



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2023-0074807
(43) 공개일자 2023년05월31일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G06T 11/00 (2006.01) G06T 3/40 (2006.01)
G06T 7/33 (2017.01) G06T 7/38 (2017.01)
- (52) CPC특허분류
G06T 11/003 (2013.01)
G06T 3/4007 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2023-7014482
- (22) 출원일자(국제) 2021년10월14일
심사청구일자 2023년04월27일
- (85) 번역문제출일자 2023년04월27일
- (86) 국제출원번호 PCT/EP2021/025402
- (87) 국제공개번호 WO 2022/096144
국제공개일자 2022년05월12일
- (30) 우선권주장
63/109,447 2020년11월04일 미국(US)

- (71) 출원인
칼 짜이스 에스엠테 게엠베하
독일 73447 오버코헨 루돌프-에버-슈트라세 2
- (72) 발명자
코르프 토마스
독일 73525 슈베비슈 그윈트 요제프슈트라세 17
복스바움 알렉스
미국 94582 캘리포니아주 샌 라몬 블랙슨 코트 204
(뒷면에 계속)
- (74) 대리인
양영준, 노대웅

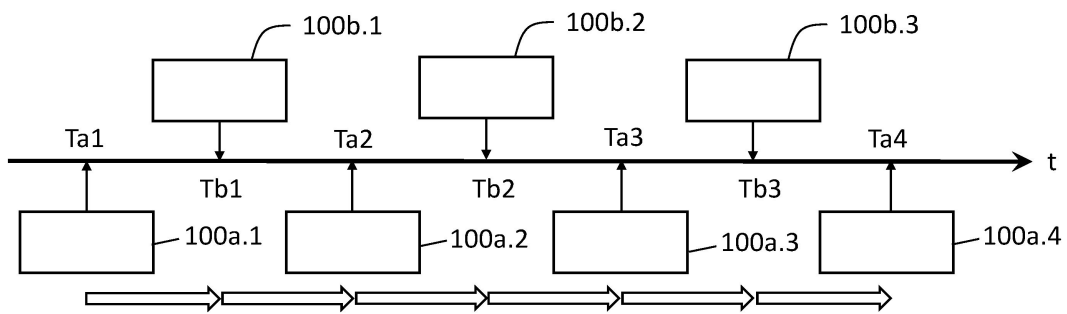
전체 청구항 수 : 총 23 항

(54) 발명의 명칭 제1 이미지 세트로부터 제2 이미지 세트로 3D 단층 촬영의 정렬 정보 전달

(57) 요약

본 발명은 제1 이미지 세트로부터 제2 이미지 세트로 정렬 정보를 전달하는 것에 관한 것이다. 제1 이미징 모드에서 시간 T_{a_i} 에서 촬영된 제1 단면 이미지 세트가 얻어진다. 제2 이미징 모드에서 T_{a_i} 와는 상이한 시간 T_{b_j} 에서 촬영된 제2 단면 이미지 세트가 얻어진다. 제1 및 제2 이미지 세트를 얻는 것은 후속적으로 샘플의 단면 표면층을 제거하는 것과, 제1 이미징 모드 또는 제2 이미징 모드에서 샘플의 새로운 단면을 이미징하는 것을 포함한다. 제1 및 제2 단면 이미지 세트를 얻는 동안 제1 이미징 모드와 제2 이미징 모드 사이에서 전환이 수행된다. 정렬 정보는 정렬 정보의 시간 중속 보간을 포함하여 제1 세트의 이미지로부터 제2 세트로 전달된다.

대표도



(52) CPC특허분류

G06T 7/33 (2017.01)

G06T 7/38 (2017.01)

H01J 2237/226 (2013.01)

(72) 발명자

포카 오이젠

독일 73479 엘방엔 바르바라-슈테히-백 10

노이만 옌스 티모

독일 73434 알렌 베를레스할데 54

아비샤이 아미르

미국 94588 캘리포니아주 플레전턴 더블유. 라스
포지타스 #313 5721

클로호코프 드미트리

독일 73525 슈베비슈 그윈트 렉토어-클라우스-슈트
라셰 40

명세서

청구범위

청구항 1

3D 단층 촬영에서 제1 이미지 세트로부터 제2 이미지 세트로 정렬 정보를 전달하는 방법이며, 이하의 단계:

시간 T_{ai} 에서 촬영되는 제1 단면 이미지 세트를 제1 이미징 모드에서 얻는 단계;

시간 T_{ai} 와는 상이한 시간 T_{bj} 에서 촬영되는 제2 단면 이미지 세트를 제2 이미징 모드에서 얻는 단계로서;

여기서 제1 및 제2 단면 이미지 세트를 얻는 단계는 후속적으로 특히 집속 이온 빔을 사용하여 샘플의 단면 표면층을 제거하여 이미징을 위해 접근 가능한 새로운 단면을 만드는 단계, 및 특히 하전 입자 빔으로 제1 이미징 모드 또는 제2 이미징 모드에서 샘플의 새로운 단면을 이미징하는 단계를 포함하고,

제1 및 제2 단면 이미지 세트를 얻는 동안 제1 이미징 모드와 제2 이미징 모드 사이에서 전환이 수행되는, 제1 및 제2 단면 이미지 세트를 얻는 단계;

제1 세트의 단면 이미지에 포함된 정렬 정보를 결정하는 단계; 및

제1 세트의 단면 이미지로부터의 정렬 정보를 제2 세트의 단면 이미지로 전달하는 단계를 포함하고,

정렬 정보를 전달하는 단계는 정렬 정보의 시간 종속 보간을 포함하는, 방법.

청구항 2

제1항에 있어서, 제1 세트의 단면 이미지는 제1 이미징 픽셀 크기를 갖고, 제2 세트의 단면 이미지는 제1 이미징 픽셀 크기와는 상이한 제2 이미징 픽셀 크기를 갖는, 방법.

청구항 3

제2항에 있어서, 제1 이미징 픽셀 크기는 제2 이미징 픽셀 크기의 적어도 2배인, 방법.

청구항 4

제1항 내지 제3항 중 어느 한 항에 있어서, 제1 이미징 모드와 제2 이미징 모드 사이의 전환은 각각의 단면 이미지를 얻은 후에 엄격하게 교대로 수행되는, 방법.

청구항 5

제1항 내지 제4항 중 어느 한 항에 있어서, 정렬 정보를 결정하는 단계는 기점의 위치를 결정하는 단계를 포함하는, 방법.

청구항 6

제5항에 있어서, 제1 및 제2 단면 이미지 세트를 얻는 단계는 연속 밀링 모드에서 수행되는, 방법.

청구항 7

제6항에 있어서, 정렬 정보를 전달하는 단계는 제1 세트의 단면 이미지가 얻어질 때의 시간 T_{ai} 의 지점에 기초하여 제2 세트의 단면 이미지가 얻어질 때의 시간 T_{bj} 의 지점에 대한 상기 기점의 위치의 시간 종속 보간을 포함하는, 방법.

청구항 8

제7항에 있어서, 시간 종속 보간은 선형 보간인, 방법.

청구항 9

제8항에 있어서, 2개의 단면 이미지를 촬영하는 사이의 시간 간격은 일정한, 방법.

청구항 10

제8항에 있어서, 정렬 정보는 측면 정렬 정보 및/또는 깊이 정렬 정보인, 방법.

청구항 11

제5항에 있어서, 제1 및 제2 단면 이미지 세트를 얻는 단계는 밀링-정지-이미지 모드에서 수행되는, 방법.

청구항 12

제11항에 있어서, 정렬 정보를 전달하는 단계는 제1 세트의 단면 이미지가 얻어질 때의 시간 T_{ai} 의 지점에 기초하여 제2 세트의 단면 이미지가 얻어질 때의 시간 T_{bj} 의 지점에 대한 상기 기점의 위치의 시간 종속 보간을 포함하는, 방법.

청구항 13

제12항에 있어서, 시간 종속 보간은 선형 보간인, 방법.

청구항 14

제13항에 있어서, 2개의 단면 이미지를 촬영하는 사이의 시간 간격은 일정한, 방법.

청구항 15

제13항에 있어서, 정렬 정보의 시간 종속 보간은 측면 정렬 정보의 시간 종속 보간인, 방법.

청구항 16

제15항에 있어서, 깊이 정렬 정보는 보간되지 않는, 방법.

