(12) 특허협력조약에 의하여 공개된 국제출원

(19) 세계지식재산권기구
국제사무국

(43) 국제공개일
2016 년 8 월 4 일 (04.08.2016)

WIPO | PCT

(10) 국제공개번호
WO 2016/122079 A1

(51) 국제특허분류:
G01N 23/20 (2006.01) *G01N 23/207* (2006.01)

(21) 국제출원번호: PCT/KR2015/009836

(22) 국제출원일: 2015 년 9 월 18 일 (18.09.2015)

(25) 출원언어: 한국어

(26) 공개언어: 한국어

(30) 우선권정보:
10-2015-0012703 2015 년 1 월 27 일 (27.01.2015) KR

(71) 출원인: **기초과학연구원 (INSTITUTE FOR BASIC SCIENCE)** [KR/KR]; 34047 대전시 유성구 유성대로 1689 번 길 70, Daejeon (KR). **광주과학기술원 (GWANGJU INSTITUTE OF SCIENCE AND TECHNOLOGY)** [KR/KR]; 61005 광주시 북구 첨단과기로 123, Gwangju (KR).

(72) 발명자: **이경환 (LEE, Kyoung-Hwan)**; 62255 광주시 광산구 첨단중앙로 181 번길 42-5, 105 동 903 호, Gwangju (KR). **김형택 (KIM, Hyung-Taek)**; 61005 광주시 북구 첨단과기로 123, 고등광기술연구소, Gwangju (KR). **남창희 (NAM, Chang-Hee)**; 61005 광주시 북구 첨단과기로 123, 물리광과학과, Gwangju (KR).

(74) 대리인: **특허법인 대아 (DAE-A INTELLECTUAL PROPERTY CONSULTING)**; 06243 서울시 강남구 역삼로 123 한양빌딩 3 층, Seoul (KR).

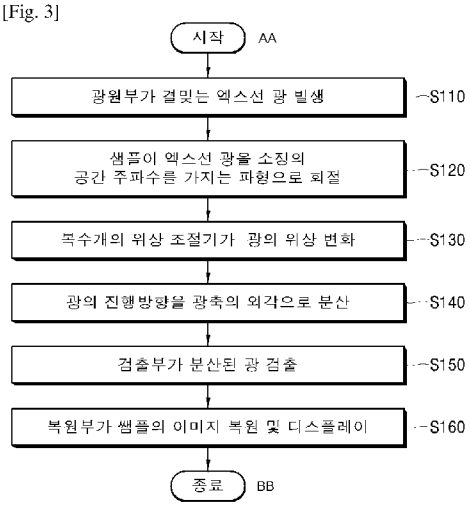
(81) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 국내 권리의 보호를 위하여): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JP, KE, KG, KN, KP, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SA, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

[다음 쪽 계속]

(54) **Title**: X-RAY DIFFRACTION MICROSCOPE APPARATUS THROUGH PHASE ADJUSTMENT AND X-RAY DIFFRACTION METHOD

(54) **발명의 명칭** : 위상 조절을 통한 엑스선 회절 현미경 장치 및 엑스선 회절 방법

[Fig. 3]



S110 ... Generate coherent X-ray light by means of light source part
S120 ... Diffract, by means of sample, X-ray light into waveform having given spatial frequency
S130 ... Change phase of light by means of plurality of phase adjustment devices
S140 ... Disperse progress direction of light at exterior angle of optical axis
S150 ... Detect, by means of detection part, dispersed light
S160 ... Reconstruct and display, by means of reconstruction part, image of sample
AA ... Start
BB ... End

(57) **Abstract**: Provided are an X-ray diffraction microscope apparatus through phase adjustment, and an X-ray diffraction method. The X-ray diffraction microscope apparatus through phase adjustment comprises: a light source part for generating a coherent X-ray light; a sample part for receiving the X-ray light and diffracting the same into a waveform having a given spatial frequency; a phase adjustment part for receiving the X-ray light and changing the phase thereof to thereby disperse the progress direction of the light at an exterior angle of a light axis; a detection part for receiving and detecting the dispersed light; and a reconstruction part for receiving the detected light and reconstructing an image of the sample by means of a phase reconstruction algorithm and displaying the image in magnification. According to the present invention, it is possible to increase the spatial resolution of a coherent X-ray diffraction microscope, which is limited according to noise of an X-ray diffraction microscope apparatus, and the performance of a detector even if an X-ray light source with a low intensity is used, and it is possible to prevent unwanted distortion of an image which may occur due to thermal deformation of a sample when exposed to a light source for a long time in order to make up for the low intensity of the light source.

(57) **요약서**:

[다음 쪽 계속]

WO 2016/122079 A1

(84) **지정국** (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 역내 권리의 보호를 위하여): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 유라시아 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 유럽 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, KM, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

공개:

— 국제조사보고서와 함께 (조약 제 21 조(3))

— 청구범위 보정서 및 설명서와 함께 (조약 제 19 조(1))

본 발명은 위상 조절을 통한 엑스선 회절 현미경 장치 및 엑스선 회절 방법을 공개한다. 이 장치는 결맞는(coherent) 엑스선 광을 발생시키는 광원부; 상기 엑스선 광을 인가받아 소정의 공간 주파수를 가지는 파형으로 회절시키는 샘플부; 상기 엑스선 광을 전달받아 위상을 변화시켜 광의 진행 방향을 광축의 외각으로 분산시키는 위상 조절부; 상기 분산된 광을 전달받아 검출하는 검출부; 및 상기 검출된 광을 전달받아 위상 복구 알고리즘에 의해 상기 샘플의 이미지를 복원 및 확대하여 디스플레이하는 복원부;를 구비하는 것을 특징으로 한다. 본 발명에 의할 경우, 세기가 약한 엑스선 광원을 이용하더라도 엑스선 회절 현미경 장치가 가지는 노이즈, 디텍터의 성능에 따라 제한되는 결맞는 엑스선 회절 현미경의 공간 분해능을 증가시킬 수 있고, 광원의 약한 세기를 극복하기 위하여 장 시간의 노출을 하는 경우 샘플의 열적 변형으로 발생가능한 원치 않는 상의 왜곡을 방지할 수 있게 된다.

명세서

발명의 명칭: 위상 조절을 통한 엑스선 회절 현미경 장치 및 엑스선 회절 방법

기술분야

[1] 본 발명은 엑스선 회절 현미경 장치 및 엑스선 회절 방법에 관한 것으로서, 결맞는(coherent) 엑스선 광을 인가받아 산란되는 샘플의 회절광과 입사광의 위상을 변화시켜 광의 진행 방향을 광축의 외각으로 분산시킬 수 있는 위상조절기를 도입하여 엑스선 광원의 세기를 증가시키지 않으면서도 엑스선 회절 현미경 장치가 가지는 공간 분해능의 향상시킬 수 있는 위상 조절을 통한 엑스선 회절 현미경 장치 및 엑스선 회절 방법에 관한 것이다.

배경기술

[2] 일반적으로 결맞는 엑스선 회절 이미징법(X-ray coherent diffraction imaging, XCDI)은 결맞는 엑스선이 물체와 만나 발생된 회절 무늬를 측정하고 그것을 수학적으로 물체로 복원해내는 현미경 방법이다.

[3] 결맞는 엑스선 회절 이미징법은 기존의 엑스선 현미경이 가지던 저효율의 엑스선 회절 렌즈를 사용하지 않기 때문에 높은 분해능의 현미경 이미지를 간단한 셋업으로 얻는 것이 가능하다.

[4] 결맞는 엑스선 회절 이미징법이 가지는 공간 분해능은 이론적으로 광원의 파장에만 의존하기 때문에 짧은 파장의 엑스선을 이용하여 원자수준의 공간 분해능을 얻는 것이 가능하다.

[5] 또한, 결맞는 엑스선 회절 이미징법이 가지는 공간 분해능은 전하결합소자(Charge Coupled Device, CCD)에 맺힌 회절무늬의 폭에 의하여 결정이 된다.

[6] 즉, 넓은 영역에서 퍼져있는 회절 무늬는 높은 공간 분해능의 상을 생성시키며 반대로 좁은 영역에 분포하는 회절 무늬는 낮은 공간 분해능을 가지는 상을 생성시킨다.

[7] 따라서, 높은 공간 분해능을 가지는 상을 얻기 위해서는 최대한 넓은 영역에 걸쳐 높은 선명도를 가지는 회절 무늬를 얻는 것이 중요하다.

