



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2023-0018315
(43) 공개일자 2023년02월07일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01J 37/22 (2006.01) H01J 37/153 (2006.01)
H01J 37/244 (2006.01)
(52) CPC특허분류
H01J 37/222 (2013.01)
G01N 23/2251 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2022-0074705
(22) 출원일자 2022년06월20일
심사청구일자 2022년06월20일
(30) 우선권주장
JP-P-2021-124636 2021년07월29일 일본(JP)

(71) 출원인
주식회사 히타치하이테크
일본국 도쿄도 미나토쿠 토라노몬 1초메 17방 1코
(72) 발명자
니시하타 다카히로
일본국 도쿄도 지요다쿠 마루노우치 1-6-6 가부시
끼가이샤 히다치 세이사꾸쇼 내
다카기 유지
일본국 도쿄도 지요다쿠 마루노우치 1-6-6 가부시
끼가이샤 히다치 세이사꾸쇼 내
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
문두현

전체 청구항 수 : 총 20 항

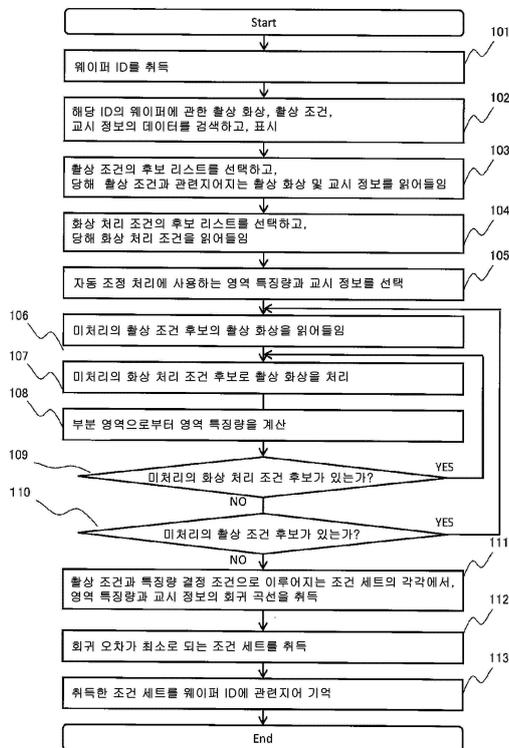
(54) 발명의 명칭 **하전 입자선 장치의 활상 화상에 따른 조건 결정 방법, 장치 및 프로그램**

(57) 요약

본 발명은 반도체 패턴을 적절히 인식하기 위한 조건을 보다 적절히 결정하는 방법, 장치 및 프로그램을 제공하는 것을 과제로 한다.

이러한 과제를 해결하기 위한 수단으로서, 하전 입자선 장치의 활상 화상에 따른 조건 결정 방법으로서, 상기 방 (뒷면에 계속)

대표도 - 도1



법은, 프로세서가, 복수의 활상 화상을 취득하는 것을 포함하고, 각 상기 활상 화상은, 웨이퍼 상에 형성된 패턴에 하전 입자선을 조사하는 것과, 상기 패턴으로부터 방출되는 전자를 검출하는 것을 통해 생성된 화상이고, 각 상기 활상 화상은, 하나 이상의 활상 조건의 어느 것에 따라서 활상된 화상이고, 상기 방법은, 상기 프로세서가, 각 상기 활상 화상에 대해, 교시 정보를 취득하는 것과, 상기 프로세서가, 하나 이상의 특징량 결정 조건을 취득하는 것과, 상기 프로세서가, 각 상기 활상 화상에 대해, 각 상기 특징량 결정 조건에 의거하여 특징량을 산출하는 것을 더 포함하고, 상기 활상 조건 및 상기 특징량 결정 조건 중 적어도 한쪽은 복수이고, 상기 방법은 상기 프로세서가, 상기 활상 조건 및 상기 특징량 결정 조건의 조합으로 이루어지는 조건 세트의 각각에 대해, 상기 복수의 활상 화상에 의거하여, 상기 특징량과, 상기 교시 정보와의 회귀 곡선을 취득하는 것과, 상기 프로세서가, 상기 회귀 곡선에 의거하여, 상기 조건 세트 중 하나 이상을 선택하는 것을 포함한다.

(52) CPC특허분류

H01J 37/153 (2013.01)

H01J 37/244 (2020.05)

H01J 37/28 (2020.05)

(72) 발명자

야마모토 다쿠마

일본국 도쿄도 미나토쿠 도라노몬 1-17-1 주식회사
히타치하이테크 내

고토 야스노리

일본국 도쿄도 미나토쿠 도라노몬 1-17-1 주식회사
히타치하이테크 내

도요다 야스타카

일본국 도쿄도 미나토쿠 도라노몬 1-17-1 주식회사
히타치하이테크 내

명세서

청구범위

청구항 1

하전 입자선 장치의 촬상 화상에 따른 조건 결정 방법으로서,

상기 방법은, 프로세서가, 복수의 촬상 화상을 취득하는 것을 포함하고,

각 상기 촬상 화상은,

- 웨이퍼 상에 형성된 패턴에 하전 입자선을 조사하는 것과,

- 상기 패턴으로부터 방출되는 전자를 검출하는 것

을 통해 생성된 화상이고,

각 상기 촬상 화상은, 하나 이상의 촬상 조건의 어느 것에 따라서 촬상된 화상이고,

상기 방법은,

- 상기 프로세서가, 각 상기 촬상 화상에 대해, 교시 정보를 취득하는 것과,

- 상기 프로세서가, 하나 이상의 특징량 결정 조건을 취득하는 것과,

- 상기 프로세서가, 각 상기 촬상 화상에 대해, 각 상기 특징량 결정 조건에 의거하여 특징량을 산출하는 것

을 더 포함하고,

상기 촬상 조건 및 상기 특징량 결정 조건 중 적어도 한쪽은 복수이고,

상기 방법은,

- 상기 프로세서가, 상기 촬상 조건 및 상기 특징량 결정 조건의 조합으로 이루어지는 조건 세트의 각각에 대해, 상기 복수의 촬상 화상에 의거하여, 상기 특징량과, 상기 교시 정보와의 회귀 곡선을 취득하는 것과,

- 상기 프로세서가, 상기 회귀 곡선에 의거하여, 상기 조건 세트 중 하나 이상을 선택하는 것

을 포함하는, 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 촬상 조건은,

- 상기 하전 입자선의 조사 에너지, 및,

- 방출되는 상기 전자를 검출할 때에 사용되는 에너지의 역치

의 적어도 한쪽에 관한 정보를 포함하는, 방법.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 특징량 결정 조건은, 복수의 화상 처리 조건으로 이루어지는 조합을 포함하고,

상기 프로세서는, 각 상기 촬상 화상에 대해, 각 상기 화상 처리 조건에 의거하여 부분 영역을 추출하는 것을 통해, 상기 특징량을 산출하는, 방법.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 교시 정보는, 반도체 패턴의 오버레이 오차를 포함하는, 방법.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 교시 정보는, 하전 입자선의 조사 각도를 포함하는, 방법.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 교시 정보는, 전기 특성 정보를 포함하는, 방법.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 특징량 결정 조건은, 휘도에 관한 정보를 포함하는, 방법.

청구항 8

제3항에 있어서,

상기 특징량은,

- 상기 부분 영역의 면적,
- 상기 부분 영역의 둘레 길이,
- 상기 부분 영역의 최대 직경, 및
- 상기 부분 영역의 최소 직경

중 적어도 하나를 포함하는, 방법.

청구항 9

제3항에 있어서,

상기 화상 처리 조건은, 제1 화상 처리 조건 및 제2 화상 처리 조건을 포함하고,

상기 프로세서는, 각 상기 촬상 화상에 대해, 상기 제1 화상 처리 조건에 의거하여 제1 부분 영역을 추출하고,

상기 프로세서는, 각 상기 촬상 화상에 대해, 상기 제2 화상 처리 조건에 의거하여 제2 부분 영역을 추출하고,

상기 특징량은,

- 상기 제1 부분 영역의 중심 위치와, 상기 제2 부분 영역의 중심 위치와의 어긋남량,
- 상기 제1 부분 영역과 상기 제2 부분 영역이 겹쳐 있는 부분의 면적,
- 상기 제1 부분 영역과 상기 제2 부분 영역이 겹쳐 있는 부분의 둘레 길이,
- 상기 제1 부분 영역과 상기 제2 부분 영역이 겹쳐 있는 부분의 최대 직경, 및
- 상기 제1 부분 영역과 상기 제2 부분 영역이 겹쳐 있는 부분의 최소 직경

중 적어도 하나를 포함하는, 방법.

청구항 10

제1항에 있어서,

상기 회귀 곡선은 직선인, 방법.

청구항 11

제1항에 있어서,

상기 회귀 곡선은, 반도체 패턴에 따른 치수를 파라미터로 사용해서 나타나는, 방법.

청구항 12

제1항에 있어서,

상기 회귀 곡선은, 다항식 곡선, 쌍곡선, 또는 시그모이드 곡선인, 방법.

청구항 13

제1항에 있어서,

상기 활상 화상은, 복수의 위치에서 활상된 화상을 포함하는, 방법.

청구항 14

제1항에 있어서,

상기 방법은, 상기 프로세서가, 상기 교시 정보 및 상기 특징량 결정 조건을 취득하기 위한 그래픽컬 유저 인터페이스를 출력하는 것을 포함하는, 방법.

청구항 15

제14항에 있어서,

상기 그래픽컬 유저 인터페이스는,

- 상기 활상 조건을 선택하기 위한 선택 박스와,
- 상기 특징량 결정 조건을 선택하기 위한 선택 박스와,
- 상기 교시 정보를 선택하기 위한 선택 박스

를 표시하는, 방법.

청구항 16

제14항에 있어서,

상기 그래픽컬 유저 인터페이스는, 상기 활상 조건에 관련지어진 교시 정보를 표시하는, 방법.

청구항 17

제1항에 있어서,

상기 방법은, 상기 프로세서가 상기 활상 조건을 취득하는 것을 더 포함하고,

상기 복수의 활상 화상의 각각은, 상기 활상 조건의 어느 것에 관련해서 취득되는, 방법.

청구항 18

제1항에 있어서,

상기 방법은, 상기 웨이퍼를 식별하기 위한 웨이퍼 ID를 상기 프로세서가 취득하는 것을 더 포함하고,

상기 복수의 활상 화상의 각각은, 상기 웨이퍼 ID에 관련해서 취득되는, 방법.

청구항 19

제1항에 기재된 방법을 컴퓨터에 실행시키는 프로그램.

청구항 20

프로세서와,

프로그램을 기억하는 기억 매체

를 갖는 계산기로서,

상기 프로그램을 실행함으로써, 상기 프로세서는, 복수의 활상 화상을 취득하고,

각 상기 활상 화상은,

- 웨이퍼 상에 형성된 패턴에 하전 입자선을 조사하는 것과,

- 상기 패턴으로부터 방출되는 전자를 검출하는 것

을 통해 생성된 화상이고,

각 상기 활상 화상은, 하나 이상의 활상 조건의 어느 것에 따라서 활상된 화상이고,

상기 프로그램을 실행함으로써, 상기 프로세서는, 또한,

- 각 상기 활상 화상에 대해, 교시 정보를 취득하고,

- 하나 이상의 특징량 결정 조건을 취득하고,

- 각 상기 활상 화상에 대해, 각 상기 특징량 결정 조건에 의거하여 특징량을 산출하고,

상기 활상 조건 및 상기 특징량 결정 조건 중 적어도 한쪽은 복수이고,

상기 프로그램을 실행함으로써, 상기 프로세서는,

- 상기 활상 조건 및 상기 특징량 결정 조건의 조합으로 이루어지는 조건 세트의 각각에 대해, 상기 복수의 활상 화상에 의거하여, 상기 특징량과, 상기 교시 정보와의 회귀 곡선을 취득하고,

- 상기 회귀 곡선에 의거하여, 상기 조건 세트 중 하나 이상을 선택하는,

계산기.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은, 하전 입자선 장치의 활상 화상에 따른 조건 결정 방법, 장치 및 프로그램에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 근래의 반도체 프로세스에 의해 제조되는 패턴은, 미세화와 다층 구조화가 진행되고, 노광 장치의 복수 층 간에 걸친 패턴의 치수 계측(예를 들면 오버레이 오차의 계측)의 정밀도의 향상이 요구되고 있다. 예를 들면, 15kV 이상의 고가속의 전자빔을 시료에 조사했을 때에 얻어지는 반사 전자 등을 검출함에 의해, 복수의 높이에 위치하는 패턴을 계측할 수 있다.

