



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2021년04월12일
(11) 등록번호 10-2239098
(24) 등록일자 2021년04월06일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G03F 7/20 (2006.01)
- (52) CPC특허분류
G03F 7/2059 (2013.01)
G03F 7/70275 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2018-0035068
- (22) 출원일자 2018년03월27일
심사청구일자 2018년03월27일
- (65) 공개번호 10-2018-0111579
- (43) 공개일자 2018년10월11일
- (30) 우선권주장
JP-P-2017-067617 2017년03월30일 일본(JP)
- (56) 선행기술조사문헌
KR1020130106298 A*
KR1020150119808 A*
KR1020160009509 A*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

- (73) 특허권자
가부시키키가이샤 뉴플래어 테크놀로지
일본국 카나가와켄 요코하마시 이소고쿠 신스기타
쵸 8-1
- (72) 발명자
오가사와라 무네히로
일본 카나가와켄 요코하마시 이소고쿠 신스기타쵸
8-1 가부시키키가이샤 뉴플래어 테크놀로지 내
- (74) 대리인
장수길, 박충범

전체 청구항 수 : 총 10 항

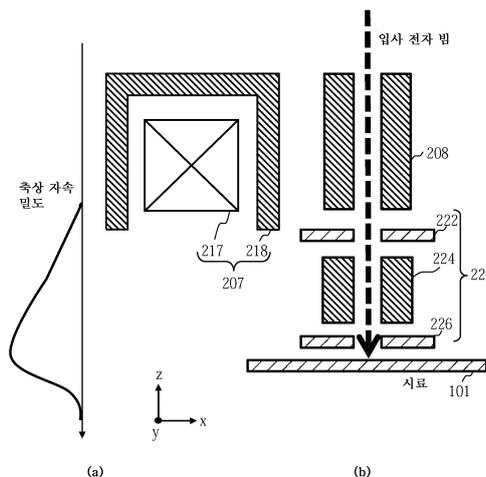
심사관 : 박종민

(54) 발명의 명칭 전자 빔 조사 장치 및 전자 빔의 다이내믹 포커스 조정 방법

(57) 요약

본 발명의 일 형태의 전자 빔 조사 장치는, 전자 빔의 광축을 따라 편향기보다도 하류측이며 대물 렌즈의 자장 중에 배치되고, 정의 제1 전위가 가변으로 인가되는 환형의 제1 전극과, 대물 렌즈의 자장 중이며, 편향기와 제1 전극 사이에 배치되고, 제1 전위보다도 높은 정의 제2 전위가 인가되는 환형의 제2 전극과, 대물 렌즈의 자장 중이며, 제1 전극에 대해 제2 전극과는 반대측에 배치되고, 제1 전위보다도 낮은 제3 전위가 인가되는 환형의 제3 전극을 구비한 것을 특징으로 한다.

대표도 - 도3



(52) CPC특허분류
G03F 7/70641 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

전자 빔을 방출하는 방출원과,
 상기 전자 빔을 시료면 위의 원하는 위치로 편향시키는 편향기와,
 상기 전자 빔을 시료면 위에 결상하는 대물 렌즈와,
 상기 전자 빔의 광축을 따라 상기 편향기보다도 하류측이며 상기 대물 렌즈의 자장 중에 배치되고, 중심부에 상기 전자 빔이 통과하는 제1 개구부가 형성된, 정의 제1 전위가 가변으로 인가되는 환형의 제1 전극과,
 상기 대물 렌즈의 자장 중이며, 상기 편향기와 상기 제1 전극 사이에 배치되고, 중심부에 상기 전자 빔이 통과하는 제2 개구부가 형성된, 상기 제1 전위보다도 높은 정의 제2 전위가 인가되는 환형의 제2 전극과,
 상기 대물 렌즈의 자장 중이며, 상기 제1 전극에 대해 상기 제2 전극과는 반대측에 배치되고, 중심부에 상기 전자 빔이 통과하는 제3 개구부가 형성된, 상기 제1 전위보다도 낮은 제3 전위가 인가되는 환형의 제3 전극,
 을 구비한 전자 빔 조사 장치.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 편향기와 상기 제2 전극 사이에 배치되고, 부의 전위가 인가되는 환형의 제4 전극을 더 구비한 것을 특징으로 하는 전자 빔 조사 장치.

청구항 3

제1항에 있어서, 상기 제2 전극은, 상기 제1 전극보다도 중심축 위의 자속 밀도가 낮은 위치의 상기 대물 렌즈의 자장 중에 배치되는 것을 특징으로 하는 전자 빔 조사 장치.

청구항 4

제1항에 있어서, 상기 제2 전극의 이면측에 오존을 공급하는 공급구를 더 구비한 것을 특징으로 하는 전자 빔 조사 장치.

청구항 5

제1항에 있어서, 상기 제1 전극의 전위는, 상기 제2 전극의 전위보다도 낮은 범위에서 가변으로 제어되는 것을 특징으로 하는 전자 빔 조사 장치.

청구항 6

제2항에 있어서, 상기 제2 전극은, 상기 제1 전극측을 향하여 끝이 가늘어지는 외주 형상으로 형성되는 것을 특징으로 하는 전자 빔 조사 장치.

청구항 7

제1항에 있어서, 상기 제2 전극은, 상기 제1 전극측의 부분의 형상이 하니컴 구조로 형성되는 것을 특징으로 하는 전자 빔 조사 장치.

청구항 8

제1항에 있어서, 상기 제2 전극은, 상기 제1 전극측의 부분의 형상이 코리케이트 구조로 형성되는 것을 특징으로 하는 전자 빔 조사 장치.

청구항 9

제1항에 있어서, 상기 제1과 제2 전극은, 카본제를 사용하여 형성되는 것을 특징으로 하는 전자 빔 조사 장치.

청구항 10

대물 렌즈에 의해 시료면 위에 전자 빔의 초점이 맞춰져 있는 상태에서, 제1단계와 제2단계와 제3단계의 환형의 다단 전극을 사용하여, 상기 제2단계의 전극에 인가하는 정의 제1 전위를 가변으로 하고, 상기 제1단계의 전극에 인가하는 제2 전위와 상기 제3단계의 전극에 인가하는 제3 전위를 고정으로 해서, 상기 시료면의 요철에 따라 다이내믹하게 상기 전자 빔의 초점을 조정하고,

상기 제1단계의 전극에 인가하는 상기 제2 전위를 상기 제1 전위보다도 높은 정의 전위로 하여, 상기 제2단계의 전극의 광축측에 부유하는 저에너지 성분의 전자를 상기 제1단계의 전극측으로 배제하는 전자 빔의 다이내믹 포커스 조정 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 전자 빔 조사 장치 및 전자 빔의 다이내믹 포커스 조정 방법에 관한 것이고, 예를 들어 전자 빔 묘화 장치에 있어서의 다이내믹 포커스 조정 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 근년, LSI의 고집적화에 수반하여, 반도체 디바이스의 회로 선폭은 더 미세화되고 있다. 이들 반도체 디바이스에 회로 패턴을 형성하기 위한 노광용 마스크(레티클이라고도 함)를 형성하는 방법으로서, 뛰어난 해상성을 갖는 전자 빔(EB: Electron beam) 묘화 기술이 사용된다.

[0003] 도 11은, 가변 성형형 전자선 묘화 장치의 동작을 설명하기 위한 개념도이다. 가변 성형형 전자선 묘화 장치는, 이하와 같이 동작한다. 제1 애퍼처(410)에는, 전자선(330)을 성형하기 위한 직사각형 개구(411)가 형성되어 있다. 또한, 제2 애퍼처(420)에는, 제1 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 조사되어, 제1 애퍼처(410)의 개구(411)를 통과한 전자선(330)은, 편향기에 의해 편향되고, 제2 애퍼처(420)의 가변 성형 개구(421)의 일부를 통과하고, 소정의 한 방향(예를 들어, X 방향으로 함)으로 연속적으로 이동하는 스테이지 위에 탑재된 시료(340)에 조사된다. 즉, 제1 애퍼처(410)의 개구(411)와 제2 애퍼처(420)의 가변 성형 개구(421)의 양쪽을 통과할 수 있는 직사각형 형상이, X 방향으로 연속적으로 이동하는 스테이지 위에 탑재된 시료(340)의 묘화 영역에 묘화된다. 제1 애퍼처(410)의 개구(411)와 제2 애퍼처(420)의 가변 성형 개구(421)의 양쪽을 통과시키고, 임의 형상을 제작하는 방식을 가변 성형 방식(VSB 방식)이라고 한다.

