

(12) 특허협력조약에 의하여 공개된 국제출원

(19) 세계지식재산권기구
국제사무국

(43) 국제공개일

2024년 12월 19일 (19.12.2024)



WIPO PCT



(10) 국제공개번호

WO 2024/258166 A1

(51) 국제특허분류:

G01N 23/20058 (2018.01)

G01N 23/2251 (2018.01)

G01N 23/203 (2006.01)

(74) 대리인: 유미특허법인 (YOU ME PATENT AND LAW

FIRM); 06134 서울특별시 강남구 테헤란로 115, Seoul (KR).

(21) 국제출원번호:

PCT/KR2024/008011

(22) 국제출원일:

2024년 6월 12일 (12.06.2024)

(25) 출원언어:

한국어

(26) 공개언어:

한국어

(30) 우선권정보:

10-2023-0074914 2023년 6월 12일 (12.06.2023) KR

(71) 출원인: 주식회사 엘지화학 (LG CHEM, LTD.) [KR/KR]; 07336 서울특별시 영등포구 여의대로 128, Seoul (KR).

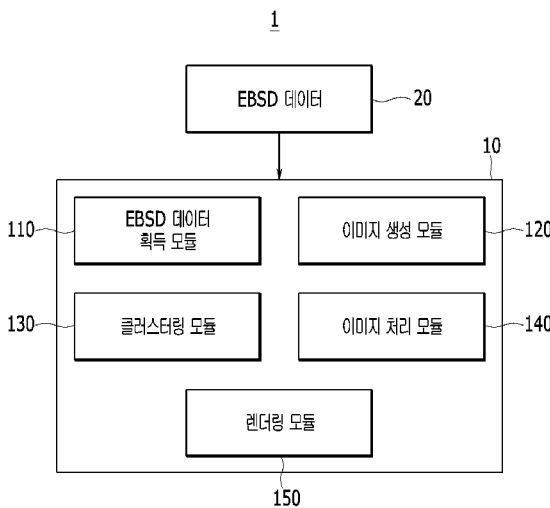
(72) 발명자: 이상원 (LEE, Sangwon); 34122 대전광역시 유성구 문지로 188 LG화학 기술연구원, Daejeon (KR). 김희연 (KIM, Hoeyeon); 34122 대전광역시 유성구 문지로 188 LG화학 기술연구원, Daejeon (KR). 정종석 (JEONG, Jong Seok); 34122 대전광역시 유성구 문지로 188 LG화학 기술연구원, Daejeon (KR). 박제섭 (PARK, Jeseob); 34122 대전광역시 유성구 문지로 188 LG화학 기술연구원, Daejeon (KR).

(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, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, 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, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, ZA, ZM, ZW.

(84) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 역내 권리의 보호를 위하여): ARIPO (BW, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, 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, ME, 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).

(54) Title: APPARATUS AND METHOD FOR ANALYZING CRYSTAL STRUCTURE

(54) 발명의 명칭: 결정 구조 분석 장치 및 방법



20 ... EBSD data

110 ... EBSD data acquisition module

120 ... Image generation module

130 ... Clustering module

140 ... Image processing module

150 ... Rendering module

(57) Abstract: Provided are an apparatus and method for analyzing a crystal structure. The apparatus for analyzing a crystal structure may comprise: an electron backscatter diffraction (EBSD) data acquisition module for obtaining EBSD data for a solid material; an image generation module for generating a shape of the solid material as a first image comprising a plurality of pixels; a clustering module for clustering the plurality of pixels by using the EBSD data so that the first image comprises a plurality of clusters each representing a first index of a crystal with a first color; an image processing module for generating a second image by processing the first image so that a second index associated with the first index is displayed as a figure overlapping the plurality of clusters; and a rendering module for rendering the second image on a display area.

(57) 요약서: 결정 구조 분석 장치 및 방법이 제공된다. 결정 구조 분석 장치는, 고체 재료에 대한 EBSD(Electron Backscatter Diffraction) 데이터를 획득하는 EBSD 데이터 획득 모듈; 상기 고체 재료의 형상을 복수의 픽셀을 포함하는 제1 이미지로 생성하는 이미지 생성 모듈; 상기 EBSD 데이터를 이용하여, 상기 제1 이미지가 각각 결정의 제1 지표를 제1 색상으로 나타내는 복수의 클러스터를 포함하도록, 상기 복수의 픽셀에 대해 클러스터링을 수행하는 클러스터링 모듈; 상기 제1 지표와 연관된 제2 지표가 상기 복수의 클러스터 상에 오버랩되는 도형으로 표시되도록 상기 제1 이미지를 처리하여 제2 이미지를 생성하는 이미지 처리 모듈; 및 상기 제2 이미지를 디스플레이 영역에 렌더링하는 렌더링 모듈을 포함할 수 있다.

[다음 쪽 계속]



공개:

— 국제조사보고서와 함께 (조약 제21조(3))

명세서

발명의 명칭: 결정 구조 분석 장치 및 방법

기술분야

- [1] 관련 출원들과의 상호 인용
- [2] 본 출원은 2023년 6월 12일자 한국 특허 출원 제10-2023-0074914호에 기초한 우선권의 이익을 주장하며, 해당 한국 특허 출원의 문헌에 개시된 모든 내용은 본 명세서의 일부로서 포함된다.
- [3] 개시 내용은 결정 구조 분석 장치 및 방법에 관한 것이다.

배경기술

- [4] EBSD(Electron Backscatter Diffraction)는 주사전자현미경에 장착되어, 가속 전자가 시료에 주입되었을 때 반사되는 전자(후방산란전자)를 검출하여 재료의 방향을 분석할 수 있다. 즉, EBSD는 각각의 결정으로부터 측정된 회절패턴을 이용하여 조사 영역에서의 결정 구조에 대한 분석을 할 수 있다. 예를 들어, 컴퓨터 시스템을 통해 전자 빔의 위치를 제어하고, 전자 빔이 머무는 시편 영역에서 발생하는 패턴을 카메라를 통해 기록하고, 기록된 패턴을 자동으로 분석하여 해당 시편 영역의 결정학적 정보들을 산출할 수 있다.

발명의 상세한 설명

기술적 과제

- [5] 해결하고자 하는 일 과제는, 고체 재료에 대한 EBSD 데이터로부터 고체 재료의 결정 구조를 효과적으로 분석할 수 있는 결정 구조 분석 장치 및 방법을 제공하는 것이다.

