



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2018년09월28일
(11) 등록번호 10-1892321
(24) 등록일자 2018년08월21일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G06T 1/00 (2006.01)
- (21) 출원번호 10-2013-7031217
- (22) 출원일자(국제) 2012년04월27일
심사청구일자 2016년11월10일
- (85) 번역문제출일자 2013년11월25일
- (65) 공개번호 10-2014-0053006
- (43) 공개일자 2014년05월07일
- (86) 국제출원번호 PCT/GB2012/050929
- (87) 국제공개번호 WO 2012/146929
국제공개일자 2012년11월01일
- (30) 우선권주장
1107053.9 2011년04월27일 영국(GB)
- (56) 선행기술조사문헌
US20080095312 A1
US20080095407 A1
Maiden et al. An improved ptychographical phase retrieval algorithm for diffractive imaging, Ultramicroscopy, 2009년 9월. pp. 1256-1262.*
Hue et al. Extended ptychography in the transmission electron microscope: Possibilities and limitations. Ultramicroscopy, Vol. 111, No. 8, 2011년. pp. 1117-1123.
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

- (73) 특허권자
페이즈 포커스 리미티드
영국, 셰필드 에스3 7알디, 리비그리브 로드 40
- (72) 발명자
메이든, 앤드류 마이클
영국 사우스 요크셔 에스35 0에프디 셰필드 오티
브릿지 빌리 로드 42
험프리, 마틴 제임스
영국 사우스 요크셔 에스3 7알디 셰필드 리비그리
브 로드 40 페이즈 포커스 리미티드
- (74) 대리인
특허법인 무한

전체 청구항 수 : 총 30 항

심사관 : 김창원

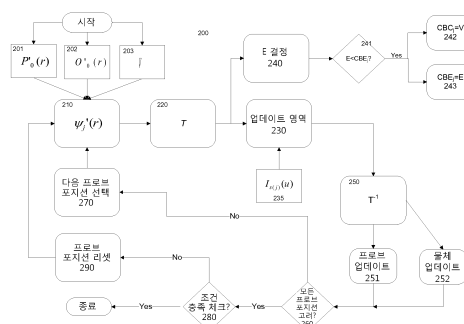
(54) 발명의 명칭 타겟 대상의 영역의 이미지를 생성하기 위한 이미지 데이터 제공 방법 및 장치

(57) 요약

본 발명의 실시예는 타겟 대상의 영역의 이미지를 구성하기 위한 이미지 데이터 제공 방법을 제공하고, 미리 결정된 프로브 위치에서 조리개(aperture) 또는 입사 복사(incident radiation)와 함께 타겟 대상(30)에 의해 흩어진(scattered) 복사의 적어도 일부를 적어도 하나의 검출기(detector)(40)에 의해 검출하는 단계; 상기 프로브

(뒷면에 계속)

대표도 - 도2



위치와 연관된 오차(error)를 감소시키기 위한 오프셋 벡터(offset vector)(203)를 결정하는 단계; 상기 프로브 위치에 적용된 상기 오프셋 벡터를 갖는 프로브 함수(probe function)(201)에 기반하여 파면(wavefront)을 추정하는 단계(210); 및 상기 검출된 복사에 응답하여 이미지 데이터를 제공하는 단계를 포함할 수 있다.

명세서

청구범위

청구항 1

타겟 대상의 영역의 이미지를 구성하기 위한 이미지 데이터 제공 방법에 있어서,
 미리 결정된 프로브 위치에서 조리개 또는 입사 복사와 함께 타겟 대상(30)에 의해 흩어진 복사의 적어도 일부를 적어도 하나의 검출기 (40)에 의해 검출하는 단계;
 상기 프로브 위치와 연관된 오차를 감소시키기 위한 옅색 벡터(203)를 결정하는 단계;
 상기 프로브 위치에 적용된 상기 옅색 벡터를 갖는 프로브 함수 (201)에 기반하여 파면을 추정하는 단계(210);
 상기 옅색 벡터와 연관된 오차 척도가 상기 프로브 위치에 대한 현재 보정 벡터와 연관된 현재 오차 척도(243)보다 작을 때, 상기 프로브 위치와 연관된 현재 보정 벡터(242)를 업데이트하는 단계; 및
 상기 검출된 복사에 응답하여 이미지 데이터를 제공하는 단계
 를 포함하는 이미지 데이터 제공 방법.

청구항 2

삭제

청구항 3

제1항에 있어서,
 상기 현재 보정 벡터(242)를 업데이트 하는 단계는
 상기 추정된 파면 및 상기 검출기에 의하여 검출된 상기 복사에 대응하는 파면 사이의 차에 기반하여 상기 옅색 벡터에 대한 오차 척도를 결정하는 단계(240); 및
 상기 프로브 위치에 대한 상기 현재 보정 벡터와 연관된 상기 현재 오차 척도와 상기 옅색 벡터에 대한 상기 오차 척도를 비교하는 단계(241)
 를 포함하는 이미지 데이터 제공 방법.

청구항 4

제1항 또는 제3항에 있어서,
 복수의 프로브 위치들의 각각에 대한 옅색 벡터를 결정하는 단계
 를 포함하는 이미지 데이터 제공 방법.

청구항 5

제1항 또는 제3항에 있어서,
 상기 옅색 벡터는 적어도 랜덤 방법의 일부로 결정되는
 이미지 데이터 제공 방법.

청구항 6

제1항 또는 제3항에 있어서,
 복수의 옅색 벡터들을 결정하는 단계;
 상기 프로브 위치에 적용된 상기 옅색 벡터들 중 하나를 각각 갖는 프로브 함수에 기반하여 복수의 파면들을 추

정하는 단계; 및

최저 연관 오차를 갖는 상기 복수의 옵션 벡터들 중 하나를 선택하는 단계를 포함하는 이미지 데이터 제공 방법.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 복수의 옵션 벡터들은 상기 방법의 각각의 반복 동안 결정되는 이미지 데이터 제공 방법.

청구항 8

제1항 또는 제3항에 있어서,

복수의 프로브 위치들과 연관된 하나 이상의 오차들을 보정하기 위한 하나 이상의 글로벌 보정 팩터들을 결정하는 단계

를 포함하는 이미지 데이터 제공 방법.

청구항 9

제8항에 있어서,

상기 글로벌 보정 팩터들은 스케일링, 이동 및 회전 중 하나 이상을 보정하는 이미지 데이터 제공 방법.

청구항 10

제1항 또는 제3항에 있어서,

상기 옵션 벡터는 시행-착오-방법으로 결정되는 이미지 데이터 제공 방법.

청구항 11

제1항 또는 제3항에 있어서,

상기 방법은 반복적으로 수행되고, 상기 옵션 벡터는 상기 방법의 복수의 반복 동안 결정되는 이미지 데이터 제공 방법.

청구항 12

제11항에 있어서,

상기 옵션 벡터는 상기 방법의 제1 반복 동안 상기 프로브 함수에 적용되고, 또는 상기 옵션 벡터는 상기 방법의 제2 또는 제2 이상의 반복 동안 상기 프로브 함수에 처음 적용되는

이미지 데이터 제공 방법.

청구항 13

제3항에 있어서,

상기 현재 보정 벡터는 하나 이상의 미리 결정된 기준에 따른 상기 현재 오차 척도와 연관된 옵션 벡터인 이미지 데이터 제공 방법.

청구항 14

제13항에 있어서,

상기 하나 이상의 미리 결정된 기준은 최저 현재 오차 척도를 포함하는
이미지 데이터 제공 방법.

청구항 15

제11항에 있어서,

상기 읍셋 벡터는 적어도 스케일링 팩터의 일부에 따라서 결정되어, 상기 벡터의 크기가 상기 방법의 증가하는
반복들로 감소되는

이미지 데이터 제공 방법.

청구항 16

제3항에 있어서,

상기 읍셋 벡터는 현재 보정 벡터에 기반하여 결정되는

이미지 데이터 제공 방법.

청구항 17

제3항에 있어서,

상기 읍셋 벡터 V 는 하기 수학식에 따라 결정되고,

$$V = CBC + (randomx, randomy)$$

상기 CBC는 상기 프로브 위치에 대한 상기 현재 보정 벡터이고, $random$ 및 $randomy$ 는 랜덤으로 결정된 좌표들
인

이미지 데이터 제공 방법.

청구항 18

제3항에 있어서,

상기 오차 척도 E 는 하기 수학식에 따라 결정되고,

$$E = \frac{\sum_u (|T\psi'_j| - \sqrt{I_j})^2}{\sum_u I_j}$$

상기 ψ'_j 는 j 번째 프로브 위치에 대해 결정된 종료 파이고, T 는 상기 종료 파를 상기 검출기의 평면으로 변환
하기 위한 것이고, I_j 는 상기 검출기의 상기 평면에서 측정된 세기인

이미지 데이터 제공 방법.

청구항 19

타겟 대상의 영역의 이미지를 구성하기 위한 이미지 데이터를 제공하는 장치에 있어서,

미리 결정된 프로브 위치에서 조리개 또는 입사 복사와 함께 타겟 대상에 의해 흩어진 복사의 세기를 나타내는
데이터를 저장하는 데이터 저장수단(730);

상기 프로브 위치와 연관된 오차를 감소시키기 위한 읍셋 벡터를 결정하도록 배치되고, 상기 프로브 위치에 적
용되는 상기 읍셋 벡터를 갖는 프로브 함수에 기반하여 파면을 추정하고, 상기 읍셋 벡터와 연관된 오차 척도가
상기 프로브 위치에 대한 현재 보정 벡터와 연관된 현재 오차 척도(243)보다 작을 때 프로브 위치와 연관된 현
재 보정 벡터를 업데이트하며, 상기 복사에 응답하여 이미지 데이터를 제공하기 위한 프로세싱 수단들(740)

을 포함하는 이미지 데이터 제공 장치.

청구항 20

삭제

청구항 21

제19항에 있어서,

상기 프로세싱 수단들은

상기 추정된 파면 및 상기 저장수단에 유지되는 복사의 세기를 나타내는 상기 데이터에 대응하는 파면 사이의 차에 기반하여 상기 읍셋 벡터에 대한 오차 척도를 결정하고, 상기 프로브 위치에 대한 상기 현재 보정 벡터와 연관된 상기 현재 오차 척도 함께 상기 읍셋 벡터에 대한 상기 오차 척도를 비교하도록 배치되는

이미지 데이터 제공 장치.

청구항 22

제19항 또는 제21항에 있어서,

상기 프로세싱 수단들은 복수의 프로브 위치들의 각각에 대한 읍셋 벡터를 결정하기 위해 배치되는

이미지 데이터 제공 장치.

청구항 23

제19항 또는 제21항에 있어서,

복수의 읍셋 벡터들을 결정하고;

상기 프로브 위치에 적용된 상기 읍셋 벡터들 중 하나를 각각 갖는 프로브 함수에 기반하여 복수의 파면들을 추정하고; 및

최저 연관 오차를 갖는 상기 복수의 읍셋 벡터들 중 하나를 선택하는

이미지 데이터 제공 장치.

청구항 24

제19항 또는 제21항에 있어서,

복수의 프로브 위치들과 연관된 하나 이상의 오차들을 보정하기 위한 하나 이상의 글로벌 보정 팩터들을 결정하는

이미지 데이터 제공 장치.

청구항 25

제24항에 있어서,

상기 글로벌 보정 팩터들은 스케일링, 이동 및 회전 중 하나 이상을 보정하는

이미지 데이터 제공 장치.

청구항 26

제19항 또는 제21항에 있어서,

상기 읍셋 벡터는 랜덤 방법의 적어도 일부로 결정되는

이미지 데이터 제공 장치.

청구항 27

제19항 또는 제21항에 있어서,

상기 프로세싱 수단들의 동작이 반복적으로 수행되고, 상기 읍셋 벡터는 상기 프로세싱 수단들의 동작의 복수의 반복의 각각 동안 결정되는

이미지 데이터 제공 장치.

청구항 28

제27항에 있어서,

상기 읍셋 벡터는 상기 프로세싱 수단들의 동작의 제1 반복 동안 상기 프로브 함수에 적용되고, 또는 상기 읍셋 벡터는 상기 프로세싱 수단들의 동작의 제2 또는 제2 이상의 반복 동안 상기 프로브 함수에 처음 적용되는

이미지 데이터 제공 장치.