[0003] 복수의 패턴 간의 겹침의 배리어이션도 증가하고 있다. 겹침 상태가 서로 다르면, 화상 상의 보이는 방식이 서로 다르다. 이러한 과제에 대해 특허문헌 1은, 영역의 경계 탐색의 기점으로 되는 템플릿을 미리 작성하고 이것을 패턴 식별에 사용함으로써, SEM 화상 상에서 원하는 패턴만을 추출하는 방법이 설명되어 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0004] (특허문헌 0001) 국제공개 제2017/130365호 팜플렛

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 그러나, 종래의 기술에서는, 반도체 패턴을 적절히 인식하기 위한 조건 결정이 곤란하다는 과제가 있었다. 이

러한 조건으로서, 예를 들면 활상 조건과, 화상으로부터 패턴의 특징량을 결정하기 위한 조건이 있다.

[0006] 활상 조건의 결정에는, 활상 대상의 구조 및 하전 입자선 장치의 광학계 및 검출계의 특성에 대한 이해가 필요하다. 예를 들면, 고가속의 전자빔은, 대상 구조에 맞춘 적절한 가속 조건을 설정하지 않으면, 주목하고 싶은 층의 패턴을 강조할 수 없거나, 반대로 주목하고 싶은 층 이외의 패턴을 강조해 버린다.

[0007] 화상으로부터 패턴의 특징량을 결정하기 위한 조건은, 화상 처리 조건 또는 그 조합을 포함한다. 화상 처리 조건의 조정에는 고도화하는 화상 처리 알고리즘에 대한 이해가 필요하다. 예를 들면, 다층의 패턴이 찍혀들어가는 활상 화상에 대해, 특정층의 패턴을 강조시키고, 불필요한 층의 강조를 억제하기 위한 적절한 화상 처리 조건을 결정하는 것은 곤란하다.

[0008] 이 때문에, 예를 들면 활상 조건이나 특징량을 결정하기 위한 조건의 결정 난이도가 증가하고, 조정 시간이 길어져, 새롭게 계속 공정을 시작할 때 문제로 되고 있다.

[0009] 본 발명은 이러한 과제를 해결하기 위해 이루어진 것이고, 반도체 패턴을 적절히 인식하기 위한 조건을 보다 적절히 결정하는 기술을 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

[0010] 본 발명에 따른 방법의 일례는,

[0011] 하전 입자선 장치의 활상 화상에 따른 조건 결정 방법으로서,

[0012] 상기 방법은, 프로세서가, 복수의 활상 화상을 취득하는 것을 포함하고,

[0013] 각 상기 활상 화상은,

[0014] - 웨이퍼 상에 형성된 패턴에 하전 입자선을 조사하는 것과,

[0015] - 상기 패턴으로부터 방출되는 전자를 검출하는 것

[0016] 을 통해 생성된 화상이고,

[0017] 각 상기 활상 화상은, 하나 이상의 활상 조건의 어느 것에 따라서 활상된 화상이고,

[0018] 상기 방법은,

[0019] - 상기 프로세서가, 각 상기 활상 화상에 대해, 교시 정보를 취득하는 것과,

[0020] - 상기 프로세서가, 하나 이상의 특징량 결정 조건을 취득하는 것과,

[0021] - 상기 프로세서가, 각 상기 활상 화상에 대해, 각 상기 특징량 결정 조건에 의거하여 특징량을 산출하는 것

[0022] 을 더 포함하고,

[0023] 상기 활상 조건 및 상기 특징량 결정 조건 중 적어도 한쪽은 복수이고,

[0024] 상기 방법은,

[0025] - 상기 프로세서가, 상기 활상 조건 및 상기 특징량 결정 조건의 조합으로 이루어지는 조건 세트의 각각에 대해, 상기 복수의 활상 화상에 의거하여, 상기 특징량과, 상기 교시 정보와의 회귀 곡선을 취득하는 것과,

[0026] - 상기 프로세서가, 상기 회귀 곡선에 의거하여, 상기 조건 세트 중 하나 이상을 선택하는 것

[0027] 을 포함한다.

[0028] 본 발명에 따른 장치의 일례는, 상술한 방법을 실행한다.

[0029] 본 발명에 따른 프로그램의 일례는, 상술한 방법을 컴퓨터에 실행시킨다.

발명의 효과

[0030] 본 발명에 따른 방법, 장치 및 프로그램에 따르면, 반도체 패턴을 적절히 인식하기 위한 조건을 보다 적절히 결정할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0031] 도 1은 촬상 조건 및 화상 처리 조건의 선택 공정을 나타내는 플로우차트.
 도 2는 촬상 조건 및 화상 처리 조건의 선택 기능을 구비한 패턴 치수 및 오버레이 오차의 계측 장치의 개요를 나타내는 블록도.
 도 3은 촬상 조건 및 화상 처리 조건의 자동 선택 기능을 설정하는 GUI 화면의 일례를 나타내는 도면.
 도 4는 다층 구조를 갖는 반도체 디바이스의 일부와, 그 SEM 화상의 일례를 나타내는 도면으로서, 하층 패턴과 상층 패턴의 양쪽이 비쳐 보이는 예.
 도 5는 다층 구조를 갖는 반도체 디바이스의 일부와, 그 SEM 화상의 일례를 나타내는 도면으로서, 하층 패턴의 일부가 상층 패턴에 숨겨져 보이지 않는 예.
 도 6은 도 4A의 패턴을 부적당한 촬상 조건으로 촬상한 SEM 화상의 예를 나타내는 도면.
 도 7은 도 5A의 패턴을 부적당한 촬상 조건으로 촬상한 SEM 화상의 예를 나타내는 도면.
 도 8은 도 4의 패턴을 대상으로 하나 이상의 화상 처리 조건으로 부분 영역을 추출한 예를 나타내는 도면.
 도 9는 도 5의 패턴을 대상으로 하나 이상의 화상 처리 조건으로 부분 영역을 추출한 예를 나타내는 도면.
 도 10은 하나 이상의 특징량 결정 조건으로 얻어진 부분 영역의 특징량과 교시 정보와의 회귀 곡선의 예를 나타내는 도면.
 도 11은 주사 전자 현미경의 일례를 나타내는 도면.
 도 12는 도 5와 같은 하층 패턴이 일부 숨겨져 보이지 않는 예에 있어서, 패턴의 깊이 등의 치수로부터 숨김 상태를 고려하여 모델화한 회귀 곡선의 예를 나타내는 도면.
 도 13은 실시예 2에 있어서, 전자빔을 기울여 도 4의 패턴을 촬상함으로써, 오버레이 오차를 의사(擬似)적으로 발생시킨 SEM 화상의 예를 나타내는 도면.
 도 14는 실시예 2에 있어서, 전자빔을 기울여 도 5의 패턴을 촬상함으로써, 오버레이 오차를 의사적으로 발생시킨 SEM 화상의 예를 나타내는 도면.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0032] 이하, 본 발명의 실시형태를 첨부 도면에 의거하여 설명한다.
- [0033] [실시예 1]
- [0034] 실시예 1에서는, 오버레이가 기지(既知)인 실험용 웨이퍼를 활용한다.
- [0035] <본 실시예의 대상으로 되는 반도체 패턴 예>
- [0036] 이하, 반도체 패턴을 단순히 패턴이라 할 경우가 있다. 패턴은 예를 들면 2차원 형상에 의해 나타내진다. 반도체 웨이퍼를 촬상하는 SEM의 전자빔의 가속 전압을 올리면 전자빔이 투과하고, 하층의 패턴에 대해 예를 들면 도 4의 SEM 화상(404, 407) 및 도 5의 SEM 화상(505, 506)과 같은 상이 얻어진다.
- [0037] 도 4A 중, 지면(紙面) 상층의 도 4A의 (a)는 SEM 화상(예를 들면 상면도에 대응함)을 나타내고, 지면 하층의 도 4A의 (b)는 도 4A의 (a)의 일점쇄선을 따른 수직 단면도를 나타낸다. 도 4B, 도 5, 도 6, 도 7, 도 13 및 도 14에 대해서도 마찬가지이다.
- [0038] 도 4A에 예시하는 반도체 시료에는, 이하의 패턴이 포함되어 있다.
- [0039] - 서로 간에 복수의 트렌치(홈 형상 패턴)를 형성하는 복수의 상층 패턴(401)
- [0040] - 트렌치의 바닥부를 구성하는 패턴(402)
- [0041] - 패턴(401)의 하층에 위치하고, 패턴(401)의 장변 방향에 직교하는 방향으로 연장되도록 형성된 하층 패턴(403)
- [0042] SEM 화상(404)에는, 패턴(401~403)이 표시되어 있다. 저가속의 전자빔에서는, 시료 표면에 노출되어 있지 않은 패턴(403)까지 도달할 수 없어, 패턴(403)은 표시되지 않지만, 고가속의 전자빔을 조사하면, 전자빔이 패턴

(401, 402)을 관통해, 패턴(403)까지 도달하기 때문에, 패턴(403)이 표시된다.

