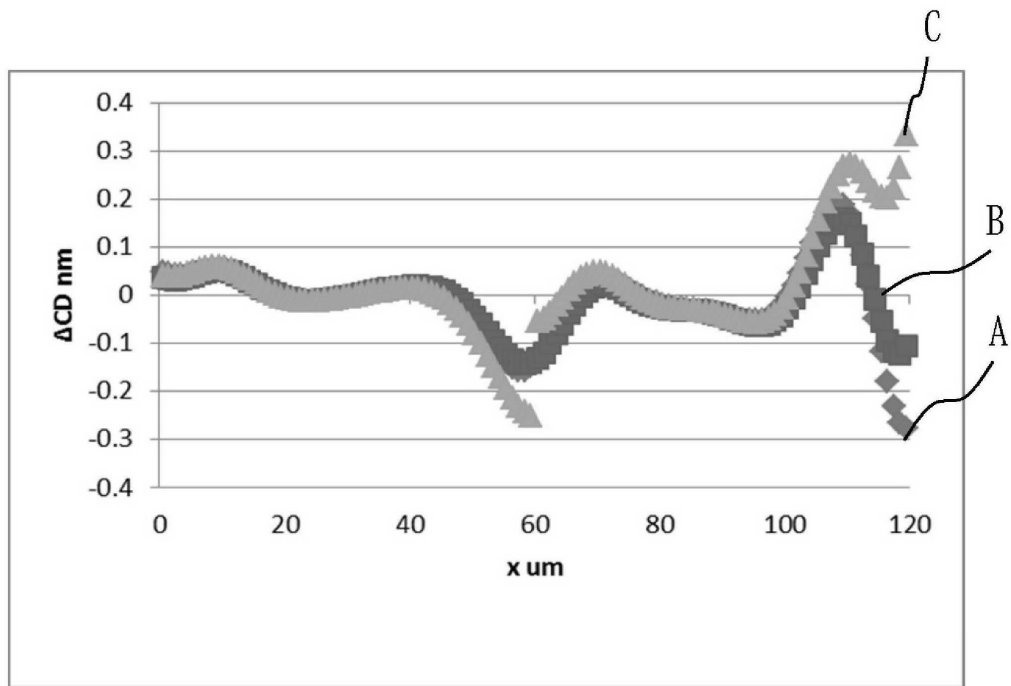
(a)



(b)