청구항 17

제16항에 있어서, 제1 세트의 단면 이미지의 깊이 정렬 정보는 제2 세트의 대응 단면 이미지에 동일하게 전달되는, 방법.

청구항 18

제5항 내지 제17항 중 어느 한 항에 있어서, 기점은 깊이 방향으로 정확하게 신장하는 평행한 기점의 세트 및 깊이 방향으로 비스듬히 신장하는 비평행한 기점의 세트를 포함하는, 방법.

청구항 19

제1항 내지 제18항 중 어느 한 항에 있어서, 이하의 단계:

얻어진 단면 이미지의 이미지 정합을 수행하고 3D 데이터 세트를 얻는 단계를 더 포함하는, 방법.

청구항 20

제1항 내지 제19항 중 어느 한 항에 따른 방법을 실행하기 위해 구성된 프로그램 코드를 갖는, 컴퓨터 프로그램 제품.

청구항 21

제1항 내지 제19항 중 어느 한 항에 따른 방법을 수행하도록 구성된, 검사 디바이스.

청구항 22

제21항에 있어서,

집속 이온 빔 디바이스;

전자 또는 이온으로 동작하고 샘플의 새로운 단면의 이미징을 위해 구성된 하전 입자 동작 디바이스를 포함하고,

집속 이온 빔과 전자/이온 빔은 서로 소정 각도로 배열되고 동작되며, 집속 이온 빔의 빔축과 전자/이온 빔의 빔축은 서로 교차하는, 검사 디바이스.

청구항 23

제21항 또는 제22항에 있어서,

집속 이온 빔과 전자/이온 빔은 서로 약 90°의 각도를 형성하는, 검사 디바이스.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 슬라이스 및 이미지 접근법에서 2D 슬라이스로부터 3D 단층 촬영 데이터의 생성에 관한 것이다. 더 구체적으로, 본 발명은 예를 들어 집적 반도체 샘플과 같은, 예를 들어 샘플의 3D 체적 이미지를 얻기 위해 제1 이미지 세트로부터 제2 이미지 세트로 정렬 정보를 전달하는 방법에 관한 것이다. 더욱이, 본 발명은 대응 컴퓨터 프로그램 제품 및 대응 검사 디바이스에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] nm 스케일의 샘플로부터, 예를 들어 nm 스케일의 반도체 샘플로부터 3D 단층 촬영 데이터를 생성하는 통상적인 방법은 예를 들어 이중 빔 디바이스에 의해 정교하게 되는 소위 슬라이스 및 이미지 접근법이다. 이러한 장치에서, 2개의 입자 광학 시스템은 소정 각도로 배열된다. 제1 입자 광학 시스템은 주사 전자 현미경(SEM) 또는 예를 들어 헬륨 이온 현미경(HIM)과 같은 다른 하전 입자 현미경일 수 있다. 제2 입자 광학 시스템은 예를 들어 갈륨(Ga) 이온을 사용하는 집속 이온 빔 광학 시스템(FIB)일 수 있다. Ga 이온의 집속 이온 빔(FIB)은 샘플의 에지에서 층을 슬라이스별로 절단("밀링")하는 데 사용되고 모든 단면은 주사 전자 현미경(SEM) 또는 HIM을 사용하여 이미징된다. 2개의 입자 광학 시스템은 수직으로 또는 45° 내지 90°의 각도로 배향될 수도 있다. 도 1은 슬라이스 및 이미지 접근법의 개략도를 도시하고 있는데: y-방향으로 집속 이온 입자 빔(51)을 갖는 FIB 광학 컬럼(50)을 사용하고, x-y-평면에서 스캐닝하여, 반도체 샘플(10)을 통한 단면으로부터 얇은 층은 단면 이미지 평면(11)으로서 새로운 전방면(52)을 드러내기 위해 제거된다. 다음 단계에서, SEM 또는 HIM(도시되어 있지 않음)이 단면(11)의 전방면을 스캐닝 이미징하기 위해 사용된다. 본 예에서, SEM 광축은 z-방향에 평행하게 배향되고, x-y-평면에서의 스캐닝 이미징 라인(82)은 단면 이미지 평면(11)을 래스터 스캔하고 단면 이미지 또는 슬라이스(100)를 형성한다. 예를 들어, 전방면(53, 54)을 통한 이러한 접근법의 반복에 의해, 상이한 깊이의 샘플을 통한 2D 단면 이미지(1000)의 시퀀스가 얻어진다. 2개의 후속 이미지 슬라이스 사이의 거리(dz)는 1 nm 내지 10 nm일 수 있지만, 구체적인 용례에 따라 예를 들어, 최대 25 nm 또는 30 nm와 같은 다른 값이 또한 가능하다. 이들 2D 단면 이미지(1000)의 시퀀스로부터, 집적 반도체 구조체의 3D 이미지가 재구성될 수 있다. 집적 반도체 샘플 이외의 다른 샘플이 또한 조사될 수 있지만; 집적 반도체 샘플을 조사하는 것은 극도로 어려운 일이다.

[0003] 현대의 집적 회로의 더 미세한 상세와 더 작은 피치 크기로 인해, 3D 단층 촬영 이미지의 재구성은 여러 과제를 수반한다. 측면 스테이지 드리프트(lateral stage drifts) 또는 SEM 컬럼의 드리프트는 슬라이스로부터 슬라이스로 구조의 측면 위치에서 오프셋을 유발할 수도 있다. FIB 절단 속도의 변동은 교차 표면이 가변 거리에 있게 할 수도 있다. 이미지 왜곡은 예를 들어 핀 쿠션 또는 전단 왜곡을 갖는 단면 이미지로 이어질 수도 있다. 도 2는 x-y 단면 이미지의 시퀀스로부터 x-z-슬라이스의 재구성의 예를 도시하고 있다. 단순화를 위해, 2D 단면 이미지(1000)의 시퀀스의 z-위치(z1, z2, z3)에서 단지 3개의 단면 이미지(100.1, 100.2, 100.3)만이 도시되어 있다. 랜덤 스테이지 또는 SEM 드리프트는 z 방향으로 연장되는 금속 라인(101)의 인공적으로 향상된 라인 에지 거칠기 또는 z-방향에 평행하게 연장되는 금속 라인(102)의 폭의 큰 변동을 야기한다.

[0004] 소위 기점(fiducials)의 도움으로 각각의 슬라이스의 측면 위치 뿐만 아니라 층으로부터 층까지의 거리를 도출하는 것이 통상적인 방법이다. US 9,633,819 B2는 샘플의 상부에 노출된 안내 구조("기점")에 기초하는 정렬 방법을 개시하고 있다. 도 3a 및 도 3b는 기점과의 정렬을 도시하고 있다. 아래에서 더 상세히 설명되는 바와 같이, 마커 구조(21, 22)가 교차점(52, 53, 54)의 FIB 절단이 시작되기 전에 단면의 방향에 수직인 샘플의 상부에 퇴적 재료(20)로 형성된다. 단면을 슬라이싱 및 이미징한 후, 각각의 단면 이미지는 기점 또는 정렬 마커(21, 22)의 단면 이미지 세그먼트(25, 27)를 또한 포함한다. 제1 중앙 마커(21)는 슬라이스 사이의 측면 정렬을 수행하는 데 사용되고, 반면 2개의 단면 이미지 세그먼트(27)로 이어지는 2개의 외부, 제2 마커(22) 사이의

거리는 각각의 슬라이스 사이의 거리를 계산하는 데 사용된다.