[0004] 전자 빔 묘화 장치에서는, 대물 렌즈에 의해 맞춘 초점 위치를 시료면의 요철에 따라 다이내믹하게 조정하는 다이내믹 포커스 조정이 행하여진다. 이러한 다이내믹 포커스 조정은 응답성이 높은 예를 들어 정전 렌즈를 사용하여 행하여진다. 정전 렌즈로서, 환형의 3단 전극이 사용되고, 상하의 전극에 접지 전위가 인가되고, 2단계의 전극에 인가하는 예를 들어 정의 전위를 가변으로 조정함으로써, 다이내믹 포커스 조정이 행하여진다(예를 들어, 일본 특허 공개 공보 제2013-191841호 참조).

[0005] 시료면으로부터 반사된 반사 전자 등을 시료면으로 되돌리지 않도록 할 수 있는 점에서, 정전 렌즈의 2단계의 전극에 정의 전위를 인가하는 다이내믹 포커스 조정 방법이 검토되고 있다. 그러나, 대물 렌즈에 의한 자장의 강도가 커짐에 따라, 정전 렌즈의 중앙부의 공간에 전자가 가두어지고, 부의 공간 전위가 형성되어, 전자 빔의 궤도에 영향을 준다고 하는 문제가 발생되어 왔다. 이러한 문제는, 묘화 장치에 한정되는 것은 아니고, 전자 빔을 조사하는 장치에 대해 동일한 문제가 생길 수 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 본 발명의 일 형태는, 전자 빔의 궤도에 영향을 주는 부의 공간 전위가 형성되지 않도록 하면서 다이내믹 포커스 조정이 가능한 전자 빔 조사 장치 및 전자 빔의 다이내믹 포커스 조정 방법을 제공한다.

[0007] 본 발명의 일 형태의 전자 빔 조사 장치는,

- [0008] 전자 빔을 방출하는 방출원과,
- [0009] 전자 빔을 시료면 위의 원하는 위치로 편향시키는 편향기와,
- [0010] 전자 빔을 시료면 위에 결상하는 대물 렌즈와,
- [0011] 전자 빔의 광축을 따라 편향기보다도 하류측이며 대물 렌즈의 자장 중에 배치되고, 중심부에 전자 빔이 통과하는 제1 개구부가 형성된, 정의 제1 전위가 가변으로 인가되는 환형의 제1 전극과,
- [0012] 대물 렌즈의 자장 중이며, 편향기와 제1 전극 사이에 배치되고, 중심부에 전자 빔이 통과하는 제2 개구부가 형성된, 제1 전위보다도 높은 정의 제2 전위가 인가되는 환형의 제2 전극과,
- [0013] 대물 렌즈의 자장 중이며, 제1 전극에 대해 제2 전극과는 반대측에 배치되고, 중심부에 전자 빔이 통과하는 제3 개구부가 형성된, 제1 전위보다도 낮은 제3 전위가 인가되는 환형의 제3 전극,
- [0014] 을 구비한 것을 특징으로 한다.
- [0015] 본 발명의 일 형태의 전자 빔 다이내믹 포커스 조정 방법은,
- [0016] 대물 렌즈에 의해 시료 면 위에 전자 빔의 초점이 맞춰져 있는 상태에서, 제1단계와 제2단계와 제3단계의 환형의 다단 전극을 사용하여, 제2단계의 전극에 인가하는 정의 제1 전위를 가변으로 하고, 제1단계의 전극에 인가하는 제2 전위와 제3단계의 전극에 인가하는 제3 전위를 고정으로 해서, 시료면의 요철에 따라 다이내믹하게 전자 빔의 초점을 조정하고,
- [0017] 제1단계의 전극에 인가하는 제2 전위를 제1 전위보다도 높은 정의 전위로 하여, 제2단계의 전극의 광축측에 부유하는 저에너지 성분의 전자를 제1단계의 전극측으로 배제하는 것을 특징으로 한다.

도면의 간단한 설명

- [0018] 도 1은, 실시 형태 1에 있어서 묘화 장치의 구성을 나타내는 개념도이다.
- 도 2는, 실시 형태 1에 있어서의 각 영역을 설명하기 위한 개념도이다.
- 도 3의 (a)와 도 3의 (b)는, 실시 형태 1에 있어서의 대물 렌즈 부근의 배치 구성 및 자장의 일례를 나타내는 도면이다.
- 도 4는, 실시 형태 1의 비교예에 있어서의 대물 렌즈의 자장 내의 상태의 일례를 나타내는 도면이다.
- 도 5는, 실시 형태 1의 비교예에 있어서의 대물 렌즈의 자장 내의 상태의 일례를 나타내는 상면도이다.
- 도 6은, 실시 형태 1에 있어서의 대물 렌즈의 자장 내의 상태의 일례를 나타내는 도면이다.
- 도 7은, 실시 형태 2에 있어서의 대물 렌즈의 자장 내의 상태의 일례를 나타내는 도면이다.
- 도 8은, 실시 형태 3에 있어서의 대물 렌즈의 자장 내의 상태의 일례를 나타내는 도면이다.
- 도 9는, 실시 형태 4에 있어서의 대물 렌즈의 자장 내의 상태의 일례를 나타내는 도면이다.
- 도 10은, 실시 형태 5에 있어서의 대물 렌즈의 자장 내의 상태의 일례를 나타내는 도면이다.
- 도 11은, 가변 성형형 전자선 묘화 장치의 동작을 설명하기 위한 개념도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0019] 이하, 실시 형태에서는, 전자 빔의 궤도에 영향을 주는 부의 공간 전위가 형성되지 않도록 하면서 다이내믹 포커스 조정이 가능한 장치 및 방법에 대해 설명한다.
- [0020] 또한, 이하, 실시 형태에서는, 전자 빔 조사 장치의 일례로서, 전자 빔 묘화 장치에 대해 설명한다. 단, 전자 빔 조사 장치는, 묘화 장치에 한정되는 것은 아니고, 예를 들어 검사 장치 등의 전자 빔을 조사하는 장치라면 상관없다. 또한, 실시 형태에서는, 하나의 전자 빔에 의해 구성되는 싱글 빔이 조사되는 구성에 대해 설명한다. 단, 전자 빔은, 싱글 빔에 한정하는 것은 아니고, 복수개의 전자 빔에 의해 구성되는 멀티 빔이어도 상관없다. 또한, 전자 빔 묘화 장치의 일례로서, 가변 성형형 묘화 장치에 대해 설명한다.
- [0021] 실시 형태 1.