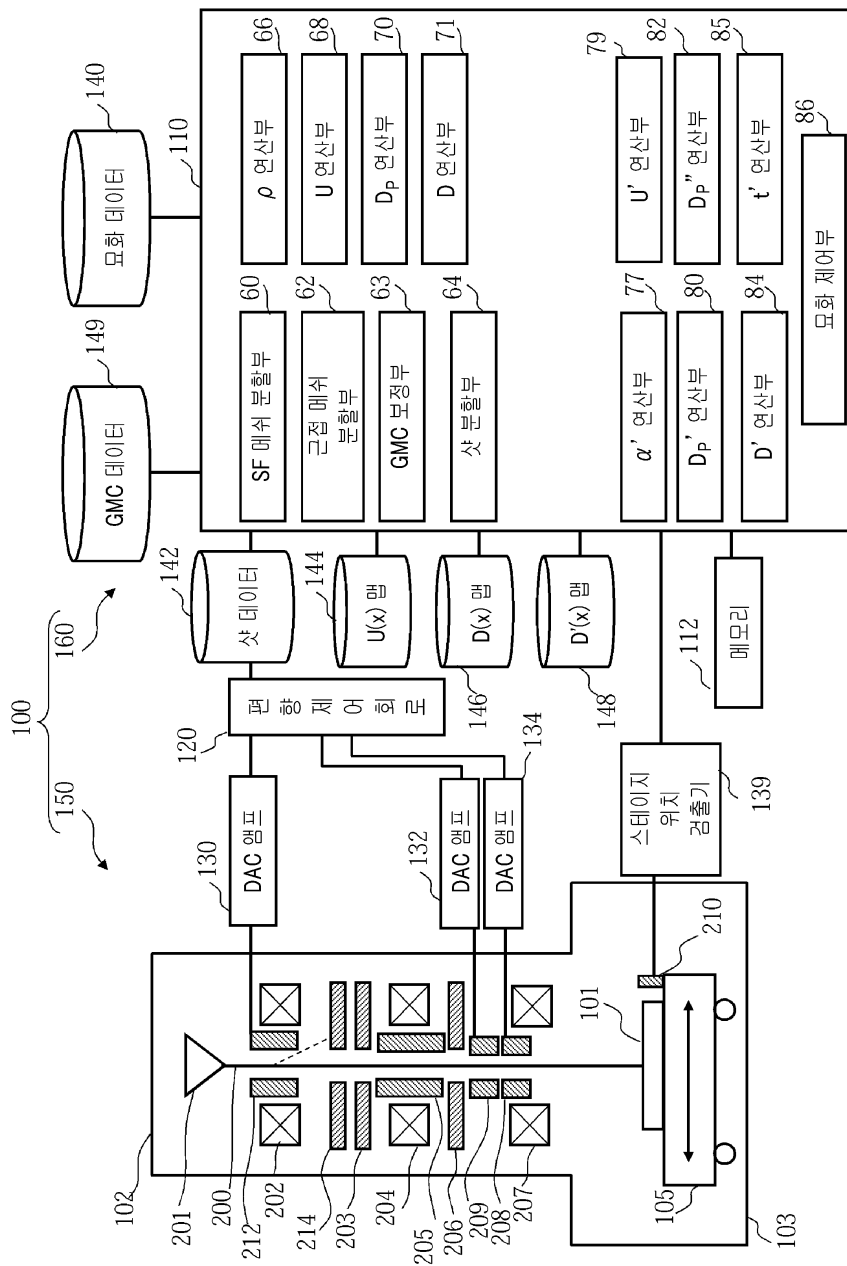


도면7

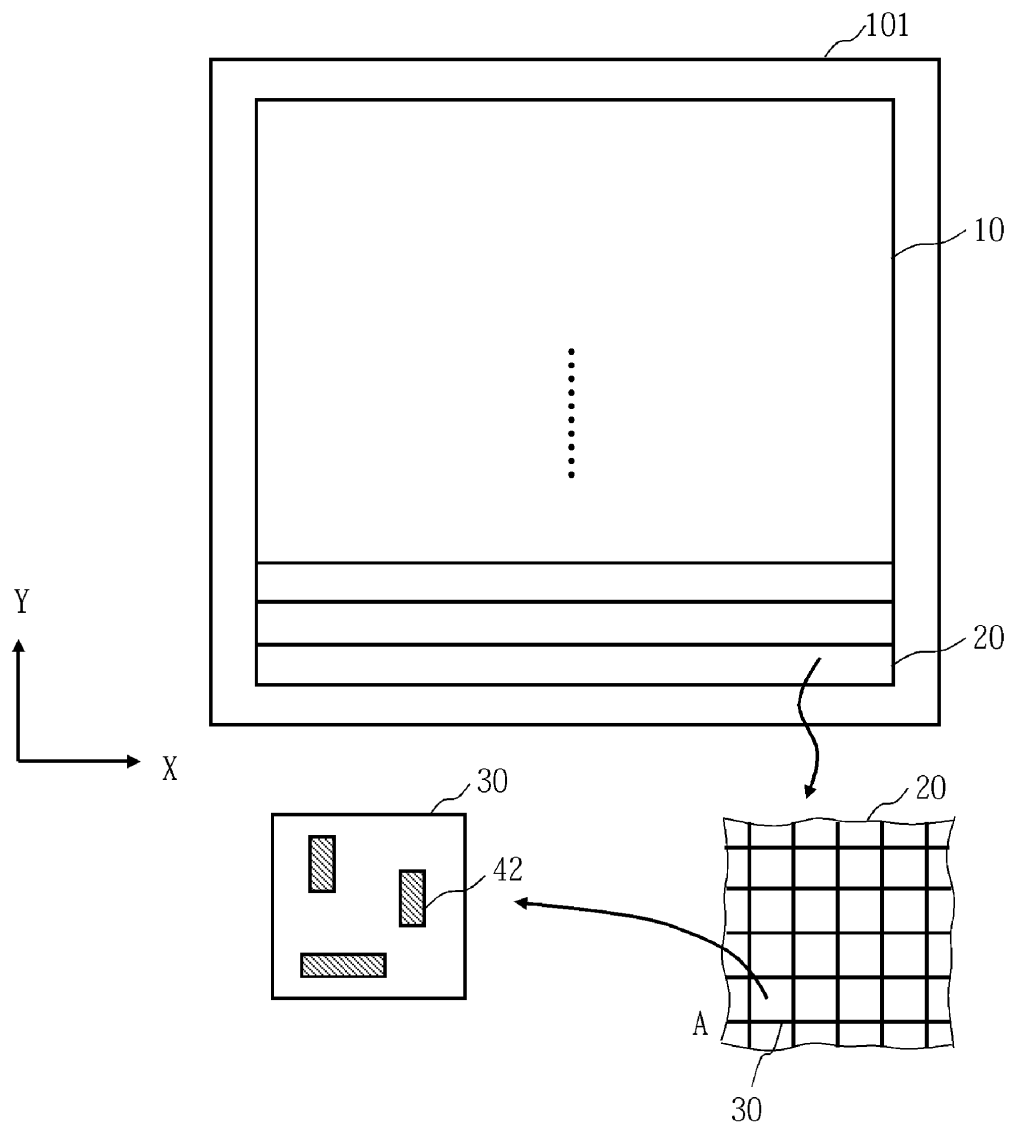