과제 해결 수단

- [6] 일 실시 예에 따른 결정 구조 분석 장치는, 고체 재료에 대한 EBSD(Electron Backscatter Diffraction) 데이터를 획득하는 EBSD 데이터 획득 모듈; 상기 고체 재료의 형상을 복수의 픽셀을 포함하는 제1 이미지로 생성하는 이미지 생성 모듈; 상기 EBSD 데이터를 이용하여, 상기 제1 이미지가 각각 결정의 제1 지표를 제1 색상으로 나타내는 복수의 클러스터를 포함하도록, 상기 복수의 픽셀에 대해 클러스터링을 수행하는 클러스터링 모듈; 상기 제1 지표와 연관된 제2 지표가 상기 복수의 클러스터 상에 오버랩되는 도형으로 표시되도록 상기 제1 이미지를 처리하여 제2 이미지를 생성하는 이미지 처리 모듈; 및 상기 제2 이미지를 디스플레이 영역에 렌더링하는 렌더링 모듈을 포함할 수 있다.
- [7] 몇몇 실시 예에서, 상기 제1 지표는 제1 벡터와 제2 벡터 사이의 예각에 대한 사인(sine) 제곱 함수의 값으로서 정의되고, 상기 제1 벡터는, 상기 제1 이미지 상의 상기 결정에 대응하는 픽셀 위치에서 상기 결정의 일 방향 벡터를 포함하고, 상기 제2 벡터는, 전체 입자의 중심으로부터 외곽 방향으로 상기 픽셀 위치를 향하는 벡터를 포함할 수 있다.

- [8] 몇몇 실시 예에서, 상기 제1 색상은 RGB 색상, HSL 색상, HSV 색상, CMYK 색상 및 그레이 스케일 색상 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.
- [9] 몇몇 실시 예에서, 상기 디스플레이 영역은 제1 디스플레이 영역과, 상기 제1 디스플레이 영역의 일 측에 인접하도록 배치되는 제2 디스플레이 영역을 포함하고, 상기 렌더링 모듈은, 상기 제2 이미지를 상기 제1 디스플레이 영역에 렌더링하고, 상기 제1 지표의 값과 상기 제1 색상을 매치하여 표시하는 제1 컬러바를 상기 제2 디스플레이 영역에 렌더링할 수 있다.
- [10] 몇몇 실시 예에서, 상기 제1 벡터는 서로 수직인 제1 축, 제2 축 및 제3 축으로 정의되는 3차원 공간에서 정해지고, 상기 제2 지표는, 상기 제1 벡터가 상기 제1 축과 상기 제2 축이 이루는 평면에 투영된 방향으로서 정의될 수 있다.
- [11] 몇몇 실시 예에서, 상기 도형은 화살표 형상의 도형이고, 상기 제2 지표는 화살표 머리의 방향으로 상기 복수의 클러스터 상에 오버랩되도록 표시될 수 있다.
- [12] 몇몇 실시 예에서, 상기 이미지 처리 모듈은, 상기 제2 지표와 연관된 제3 지표를 상기 도형 내부의 제2 색상으로 나타내도록 상기 제1 이미지를 처리할 수 있다.
- [13] 몇몇 실시 예에서, 상기 제3 지표는, 상기 제1 벡터가 상기 제1 축과 상기 제2 축이 이루는 평면과 이루는 각도로서 정의될 수 있다.
- [14] 몇몇 실시 예에서, 상기 제2 색상은 RGB 색상, HSL 색상, HSV 색상, CMYK 색상 및 그레이 스케일 색상 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.
- [15] 몇몇 실시 예에서, 상기 디스플레이 영역은 제1 디스플레이 영역과, 상기 제1 디스플레이 영역의 일 측에 인접하도록 배치되는 제3 디스플레이 영역을 포함하고, 상기 렌더링 모듈은, 상기 제2 이미지를 상기 제1 디스플레이 영역에 렌더링하고, 상기 제3 지표의 값과 상기 제2 색상을 매치하여 표시하는 제2 컬러바를 상기 제3 디스플레이 영역에 렌더링할 수 있다.
- [16] 몇몇 실시 예에서, 상기 제1 지표는, 상기 제1 이미지 상의 상기 결정에 대응하는 픽셀 위치에서 연산되는 DoA(Degree of Alignment) 값으로서 정의되고, 상기 DoA 값은 다음 수학식에 따라 연산될 수 있다:

[17]

$$\text{DoA} = \frac{L}{L + S} C^2$$

- [18] 여기서 L은 상기 픽셀 위치에 대응하는 결정의 장축 벡터, S는 상기 픽셀 위치에 대응하는 결정의 단축 벡터, C는 상기 L과 전체 입자의 중심으로부터 외곽 방향으로 상기 픽셀 위치를 향하는 벡터에 대한 코사인(cosine) 함수의 값임.
- [19] 몇몇 실시 예에서, 상기 제1 색상은 RGB 색상, HSL 색상, HSV 색상, CMYK 색상 및 그레이 스케일 색상 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.
- [20] 몇몇 실시 예에서, 상기 디스플레이 영역은 제1 디스플레이 영역과, 상기 제1 디스플레이 영역의 일 측에 인접하도록 배치되는 제2 디스플레이 영역을 포함하

고, 상기 렌더링 모듈은, 상기 제2 이미지를 상기 제1 디스플레이 영역에 렌더링하고, 상기 제1 지표의 값과 상기 제1 색상을 매치하여 표시하는 제1 컬러바를 상기 제3 디스플레이 영역에 렌더링할 수 있다.

[21] 몇몇 실시 예에서, 상기 제2 지표는, 상기 픽셀 위치에 대응하는 결정의 장축 벡터로서 정의되고, 상기 도형은 화살표 형상의 도형이고, 상기 제2 지표는 화살표 머리의 방향으로 상기 복수의 클러스터 상에 오버랩되도록 표시될 수 있다.

[22] 일 실시 예에 따른 결정 구조 분석 방법은, 고체 재료에 대한 EBSD 데이터를 획득하는 단계; 상기 고체 재료의 형상을 복수의 픽셀을 포함하는 제1 이미지로 생성하는 단계; 상기 EBSD 데이터를 이용하여, 상기 제1 이미지가 각각 결정의 제1 지표를 제1 색상으로 나타내는 복수의 클러스터를 포함하도록, 상기 복수의 픽셀에 대해 클러스터링을 수행하는 단계; 상기 제1 지표와 연관된 제2 지표가 상기 복수의 클러스터 상에 오버랩되는 도형으로 표시되도록 상기 제1 이미지를 처리하여 제2 이미지를 생성하는 단계; 및 상기 제2 이미지를 디스플레이 영역에 렌더링하는 단계를 포함할 수 있다.