[8]

[9] 그런데, 종래의 결맞는 엑스선 회절 이미징법이 가지는 공간 분해능은 현미경 시스템 자체가 가지는 노이즈, 디텍터의 성능에 따른 제한, 특히 광량에 의한 제한(예를들어, 공간 분해능을 n 배 향상시키기 위해서는 n^4 의 광원의 세기 향상이 요구됨)이 크기 때문에 세기가 약한 엑스선 광원을 이용한 결맞는 엑스선 회절 이미징법의 경우 높은 분해능을 기대하기 어려운 한계가 있었다.

[10] 이와 같은 한계를 극복하기 위하여 종래에는 상당히 긴 시간의 노출을 통하여 광원의 약한 세기를 보완하는 방안이 모색되었으나, 이 경우 샘플이 장시간의

노출에 의하여 열적 변형이 일어나거나 원치않는 상의 왜곡이 발생하는 문제점이 있었다.

[11] 따라서, 엑스선 광원의 세기를 증가시키지 않으면서도 XCDI가 가지는 공간 분해능의 향상을 이룰 수 있는 엑스선 회절 현미경 장치의 개발이 절실히 필요한 상황이다.

[12]

[13] 이와 관련된 종래 기술을 검토하면 다음과 같다.

[14] 한국공개특허 제 10-2010-0104234호는 고차조화파 연엑스선 광원의 연엑스선 현미경과 이에 사용되는 위상역전 구역판의 제작방법을 개시한다. 그러나, 본 종래기술에서는 입사한 빛의 위상을 급격히 변화시켜 회절된 빛의 진행방향을 전하결합소자(Charge Coupled Device, CCD)의 중심이 아닌 외각으로 틀어버리는 여러 개의 위상 조절기의 구성을 제공하지는 못하고 있다.

[15] 한국공개특허 제 10-2004-0079191호는 고차 조화파 엑스선 발생장치 및 방법, 그리고 고차조화파 엑스선을 이용한 바늘구멍 에돌이 간섭계를 개시한다. 그러나, 본 종래기술에서는 결맞음성이 우수한 고차 조화파 엑스선 광원을 이용하는 점과 시료에 조사되는 광원의 세기를 불가피하게 강하게 해야하는 점을 개시할 뿐, 위상 조절판을 이용하여 샘플 주위를 통과한 빛의 위상을 급격히 변화시켜 빛을 광축에서 멀리 보냄으로써 엑스선 광원의 세기를 증가시키지 않고서도 공간 분해능을 향상시킬 수 있는 구성을 제공하지는 못하고 있다.

[16]

발명의 상세한 설명

기술적 과제

[17] 본 발명의 목적은 엑스선 광원의 세기를 증가시키지 않으면서 결맞는 엑스선 회절 현미경이 가지는 공간 분해능의 향상을 이룰 수 있는 위상 조절을 통한 엑스선 회절 현미경 장치를 제공하는 것이다.

[18] 본 발명의 다른 목적은 상기 목적을 달성하기 위한 위상 조절을 통한 엑스선 회절 현미경 장치의 엑스선 회절 방법을 제공하는 것이다.

[19] 본 발명이 해결하고자 하는 과제는 이상에서 언급한 과제(들)로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 과제(들)는 이하의 기재로부터 통상의 기술자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제 해결 수단

[20] 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명의 위상 조절을 통한 엑스선 회절 현미경 장치는 결맞는(coherent) 엑스선 광을 발생시키는 광원부; 상기 엑스선 광을 인가받아 소정의 공간 주파수를 가지는 파형으로 회절시키는 샘플부; 상기 엑스선 광을 전달받아 위상을 변화시켜 광의 진행 방향을 광축의 외각으로 분산시키는 위상 조절부; 상기 분산된 광을 전달받아 검출하는 검출부; 및 상기

검출된 광을 전달받아 위상 복구 알고리즘에 의해 상기 샘플의 이미지를 복원 및 확대하여 디스플레이하는 복원부;를 구비하는 것을 특징으로 한다.

[21] 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명의 위상 조절을 통한 엑스선 회절 현미경 장치의 상기 샘플부는 상기 엑스선 광을 인가받아 소정의 공간 주파수로 회절시키는 샘플; 상기 샘플을 표면에 장착시켜 지지하는 샘플판;을 구비하는 것을 특징으로 한다.

[22] 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명의 위상 조절을 통한 엑스선 회절 현미경 장치의 상기 위상 조절부는 윗면이 소정의 기울기로 경사진 형태로서, 상기 엑스선 광의 위상을 변화시키고 진행 방향을 분산시키는 복수개의 위상 조절기; 및 표면에 상기 복수개의 위상 조절기를 장착하여 지지하는 위상 조절판;을 구비하는 것을 특징으로 한다.

[23] 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명의 위상 조절을 통한 엑스선 회절 현미경 장치의 상기 분산된 광은 분산되는 거리가 상기 복수개의 위상 조절기의 상기 소정의 기울기에 의하여 조절되는 것을 특징으로 한다.

[24] 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명의 위상 조절을 통한 엑스선 회절 현미경 장치의 상기 위상 조절기는 상기 소정의 기울기를 크게 하여 상기 분산되는 거리 및 상기 엑스선 광의 무늬 면적을 증가시켜 공간 분해능을 증가시키고, 상기 소정의 기울기를 작게 하여 상기 분산되는 거리 및 상기 엑스선 광의 무늬 면적을 감소시켜 공간 분해능을 감소시키는 것을 특징으로 한다.

[25] 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명의 위상 조절을 통한 엑스선 회절 현미경 장치의 상기 위상 조절기는 푸리에 변환 시프트 정리를 이용하여 위상 변화에 따른 회절 무늬의 폭을 변화시키는 것을 특징으로 한다.

[26] 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명의 위상 조절을 통한 엑스선 회절 현미경 장치의 상기 위상 조절판은 투명한 질화 실리콘(silicon nitride) 재질인 것을 특징으로 한다.

[27]

[28] 상기 다른 목적을 달성하기 위한 본 발명의 위상 조절을 통한 엑스선 회절 방법은 (a) 광원부가 결맞는(coherent) 엑스선 광을 발생시키는 단계; (b) 샘플부의 표면에 위치하는 샘플이 상기 엑스선 광을 인가받아 소정의 공간 주파수를 가지는 파형으로 회절시키는 단계; 및 (c) 위상 조절부가 상기 엑스선 광을 전달받아 위상을 변화시켜, 광의 진행 방향을 광축의 외각으로 분산시키는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[29]

[30] 상기 다른 목적을 달성하기 위한 본 발명의 위상 조절을 통한 엑스선 회절 방법은 (d) 검출부가 상기 분산된 광을 전달받아 검출하는 단계; 및 (e) 복원부가 상기 검출된 광을 전달받아 상기 샘플의 이미지를 복원 및 확대하여 디스플레이하는 단계;를 더 포함하는 것을 특징으로 한다.

[31] 상기 다른 목적을 달성하기 위한 본 발명의 위상 조절을 통한 엑스선 회절

방법의 상기 (e) 단계는 위상 복구 알고리즘에 의해 상기 샘플의 이미지를 복원하는 것을 특징으로 한다.

[32] 상기 다른 목적을 달성하기 위한 본 발명의 위상 조절을 통한 엑스선 회절 방법의 상기 (c) 단계는 상기 소정의 기울기를 크게 하여 상기 분산되는 거리 및 상기 엑스선 광의 무늬 면적을 증가시켜 공간 분해능을 증가시키고, 상기 소정의 기울기를 작게 하여 상기 분산되는 거리 및 상기 엑스선 광의 무늬 면적을 감소시켜 공간 분해능을 감소시키는 것을 특징으로 한다.

[33]

[34] 기타 실시예들의 구체적인 사항들은 상세한 설명 및 첨부 도면들에 포함되어 있다.

[35] 본 발명의 이점 및/또는 특징, 그리고 그것들을 달성하는 방법은 첨부되는 도면과 함께 상세하게 후술되어 있는 실시예를 참조하면 명확해질 것이다. 그러나, 본 발명은 이하에서 개시되는 실시예에 한정되는 것이 아니라 서로 다른 다양한 형태로 구현될 것이며, 단지 본 실시예는 본 발명의 개시가 완전하도록 하며, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 본 발명의 범주를 완전하게 알려주기 위해 제공되는 것이다.