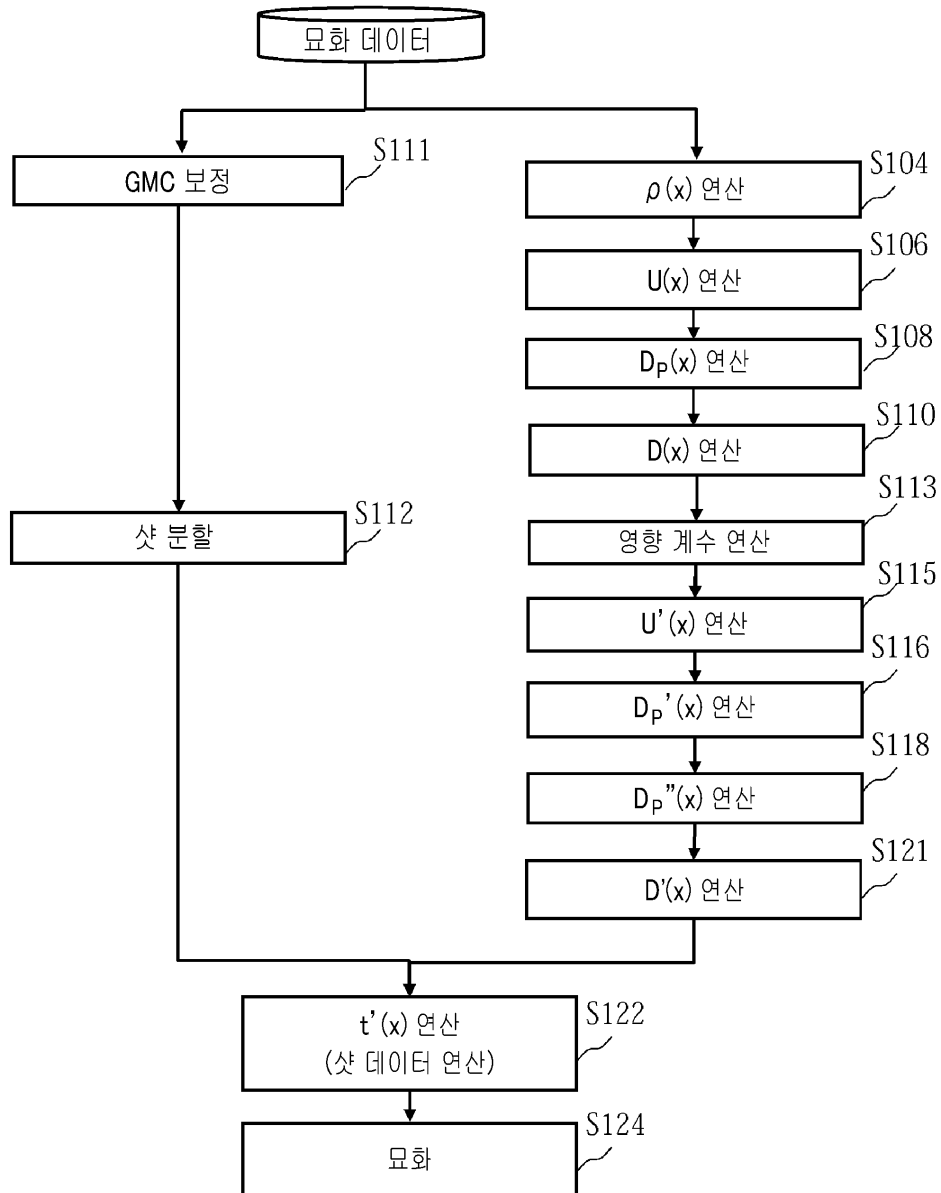
도면8



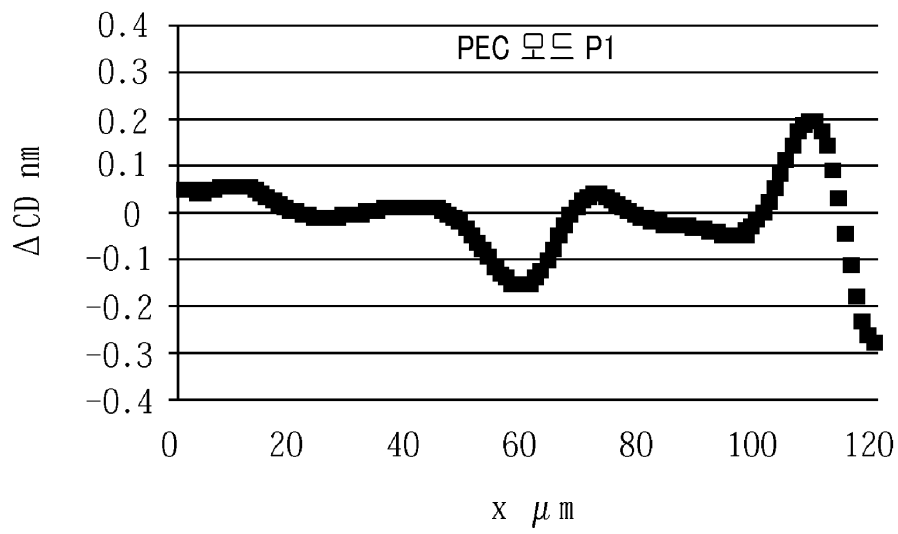