[23] 몇몇 실시 예에서, 상기 제1 지표는 제1 벡터와 제2 벡터 사이의 예각에 대한 사인(sine) 제곱 함수의 값으로서 정의되고, 상기 제1 벡터는, 상기 제1 이미지 상의 상기 결정에 대응하는 픽셀 위치에서 상기 결정의 일 방향 벡터를 포함하고, 상기 제2 벡터는, 전체 입자의 중심으로부터 외곽 방향으로 상기 픽셀 위치를 향하는 벡터를 포함할 수 있다.

[24] 몇몇 실시 예에서, 상기 제1 벡터는 서로 수직인 제1 축, 제2 축 및 제3 축으로 정의되는 3차원 공간에서 정해지고, 상기 제2 지표는, 상기 제1 벡터가 상기 제1 축과 상기 제2 축이 이루는 평면에 투영된 방향으로 정해지도록 정의될 수 있다.

[25] 몇몇 실시 예에서, 상기 제2 이미지를 생성하는 단계는, 상기 제2 지표와 연관된 제3 지표를 상기 도형 내부의 제2 색상으로 나타내도록 상기 제1 이미지를 처리하여 상기 제2 이미지를 생성하는 단계를 포함할 수 있다.

[26] 몇몇 실시 예에서, 상기 제1 지표는, 상기 제1 이미지 상의 상기 결정에 대응하는 픽셀 위치에서 연산되는 DoA(Degree of Alignment) 값으로서 정의되고, 상기 DoA 값은 다음 수학식에 따라 연산될 수 있다:

$$[27] \quad \text{DoA} = \frac{L}{L + S} C^2$$

[28] 여기서 L은 상기 픽셀 위치에 대응하는 결정의 장축 벡터, S는 상기 픽셀 위치에 대응하는 결정의 단축 벡터, C는 상기 L과 전체 입자의 중심으로부터 외곽 방향으로 상기 픽셀 위치를 향하는 벡터에 대한 코사인(cosine) 함수의 값임.

[29] 몇몇 실시 예에서, 상기 제2 지표는, 상기 픽셀 위치에 대응하는 결정의 장축 벡터로서 정의되고, 상기 도형은 화살표 형상의 도형이고, 상기 제2 지표는 화살표 머리의 방향으로 상기 복수의 클러스터 상에 오버랩되도록 표시될 수 있다.

- [30] 일 실시 예에 따른 컴퓨터로 읽을 수 있는 매체는, 메모리 또는 저장 장치에 저장된 프로그램 또는 명령을 실행하는 프로세서를 포함하는 컴퓨터에, 고체 재료에 대한 EBSD 데이터를 획득하는 단계; 상기 고체 재료의 형상을 복수의 픽셀을 포함하는 제1 이미지로 생성하는 단계; 상기 EBSD 데이터를 이용하여, 상기 제1 이미지가 각각 결정의 제1 지표를 제1 색상으로 나타내는 복수의 클러스터를 포함하도록, 상기 복수의 픽셀에 대해 클러스터링을 수행하는 단계; 상기 제1 지표와 연관된 제2 지표가 상기 복수의 클러스터 상에 오버랩되는 도형으로 표시되도록 상기 제1 이미지를 처리하여 제2 이미지를 생성하는 단계; 및 상기 제2 이미지를 디스플레이 영역에 렌더링하는 단계를 실행시키기 위한 프로그램을 기록한 것일 수 있다.

발명의 효과

- [31] 실시 예들에 따르면, EBSD 시스템으로부터 수집되는 데이터에 대해 전체 입자에 대하여 결정 방향이 어떻게 분포되어 있는지에 대한 정보를 추출하여 시각화하여 제공함으로써, 고체 재료에 대한 EBSD 데이터로부터 고체 재료의 결정 구조를 효과적으로 분석할 수 있다. 또한, 결정 방향이 클러스터 별로 시각적으로 표현된 상태에서 사용자가 원하는 결정면을 변경하면 그 결과가 시각적으로 즉시 반영되므로 일반적인 컴퓨팅 환경에서 빠른 시간 안에 결정 방향의 연결 패턴을 탐색할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [32] 도 1은 일 실시 예에 따른 결정 구조 분석 장치를 설명하기 위한 블록도이다.
 [33] 도 2 내지 도 4는 일 실시 예에 따른 결정 구조 분석 장치의 일 구현 예를 설명하기 위한 도면들이다.
 [34] 도 5 내지 도 6은 일 실시 예에 따른 결정 구조 분석 장치의 일 구현 예를 설명하기 위한 도면들이다.
 [35] 도 7은 일 실시 예에 따른 결정 구조 분석 방법을 설명하기 위한 흐름도이다.
 [36] 도 8은 일 실시 예에 따른 결정 구조 분석 장치의 일 구현 예를 설명하기 위한 도면이다.
 [37] 도 9 내지 도 13은 일 실시 예에 따른 결정 구조 분석 장치의 구현 예를 설명하기 위한 도면들이다.
 [38] 도 14는 일 실시 예에 따른 컴퓨팅 장치를 설명하기 위한 도면이다.

발명의 실시를 위한 형태

- [39] 아래에서는 첨부한 도면을 참조하여 본 발명의 실시 예에 대하여 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 상세히 설명한다. 그러나 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 실시 예에 한정되지 않는다. 그리고 도면에서 본 발명을 명확하게 설명하기 위해서 설명과 관계없는 부분은 생략하였으며, 명세서 전체를 통하여 유사한 부분에 대해서는 유사한 도면 부호를 붙였다.