- [0043] 한편, 패턴(403)의 일부인 부위(405)의 상층에는, 패턴(401)이 위치하고, 패턴(403)의 일부인 부위(406)의 상층에는, 패턴(402)이 위치한다. 전자빔이 투과 하는 층의 유무, 두께, 재질 등에 따라, 방출되는 전자량 즉 화상의 밝기가 서로 다르다. 이 때문에, 하나의 패턴(패턴(403))이 복수의 화상 농담도로 묘출(描出)되게 된다.
- [0044] 도 4B에, 상층 패턴(401)과, 트렌치의 바닥부에 위치하는 패턴(402)과, 하층 패턴(403)과의 사이에서 오버레이 오차가 생긴 경우의 SEM 화상(407) 및 그 단면도를 나타낸다. SEM 화상(407)의 각 부위의 밝기는 SEM 화상(404)과 다르지 않지만, SEM 화상(407)에서는 부위(406)가 오버레이 오차에 따라 어긋난 상태로 찍힌다.
- [0045] 도 4에 나타내는 예에서는, 패턴(403)의 양단이, 부위(406)에 나타내는 바와 같이 트렌치의 바닥부에 위치하는 패턴(402)에 균등하게 연장되어 있는 것이 바람직하므로, 패턴 간의 관계가 그렇게 되어 있는지의 여부를 확인할 수 있다면 호적(好適)하다. 따라서, 도 4에 나타내는 SEM 화상에서 오버레이 오차를 계측하기 위해서는, 상층 패턴(401)과, 트렌치의 바닥부에 위치하는 패턴(402)과, 하층 패턴(403)의 각각의 영역을 추출하면 호적하다.
- [0046] 또한, 도 5A에 예시하는 반도체 시료에는, 이하의 패턴이 포함되어 있다.
- [0047] - 깊은(예를 들면 마이크론 오더 이상의) 구멍 패턴의 상층을 형성하는 패턴(501)
- [0048] - 구멍 패턴의 하층을 구성하는 패턴(502)
- [0049] - 구멍 바닥에 나타나는 패턴(503)
- [0050] SEM 화상(505)에는, 패턴(501~503) 및, 구멍 패턴의 측벽부의 패턴(504)이 표시되어 있다. 저가속의 전자빔에서는, 구멍 바닥에 나타나는 패턴(503)으로부터 방출되는 전자가 상면으로부터 탈출할 수 없어(예를 들면 측벽에 흡수되어), 패턴(503)은 표시되지 않는다. 한편, 고가속의 전자빔을 조사하면, 패턴(503)으로부터 방출되는 전자가 패턴(501)을 관통해, 상면으로부터 탈출할 수 있기 때문에, 패턴(503)이 표시된다.
- [0051] 도 5B에 상층 패턴(501)과 하층 패턴(503) 사이에서 오버레이 오차가 생긴 경우의 SEM 화상(505)과 단면도의 예를 나타낸다. 도 4와 달리, 구멍이 깊기 때문에, 구멍 바닥에 나타나는 패턴(503) 중 상층 패턴(501)이 겹쳐 있는 부위는, 고가속 빔으로도 상층 패턴(501)을 왕복으로 관통할 수 없다. 이 때문에, SEM 화상 상에서는 패턴(503)의 형상이 완전하게는 나타나지 않고, 패턴(501)과 측벽 부위의 패턴(504)의 밝기로 덮여쓰여져 있다.
- [0052] 도 5에 나타내는 예에서는, 하층 패턴(503)이 구멍 바닥의 중심에 위치하고 있는 것이 바람직하므로, 패턴 간의 관계가 그렇게 되어 있는지의 여부를 확인할 수 있다면 호적하다. 따라서, 도 5에 나타내는 화상에서 오버레이 오차를 계측하기 위해서는, 구멍 바닥에 나타나는 패턴(502)과, 패턴(503)의 각각의 영역을 추출하면 호적하다.
- [0053] 도 4와 도 5에 나타내는 SEM 화상 예는 모두 단면도로 나타내는 상층 패턴과 하층 패턴을 SEM 화상 상에서 확인할 수 있는 케이스이다. 그러나, 이와 같이 화상 상에서 패턴을 강조시키기 위해서는, 가속 전압이나 검출기의 에너지 밸브별 조건 등의 촬상 조건을 적절히 결정할 필요가 있다.
- [0054] 촬상 조건은, 예를 들면, 이하의 적어도 한쪽에 관한 정보를 포함한다.
- [0055] - 하전 입자선의 조사 에너지
- [0056] - 방출되는 전자를 검출할 때에 사용되는 에너지의 역치
- [0057] 이러한 촬상 조건을 사용하면, 촬상 조건을 적절히 조절함에 의해 양호한 화상을 취득할 수 있는 가능성이 높아진다.
- [0058] 도 4와 도 5의 반도체 패턴에 있어서, 촬상 조건이 부적절한 경우의 SEM 화상의 예를 도 6와 도 7에 각각 나타낸다. 도 6A에서는, 가속 전압이 너무 낮았기 때문에 하층 패턴(403)을 강조하지 못하는 SEM 화상(605)을 나타낸다. 도 6B에서는, 반대로 가속 전압이 너무 높았기 때문에, 상층 패턴(401)과, 트렌치의 바닥부에 위치하는 패턴(402)과의 밝기의 콘트라스트가 사라져 있는 SEM 화상(606)을 나타낸다. 마찬가지로, 도 7A에서는, 가속 전압이 너무 낮았기 때문에 구멍 바닥에 나타나는 패턴(503)을 강조하지 못하는 SEM 화상(705)을 나타내고, 도 7B에서는, 반대로 가속 전압이 너무 높았기 때문에 구멍 바닥과 측벽의 밝기의 콘트라스트가 사라져 있는 SEM 화상(706)을 나타낸다.
- [0059] 패턴 치수나 오버레이 오차의 계측 공정의 시작 시에는, 도 6이나 도 7에 나타내는 부적절한 SEM 화상으로 되지 않도록, 작업원이 매뉴얼로 촬상 조건을 조정할 경우가 있다. 그러나, 이것에는 상기와 같이, 촬상 대상의 구

조와, 하전 입자선 장치의 광학계 및 검출계의 특성에 대한 이해가 필요하다. 또한, 도 4나 도 5에 나타내는 SEM 화상이 얻어졌다고 하고, 영역 특징량으로서 원하는 패턴 치수나 오버레이 오차를 결정하기 위한 특징량 결정 조건도, 작업원이 매뉴얼로 조정할 경우가 있다. 그러나, 이것도 상기와 같이, 패턴 치수나 오버레이 오차 계측의 화상 처리 알고리즘에 대한 이해가 필요하다. 이 때문에, 촬상 조건과 특징량 결정 조건의 조정은 작업원에게 부하가 커지고, 조정에 시간을 요하는 것이 과제로 되고 있다.

[0060] <실시예 1에 따른 하전 입자선 장치>

[0061] 도 11은, 실시예 1에 있어서 이용 가능한 하전 입자선 장치의 일종인 주사 전자 현미경(Scanning Electron Microscope : SEM)(1100)의 개요를 나타내는 도면이다. 전자원(1101)으로부터 인출 전극(1102)에 의해 인출되고, 도시하지 않은 가속 전극에 의해 가속된 전자빔(1103)은, 집속 렌즈의 일 형태인 콘덴서 렌즈(1104)에 의해, 좁혀진 후에, 주사 편향기(1105)에 의해, 시료(1109) 상을 일차원적, 혹은 이차원적으로 주사된다. 전자빔(1103)은 시료대(1108)에 내장된 전극에 인가된 음전압에 의해 감속됨과 함께, 대물 렌즈(1106)의 렌즈 작용에 의해 집속되어 시료(1109) 상에 조사된다.

[0062] 전자빔(1103)이 시료(1109)에 조사되면, 당해 조사 개소로부터 이차 전자, 및 후방 산란 전자 등의 전자(1110)가 방출된다. 방출된 전자(1110)는, 시료에 인가되는 음전압에 의거하는 가속 작용에 의해, 전자원 방향으로 가속되고, 변환 전극(1112)에 충돌하고, 이차 전자(1111)를 생기게 한다. 변환 전극(1112)으로부터 방출된 이차 전자(1111)는, 검출기(1113)에 의해 포착되고, 포착된 이차 전자량에 의해, 검출기(1113)의 출력이 변화된다. 이 출력에 따라 도시하지 않은 표시 장치의 휘도가 변화된다. 예를 들면 이차원상을 형성할 경우에는, 주사 편향기(1105)에의 편향 신호와, 검출기(1113)의 출력의 동기를 취함으로써, 주사 영역의 화상을 형성한다.

[0063] 또한, 도 11에 예시하는 주사 전자 현미경은, 도시하지 않은 가속 전극에 고전압(예를 들면 15kV 이상)의 인가가 가능한 장치이고, 고가속으로 전자빔을 조사함에 의해, 시료 표면에는 노출되어 있지 않은 매질 패턴 등에, 전자빔을 도달시킬 수 있다.

[0064] 또한, 도 11의 예에서는 시료로부터 방출된 전자를 변환 전극으로 일단 변환하여 검출하는 예에 대해 설명하고 있지만, 물론 이러한 구성에 한정되지 않고, 예를 들면 가속된 전자의 궤도 상에, 전자배상관(電子倍像管)이나 검출기의 검출면을 배치하는 구성으로 하는 것도 가능하다. 또한, 변환 전극(1112) 및 검출기(1113)는 각각 하나일 필요는 없고, 광축에 대해 방위각 방향이나 양각 방향에 분할된 복수의 검출면과 각 검출면에 대응하는 검출기를 갖는 구성으로 해도 된다. 이 구성에서는, 한번의 촬상으로 검출기의 수의 촬상 화상을 동시에 취득할 수 있다.

[0065] 제어 장치(1120)는, 예를 들면 이하의 기능을 구비한다.

[0066] - 주사 전자 현미경의 각 구성 요소를 제어하는 기능

[0067] - 검출된 전자에 의거하여 화상을 형성하는 기능

[0068] - 시료 상에 형성된 패턴의 패턴 폭을 계측하는 기능(예를 들면, 라인 프로파일이라 하는 검출 전자의 강도 분포에 의거하여 계측함)

[0069] 또한, 제어 장치(1120) 내에는, 주로 SEM의 광학 조건을 제어하는 SEM 제어 장치와, 검출기(1113)에 의해 얻어진 검출 신호의 신호 처리를 행하는 신호 처리 장치가 포함되어 있다. 제어 장치(1120)는, 빔의 주사 조건(방향이나 속도 등)을 제어하기 위한 주사 제어 장치를 포함한다. 또한, 제어 장치(1120) 내에는 도시하지 않은 기억 매체가 구비되어 있고, 후술하는 바와 같은 화상 처리나 연산을 컴퓨터(프로세서를 포함함)에 실행시키는 프로그램이 기억되어 있어도 된다. 컴퓨터는 계산기여도 된다.

[0070] <실시예 1의 처리 플로우>

[0071] 도 1은 실시예 1에 따른 촬상 조건 및 특징량 결정 조건의 선택 공정을 나타내는 플로우차트이다. 이 플로우차트는, 하전 입자선 장치의 촬상 화상에 따른 조건 결정 방법을 나타낸다. 제어 장치(1120)는, 도 1에 나타내는 방법을 실행함에 의해, 하전 입자선 장치의 촬상 화상에 따른 조건을 결정하는 장치로서 기능한다.

[0072] 도 1에 나타내는 방법은, 예를 들면 공지의 하드웨어 구성을 갖는 컴퓨터에 의해 실행 가능하다. 컴퓨터는 예를 들면 연산 수단 및 기억 수단을 구비한다. 연산 수단은 예를 들면 프로세서를 포함하고, 기억 수단은 예를 들면 반도체 메모리 장치 및 자기 디스크 장치 등의 기억 매체를 포함한다. 기억 매체의 일부 또는 전부가, 과

도적이지 않은(non-transitory) 기억 매체여도 된다.