발명의 효과

[36] 본 발명에 의할 경우, 세기가 약한 엑스선 광원을 이용하더라도 엑스선 회절 현미경 장치가 가지는 노이즈, 디텍터의 성능에 따라 제한되는 결맞는 엑스선 회절 현미경의 공간 분해능을 증가시킬 수 있고, 광원의 약한 세기를 극복하기 위하여 장 시간의 노출을 하는 경우 샘플의 열적 변형으로 발생가능한 원치 않는 상의 왜곡을 방지할 수 있게 된다.

도면의 간단한 설명

[37] 도 1은 본 발명에 따른 위상 조절을 이용한 엑스선 회절 현미경 장치의 구성도이다.

[38] 도 2는 도 1에 도시된 엑스선 회절 현미경 장치 내 위상 조절부(100)의 평면도이다.

[39] 도 3은 본 발명에 따른 위상 조절을 이용한 엑스선 회절 방법의 동작을 나타내는 순서도이다.

[40] 도 4는 도 1에 도시된 본 발명에 따른 엑스선 회절 현미경 장치가 푸리에 변환을 통해 광의 위상을 변화시키는 원리를 나타내는 이론적 파형도이다.

[41] 도 5는 도 1에 도시된 본 발명에 따른 엑스선 회절 현미경 장치를 이용하여 엑스선 회절을 수행한 시뮬레이션 결과에 대한 화면이다.

[42] 도 6은 도 1에 도시된 본 발명에 따른 엑스선 회절 현미경 장치를 이용하여 위상을 변화시키지 않는 경우와 위상을 변화시킨 경우의 시뮬레이션 결과에 대한 실제 사진이다.

[43] 도 7은 도 1에 도시된 본 발명에 따른 엑스선 회절 현미경 장치를 이용하여 다른

샘플에 대해 엑스선의 위상을 변화시키지 않는 경우와 위상을 변화시킨 경우의 시뮬레이션 결과에 대한 회절 무늬의 실제 사진이다.

[44] 도 8은 도 7에 따라 위상을 변화시키지 않는 경우와 위상을 변화시킨 경우 얻은 회절 무늬로부터 복원된 샘플 이미지이다.

[45] 도 9는 도 8에 따라 위상을 변화시키지 않는 경우와 위상을 변화시킨 경우 샘플로부터의 거리에 대해 측정된 샘플 이미지의 선명도(intensity)를 비교한 그래프이다.

[46] 도 10은 도 7에 따라 위상을 변화시키지 않는 경우와 위상을 변화시킨 경우 푸리에 변환에 의해 시프트한 거리(q)에 대해 측정된 회절 무늬의 세기를 비교한 그래프이다

발명의 실시를 위한 최선의 형태

[47] 이하, 첨부한 도면을 참고로 하여 본 발명의 위상 조절을 통한 엑스선 회절 현미경 장치 및 엑스선 회절 방법을 설명하면 다음과 같다.

[48] 도 1은 본 발명에 따른 위상 조절을 통한 엑스선 회절 현미경 장치의 구성도로서, 광원부(50), 샘플부(70), 위상 조절부(100), 검출부(200) 및 복원부(300)를 구비한다.

[49] 샘플부(70)는 샘플(75) 및 샘플판(77)을 구비하고, 위상 조절부(100)는 위상 조절판(170) 및 복수개의 위상 조절기(110, 120, 130, 140)를 구비한다.

[50] 도 2는 도 1에 도시된 엑스선 회절 현미경 장치 내 위상 조절부(100)의 평면도이다.

[51] 도 1 및 도 2를 참조하여 본 발명에 따른 위상 조절을 통한 엑스선 회절 현미경 장치의 각 구성요소의 구조 및 기능을 설명하면 다음과 같다.

[52] 광원부(50)는 결맞는 엑스선 광을 발생시킨다.

[53] 샘플부(70)는 샘플(75) 및 샘플판(77)을 구비하고, 광원부(50)에서 발생된 결맞는 엑스선 광을 샘플판(77) 상에 위치하는 샘플(75)이 인가받아 회절시키며, 샘플(75)은 샘플판(77)에 장착되어 지지된다.

[54] 위상 조절부(100)는 투명한 질화 실리콘(silicon nitride) 재질의 위상 조절판(170) 및 윗면이 소정의 기울기를 가지는 원통형태의 복수개의 위상 조절기(110, 120, 130, 140)를 구비하고, 위상 조절판 상에는 복수개의 위상 조절기(110, 120, 130, 140)가 장착되어 지지된다.

[55] 여기에서, 복수개의 위상 조절기(110, 120, 130, 140)는 엑스선에 투명하나, 엑스선의 위상을 변화를 최대화할 수 있는 물질로 이루어지는 것이 바람직하고, 본 실시예에서는 이해의 편의를 위해 4개로 예시하였지만, 5개 이상을 구비하여도 무방하다.

[56] 복수개의 위상 조절기(110, 120, 130, 140)는 샘플판(77)에서 투과된 광을 전달받아 경사진 윗면의 기울기에 의하여 광의 위상을 급격히 변화시켜, 광의 진행방향을 광축의 중심이 아닌 외각으로 분산시킨다.

[57] 검출부(200)는 엑스선 전하결합소자(Charge Coupled Device, CCD)로 구성되어, 위상 조절부(100)로부터 위상이 변화되어 외각으로 분산된 회절 및 간섭광을 전달받아 검출한다.

[58] 복원부(300)는 검출부(200)에서 검출된 광을 전달받아 소정의 위상 복구 알고리즘에 의해 샘플(75)의 이미지를 복원 및 확대하여 디스플레이한다.

[59]

[60] 도 3은 본 발명에 따른 위상 조절을 통한 엑스선 회절 방법의 동작을 나타내는 순서도이다.

[61] 도 4는 도 1에 도시된 본 발명에 따른 엑스선 회절 현미경 장치가 광의 위상을 변화를 통해 회절 무늬의 폭을 조절하는 원리를 나타내는 이론적 파형도이다.

[62] 도 1 내지 도 4를 참조하여 본 발명에 따른 위상 조절을 통한 엑스선 회절 현미경 장치 및 엑스선 회절 방법의 일 실시예의 동작을 설명하면 다음과 같다.

[63] 광원부(50)에서 결맞는 엑스선 광을 발생시키면(S110) 샘플부(70) 내 샘플판(77) 상에 위치하는 샘플(75)은 광을 인가받아 회절시킨다(S120).

[64] 위상 조절부(100) 내 복수개의 위상 조절기(110, 120, 130, 140)는 투과된 광을 전달받아 광의 위상을 급격히 변화시켜(S130), 광의 진행방향을 광축의 중심이 아닌 외각으로 분산시킨다(S160).

[65] 도 4의 (a)에서 보는 바와 같이, 일반적으로 기울기가 a인 지수함수 $S \cdot e^{iax}$ 를 푸리에 변환하면 다음의 수학식 1과 같이 변환되고,

[66]

[67] 수학식 1

$$\mathcal{F}\left(S \cdot e^{iax}\right) = \mathcal{F}(S)(q - a)$$

[68]

[69] 곡선은 도 4의 (b)에서 보는 바와 같이, a 크기만큼 우측 시프트하게 된다.

[70] 이와 같은 위상 조절을 통한 엑스선 회절 현미경 장치를 활용하여 본 실시예에 적용하여 위상 조절기를 동작시킨다.

[71] 도 4의 (c)에서 보는 바와 같이, 기울기가 a인 위상 조절기의 지수함수(P)와 기울기가 0인 샘플(75)의 지수함수(S)를 결합하여 회절시킨다.

[72] 이를 푸리에 변환하면 곡선은 도 4의 (d)에서 보는 바와 같이, 기울기가 있는 위상 조절기의 지수함수(P)만 a 크기만큼 우측 시프트된다.

[73] 이때, 광의 분산되는 거리는 원통형의 위상 조절기의 경사진 윗면의 기울기(a)에 의하여 조절된다.

[74] 위상조절기에 의하여 광축의 외각으로 분산된 광은 샘플(75)의 회절 무늬와 간섭 현상을 일으켜 전체 회절 무늬를 넓은 영역에서 높은 선명도, 즉 높은 공간 분해능을 얻을 수 있도록 도와준다.

[75] 검출부(200)는 회절 및 간섭된 광을 전달받아 검출하고(S150), 복원부(300)는

검출된 광을 전달받아 위상 복구 알고리즘에 의해 샘플(75)의 이미지를 복원 및 확대하여 디스플레이한다(S160).