- [40] 명세서 및 청구범위 전체에서, 어떤 부분이 어떤 구성 요소를 "포함"한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성 요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성 요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미한다. 제1, 제2 등과 같이 서수를 포함하는 용어는 다양한 구성요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 상기 구성요소들은 상기 용어들에 의해 한정되지는 않는다. 상기 용어들은 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만 사용된다.
- [41] 명세서에 기재된 "...부", "...기", "모듈" 등의 용어는 본 명세서에서 설명되는 적어도 하나의 기능이나 동작을 처리할 수 있는 단위를 의미할 수 있으며, 이는 하드웨어 또는 회로나, 소프트웨어, 또는 하드웨어 또는 회로와 소프트웨어의 결합으로 구현될 수 있다.
- [42] 도 1은 일 실시 예에 따른 결정 구조 분석 장치를 설명하기 위한 블록도이다.
- [43] 도 1을 참조하면, 일 실시 예에 따른 결정 구조 분석 장치(10)는 고체 재료에 대한 결정 구조를 분석할 수 있다. 결정 구조 분석 장치(10)는 EBSD 시스템으로부터 수집되는 데이터에 대해 전체 입자에 대하여 결정 방향이 어떻게 분포되어 있는지에 대한 정보를 추출하여 시각화 할 수 있다. 몇몇 실시 예에서, 결정 구조 분석 장치(10)는 웹 브라우저에서 실행되는 소프트웨어인 웹 어플리케이션을 서비스하는 서버일 수 있다. 이에 따라, 결정 구조 분석 장치(10)는 사용자로 하여금 그들의 컴퓨터에 별도의 소프트웨어를 설치할 필요 없이 웹 브라우저만을 이용하여 손쉽게 고체 재료에 대한 결정 구조를 분석할 수 있도록 할 수 있다. 그러나 본 발명의 범위가 이에 제한되는 것은 아니며, 결정 구조 분석 장치(10)가 제공하는 기능은 다양한 임의의 형태의 소프트웨어로서 구현될 수 있다.
- [44] 결정 구조 분석 장치(10)는 EBSD 데이터 획득 모듈(110), 이미지 생성 모듈(120), 클러스터링 모듈(130), 이미지 처리 모듈(140) 및 렌더링 모듈(150)을 포함할 수 있다.
- [45] EBSD 데이터 획득 모듈(110)은, 고체 재료에 대한 EBSD 데이터를 획득할 수 있다. EBSD 데이터는 공간적으로 연결되는 결정학적 방향 및 위상 정보를 포함할 수 있으며, EBSD 데이터 획득 모듈(10)은 외부의 EBSD 시스템으로부터 수집된 다양한 포맷의 데이터를 획득할 수 있다. 예를 들어, EBSD 데이터는, 콤마(comma)와 같은 구분자를 통해 구별되는 2차원 데이터로서 CSV(Comma Separated Values) 포맷을 따르도록 생성된 파일일 수 있다. 다른 예로서, EBSD 데이터는 복수의 CSV 파일들의 집합으로 된 압축 파일의 형태일 수 있다. 또 다른 예로서, EBSD 데이터는, EBSD를 사용하여 수집되는 데이터를 처리하는 특정 소프트웨어(예를 들어, AZtecCrystal)에서 데이터 정제(data cleaning)를 거친 데이터일 수도 있다.
- [46] 이미지 생성 모듈(120)은, 결정 구조 분석의 대상이 되는 고체 재료의 형상을 제 1 이미지로 생성할 수 있다. 여기서 제1 이미지는 복수의 픽셀을 포함하는 픽셀 이미지의 형태일 수 있다. 예를 들어, 이미지 생성 모듈(120)은 결정 구조 분석 장

치(10)에 전기적으로 연결되는 디스플레이 장치에 표시가 가능한 2차원 이미지로서 제1 이미지를 생성할 수 있다.

- [47] 클러스터링 모듈(130)은, EBSD 데이터 획득 모듈(110)에 의해 획득한 EBSD 데이터를 이용하여 제1 이미지에 포함되는 복수의 픽셀에 대해 클러스터링을 수행할 수 있다. 몇몇 실시 예에서, 클러스터링 모듈(130)은 클러스터링을 수행하기 위해 밀도 기반 클러스터링 알고리즘을 채택할 수 있다. 클러스터링 모듈(130)은, 예를 들어, DBSCAN(Density-based spatial clustering of applications with noise)을 채택할 수 있다. 밀도 기반 클러스터링 알고리즘은, 군집 간의 거리를 이용하여 클러스터링을 수행하는 알고리즘들과 다르게, 데이터 포인트가 세밀하게 몰려 있어서 밀도가 높은 부분을 클러스터링 하는 방식으로 동작할 수 있다. 특히, 클러스터링 모듈(130)은, EBSD 데이터를 이용하여, 제1 이미지로 하여금 복수의 클러스터를 포함하도록 하되, 각각의 클러스터는 결정의 제1 지표를 제1 색상으로 나타낸 것일 수 있다.
- [48] 예를 들어, EBSD 데이터는 결정립의 결정방위에 관한 데이터를 포함할 수 있다. 결정방위에 관한 데이터는, 분석 대상인 고체 재료를 형성하는 미리 정해진 크기의 결정 단위 별로 수집된 복수의 결정방위 데이터일 수 있다. 여기서 결정 단위는, 특정 크기로 정해지는 것은 아니지만, 실시 예들에 따른 결정 구조 분석 장치가 디스플레이할 수 있는 환경에 따른 해상도(resolution)을 고려하여, 제1 이미지에 포함되는 적어도 하나에 대응시킬 수 있도록 미리 정해진 크기를 갖는 단위체를 상정한 것일 수 있다. 클러스터링 모듈(130)은, 복수의 각도 데이터를 이용하여 제1 이미지를 표현하는 복수의 픽셀에 대한 클러스터링을 수행할 수 있다.
- [49] 이미지 처리 모듈(140)은, 클러스터링 모듈(130)에 의해 클러스터링이 수행된 결과를 나타내는 제2 이미지를 생성할 수 있다. 즉, 이미지 처리 모듈(140)은, 이미지 생성 모듈(120)에 의해 생성된 제1 이미지가 클러스터 별로 상이한 색상으로 표시되도록 제1 이미지를 처리하거나, 결정에 제1 지표와 연관된 제2 지표가 복수의 클러스터 상에 오버랩되는 도형으로 표시되도록 제1 이미지를 처리하여 제2 이미지로 출력할 수 있다. 몇몇 실시 예에서, 색상은 RGB 색상, HSL 색상, HSV 색상, CMYK 색상 및 그레이 스케일 색상 중 적어도 하나를 포함할 수 있다. RGB 색상은 빨강(Red), 초록(Green) 및 파랑(Blue)을 사용하여 표현되는 색상이고, HSL(또는 HSB) 색상은 색조(Hue), 채도(Saturation) 및 밝기(Lightness 또는 Brightness)를 사용하여 표현되는 색상일 수 있다. HSV 색상은 색조(Hue), 채도(Saturation) 및 정도(Value)를 사용하여 표현되는 색상이고, CMYK 색상은 시안(Cyan), 마젠타(Magenta), 노랑(Yellow) 및 검정(Black)을 사용하여 표현되는 색상일 수 있다.
- [50] 렌더링 모듈(150)은, 이미지 처리 모듈(140)에 의해 생성된 제2 이미지를, 디스플레이 장치에 마련된 디스플레이 영역에 렌더링할 수 있다. 이에 따라, 픽셀 별 또는 클러스터 별로 상이한 색상으로 표현되거나, 결정에 대한 어떤 지표를 클러

스터 상에 오버랩되는 도형으로 표현됨으로써, 사용자로 하여금 전체 입자에 대한 결정 특성이 한 눈에 파악되도록 시각화가 가능하므로, 직관적이지 않은 형태로 수집된 EBSD 데이터로부터 결정 구조를 효과적으로 분석할 수 있다.