- [0022] 도 1은, 실시 형태 1에 있어서 묘화 장치의 구성을 나타내는 개념도이다. 도 1에 있어서, 묘화 장치(100)는, 묘화 기구(150)와 제어계 회로(160)를 구비하고 있다. 묘화 장치(100)는, 전자 빔 묘화 장치의 일례이다. 특히, 가변 성형형(VSB형) 묘화 장치의 일례이다. 묘화 기구(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 기관(214), 제1 성형 애퍼처 기관(203), 투영 렌즈(204), 편향기(205), 제2 성형 애퍼처 기관(206), 대물 렌즈(207), 편향기(208) 및 정전 렌즈(220)가 배치되어 있다. 묘화실(103) 내에는, 적어도 XY 방향으로 이동 가능한 XY 스테이지(105)가 배치된다. XY 스테이지(105) 위에는, 레지스트가 도포된 묘화 대상이 되는 시료(101)(기관)가 배치된다. 시료(101)에는, 반도체 장치를 제조하기 위한 노광용 마스크나 실리콘 웨이퍼 등이 포함된다. 마스크에는 마스크 블랭크스가 포함된다.
- [0023] 제어계 회로(160)는, 제어 계산기(110), 메모리(112), 편향 제어 회로(120), 렌즈 제어 회로(122), 다이내믹 포커스 제어 회로(124) 및 자기 디스크 장치 등의 기억 장치(140, 142)를 갖고 있다. 제어 계산기(110), 메모리(112), 편향 제어 회로(120), 렌즈 제어 회로(122), 다이내믹 포커스 제어 회로(124) 및 기억 장치(140, 142)는, 도시되지 않은 버스를 개재하여 서로 접속되어 있다. 편향 제어 회로(120)에는, 편향기(208)가 접속되고, 제어된다. 또한, 편향 제어 회로(120)에는, 도시되어 있지 않지만, 블랭킹 편향기(212) 및 편향기(205)가 접속되고, 제어된다. 렌즈 제어 회로(122)에는, 대물 렌즈(207)가 접속되고, 제어된다. 또한, 렌즈 제어 회로(122)에는, 도시되어 있지 않지만, 조명 렌즈(202) 및 투영 렌즈(204)가 접속되고, 제어된다. 다이내믹 포커스 제어 회로(124)에는, 정전 렌즈(220)가 접속되고, 제어된다.
- [0024] 제어 계산기(110) 내에 필요한 입력 데이터 혹은 연산된 결과는 그 때마다 메모리(112)에 기억된다.
- [0025] 칩 패턴의 데이터가 정의된 칩 데이터가 묘화 장치(100)의 외부로부터 입력되어, 기억 장치(140)에 저장되어 있다.
- [0026] 여기서, 도 1에서는, 실시 형태 1을 설명하는 데 있어서 필요한 구성을 기재하고 있다. 묘화 장치(100)에 있어서, 통상, 필요한 그 밖의 구성을 구비하고 있어도 상관없다.
- [0027] 도 2는, 실시 형태 1에 있어서의 각 영역을 설명하기 위한 개념도이다. 도 2에 있어서, 시료(101)의 묘화 영역(10)은, 편향기(208)의 편향 가능 폭이고, 예를 들어 y 방향을 향하여 직사각형으로 복수의 스트라이프 영역(20)으로 가상 분할된다. 각 스트라이프 영역(20)은, 메쉬 형상으로 복수의 서브 필드(SF)(30)(부편향 영역)로 가상 분할된다. 그리고, 각 SF(30)의 각 샷 위치에 샷 도형(32, 34)이 각각 묘화된다.
- [0028] 묘화 처리를 행하는 경우, 제어 계산기(110)는, 편향 제어 회로(120), 렌즈 제어 회로(122), 다이내믹 포커스 제어 회로(124), 및 묘화 기구(150) 등을 제어하여, 묘화 처리를 개시한다. 제어 계산기(110)에서는, 기억 장치(140)에 저장된 칩 데이터(묘화 데이터)를 판독하고, 칩 데이터 내의 복수의 도형 패턴을 도형 패턴마다 묘화 장치(100)로 성형 가능한 사이즈의 복수의 샷 도형으로 분할하고, 샷 도형마다 샷 데이터를 생성한다. 샷 데이터에는, 도형종, 도형의 샷 위치 좌표, 및 샷 사이즈 등이 정의된다. 생성된 샷 데이터는, 기억 장치(142)에 저장된다.
- [0029] 그리고, 묘화 기구(150)는, 편향 제어 회로(120), 렌즈 제어 회로(122), 및 다이내믹 포커스 제어 회로(124)에 의한 제어 하에, 각 샷 위치에, 전자 빔(200)을 사용하여 패턴을 묘화한다. 구체적으로는, 이하와 같이 동작한다.
- [0030] 전자총(201)(방출원)으로부터 방출된 전자 빔(200)은, 블랭킹 편향기(212) 내를 통과할 때에 블랭킹 편향기(212)에 의해, 예를 들어 빔 ON의 상태에서는, 블랭킹 애퍼처 기관(214)을 통과하도록 제어되고, 빔 OFF의 상태에서는, 빔 전체가 블랭킹 애퍼처 기관(214)으로 차폐되도록 편향된다. 빔 OFF의 상태에서부터 빔 ON이 되고, 그 후 빔 OFF가 될 때까지 블랭킹 애퍼처 기관(214)을 통과한 전자 빔(200)이 1회의 전자 빔의 샷이 된다. 블랭킹 편향기(212)는, 통과하는 전자 빔(200)의 방향을 제어하고, 빔 ON의 상태와 빔 OFF의 상태를 교대로 생성한다. 예를 들어, 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 전자 빔(200)의 샷당의 조사량이 조정되게 된다.
- [0031] 이상과 같이 블랭킹 편향기(212)와 블랭킹 애퍼처 기관(214)을 통과함으로써 생성된 각 샷의 전자 빔(200)은, 조명 렌즈(202)에 의해 직사각형의 구멍을 갖는 제1 성형 애퍼처 기관(203) 전체를 조명한다. 여기서, 전자 빔(200)을 먼저 직사각형으로 성형한다. 그리고, 제1 성형 애퍼처 기관(203)을 통과한 제1 애퍼처 상(像)의 전자 빔(200)은, 투영 렌즈(204)에 의해 제2 성형 애퍼처 기관(206) 위에 투영된다. 편향기(205)에 의해, 이러한 제2 성형 애퍼처 기관(206) 위에서의 제1 애퍼처 상은 편향 제어되어, 빔 형상과 치수를 변화시킬(가변 성형을 행

할) 수 있다. 이러한 가변 성형은 샷마다 행하여지고, 통상, 샷마다 다른 빔 형상과 치수로 성형된다. 그리고, 제2 성형 애퍼처 기관(206)을 통과한 제2 애퍼처 상의 전자 빔(200)은, 대물 렌즈(207)에 의해 초점을 맞출 수 있다. 환언하면, 제2 애퍼처 상의 전자 빔(200)은, 대물 렌즈(207)에 의해 시료(101)면 위에 결상된다. 또한, 정전 렌즈(220)에 의해 조사 위치의 요철면을 따라 다이내믹하게 초점 조정된다. 그리고, 제2 애퍼처 상의 전자 빔(200)은, 편향기(208)에 의해 시료(101)면 위의 원하는 위치로 편향된다. 환언하면, 제2 애퍼처 상의 전자 빔(200)은, 편향기(208)에 의해 연속적으로 이동하는 XY 스테이지(105)에 배치된 시료(101)가 원하는 위치에 조사된다. 이상과 같이, 편향기에 의해, 전자 빔(200)의 복수의 샷이 순서대로 기관이 되는 시료(101) 위로 편향된다.

[0032] 또한, 시료(101)면의 요철은, 도시되지 않은 Z센서 등에 의해 미리 시료면 위의 요철 분포를 측정해 두면 된다. 혹은, 도시되지 않은 Z센서 등에 의해 시료면 위의 요철 높이를 실시간으로 측정하면서, 요철에 따라 초점 위치를 다이내믹하게 조정해도 된다. 측정 데이터는 다이내믹 포커스 제어 회로(124)에 출력되어, 이러한 데이터에 따라, 초점 위치가 보정된다.

[0033] 도 3의 (a)와 도 3의 (b)는, 실시 형태 1에 있어서의 대물 렌즈 부근의 배치 구성 및 자장의 일례를 나타내는 도면이다. 도 3의 (b)에서는, 지면 사이즈의 사정상, 대물 렌즈 단면이 광축에 대해 좌측(편측)만을 나타내고 있다. 도 3의 (b)에 있어서, 대물 렌즈(207)는, 폴 피스(218)가 전자 빔의 광축 하류측에 개구하도록 배치되고, 폴 피스(218) 내부에 코일(217)이 배치된다. 폴 피스(218)가 광축의 하류측에 개구하는 경우, 대물 렌즈(207)가 여자된 경우에서 발생하는 축상 자장은, 도 3의 (a)에 나타내는 바와 같이, 폴 피스(218) 개구부의 약간 광축 상류측에서 하류측을 향하여 점차 커지고, 시료면(101)면 부근에서 최댓값을 거쳐, 점차 작아진다. 정전 렌즈(220)는, 이러한 대물 렌즈(207)의 자장 중에 배치된다.