청구항 29

제21항에 있어서,

상기 현재 보정 벡터는 하나 이상의 미리 결정된 기준에 따라 상기 현재 오차 척도와 연관된 읍셋 벡터인

이미지 데이터 제공 장치.

청구항 30

제29항에 있어서,

상기 하나 이상의 미리 결정된 기준은 최저 현재 오차 척도를 포함하는

이미지 데이터 제공 장치.

청구항 31

제19항 또는 제21항에 있어서,

상기 읍셋 벡터는 상기 프로세싱 수단들의 동작의 증가하는 반복으로 감소된 상기 벡터의 크기와 같은 크기 조정 팩터에 따라 적어도 일부에서 결정되는

이미지 데이터 제공 장치.

청구항 32

제1항 또는 제3항의 방법을 수행하도록 배치된, 컴퓨터에 의해 실행되는 컴퓨터 프로그램을 저장하는 컴퓨터 판독 가능 기록 매체.

청구항 33

삭제

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 타겟 대상(target object)이 생성될 경우 적어도 일부의 이미지로부터 이미지 데이터를 제공하기 위한 방법 및 장치에 관한 것이다. 더욱 상세하게는 복수의 이미지 데이터 개선하기 위한 방법 및 장치에 관한 본 발명의 실시예이다.

배경 기술

[0002] 모든 목적을 위한 참조로써 포함된 국제 공개 특허 WO 2005/106531는 타겟 대상(target object)의 영역의 이미지를 생성하기 위한 이미지 데이터 제공의 방법 및 장치를 제시한다. 입사 복사는 타겟 대상에서 복사 소스(radiation source)로부터 제공될 수 있다. 타겟 대상에 의해 산란된 복사의 세기는 적어도 하나의 검출기

(detector)를 사용하여 검출될 수 있다. 이미지 데이터는 검출된 복사에 응답하여 제공될 수 있다. 투과율 함수(transmittance function) 또는 조명 함수(illumination function)와 같은 부드럽게 이동 가능한 가변 프로브(probe function)를 사용하는 반복 과정을 통해 이러한 이미지 데이터를 제공하기 위한 방법이 제시된다. 이러한 방법 및 기술은 PIE(ptychographical iterative engine) 라고 언급한 국제 공개 특허 WO 2005/106531에 제시된다.

[0003] PIE(ptychographical iterative engine)는 타겟 대상의 적어도 하나의 영역에 관련하는 이미지 데이터의 복구를 위해 회절 패턴 측정들(of diffraction pattern measurements)의 세트로부터 제공할 수 있다. 몇몇의 회절 패턴들(diffraction patterns)은 CCD(Charge-Coupled Device) 또는 이와 유사한 하나 이상의 검출기들(detectors)을 사용하는 측정 평면(measurement plane)에서 기록될 수 있다. 프로브 함수는 포스트-타겟 대상 조리개(post-target object aperture) 또는 조명 함수와 연관된 투과율 함수일 수 있고, 알고 있거나 추정할 수 있어야 한다.

[0004] 모든 목적을 위한 참조로써 포함된 국제 공개 특허 WO 2005/106531는 프로브 함수를 반드시 알고 있거나 추정할 필요 없는 향상된 PIE(ptychographical iterative engine) 방법을 제시한다. 대신에 과정은 프로브 함수는 타겟 대상과 연관된 대상 함수(object function)의 실행 추정(running estimate)을 결정하도록 활용된 프로브 함수의 실행 추정의 단계에 의해 반복적으로 계산된 단계로 제시된다.

[0005] 산란된 복사의 측정에 기반하여 이미지 데이터를 제공하는 다른 방법 또한 알려져 있다.

[0006] 이러한 방법들에서 복수의 위치들 사이의 움직임은 종종 요구될 수 있다. 몇몇 방법들에서, 움직임은 대상 및 복사 또는 프로브 사이의 연관 움직임이다. 이러한 움직임을 달성하기 위해 대상, 프로브 또는 둘 모두 복수의 위치 사이에서 움직일 수 있다. 프로브는 복사 소스(radiation source)의 변하는 위치에 의해 움직일 수 있고, 광학(optics) 또는 조리개(aperture)로 초점을 맞출 수 있다. 이러한 움직임들의 정확도는 이미지 데이터 결과의 정확도에서 한계를 제시할 수 있다.

[0007] 본 발명의 실시예들의 대상은 종래 기술의 하나 이상의 문제들을 해결할 수 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

과제의 해결 수단

[0008] 일 측면에 있어서, 본 발명에서 제안하는 타겟 대상의 영역의 이미지를 구성하기 위한 이미지 데이터 제공 방법은 미리 결정된 프로브 위치에서 조리개(aperture) 또는 입사 복사(incident radiation)와 함께 타겟 대상(30)에 의해 흩어진(scattered) 복사의 적어도 일부를 적어도 하나의 검출기(detector)(40)에 의해 검출하는 단계; 상기 프로브 위치와 연관된 오차(error)를 감소시키기 위한 오프셋 벡터(offset vector)(203)를 결정하는 단계; 상기 프로브 위치에 적용된 상기 오프셋 벡터를 갖는 프로브 함수(probe function)(201)에 기반하여 파면(wavefront)을 추정하는 단계(210); 및 상기 검출된 복사에 응답하여 이미지 데이터를 제공하는 단계를 포함할 수 있다.

[0009] 선택적으로, 방법은 타겟 대상 및/또는 프로브 적어도 하나의 영역의 적어도 하나의 특징을 나타내는 적어도 하나의 대상 함수 및/또는 타겟 대상 또는 조리개에서 입사 복사의 적어도 하나의 특징을 나타내는 프로브 함수를 추정하는 단계를 더 포함할 수 있다. 방법은 적어도 하나의 검출기의 평면에서 대상 함수 및 프로브 함수에 기반하여 파면을 추정하는 단계를 포함할 수 있다. 파면의 일부는 검출된 복사에 기반할 수 있다. 추정된 파면의 일부는 주로 변하지 않고 남아 있을 수 있다. 파면 또는 파면의 일부의 업데이트는 검출된 복사에 따른 파면의 계수들을 업데이트하는 단계를 포함할 수 있다. 파면 또는 파면의 일부는 하기식으로 업데이트 될 수 있다:

$$\sqrt{I_{s(j)}(u)}$$

[0010]

- [0011] 여기에서 $I_s(j)(u)$ 는 프로브 포지션 j 에 대한 복사의 검출된 세기일 수 있다.
- [0012] 방법은 반복 과정에서 사용된 흠어진 복사의 포지션의 측정에 대한 입사 복사(incident radiation) 또는 조리개(aperture)의 포지션의 순서를 결정하는 단계 포함할 수 있다. 결정된 순서는 랜덤 또는 피슈도-랜덤(pseudo-random)일 수 있다. 순서는 비-순차적(non-sequential) 패턴일 수 있다.
- [0013] 선택적으로, 방법은 타겟 대상에 대하여 제1 포지션에서 입사 복사(incident radiation) 또는 포스트 타겟 조리개(post-target aperture)를 갖는 타겟 대상에 의해 흠어진 복사의 세기를 검출하는 단계를 포함할 수 있다. 입사 복사 또는 포스트-타겟 조리개는 타겟 대상과 연관된 적어도 하나의 더 먼 포지션(further position)에서 다시 포지션될 수 있다. 이후, 방법은 입사 복사를 갖는 타겟 대상 또는 포스트-타겟 조리개에 의해 적어도 하나의 더 먼 포지션(further position)에서 흠어진 복사의 세기를 검출하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0014] 선택적으로, 방법은 타겟 대상의 상기 영역의 적어도 하나의 특징을 나타내는 대상 함수를 추정하는 단계; 및/또는 타겟 대상 또는 포스트-타겟 조리개에서 입사 복사의 적어도 하나의 특징에서 나타내는 프로브 함수를 추정하는 단계; 및 반복적으로 각 대상 함수 및/또는 프로브 함수를 재추정하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0015] 선택적으로, 방법은 종료 과 함수를 제공하기 위해 추정된 대상 함수를 추정된 프로브 함수에 의해 곱하는 단계; 검출기에서 예상된 흠어진 패턴 또는 파면들의 추정을 제공하기 위해 종료 과 함수를 전파하는 단계; 및 타겟 대상에 의해 흠어진 복사의 검출된 세기에 따른 상기 예상된 흠어진 패턴의 적어도 하나의 특징을 보정하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0016] 선택적으로 방법은 보정되고 예상된 흠어진 패턴을 업데이트된 종료 과 함수에 제공하기 위해 반대로 전파하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0017] 선택적으로, 방법은 검출기의 측정 평면에서 흠어진 패턴 추정을 제공하기 위해 추정된 프로브 함수를 전파하는 단계를 포함 할 수 있고, 전파 오퍼레이터 \mathcal{T} 는 대상의 평면과 측정 평면 사이의 전파를 적합하게 모델링할 수 있다. \mathcal{T} 는 푸리에 변화(Fourier Transform) 또는 프레넬 변환(Fresnel Transform)을 포함할 수 있다.
- [0018] 선택적으로, 방법은 프로브 함수의 추정 동작 및/또는 대상 함수의 추정 동작을 방법의 각 반복과 동시에 업데이트하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0019] 선택적으로 방법은 이전 모델링된 프로브 함수와 같은 프로브 함수의 초기 추정을 제공하는 단계를 더 포함할 수 있다. 프로브 함수의 초기 추정은 프로브 함수에 대한 랜덤 근사값(random approximation)으로 제공될 수 있다.
- [0020] 선택적으로, 여기에서 타겟 대상은 입사 복사를 위해 적어도 부분적으로 투명할 수 있고, 타겟 대상에 의해 흠어진 복사의 세기의 검출은 타겟 대상에 의해 전송된 복사의 세기를 검출하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0021] 선택적으로 타겟 대상은 적어도 부분적으로 입사 복사를 반사할 수 있고, 타겟 대상에 의해 흠어진 복사의 세기의 검출은 타겟 대상에 의해 반영된 복사의 세기를 검출하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0022] 일 측면에있어서, 본 발명에서 제안하는 타겟 대상의 영역의 이미지를 구성하기 위한 이미지 데이터 제공 장치는 미리 결정된 프로브 위치에서 구멍 또는 입사 복사(incident radiation)와 함께 타겟 대상에 의해 흠어진 복사의 세기를 나타내는 데이터를 저장하는 데이터 저장수단(data store); 상기 프로브 위치와 연관된 오차를 감소시키기 위한 옵션 벡터를 결정하도록 배치되고, 상기 프로브 위치에 적용되는 상기 옵션 벡터를 갖는 프로브 함수에 기반하여 파면 (wavefront)을 추정하고, 상기 검출된 복사에 응답하여 이미지 데이터를 제공하기 위한 프로세싱 수단들(processing means)을 포함할 수 있다.
- [0023] 장치는 타겟 대상에 의해 흠어진 복사의 세기를 검출하기 위한 적어도 하나의 검출기를 선택적으로 포함할 수 있다. 프로세싱 수단들은 제1 및 제2 포지션들에서 입사 복사 또는 조리개를 갖는 검출된 복사 대상에 응답하여 반복 과정을 통해 이미지 데이터를 제공하기 위해 배치될 수 있고, 여기에서 상기 반복 과정에서 이미지 데이터는 타겟 대상에 의해 흠어진 복사의 해당 포지션으로 제공될 수 있고, 검출기에 의해 검출되지 않을 수 있다.
- [0024] 프로세싱 수단들은 제1 및 제2 포지션들을 갖는 입사 복사 또는 조리개를 갖는 검출된 복사에 응답하여 반복 과정을 통해 이미지 데이터를 제공하도록 배치될 수 있고, 상기 반복 과정에서, 이미지 데이터는 타겟 대상에 의해 흠어진 복사의 해당 포지션으로 제공될 수 있고, 검출기에 의해 검출되지 않을 수 있다.

[0025] 프로세싱 수단들은 타겟 대상의 적어도 하나의 영역의 적어도 하나의 특징을 나타내는 적어도 하나의 대상 함수 및/또는 타겟 대상 또는 조리개에서 입사 복사의 적어도 하나의 특징을 나타내는 프로브 함수에서 추정하도록 배치될 수 있다. 프로세싱 수단들은 대상 함수(object function) 및 프로브 함수(probe function)에 기반하여 적어도 하나의 검출기의 평면에서 파면을 추정하도록 더 배치될 수 있다. 프로세싱 수단들은 파면 또는 파면의 일부를 검출된 복사에 기반하여 업데이트하고, 추정된 파면의 일부를 변화하지 않고 남기도록 더 배치될 수 있다.