- [0005] 그러나, 관심 구조와 함께 안내 구조 또는 기점을 이미징하는 것은 여러 단점을 갖는다:
- [0006] 첫째, 수용 가능한 정렬을 얻기 위해, 관심 구조보다 더 큰 픽셀 크기로 기점을 이미징하는 것으로 충분할 수도 있다. 기점은 예를 들어 4 nm 픽셀 크기 또는 심지어 더 큰 크기로 이미징될 수 있고, 반면 관심 구조는 예를 들어 2 nm 이하의 픽셀 크기를 필요로 한다. 하나의 스캔으로부터 하나의 이미지로 양자 모두를 수용하는 것이 가능하지 않기 때문에, 관심 구조와 기점의 모두는 2 nm 픽셀 크기로 이미징되어야 해서 처리량의 저하를 야기한다. 예를 들어, 2 nm 픽셀 크기로 하나의 픽셀을 이미징하는 것은 몇 분, 예를 들어 1 내지 2분 또는 심지어 더 길게 소요될 수 있다.
- [0007] 둘째, 때때로 작은 픽셀 크기를 갖는 작은 영역을 얻지만, 다른 한편으로는 주변을 보여주는 몇몇 더 거친 개요 이미지를 갖는 것이 바람직하다.
- [0008] 셋째, 관심 구조에 대한 최적의 이미징 조건은 기점을 위해 요구되는 최적의 이미징 조건에 모순될 수도 있고, 공통의 이미징 조건을 찾기 위해 - 이것이 조금이라도 가능하다면 - 양자 모두에서 절충해야 할 것이다. 마지막으로 관심 구조가 최선으로 요구되기 때문에, 이는 결국 도구의 이미징 성능에 대한 나쁜 절충안이다.
- [0009] 해결책으로서 상이한 이미징 조건을 갖는 2개의 이미지를 서로 직후에 촬영하는 것이 관련 기술 분야에 제안되어 있다. 이 접근법은 "FIBICS 키 프레임 접근법"으로서 알려져 있으며 US 2014/0226003 A1에 설명되어 있다. 상기 접근법에 따르면, 제1 단면 이미지("키 프레임 이미지")가 제1 이미징 픽셀 크기로 얻어지고, 이 제1 단면 이미지는 관심 구조에 추가하여 기점의 세그먼트를 포함한다. 그 직후, 제2 단면 이미지가 단면 이미지에서 관심 구조를 양호하게 상세히 보여주기 적합한 제2 이미징 픽셀 크기로 얻어진다. 제1 단면 이미지에서 기점의 위치가 결정되고, 따라서 관심 구조의 위치가 또한 원리적으로 제1 단면 이미지와 제2 단면 이미지의 모두에서 알려진다. 이들 이미징 조건 사이의 전환은 여러 번 수행된다.
- [0010] 그러나, 이 접근법에 따른 이미징 조건 사이의 전환은 또한 단점을 갖는데: 하나의 문제는 키 프레임 이미지 내의 정렬 기점이 제2 단면 이미지(들)의 관심 구조가 아닌 다른 시간 인스턴스에서 이미징된다는 것이다. 특히, 이미징 중에 밀링이 계속되면 이는 관심 구조에 대한 3D 단층 촬영 데이터의 적절한 생성에 체계적인 오류를 야기한다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0011] 본 발명의 목적은 nm 스케일의 샘플로부터 3D 단층 촬영 데이터의 생성을 개선하는 것이다.
- [0012] 다른 목적은 3D 단층 촬영 데이터 세트를 생성할 때 단면 이미지의 정렬을 개선하는 것이다(이미지 정합을 수행함).
- [0013] 다른 목적은 하나의 이미지 세트로부터 상이한 픽셀 크기 및/또는 다른 센서로 상이한 시간 인스턴스에 촬영될 수도 있는 다른 이미지 세트에 정렬 정보를 전달하는 것이다.

과제의 해결 수단

- [0014] 목적은 독립항에 의해 해결된다. 종속항은 다른 실시예에 관한 것이다.
- [0015] 본 특허 출원은 그 전체 범주에서 그 개시내용이 참조에 의해 본 특허 출원에 포함되어 있는 2020년 11월 4일자로 출원된 미국 가특허 출원 제63/109,447호의 우선권을 주장한다.
- [0016] 제1 양태에 따르면, 본 발명은 3D 단층 촬영에서 제1 이미지 세트로부터 제2 이미지 세트에 정렬 정보를 전달하는 방법에 관한 것으로서, 이하의 단계:
 - [0017] - 시간 T_{ai} 에서 촬영되는 제1 단면 이미지 세트를 제1 이미징 모드에서 얻는 단계;
 - [0018] - 시간 T_{ai} 와는 상이한 시간 T_{bj} 에서 촬영되는 제2 단면 이미지 세트를 제2 이미징 모드에서 얻는 단계로서;
- [0019] 여기서 제1 및 제2 단면 이미지 세트를 얻는 단계는 후속적으로 특히 집속 이온 빔을 사용하여 샘플의 단면 표면층을 제거하여 이미징을 위해 접근 가능한 새로운 단면을 만드는 단계, 및 특히 하전 입자 빔으로 제1 이미징 모드 또는 제2 이미징 모드에서 샘플의 새로운 단면을 이미징하는 단계를 포함하고,

- [0020] 제1 및 제2 단면 이미지 세트를 얻는 동안 제1 이미징 모드와 제2 이미징 모드 사이에서 전환이 수행되는, 제1 및 제2 단면 이미지 세트를 얻는 단계;
- [0021] - 제1 세트의 단면 이미지에 포함된 정렬 정보를 결정하는 단계; 및
- [0022] - 제1 세트의 단면 이미지의 정렬 정보를 제2 세트의 단면 이미지로 전달하는 단계를 포함하고,
- [0023] 정렬 정보를 전달하는 단계는 정렬 정보의 시간 종속 보간을 포함한다.
- [0024] 실시예에 따르면, 제1 이미징 모드에서 이미징되는 샘플의 영역 또는 부분은 제2 이미징 모드에서 이미징되는 샘플의 영역 또는 부분을 완전히 또는 부분적으로 포함한다. 그러나, 이는 반드시 그러한 것은 아니다. 예에서, 양 이미징 모드에서 관심 구조가 이미징되지만; 관심 구조는 제2 이미징 모드에서만 고해상도로 이미징되고, 제1 이미징 모드에서는 그렇지 않다. 여전히, 제1 이미징 모드에서의 이미징 조건은 예를 들어 기점에 기초하여 정렬 정보를 결정하기 위해 충분하다. 예에서, 기점은 제1 이미징 모드에서 이미징되지만, 제2 이미징 모드에서는 이미징되지 않고; 더욱이, 관심 구조는 제2 이미징 모드에서만 이미징된다.
- [0025] 본 발명의 설명 내에서, 용어 "단면 이미지"는 넓은 의미로 해석되어야 하는데: 단면 이미지는 전체 단면 이미지일 수 있다. 대안적으로, 단면 이미지는 전체 단면 이미지의 단지 부분 또는 영역일 수 있다. 예에서, 전체 단면 이미지는 상이한 시간에 이미징된 샘플의 상이한 부분 또는 영역을 모두 보여주는 2개의 상이한 단면 이미지를 포함할 수 있다. 따라서, 샘플의 제1 부분은 제1 이미징 모드에서 이미징되고 제2 부분은 제2 이미징 모드에서 이미징되는데; 이러한 종류의 이미징/2개의 상이한 이미징 모드 사이의 전환은 입자 빔에 의한 하나의 래스터 스캔 동안 또는 상이한(예를 들어, 후속) 래스터 스캔 동안에 수행될 수 있다(하나의 래스터 스캔은 예를 들어 상부 좌측 코너로부터 하부 우측 코너로 샘플 위에서 입자 빔의 이동임).
- [0026] 이 특허 출원 내에서 용어 "정렬 정보"는 용어 "위치 정보"와 동의어로 사용된다. 그러나, 용어 "정렬 정보"는 정보의 의도된 사용, 즉, 정렬 목적을 추가로 나타낸다.
- [0027] 본 발명에 따르면, 제1 단면 이미지는 시간 T_{ai} 에서 촬영되고 제2 단면 이미지는 시간 T_{bj} 에서 촬영되며, 시간 T_{ai} 는 시간 T_{bj} 와는 상이하다. 달리 말하면, 제1 세트의 단면 이미지는 제2 세트에 속하는 단면 이미지와는 상이한 시간에 촬영된다. 인덱스 a 는 제1 세트를 나타내고 인덱스 i 는 제1 단면 이미지 세트의 구체적인 단면 이미지를 표시한다. 유사하게, 인덱스 b 는 제2 세트를 나타내고 인덱스 j 는 제2 단면 이미지 세트의 구체적인 단면 이미지를 표시한다. 제1 단면 이미지 세트 및 제2 단면 이미지 세트가 각각 동일한 수의 단면 이미지를 포함하는 것이 가능하지만; 이는 그렇지 않거나 또는 적어도 정확히 그렇지 않은 것도 또한 가능하다. 시간 T_{ai} 와 시간 T_{bj} 는 전체적으로 규칙적인 "시간 패턴"을 형성하는 것이 가능하지만; 이는 그렇지 않은 것도 또한 가능하다. 제1 단면 이미지 세트는 예를 들어, 100, 200, 300 또는 400개 이상의 단면 이미지를 포함할 수 있고, 제2 단면 이미지 세트도 마찬가지일 수 있다. 그러나, 제2 세트의 단면 이미지의 수는 적어도 제1 세트의 단면 이미지의 수인 것이 바람직하다. 예를 들어, 제2 세트를 구성하는 단면 이미지의 수는 제1 세트를 구성하는 단면 이미지의 수와 동일할 수 있거나 제2 세트의 단면 이미지의 수는 제1 세트의 단면 이미지의 수의 2배 또는 3배일 수 있다.
- [0028] 본 발명에 따르면, 제1 및 제2 단면 이미지 세트를 얻는 동안 제1 이미징 모드와 제2 이미징 모드 사이에서 전환이 수행된다. 이는 제1 단면 이미지 세트가 완전히 얻어지고 이어서, 그 후에, 제2 단면 이미지 세트가 완전히 얻어지는 것이 제외된다는 것을 의미한다. 대신에, 제1 이미징 모드로부터 제2 이미징 모드로의 전환 뿐만 아니라 제2 이미징 모드로부터 제1 이미징 모드로의 역전환은 적어도 한 번, 바람직하게는 여러 번, 예를 들어 수백 번 수행된다.
- [0029] 일 실시예에 따르면, 제1 이미징 모드는 제2 이미징 모드와는 상이하다. 차이는 픽셀 크기, 이미징을 위한 다른 입자 광학 파라미터 및/또는 이미지를 얻기 위한 검출 시스템/검출 방법에 있을 수 있다. 그러나, 제1 이미징 모드와 제2 이미징 모드가 기술적으로 동일하지만, 제1 이미징 모드에서 샘플의 상이한 영역 또는 구조가 제2 이미징 모드에서 이미징되는 것도 또한 가능하다.
- [0030] 본 발명에 따르면, 제1 세트의 단면 이미지에 포함된 정렬 정보가 결정된다. 달리 말하면, 정렬 정보는 제1 세트의 단면 이미지에 대해 알려진 시간 T_{ai} 에 얻어진다. 원리적으로, 정렬 정보는 임의의 유형의 위치 정보일 수 있다. 정렬 정보는 주 주사 방향(x) 및/또는 부 주사 방향(y)에서의 측면 정렬에 대한 정보 및/또는 슬라이딩 방향(z)에서의 정렬 정보를 포함할 수 있다. 바람직하게는 방향 x , y 및 z 는 서로 직교하지만, 다른 좌표계도 또한 가능하다. 예를 들어, 제1 세트의 키 프레임 단면 이미지에 포함된 정렬 정보가 결정되는 것이 가능하다