[76] 이때, 위상 조절기의 경사진 윗면의 기울기(a)를 크게 하여 회절 및 간섭광의 분산되는 거리가 멀어지면 회절 무늬는 넓은 영역에 퍼지게 되어 높은 공간 분해능, 즉 높은 선명도의 상을 디스플레이하게 된다.

[77] 반면, 위상 조절기의 경사진 윗면의 기울기(a)를 작게 하여 회절 및 간섭광의 분산되는 거리가 가까와지면 회절 무늬는 좁은 영역에 퍼지게 되어 낮은 공간 분해능, 즉 낮은 선명도의 상을 디스플레이하게 된다.

[78]

[79] 도 5는 도 1에 도시된 본 발명에 따른 엑스선 회절 현미경 장치를 이용하여 엑스선 회절을 수행한 시뮬레이션 결과에 대한 화면이다.

[80] 도 6은 도 1에 도시된 본 발명에 따른 엑스선 회절 현미경 장치를 이용하여 엑스선의 위상을 변화시키지 않는 경우와 위상을 변화시킨 경우의 시뮬레이션 결과에 대한 실제 사진이다.

[81] 도 5에서 보는 바와 같이, 본 실시예의 시뮬레이션 결과는 4 개의 위상조절기(P1, P2, P3, P4)를 가지는 위상 조절판과 샘플(75)로부터 얻은 회절 무늬를 보여준다.

[82] 먼저, 위상 조절기의 경사진 윗면의 기울기(a)를 0으로 하여 위상 조절기가 위상을 변화시키지 않는 경우에는, 도 6의 (a)에서 보는 바와 같이, 회절 및 간섭광이 분산되지 않아 회절 무늬는 광축을 중심으로 원점 대칭의 회절 무늬가 좁게 형성된다.

[83]

[84] 그 결과, 검출부(200) 및 복원부(300)를 통과하여 디스플레이되는 샘플(75)의 이미지는 도 6의 (b)에서 보는 바와 같이, 낮은 공간 분해능 즉 낮은 선명도의 상을 디스플레이하였다.

[85] 반면, 복수개의 위상 조절기(110, 120, 130, 140)의 경사진 윗면의 기울기를 다양하게 조절하여 위상 조절기가 위상을 변화시키는 경우에는, 도 6의 (c)에서 보는 바와 같이, 회절 및 간섭광이 분산되어 회절 무늬는 p1, p2, p3, p4 의 회절 중심이 광축을 중심으로 원점에서 넓게 형성된다.

[86] 그 결과, 검출부(200) 및 복원부(300)를 통과하여 디스플레이되는 샘플(75)의 이미지는 도 6의 (d)에서 보는 바와 같이, 높은 공간 분해능 즉 높은 선명도의 상을 디스플레이하였다.

[87]

[88] 도 7은 도 1에 도시된 본 발명에 따른 엑스선 회절 현미경 장치를 이용하여 다른 샘플에 대해 엑스선의 위상을 변화시키지 않는 경우와 위상을 변화시킨 경우의 시뮬레이션 결과에 대한 실제 사진이다.

[89] 도 8은 도 7에 따라 위상을 변화시키지 않는 경우 (a)와 위상을 변화시킨 경우(b) 얻은 회절 무늬로부터 복원된 샘플 이미지이다.

[90] 도 9는 도 8에 따라 위상을 변화시키지 않는 경우와 위상을 변화시킨 경우 샘플로부터의 거리에 대해 측정된 샘플 이미지의 선명도(intensity)를 비교한 그래프이다.

[91] 도 10은 도 7에 따라 위상을 변화시키지 않는 경우와 위상을 변화시킨 경우 푸리에 변환에 의해 시프트한 거리(q)에 대해 측정된 회절 무늬의 세기를 비교한 그래프이다.

[92] 도 7에서 보는 바와 같이, 본 실시예의 시뮬레이션 결과는 위상 조절기가 위상을 변화시키지 않은 경우(a)와 위상을 변화시킨 경우(b) 디스플레이된 회절 무늬를 보여준다.

[93] 먼저, 위상 조절기가 위상을 변화시키지 않는 경우에는, 도 7의 (a)에서 보는 바와 같이, 회절 및 간섭광이 분산되지 않아 회절 무늬는 광축을 중심으로 원점 대칭의 회절 무늬가 좁게 형성된다.

[94] 또한, 도 8의 (a) 에서 보는 바와 같이 좁은 회절 무늬를 가지는 도 7의 (a) 를 이용하여 복원된 낮은 공간 분해능으로 인하여 이미지는 샘플이 가지는 선명도를 떨어트린다.

[95] 도 9의 (a) 에서 보는 바와 같이 도 8의 (a) 가 가지는 공간 분해능은 29 nm (169 nm 111 nm) 을 보여주었다.

[96] 반면, 위상 조절기가 위상을 변화시키는 경우에는, 도 7의 (b)에서 보는 바와 같이, 회절 및 간섭광이 분산되어 회절 무늬는 광축을 중심으로 원점 대칭의 회절 무늬가 비교적 넓게 형성된다.

[97] 또한, 도 8의 (b) 에서 보는 바와 같이 넓은 회절 무늬를 가지는 도 7의 (b) 는 보다 선명한 샘플 이미지를 생성시킬 수 있다.

[98] 도 9의 (b) 에서 보는 바와 같이 도 8의 (b) 가 가지는 공간 분해능은 29 nm (80 nm 51 nm) 을 보여주어 도 9의 (a) 에 비하여 두 배 가량 분해능이 향상된 것을 확인된다.

[99] 도 10 이 보여주는 분해능 차이는 도 9가 보여주는 푸리에 변환에 의해 시프트한 거리(q)에 대해 측정된 회절 이미지의 선명도 차이와 일치한다. 위상 조절기가 위상을 변화시키는 경우(b)는 위상을 변화시키지 않은 경우(a)에 비해 전반적으로 높게 측정이 되었고, 특히 소정의 시프트 거리 이상부터는 위상을 변화시키지 않은 경우(a) 이미지의 선명도가 약 0.1 a.u. 미만이었으나, 위상을 변화시키는 경우(b)에는 소정의 시프트 거리를 초과한 영역에서도 약 10 a.u.를 유지하는 것으로 측정되었다.

[100] 이와 같이, 본 발명은 엑스선 광원의 세기를 증가시키지 않으면서 결맞는 엑스선 회절 현미경이 가지는 공간 분해능의 향상을 이룰 수 있는 위상 조절을 통한 엑스선 회절 현미경 장치 및 엑스선 회절 방법을 제공한다.

[101] 이를 통하여, 세기가 약한 엑스선 광원을 이용하더라도 엑스선 회절 현미경 장치가 가지는 노이즈, 디텍터의 성능에 따라 제한되는 결맞는 엑스선 회절 현미경의 공간 분해능을 증가시킬 수 있고, 광원의 약한 세기를 극복하기 위하여

장 시간의 노출을 하는 경우 샘플의 열적 변형으로 발생가능한 원치 않는 상의 왜곡을 방지할 수 있게 된다.

[102] 이상, 일부 실시예를 들어서 본 발명의 바람직한 실시예에 대해 설명하였지만, 이와 같은 설명은 예시적인 것에 불과한 것으로서, 어떠한 의미로도 이에 의해 본 발명이 제한되는 것으로 해석될 수 없다 할 것이며, 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 이상의 설명으로부터 본 발명을 다양하게 변형하거나 수정 또는 치환하여 실시하거나 본 발명과 균등한 실시를 행할 수 있다는 점을 잘 이해하고 있을 것이다.

[103]

청구범위

[청구항 1] 결맞는(coherent) 엑스선 광을 발생시키는 광원부;
상기 엑스선 광을 인가받아 소정의 공간 주파수를 가지는 파형으로 회절시키는 샘플부;
상기 엑스선 광을 전달받아 위상을 변화시켜 광의 진행 방향을 광축의 외각으로 분산시키는 위상 조절부;
상기 분산된 광을 전달받아 검출하는 검출부; 및
상기 검출된 광을 전달받아 위상 복구 알고리즘에 의해 상기 샘플의 이미지를 복원 및 확대하여 디스플레이하는 복원부;
를 구비하는 것을 특징으로 하는,
엑스선 회절 현미경 장치.

[청구항 2] 제 1 항에 있어서,
상기 샘플부는
상기 엑스선 광을 인가받아 소정의 공간 주파수로 회절시키는 샘플;
상기 샘플을 표면에 장착시켜 지지하는 샘플판;
을 구비하는 것을 특징으로 하는,
엑스선 회절 현미경 장치.