- [0073] 또한, 컴퓨터는 입출력 수단을 구비해도 된다. 입출력 수단은, 예를 들면 키보드 및 마우스 등의 입력 장치와, 디스플레이 및 프린터 등의 출력 장치와, 네트워크 인터페이스 등의 통신 장치를 포함한다.
- [0074] 기억 수단은 프로그램을 기억해도 된다. 프로세서가 이 프로그램을 실행함에 의해, 컴퓨터는 본 실시형태에 있어서 설명되는 기능을 실행해도 된다.
- [0075] 도 2에, 이러한 컴퓨터를 포함하는 구체예를 나타낸다. 도 2는, 활상 조건과 특징량 결정 조건을 자동 선택하는 기능을 갖는 장치(200)의 일례를 나타내는 도면이다. 장치(200)는, 예를 들면 패턴 치수 및 오버레이 오차를 계측하는 장치이다.
- [0076] 장치(200)는, 컴퓨터로서의 구성을 갖고, 하전 입자선 장치의 활상 화상에 따른 조건 결정 방법(예를 들면 도 1에 나타내는 것)을 실행함에 의해, 하전 입자선 장치의 활상 화상에 따른 조건 결정 장치로서 기능한다.
- [0077] 장치(200)는, 이하의 구성 요소를 구비한다.
- [0078] - 도 11에 예시하는 주사 전자 현미경과 같은 화상 생성 장치로부터, 화상 정보를 입력하고, 계측 결과 등을 출력하는 입출력부(205)
- [0079] - GUI 화상 상에서 필요한 정보의 입력을 접수하는 조작부(204)
- [0080] - 이하의 정보를 기억하는 기억부(206)
- [0081] * 자동 선택에 사용하는 활상 화상
- [0082] * 활상 조건
- [0083] * 교시 정보(예를 들면 패턴으로부터 직접적 또는 간접적으로 측정할 수 있는 정보)
- [0084] * 특징량 결정 조건
- [0085] * 장치(200)의 동작에 따른 프로그램
- [0086] - 연산부(202)를 구비하는 제어부(201). 연산부(202)는, 입출력부(205)로부터 입력된 화상 정보와, 조작부(204)나 기억부(206)로부터 입력된 각 조건 정보 등에 의거하여, 활상 조건과 특징량 결정 조건의 자동 선택이나 계측에 요하는 연산 처리를 실행하는
- [0087] - 이하의 정보를 표시하는 표시부(203)
- [0088] * 주사 전자 현미경에 의해 얻어진 화상
- [0089] * 화상에 의거하여 얻어진 계측 결과
- [0090] * GUI 화상
- [0091] 도 1의 처리에 있어서, 우선 조작부(204)는, 자동 선택에 사용하는 웨이퍼의 ID를 취득한다(스텝 101). 웨이퍼 ID는, 웨이퍼를 식별하기 위한 식별 정보이다.
- [0092] 입력된 당해 웨이퍼 ID에 의거하여, 기억부(206)는 당해 웨이퍼에 관한 정보(활상 화상, 활상 조건, 교시 정보)의 데이터를 검색하고, 표시부(203)에 표시한다(스텝 102). 이와 같이, 복수의 활상 화상의 각각은, 웨이퍼 ID에 관련해서 취득된다. 여기에서, 웨이퍼 ID에 관련되는 활상 화상을 모두 취득해도 되지만, 취득되는 활상 화상은, 또 다른 정보(후술하는 활상 위치 등)에 의거하여 한정되어도 되고, 그 경우에는, 보다 후의 시점에서 활상 화상을 취득해도 된다. 이와 같이 하면, 적절한 활상 화상만이 취득되어, 효율적이다.
- [0093] 또한, 웨이퍼 ID에 관련지어져 있는 활상 화상, 활상 조건, 교시 정보 등의 데이터는, 자동 선택 처리에 앞서 미리 취득해서 기억부(206)에 저장해 둘 수 있다. 이 데이터 세트의 일례로서는, 일반적인 반도체 검사용 SEM 장치에 구비되어 있는 자동 활상 기능의 설정 데이터 파일(이후, 「활상 레시피」로 표기)에 대해, 활상 화상마다 교시 정보를 관련지는 데이터 파일 등을 생각할 수 있다. 활상 레시피에는, 일반적으로 사용자가 설정한 활상 조건과 활상 대상의 웨이퍼 ID, 그리고 웨이퍼 내의 활상 위치가 기록되어 있다.
- [0094] 데이터 구조의 구체예는 다음과 같은 것이다.
- [0095] - 각 웨이퍼 ID에, 복수의 활상 위치가 관련지어진다.

- [0096] - 각 활상 위치에 대해, 그 위치에서 활상된 하나 이상의 활상 화상이 관련지어진다. 즉, 활상 화상은, 복수의 위치에서 활상된 화상을 포함한다. 이와 같이 함에 의해, 다양한 위치의 활상 화상에 의거하여 효과적인 학습을 행할 수 있다.
- [0097] - 각 활상 화상에 대해, 하나 이상의 활상 조건의 어느 것이 관련지어진다. 즉, 각 활상 화상은, 하나 이상의 활상 조건의 어느 것에 따라서 활상된 화상이다.
- [0098] - 각 활상 화상에 대해, 하나 이상의 교시 정보가 관련지어진다.
- [0099] 교시 정보는, 예를 들면 패턴의 오버레이 오차를 포함한다. 이러한 교시 정보를 사용함에 의해, 반도체 제조에 있어서 유용한 평가 기준을 사용할 수 있다.
- [0100] 각 활상 화상은,
- [0101] - 웨이퍼 상에 형성된 패턴에 하전 입자선을 조사하는 것과,
- [0102] - 패턴으로부터 방출되는 전자를 검출하는 것을 통해 생성된 화상이다. 이러한 화상은, 예를 들면 주사 전자 현미경(1100)에 의해 활상된 화상이라 할 수 있다.
- [0104] 다음으로, 조작부(204)는, 사용자의 조작에 따라 활상 조건의 후보 리스트(후보로서 선택된 활상 조건을 1 이상 포함함)를 선택하고, 연산부(202)는, 기억부(206)로부터, 선택된 활상 조건에 관련지어져 있는 활상 화상 및 그 교시 정보를 읽어들이어 취득한다(스텝 103). 이와 같이, 복수의 활상 화상의 각각은, 활상 조건의 어느 것에 관련해서 취득되므로, 사용자는 활상 화상을 개별적으로 지정할 필요가 없어, 효율적이다.
- [0105] 선택 가능한 활상 조건을 증가시키기 위해서는, 예를 들면, 활상 조건만을 변경한 활상 레시피를 사용해서 자동 활상하면 된다.
- [0106] 다음으로, 조작부(204)는, 사용자의 조작에 따라, 화상 처리 조건의 후보 리스트(후보로서 선택된 화상 처리 조건을 1 이상 포함함)를 선택하고, 연산부(202)는 기억부(206)로부터 이 화상 처리 조건 후보를 읽어들인다(스텝 104).
- [0107] 여기에서, 화상 처리 조건이란, 예를 들면 화상으로부터 부분 영역을 추출하기 위한 조건이고, 예를 들면, 화상 처리 알고리즘이 단순한 화상의 밝기에 의거하는 역치 처리인 경우는, 화상 처리 조건은 휘도에 관한 정보(예를 들면 휘도의 역치)를 포함한다. 휘도에 의거하는 화상 처리는 다수의 방식이 공지이고, 다양한 알고리즘을 사용할 수 있다.
- [0108] 혹은, 특허문헌 1에 기술되어 있는 템플릿을 기점으로 한 Graphcut법을 사용할 경우에는, 화상 처리 조건은, Graphcut법에서 사용하는 가중 파라미터를 포함해도 된다. 혹은, 심층 학습 등에 의거하는 방법을 사용할 경우는, 화상 처리 조건은, 네트워크의 하이퍼 파라미터를 포함해도 된다.
- [0109] 선택 가능한 화상 처리 조건은, 유저가 임의로 설정해서 증가시켜도 되고, 각 화상 처리 조건을 어느 범위 내에서 균등 혹은 랜덤으로 바꿔 증가시켜도 된다.
- [0110] 다음으로, 조작부(204)는, 자동 선택 처리에 사용하는 특징량과 교시 정보를, 사용자의 조작에 따라 선택하고, 연산부(202)는 이것을 읽어들이어 취득한다(스텝 105).
- [0111] 여기에서 특징량이란, 예를 들면 활상 화상으로부터 추출된 부분 영역에 의거하여 결정되는 영역 특징량이다. 예로서, 계측 대상이 패턴의 치수인 경우는, 영역 특징량은 예로서 이하 중 적어도 하나를 포함한다.
- [0112] - 부분 영역의 면적
- [0113] - 부분 영역의 둘레 길이
- [0114] - 부분 영역의 최대 직경
- [0115] - 부분 영역의 최소 직경
- [0116] 이러한 영역 특징량을 사용함에 의해, 부분 영역의 특정의 치수를 적절히 평가할 수 있다.
- [0117] 이 경우에는서는, 하나의 화상 처리 조건에 의해, 하나의 화상으로부터 하나의 특징량이 결정된다. 즉, 하나의 특징량 결정 조건은 하나의 화상 처리 조건을 포함한다.

- [0118] 또한, 계측 대상에 따라, 특징량 결정 조건으로서, 복수의 화상 처리 조건으로 이루어지는 조합이 사용된다. 계측 대상이 오버레이 오차인 경우는 그 예이다. 예를 들면, 특징량 결정 조건은, 제1 화상 처리 조건 및 제2 화상 처리 조건을 포함한다. 연산부(202)는, 각 촬상 화상에 대해, 제1 화상 처리 조건에 의거하여 제1 부분 영역을 추출하고, 마찬가지로, 그 촬상 화상에 대해, 제2 화상 처리 조건에 의거하여 제2 부분 영역을 추출한다. 이 경우에는, 영역 특징량은, 예로서 이하 중 적어도 하나를 포함한다.
- [0119] - 제1 부분 영역의 중심 위치와, 제2 부분 영역의 중심 위치의 어긋남량
- [0120] - 제1 부분 영역과 제2 부분 영역이 겹쳐 있는 부분의 면적
- [0121] - 제1 부분 영역과 제2 부분 영역이 겹쳐 있는 부분의 둘레 길이
- [0122] - 제1 부분 영역과 제2 부분 영역이 겹쳐 있는 부분의 최대 직경
- [0123] - 제1 부분 영역과 제2 부분 영역이 겹쳐 있는 부분의 최소 직경
- [0124] 이러한 영역 특징량을 사용함에 의해, 부분 영역 간의 특징의 중복 부분의 치수를 적절히 평가할 수 있다.
- [0125] 또한, 하나의 특징량 결정 조건에 포함되는 화상 처리 조건의 수를 결정하는 방법은 적절히 설계 가능한데, 예를 들면 각 교시 정보에 관련지어 사전에 결정해두고, 선택된 교시 정보에 의거하여 연산부(202)가 결정할 수 있다. 예를 들면, 교시 정보가 최대 직경인 경우에는, 하나의 특징량 결정 조건은 화상 처리 조건을 하나만 포함하고, 교시 정보가 오버레이 오차인 경우에는, 하나의 특징량 결정 조건은 2개의 화상 처리 조건의 조합을 포함한다.
- [0126] 연산부(202)는, 스텝 101~105에서 읽어들이는 촬상 화상, 촬상 조건, 교시 정보, 및 특징량 결정 조건에 의거하여, 각 촬상 조건 후보에 있어서의 각 촬상 화상을 각 화상 처리 조건 후보로 처리하고, 각각의 부분 영역 화상을 얻고, 각 부분 영역 화상에 의거하여, 영역 특징량을 계산한다(스텝 106~110).
- [0127] 예를 들면, 연산부(202)는, 스텝 106에 있어서, 하나의 촬상 조건에 따라서 촬상된 촬상 화상을 취득한다.
- [0128] 다음으로, 연산부(202)는, 스텝 107에 있어서, 각 촬상 화상에 대해, 후보 리스트에 포함되는 화상 처리 조건을 하나 취득한다. 상술한 바와 같이, 화상 처리 조건은, 영역 특징량을 결정하기 위한 조건이므로, 특징량 결정 조건이라고도 할 수 있다.
- [0129] 다음으로, 연산부(202)는, 그 화상 처리 조건에 의거하여 화상을 처리하고 부분 영역을 추출한다.
- [0130] 다음으로, 연산부(202)는, 스텝 108에 있어서, 하나 이상의 부분 영역에 의거하여 영역 특징량을 산출한다. 영역 특징량을 산출하기 위해 복수의 부분 영역이 필요한 경우에는, 1회의 스텝 108의 실행에 대해 스텝 106 및 107을 각각 복수 회 실행해도 된다.
- [0131] 이와 같이, 연산부(202)는, 각 촬상 화상에 대해, 특징량 결정 조건(단일의 화상 처리 조건을 포함하거나, 또는 복수의 화상 처리 조건으로 이루어지는 조합을 포함함)에 의거하여 영역 특징량을 산출한다.
- [0132] 이러한 처리에 따르면, 하나의 부분 영역으로부터 단일의 영역 특징량을 산출할 경우에도, 복수의 부분 화상으로부터 단일의 영역 특징량을 산출할 경우(오버레이 오차 계측 등)여도, 본 실시예에서 취급하는 것이 가능해진다.
- [0133] 다음으로, 연산부(202)는, 스텝 109에 있어서, 미처리의 화상 처리 조건이 있을 경우에는 스텝 107로 되돌아가고, 모든 화상 처리 조건에 대해 처리를 행한다.
- [0134] 다음으로, 연산부(202)는, 스텝 110에 있어서, 미처리의 촬상 조건이 있을 경우에는 스텝 106으로 되돌아가고, 모든 촬상 조건에 대해 처리를 행한다.
- [0135] 도 8에, 도 4의 패턴을 대상으로 하나 이상의 화상 처리 조건으로 부분 영역을 추출한 예를 나타낸다. 도 9에, 도 5의 패턴을 대상으로 하나 이상의 화상 처리 조건으로 부분 영역을 추출한 예를 나타낸다.
- [0136] 촬상 조건 1이 적절한 촬상 조건이고, 촬상 조건 2는 부적절한 촬상 조건을 나타낸다. 촬상 위치 1은 패턴이 올바르게 형성되어 있는 위치에 대응하고, 촬상 위치 2는 패턴이 올바르게 형성되어 있지 않은 위치에 대응한다. 부분 영역 화상은, 각각 서로 다른 층의 패턴을 추출하고 있는 모습을 나타낸다. 본 실시예에서는, 이 촬상 조건과 화상 처리 조건의 조합 조건으로부터, 후술하는 처리에 의해, 적당한 조합 조건이 도출된다.
- [0137] 또한, 상기와 같이 복수의 검출기에 의해 한번의 촬상으로 촬상 화상을 얻어도 된다. 또한, 도 8 및 도 9에서

는, 각 부분 영역은 백과 흑의 2차 화상에 의해 표시되지만, 화상 처리 알고리즘에 따라, 3차 이상의 화상에 의해 표시되어도 된다.