- [51] 몇몇 실시 예에서, 제1 지표는 제1 벡터와 제2 벡터 사이의 예각에 대한 사인(sine) 제곱 함수의 값으로 정의될 수 있다. 여기에서, 제1 벡터는, 제1 이미지 상의 결정에 대응하는 픽셀 위치에서, 결정의 일 방향 벡터를 포함할 수 있고, 제2 벡터는, 전체 입자의 중심으로부터 외곽 방향으로 픽셀 위치를 향하는 벡터를 포함할 수 있다. 이에 따라, 클러스터링 모듈(130)은, 제1 이미지에 포함되는 각각의 클러스터가 제1 지표를 제1 색상으로 나타낼 수 있도록 클러스터링을 수행할 수 있다. 이 때, 각각의 클러스터를 이루는 픽셀 별로 제1 색상이 연산될 수 있고, 이에 따라 하나의 클러스터는 그라데이션 색상으로 표현될 수 있다. 여기서, 결정의 일 방향 벡터는, 결정의 격자 벡터(lattice vector) 중 하나에 대응하는 벡터일 수 있다. 몇몇 실시 예에서, 결정의 격자 벡터는 a 축, b 축 및 c 축을 포함할 수 있고, 결정의 일 방향 벡터는 결정의 c 축에 대응하는 벡터를 포함할 수 있다.
- [52] 몇몇 실시 예에서, 제1 색상은 RGB 색상, HSL 색상, HSV 색상, CMYK 색상 및 그레이 스케일 색상 중 적어도 하나를 포함할 수 있다. RGB 색상은 빨강(Red), 초록(Green) 및 파랑(Blue)을 사용하여 표현되는 색상이고, HSL(또는 HSB) 색상은 색조(Hue), 채도(Saturation) 및 밝기(Lightness 또는 Brightness)를 사용하여 표현되는 색상일 수 있다. HSV 색상은 색조(Hue), 채도(Saturation) 및 정도(Value)를 사용하여 표현되는 색상이고, CMYK 색상은 시안(Cyan), 마젠타(Magenta), 노랑(Yellow) 및 검정(Black)을 사용하여 표현되는 색상일 수 있다.
- [53] 한편, 제1 벡터는 서로 수직인 제1 축(예를 들어 x 축), 제2 축(예를 들어 y 축) 및 제3 축(예를 들어 z 축)으로 정의되는 3차원 공간에서 정해지고, 제2 지표는, 제1 벡터가 제1 축과 제2 축이 이루는 평면에 투영된 방향으로서 정의될 수 있다. 이에 따라, 이미지 처리 모듈(140)은, 제2 지표가 제1 이미지에 포함되는 각각의 클러스터 상에 오버랩되는 도형으로 표시되도록 제1 이미지를 처리하여 제2 이미지를 생성할 수 있다. 몇몇 실시 예에서, 도형은 화살표 형상의 도형을 포함할 수 있고, 제2 지표는 화살표 머리의 방향으로 복수의 클러스터 상에 오버랩되도록 표시될 수 있다.
- [54] 또한, 이미지 처리 모듈(140)은, 제2 지표와 연관된 제3 지표를 도형 내부의 제2 색상으로 나타내도록 상기 제1 이미지를 처리할 수 있다. 여기서 제3 지표는, 제1 벡터가 제1 축과 제2 축이 이루는 평면과 이루는 각도로서 정의될 수 있다.
- [55] 몇몇 실시 예에서, 제2 색상은 RGB 색상, HSL 색상, HSV 색상, CMYK 색상 및 그레이 스케일 색상 중 적어도 하나를 포함할 수 있다. RGB 색상은 빨강(Red), 초록(Green) 및 파랑(Blue)을 사용하여 표현되는 색상이고, HSL(또는 HSB) 색상은 색조(Hue), 채도(Saturation) 및 밝기(Lightness 또는 Brightness)를 사용하여 표현되는 색상일 수 있다. HSV 색상은 색조(Hue), 채도(Saturation) 및 정도(Value)를

사용하여 표현되는 색상이고, CMYK 색상은 시안(Cyan), 마젠타(Magenta), 노랑(Yellow) 및 검정(Black)을 사용하여 표현되는 색상일 수 있다.