[청구항 3] 제 1 항에 있어서,
상기 위상 조절부는
윗면이 소정의 기울기로 경사진 형태로서, 상기 엑스선 광의 위상을 변화시키고 진행 방향을 분산시키는 복수개의 위상 조절기; 및
표면에 상기 복수개의 위상 조절기를 장착하여 지지하는 위상 조절판;
을 구비하는 것을 특징으로 하는,
엑스선 회절 현미경 장치.

[청구항 4] 제 3 항에 있어서,
상기 분산된 광은
분산되는 거리가 상기 복수개의 위상 조절기의 상기 소정의 기울기에 의하여 조절되는 것을 특징으로 하는,
엑스선 회절 현미경 장치.

[청구항 5] 제 4 항에 있어서,
상기 위상 조절기는
상기 소정의 기울기를 크게 하여 상기 분산되는 거리 및 상기 엑스선 광의 무늬 면적을 증가시켜 공간 분해능을 증가시키고,
상기 소정의 기울기를 작게 하여 상기 분산되는 거리 및 상기

엑스선 광의 무늬 면적을 감소시켜 공간 분해능을 감소시키는 것을 특징으로 하는,
엑스선 회절 현미경 장치.

[청구항 6] 제 3 항에 있어서,
상기 위상 조절기는
푸리에 변환 시프트 정리를 이용하여 위상 변화에 따른 회절 무늬의 폭을 변화시키는 것을 특징으로 하는,
엑스선 회절 현미경 장치.

[청구항 7] 제 3 항에 있어서,
상기 위상 조절판은
투명한 질화 실리콘(silicon nitride) 재질인 것을 특징으로 하는,
엑스선 회절 현미경 장치.

[청구항 8] (a) 광원부가 결맞는(coherent) 엑스선 광을 발생시키는 단계;
(b) 샘플부의 표면에 위치하는 샘플이 상기 엑스선 광을 인가받아 소정의 공간 주파수를 가지는 파형으로 회절시키는 단계; 및
(c) 위상 조절부가 상기 엑스선 광을 전달받아 위상을 변화시켜, 광의 진행 방향을 광축의 외각으로 분산시키는 단계;
를 포함하는 것을 특징으로 하는,
위상 조절을 통한 엑스선 회절 방법.

[청구항 9] 제 8 항에 있어서,
상기 엑스선 회절 방법은
(d) 검출부가 상기 분산된 광을 전달받아 검출하는 단계; 및
(e) 복원부가 상기 검출된 광을 전달받아 상기 샘플의 이미지를 복원 및 확대하여 디스플레이하는 단계;
를 더 포함하는 것을 특징으로 하는,
위상 조절을 통한 엑스선 회절 방법.

[청구항 10] 제 9 항에 있어서,
상기 (e) 단계는
위상 복구 알고리즘에 의해 상기 샘플의 이미지를 복원하는 것을 특징으로 하는,
위상 조절을 통한 엑스선 회절 방법.

[청구항 11] 제 8 항에 있어서,
상기 (c) 단계는
상기 소정의 기울기를 크게 하여 상기 분산되는 거리 및 상기 엑스선 광의 무늬 면적을 증가시켜 공간 분해능을 증가시키고,
상기 소정의 기울기를 작게 하여 상기 분산되는 거리 및 상기 엑스선 광의 무늬 면적을 감소시켜 공간 분해능을 감소시키는 것을 특징으로 하는,

위상 조절을 통한 엑스선 회절 방법.

청구범위 보정서
국제사무국 접수일: 2016 년 3 월 7 일 (07.03.2016)

【청구항 1】
결맞는(coherent) 엑스선 광을 발생시키는 광원부;
상기 엑스선 광을 인가받아 소정의 공간 주파수를 가지는 파형으로 회절시키는 샘플부;
상기 엑스선 광을 전달받아 위상을 변화시켜 광의 진행 방향을 광축의 외각으로 분산시키는 위상 조절부;
상기 분산된 광을 전달받아 검출하는 검출부; 및
상기 검출된 광을 전달받아 위상 복구 알고리즘에 의해 상기 샘플의 이미지를 복원 및 확대하여 디스플레이하는 복원부;
를 구비하는 것을 특징으로 하는,
엑스선 회절 현미경 장치.
【청구항 2】
제 1 항에 있어서,
상기 샘플부는
상기 엑스선 광을 인가받아 소정의 공간 주파수로 회절시키는 샘플;
상기 샘플을 표면에 장착시켜 지지하는 샘플판;
을 구비하는 것을 특징으로 하는,
엑스선 회절 현미경 장치.
【청구항 3】
제 1 항에 있어서,
상기 위상 조절부는
윗면이 소정의 기울기로 경사진 형태로서, 상기 엑스선 광의 위상을 변화시키고 진행 방향을 분산시키는 복수개의 위상 조절기; 및
표면에 상기 복수개의 위상 조절기를 장착하여 지지하는 위상 조절판;
을 구비하는 것을 특징으로 하는,
엑스선 회절 현미경 장치.
【청구항 4】
제 3 항에 있어서,
상기 분산된 광은
분산되는 거리가 상기 복수개의 위상 조절기의 상기 소정의 기울기에 의하여 조절되는 것을 특징으로 하는,
엑스선 회절 현미경 장치.
【청구항 5】
제 4 항에 있어서,
상기 위상 조절기는
상기 소정의 기울기를 크게 하여 상기 분산되는 거리 및 상기 엑스선 광의 무늬 면적을 증가시켜 공간 분해능을 증가시키고,
상기 소정의 기울기를 작게 하여 상기 분산되는 거리 및 상기

엑스선 광의 무늬 면적을 감소시켜 공간 분해능을 감소시키는
것을 특징으로 하는,
엑스선 회절 현미경 장치.
【청구항 6】
제 3 항에 있어서,
상기 위상 조절기는
푸리에 변환 시프트 정리를 이용하여 위상 변화에 따른 회절
무늬의 폭을 변화시키는 것을 특징으로 하는,
엑스선 회절 현미경 장치.
【청구항 7】
제 3 항에 있어서,
상기 위상 조절판은
투명한 질화 실리콘(silicon nitride) 재질인 것을 특징으로 하는,
엑스선 회절 현미경 장치.
【청구항 8】
(a) 광원부가 결맞는(coherent) 엑스선 광을 발생시키는 단계;
(b) 샘플부의 표면에 위치하는 샘플이 상기 엑스선 광을 인가받아
소정의 공간 주파수를 가지는 파형으로 회절시키는 단계; 및
(c) 위상 조절부가 상기 엑스선 광을 전달받아 위상을 변화시켜,
광의 진행 방향을 광축의 외각으로 분산시키는 단계;
를 포함하는 것을 특징으로 하는,
위상 조절을 통한 엑스선 회절 방법.
【청구항 9】
제 8 항에 있어서,
상기 엑스선 회절 방법은
(d) 검출부가 상기 분산된 광을 전달받아 검출하는 단계; 및
(e) 복원부가 상기 검출된 광을 전달받아 상기 샘플의 이미지를
복원 및 확대하여 디스플레이하는 단계;
를 더 포함하는 것을 특징으로 하는,
위상 조절을 통한 엑스선 회절 방법.
【청구항 10】
제 9 항에 있어서,
상기 (e) 단계는
위상 복구 알고리즘에 의해 상기 샘플의 이미지를 복원하는 것을
특징으로 하는,
위상 조절을 통한 엑스선 회절 방법.
【청구항 11】(정정)
제 8 항에 있어서,
상기 (c) 단계는
소정의 기울기를 크게 하여 분산되는 거리 및 상기
엑스선 광의 무늬 면적을 증가시켜 공간 분해능을 증가시키고,
상기 소정의 기울기를 작게 하여 상기 분산되는 거리 및 상기
엑스선 광의 무늬 면적을 감소시켜 공간 분해능을 감소시키는
것을 특징으로 하는,

위상 조절을 통한 엑스선 회절 방법.

조약 제19조(1) 규정의 설명서

상기 국제출원에 대하여 청구의 범위를 다음과 같이 보정하고자 합니다.

1. 보정된 청구항

청구항 11의 "상기 이온화 물질" 및 "상기 분산되는 거리" 에서 "상기"를 삭제함.