[0034] 도 3의 (b)에 있어서, 정전 렌즈(220)는, 예를 들어 제1단계의 전극(222), 제2단계의 전극(224), 및 제3단계의 전극(226)과 같은 3단의 환형 다단 전극에 의해 구성된다. 도 3의 (a) 및 도 3의 (b)에 나타내는 바와 같이, 제2단계의 전극(224)(제1 전극)은, 전자 빔의 광축을 따라 편향기(208)보다도 하류측이며 대물 렌즈(207)의 자장 중에 배치되고, 중심부에 전자 빔(200)이 통과하는 개구부(제1 개구부)가 형성된다. 제2단계의 전극(224)은, 다이내믹 포커스용 제어 전극이 된다. 또한, 도 3의 (a) 및 도 3의 (b)에 나타내는 바와 같이, 제1단계의 전극(222)(제2 전극)은, 대물 렌즈(207)의 자장 중이며, 편향기(208)와 전극(224) 사이에 배치되고, 중심부에 전자 빔(200)이 통과하는 개구부(제2 개구부)가 형성된다. 또한, 제1단계의 전극(222)(제2 전극)은, 제2단계의 전극(224)(제1 전극)보다도 중심축 위의 자속 밀도가 낮은 위치의 대물 렌즈(207)의 자장 중에 배치된다. 그리고, 제1단계의 전극(222)은, 편향기(208)와 제2단계의 전극(224) 사이의 제한 애퍼처 기관을 겸한다. 제3단계의 전극(226)(제3 전극)은, 대물 렌즈(207)의 자장 중이며, 전극(224)에 대해 전극(222)과는 반대측에 배치되고, 중심부에 전자 빔(200)이 통과하는 개구부(제3 개구부)가 형성된다. 또한, 제3단계의 전극(226)은, 제2단계의 전극(224)과 시료(101) 사이의 대물 애퍼처 기관을 겸한다. 또한, 도 3의 (b)에 나타내는 바와 같이, 제2단계의 전극(224)에 비해, 제1단계의 전극(222)과 제3단계의 전극(226)의 z 방향의 두께를 얇게 해도 된다. 동일 정도의 두께여도 상관없다. 정전 렌즈로서의 기능상은, 제2단계의 전극(224)에 비해, 제1단계의 전극(222)과 제3단계의 전극(226)의 z 방향의 두께를 두껍게 해도 상관없다.

[0035] 도 4는, 실시 형태 1의 비교예에 있어서의 대물 렌즈의 자장 내의 상태의 일례를 나타내는 도면이다. 실시 형태 1의 비교예에서는, 도시되지 않은 대물 렌즈의 자장 내에 제1단계의 전극(302), 제2단계의 전극(304) 및 제3단계의 전극(306)으로 구성되는 정전 렌즈(300)를 배치한다. 실시 형태 1의 비교예에서는, 시료(101)면, 제1단계의 전극(302) 및 제3단계의 전극(306)에 접지 전위를 인가한 상태에서, 제2단계의 전극(304)에 정의 전위를 가변으로 인가함으로써, 포커스 조정을 행한다. 도 4에 있어서, 제1단계의 전극(302)의 개구부를 통과한 입사 전자는, 시료면이나, 제3단계의 전극(306)에 충돌하여 저에너지의 2차 전자를 발생한다. 또한, 정전 렌즈 중앙부에 존재하는 중성 가스가 전리하여, 역시 저에너지의 전자나 이온(양, 음)을 발생한다. 또한, 시료면에 충돌하여 발생한 2차 전자 등에 의해서도, 정전 렌즈 중앙부에 존재하는 중성 가스가 전리되어, 저에너지의 전자나 이온(양, 음)이 발생된다. 제2단계의 전극(304)에 정의 전위를 인가함으로써, 시료면에 충돌하여 발생한 2차 전자 등이 시료면으로 복귀되는 것을 피할 수 있다. 그러나, 이하와 같은 문제가 발생한다.

[0036] 도 5는, 실시 형태 1의 비교예에 있어서의 대물 렌즈의 자장 내의 상태의 일례를 나타내는 상면도이다. 도 5에서는, 제2단계의 전극(304)의 중간 높이 위치를 상방으로부터 본 경우를 나타내고 있다. 도 5에 있어서, 대물 렌즈에 의한 자장의 방향은 광축의 하류측(-z 방향)으로 향하고 있다. 또한, 전기장의 방향은 x, y축 면 내에 있어서 광축으로 향하고 있다. 이러한 상태에 있어서, 상술한 저에너지의 2차 전자를 포함하는 전자나 동일하게 저에너지의 이온(양, 음)은, 대물 렌즈에 의한 자장에 의해 x, y 방향(가로 방향)의 이동이 제한된다.

또한, 이들 저에너지 전자나 이온은, z 방향(높이 방향)으로는, 전위차에 의해 이동이 제한된다. 그 때문에, 도 5에 도시된 바와 같이, 제2단계의 전극(304)의 중앙 공간 내에서 선회하면서 드리프트한다.

[0037] 예를 들어, 운동 에너지가 1eV인 전자의 속도는, 5.9×10^5 m/s 정도, 동일하게 1eV인 수소 원자의 속도는, 약 1.4×10^4 m/s 정도가 된다. 그리고, 자속 밀도 1kG의 자장 중에서 1eV인 전자의 라마 반경 ρ 는, 약 0.03mm 정도, 동일하게 1eV인 수소 원자의 라마 반경 ρ 는, 약 1.5mm 정도가 된다. 여기서, 제2단계의 전극(304)의 중앙 개구 반경이 예를 들어 5mm 정도로 하면, 저에너지의 전자나 이온은, 라마 반경 ρ 이 개구 반경보다도 작기 때문에 전극(304)의 내벽에는 닿지 않고, 자장에 의해 트랩되어, 중앙 공간 내에서 선회하게 된다. 그 결과, 이들 저에너지의 전자나 이온은, 제2단계의 전극(304)의 중앙 공간에 가두어진다. 따라서, 전극(304)의 중앙 공간에 부의 공간 전위가 형성된다. 이러한 부의 공간 전위에 의해, 묘화를 위한 입사 전자의 궤도가 영향을 받고, 시료면(101) 위의 조사 위치의 위치 어긋남을 발생시키게 된다. 그래서, 실시 형태 1에서는, 이러한 부의 공간 전위를 배제한다.

[0038] 도 6은, 실시 형태 1에 있어서의 대물 렌즈의 자장 내의 상태의 일례를 나타내는 도면이다. 실시 형태 1에서는, 도시되지 않은 대물 렌즈(207)의 자장 내에 상술한 바와 같이 제1단계의 전극(222), 제2단계의 전극(224) 및 제3단계의 전극(226)으로 구성되는 정전 렌즈(220)를 배치한다. 실시 형태 1에서는, 제2단계의 전극(224)에, 정의 전위(제1 전위)를 가변으로 인가한다. 한편, 제1단계의 전극(222)에는, 제2단계의 전극(224)에 인가되는 정의 전위(제1 전위)보다도 높은 정의 전위(제2 전위)가 인가된다. 그리고, 시료(101)면 및 제3단계의 전극(226)에는, 접지 전위가 인가된다. 제2단계의 전극(224)에 인가되는 정의 전위가, 예를 들어 0 내지 +100V의 범위에서 가변으로 제어되는 경우에, 제1단계의 전극(222)에는, 이러한 범위보다도 높은 예를 들어 +150V의 전위가 인가된다. 환언하면, 제2단계의 전극(224)의 전위는, 제1단계의 전극(222)의 전위보다도 낮은 범위에서 가변으로 제어된다. 제1단계의 전극(222)의 전위와 제3단계의 전극(226)의 전위가 고정된 상태로, 제2단계의 전극(224)의 전위에 정의 전위를 가변으로 인가함으로써, 고속으로 다이내믹하게 포커스 조정을 행할 수 있다.