- [56] 이에 따라, EBSD 시스템으로부터 수집되는 데이터에 대해 전체 입자에 대하여 결정 방향이 어떻게 분포되어 있는지에 대한 정보를 추출하여 시각화 하여 제공함으로써, 고체 재료에 대한 EBSD 데이터로부터 고체 재료의 결정 구조를 효과적으로 분석할 수 있다. 또한, 사용자가 원하는 결정면을 변경하는 경우에도 해당 결정면을 기준으로 원하는 결정 방향의 패턴을 손쉽게 탐색할 수 있다. 예를 들어, 서로 인접한 클러스터들 사이에서 형성될 수 있는 어떠한 결정 방향의 연결 패턴이 유의미한 분석 결과로서 사용될 수 있는데, 2차원 데이터로 주어지는 EBSD 데이터로부터 이와 같은 결정 방향의 연결 패턴을 분석하기 위해서는 많은 컴퓨팅 자원을 필요로 하며 상당한 작업 시간이 요구된다. 이와 다르게, 본 실시 예에 따르면, 결정 방향이 클러스터 별로 시각적으로 표현된 상태에서 사용자가 원하는 결정면을 변경하면 그 결과가 시각적으로 즉시 반영되므로 일반적인 컴퓨팅 환경에서 빠른 시간 안에 결정 방향의 연결 패턴을 탐색할 수 있다.
- [57] 도 2 내지 도 4는 일 실시 예에 따른 결정 구조 분석 장치의 일 구현 예를 설명하기 위한 도면들이다. 도 2는 렌더링 모듈(150)에 의해 표현되는 제2 이미지(IMG1)가 도시된 것이고, 도 3 및 도 4는 제1 지표 내지 제3 지표에 대한 정의를 설명하기 위한 도면들이다.
- [58] 도 2 내지 도 4를 함께 참조하면, 제2 이미지(IMG1)는 전체 입자를 표현하되, 그 중심에 입자의 중심이 표시될 수 있다. 도 2에서 입자의 중심은 검은 테두리를 갖는 원으로서 표현되었으나, 본 발명의 범위가 이에 제한되는 것은 아니다.
- [59] 제1 지표는 제1 벡터($\vec{c}$)와 제2 벡터($\vec{r}$) 사이의 예각에 대한 사인 제곱 함수의 값으로 정의될 수 있다. 제1 벡터($\vec{c}$)는 제1 이미지에 표현된 결정 중 어떤 픽셀 위치에서의 결정 방향으로서, 예를 들어, 결정의 일 방향 벡터, c 축에 대응하는 벡터일 수 있다. 그리고 제2 벡터($\vec{r}$)는, 전체 입자의 중심으로부터, 입자의 외곽 방향으로 해당 픽셀 위치를 향하는 벡터일 수 있다. 이에 따라, 각각의 클러스터를 이루는 픽셀 별로 제1 지표에 대응하는 값(예를 들어 0 내지 1 사이의 실수 값)을 제1 색상으로 나타내어 표시할 수 있다.
- [60] 제2 지표는, 제1 벡터($\vec{c}$)가 제1 축(예를 들어 x 축)과 제2 축(예를 들어 y 축)이 이루는 평면에 투영된 방향으로서 정의될 수 있다. 이에 따라, 제1 벡터($\vec{c}$)가 제1 축(예를 들어 x 축)과 제2 축(예를 들어 y 축)이 이루는 평면에 투영된 방향을 나타내는 도형(예를 들어 화살표)을 클러스터 상에 오버랩하여 표시할 수 있다.
- [61] 제3 지표는, 제1 벡터($\vec{c}$)가 제1 축(예를 들어 x 축)과 제2 축(예를 들어 y 축)이 이루는 평면과 이루는 각도로서 정의될 수 있다. 이에 따라, 각각의 클러스터 상에 오버랩되어 표시된 도형의 내부를 해당 각도 값(예를 들어 -90도 내지 90도로 표현된 값)에 대응하는 제2 색상으로 나타내어 표시할 수 있다. 여기서, 각도 값(또는 각도 값의 절대값)이 0에 가까울수록 결정의 일 축(예를 들어 c 축)이 제2

이미지(IMG1)가 표시되는 디스플레이 영역의 화면에 누워있는 형상에 가까울 수 있고, 90도 또는 -90도에 가까울수록 결정의 일 축(예를 들어 c 축)이 제2 이미지(IMG1)가 표시되는 디스플레이 영역의 화면에 수직인 형상에 가까울 수 있다.

[62] 이와 같이, 설명한 바와 같은 제1 지표 내지 제3 지표를 전체 입자에 대해 시각적으로 파악할 수 있도록 하여, 직관적이지 않은 형태로 수집된 EBSD 데이터로부터 결정 구조를 효과적으로 분석할 수 있다.

[63] 다시 도 1을 참조하면, 몇몇 실시 예에서, 제1 지표는, 제1 이미지 상의 결정에 대응하는 픽셀 위치에서 연산되는 DoA(Degree of Alignment) 값으로서 정의될 수 있다. 여기에서 DoA 값은 다음 수학식에 따라 연산될 수 있다.

[64]

$$\text{DoA} = \frac{L}{L + S} C^2$$

[65] 여기서 L은 픽셀 위치에 대응하는 결정의 장축 벡터, S는 픽셀 위치에 대응하는 결정의 단축 벡터, C는 L과 전체 입자의 중심으로부터 외곽 방향으로 상기 픽셀 위치를 향하는 벡터에 대한 코사인(cosine) 함수의 값일 수 있다. 이에 따라, 클러스터링 모듈(130)은, 제1 이미지에 포함되는 각각의 클러스터가 제1 지표를 제1 색상으로 나타낼 수 있도록 클러스터링을 수행할 수 있다.

[66] 몇몇 실시 예에서, 제1 색상은 RGB 색상, HSL 색상, HSV 색상, CMYK 색상 및 그레이 스케일 색상 중 적어도 하나를 포함할 수 있다. RGB 색상은 빨강(Red), 초록(Green) 및 파랑(Blue)을 사용하여 표현되는 색상이고, HSL(또는 HSB) 색상은 색조(Hue), 채도(Saturation) 및 밝기(Lightness 또는 Brightness)를 사용하여 표현되는 색상일 수 있다. HSV 색상은 색조(Hue), 채도(Saturation) 및 정도(Value)를 사용하여 표현되는 색상이고, CMYK 색상은 시안(Cyan), 마젠타(Magenta), 노랑(Yellow) 및 검정(Black)을 사용하여 표현되는 색상일 수 있다.

[67] 한편, 제2 지표는, 픽셀 위치에 대응하는 결정의 장축 벡터로서 정의될 수 있다. 이에 따라, 이미지 처리 모듈(140)은, 제2 지표가 제1 이미지에 포함되는 각각의 클러스터 상에 오버랩되는 도형으로 표시되도록 제1 이미지를 처리하여 제2 이미지를 생성할 수 있다. 몇몇 실시 예에서, 도형은 화살표 형상의 도형을 포함할 수 있고, 제2 지표는 화살표 머리의 방향으로 복수의 클러스터 상에 오버랩되도록 표시될 수 있다. 여기서, 화살표 머리의 방향은 장축 벡터가 향하는 방향에 대응할 수 있고, 화살표의 길이는 장축의 길이에 따라 연관성을 갖는 값으로 정해질 수 있다.