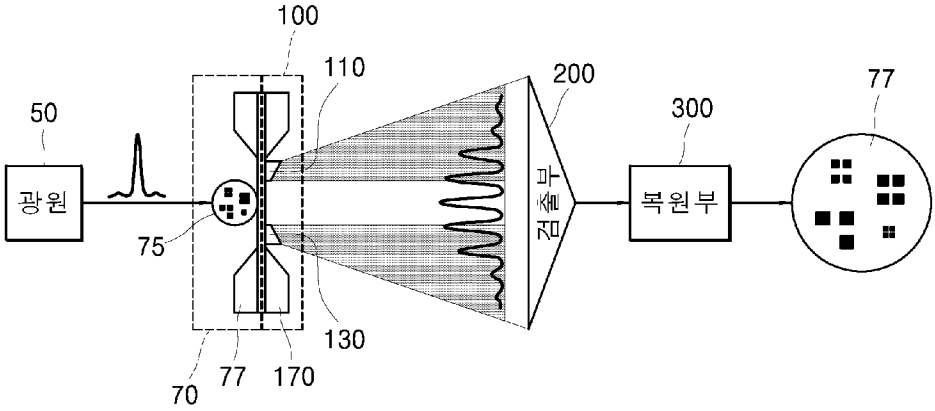
2. 보정 내용

본원 발명의 청구항 11에 기재된 "상기 이온화 물질" 및 "상기 분산되는 거리" 가 인용하는 제8항에 선행 기재되어 있지 않으므로 "상기"를 삭제하여 지시 대상의 불명확성을 해소함.

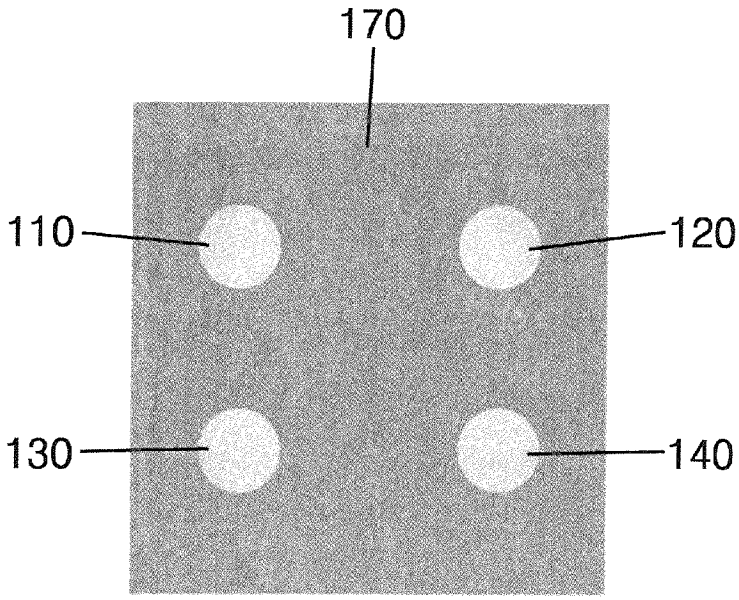
3. 청구항 보정과 명세서 및 도면과의 관계

이상과 같은 청구항 11의 보정은 특허 청구 범위 및 발명의 상세한 설명 부분에 있는 내용을 바탕으로 한정한 것이므로, 명세서와 도면에 아무런 영향을 미치지 않음.

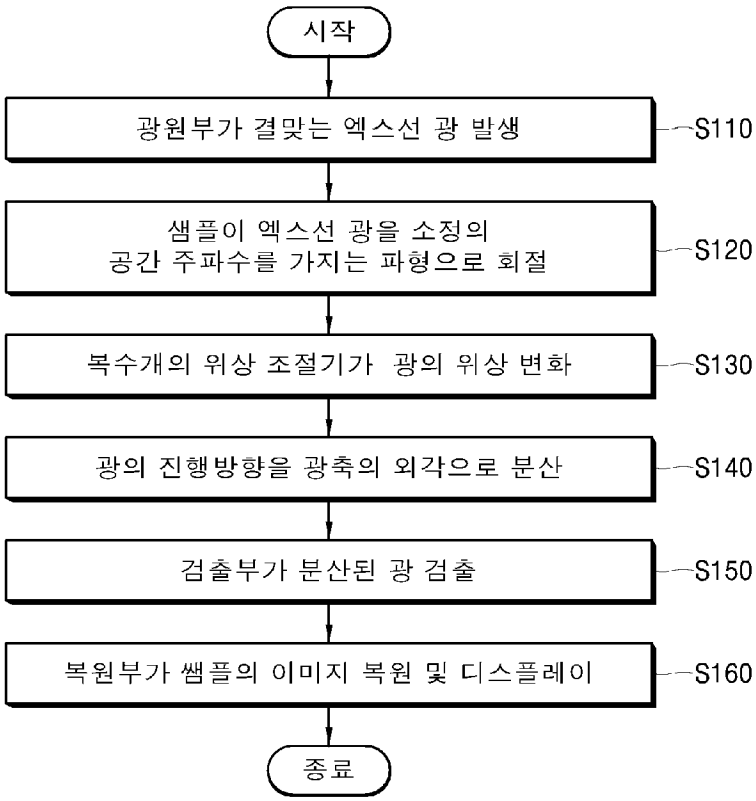
[Fig. 1]



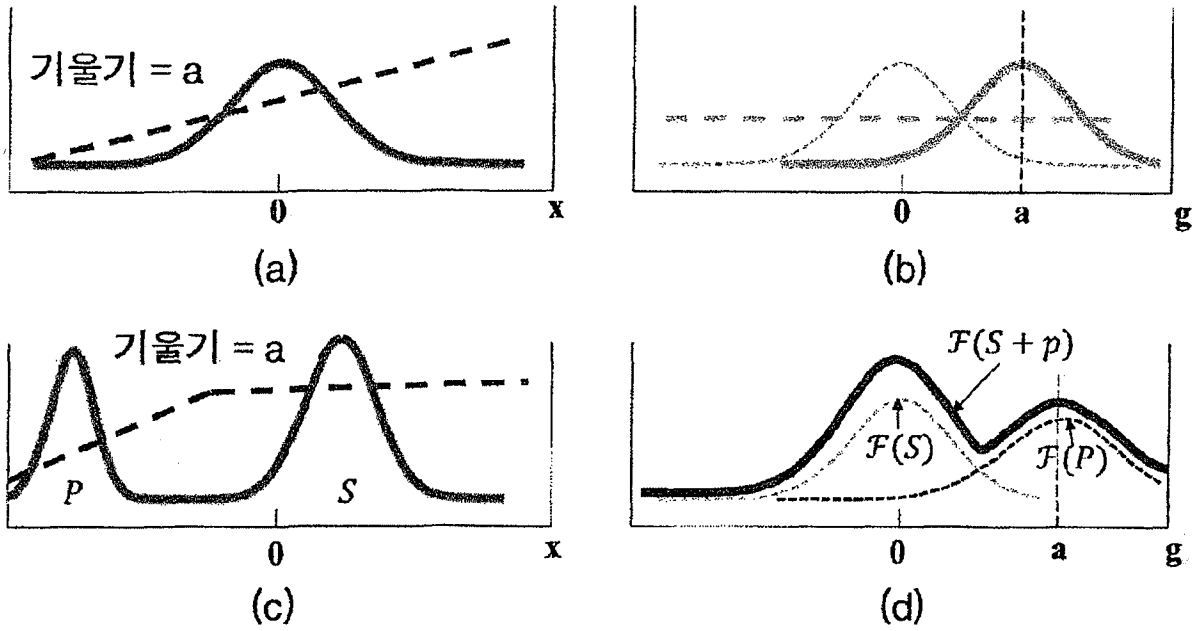
[Fig. 2]



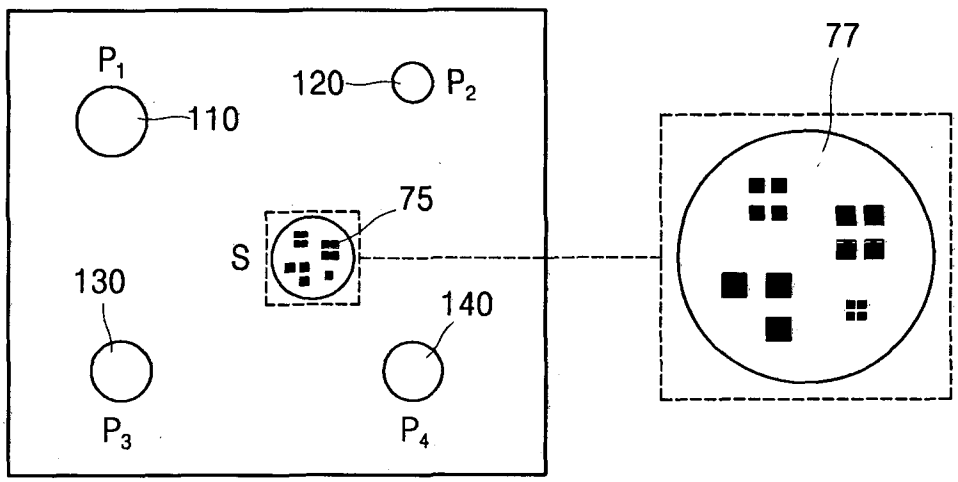
[Fig. 3]