[0026] 프로세싱 수단들은 검출된 복사에 따른 파면의 계수 또는 파면의 일부를 업데이트하도록 배치될 수 있다.

[0027] 일 측면에 있어서, 본 발명에서 제안하는 타겟 대상의 영역의 이미지를 구성하기 위한 이미지 데이터를 제공하는 방법을 수행하는 컴퓨터 프로그램이 컴퓨터에 의해 수행될 때, 적어도 하나의 검출기에 의해 적어도 흠어진 복사의 일부에서 미리 결정된 프로브 포지션에서 입사 복사 또는 조리개를 갖는 타겟 대상에 의해 검출하고, 프로브 포지션과 연관된 오차를 감소시키기 위한 옵셋 벡터를 결정하고, 프로브 포지션에 적용된 옵셋 벡터를 갖는 프로브 함수에 기반하여 파면을 추정하고, 검출된 복사에 응답하여 이미지데이터를 제공하는 것을 포함할 수 있다.

[0028] 본 발명의 실시예는 개선된 해상도를 갖는 이미지 데이터를 제공할 수 있다. 본 발명의 일 실시예는 이미지 데이터 결정 방법의 수렴의 비율(rate of convergence)을 개선할 수 있다. 본 발명의 일 실시예는 이미지 데이터에서 노이즈 발생을 감소시킬 수 있다. 본 발명의 또 다른 측면은 아래의 상세한 설명 및 첨부된 청구범위로부터 이해될 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0029] 본 발명의 실시예들은 첨부된 도면들을 참조하여 예시로서 설명된다.

도 1은 본 발명의 실시예에 따른 조리개(apparatus)를 나타내는 도면이다.

도 2는 본 발명의 실시예에 따른 방법을 나타내는 도면이다.

도 3은 본 발명의 실시예에 따른 결정된 보정 벡터들의 연결을 나타내는 도면이다.

도 4는 본 발명의 실시예에 의해 생성된 이미지 데이터로부터 생성된 해상도 테스트 패턴의 이미지를 나타내는 도면이다.

도 5는 제안하는 발명의 실시예의 효과를 보여주는 별의 뒷다리의 이미지를 나타내는 도면이다.

도 6은 제안하는 발명의 실시예의 효과를 보여주는 이미지를 더 나타내는 도면이다.

도 7은 제안하는 발명의 실시예의 효과를 보여주는 위치 데이터의 플롯(plot)을 나타내는 도면이다.

도 8은 본 발명의 실시예의 수행을 나타내는 도면이다.

도 9는 본 발명의 실시예에 따른 조리개를 나타내는 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0030] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 조리개(apparatus)(100)을 나타내는 도면이다. 조리개는 대상(object)의 이미지 데이터를 제공하기에 적합할 수 있고, 배타적은 아니지만, 대상의 적어도 하나의 영역의 이미지를 생성하기 위해 사용될 수 있다.

[0031] 도 1에 나타내지 않은 복사 소스는 하나 이상의 렌즈들과 같은 초점 배열(focusing arrangement)(20)로 들어가는 복사(10)의 소스이고, 타겟 대상(target object)(30)의 영역을 조명(illuminate)하도록 야기할 수 있다. 복사는 광범위하게 해석되는 것으로 이해할 수 있다. 복사는 다양한 파면들(wave fronts)을 포함할 수 있다. 복사는 복사 소스로부터 에너지를 포함할 수 있다. 이것은 전자들(electrons)과 같은 입자(particles)들을 방출하는 X-ray를 포함하는 전자기 복사를 포함할 수 있다. 복사의 다른 유형은 사운드 웨이브들(sound waves)과 같은 음향의 복사(acoustic radiation)를 포함할 수 있다. 이러한 복사는 웨이브 함수 $Y(\mathbf{r})$ 에 의해 나타낼 수 있다. 이러한 웨이브 함수는 당업자에 의해 이해될 수 있는 실수부 및 허수부를 포함할 수 있다. 이것은 웨이브 함수 계수 및 위상에 의해 나타낼 수 있다. $Y(\mathbf{r})^*$ 는 $Y(\mathbf{r})$ 의 켤레 복소수이고, $Y(\mathbf{r}) Y(\mathbf{r})^* = |Y(\mathbf{r})|^2$ 에서 $|Y(\mathbf{r})|^2$ 는 웨이브 함수에 대해 측정될 수 있는 세기이다.

- [0032] 렌즈들(20)은 조사(investigation)에 대한 타겟 대상(20)의 영역을 선택하도록 배열된 프로브 함수 $P(r)$ 를 형성할 수 있다. 프로브 함수는 분석에 대한 대상 종료 파(object exit wave)의 부분을 선택할 수 있다. $P(r)$ 는 대상의 평면(40)에서 계산된 이러한 웨이브 필드(wave field)의 복잡한 고정 값(complex stationary value)이다.
- [0033] 타겟(40)에 대하여 조명(illumination)을 약하게(또는 정말 강하게) 초점을 맞추기 보다는, 초점이 맞지 않는 복사가 포스트 타겟 조리개(post target aperture)와 함께 사용될 수 있음을 알 수 있다. 조리개(aperture)는 포스트 타겟 대상(post target object)에 위치할 수 있으므로 조사(investigation)에 대한 타겟의 영역을 선택할 수 있다. 조리개는 마스크에 형성될 수 있고, 조리개는 "지원(support)"을 정의할 수 있다. 지원은 함수의 영역일 수 있고, 함수는 제로(zero)가 아닐 수 있다. 한편, 지원 바깥쪽 함수는 제로일 수 있다. 지원 바깥쪽에서, 마스크는 복사의 투과율을 차단할 수 있다. 조리개는 복사의 지역화된 전송 함수를 형성할 수 있다. 이것은 0과 1 사이의 계수 값을 갖는 2차원의 복잡한 변수로써 나타낼 수 있다. 예시는 가변 투과율(varying transmittance)의 물리적 조리개 영역을 구비하는 마스크일 수 있다.
- [0034] 입사 복사는 타겟 대상(30)의 업-스트림(up-stream)의 사이드로 들어갈 수 있고, 전송되는 타겟 대상(30)에 의해 산란될 수 있다. 타겟 대상(30)은 적어도 부분적으로 입사 복사로 투과될 수 있다. 타겟 대상(30)은 어떠한 반복적인 구조를 갖거나 갖지 않을 수 있다. 그렇지 않으면, 타겟 대상(30)은 전체적으로 또는 부분적으로 반사할 수 있고, 이러한 경우 산란된 패턴은 반사된 복사에 기반하여 측정될 수 있다.
- [0035] 표본 웨이브(specimen wave) $O(r)$ 는 대상(30)과 상호 작용 후에 복사의 종료 파 함수로서 형성될 수 있다. 이러한 방법에서 $O(r)$ 는 2차원 복소 함수(complex function)를 나타낼 수 있고, r 은 2차원 좌표인 $O(r)$ 에서 각 포인트는 복소수와 연관될 수 있다. $O(r)$ 은 물리적으로 평면 파(plane wave)에 의해 조명되는 대상(object)으로부터 발하는 종료 파(exit wave)를 나타낼 수 있다. 예를 들어, 전자 산란(electron scattering)의 경우, $O(r)$ 는 관심 있는 대상(object)(30)을 통과한 결과로서, 입사 파에 도입된 위상 및 크기 변화를 나타낼 수 있다. 프로브 함수 $P(r)$ 는 (또는 전송 함수)는 분석을 위한 대상 종료 파 함수(object exit wave function)의 부분을 선택할 수 있다. 이것은 조리개 투과 그레이팅(transmission grating) 또는 대상 함수의 다운 스트림에 배치될 수 있는 다른 필터링 함수와 같은 것을 선택하는 것으로 이해될 수 있다. 프로브 함수 $P(r, R)$ 는 조리개 투과 그레이팅(transmission grating)일 수 있고, 조리개는 포지션 R (position R)에 있을 수 있다. 프로브 함수는 계수(modulus) 및 위상에 의해 주어진 복소수 값(complex value)을 갖는 복소 함수(complex function)로 표현될 수 있고, 이것은 프로브에 의해 완전 평면 파 입사(perfect plane wave incident)로 도입된 계수 및 위상 변화를 나타낼 수 있다. 이것은 또한 3차원 복소 함수일 수 있는 프로브 및 견본 함수, $P(s)$ 및 $O(s)$ 둘 다로 이해될 수 있고, 따라서 $P(s)$ 및 $O(s)$ 에서 각 포인트 s 는 복소수와 연관된 3차원 좌표일 수 있다.
- [0036] 종료 파 함수 $\Psi(r, R)$ 는 대상(30)의 종료로서 복사의 종료 파 함수일 수 있다. 이러한 종료 파 $\Psi(r, R)$ 는 회절 평면(diffraction plane)에서 회절 패턴(diffraction pattern) $\Psi(u)$ 을 형성할 수 있다. 여기에서 r 은 실수 영역(real space)의 벡터 좌표(vector coordinate)이고, u 는 회절 영역(diffraction space)의 벡터 좌표이다.
- [0037] 이것은 형성된 조리개 실시 및 비-조리개 실시 둘 다로 이해될 수 있고, 회절 평면에서 흩어진 복사가 검출될 경우, 견본 또는 대상(30)에 인접하여 움직일 수 있고, 프레넬 회절 패턴(Fresnel diffraction patterns)은 푸리에 회절 패턴대신 검출될 수 있다. 이러한 전파 함수(propagation function)의 경우 종료 파 $\Psi(r, R)$ 로부터 회절 패턴 $\Psi(u)$ 으로 푸리에 변환(Fourier transform)대신 프레넬 변환(Fresnel transform)될 수 있다. 전파 함수는 종료 파 $\Psi(r, R)$ 로부터 회절 패턴 $\Psi(u)$ 로 다른 변환 함수(transforms)를 이용하여 모델링된 것으로 이해될 수 있다.
- [0038] 조명되거나(illuminated) 프로브된(probed) 타겟 대상(30)의 영역을 선택하기 위해, 렌즈(들)(lens(es))(20) 또는 조리개는 대상(30)에 대하여 프로브 함수의 움직임을 활성화하는 x/y 해석 단계(translation stage) 위에 탑재될 수 있다. 이것은 또한 대상(30)이 렌즈(들) 또는 조리개에 대하여 움직이도록 실행될 수 있다. 프로브 함수(20)는 포지션들의 그리드 배열(grid arrangement)에서 해석 단계(translation stage)에 의해 움직일 수 있다. 그리드는 20x20 포지션들(positions)을 포함할 수 있고, 다른 수의 포지션들도 사용될 수 있고, 게다가, 그리드는 x와 y 양 방향에서 동일한 수의 포지션들을 포함하지 않을 수도 있다. 미리 결정된 옵션은 각 그리드 포지션의 위치로 도입될 수 있다. 예를 들어, 그리드 위치들이 30 μm 의 피치를 가질 경우, 옵션은 $\pm 5 \mu\text{m}$ 일 수 있다.