다. 이들 제1 단면 이미지(예를 들어, 키 프레임 단면 이미지)에서, 예를 들어 기점 또는 기점 세그먼트의 위치의 형태의 정렬 정보가 각각의 마커 또는 기점에 대해 측정된다. 공지의 이미지 처리 방법은 픽셀 내의 상기 위치 마커의 위치를 제공하고, 픽셀 크기를 인지하면, 이들 위치는 nm 단위로 위치로 변환될 수 있다. 따라서, 위치 정보인 정렬 정보는 알려진 시간 T_{ai} 에서 제1 세트의 단면 이미지에 대해 인지된다. 그에 대조적으로, 제2 세트의 단면 이미지에 가능하게 또한 포함되는 정렬 정보는 측정에 의해 결정되지 않는다. 심지어 정렬 정보가 제2 단면 이미지 세트에 포함될 필요가 없다. 대신에, 제1 세트의 단면 이미지로부터의 정렬 정보가 제2 세트의 단면 이미지로 전달된다. 정렬 정보를 전달하는 것은 정렬 정보의 시간 종속 보간을 포함한다. 이는 정렬 정보가 단지 측정된 위치/제1 세트의 단면 이미지로부터 결정된 정렬 정보로부터 계산된다는 것을 의미한다. 달리 말하면, 키 프레임 접근법을 고려하면, 정렬 정보는 키 프레임 이미지 자체로부터 결정되고, 키 프레임 이미지로부터 결정된 정렬 정보는 시간 종속 보간을 적용함으로써 관심 구조의 이미지로 전달된다. 용어 보간은 수학적 의미로 정의되는데: 주어진 이산 데이터(예를 들어, 측정값)에 대해, 이 데이터를 샘플하는 연속 함수(소위 보간 함수)가 발견되어야 한다. 함수는 이어서 데이터를 보간하도록 설정된다. 시간 종속 보간은 단계별-연속 보간을 포함할 수 있다. 이어서, 연속 함수는 단지 단계별만 연속적이다. 더욱이, 시간 종속 보간은 공간의 1차원, 2차원 또는 3차원에서 수행될 수 있다. 따라서, 반드시 시간 종속 보간이 공간의 3차원 모두에서 수행되는 것은 아니다. 예가 아래에 설명될 것이다.

[0031] 원리적으로, 이 시간 종속 보간은 상이한 슬라이스 및 이미지 작업흐름에 대해 작동한다. 정렬 정보는 예를 들어, 연속 밀링 모드 또는 밀링-정지-이미지 모드에서 전달될 수 있다. 이들 상이한 유형의 밀링 및 정렬 전달 계산에 대한 그 각각의 영향은 아래에 더 설명될 것이다.

[0032] 일 실시예에 따르면, 제1 세트의 단면 이미지는 제1 이미징 픽셀 크기를 갖고, 제2 세트의 단면 이미지는 제1 이미징 픽셀 크기와는 상이한 제2 이미징 픽셀 크기를 갖는다. 부가적으로 또는 대안적으로, 다른 파라미터들은 제1 이미징 모드와 제2 이미징 모드에서 상이한 것이 가능하다. 그러나, 다른 이미징 파라미터가 제1 이미징 모드와 제2 이미징 모드에서 동일하고 상이한 이미징 픽셀 크기가 이미징 모드 사이의 유일한 차이인 것도 또한 가능하다. 각각의 픽셀 크기의 차이는 정렬 정보를 전달할 때 고려된다.

[0033] 일 실시예에 따르면, 제1 이미징 픽셀 크기는 제2 이미징 픽셀 크기의 적어도 2배이다. 이미징 픽셀 크기를 예를 들어 나노미터 단위로 1차원으로 정의하는 것이 통상적이다. 예를 들어, 제1 이미징 픽셀 크기는 4 nm일 수 있고 제2 이미징 픽셀 크기는 2 nm일 수 있다. 픽셀의 2차 패턴을 참조하면, 제1 이미징 픽셀의 면적은 제2 이미징 픽셀의 면적의 적어도 4배이다. 픽셀 크기의 다른 정의도 또한 가능하다. 본 발명에 따른 처리량 이득은 제1 이미징 픽셀 크기와 제2 이미징 픽셀 크기 사이의 차이가 클수록, 또는 더 일반적으로는 제1 이미징 모드와 제2 이미징 모드가 더 상이할수록 더 강력해진다. 방법은 이미징의 상당한 속도 증가를 허용한다.

[0034] 일 실시예에 따르면, 제1 이미징 모드와 제2 이미징 모드 사이의 전환은 각각의 단면 이미지를 얻은 후에 엄격하게 교대로 수행된다. 이 경우, 이미지의 시퀀스는 예를 들어 $T_{a1}, T_{b1}, T_{a2}, T_{b2}, T_{a3}, T_{b3} \dots$ 이다. 예에서, 2개의 후속 시간 인스턴스 T_{ai} 및 T_{ai+1} 사이의 시간 간격은 제1 단면 이미지 세트 내에서 일정하다. 예에서, 2개의 후속 시간 인스턴스 T_{bj} 및 T_{bj+1} 사이의 시간 간격은 제2 단면 이미지 세트의 각각의 j 에 대해 일정하다. 2개의 후속 제1 단면 이미지 사이에서 정확히 시간별로 제2 단면 이미지를 촬영하는 것이 가능하다. 그러나, 이는 반드시 그러한 것은 아니다.

[0035] 일 실시예에 따르면, 정렬 정보를 결정하는 것은 기점의 위치를 결정하는 것을 포함한다. 이는 정렬 정보를 결정하기 위한 잘 알려진 접근법이다.