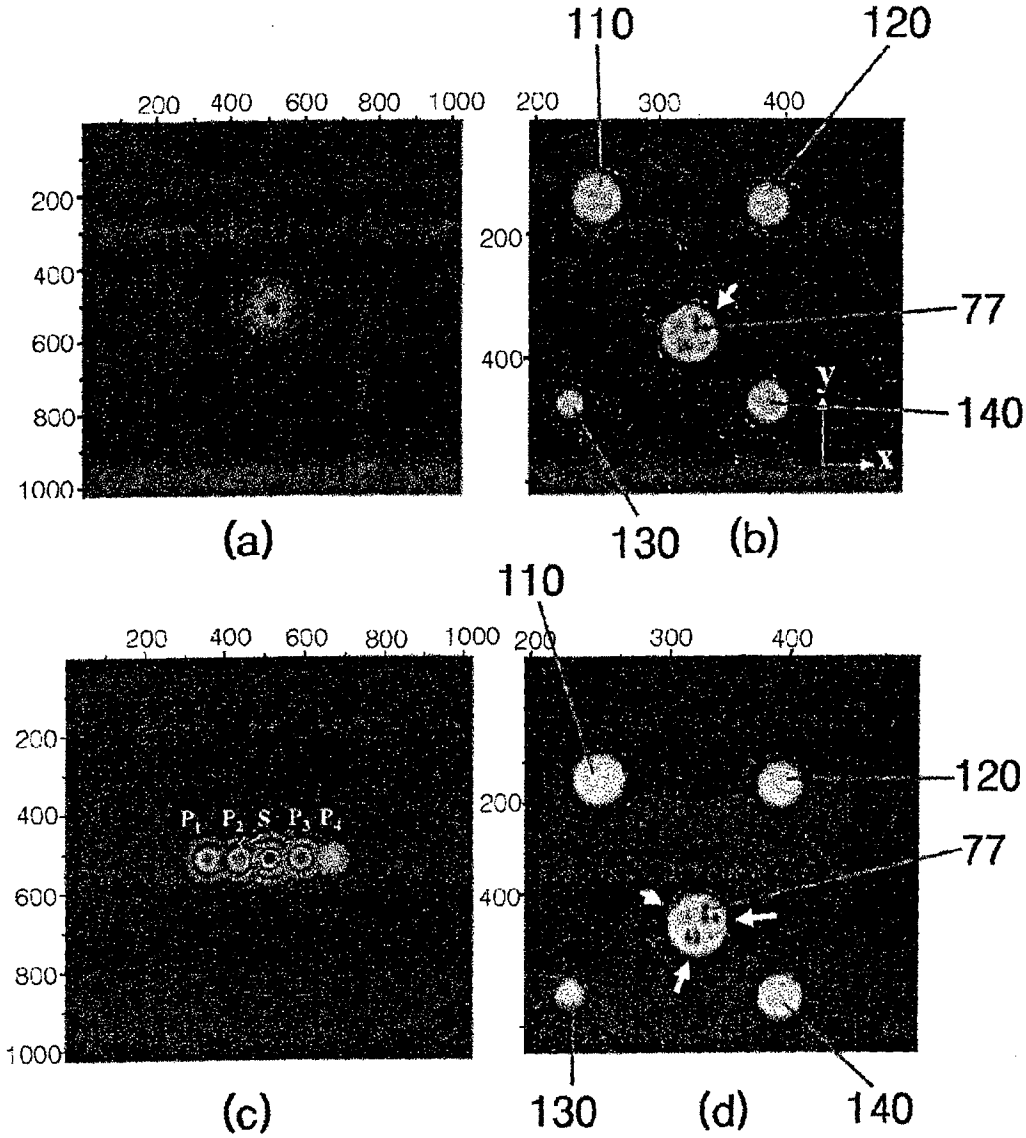
【Fig. 4】


기울기 = a
0
x
(a)
0
a
g
(b)
기울기 = a
P
S
0
x
(c)
$\mathcal{F}(S+p)$
$\mathcal{F}(S)$
$\mathcal{F}(P)$
0
a
g
(d)

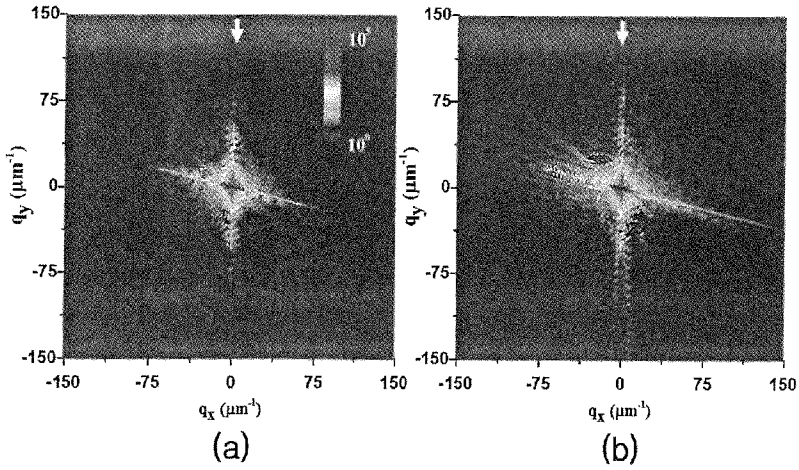
【Fig. 5】


P1
110
120
P2
75
S
130
140
P3
P4
77

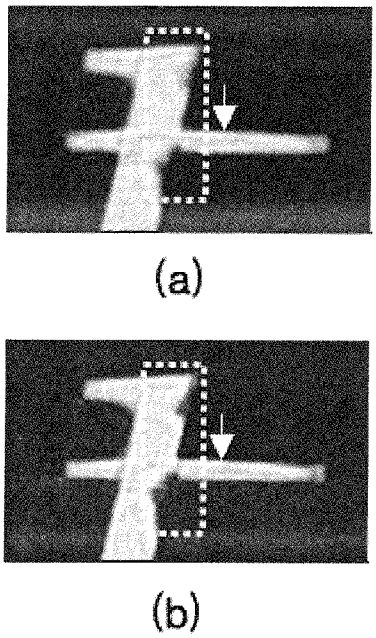
【Fig. 6】


110
120
200 400 600 800 1000
200 300 400
200
400
600
800
1000
77
140
130
(a)
(b)
P1 P2 S P3 P4
(c)
(d)

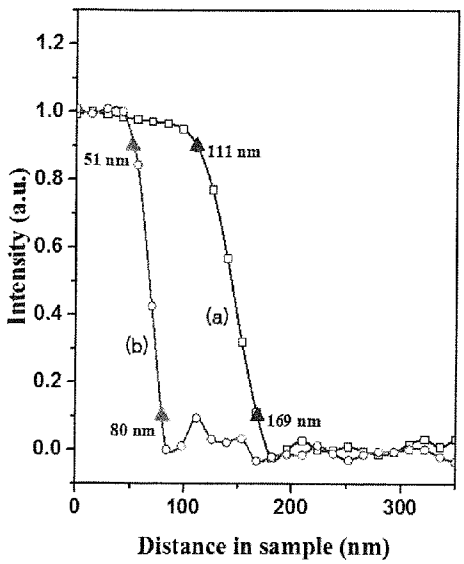
[Fig. 7]



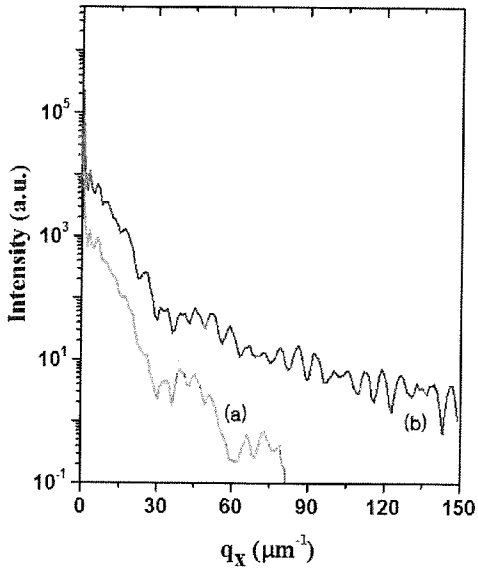
[Fig. 8]