- [0138] 연산부(202)는, 활상 조건 및 특징량 결정 조건의 조합으로 이루어지는 조건 세트의 각각에 대해, 복수의 활상 화상에 의거하여, 영역 특징량과, 교시 정보와의 회귀 곡선을 취득한다(스텝 111).
- [0139] 예를 들면, 활상 조건의 후보 리스트가 활상 조건 A1 및 A2를 포함하고, 특징량 결정 조건이 단일의 화상 처리 조건으로 이루어지고, 화상 처리 조건의 후보 리스트가 화상 처리 조건 B1 및 B2를 포함할 경우에는, 조건 세트는 다음과 같이 4가지로 되고, 합계로 4개의 회귀 곡선이 취득된다.
- [0140] - 조건 세트 X1 : 활상 조건 A1 & 화상 처리 조건 B1
- [0141] - 조건 세트 X2 : 활상 조건 A1 & 화상 처리 조건 B2
- [0142] - 조건 세트 X3 : 활상 조건 A2 & 화상 처리 조건 B1
- [0143] - 조건 세트 X4 : 활상 조건 A2 & 화상 처리 조건 B2
- [0144] 또한, 예를 들면, 활상 조건의 후보 리스트가 활상 조건 A1 및 A2를 포함하고, 특징량 결정 조건이 2개의 화상 처리 조건으로 이루어지고, 화상 처리 조건의 후보 리스트가 화상 처리 조건 B1, B2 및 B3을 포함할 경우에는, 특징량 결정 조건은 다음과 같이 3가지로 된다.
- [0145] - 특징량 결정 조건 C1 : 화상 처리 조건 B1+B2
- [0146] - 특징량 결정 조건 C2 : 화상 처리 조건 B1+B3
- [0147] - 특징량 결정 조건 C3 : 화상 처리 조건 B2+B3
- [0148] 조건 세트는 다음과 같이 6가지로 되고, 합계로 6개의 회귀 곡선이 취득된다.
- [0149] - 조건 세트 Y1 : 활상 조건 A1 & 특징량 결정 조건 C1
- [0150] - 조건 세트 Y2 : 활상 조건 A1 & 특징량 결정 조건 C2
- [0151] - 조건 세트 Y3 : 활상 조건 A1 & 특징량 결정 조건 C3
- [0152] - 조건 세트 Y4 : 활상 조건 A2 & 특징량 결정 조건 C1
- [0153] - 조건 세트 Y5 : 활상 조건 A2 & 특징량 결정 조건 C2
- [0154] - 조건 세트 Y6 : 활상 조건 A2 & 특징량 결정 조건 C3
- [0155] 또한, 여기에서, 조건 세트는 복수이다. 즉, 활상 조건 및 특징량 결정 조건 중 적어도 한쪽은 복수이다.
- [0156] 도 10에, 교시 정보로서 오버레이 오차를 사용하여, 영역 특징량에 서로 다른 부분 영역 간의 중심 어긋남량을 사용했을 경우의, 회귀 곡선의 예를 나타낸다. 일례에서는 회귀 곡선에 단순한 직선을 사용한다. 예를 들면, 영역 특징량을 X로 하고, 교시 정보인 오버레이 오차를 Y로 했을 경우에, $Y=aX+b$ (단 a, b는 상수)로 되는 직선을 사용한다. 또한, 도 10에 나타내는 회귀 곡선은 참고예를 나타내고, 실시예 1과는 반드시 정합하지는 않는다.
- [0157] 회귀 곡선을 직선으로 함에 의해, 계산량을 저감할 수 있다.
- [0158] 또한, 회귀 곡선은, 반도체 패턴에 따른 치수(예를 들면 높이, 직경, 오버레이 오차 등)를 파라미터로 사용해서 나타내면 호적하다. 이와 같이 하면, 반도체 패턴을 적절히 평가할 수 있다.
- [0159] 회귀 곡선에는 직선이 아닌 곡선을 사용해도 된다. 특히 도 12에 나타내는 바와 같은, 오버레이 오차가 커짐에 따라 구멍 바닥에 나타나는 하층 패턴이 서서히 상층 패턴에 숨겨져 가는 케이스에 있어서는, 하층 패턴이 구멍 바닥 내에서 밖에 추출되지 않기 때문에, 중심의 어긋남량은 구멍 바닥의 반경이 상한으로 된다. 그러한 경우에는, 직선이 아니라, 구멍의 직경이나 깊이와 같은 치수를 사용해서 모델화한 함수를 사용하는 편이 좋은 경우가 있다. 예를 들면, 회귀 곡선은, 다항식 곡선, 쌍곡선, 또는 시그모이드 곡선이어도 된다. 즉, $Y=f(X)$ 로서, $f(X)$ 에 이들 곡선을 나타내는 함수를 사용해도 된다.
- [0160] 이러한 회귀 곡선을 사용함에 의해, 조건 세트의 보다 유연한 평가가 가능해진다. 또한, 예를 들면, 영역 특징량과 교시 정보가 단순히 일치하지 않는 경우나, 영역 특징량의 차원과 교시 정보의 차원이 서로 다른

경우여도, 적절히 조건 세트를 평가할 수 있다.

- [0161] 스텝 111 후, 연산부(202)는, 이들 회귀 곡선 중 회귀 오차가 최소로 되는 것을 선택하고, 이것에 대응하는 조건 세트를 취득한다(스텝 112). 즉, 연산부(202)는, 회귀 곡선에 의거하여, 조건 세트를 하나 선택한다. 또한, 변형예로서, 복수의 조건 세트(예를 들면 상위 소정 범위)를 선택해도 된다.
- [0162] 마지막으로, 기억부(206)는, 선택된 조건 세트(즉, 촬상 조건과 특징량 결정 조건의 조합. 또한 상술한 바와 같이 특징량 결정 조건은 하나 이상의 화상 처리 조건을 포함함)를, 웨이퍼 ID에 관련지어 기억한다.
- [0163] 도 1의 처리는, 모든 웨이퍼 ID에 대해 실행할 수 있다. 그 후, 어느 웨이퍼를 대상으로 해서 오버레이 계측 오차를 계측할 경우에는, 조작부(204)가 그 웨이퍼의 웨이퍼 ID를 취득하고, 연산부(202)는, 기억부(206)로부터 그 웨이퍼 ID에 대해 선택된 조건 세트를 읽어들이고, 그 조건 세트를 사용해서 촬상 및 화상 처리를 행할 수 있다. 이 조건 세트를 사용하면, 패턴 치수나 오버레이 오차를 적절히 계측하는 것이 가능해진다.
- [0164] 본 실시예에서는, 스텝 102에서 기술한 교시 정보로서, 오버레이 오차가 기지인 실험용 웨이퍼를 사용한다. 실험용 웨이퍼는, 예를 들면 노광기에서 패턴을 웨이퍼 상에 전사할 때에, 의도적으로 노광 위치를 어긋나게 하는 등에 의해 작성한다. 이에 의해, 패턴의 노광 범위마다, 오버레이 오차가 서로 다른 실험용 웨이퍼를 만들 수 있다. 이 실험용 웨이퍼 상의 어느 위치에서 노광 범위를 얼마만큼 어긋나게 했는지라는 정보와, 촬상 레시피를 관련지음으로써, 스텝 102에서 필요한 데이터 세트를 작성 가능하다.
- [0165] [실시예 2]
- [0166] 실시예 2에서는, 경사 범이 활용된다. 본 실시예는, 실시예 1에 있어서, 교시 정보가, 오버레이 오차를 대신해서, 또는 이것에 더해, 하전 입자선의 조사 각도를 포함하도록 변경한 것이다.
- [0167] 본 실시예에 있어서의 장치 구성은, 실시예 1에서 설명한 도 11에 나타내는 주사 전자 현미경의 구성과 동일하게 할 수 있다.
- [0168] 도 4A, 도 5A에 나타내는 패턴에 대해, 각각 바로 윗 방향의 전자빔(1301, 1401)을 조사하여 주사했을 경우의 SEM 화상(1303, 1403)을 도 13A, 도 14A에 나타낸다. 또한, 각각 경사시킨 전자빔(1302, 1402)을 조사하여 주사했을 경우의 SEM 화상(1304, 1404)을 도 13B, 도 14B에 나타낸다.
- [0169] 도 13의 예에서는, 전자빔을 경사시킴에 의해, 도 4B의 SEM 화상(407)에 나타내는 오버레이 오차가 있는 화상에 유사한 화상을 생성할 수 있다. 즉, 이 전자빔의 조사 각도를 교시 정보로 하고, 영역 특징량을 서로 다른 부분 영역 간의 중심 어긋남량으로 하면, 상층과 하층의 오버레이 오차 계측에 적합한 촬상 조건 및 화상 처리 조건을 자동으로 선택할 수 있다.
- [0170] 또한, 도 14의 예에서는, 전자빔을 경사시킴에 의해, 구멍 패턴의 상면의 개구부와 구멍 바닥의 오버레이 오차를 모의한 화상을 생성할 수 있다. 즉, 이 전자빔의 조사 각도를 교시 정보로 하고, 영역 특징량을 서로 다른 부분 영역 간의 중심 어긋남량으로 하면, 이 오버레이 오차의 계측에 적합한 촬상 조건 및 화상 처리 조건을 자동으로 선택할 수 있다.
- [0171] 이 오버레이 오차는 깊은 구멍의 기울기 상태를 나타내고, 도 5에서 기술한 하층 패턴의 중심으로부터의 어긋남과는 다른 지표이지만, 깊은 구멍 공정에 있어서의 유용한 관리 지표의 하나이다.
- [0172] 본 실시예에 따르면, 특수한 실험용 샘플을 준비할 필요 없이, 주사 전자 현미경 장치만으로 교시 정보의 취득 및 촬상 조건과 화상 처리 조건의 자동 선택을 행할 수 있다.
- [0173] [실시예 3]
- [0174] 실시예 3에서는, 전기 특성값이 활용된다.
- [0175] 본 실시예는, 실시예 1에 있어서, 교시 정보가, 오버레이 오차를 대신해서, 또는 이것에 더해, 전기 특성 정보를 포함하도록 변경한 것이다. 본 실시예에 있어서의 장치 구성은, 실시예 1에서 설명한 도 2에 나타내는 블록도 및 도 11에 나타내는 주사 전자 현미경의 구성과 동일하게 할 수 있다.
- [0176] 일반적으로, 반도체 디바이스는 배선 공정 후에, 그 전기 성능적인 양부(良否)를 확인할 목적으로 전기 특성 검사가 행해진다. 따라서, 이 전기 특성의 양부를 나타내는 교시 정보(예를 들면, 정전용량, 전기저항 등)를 사용함으로써, 촬상 조건 및 화상 처리 조건의 최적화를 행할 수 있을 경우가 있다.
- [0177] 본 실시예에 따르면, 전기 성능이라는 반도체 디바이스의 최종 성능에 의거하는 촬상 조건 및 화상 처리 조건의

최적화를 행할 수 있다.