- [0039] 검출기(40)는 CCD 카메라 또는 기록되기 위한 회절 패턴을 허용하는 것과 같은 적합한 기록 장치일 수 있다. 검출기(40)는 회절 평면에서 회절 패턴의 검출을 허용할 수 있다. 검출기(40)는 CCD의 경우와 같이 검출기 엘리먼트들(elements)의 배열을 포함할 수 있다.
- [0040] 위에서 제시된 것과 같은 방법에서, 대상 및/또는 복사 소스, 렌즈(20) 또는 조리개는 복수의 포지션들 사이에서 움직일 수 있다. 일 실시예에서, 몇몇의 포지션들은 적어도 부분적으로 겹쳐지기 위한 프로브 함수를 야기할 수 있다. 회절 패턴은 각 프로브 위치에서 기록될 수 있다. 미리 결정될 수 있는 프로브 포지션과 함께 정확도는 이미지 데이터의 정확도를 제한할 수 있고, 그 결과 이미지 데이터를 사용하여 제공된 이미지의 해상도를 제한할 수 있다는 것이 언급되었다. 이러한 문제점은 상대적으로 X-ray 및 전자 복사와 같이 짧은 파장을 갖는 복사(radiation)와 함께 특히 심할 수 있지만, 본 발명은 복사의 이러한 유형의 사용에 국한되지 않는다. 이러한 복사로, 타겟 해상도는 50nm 이하일 수 있고, 이러한 정확도를 위한 프로브 포지션의 정확도 결정은 어려울 수 있다.
- [0041] 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 방법(200)을 나타낸 도면이다. 방법(200)은 프로브 및 대상 함수 추정의 업데이트를 단계적으로 동시에 포함하는 도 2에 도시된다. 하지만, 또한 국제공개특허 2005/106531에 의해 제시된 방법 및 장치에서 사용된 알려진 프로브함수 및 업데이트된 대상 함수가 사용되는 경우에만 예상될 수 있는 본 발명의 실시예가 실행될 수 있다. 게다가, 본 발명의 다른 실시예에서, 알려진 대상 함수(object function)는 사용될 수 있고, 방법은 프로브 함수를 결정할 수 있다. 이것은 또한 대상 함수 및/또는 프로브 함수가 다른 방법들에 의해 업데이트될 수 있다.
- [0042] 방법은 회절강도(diffracted intensities) J 의 세트 $s(j)$ 또는 회절 패턴을 활용할 수 있고, $I_j(u)$ 는 검출기(40)에 의해 기록될 수 있다. 각각의 회절 패턴 J 는 다른 프로브 포지션과 연관될 수 있다. 방법의 각 반복 동안, 프로브 및 대상 함수의 추정은 검출기(40)에 의해 측정된 각 회절 패턴 J 에 대해 업데이트될 수 있다. 측정된 세기 J 의 고려 순서는 선택될 수 있다. 순서는 계수적으로 순차적일 수 있다. 다시 말해 $j=1, 2, 3$ 과일 수 있다. 이러한 경우, 회절 패턴 $s(j)$ 와 함께 시작하고 $s(J)$ 을 통해 진행할 수 있고, 프로브 $P_1'(r) \dots P_j'(r)$ 및 대상 $O_1'(r) \dots O_j'(r)$ 의 업데이트된 추정은 제공될 수 있다(대위는 이러한 함수들이 실제 프로브 및 대상 함수의 추정임을 나타낼 수 있다.). 하지만, 래스터 패션(raster fashion)(한 행의 각 패턴이 순차적으로, 각 행이 순차적으로)에서 회절 패턴의 고려는 방법 동안 특히 프로브 함수 이동(probe function drifting)의 추정과 관련하여 문제점들을 야기할 수 있다. 그러므로 일 실시예에서, 회절 패턴들은 랜덤(random) 또는 다른 피seudo-랜덤(pseudo-random) 차수로 고려될 수 있다. 하지만, 설명의 목적 위한, 세트 $s(j)$ 의 순차적 차수는 고려될 수 있다.
- [0043] 각 회절 패턴에 대한 프로브의 포지션은 기록될 수 있다. 설명된 실시예에서, 프로브 함수의 움직임은 대상(30)의 움직임에 의해 달성되는 것으로서 설명될 수 있다. 하지만, 렌즈(20) 또는 조리개 중 하나가 대상(30)에 대하여 프로브의 위치를 바꾸도록 움직일 수 있다. j 번째 회절 패턴에 대한 프로브의 포지션은 R_j 로 표시될 수 있고, 여기에서 $R_j=(R_{x,j}, R_{y,j})$ 이다. $R_{x,j}$ 및 $R_{y,j}$ 는 j 번째 회절 패턴에 대한 각각의 x 및 y 좌표에서 프로브의 포지션이다. 위에서 나타낸 바와 같이, 그것은 가능성이 높고, 부정확한 R_j 는 적어도 어느 정도 추정될 수 있다. 본 발명의 일 실시예에서, 프로브 포지션의 부정확성에 대한 경계(bound)를 결정하는 것은 매우 유용할 수 있지만, 이것은 실시예를 위해 반드시 필요한 것은 아니다.
- [0044] 본 발명의 실시예에서, 보정 벡터(correction vector)는 적어도 몇몇 또는 각 프로브 포지션에 대해 결정될 수 있다. 각 프로브 포지션에 대한 보정 벡터(correction vector)는 프로브 함수에 대한 옅벡터 V 의 시행착오 적용에 기반하여 결정될 수 있다. 일 실시예에서, 각 J 프로브 포지션에 대한 보정 벡터는 J 보정 벡터들 CBC_j (현재 최상 보정(Current Best Correction))의 세트로서 결정될 수 있다. 각 보정 벡터는 각각의 프로브 포지션과 연관될 수 있다. 각 보정 벡터는 결정될 수 있다. 일 실시예에서, J 오차의 척도 (현재 최상 오차(Current Best Error)) CBE_j 는 설명될 것과 같이 결정될 수 있다.
- [0045] 방법의 시작에서 첫 번째 ($k=1$) 반복에 앞서, 초기 프로브 $P'_0(r)$ (201) 및 대상 $O'_0(r)$ (202) 함수들은 결정될 수 있다. 0 첨자 인덱스(subscripted index)는 실제 함수에 더욱 가깝게 나타내기 위한 방법에 의해 개선된 초기 추정을 나타낼 수 있다. 초기 프로브 및 대상 함수들(201 및 202)은 초기 추측 다시 말해 미리 계산된 근사값들(pre-calculated approximations), 랜덤 분포(random distributions)와 같은 미리 결정된 초기 값일 수 있

고, 또는 다른 초기 측정들(initial measurements) 또는 이전 계산(prior calculations)에 기반할 수 있다. 함수들(201 및 202)은 복수의 샘플 포인트들에서 모델링될 수 있고, 행렬들(matrices)에 의해 나타내어질 수 있다. 이러한 행렬들은 저장될 수 있고, 컴퓨터 또는 다른 이러한 프로세싱부에 의해 다루어질 수 있다. 적절한 샘플 포인트들은 균등하게 분할되고, 사각형 배열을 형성할 수 있다.

[0046] 초기 읍셋 벡터 V 는 단계(203)에서 결정될 수 있다. 초기 읍셋 벡터 V 는 초기 추측에 기반한, 다시 말해 미리 계산된 근사값과 같은 미리 결정된 초기 값일 수 있고, 또는 다른 초기 측정들 또는 이전 계산들에 기반할 수 있다. 일 실시예에서, 초기 읍셋 벡터 V 는 랜덤 또는 피슈도-랜덤(pseudo-random) 방법으로 적어도 부분적으로 결정될 수 있다. 일 실시예에서 초기 읍셋 벡터는, 랜덤으로 결정된 벡터 $V=c(randomx, randomy)$ 일 수 있다. 용어(term) $randomx$ 및 $randomy$ 는 피슈도-랜덤 변이(pseudo-random variants) 및 피슈도-랜덤 방법으로 값을 결정하는 방법으로 이해될 수 있다. $randomx$ 및 $randomy$ 값은 랜덤 분포된 숫자들의 풀(pool)로부터 선택될 수 있다. 일 실시예에서, 방법의 성능을 개성하기 위해, 경계는 랜덤 숫자들(random numbers)의 풀 놓일 수 있고, 또한 풀(pool)에서 숫자들은 개선된 최상의 CBC_j 를 찾는 방법과 같은 다른 방법으로 제한될 수 있다. 경계들은 숫자들의 최대 크기일 수 있고, 숫자들이 양수 및 음수 모두일 수 있는 것을 예상할 수 있다. 값 c 는 일 실시예에서 상수인 스케일링 팩터 값(scaling factor value)일 수 있다. 하지만, 다른 실시예에서 c 는 방법 진행의 반복으로써 적어도 주기적으로 업데이트될 수 있다. 값 c 는 반복, 선형적이거나 단계적 방법의 증가하는 숫자가 증가함에 따라 감소시키도록 정해질 수 있다. 이러한 실시예에서, c 는 방법의 $k=1$ 반복을 위해 1로 설정될 수 있고, k 가 증가함으로써 제로(zero)로 감소될 수 있다. 반복의 숫자가 증가함에 따라 c 를 감소시키기 위한 다양한 방법은 예상될 수 있다. 게다가, c 는 $k=1$ 반복을 위해 1로 설정될 수 있지만, 이것은 또한 벡터 V 에 의한 읍셋인 프로브 함수를 위한 첫 번째 반복을 위해 1로 설정될 수 있고, $k=1$ 반복이거나 아닐 수도 있다. 일 실시예에서 읍셋 벡터 V 에 의한 프로브 함수의 읍셋 및 보정 벡터의 결정은 방법의 반복의 숫자가 결정된 이후에 시작할 수 있고, 예를 들어, $k=100$ 반복 후에, 이러한 포인트 c 는 1로 설정될 수 있다. 하지만, 설명의 용이성을 위해, 실시예는 읍셋 벡터 V 가 첫 번째 $k=1$ 반복에서 프로브 함수로 사용된 것으로 설명될 수 있다.

[0047] 단계(210)에서 j^{th} 회절 패턴이 생성된 종료 파 $\Psi'_j(r)$ 의 추정은 현재 프로브(201) 및 대상(202) 추정들을 곱함으로써 결정될 수 있다. 제1 프로브 포지션 $s(1)$ 을 위한 방법의 제1 반복($k=1$)에 대해 초기 대상 추정 $O'_0(r)$ 는 제1 종료 파 $\Psi'_1(r)$ 를 결정하기 위해 $P'_0(r+R_j+V)$ 가 적용된 초기 읍셋 벡터 V 를 갖는 프로브 추정에 의해 곱해질 수 있다. 방법의 이후 반복을 위해, j 번째 프로브 포지션, 다시 말해 $P'_j(r+R_j+V) O'_j(r)$ 에 대한 j 번째 프로브 및 대상 함수의 현재 선택된 추정은 현재 종료 파 $\Psi'_j(r)$ 를 곱하도록 곱해질 수 있다.

[0048] 단계(220)에서 종료 파 $\Psi'_j(u)$ 는 검출기(40)의 평면을 측정하도록 전파될 수 있다. 전파는 검출기(40)의 평면에서 파면(wavefront)의 추정 $\Psi'_j(u)$ 을 생성할 수 있다. 종료 파 $\Psi'_j(r)$ 는 수학적 1에 보여진 것과 같은 적합한 변환 함수(transform) T 에 의해 평면을 측정하도록 전파될 수 있다. 일 실시예에서, 변환 함수 T 는 푸리에 변환일 수 있지만, 다른 실시예에서 변환 함수는 프레넬 프리 스페이스 프로파게이터(Fresnel free space propagator)일 수 있다. 이것은 또한 방법의 특정 어플리케이션에 적합한 다른 변환 함수들이 사용되는 것이 관찰될 수 있다:

$$\Psi'_j(u) = T[\Psi'_j(r)]$$

[0049]

[0050] 수학적 1

[0051] 단계(230)에서, 파면 $\Psi'_j(u)$ 의 적어도 부분은 검출기(50)의 평면에서 측정된 회절 패턴 $I_{s(j)}(u)$ (235)에 기반하여 업데이트될 수 있다. 일 실시예에서, 전체, 다시 말해, 전체 영역 또는 파면의 크기(extent)는 업데이트

될 수 있고, 반면에 다른 실시예에서 어떠한 파면의 크기만 업데이트 될 수 있다. 인용 참증에서 설명된 것과 같이, $\Psi'_j(u)$ 은 복소수 값이기 때문에 수학식 2에서 보여진 것과 같이 나타낼 수 있다:

$$\Psi'_j(u) = A_j(u) \exp(i\phi_j(u))$$

[0052]

[0053]

수학식 2

[0054]

일 실시예에서, 파면 $\Psi'_j(u)$ 는 검출기(40)의 평면에서 $dM \times dN$ 픽셀(pixels)로 연장하도록 고려될 수 있고, 여기에서 d 는 상수 값이고, 예를 들어, d 는 4와 같을 수 있고, 중앙 $M \times N$ 픽셀은 검출기(40)의 영역에 해당할 수 있다. 파면의 이러한 중앙 영역의 계수는 수학식 3으로 나타낼 수 있다.

$$\sqrt{I_{s(j)}(u)}$$

[0055]

[0056]

수학식 3

[0057]

반면에 나머지 픽셀(remaining pixels) 또는 행렬 포지션(matrix positions)의 값은 변하지 않을 수 있다. 한편, 나머지 행렬 포지션 또는 픽셀의 값은 "플로트(float)" 하도록 허용될 수 있다. 다른 실시예에서 파면의 전체 영역의 계수는 수학식 3으로부터 나타낼 수 있다.