[Fig. 9]



[Fig. 10]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.
PCT/KR2015/009836

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01N 23/20(2006.01)i, G01N 23/207(2006.01)i

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G01N 23/20; G02B 21/00; G02B 21/14; G01N 21/64; G02B 5/30; H01J 37/26; H01J 37/295; G01N 23/207

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched
Korean Utility models and applications for Utility models: IPC as above
Japanese Utility models and applications for Utility models: IPC as above

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

eKOMPASS (KIPO internal) & Keywords: phase, diffraction, microscopy, X-ray, sample

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	NOH, Do Yeong et al., "Coherent X-Ray Diffraction Imaging: CXDI", Optical Science & Technology, vol. 12, no. 1, 2008, pages 42-48 (http://www.dbpia.co.kr/Journal/ArticleDetail/NODE00957315) See pages 44-47.	1-11
Y	JP 2002-107634 A (LEICA MICROSYSTEMS HEIDELBERG GMBH.) 10 April 2002 See abstract and claim 1.	1-11
Y	JP 2009-021156 A (HITACHI LTD.) 29 January 2009 See paragraph [0013] and figure 1.	6
Y	JP 2014-130715 A (JEOL LTD.) 10 July 2014 See abstract, claim 9 and figures 3, 12.	7
A	KR 10-1428741 B1 (INDUSTRY-ACADEMIC COOPERATION FOUNDATION, YONSEI UNIVERSITY) 11 August 2014 See abstract and claims 1-13.	1-11

☐ Further documents are listed in the continuation of Box C. ☒ See patent family annex.

* Special categories of cited documents:
"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance
"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date
"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)
"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means
"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed
"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention
"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone
"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art
"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search	Date of mailing of the international search report
05 JANUARY 2016 (05.01.2016)	**06 JANUARY 2016 (06.01.2016)**

Name and mailing address of the ISA/KR	Authorized officer
Korean Intellectual Property Office Government Complex-Daejeon, 189 Seonsa-ro, Daejeon 302-701, Republic of Korea Facsimile No. 82-42-472-7140	Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/KR2015/009836

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member	Publication date
JP 2002-107634 A	10/04/2002	DE 10046410 A1	28/03/2002
		DE 50112619 D1	26/07/2007
		EP 1189090 A2	20/03/2002
		EP 1189090 A3	02/01/2004
		EP 1189090 B1	13/06/2007
		US 06570705 B2	27/05/2003
		US 2002-0034002 A1	21/03/2002
JP 2009-021156 A	29/01/2009	EP 2015342 A2	14/01/2009
		EP 2015342 A3	10/09/2014
		JP 05462434 B2	02/04/2014
		US 08022365 B2	20/09/2011
		US 2009-0014651 A1	15/01/2009
JP 2014-130715 A	10/07/2014	EP 2750160 A2	02/07/2014
		EP 2750160 A3	16/09/2015
		US 08829436 B2	09/09/2014
		US 2014-0183358 A1	03/07/2014
KR 10-1428741 B1	11/08/2014	KR 10-2014-0056771 A	12/05/2014

국 제 조 사 보 고 서

국제출원번호
PCT/KR2015/009836

A. 발명이 속하는 기술분류(국제특허분류(IPC))

G01N 23/20(2006.01)i, G01N 23/207(2006.01)i

B. 조사된 분야

조사된 최소문헌(국제특허분류를 기재)
G01N 23/20; G02B 21/00; G02B 21/14; G01N 21/64; G02B 5/30; H01J 37/26; H01J 37/295; G01N 23/207

조사된 기술분야에 속하는 최소문헌 이외의 문헌
한국등록실용신안공보 및 한국공개실용신안공보: 조사된 최소문헌란에 기재된 IPC
일본등록실용신안공보 및 일본공개실용신안공보: 조사된 최소문헌란에 기재된 IPC

국제조사에 이용된 전산 데이터베이스(데이터베이스의 명칭 및 검색어(해당하는 경우))
eKOMPASS(특허청 내부 검색시스템) & 키워드: 위상, 회절, 현미경, 엑스선, 샘플

C. 관련 문헌

카테고리*	인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재	관련 청구항
Y	노도영 등, `결맞는 X-선 회절-이미징`, 광학과기술, 제12권, 제1호, 2008, 페이지 42-48 (http://www.dbpia.co.kr/Journal/ArticleDetail/NODE00957315) 페이지 44-47 참조.	1-11
Y	JP 2002-107634 A (LEICA MICROSYSTEMS HEIDELBERG GMBH) 2002.04.10 요약 및 청구항 1 참조.	1-11
Y	JP 2009-021156 A (HITACHI LTD.) 2009.01.29 단락 [0013] 및 도면 1 참조.	6
Y	JP 2014-130715 A (JEOL LTD.) 2014.07.10 요약, 청구항 9 및 도면 3,12 참조.	7
A	KR 10-1428741 B1 (연세대학교 산학협력단) 2014.08.11 요약 및 청구항 1-13 참조.	1-11

☐ 추가 문헌이 C(계속)에 기재되어 있습니다.

☒ 대응특허에 관한 별지를 참조하십시오.

* 인용된 문헌의 특별 카테고리:

"A" 특별히 관련이 없는 것으로 보이는 일반적인 기술수준을 정의한 문헌

"E" 국제출원일보다 빠른 출원일 또는 우선일을 가지나 국제출원일 이후에 공개된 선출원 또는 특허 문헌

"L" 우선권 주장에 의문을 제기하는 문헌 또는 다른 인용문헌의 공개일 또는 다른 특별한 이유(이유를 명시)를 밝히기 위하여 인용된 문헌

"O" 구두 개시, 사용, 전시 또는 기타 수단을 언급하고 있는 문헌

"P" 우선일 이후에 공개되었으나 국제출원일 이전에 공개된 문헌

"T" 국제출원일 또는 우선일 후에 공개된 문헌으로, 출원과 상충하지 않으며 발명의 기초가 되는 원리나 이론을 이해하기 위해 인용된 문헌

"X" 특별한 관련이 있는 문헌. 해당 문헌 하나만으로 청구된 발명의 신규성 또는 진보성이 없는 것으로 본다.

"Y" 특별한 관련이 있는 문헌. 해당 문헌이 하나 이상의 다른 문헌과 조합하는 경우로 그 조합이 당업자에게 자명한 경우 청구된 발명은 진보성이 없는 것으로 본다.

"&" 동일한 대응특허문헌에 속하는 문헌

국제조사의 실제 완료일	국제조사보고서 발송일
2016년 01월 05일 (05.01.2016)	2016년 01월 06일 (06.01.2016)

ISA/KR의 명칭 및 우편주소
대한민국 특허청
(35208) 대전광역시 서구 청사로 189, 4동 (둔산동, 정부대전청사)
팩스 번호 +82-42-472-7140

심사관
강성철
전화번호 +82-42-481-8405

국제조사보고서
대응특허에 관한 정보

국제출원번호
PCT/KR2015/009836

국제조사보고서에서 인용된 특허문헌	공개일	대응특허문헌	공개일
JP 2002-107634 A	2002/04/10	DE 10046410 A1	2002/03/28
		DE 50112619 D1	2007/07/26
		EP 1189090 A2	2002/03/20
		EP 1189090 A3	2004/01/02
		EP 1189090 B1	2007/06/13
		US 06570705 B2	2003/05/27
		US 2002-0034002 A1	2002/03/21
JP 2009-021156 A	2009/01/29	EP 2015342 A2	2009/01/14
		EP 2015342 A3	2014/09/10
		JP 05462434 B2	2014/04/02
		US 08022365 B2	2011/09/20
		US 2009-0014651 A1	2009/01/15
JP 2014-130715 A	2014/07/10	EP 2750160 A2	2014/07/02
		EP 2750160 A3	2015/09/16
		US 08829436 B2	2014/09/09
		US 2014-0183358 A1	2014/07/03
KR 10-1428741 B1	2014/08/11	KR 10-2014-0056771 A	2014/05/12