[0036] 일 실시예에 따르면, 기점은 깊이 방향(슬라이싱 방향)으로 정확하게 신장하는 평행한 기점의 세트 및 깊이 방향(슬라이싱 방향)으로 비스듬히 신장하는 비평행한 기점의 세트를 포함한다. 이러한 유형의 기점은 예를 들어, US 2014/0226003 A1에 나타나 있으며 이 출원의 도 3a에도 또한 나타나 있다. 예에서, 평행한 기점의 세트는 적어도 2개의 기점, 예를 들어 정확히 2개, 3개, 4개 이상의 기점을 포함한다. 깊이 방향(슬라이싱 방향)에 경사지게 또는 비스듬히 신장하는 비평행한 기점의 세트는 예를 들어 깊이 방향(슬라이싱 방향)에 대칭적으로 제공될 수 있는 정확히 2개의 기점을 포함할 수 있다. 이 기하학 형상은 정렬 정보 또는 위치 정보의 간단한 결정을 허용한다.

[0037] 일 실시예에 따르면, 제1 및 제2 단면 이미지 세트를 얻는 것은 연속 밀링 모드에서 수행된다. 연속 밀링 모드에서, 밀링 프로세스는 단면 이미지를 얻는 동안 계속된다. 단면 이미지를 얻기 위한 정지는 없다. 밀링 속도는 바람직하게는 일정하도록 선택된다. 연속 밀링 모드의 경우, 정렬 정보 또는 기점 위치는 시간의 평활 함수로 가정될 수 있고, 관심 구조를 보여주는 제2 단면 이미지에 대한 정렬 마커 또는 기점의 요구 위치는 인지된

위치를 사용하여 시간 종속 보간에 의해 결정될 수 있다. 일 예에서, 정렬 정보를 전달하는 것은 제1 세트의 단면 이미지가 얻어질 때의 시간 T_{ai} 의 지점에 기초하여 제2 세트의 단면 이미지가 얻어질 때의 시간 T_{bj} 의 지점에 대한 상기 기점의 위치의 시간 종속 보간을 포함한다. 이 시간 종속 보간은 연속 밀링과 그를 위해 따라서 기점의 가변 위치를 고려하지만, 스테이지의 가능한 드리프트 및/또는 이미징 컬럼(예를 들어, SEM 또는 HIM 컬럼)의 드리프트를 또한 고려한다. 예에 따르면, 시간 종속 보간은 선형 보간이다. 많은 경우에 이 매우 간단한 형태의 보간이 우수한 정렬 결과를 얻기 위해 충분한 것으로 입증되었다.

[0038] 일 실시예에 따르면, 2개의 단면 이미지를 촬영하는 사이의 시간 간격은 일정하다. 예에서, 이는 동일한 세트의 2개의 후속 단면 이미지에 대해 성립하지만, 부가적으로, 이 요구 사항은 상이한 세트에 속하는 2개의 후속 단면 이미지에 대해서도 또한 충족될 수 있다. 일정한 시간 간격을 적용하는 것은 보간을 용이하게 하고 또한 복수의 단면 이미지로부터 전체 이미지 정합을 용이하게 한다.

[0039] 일 실시예에 따르면, 정렬 정보는 측면 정렬 정보 및/또는 깊이 정렬 정보이다. 이어서, 시간 종속 보간은 또한 시간 종속 측면 보간 및/또는 시간 종속 깊이 보간을 칭할 수 있다. 정렬 정보는 예를 들어, 상이한 기점을 참조함으로써 측면 위치에 대해 및 깊이 위치에 대해 개별적으로 결정될 수 있다. 이는 데이터 분석 및 이미지 처리 절차를 용이하게 할 수 있다.

[0040] 일 실시예에 따르면, 제1 및 제2 단면 이미지 세트를 얻는 것은 밀링-정지-이미지 모드에서 수행된다. 이러한 밀링-정지-이미지 모드에 따르면, 프로세스는 다음과 같다: 제1 단계에서, 밀링이 수행된다. 이어서, 밀링이 일시 중지될 때 제1 단면 이미지가 얻어진다. 후속하여, 밀링이 여전히 일시 중지되는 동안, 제2 이미징 모드의 제2 단면 이미지가 얻어진다. 그 후, 밀링 프로세스가 계속된다. 밀링 프로세스는 제1 이미지 세트의 다음 단면 이미지가 얻어지기 전에 다시 정지되는 등이다. 달리 말하면, 제1 단면 이미지 또는 제2 단면 이미지의 모두를 얻을 때 밀링은 수행되지 않는다. 더욱이, 제1 세트의 단면 이미지를 촬영하는 것과 제2 세트의 대응 단면 이미지를 촬영하는 사이의 시간 간격에는 밀링이 없다. 달리 말하면, 제1 세트의 단면 이미지와 제2 세트의 단면 이미지를 촬영할 때 깊이 좌표(z -방향, 슬라이싱 방향)는 밀링이 일시 중지되었기 때문에 변경되지 않는다. 이는 정렬 정보를 제2 단면 이미지 세트로 전달할 때 시간 종속 보간에 대한 결과를 갖는다. 예에 따르면, 정렬 정보의 시간 종속 보간은 측면 정렬 정보의 시간 종속 보간이다. 예에 따르면, 깊이 정렬 정보는 시간별로 보간되지 않는다. 설명은 다음과 같다: z -스테킹(슬라이싱 방향)의 경우, 이미지 쌍 획득 사이에서 스테이지의 느린 드리프트는 z -스테킹의 경우 2개의 측면 기점의 거리만이 측정 및 전달될 필요가 있기 때문에 중요하지 않다. 2개의 측면 기점(또는 비스듬히 또는 경사지게 배열된 기점) 사이의 거리는 느린 스테이지 드리프트에 민감하지 않는다. 다른 한편으로, 측면 정렬의 경우 느린 스테이지 드리프트는 연속적이고 느리게 변하는 함수로 가정될 수 있다. 따라서, 제2 단면 이미지 세트 내의 정렬 마커에 대한 측면 위치 정보는 인지된 측면 위치의 시간 종속 보간으로부터 계산될 수 있다.

[0041] 일 실시예에 따르면, 제1 세트의 단면 이미지의 깊이 정렬 정보는 제2 세트의 대응 단면 이미지에 동일하게 전달된다. 대응 단면 이미지는 그 사이에 임의의 밀링 없이 촬영된 이들 단면 이미지이다.

[0042] 일 실시예에 따르면, 방법은 이하의 단계: 얻어진 단면 이미지의 이미지 정합을 수행하는 단계 및 3D 데이터 세트를 얻는 단계를 더 포함한다. 정렬은 정확한 이미지 정합을 위해 필요하고 정확한 3D 데이터 세트를 얻는 것을 허용한다. 이 3D 데이터 세트를 사용하여, 추가 분석이 수행될 수 있다.

[0043] 본 발명의 제2 양태에 따르면, 본 발명은 상기의 다양한 실시예에서 설명된 방법을 실행하기 위해 구성된 프로그램 코드를 갖는 컴퓨터 프로그램 제품에 관한 것이다. 코드는 임의의 가능한 프로그래밍 언어로 기입될 수 있고 컴퓨터 제어 시스템 상에서 실행될 수 있다. 컴퓨터 제어 시스템은 이와 같이 하나 이상의 컴퓨터 또는 처리 시스템을 포함할 수 있다.

[0044] 본 발명의 제3 양태에 따르면, 본 발명은 전술된 바와 같은 실시예 중 어느 하나에 따른 방법을 수행하도록 구성된 검사 디바이스에 관한 것이다.

[0045] 일 실시예에 따르면, 반도체 검사 디바이스는 집속 이온 빔 디바이스; 및 전자 또는 이온으로 동작하고 샘플의 새로운 단면의 이미징을 위해 구성된 하전 입자 동작 디바이스를 포함하고, 집속 이온 빔과 전자/이온 빔은 빔축과 서로 소정 각도로 배열 및 동작되고 집속 이온 빔의 빔축과 전자/이온 빔의 빔축은 서로 교차한다.

[0046] 일 실시예에 따르면, 집속 이온 빔과 전자/이온 빔은 서로 약 90° 의 각도를 형성한다.