도면9



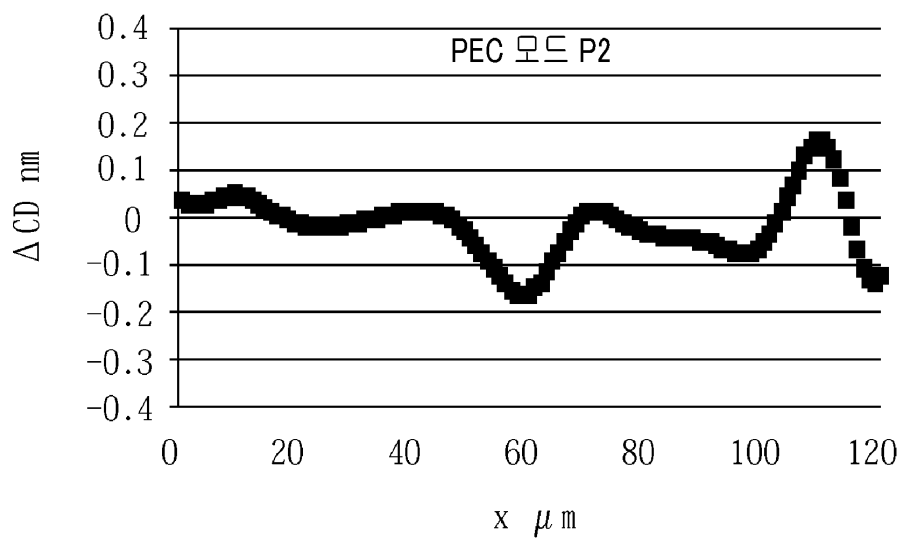
도면10



도면11



도면12



도면13