[0039] 도 6에 있어서도, 도 4와 마찬가지로, 제1단계의 전극(222)의 개구부를 통과한 입사 전자는, 시료(101)면이나, 제3단계의 전극(226)에 충돌하여 저에너지의 2차 전자를 발생시킨다. 또한, 정전 렌즈(220) 중앙부의 중성 가스가 전리하여, 역시 저에너지의 전자나 이온(양, 음)을 발생시킨다. 그러나, 실시 형태 1에서는, 제2단계의 전극(224)에 인가되는 정의 전위보다도 높은 정의 전위가 제1단계의 전극(222)에 인가되어 있으므로, 부의 전하를 갖는 저에너지 성분의 전자나 음이온은, 상방의 제1단계의 전극(222)에 끌려 당겨져, 흡수된다. 그 결과, 전극(304)의 중앙 공간에 부의 공간 전위가 형성되지 않는, 혹은 작아지도록 할 수 있다. 또한, 저에너지의 양 이온은 그 양이 적고, 전기장에 의해 보충되기 어렵기 때문에 영향은 무시할 수 있다.

[0040] 따라서, 실시 형태 1의 전자 빔 다이내믹 포커스 조정 방법에서는, 다이내믹 포커스 공정으로서, 대물 렌즈(207)에 의해 시료(101)면 위에 전자 빔(200)의 초점이 맞춰져 있는 상태에서, 제1단계와 제2단계와 제3단계의 환형의 다단 전극을 사용하여, 제2단계의 전극(224)에 인가하는 정의 전위를 가변으로 하고, 제1단계의 전극(222)에 인가하는 전위와 제3단계의 전극(226)에 인가하는 전위를 고정으로 해서, 시료(101)면의 요철에 따라 다이내믹하게 전자 빔(200)의 초점을 조정한다.

[0041] 그리고, 저에너지 성분 제거 공정으로서, 제1단계의 전극(222)에 인가하는 전위를 제2단계의 전극(224)에 인가하는 전위보다도 높은 정의 전위로 하고, 제2단계의 전극(224)의 광축측에 부유하는 부의 전하를 갖는 저에너지 성분(11)의 전자나 음이온을 제1단계의 전극(222)측으로 배제한다.

[0042] 이상과 같이, 실시 형태 1에 의하면, 전자 빔(200)의 궤도에 영향을 주는 부의 공간 전위가 형성되지 않도록 하면서 다이내믹 포커스 조정을 할 수 있다. 그 결과, 고정밀도의 묘화를 행할 수 있다.

[0043] 실시 형태 2.

[0044] 도 7은, 실시 형태 2에 있어서의 대물 렌즈의 자장 내의 상태의 일례를 나타내는 도면이다. 실시 형태 2에서는, 도 7에 나타내는 바와 같이, 실시 형태 1의 구성에, 또한, 오존(O₃) 공급 장치(126)와 오존(O₃) 공급구(230)를 배치한다. 그 밖의 묘화 장치(100)의 구성은 도 1과 동일하다. 또한, 이하, 특히 설명하는 점 이외의 내용은 실시 형태 1과 동일하다.

[0045] 오존(O₃) 공급 장치(126)는, 제어 계산기(110)에 의해 제어된다. 또한, 오존을 공급하는 O₃ 공급구(230)(공급부)는 도 7에 나타내는 바와 같이, 정전 렌즈(220) 내의 제1단계의 전극(222)(제2 전극)의 이면측에 배치한다.

상술한 바와 같이, 제2단계의 전극(224)의 광축측에 부유하는 저에너지 성분의 전자나 음이온을 제1단계의 전극(222)측으로 끌어 당긴다. 그리고, 제1단계의 전극(222) 이면에 부의 전하를 갖는 저에너지 성분(11)의 전자나 음이온을 충돌시킨다. 이러한 충돌에 의해, 전극(222)에는, 오염(13)이 부착되어 버린다. 따라서, 실시 형태 2에서는, 전극(222) 이면에 오존 가스를 공급한다. 이러한 오존 가스에 의해, 부착된 오염(13)을 세정함과 함께, 오염(13)의 부착 자체를 억제할 수 있다.

[0046] 실시 형태 3.

[0047] 도 8은, 실시 형태 3에 있어서의 대물 렌즈의 자장 내의 상태의 일례를 나타내는 도면이다. 실시 형태 3에서는, 도 8에 나타내는 바와 같이, 정전 렌즈(220) 내의 제1단계의 전극(222) 대신 외주 형상을 광축 하류측(제2단계의 전극(224)측)을 향하여 끝이 가늘어지는 원추 형상으로 한 제1단계의 전극(223)을 배치한다. 그 밖의 묘화 장치(100)의 구성은 도 1과 동일하다. 또한, 이하, 특히 설명하는 점 이외의 내용은 실시 형태 1과 동일하다.

[0048] 실시 형태 3에서는, 전극(223)의 위치 중심축 위의 자속 밀도는 제1단계의 전극(222)의 위치 중심축 위의 자속 밀도보다도 작게 하고, 제1단계의 전극(223)의 외주 형상을 시료면을 향하여 조밀해지는 자력선 형상을 따른 형상으로 한다. 이러한 형상에 의해, 제1단계의 전극(223)에의 부의 전하를 갖는 저에너지 성분(11)의 전자나 음이온의 충돌 위치를 제2단계의 전극(224)으로부터 멀리할 수 있다. 그 때문에, 가령 부착된 오염에 의한 전기장이 형성된 경우에도, 이러한 전기장의 영향을 작게 할 수 있다.

[0049] 실시 형태 4.

[0050] 도 9는, 실시 형태 4에 있어서의 대물 렌즈의 자장 내의 상태의 일례를 나타내는 도면이다. 실시 형태 4에서는, 도 9에 나타내는 바와 같이, 실시 형태 4에 있어서의 정전 렌즈(220)는, 제1단계의 전극(222)의 상방에, 또한, 환형의 리타딩 전극(228)(제4 전극)을 배치한다. 구체적으로는, 편향기(208)와 제1단계의 전극(222)(제2 전극) 사이에 리타딩 전극(228)(제4 전극)을 배치한다. 리타딩 전극(228)에는, 부의 전위가 인가된다. 그 밖의 묘화 장치(100)의 구성은 도 1과 동일하다. 또한, 이하, 특히 설명하는 점 이외의 내용은 실시 형태 1과 동일하다. 여기서, 리타딩 전극(228)의 위치와 전위는, 궤도를 반전시킨 대부분의 전자가 전극(224) 내로 복귀되지 않고, 전극(222)에 도달하도록 함으로써, 정전 렌즈의 중앙부의 공간의 부의 공간 전위 형성을 억제하고, 시료면(101) 조사된 전자 빔의 위치 정밀도가 유지되도록 시뮬레이션 또는 실험으로 정한다.

[0051] 이러한 구성에 의해, 제1단계의 전극(222)에 끌어 당겨져, 전극(222) 중앙의 개구부를 통과해버린 부의 전하를 갖는 저에너지 성분(11)의 전자나 음이온을, 리타딩 전극(228)의 부전위로 방향을 반전시켜, 전극(222)의 상면에 충돌시킬 수 있다. 이에 의해, 정전 렌즈(220)의 상방에 배치된 편향기(208)에 저에너지 성분의 전자나 음이온이 충돌하는 것을 회피 혹은 저감할 수 있다. 그 결과, 편향기(208)에의 오염의 부착을 회피 혹은 저감할 수 있다. 따라서, 부착된 오염에 의한 전기장에 기인한 편향 어긋남을 회피 혹은 저감할 수 있다.

[0052] 실시 형태 5.

[0053] 도 10은, 실시 형태 5에 있어서의 대물 렌즈의 자장 내의 상태의 일례를 나타내는 도면이다. 실시 형태 5에서는, 도 10에 도시하는 바와 같이, 제1단계의 전극(222) 이면측 부분을, 예를 들어 내외주가 육각형으로 형성된 통상의 정육각 기둥을 간극 없이 배열한 하니컴 구조(50)로 형성한다. 혹은, 제1단계의 전극(221) 이면측 부분을, 요철을 갖는 코러게이트 구조로 형성한다. 마찬가지로, 제2단계의 전극(225)의 내벽을 예를 들어 내외주가 육각형으로 형성된 통상의 정육각 기둥을 간극 없이 배열한 하니컴 구조(52)로 형성한다. 혹은, 제2단계의 전극(225) 내벽을, 요철을 갖는 코러게이트 구조로 형성한다. 그 밖의 묘화 장치(100)의 구성은 도 1과 동일하다. 또한, 이하, 특히 설명하는 점 이외의 내용은 실시 형태 1과 동일하다.