[0047] 전술된 실시예는 기술적 모순이 발생하지 않는 한 서로 완전히 또는 부분적으로 조합될 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0048] 본 발명은 이하의 도면을 참조하여 훨씬 더 완전하게 이해될 것이다:
 도 1은 단면 이미징 기술의 도면이다.
 도 2는 3D 체적 이미지를 통한 단면 이미지와 교차 이미지의 2개의 예의 도면이다.
 도 3은 종래 기술에 설명된 바와 같은 기점 정렬 프로세스의 도면이다.
 도 4는 연속 밀링 모드에서 정렬 정보 전달의 도면이다.
 도 5는 밀링-정지-이미지 모드에서 정렬 정보 전달의 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0049] 도 1은 집적 반도체 샘플의 3D 체적 이미지를 얻기 위한 단면 이미지 접근법의 개략도를 도시하고 있다. 단면 접근법에 의해, 3차원(3D) 체적 이미지 획득이 "단계 및 반복" 방식에 의해 달성된다. 먼저, 집적 반도체 샘플은 관련 기술 분야에 알려진 방법에 의해 후속 단면 이미지 접근법을 위해 준비된다. 본 개시내용 전체에 걸쳐, "단면 이미지"와 "슬라이스"는 동의어로서 사용될 것이다. 홈이 집적 반도체의 상부면에 밀링되어 상부면에 대략 수직인 단면이 접근 가능하게 하거나, 또는 블록 형상의 집적 반도체 샘플(10)이 절결되어 집적 반도체 웨이퍼로부터 제거된다. 이 프로세스 단계는 때때로 "리프트 아웃(lift-out)"이라 칭한다. 일 단계에서, 재료의 얇은 표면층 또는 "슬라이스"가 제거된다. 단순화를 위해, 이러한 블록 형상의 집적 반도체 샘플(10)에 대한 설명이 개시되어 있지만, 본 발명은 블록 형상 샘플(10)에 한정되지 않는다. 이 재료의 슬라이스는, 집속 이온 빔 밀링 또는 스침각(glancing angle)에서, 그러나 때때로 집속 이온 빔(FIB)(50)에 의한 수직 입사에 더 근접하게 연마의 사용을 포함하여, 관련 기술 분야에 알려진 여러 방법으로 제거될 수도 있다. 예를 들어, 집속 이온 빔(51)은 단면(52)을 형성하기 위해 방향(x)을 따라 스캐닝된다. 그 결과, 새로운 단면 표면(11)이 이미징을 위해 접근 가능하다. 후속 단계에서, 새롭게 접근 가능한 단면 표면층(11)은 주사 전자 현미경(SEM) 또는 FIB(도시되어 있지 않음)와 같은, 하전 입자 빔(CPB)에 의해 래스터 스캐닝된다. 이미징 시스템 광축은 z-방향에 평행하도록 배열되거나, 또는 z-방향에 대해 소정 각도로 경사질 수 있다. CPB 시스템은 2 nm 미만의 고해상도로 샘플의 작은 영역을 이미징하기 위해 사용되었다. 2차 뿐만 아니라 후방 산란된 전자는 검출기(도시되어 있지 않음)에 의해 수집되어 집적 반도체 샘플의 내부의 재료 대비를 드러내고, 단면 이미지(100)에서 상이한 그레이 레벨로 가시화된다. 금속 구조는 더 밝은 측정 결과를 생성한다. 표면층 제거 및 단면 이미지 프로세스는 동일한 거리에서 표면(53, 54) 및 추가 표면을 통해 반복되고, 상이한 깊이의 샘플을 통한 2D 단면 이미지(1000)의 시퀀스가 3차원(3D) 데이터 세트를 구축하기 위해 얻어진다. 대표적인 단면 이미지(100)는 14 nm 기술에 의한 상업용 인텔(Intel) 프로세서 집적 반도체 칩의 측정에 의해 얻어진다.
- [0050] 이 방법에 의해, 적어도 제1 및 제2 단면 이미지는 새로운 단면을 이미징을 위해 접근 가능하게 하기 위해 특히 집속 이온 빔으로 집적 반도체 샘플의 단면 표면층을 후속적으로 제거하는 것, 및 특히 하전 입자 빔으로 집적 반도체 샘플의 새로운 단면을 이미징하는 것을 포함한다. 이들 2D 단면 이미지(1000)의 시퀀스로부터, 집적 반도체 구조체의 3D 이미지가 재구성될 수 있다. 단면 이미지(100)의 거리(dz)는 FIB 밀링 또는 연마 프로세스에 의해 제어될 수 있고 1 nm 내지 10 nm, 예를 들어 약 3 내지 5 nm일 수 있지만, 구체적인 용례에 따라 다른 값이 또한 가능하다.
- [0051] 도 2는 재구성된 3D 체적 이미지 또는 N=400개의 이미지 슬라이스 또는 x-y-방향에서 얻어지고 거리(dz)만큼 z-방향으로 이격된 단면 이미지(1000)의 시퀀스로부터 얻어진 3D 데이터 세트로부터 2개의 x-z-교차 이미지의 예를 도시하고 있다. 단순화를 위해, 단지 3개의 단면 이미지(100.1, 100.2, 100.3)만이 도시되어 있다. N=400개의 이미지 슬라이스의 획득 사이의 랜덤 스테이지 또는 SEM 드리프트는 z-방향으로 연장된 금속 라인(101)에서 가시화되는 z-방향으로 인공적으로 향상된 라인 에지 거칠기, 또는 z-방향에 수직으로 배향된 금속 라인(102)의 폭의 큰 변동을 야기한다.
- [0052] 도 3은 종래 기술에 따른, 기점과의 정렬을 도시하고 있다. 도 3a에 도시되어 있는 바와 같이, 마커 구조 또는 기점은 교차점의 FIB 절단이 시작되기 전에 단면의 방향에 수직인 샘플의 상부에 형성된다. 마커 구조에 대해, 먼저 재료(20)가 집적 반도체 샘플의 상부면(55) 상에 퇴적된다. 이 재료에는, 평행 라인(21), 경사 라인(22)과 같은 정렬 마커가 FIB 처리에 의해 형성되어 있다. 래스터 스캐닝 라인(82)을 따른 래스터 스캐닝에 의해 단면(11)을 슬라이싱하고 이미징한 후, 각각의 단면 이미지(100)는 또한 기점 또는 정렬 마커의 단면 이미지 세

그먼트를 포함한다. 도 3b에는 대표적인 단면(100)이 도시되어 있다. 중앙 마커(21)는 그 단면 이미지 세그먼트(25)를 통해 가시화되고 슬라이스 사이에서 x-방향 및 y-방향으로 측면 정렬을 수행하는 데 사용되지만; y-방향에서의 정렬은 일반적으로 덜 정확하다. 2개의 외부 마커(22)의 2개의 단면 이미지 세그먼트(27) 사이의 거리는 각각의 슬라이스 사이의 거리(dz)를 계산하는 데 사용된다.

[0053] 도 4a 및 도 4b는 연속 밀링 모드에서의 정렬 정보 전달을 도시하고 있는데: 도 4a는 도면 하부에서 복수의 화살표에 의해 연속 밀링 모드를 나타내고 있다. 밀링에는 정지가 없다. 더욱이, 대응 시간 축(t)이 도시되어 있다. 복수의 시간(시간 인스턴스)에서, 단면 이미지(100)가 얻어지는데: 시간 Ta1, Ta2, Ta3 및 Ta4에서, 단면 이미지(100a.1, 100a.2, 100a.3, 100a.4)가 얻어진다. 이들 단면 이미지(100a.1, 100a.2, 100a.3, 100a.4)는 제1 단면 이미지 세트에 속하며 제1 이미징 모드에서 얻어진다. 본 예에 따르면, 단면 이미지(100a.1, 100a.2, 100a.3, 100a.4)는 비교적 큰 픽셀 크기, 예를 들어 4 nm, 6 nm, 8 nm 이상을 갖는다. 이미징된 영역은 기점을 포함하고 정렬 정보는 이들 제1 세트의 단면 이미지(100a.1, 100a.2, 100a.3, 100a.4)로부터 결정된다. 예를 들어, 기점의 위치 또는 복수의 기점(21, 22)의 위치가 단면 이미지(100a.1, 100a.2, 100a.3, 100a.4)의 각각에서 결정된다. 공지의 이미지 처리 방법은 상기 기점의 위치 또는 위치 마커를 픽셀 내에 제공한다. 제1 이미징 모드에서 픽셀 크기를 인지하는 것은 나노미터 단위로 위치를 변환/결정하는 것을 허용한다.