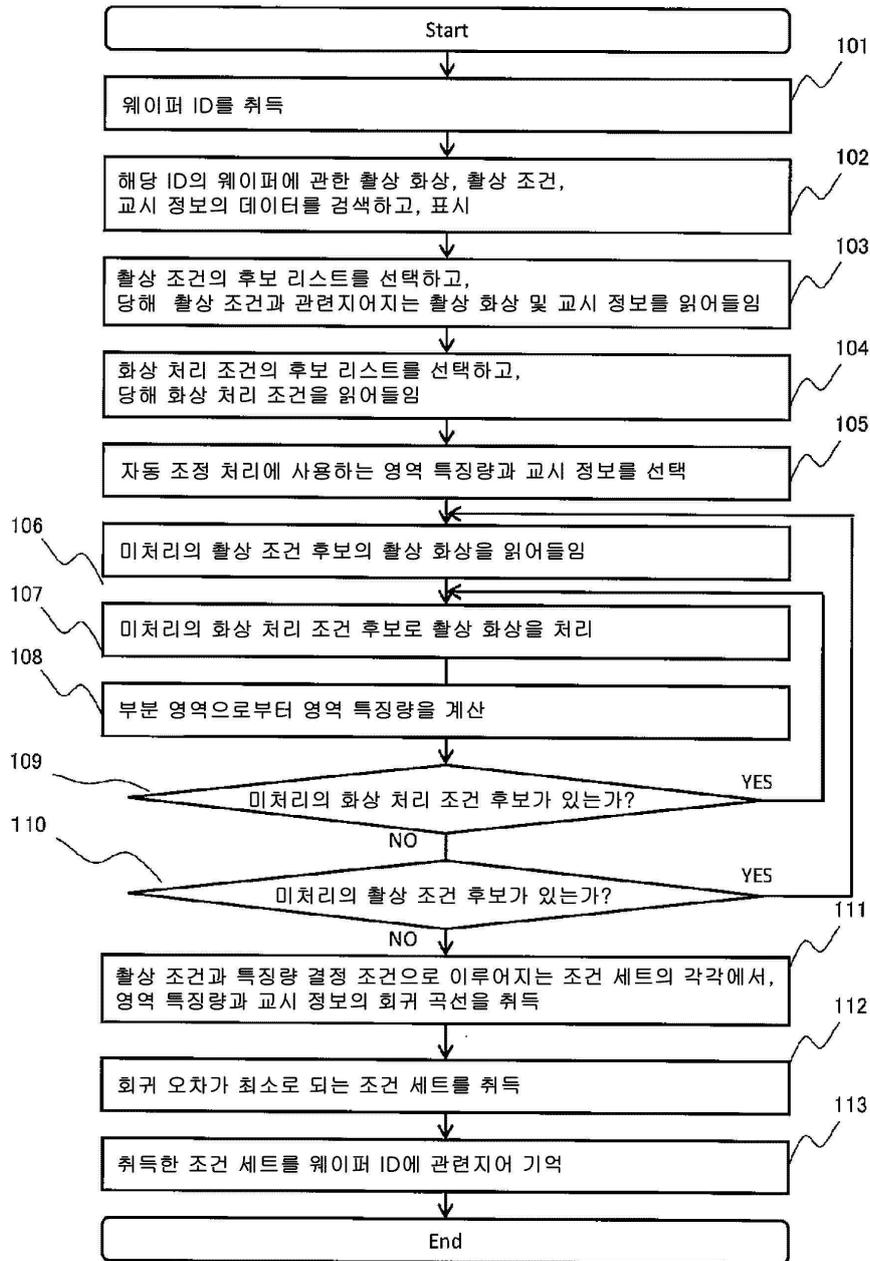
- [0178] 또한, 실시예 1~3에서는 활상 조건과 화상 처리 조건의 양쪽을 동시에 자동 선택하는 방법에 대해 기술했지만, 한쪽의 조건을 고정하고, 다른 한쪽만을 자동 선택하도록 하는 운용으로 하는 것도 가능하다.
- [0179] [실시예 4]
- [0180] 실시예 4에서는, GUI(그래피컬 유저 인터페이스)가 사용된다.
- [0181] 본 실시예는, 실시예 1~3 중 어느 하나에 있어서, 추가적으로 특정의 GUI를 사용하도록 변경한 것이다. 도 3에 나타내는 활상 조건과 화상 처리 조건의 자동 선택 기능 박스(300)는, 이하의 구성 요소를 화면 상에 표시한다.
- [0182] - 웨이퍼 ID의 입력 박스(304)
- [0183] - 활상 조건 후보의 선택 박스(301)(활상 조건을 선택하기 위한 선택 박스. 스텝 101~103)
- [0184] - 화상 처리 조건 후보의 선택 박스(302)(특징량 결정 조건을 선택하기 위한 선택 박스. 스텝 104)
- [0185] - 영역 특징량 및 교시 정보의 선택 박스(303)(교시 정보를 선택하기 위한 선택 박스. 스텝 105)
- [0186] 실시예 4에 따르면, 조작부(204)가, 교시 정보 및 특징량 결정 조건을 취득하기 위한 GUI를 출력하므로, 사용자는 필요한 항목을 용이하게 입력할 수 있다.
- [0187] 도 3에 나타내는 바와 같이, GUI는, 활상 조건에 관련지어진 교시 정보를 표시해도 된다. 이와 같이 하면, 사용자는 이용 가능한 교시 정보를 용이하게 파악할 수 있다.

부호의 설명

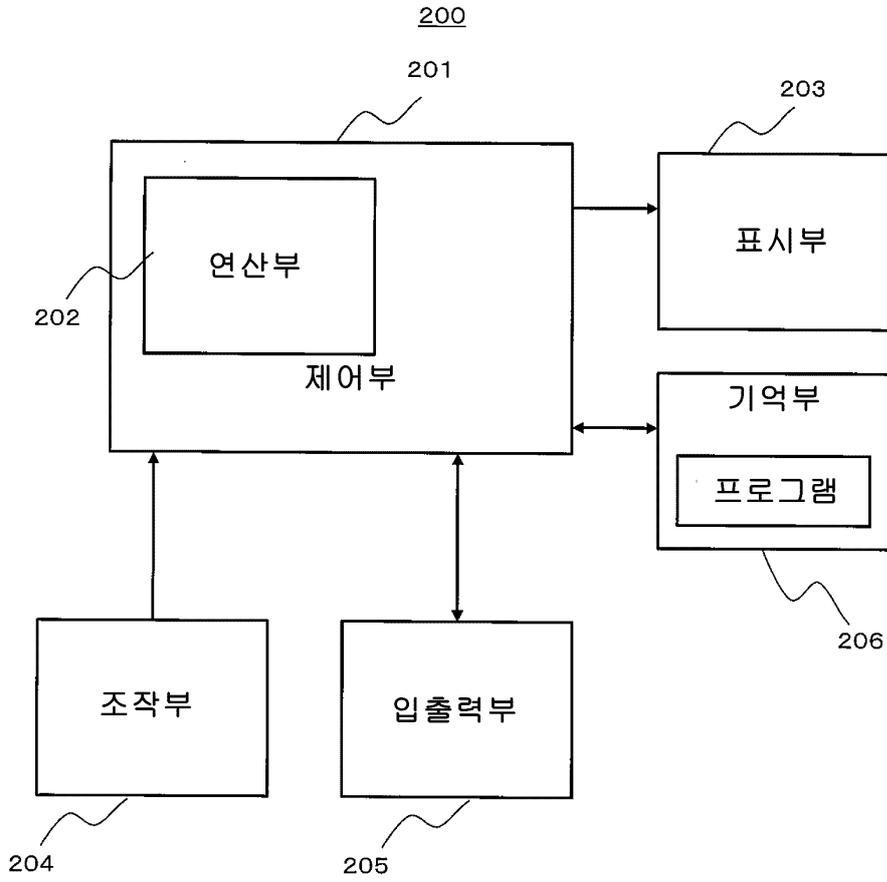
- [0188] 200...장치 201...제어부(프로세서)
- 202...연산부 203...표시부
- 204...조작부 205...입출력부
- 206...기억부 300...자동 선택 기능 박스
- 301~303...선택 박스 304...입력 박스
- 401~403...패턴 404...SEM 화상
- 405...부위 406...부위
- 407...SEM 화상 501~504...패턴
- 505...SEM 화상 605...SEM 화상
- 606...SEM 화상 705...SEM 화상
- 706...SEM 화상 1100...주사 전자 현미경
- 1101...전자원 1102...인출 전극
- 1103...전자빔 1104...콘덴서 렌즈
- 1105...주사 편향기 1106...대물 렌즈
- 1108...시료대 1109...시료
- 1110...전자 1111...이차 전자
- 1112...변환 전극 1113...검출기
- 1120...제어 장치 1301, 1302...전자빔
- 1303, 1304...SEM 화상