[0058]

단계(250)에서, j^{th} 회절 패턴 $\Psi'_j(u)$ 이 생성된 파면의 수정된 추정은 대상(40)의 평면으로 역(reverse) 전파될 수 있다. 역 전파(inverse propagation)는 단계(220)에서 사용된 변환 함수(transform)의 역(reverse)에 따라 형성될 수 있다. 일 실시예에서, 단계(250)에서 사용된 변환 함수는 푸리에 변환(Fourier transform)이지만, 앞서 설명된 것과 같이 다른 변환 함수가 사용될 수 있다. 역 변환 함수(inverse transform)는 수학식 4에 따라 수행될 수 있다:

$$\Psi'_{j,\text{new}}(r) = T^{-1}[\Psi'_j(u)]$$

[0059]

[0060]

수학식 4

[0061]

단계들(251 및 252)에서 프로브 및 대상 함수는 업데이트될 수 있다. 업데이트는 개선된 프로브 $P'_{j+1}(r)$ 및 대상 $O'_{j+1}(r)$ 추측을 제공할 수 있다. 업데이트는 인용 참증 국제공개특허 201/064051에서 설명된 것과 같이, 또는 어떠한 다른 방법에 의해 수행될 수 있다. 국제공개특허 201/064051와 유사하지만, 또한 읍셋 벡터 V 를 포함할 수 있고, 대상 함수는 수학식 5에 따라 업데이트될 수 있고, 프로브 함수는 수학식 6에 따라 업데이트될 수 있다:

$$O'_{j+1}(r) = O'_j(r) + \alpha \frac{P'^*_j(r+R_j+V)}{|P'_j(r+R_j+V)|^2_{\max}} (\psi'_{j, \text{new}}(r) - \psi'_j(r))$$

[0062]

[0063]

수학식 5

[0064]

파라미터 α 는 대상 추측 변화의 비율을 지배할 수 있다. 이러한 값은 업데이트된 대상 추측에서 불안정 (instability)으로 이어질 수 있는 더 높은 값으로 0 과 2 사이에서 조정될 수 있다. 본 발명의 실시예에 따른 함수는 대상 함수로서 거의 같은 방법으로 재구성될 수 있다. 적절한 프로브 함수 추측은 대상 추측의 업데이트 와 동시에 수행될 수 있다. (프로브 함수는 대상 함수보다 선택적으로 더 자주 또는 덜 자주 업데이트될 수 있다).

$$P'_{j+1}(r+R_j+V) = P'_j(r+R_j+V) + \beta \frac{O'^*_j(r)}{|O'_j(r)|^2_{\max}} (\psi'_{j, \text{new}}(r) - \psi'_j(r))$$

[0065]

[0066]

수학식 6

[0067]

이러한 업데이트 함수의 결과는 프로브 함수에 대한 런닝 추적(running estimate)을 생성할 수 있다. 파라미터 β 는 프로브 추측 변화의 비율을 지배할 수 있다. 이러한 값은 업데이트된 프로브 추측에서 불안정 (instability)으로 이어질 수 있는 더 높은 값으로 0 과 2 사이에서 조정될 수 있다.

[0068]

단계(220)에서 검출기(40)의 평면으로 종료 파의 전파 후에, j^{th} 프로브 포지션에 대한 오차 값 E 는 단계(240) 에서 결정될 수 있다. 오차 값 E 는 종료 파 및 측정된 회절 패턴 사이의 차의 지시를 제공할 수 있다. 오차 값 은 수학식 7에 따라 결정될 수 있고, 여기에서 ψ'_j 는 종료 파이고, 이것은 평면을 측정하기 위한 변환 함수 T 에 의해 변환될 수 있고, I_j 는 검출기(40)의 측정 평면에서 측정된 세기일 수 있다.

$$E = \frac{\sum_u (|T\psi'_j| - \sqrt{I_j})^2}{\sum_u I_j}$$

[0069]

[0070]

수학식 7

[0071]

검출기(40)에서 측정된 회절 패턴에 대하여 추정된 종료 파 $\psi'_j(r)$ 의 정확도를 나타내는 다른 오차 척도 수학적 식이 사용될 수 있다.

[0072]

읍셋 벡터가 제공되는($k=1$ for explanatory purposes) 방법의 제1 반복에서, 각 보정 벡터(현재 최상 보정 (CBC))는 (0, 0)과 같이 값을 결정하도록 설정될 수 있다. (0, 0)의 현재 최상 보정(CBC)은 프로브 함수가 아직 결정되지 않은 각 프로브 포지션에 대한 보정 벡터를 나타내는 읍셋이 아닐 수 있다. 각 현재 최상 보정(CBC)와 연관된 해당 오차 척도 현재 최상 오차(CBE)는 또한 미리 결정된 초기 값으로 설정될 수 있다. 일 실시예에서 미리 결정된 값은 방법의 반복에 의해 개선된(감소된) 오차 척도를 나타내는 상대적으로 큰 값일 수 있다. 이러한 실시예에서, 각 현재 최상 오차(CBE)는 처음에는 8로 설정될 수 있지만, 다른 값들이 선택될 될 수 있다. 그

러므로, 일 실시예에서, $k=1$ 반복에 대해 $CBC_j=(0,0)$ 이고, $CBE_j=8$ 일 수 있다.

[0073] 단계(241)에서, 현재 프로브 함수에 대한 결정된 오차 척도 E 는 j^{th} 프로브 포지션에 대한 현재 최상 오차 값을 저장하는 CBE_j 에 대하여 비교될 수 있다. 제1 $k=1$ 반복에서, $CBE_j=8$ 일 경우, 결정된 오차 척도 E 는 항상 CBE_j 보다 작을 수 있지만, CBE_j 의 다른 초기 값은 항상 실수(true)를 유지하지 않을 수 있다.

[0074] $E < CBE_j$ 이면 단계(242)에서 프로브 포지션에 대한 현재 최상 보정 벡터 CBC_j 는 업데이트될 수 있다. CBC_j 는 프로브 포지션에 적용된 옵션 벡터 V 에 기반하여 업데이트될 수 있다. 단계(242)에서, 보정 벡터 CBC_j 는 동일한 V 로 설정될 수 있고, 따라서 이러한 옵션 벡터는 오차 E 를 개선하기 위해 발견될 수 있다. $CBE_j=8$ 의 초기 값을 갖는 일 실시예에서 제1 $k=1$ 반복에 대해 해당 벡터 CBC_j 는 항상 V 로 설정될 수 있지만, 이것은 CBE_j 의 초기 선택 값에 기반하여 실행될 수 있다. j^{th} 프로브 포지션에 대한 제1 보정 벡터(correction vector) CBC_j (310)을 선택함으로써 정확도를 개선할 수 있는 것을 도 3에 나타내었다.

[0075] 연관된 CBE_j 는 또한 단계(243)에서 오차 값 E 를 결정하도록 업데이트될 수 있다. 그러면, 단계(241-243)의 결과로서, 오차 E 가 벡터 V 의 사용에 의해 개선될 경우, 프로브 포지션에 대한 현재 최상 보정 벡터 및 연관된 오차는 업데이트될 수 있다. 그렇지 않으면, 개선이 없을 경우 벡터 V 는 버려질 수 있다.

[0076] 단계(242 및 243)의 순서는 중요하지 않을 수 있고, 이것들은 순서대로 또는 동시에 수행될 수 있다.

[0077] 단계(260)에서, 현재의 반복에 대한 모든 프로브 포지션이 어드레스되었는지(addressed) 여부가 결정된다. 다시 말해, 이것은 다른 실시예에서 $j=J$ 인지 아닌지 결정될 수 있다. 현재 프로브 포지션이 현재 반복의 마지막 프로브 포지션이 아닐 경우, 다음 프로브 포지션이 선택될 수 있다. 다음 프로브 포지션은 단계(270)에서 $j=j+1$ 에 의해 선택될 수 있다. 또한, 다음 프로브 포지션은 랜덤으로 선택될 수 있다. 하지만, 현재 프로브 포지션이 현재 반복에 대한 마지막 프로브 포지션일 경우, 방법은 단계(280)으로 이동할 수 있다.

[0078] 단계(280)에서 조건 충족 체크 여부를 결정할 수 있다. 일 실시예에서, 조건 체크는 현재 반복 숫자(current iteration number) k 가 미리 결정된 값인지 여부가 결정될 수 있다. 반면에 이러한 체크는 계산에 용이할 수 있고, 이미지 데이터의 정확도를 고려하지 않을 수 있다. 그러므로, 일 실시예에서 조건 체크는 검출기(50)에 의해 기록된 것에 대하여 회절 패턴의 현재 추정치를 비교할 수 있다. The comparison may be made considering a sum squared error (SSE) as in equation 7: 이러한 비교는 수학적 식 7과 같이 오차 제곱 합(SSE: sum squared error)이 고려될 수 있다:

$$SSE = \sum_j \frac{\sum_u (|T\psi'_j| - \sqrt{I_j})^2}{\sum_u I_j}$$

[0079] .

[0080] 수학적 식 7

[0081] 이러한 방법은 제곱 오차 합(SSE: sum squared error)이 아래의 미리 결정된 값과 같이 하나 이상의 미리 결정된 기준(criteria)을 만족할 때 끝날 수 있다.

[0082] 미리 결정된 기준이 만족하지 않을 경우, 방법은 다음 반복($k=k+1$)에 대한 준비에서 단계(290)으로 이동할 수 있고, 여기에서 프로브 포지션은 리셋 다시 말해, 제1 프로브 포지션(first probe position)이 $j=1$ 과 같이 재 선택될 수 있다.

[0083] 단계(275)에서 옵션 벡터 V 는 다음 프로브 포지션에 대한 전파에서 고려하도록 업데이트될 수 있고, 현재 반복의 다음 $k+1$ 반복 또는 다음 프로브 포지션 $j+1$ 의 제1 프로브 포지션(first probe position)일 수 있다. 다음 프로브 포지션에 대한 옵션 벡터는 고려되기 위해 현재 최상 보정 벡터(CBC: current best correction vector)에 기반하여 업데이트될 수 있고, 단계(270 또는 290)에서 이미 선택되었을 수 있다. 옵션 벡터 V 는 수학적 식 8

에 따라 업데이트될 수 있다.

$$V = CBC_j + c(randomx, randomy)$$

[0084]

[0085]

수학식 8

[0086]

여기에서 c 는 스케일링 팩터일 수 있고, $randomx$, $randomy$ 은 랜덤으로 선택된 값들일 수 있고, 단계(203)에서 결정된 초기 읍셋 벡터와 같은 방법에서 미리 결정된 경계들(bounds)에 놓일 수 있다. 그러므로 다음 읍셋 벡터 V 는 고려되도록 적어도 부분적으로 현재 최상 보정 벡터(CBC: current best correction vector)에 기반하여 각각의 프로브 포지션을 위해 찾아질 수 있다. 업데이트된 읍셋 벡터 V 에 기반하여 읍셋 벡터의 추가적인 랜덤으로 결정된 엘리먼트(element)가 오차 척도 E 를 개선하였는지 여부가 고려될 수 있다. 이러한 방법에서, 현재 최상 보정 벡터는 종료 과 결정의 정확도를 개선하는 벡터를 향해 점차 추적할 수 있고, 개선된 대상 및/또는 프로브 함수 추측으로 이어질 수 있다.

[0087]

다시 도 3을 참조하면, 이것은 방법의 다음 반복에서, 특정 프로브 포지션 CBC_j 에 대한 현재 최상 보정 벡터(CBC: current best correction vector)이 점차 최적 보정 벡터(optimum correction vector)를 찾는 방법을 나타내었다. 보정 벡터는 제1 $k=1$ 반복에서 설명된 것과 같이 제1 보정 벡터(first correction vector)(310)으로 업데이트될 수 있다. 제1 반복에서 업데이트 이후, 보정 벡터(correction vector)는 방법의 각각의 반복에서 업데이트되지 않을 수 있다. 벡터 V 의 어플리케이션이 프로브 포지션에서 연관된 오차 CBE_j 를 개선하지 않을 경우, 보정 벡터 CBC_j 는 이러한 반복에서 업데이트되지 않을 수 있다. 도 3은 보정 벡터들(310, 320, 330, 340, 350)의 연결을 보여주고, 보정 벡터들(correction vectors)(310, 320, 330, 340, 350)은 각각 연속적일 수 있지만, 방법의 연속적 반복에서 반드시 필요한 것은 아니고, 프로브 포지션 결정의 정확도를 개선할 수 있다. 이것은 보정 벡터가 개선된 보정 벡터로 바로 업데이트되는 방법을 보여줄 수 있고, 특히 스케일링 값(scaling value) c 는 점차 감소되는 읍셋 벡터 V 의 랜덤으로 결정된 엘리먼트의 크기 때문에 점차 감소될 수 있다.