[0054] 이러한 구성에 의해, 전극(221) 이면에 부의 전하를 갖는 저에너지 성분(11)의 전자나 음이온이 충돌한 경우에 반전시키지 않고 트랩(포집)할 수 있다. 마찬가지로, 전극(225) 내벽에 부의 전하를 갖는 저에너지 성분(11)의 전자나 음이온이 충돌한 경우에 반전시키지 않고 트랩(포집)할 수 있다.

[0055] 이상, 구체예를 참조하면서 실시 형태에 대해 설명하였다. 그러나, 본 발명은 이들 구체예에 한정되는 것은 아니다.

[0056] 또한, 정전 렌즈(220)를 구성하는 각 전극은, 예를 들어 금속재 등의 도전성 재료를 사용한다. 혹은, 제1단계의 전극(222) 및/혹은 제2단계의 전극(224)을 카본(C)재로 구성해도 바람직하다. 카본(C)재를 사용함으로써 2차 전자의 발생을 억제할 수 있다.

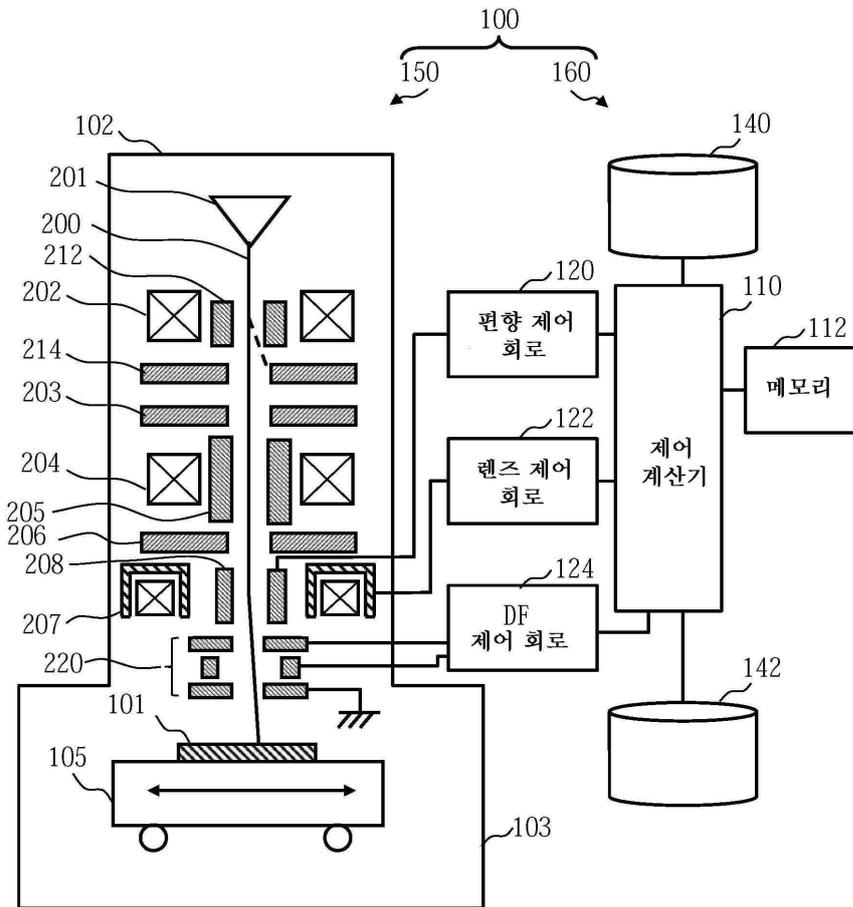
[0057] 또한, 장치 구성이나 제어 방법 등, 본 발명의 설명에 직접 필요하지 않은 부분 등에 대해서는 기재를 생략했지만, 필요로 하는 장치 구성이나 제어 방법을 적절히 선택하여 사용할 수 있다. 예를 들어, 묘화 장치(100)를 제어하는 제어부 구성에 대해서는, 기재를 생략했지만, 필요로 하는 제어부 구성을 적절히 선택하여 이용하는 것은 물론이다.

[0058] 그 밖에, 본 발명의 요소를 구비하여, 당업자가 적절히 설계 변경할 수 있는 모든 전자 빔 조사 장치 및 전자 빔의 다이내믹 포커스 조정 방법은, 본 발명의 범위에 포함된다.

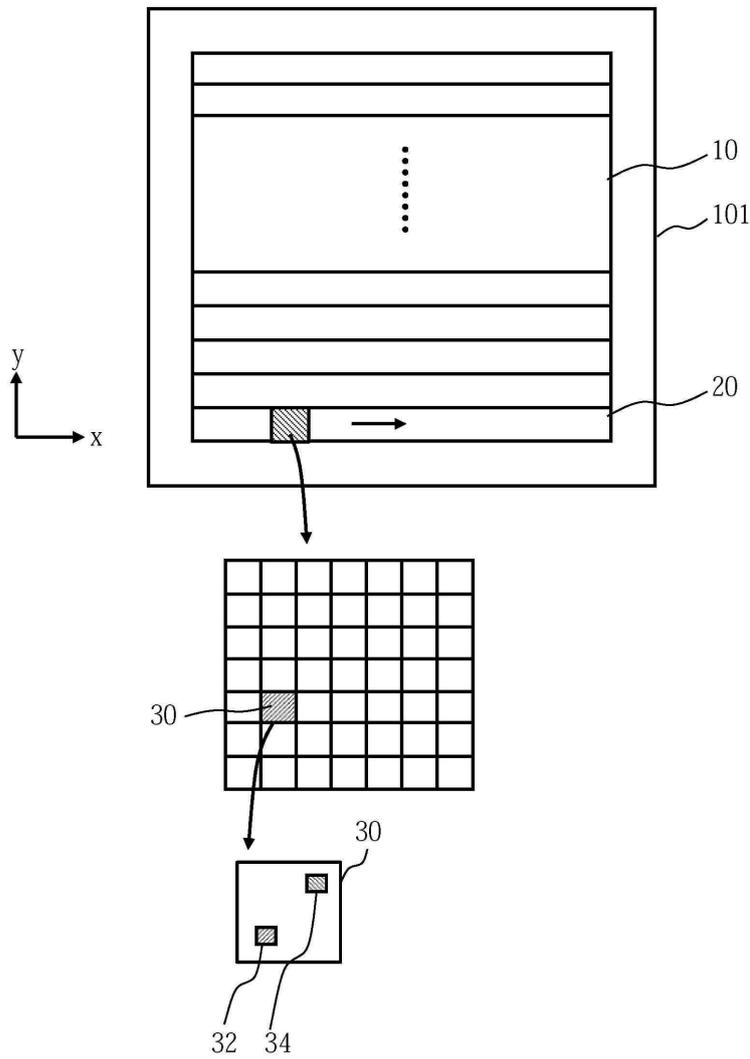
[0059] 본 발명의 몇 가지 실시 형태를 설명했지만, 이들 실시 형태는, 예로서 제시된 것이며, 발명의 범위를 한정하는 것은 의도하지 않는다. 이들 신규의 실시 형태는, 그 밖의 다양한 형태로 실시될 수 있으며, 발명의 요지를 일탈하지 않는 범위에서, 다양한 생략, 치환, 변경을 할 수 있다. 이들 실시 형태나 그 변형은, 발명의 범위와 요지에 포함됨과 함께, 특허 청구 범위에 기재된 발명과 그 균등의 범위에 포함된다.