도면

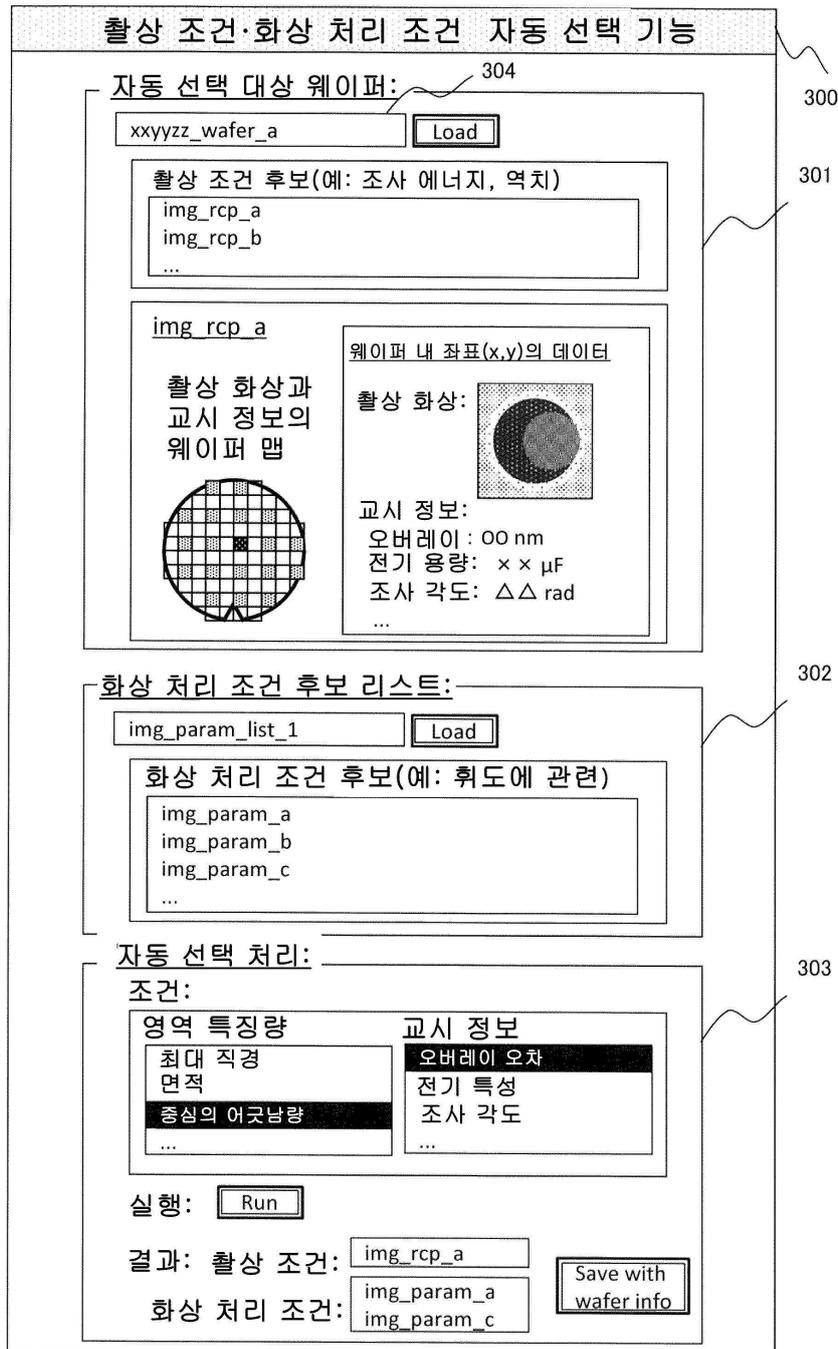
도면1



도면2

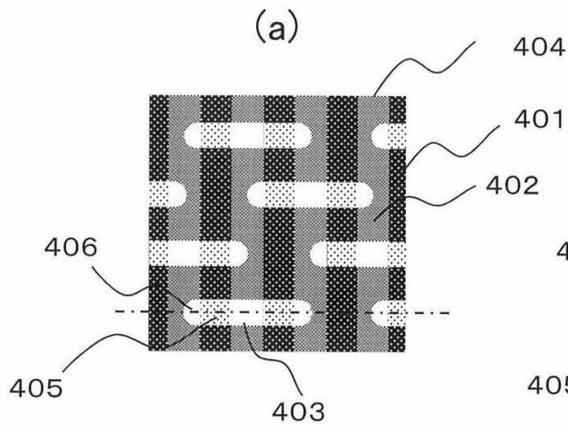


도면3

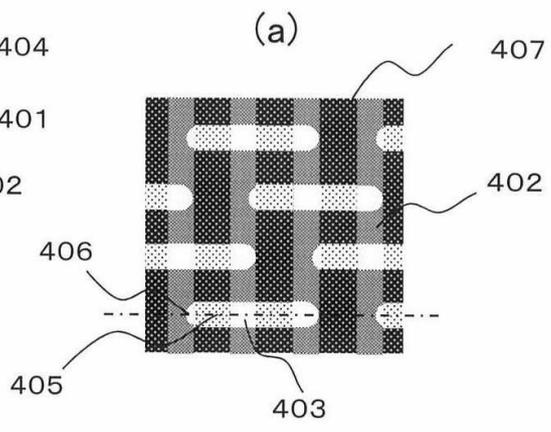


도면4

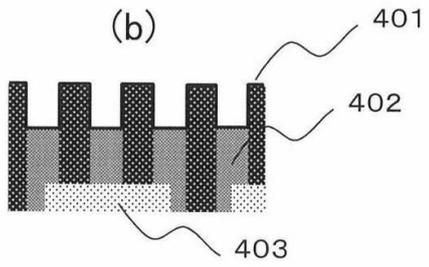
도 4A



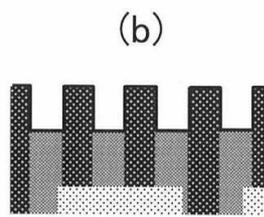
도 4B



(b)

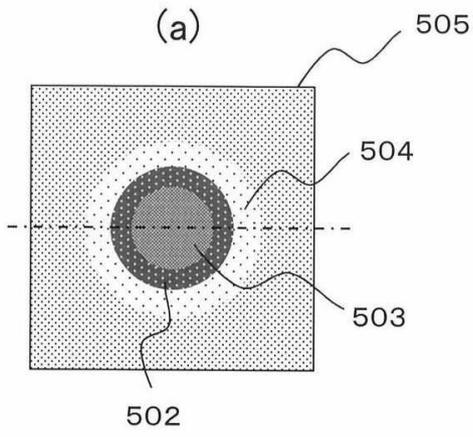


(b)

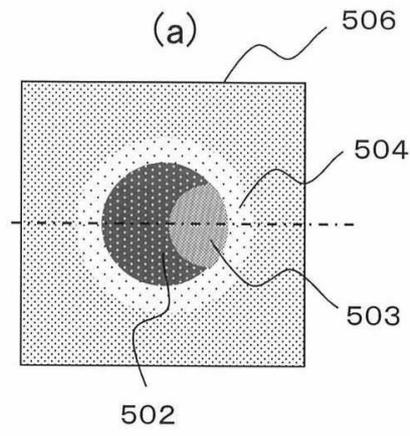


도면5

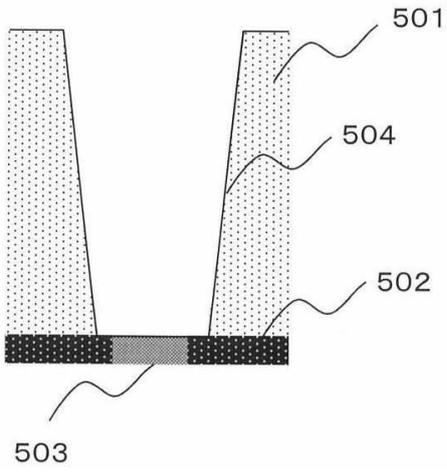
도 5A



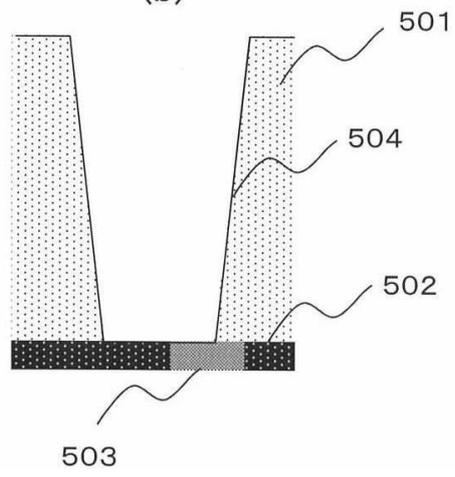
도 5B



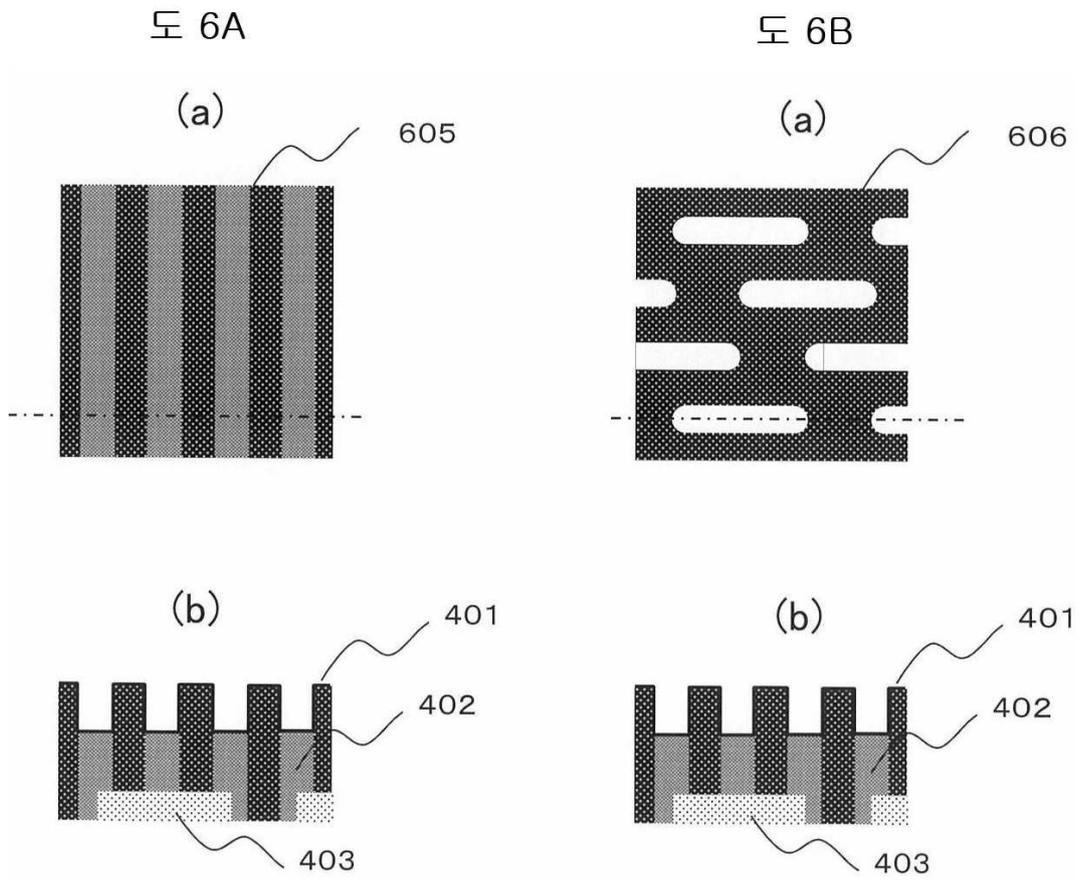
(b)



(b)

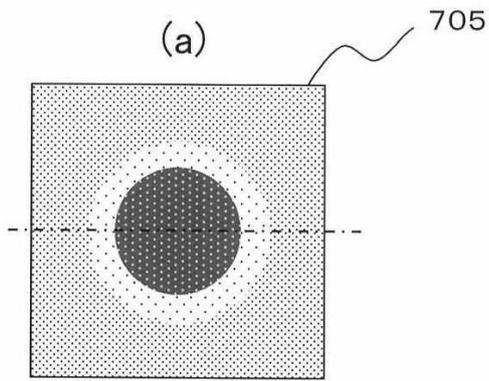


도면6

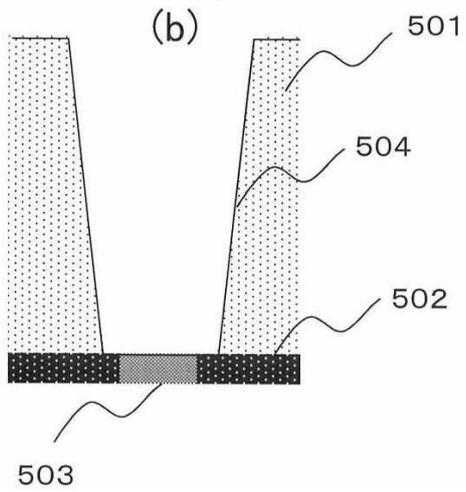
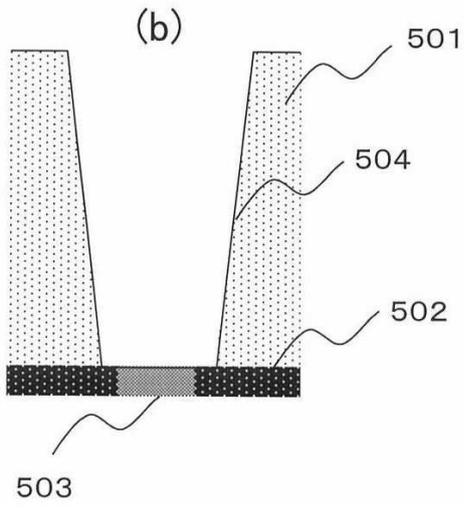
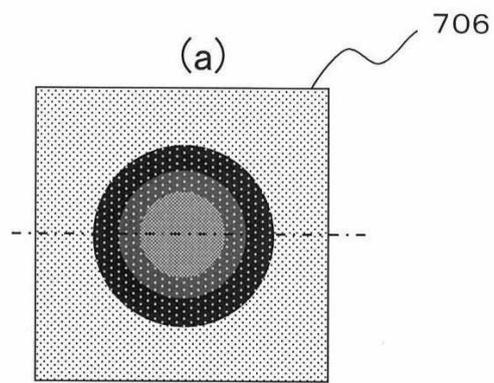