[0088]

도 4는 본 발명의 실시예에 의해 제공된 이미지 데이터의 해상도에서 개선을 나타내는 도면이다. 도 4(a)는 해상도 테스트 패턴의 이미지일 수 있고, 여기에서 건본의 포지션은 특정될 수 있다. 다시 말해, 알려진 포지션에서 낮은 포지션 오차 조건으로 특정될 수 있다. 도 4(b)는 동일한 데이터로부터 복원된 이미지이고, 여기에서 랜덤 오차들은 낮은 포지셔닝 정확도(poor positioning accuracy)를 나타내는 측정된 건본 포지션들로 도입될 수 있다. 관찰함에 따라, 결과 이미지는 도 4(a)보다 낮은 퀄리티일 수 있다. 도 4(c)는 도 4(b)에서 이러한 포지션 오차들 제공에 대한 보정 후의 이미지일 수 있다. 비록 일부의 추가 노이즈가 도 4(c)에 도시한 이미지에 남을 수 있음에도 불구하고, 도 4(c)의 이미지의 해상도가 최소의 가시선 특성들(visible line features)에 의해 나타낼 수 있고, 도 4(a)에 도시한 최적 결과의 해상도와 일치할 수 있다.

[0089]

도 5(a)는 티코그래픽(ptychographic) 실험 방법에 의해 얻어진 벌의 뒷다리의 이미지를 나타내는 도면이다.

[0090]

낮은 정확도의 해석 단계(translation stage)는 이러한 이미지를 얻게 되는 실험을 수행하는데 사용될 수 있고, 벌의 다리의 오른쪽으로 클리어 영역(clear area)에서 보여지는 얼룩덜룩한(mottled) 노이즈 패턴 및 다리 내에서 헤어들(hairs)과 같이 저조하게 정의된 특성들(poorly defined features)로 이어질 수 있다. 본 발명의 실시예를 상용하는 동일한 데이터로부터 재구성된 이미지일 수 있다. 도 5(b)에서 클리어 영역 및 벌의 다리의 구조 모두에서 상당히 개선된 것을 볼 수 있다.

[0091]

도 6(a)는 반동(backlash)으로부터 악화되는 광 벤치상에서 지원된 주제(subject)(백합 화분)로 얻어진 이미지 데이터를 사용하여 제공된 이미지를 나타낸 도면이다. 이러한 실시예에 대한 광 배열은 불완전할 수 있다. 도 6(b)은 본 발명의 일 실시예에 따른 포지션 보정 후에 동일한 주제의 생성된 이미지를 나타내는 도면이고, 이것은 개선된 이미지의 퀄리티를 보여줄 수 있다.

[0092]

도 7을 참조하면, 실험은 저조하게 배치된 시스템 및 표명된 반동(backlash)와 함께 전동 해석 단계(translation stage)를 사용하여 광 벤치상에 운반될 수 있다. 스테이지는 10x10 포지션들의 래스터 그리드

(raster grid)를 거쳐 해석(translation)하도록 프로그램될 수 있다; 이러한 래스터 그리드(raster grid)는 도면에서 '측정된 포지션(measured positions)' (대쉬 기호로 된(dashed)) 플롯으로부터 사용될 수 있다. 광 요소들(optical components)의 저조한 배열 및 변화 스테이지의 반응은 이러한 포지션에서 부정확함으로 이어질 수 있고, 그래서 ePIE 는 심하게 왜곡된 재구성이 생성될 수 있고, 이것의 계수는 도 6(a)에 보여질 수 있다.(재구성의 위상 부분은 왜곡된 것과 유사하다.) 본 발명의 실시예에 동일한 데이터 공급은 도면의 '보정된 포지션들'(솔리드(solid)) 플롯(plot)에서 보여진 것과 같은 보정된 해석 포지션들(translation positions)이 생성될 수 있다. 이러한 포지션들의 분석은 측정된 포지션들에 관련하여 회전되고 스케일된 것을 보여줄 수 있고, 보정 오차들은 광 요소들(optical components)의 저조한 배열로부터 예상될 수 있고, 또한 스테이지 반응(backlash)을 보정하는 스큐(skew)를 나타낼 수 있다. 보정된 포지션 생성의 상당히 개선된 재구성은 도 6(b)에 보여진다.(계수는 위상 이미지가 유사하게 개선된 것을 보여준다.)

[0093] 앞서 설명된 실시예에서, 읍셋 벡터 V 는 결정될 수 있고, 그것에 기반한 파면을 위한 읍셋 벡터의 어플리케이션의 효과는 프로브 포지션에 대한 현재 최상 보정 벡터(CBC_j)와 비교될 수 있다. 하지만, 각 프로브 포지션 및 방법의 반복에 대한 본 발명의 일 실시예에서, 하나 이상의 읍셋 벡터는 결정될 수 있고, 파면들의 각 숫자는 각 읍셋 벡터들에 기반하여 계산될 수 있다. 유리하게, 각 반복 동안, 각 프로브 포지션에 대한 하나 이상의 벡터를 고려함으로써, 방법은 정확한 현재 최상 보정 벡터(current best correction vector)를 더 빠르게 결정할 수 있다.

[0094] 이러한 실시예에서, 단계(203)에서 설정은 복수의 초기 읍셋 벡터들의 결정되는 것을 포함할 수 있다. 설정은 $m=1 \dots M$ 의 초기 읍셋 벡터들 V_m 을 포함할 수 있다. 벡터들의 각각의 설정은 도 2를 참조하여 앞서 설명된 것과 같이 결정될 수 있다.

[0095] 단계(210)에서 종료 파의 복수의 추정은 결정될 수 있다. 추정된 종료 파는 읍셋 벡터들의 각각의 설정에 대하여 결정될 수 있다. 그러므로 M 종료 파는 각 프로브 포지션에 대하여 다음과 같이 결정될 수 있다:

$$\psi'_{j,m}(r) = P'_{j,m}(r + R_j + V_m) O_j(r)$$

[0097] 단계(220)에서 각각의 복수의 종료 파는 앞서 설명된 것과 같이 검출기(40)으로 입사하는 파면의 M 추정들

$\Psi'_{j,m}(u) = \mathbf{T}[\psi'_{j,m}(r)]$ 을 제공하도록 검출기(40)의 측정 평면으로 전방향-전파(forward-propagated)될 수 있다.

[0098] 단계(240)에서 각각의 벡터가 적용된 파면 와 측정 평면에서 측정된 세기 사이의 차를 각각 나타내는 오차들 E_m

의 설정을 제공하기 위해, 각 $\Psi'_{j,m}(u)$ 의 계수는 앞서 설명된 수학식 7과 같이 $\sqrt{I_j}$ 에 대하여 비교될 수 있다. 오차들이 설정이 결정되면, 설정에서 최저 오차가 결정된다. E_m 의 최저 값의 인덱스 n 은 다음과 같다:

$$n = \arg \min_m E_m$$

[0100] 단계(241)에서와 같이 단계(242, 243)에서 업데이트되어야하는 현재 최상 보정 벡터 CBC_j 및 현재 최상 오차 CBE_j 를 결정하기 위해 최저 오차 E_m 는 프로브 포지션 CBE_j 에 대한 현재 최상 오차와 비교될 수 있다.

[0101] 최저 연관된 오차 척도를 갖는 파면이 결정되면, 최저 오차를 갖는 검출기의 평면에서 추정된 파면의 적어도 부분은 단계(230)에서와 같이 측정된 회절 패턴에 기반하여 업데이트될 수 있다.

[0102] 이러한 방법에서, 멀티플 포텐셜 보정 벡터들(multiple (M) potential correction vectors)은 각 반복 동안 각

프로브 포지션에 대해 고려될 수 있고, M 보정 벡터들의 최상의 결과는 프로브 포지션에 대한 현재 최상 보정 벡터 CBC 와 비교될 수 있다. 이것은 현재 최상 보정 벡터의 정확도의 주어진 레벨의 더 빠른 결정을 야기할 수 있다.

[0103] 본 발명의 실시예는 또한 글로벌 포지셔닝 오차들(global positioning errors)을 보정할 수 있다. 예를 들어, 글로벌 포지셔닝 오차들(global positioning errors)은 포지셔닝 스테이지(positioning stage)의 관련 반복 및 검출기에 의해 야기될 수 있고, 견본-검출기 거리(specimen-detector distance)의 부정확한 측정은 스케일링 오차를 야기하거나, 데이터 습득 동안 선형 이동을 야기할 수 있다. 이러한 의미에서, "글로벌(global)"은 모든 프로브 포지션에 적용된 오차로 이해될 수 있지만, 앞서 설명된 것 처럼 각각의 프로브 포지션은 또한 특정 프로브 포지션에 대한 "로컬(local)" 오차의 대상일 수 있다.

[0104] 본 발명의 이러한 실시예에서, 앞서 설명된 읍셋 벡터 V 는 $V_{l,j}$ 로서 참조될 수 있고, 여기에서 첨자 l 은 프로브 포지션과 연관된 로컬 오차(local error)의 보정을 위한 벡터를 나타낼 수 있다. 추가적으로 보정 스칼라들 C_r 및 C_s 중 하나 또는 둘 모두가 도입될 수 있고, 여기에서 C_r 는 회전 보정 팩터일 수 있고, C_s 는 스케일 보정 벡터일 수 있다. 앞서 설명된 실시예들과 같이, 도입된 읍셋 벡터 및 보정 팩터들에 대한 제1 반복을 위해, $k=1$ 반복과 같이, 제로(zero)일 수 있는 미리 결정된 값에 대한 초기 설정일 수 있다. 글로벌 회전(global rotation) 및 스케일링(scaling) 모두에 대한 보정을 포함하는 실시예에서, 방법 C_r 의 결과는 글로벌 회전에 대해 보정하기 위한 각도(angle)를 나타낼 수 있고, 이것은 반지름(radians)으로 저장될 수 있고, C_s 은 스케일링 팩터(scaling factor)를 나타낼 수 있고, $V_{l,j}$ 는 각 프로브 포지션에 대한 보정 벡터이다.

[0105] 본 발명의 실시예는 보정 벡터 $V_{l,j}$ 의 싱글 그룹에서만 관찰될 수 있고, 보정 벡터 C_r 및 C_s 는 각 반복 동안 각 프로브 포지션에 대해 고려될 수 있다. 하지만, 설명의 목적을 위해, 실시예는 벡터들 $V_{l,j}$ 의 M 그룹의 실

정 및 보정 벡터들 C_r 및 C_s 은 고려되는 것으로 설명될 수 있다. 결합된 읍셋 $C_{j,m}^{tot}$ 은 하기식에 따른 시행착오 방법에 의해 결정될 수 있다:

$$C_{j,m}^{tot} = CBC_{l,j} + c_l \Delta_{l,m} + R_j \left[\cos(C_r + c_r \delta_{r,m}) - 1 \right] + R_j \left[\sin(C_r + c_r \delta_{r,m}) - 1 \right] + R_j (C_s + c_s \delta_{s,m})$$

[0106]

[0107] 앞선 실시예들과의 비교를 위해, 읍셋 벡터 $V=c(\text{randomx}, \text{randomy})$ 는 리콜될 수 있다. 위 수학식에서, c_l 는 앞서 설명된 읍셋 값 c 일 수 있고, $\Delta_{l,m}$ 는 2 개의 랜덤 숫자들(randomx , randomy)의 벡터일 수 있다. $c_l \Delta_{l,m}$ 는 ± 1 범위와 같이 미리 결정된 범위의 값을 가질 수 있다. 가변의 c_l , c_r 및 c_s 는 스케일 값들일 수 있고, 이것은 앞서 설명된 것과 같이 선형이거나 단계적(step-wise)인 방법 진행의 반복으로써 감소될 수 있다. 스케일링 값들은 독립적으로, 다시 말해 반복들의 다른 숫자 및/또는 작거나 제로 값의 비율에 따라 감소할 수 있다. 일 실시예에서 벡터 R_j 는 0으로 동일한 x 및 y 값을 가질 수 있다. 포지션 그리드가 다른 값 주변을 중심으로 하는 경우, 회전 및 스케일링은 대상 및 프로브 함수를 나타내는 행렬들의 사이즈를 불필요하게 증가시

키는 큰 글로벌 해석을 야기할 수 있다. 그러므로 결합된 $C_{j,m}^{tot}$ 는 로컬 프로브 포지션 오차, 글로벌 회전 및 글로벌 스케일링에 대한 보정을 포함할 수 있다.