[68] 이에 따라, EBSD 시스템으로부터 수집되는 데이터에 대해 전체 입자에 대하여 결정 방향이 어떻게 분포되어 있는지에 대한 정보를 추출하여 시각화 하여 제공함으로써, 고체 재료에 대한 EBSD 데이터로부터 고체 재료의 결정 구조를 효과적으로 분석할 수 있다. 또한, 사용자가 원하는 결정면을 변경하는 경우에도 해당 결정면을 기준으로 원하는 결정 방향의 패턴을 손쉽게 탐색할 수 있다. 예를

들어, 서로 인접한 클러스터들 사이에서 형성될 수 있는 어떠한 결정 방향의 연결 패턴이 유의미한 분석 결과로서 사용될 수 있는데, 2차원 데이터로 주어지는 EBSD 데이터로부터 이와 같은 결정 방향의 연결 패턴을 분석하기 위해서는 많은 컴퓨팅 자원을 필요로 하며 상당한 작업 시간이 요구된다. 이와 다르게, 본 실시 예에 따르면, 결정 방향이 클러스터 별로 시각적으로 표현된 상태에서 사용자가 원하는 결정면을 변경하면 그 결과가 시각적으로 즉시 반영되므로 일반적인 컴퓨팅 환경에서 빠른 시간 안에 결정 방향의 연결 패턴을 탐색할 수 있다.

[69] 도 5 내지 도 6은 일 실시 예에 따른 결정 구조 분석 장치의 일 구현 예를 설명하기 위한 도면들이다. 도 5는 렌더링 모듈(150)에 의해 표현되는 제2 이미지(IMG2)가 도시된 것이고, 도 6은 제1 지표 및 제2 지표에 대한 정의를 설명하기 위한 도면이다.

[70] 도 5 내지 도 6을 함께 참조하면, 제2 이미지(IMG1)는 전체 입자를 표현하되, 그 중심에 입자의 중심이 표시될 수 있다. 도 5에서 입자의 중심은 검은 테두리를 갖는 원으로서 표현되었으나, 본 발명의 범위가 이에 제한되는 것은 아니다.

[71] 제1 지표는, 제1 이미지 상의 결정에 대응하는 픽셀 위치에서 연산되는 DoA(Degree of Alignment) 값으로서 정의될 수 있다. 여기에서 DoA 값은 다음 수학적식에 따라 연산될 수 있다.

[72]

$$\text{DoA} = \frac{L}{L + S} C^2$$

[73] 여기서 L은 픽셀 위치에 대응하는 결정의 장축 벡터($\vec{a}$), S는 픽셀 위치에 대응하는 결정의 단축 벡터, C는 L과 전체 입자의 중심으로부터 외곽 방향으로 상기 픽셀 위치를 향하는 벡터($\vec{r}$)에 대한 코사인(cosine) 함수의 값일 수 있다. DoA는 긴 형상의 입자가 중심에서 외곽 방향으로 배향된 경우, 즉, 장축 방향이 벡터($\vec{r}$)의 방향과 일치하는 경우 값이 1이고, 긴 형상의 입자가 수직으로 배향된 경우, 즉 장축 방향이 벡터($\vec{r}$)의 방향과 수직인 경우 값이 0이 되도록 정해질 수 있다.

[74] 제2 지표는, 픽셀 위치에 대응하는 결정의 장축 벡터($\vec{a}$)로서 정의될 수 있다. 이에 따라, 클러스터 상에 오버랩되도록 표시되는 화살표 머리의 방향은 장축 벡터($\vec{a}$)가 향하는 방향에 대응할 수 있고, 화살표의 길이는 장축의 길이에 따라 연관성을 갖는 값(예를 들어, 장축의 길이에 비례하는 값)으로 정해질 수 있다.

[75] 몇몇 실시 예에서, 제1 지표로부터 제3 지표가 추가로 연산될 수 있다. 제3 지표는 결정의 면적을 가중치로 고려한 DoA를 나타낸 것으로 "Area weighted DoA"로 지칭될 수 있으며, 다음 수학적식에 따라 연산될 수 있다.

[76]

$$\text{Area weighted DoA} = \sum_i (A_i \times \text{DoA}_i)$$

- [77] 여기서 i 는 결정의 인덱스(index)이고, A_i 는 i 번째 결정의 면적을 나타낼 수 있다. 해당 수치는 주어진 이차입자 내부의 일차입자에 대한 전반적인 형상적 정렬(alignment)을 면적을 반영하여 정량화한 수치일 수 있다.
- [78] 이와 같이, 설명한 바와 같은 제1 지표 내지 제3 지표를 전체 입자에 대해 시각적으로 파악할 수 있도록 하여, 직관적이지 않은 형태로 수집된 EBSD 데이터로부터 결정 구조를 효과적으로 분석할 수 있다.
- [79] 도 7은 일 실시 예에 따른 결정 구조 분석 방법을 설명하기 위한 흐름도이다.
- [80] 도 7을 참조하면, 일 실시 예에 따른 결정 구조 분석 방법은, 고체 재료에 대한 EBSD 데이터를 획득하는 단계(S701), 고체 재료의 형상을 복수의 픽셀을 포함하는 제1 이미지로 생성하는 단계(S702), EBSD 데이터를 이용하여, 제1 이미지가 각각 결정의 제1 지표를 제1 색상으로 나타내는 복수의 클러스터를 포함하도록, 복수의 픽셀에 대해 클러스터링을 수행하는 단계(S703), 제1 지표와 연관된 제2 지표가 복수의 클러스터 상에 오버랩되는 도형으로 표시되도록 제1 이미지를 처리하여 제2 이미지를 생성하는 단계(S704) 및 제2 이미지를 디스플레이 영역에 렌더링하는 단계(S705)를 포함할 수 있다.
- [81] 상기 방법에 대한 더욱 상세한 내용에 관하여는 도 1 내지 도 6과 관련하여 전술한 설명과 도 8 내지 도 13과 관련하여 후술하는 설명을 참조할 수 있으므로, 여기서는 중복되는 설명을 생략하도록 한다.
- [82] 도 8은 일 실시 예에 따른 결정 구조 분석 장치의 일 구현 예를 설명하기 위한 도면이다.
- [83] 도 8과 도 2를 함께 참조하면, 렌더링 모듈(150)은, 이미지 처리 모듈(140)에 의해 생성된 제2 이미지를, 디스플레이 장치에 마련된 디스플레이 영역(30)에 렌더링할 수 있다. 여기서, 디스플레이 영역(30)은 제1 디스플레이 영역(31), 제2 디스플레이 영역(32) 및 제3 디스플레이 영역(33)을 포함하고, 제2 디스플레이 영역(32) 또는 제3 디스플레이 영역(33)은 제1 디스플레이 영역(30)의 일 측에 인접하도록 배치될 수 있다. 렌더링 모듈(150)은, 제2 이미지를 제1 디스플레이 영역(31)에 렌더링하고, 제1 지표의 값과 제1 색상을 매치하여 표시하는 제1 컬러바를 제2 디스플레이 영역에 렌더링할 수 있다. 이에 따라, 사용자로 하여금, 클러스터링 전 후의 전체 입자를 시각적으로 비교할 수 있도록 편의성을 제공할 수 있다. 또한, 렌더링 모듈(150)은, 제2 이미지를 제1 디스플레이 영역(31)에 렌더링하고, 제3 지표의 값과 제2 색상을 매치하여 표시하는 제2 컬러바를 제3 디스플레이 영역에 렌더링할 수 있다. 한편, 도 8과 도 5를 함께 참조하면, 렌더링 모듈(150)은, 제2 이미지를 제1 디스플레이 영역(31)에 렌더링하고, 제1 지표의 값과 제1 색상을 매치하여 표시하는 제1 컬러바를 제3 디스플레이 영역에 렌더링할 수 있다.
- [84] 이러한 화면 배치 구성으로 인해, 결정에 대한 다양한 지표들을 전체 입자에 대해 시각적으로 파악할 수 있도록 하여, 직관적이지 않은 형태로 수집된 EBSD 데이터로부터 결정 구조를 효과적으로 분석할 수 있다.