[0054] 제시된 예에서, 단면 이미지(100b.1, 100b.2, 100b.3)는 시간(시간 인스턴스) Tb1, Tb2 및 Tb3에서 이미징된다. 이들 단면 이미지(100b.1, 100b.2, 100b.3)는 제2 단면 이미지 세트에 속하며 제1 이미징 모드와는 상이한 제2 이미징 모드에서 얻어진다. 본 예에 따르면, 단면 이미지(100b.1, 100b.2, 100b.3)는 비교적 작은 픽셀 크기, 예를 들어 2 nm, 1 nm 이하를 갖는다. 이 제2 이미징 모드에서는 기점이 이미징되지 않는다. 대신에, 제2 이미징 모드의 이미징 조건은 양호한 해상도로 관심 구조를 이미징하도록 구성된다.

[0055] 도시되어 있는 예에서, 시간 간격 $\Delta Ta = Ta(i+1) - Ta_i$ 는 모든 i에 대해 일정하다. 더욱이, 시간 간격 $\Delta Tb = Tb(j+1) - Tb_j$ 는 모든 j에 대해 일정하다. 제1 세트의 단면 이미지(100a)는 제2 세트의 단면 이미지(100b)와 엄격하게 교대로 얻어진다.

[0056] 이미 전송된 바와 같이, 위치 정보는 제1 세트의 단면 이미지(100a.1, 100a.2, 100a.3, 100a.4) 내의 위치 마커로부터 결정된다. 도 4b는 시간 Ta1, Ta2, Ta3 및 Ta4에서 결정된 위치(p)를 나타낸다. 위치(p)는 마커의 위치일 수 있지만, 이는 반드시 그러한 것은 아니다. 일 예에 따르면, p는 관심 구조 또는 관심 구조의 부분의 위치이다. 마커 구조(21, 22)와 관심 구조는 동일한 샘플 상에 존재하기 때문에, 마커의 위치를 인지하는 것은 또한 관심 구조의 위치를 결정하는 것을 허용한다. 위치(p)는 전체 공간 좌표, 예를 들어, px, py, pz로 제공될 수 있다. 위치(p)는 시간 종속적이며 시간 Ta1, Ta2, Ta3 및 Ta4에 대해 결정(측정)된다.

[0057] 이제 관심 있는 것은, 제2 세트의 단면 이미지에서 시간 Tb1, Tb2 및 Tb3에서 관심 구조의 위치(p)이다. 이 위치(p)는 이하의 근거에 따라 변하는데: 첫째, 이미징이 연속 밀링 모드에서 수행되기 때문에, 샘플의 깊이가 지속적으로 감소된다. 따라서, 슬라이싱 방향의 깊이 좌표(z-좌표)는 시간에 따라 변한다. 더욱이, 예를 들어 스테이지 위치 및/또는 이미징 컬럼의 드리프트로 인해 원치 않는 위치의 변동이 또한 존재한다. 다른 환경적 영향이 또한 발생할 수 있으며 위치(p)에 영향을 미칠 수 있다. 따라서, 본 발명에 따르면, 위치(p(Tb1), p(Tb2) 및 p(Tb3))는 시간 보간에 의해 결정되는데: 보간된 값은 원이 없는 십자표에 의해 도 4b에 나타내고, 반면 원 내부의 십자표는 위치(p)의 시간 종속 보간에 대한 이산 값을 제공하는 측정값을 나타낸다. 도 4b의 직선은 본 예에서 선형인 보간 함수이다. 따라서, 정렬 정보 또는 위치 정보(p)는 상기 위치 정보(p)의 시간 종속 보간에 의해 제1 단면 이미지 세트(100a.1, 100a.2, 100a.3, 100a.4)로부터 제2 단면 이미지 세트(100b.1, 100b.2, 100b.3)로 전달된다.

[0058] 도 5a 및 도 5b는 밀링-정지-이미지 모드에서 정렬 정보 전달을 도시하고 있다. 이하에는, 연속 밀링 모드의 정렬 전달과 밀링-정지-이미지 모드의 정렬 전달 사이의 차이만이 설명될 것이다. 밀링-정지-이미지 모드는 도 5a의 하부에 중단된 복수의 화살표에 의해 나타낸다. 밀링-정지-이미지 모드는 제1 이미징 모드와 제2 이미징 모드의 모두에서 단면 이미지를 얻을 때 밀링이 일시 중지되는 것을 특징으로 한다. 더욱이, 제1 세트의 단면 이미지를 얻는 것과 제2 세트의 대응 단면 이미지를 얻는 것 사이에는 밀링이 없다. 달리 말하면, 제1 세트의 단면 이미지와 제2 세트의 대응 단면 이미지에서 슬라이싱 방향에서 그 위치를 비교할 때 임의의 위치 마커의 변화가 없다. 위치 마커 또는 관심 위치(pz)의 깊이 위치(z-좌표)는 일정하게 유지된다. 따라서, 제1 세트의 단면 이미지에서 위치 정보(pz)를 결정하면, 이 위치(pz)는 제2 세트의 단면 이미지로 동일하게 전달될 수 있다 (여전히, 양 단면 이미지 세트에서 상이한 픽셀 크기는 전달을 계산하기 위해 고려되어야 함)

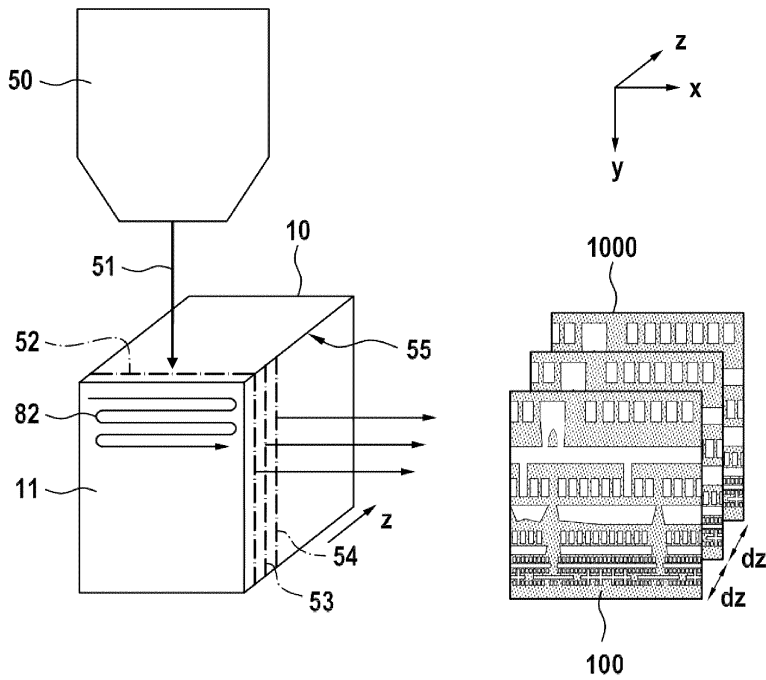
[0059] 대응 단면 이미지 사이에 깊이 방향의 변화는 없지만, 다른 공간 좌표와 관련하여 여전히 평활하고 서서히 변화

하는 위치(p)의 변화, 즉 측면 위치(px 및/또는 py)가 존재하는데: 여기서, 스테이지 및/또는 이미징 컬럼의 드리프트가 여전히 발생할 수 있다. 다시 한 번, 이들 드리프트 또는 드리프트들은 시간에 종속하는 평활 함수에 의해, 예를 들어 시간의 선형 함수에 의해 근사될 수 있다. 따라서, 연속 밀링 모드와 유사하게, 제2 세트의 단면 이미지에서 측면 위치($p_{lateral}$)는 제1 세트의 단면 이미지에서 측정된 데이터 지점으로부터 계산될 수 있다. 도 5b는 측면 위치 편차를 예시하기 위한 보간 함수의 예를 도시하고 있는데: 제2 단면 이미지 세트에서 관심 구조의 시간 T_b , T_{b2} 및 T_{b3} 에서 측면 위치($p_{lateral}$)는 시간 종속 보간에 의해 결정될 수 있다.