도면7

도 7A



도 7B



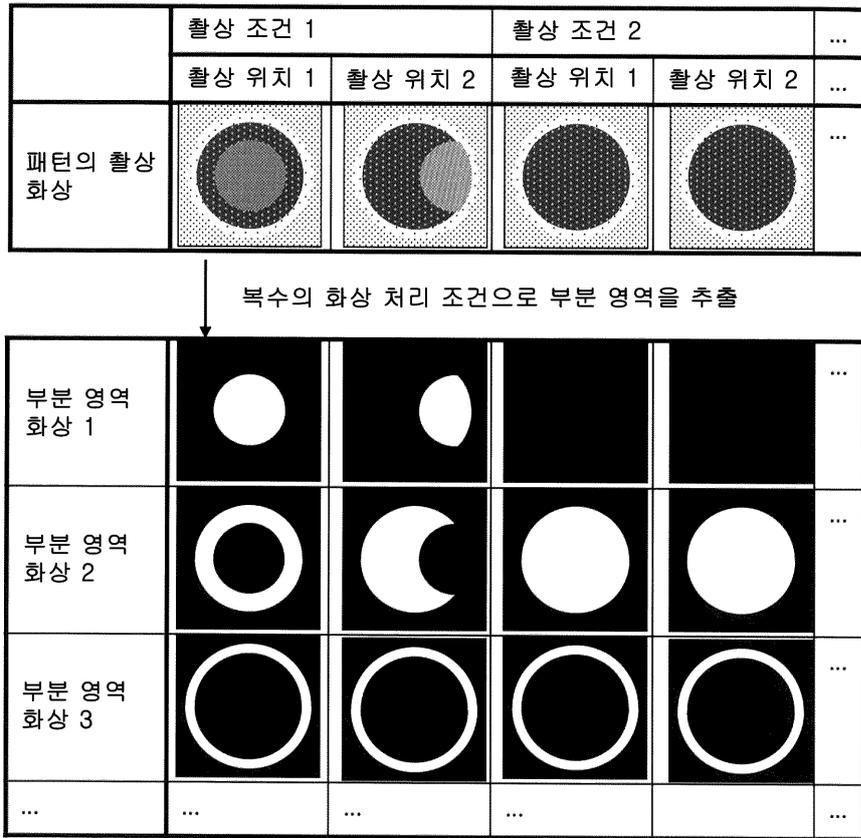
도면8

	활상 조건 1		활상 조건 2		...
	활상 위치 1	활상 위치 2	활상 위치 1	활상 위치 2	...
패턴의 활상 화상					...

복수의 화상 처리 조건으로 부분 영역을 추출

부분 영역 화상 1					...
부분 영역 화상 2					...
부분 영역 화상 3					...
...

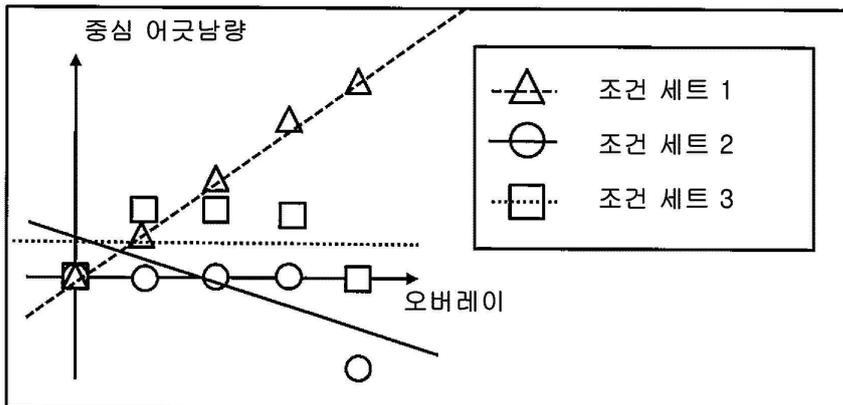
도면9



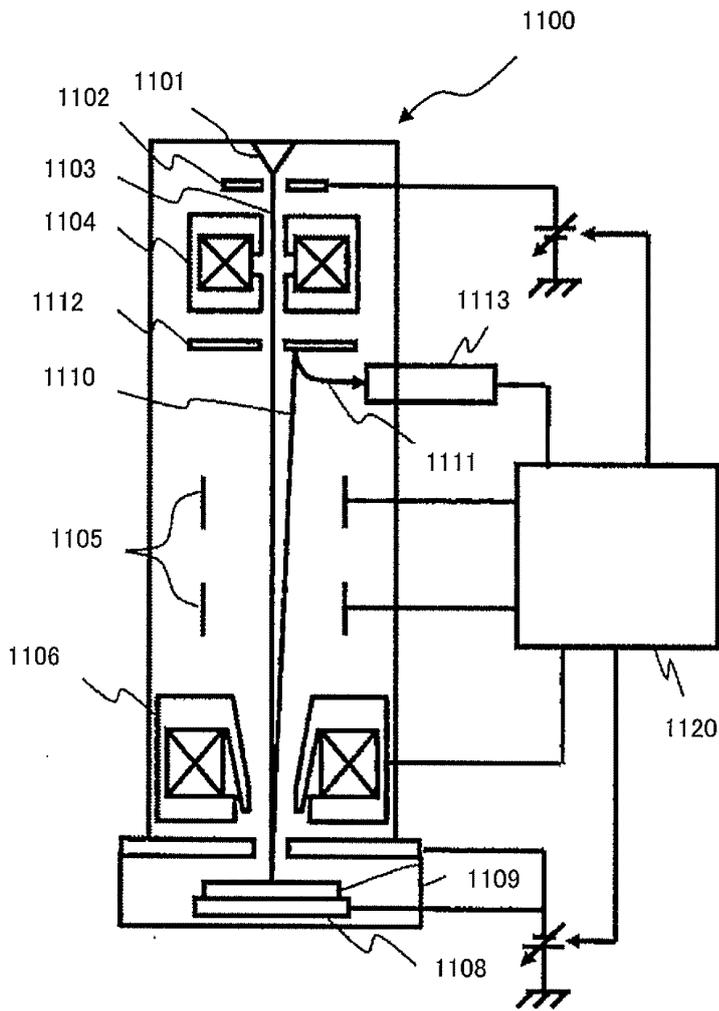
도면10

	활상 화상 1	활상 화상 2	활상 화상 3	...
교시 정보 오버레이 오차	$\pm 0 \text{ nm}$	$+ 5 \text{ nm}$	$+ 10 \text{ nm}$...
활상 조건 1에서의 부분 영역 1과 2의 중심 어긋남량(특징량 결정 조건 1에 따름)	$\pm 0 \text{ nm}$	$+ 5 \text{ nm}$	$+ 10 \text{ nm}$...
활상 조건 1에서의 부분 영역 1과 3의 중심 어긋남량(특징량 결정 조건 2에 따름)	$\pm 0 \text{ nm}$	$\pm 0 \text{ nm}$	$- 5 \text{ nm}$...
활상 조건 1에서의 부분 영역 2와 3의 중심 어긋남량(특징량 결정 조건 3에 따름)	$\pm 0 \text{ nm}$	$+ 5 \text{ nm}$	$\pm 0 \text{ nm}$...
...

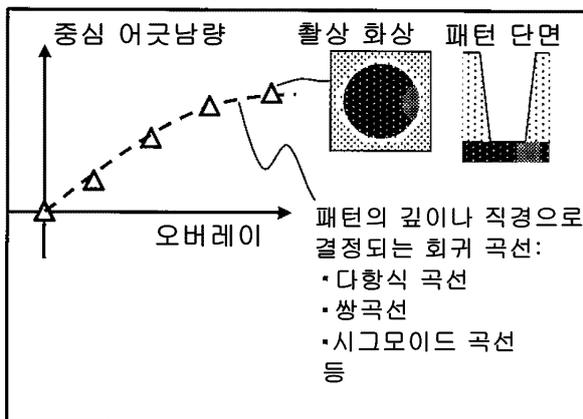
회귀 곡선을 계산



도면11

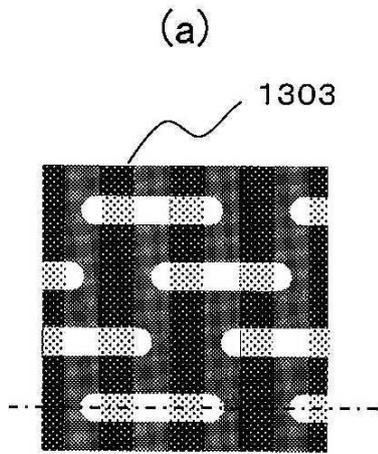


도면12

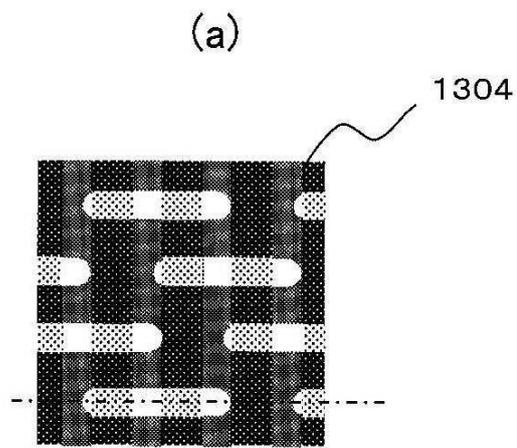


도면13

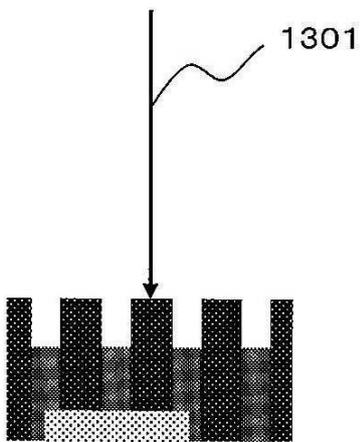
도 13A



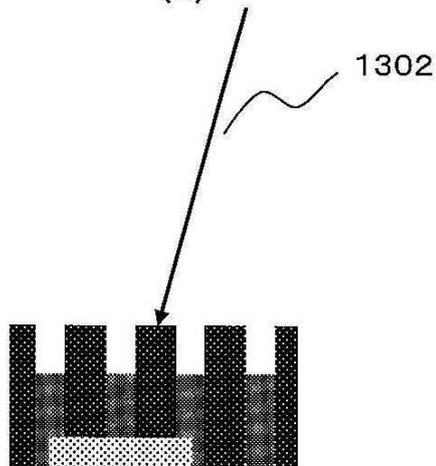
도 13B



(b)

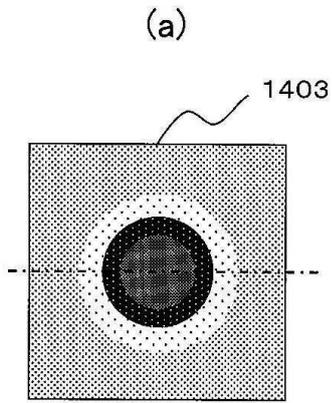


(b)

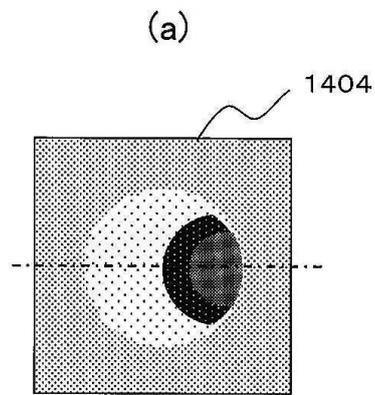


도면14

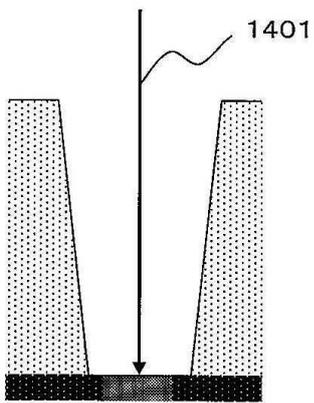
도 14A



도 14B



(b)



(b)