[0108] 그러므로 M 파면은 하기식에 따라 계산될 수 있다:

$$\psi'_{j,m}(r) = P'_j(r + R_j + C_{j,m}^{tot}) O'_j(r)$$

[0109]

M 옵셋들의 설정의 결합된 옵셋(combined offset) $C_{j,m}^{tot}$ 을 찾기 위한 앞서 설명된 방법 진행은 최저 오차를 가질 수 있다. 오차가 프로브 포지션에 대한 현재 최상 보정 벡터 CBCj 보다 낮을 경우, CBCj 및 글로벌 스칼라들(scalars) Cr 및 Cs 은 단계(242)에서 하기식과 같이 업데이트될 수 있다:

$$CBC_{l,j} \leftarrow CBC_{l,j} + c \Delta_{l,m}$$

$$C_r \leftarrow C_r + c_r \dot{\delta}_{r,m}$$

$$C_s \leftarrow C_s + c_s \dot{\delta}_{s,m}$$

[0111]

관찰될 수 있는 본 발명의 실시예는 글로벌 이동(global drift)과 같은 다른 글로벌 오차들(global errors)에 대한 보정 팩터들을 결정할 수 있다. 이러한 실시예에서, Cd 와 같은 스칼라들(scalars)은 결합 옵셋 $C_{j,m}^{tot}$ 의 계산에서 예를 들어, 하기식과 같이 포함될 수 있다:

$$(j - \frac{J}{2})C_d + c_d \dot{\delta}_{d,m}$$

[0113]

위 수학적식에서 팩터 J/2 는 대상 및 프로브 함수를 나타내는 행렬의 사이즈를 불필요하게 증가시키는 큰 글로벌 해석을 이동(drift)이 도입하지 않는 것을 보장할 수 있다. 일 실시예에서 J/2는 생략되거나 다른 값일 수 있다.

[0114]

도 8은 본 발명의 실시예에 따른 포지션 오차들의 보정을 나타내는 도면이다.

[0115]

도 8은 종래 기술 ePIE 실시예의 수행을 나타내고, 로컬 포지션 오차(local position error)만 보정된 실시예에 대한 회절 패턴 오차로서 도 8에 보여지고, 실시예는 글로벌 회전 및 스케일링 또한 보정된다. 로컬 포지션 오차만의 보정은 종래 기술 ePIE 방법을 개선할 수 있지만, 회전 및 스케일링에 대한 추가적 보정은 더 개선될 수 있는 것으로 이해할 수 있다.

[0116]

수행은 방법의 500 번의 반복 이상을 나타낼 수 있다. 로컬 오차만의 보정은 종래 기술 ePIE 방법에 비하여 대략 20-25% 정도 레벨을 감소시킬 수 있다. 로컬 및 글로벌 오차들 둘 모두의 보정과 연관된 오차는 처음에 증가할 수 있고, 50번의 반복 후에 오차 보정이 도입되면 스파이크(spike)에 의해 표시될 수 있고, 250 번의 반복 후에 cr 및 cs 의 값이 0으로 감소될 때까지 오차 레벨에서 큰 변동이 따를 수 있다. 오차 레벨에서 변동은 로컬 최소값을 피하고 글로벌 오차들을 보정할 수 있는 알고리즘의 수렴 때문에 본 발명의 실시예들에 유용할 수 있다.

[0117]

도 8은 로컬 및 글로벌 포지션 보정(local and global position correction)을 모두 포함하는 본 발명의 실시예의 복수의 운영(runs)(동작(operations))의 수행을 나타낸 도면이다. 100 개의 각 포지션들에 대한 10 개의 보정 벡터들을 각각 계산하는 10 번의 동작을 위하여, 플롯(plot)은 수단들에 대한 10 개의 보정들의 집합들을

[0118]

비교하고, 각각의 10 번의 동작에 대해 60nm 내 (0.04 픽셀) 에 같은 포지션이 결정되는 것을 보여준다.

[0119] 도 8(c)는 회전, 스케일링 및 반동 오차가 보정되는 방법을 보여주는 프로브 포지션들로 만든 보정의 그래프를 보여준다. 반동은 해석 단계(translation stag)의 검출에서 변화, 다시 말해 왼쪽으로부터 오른쪽으로, 또는 위로부터 아래로와 같은 변화의 결과인 포지셔닝 오차(positioning error)일 수 있다.

[0120] 도 9는 본 발명의 실시예에 따른 장치(700)를 나타내는 도면이다. 장치(700)은 대상에 대한 이미지 데이터를 결정하도록 배치될 수 있다. 일 실시예에서, 이미지 데이터는 대상의 가시적인(visible) 이미지를 생성하도록 사용될 수 있다. 예를 들어, 가시적인 이미지는 디스플레이 장치(display device)로 출력될 수 있다.

[0121] 장치(700)는 입사되는(falling) 복사의 세기를 검출하기 위한 검출기(detector)(710)을 포함할 수 있다. 도 1에서 보여진 검출기(50)에 해당하는 검출기(710)는 타겟 대상(target object)에 의해 흩어진(scattered) 복사에 의해 형성된 회절 패턴(diffraction pattern)을 기록하도록 배치될 수 있다. 검출기는 입사하는 복사의 세기(intensity)를 나타내는 신호를 각각 출력할 수 있는 복수의 검출 엘리먼트들(detecting elements)을 포함할 수 있다. 검출기(710)는 검출기(710)에 의해 검출된 복사 세기에 기반하여 이미지 데이터를 결정하도록 배치된 프로세싱부(processing unit)(720)에 쉽게 연결될 수 있다. 프로세싱부(processing unit)(720)는 메모리(730) 및 CPU와 같은 데이터 프로세서(740)를 포함할 수 있다. 도 7은 하나의 메모리를 포함하는 프로세싱부(processing unit)(720)를 나타내지만, 프로세싱부(processing unit)(720)는 두 개 이상의 메모리들을 포함할 수 있다. 게다가, 하나의 데이터 프로세서를 포함하는 것을 보여주지만, 프로세싱부(720)는 하나 이상의 데이터 프로세서(740)를 포함할 수 있고, 각 데이터 프로세서는 하나 이상의 프로세싱 코어들(processing cores)을 포함할 수

있다. 메모리(730)는 복수의 프로브 포지션에 해당하는 측정된 복사 세기 데이터 $I_{s(j)}(u)$ 를 저장하도록 배치될 수 있다. 데이터 프로세서(740)는 도 2에 보여지고, 앞서 설명한 것과 같이 본 발명의 실시예에 따른 방법을 수행할 수 있다. 데이터 프로세서는 메모리(730)에 결정된 이미지 데이터를 저장할 수 있다.

[0122] 이상에서 설명된 장치는 하드웨어 구성요소, 소프트웨어 구성요소, 및/또는 하드웨어 구성요소 및 소프트웨어 구성요소의 조합으로 구현될 수 있다. 예를 들어, 실시예들에서 설명된 장치 및 구성요소는, 예를 들어, 프로세서, 콘트롤러, ALU(arithmetic logic unit), 디지털 신호 프로세서(digital signal processor), 마이크로컴퓨터, FPA(field programmable array), PLU(programmable logic unit), 마이크로프로세서, 또는 명령(instruction)을 실행하고 응답할 수 있는 다른 어떠한 장치와 같이, 하나 이상의 범용 컴퓨터 또는 특수 목적 컴퓨터를 이용하여 구현될 수 있다. 처리 장치는 운영 체제(OS) 및 상기 운영 체제 상에서 수행되는 하나 이상의 소프트웨어 애플리케이션을 수행할 수 있다. 또한, 처리 장치는 소프트웨어의 실행에 응답하여, 데이터를 접근, 저장, 조작, 처리 및 생성할 수도 있다. 이해의 편의를 위하여, 처리 장치는 하나가 사용되는 것으로 설명된 경우도 있지만, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자는, 처리 장치가 복수 개의 처리 요소(processing element) 및/또는 복수 유형의 처리 요소를 포함할 수 있음을 알 수 있다. 예를 들어, 처리 장치는 복수 개의 프로세서 또는 하나의 프로세서 및 하나의 콘트롤러를 포함할 수 있다. 또한, 병렬 프로세서(parallel processor)와 같은, 다른 처리 구성(processing configuration)도 가능하다.

[0123] 소프트웨어는 컴퓨터 프로그램(computer program), 코드(code), 명령(instruction), 또는 이들 중 하나 이상의 조합을 포함할 수 있으며, 원하는 대로 동작하도록 처리 장치를 구성하거나 독립적으로 또는 결합적으로(collectively) 처리 장치를 명령할 수 있다. 소프트웨어 및/또는 데이터는, 처리 장치에 의하여 해석되거나 처리 장치에 명령 또는 데이터를 제공하기 위하여, 어떤 유형의 기계, 구성요소(component), 물리적 장치, 가상 장치(virtual equipment), 컴퓨터 저장 매체 또는 장치, 또는 전송되는 신호 파(signal wave)에 영구적으로, 또는 일시적으로 구체화(embodiment)될 수 있다. 소프트웨어는 네트워크로 연결된 컴퓨터 시스템 상에 분산되어서, 분산된 방법으로 저장되거나 실행될 수도 있다. 소프트웨어 및 데이터는 하나 이상의 컴퓨터 판독 가능 기록 매체에 저장될 수 있다.

[0124] 실시예에 따른 방법은 다양한 컴퓨터 수단을 통하여 수행될 수 있는 프로그램 명령 형태로 구현되어 컴퓨터 판독 가능 매체에 기록될 수 있다. 상기 컴퓨터 판독 가능 매체는 프로그램 명령, 데이터 파일, 데이터 구조 등을 단독으로 또는 조합하여 포함할 수 있다. 상기 매체에 기록되는 프로그램 명령은 실시예를 위하여 특별히 설계되고 구성된 것들이거나 컴퓨터 소프트웨어 당업자에게 공지되어 사용 가능한 것일 수도 있다. 컴퓨터 판독 가능 기록 매체의 예에는 하드 디스크, 플로피 디스크 및 자기 테이프와 같은 자기 매체(magnetic media), CD-ROM, DVD와 같은 광기록 매체(optical media), 플롭티컬 디스크(floptical disk)와 같은 자기-광 매체

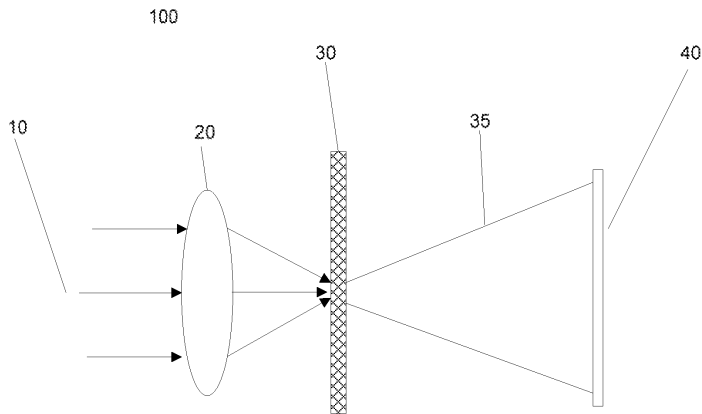
(magneto-optical media), 및 롬(ROM), 램(RAM), 플래시 메모리 등과 같은 프로그램 명령을 저장하고 수행하도록 특별히 구성된 하드웨어 장치가 포함된다. 프로그램 명령의 예는 컴파일러에 의해 만들어지는 것과 같은 기계어 코드뿐만 아니라 인터프리터 등을 사용해서 컴퓨터에 의해서 실행될 수 있는 고급 언어 코드를 포함한다. 상기된 하드웨어 장치는 실시예의 동작을 수행하기 위해 하나 이상의 소프트웨어 모듈로서 작동하도록 구성될 수 있으며, 그 역도 마찬가지이다.