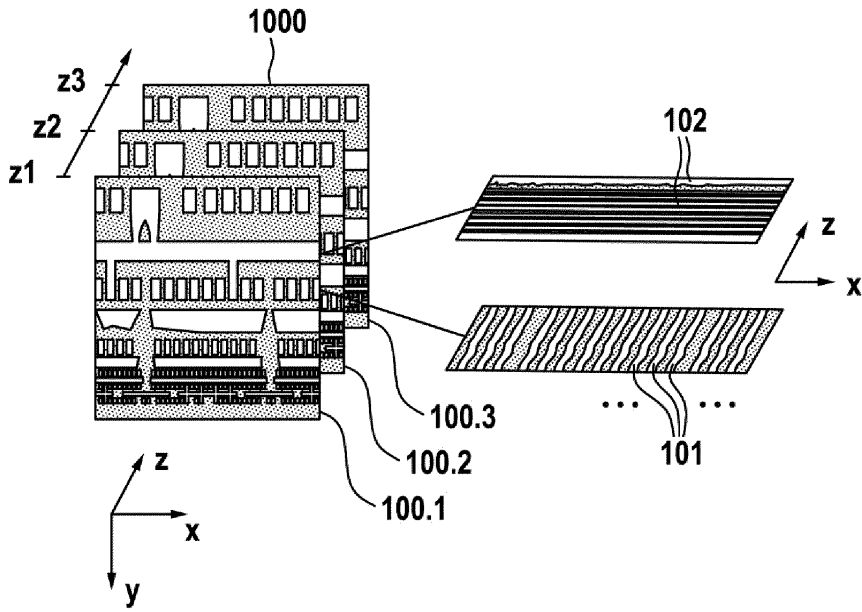
[0060] 본 예에서, 선형 보간이 개시되었지만; 원리적으로 고차 보간이 또한 가능하다.

도면

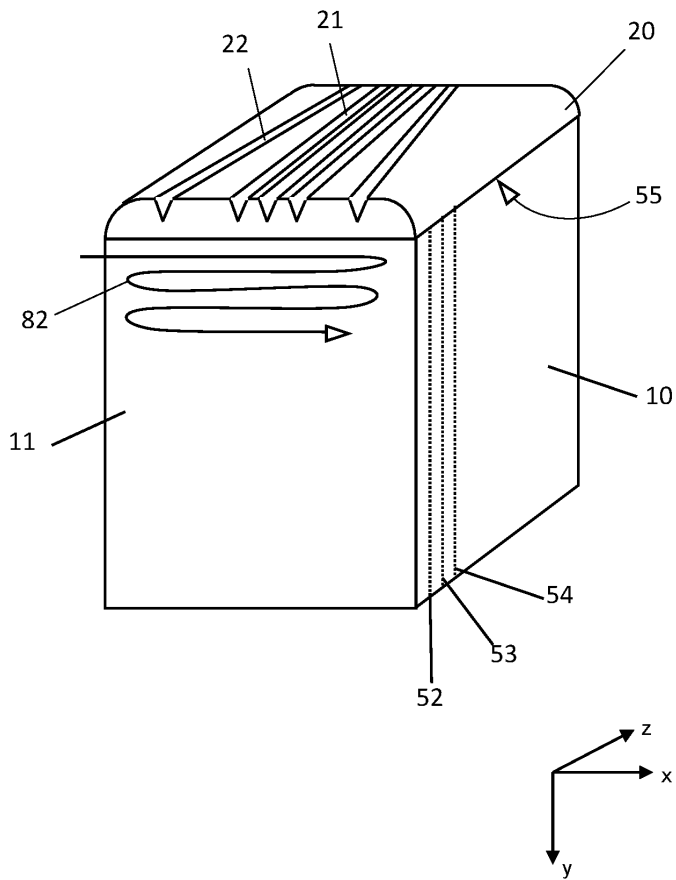
도면1



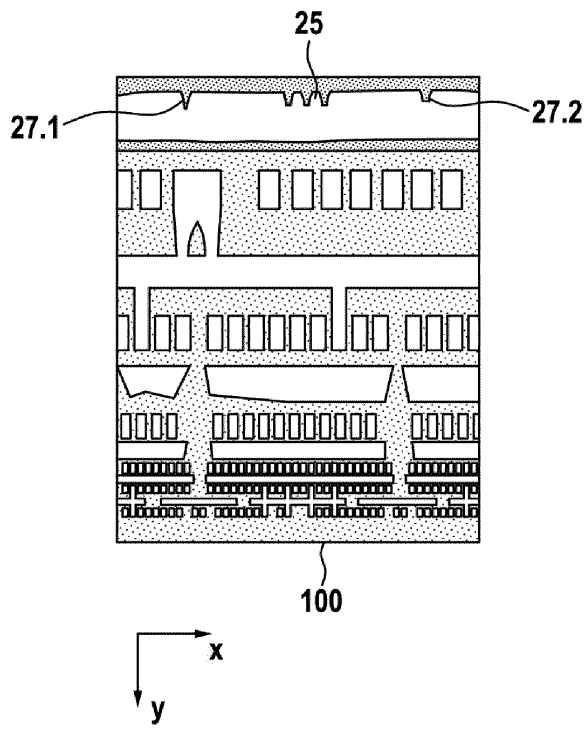
도면2



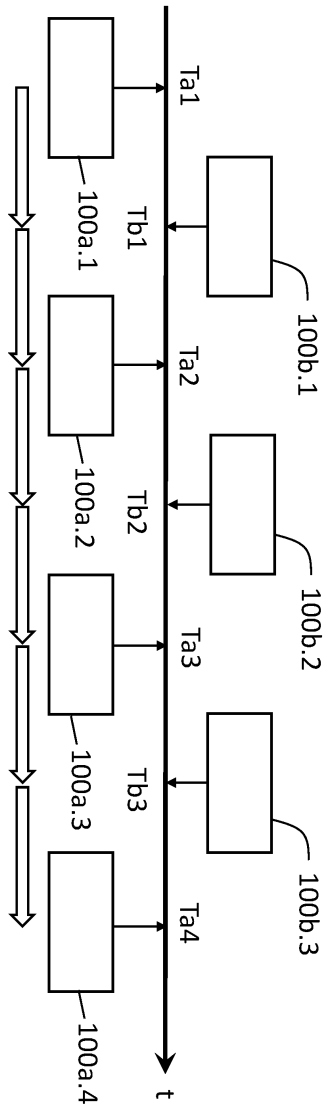
도면3a



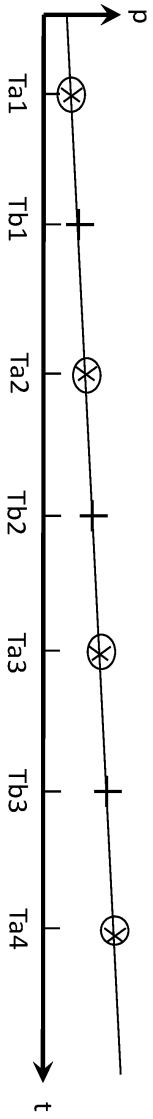
도면 3b



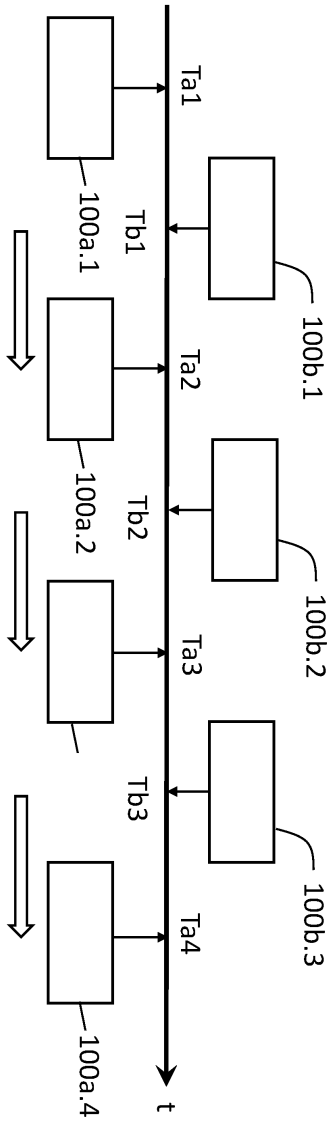
도면4a



도면4b



도면5a



도면5b