도면

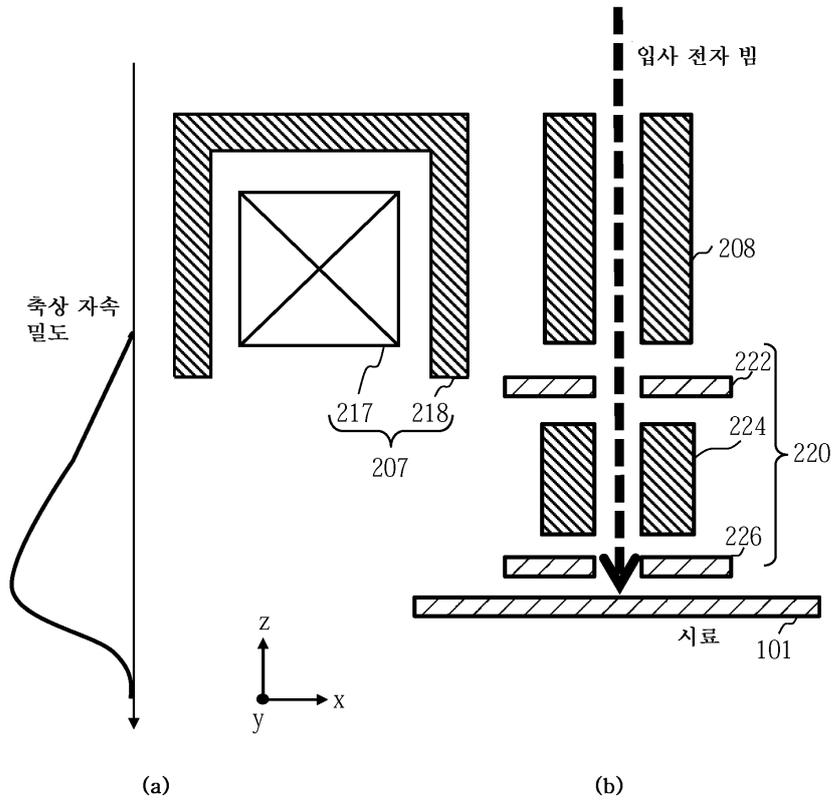
도면1



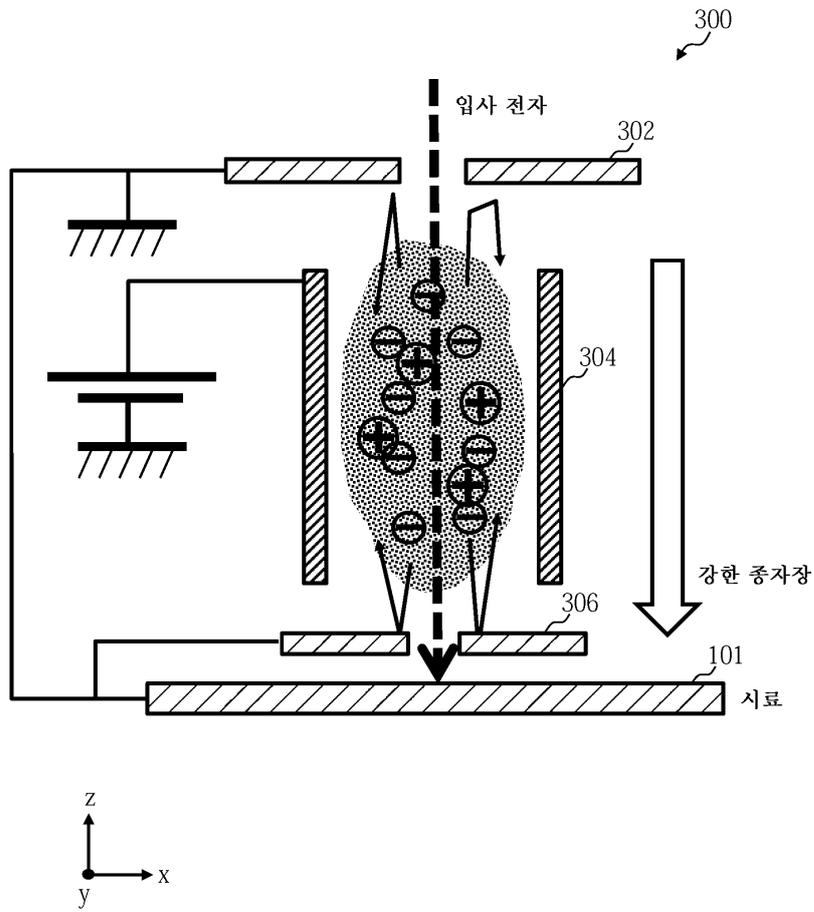
도면2



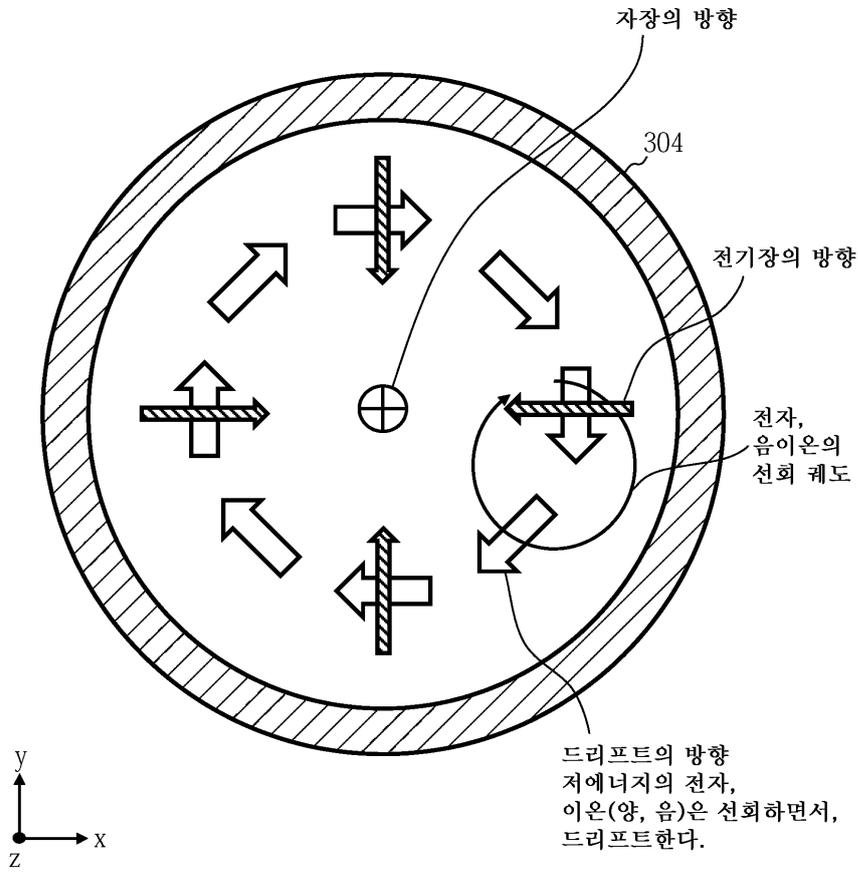
도면3



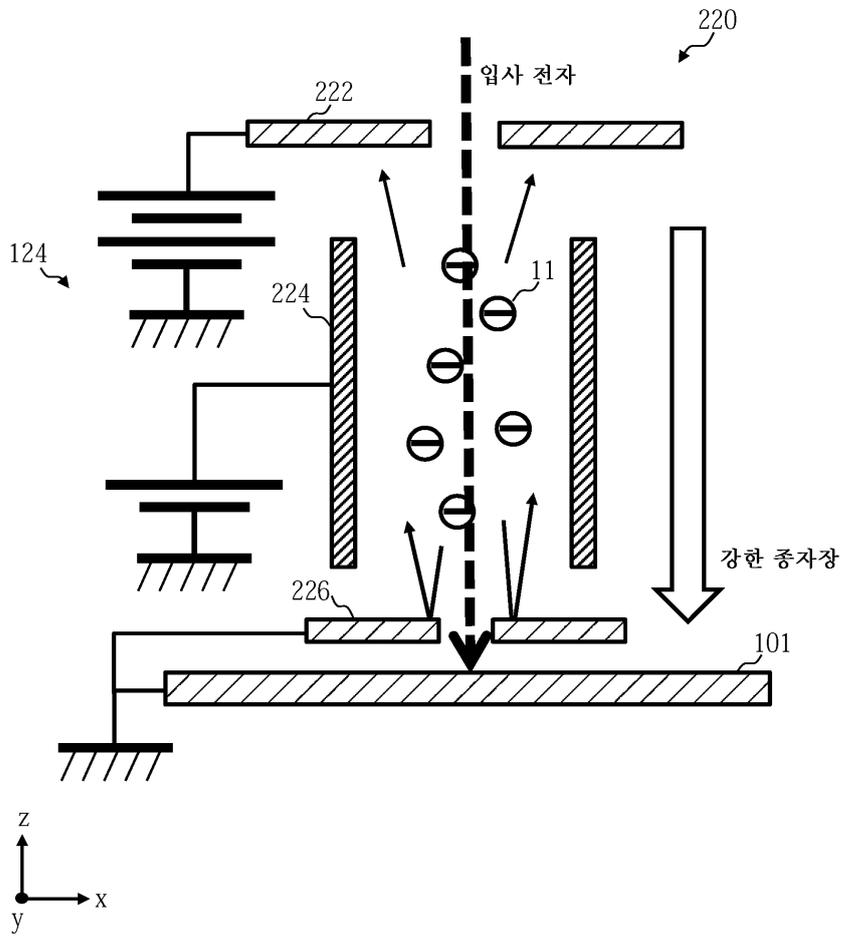