[0125] 이상과 같이 실시예들이 비록 한정된 실시예와 도면에 의해 설명되었으나, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 상기의 기재로부터 다양한 수정 및 해석이 가능하다. 예를 들어, 설명된 기술들이 설명된 방법과 다른 순서로 수행되거나, 및/또는 설명된 시스템, 구조, 장치, 회로 등의 구성요소들이 설명된 방법과 다른 형태로 결합 또는 조합되거나, 다른 구성요소 또는 균등물에 의하여 대치되거나 치환되더라도 적절한 결과가 달성될 수 있다.

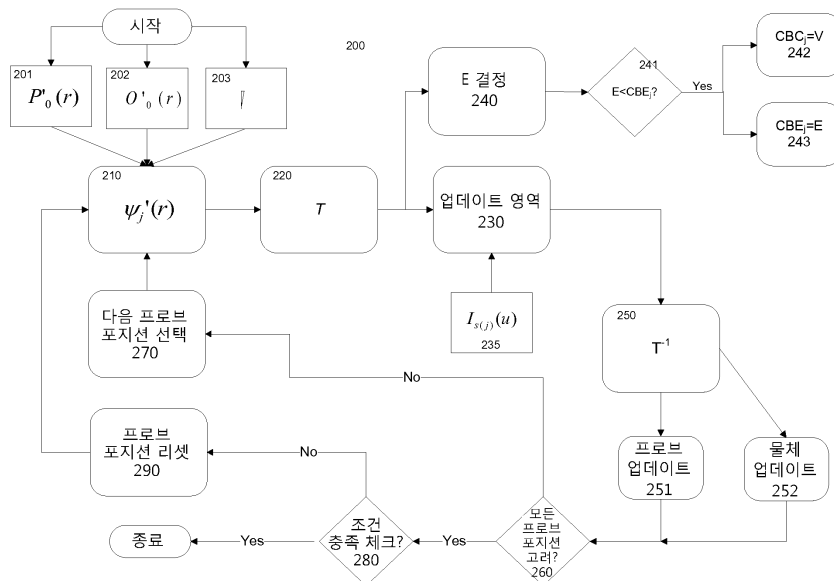
[0126] 그러므로, 다른 구현들, 다른 실시예들 및 특허청구범위와 균등한 것들도 후술하는 특허청구범위의 범위에 속한다.

도면

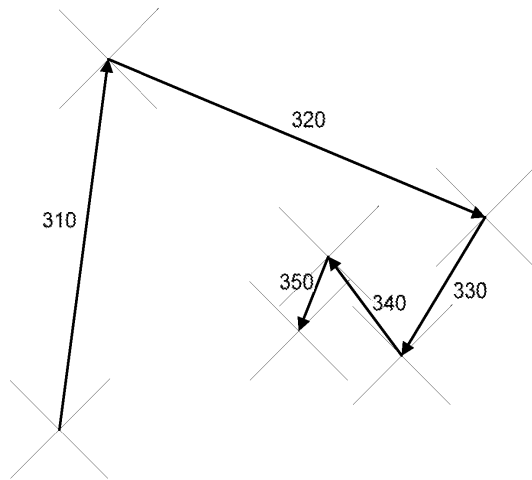
도면1



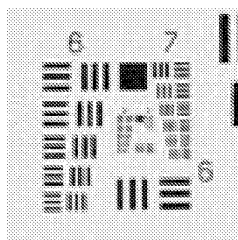
도면2



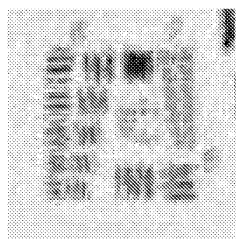
도면3



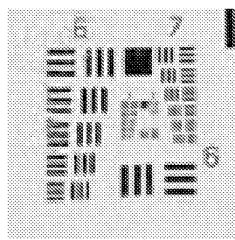
도면4



a

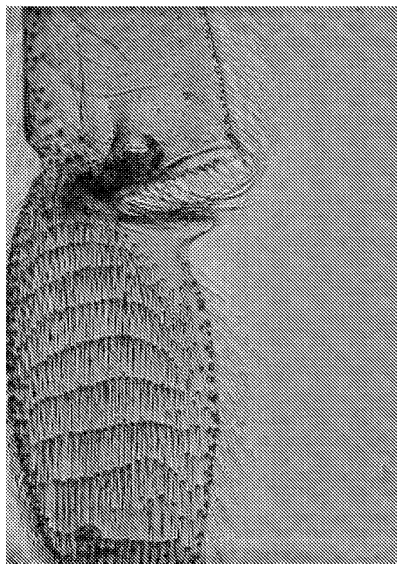


b

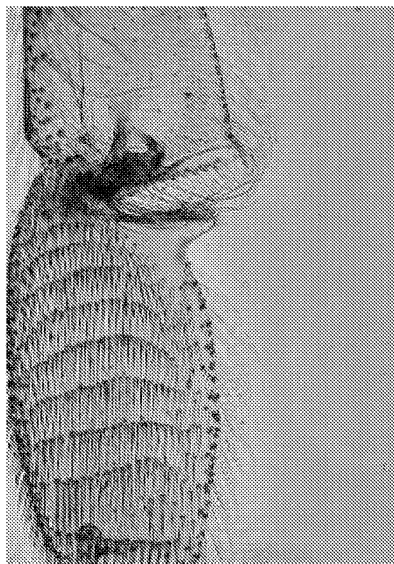


c

도면5

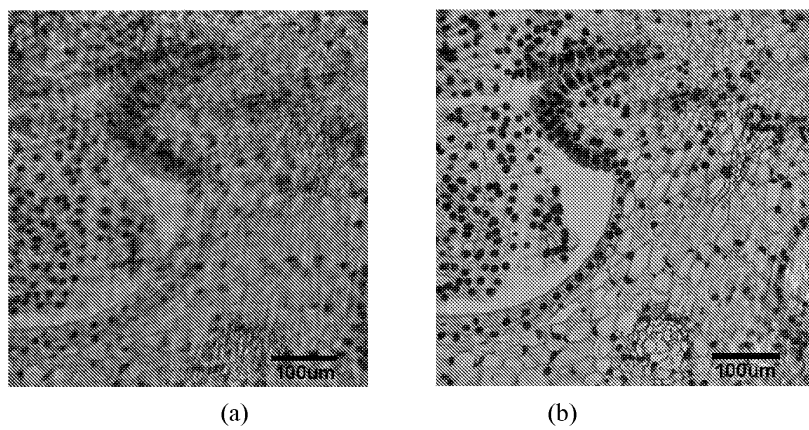


a

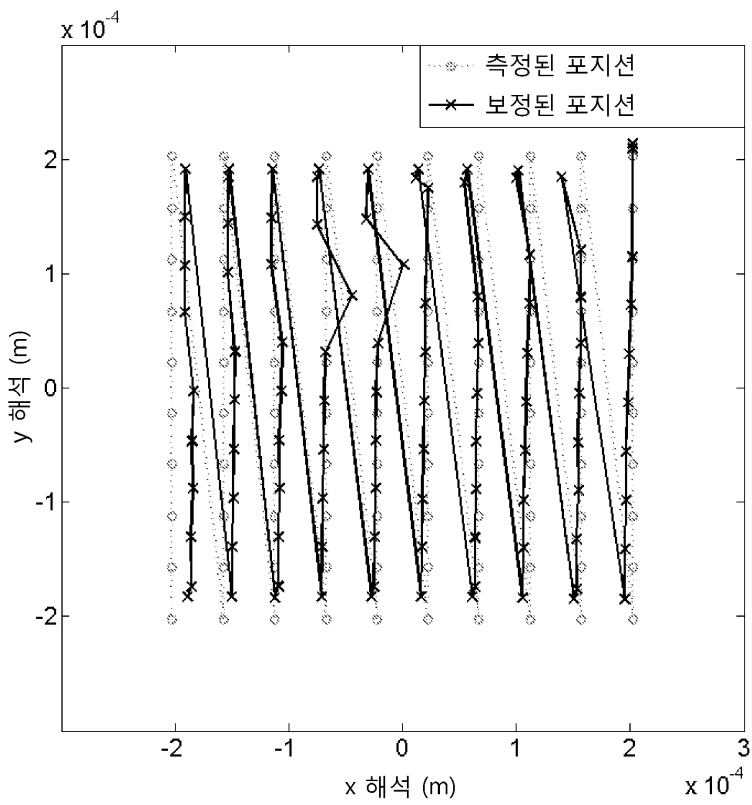


b

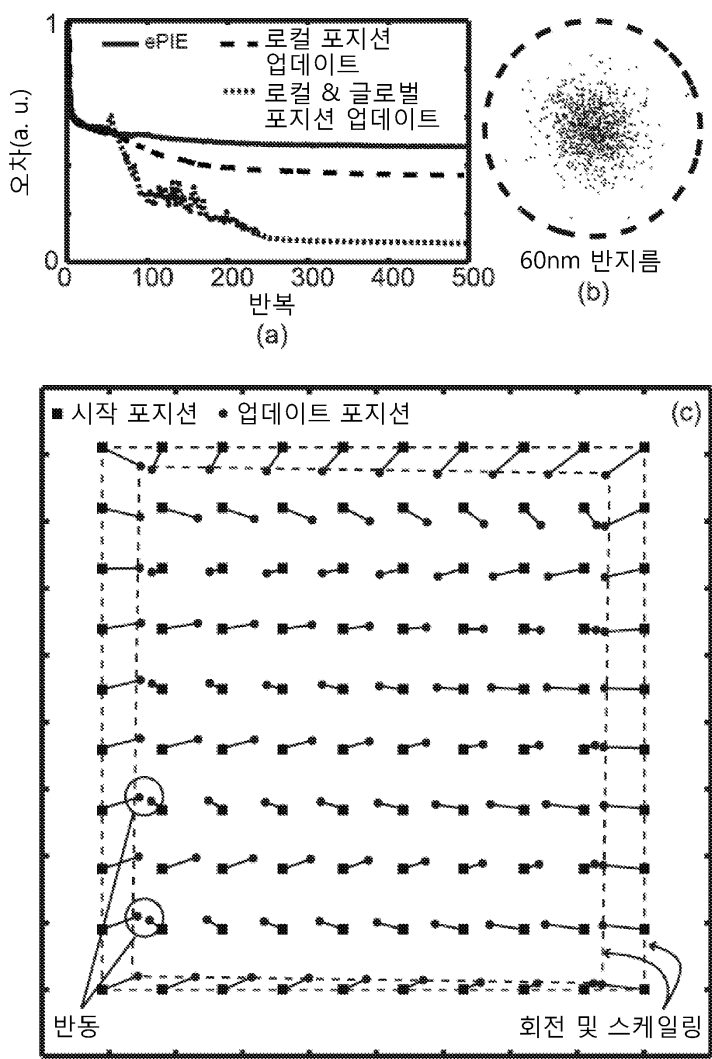
도면6



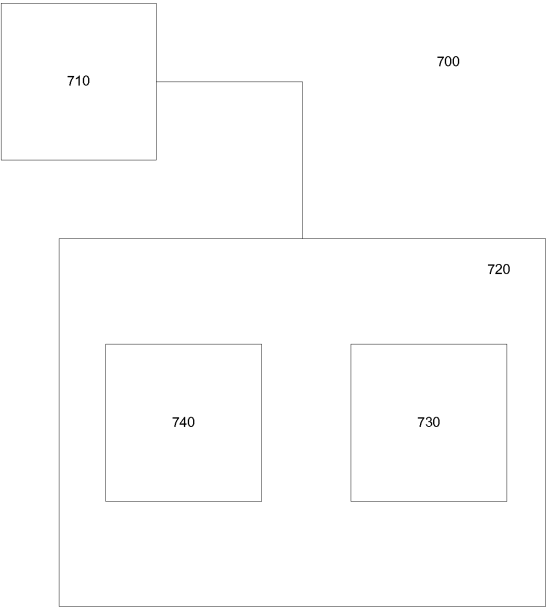
도면7



도면8



도면9



【심사관 직권보정사항】

【직권보정 1】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 청구항 19

【변경전】

상기 읍셋 벡터와 연관된 오차 척도가 상기 프로브 위치에 대한 현재 보정 벡터와 연관된 현재 오차 척도(243)보다 작을 때 상기 프로세싱 수단들(740)은 프로브 위치와 연관된 현재 보정 벡터를 업데이트하며,

【변경후】

상기 읍셋 벡터와 연관된 오차 척도가 상기 프로브 위치에 대한 현재 보정 벡터와 연관된 현재 오차 척도(243)보다 작을 때 프로브 위치와 연관된 현재 보정 벡터를 업데이트하며,