도면4



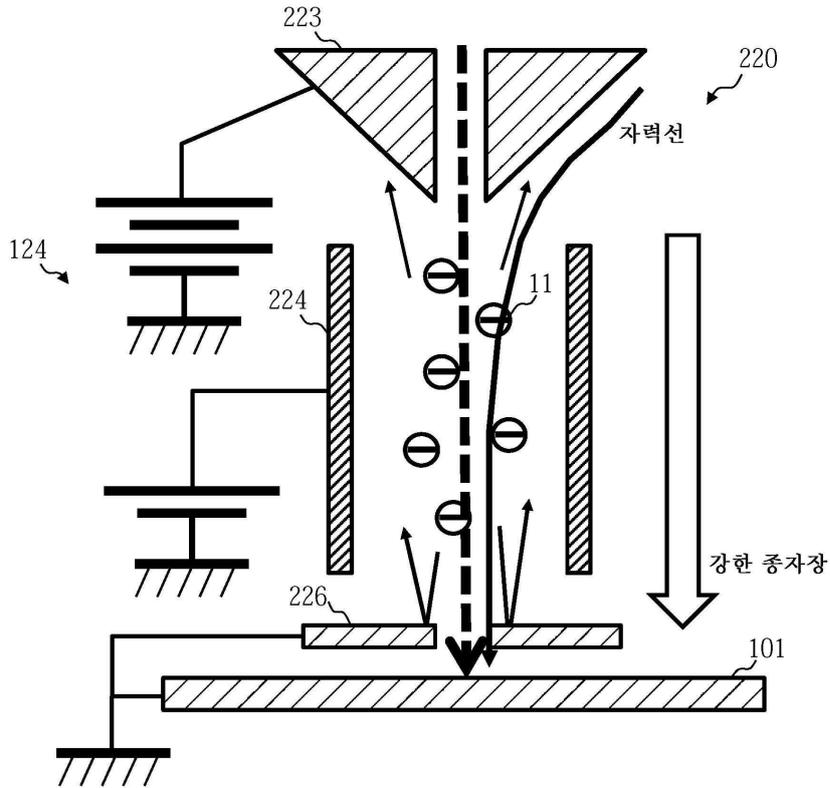
도면5



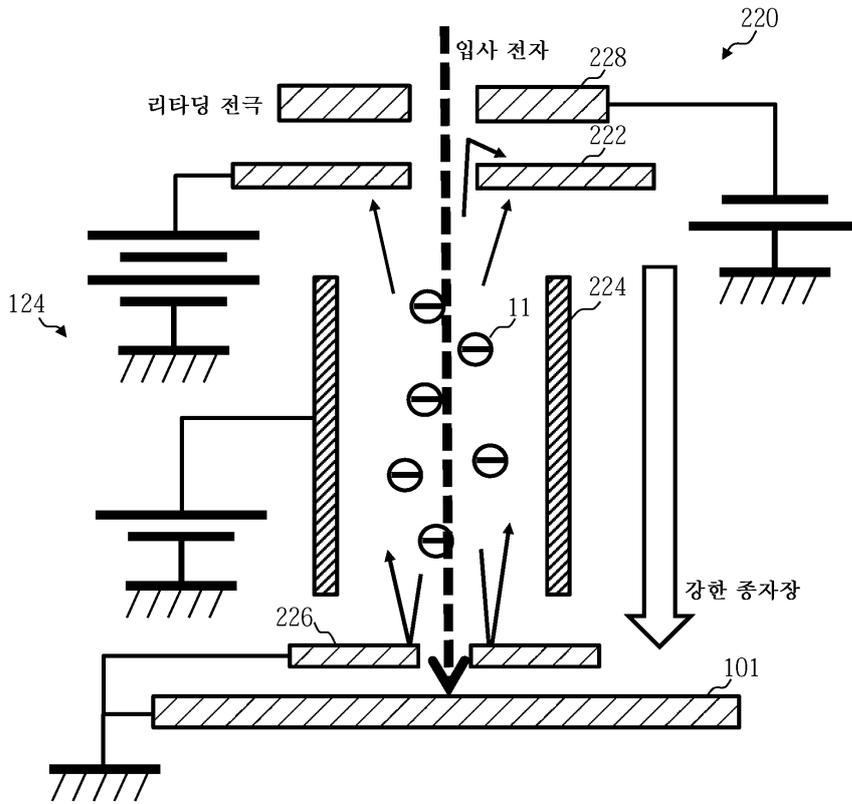
도면6



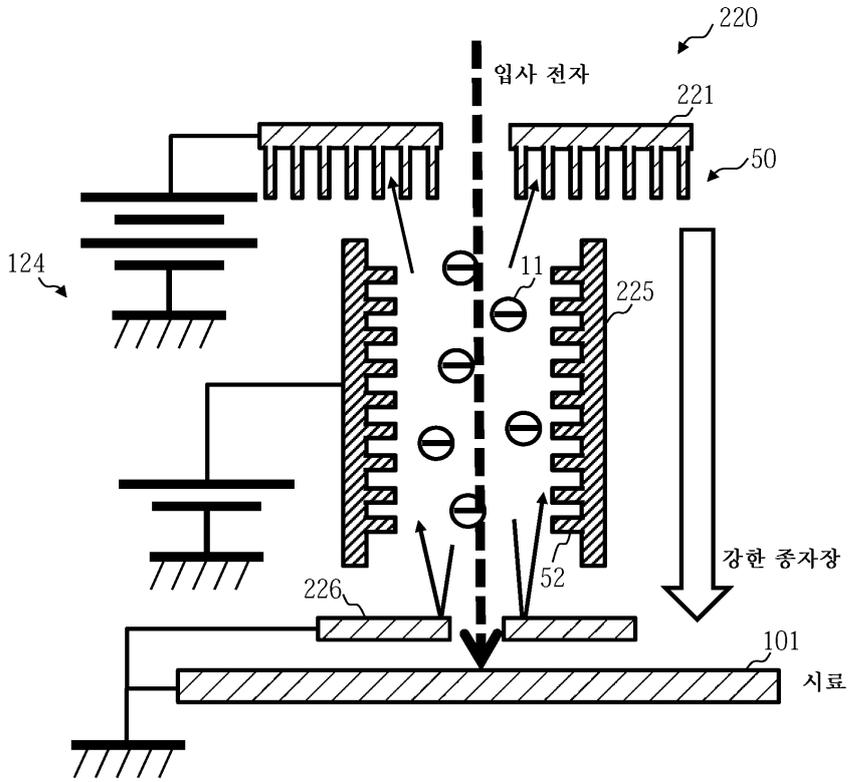
도면8



도면9



도면10



도면11