- [85] 도 9 내지 도 13은 일 실시 예에 따른 결정 구조 분석 장치의 구현 예들을 설명하기 위한 도면들이다.
- [86] 도 9 내지 도 13을 참조하면, 일 실시 예에 따른 결정 구조 분석 장치는 상술한 시각적인 화면 이외에, 도 9에 예시적으로 도시된 각도 히스토그램, 도 10에 예시적으로 도시된 DoA 히스토그램, 도 11에 예시적으로 도시된 DoA 결정 히스토그램, 도 12에 예시적으로 도시된 종횡비(aspect ratio) 히스토그램 및 도 13에 예시적으로 도시된 지름 히스토그램을 출력할 수 있다.
- [87] 도 9의 각도 히스토그램은 제1 벡터($\vec{c}$)와 제2 벡터($\vec{r}$) 사이의 각도의 값을 표시한 플롯을 나타내며, 제1 벡터($\vec{c}$)와 제2 벡터($\vec{r}$) 사이의 각도에 대한 확률을 나타낸 것이다. 도 10의 DoA 히스토그램은 DoA 값에 대한 카운트 값을 나타낸 것이다. 도 11의 DoA 결정 히스토그램은 제1 벡터($\vec{c}$)와 제2 벡터($\vec{r}$) 사이의 각도의사인 제곱 함수의 값을 DoA 결정으로서 나타낸 것이다. 도 12의 종횡비 히스토그램은 종횡비에 대한 카운트 값을 나타낸 것이다. 도 13의 지름 히스토그램은 결정과 동일한 면적을 갖는 원의 지름을 계산한 플롯을 나타낸 것이다. 이와 같은 분석을 통해, 제1 벡터($\vec{c}$)와 제2 벡터($\vec{r}$) 사이의 각도 값이 어떤 물성과 관련성을 갖는 경우, 각도 값의 분포와 해당 물성을 연계하여 분석이 수행되거나, 생산품에 대한 파라미터화에 활용될 수 있다. 예를 들어, 방사형 방향(radial direction)으로의 입자의 이동과 결정의 방향이 관련성을 갖는 경우, 입자의 이동과 결정의 방향이 연계되어 분석이 수행될 수 있다. 이와 관련하여, 도 9 내지 도 13에 예시된 시각화된 데이터 또는 통계 분포가 활용되어, 정량적 분석에 편의성을 제공할 수 있다.
- [88] 도 14는 일 실시 예에 따른 컴퓨팅 장치를 설명하기 위한 도면이다.
- [89] 도 14를 참조하면, 실시 예들에 따른 결정 구조 분석 장치 및 방법은 컴퓨팅 장치(50)를 이용하여 구현될 수 있다.
- [90] 컴퓨팅 장치(50)는 버스(520)를 통해 통신하는 프로세서(510), 메모리(530), 사용자 인터페이스 입력 장치(540), 사용자 인터페이스 출력 장치(550) 및 저장 장치(560) 중 적어도 하나를 포함할 수 있다. 컴퓨팅 장치(50)는 또한 네트워크(40)에 전기적으로 접속되는 네트워크 인터페이스(570)를 포함할 수 있다. 네트워크 인터페이스(570)는 네트워크(40)를 통해 다른 개체와 신호를 송신 또는 수신할 수 있다.
- [91] 프로세서(510)는 MCU(Micro Controller Unit), AP(Application Processor), CPU(Central Processing Unit), GPU(Graphic Processing Unit), NPU(Neural Processing Unit) 등과 같은 다양한 종류들로 구현될 수 있으며, 메모리(530) 또는 저장 장치(560)에 저장된 명령을 실행하는 임의의 반도체 장치일 수 있다. 프로세서(510)는 도 1 내지 도 13과 관련하여 전술한 기능 및 방법들을 구현하도록 구성될 수 있다.

- [92] 메모리(530) 및 저장 장치(560)는 다양한 형태의 휘발성 또는 비 휘발성 저장 매체를 포함할 수 있다. 예를 들어, 메모리는 ROM(read-only memory)(531) 및 RAM(random access memory)(532)를 포함할 수 있다. 본 실시 예에서 메모리(530)는 프로세서(510)의 내부 또는 외부에 위치할 수 있고, 메모리(530)는 이미 알려진 다양한 수단을 통해 프로세서(510)와 연결될 수 있다.
- [93] 몇몇 실시 예에서, 실시 예들에 따른 결정 구조 분석 장치 및 방법 중 적어도 일부 구성 또는 기능은 컴퓨팅 장치(50)에서 실행되는 프로그램 또는 소프트웨어로 구현될 수 있고, 프로그램 또는 소프트웨어는 컴퓨터로 읽을 수 있는 매체에 저장될 수 있다.
- [94] 몇몇 실시 예에서, 실시 예들에 따른 결정 구조 분석 장치 및 방법 중 적어도 일부 구성 또는 기능은 컴퓨팅 장치(50)의 하드웨어 또는 회로를 사용하여 구현되거나, 컴퓨팅 장치(50)와 전기적으로 접속될 수 있는 별도의 하드웨어 또는 회로로 구현될 수도 있다.
- [95] 이제까지 설명한 실시 예들에 따르면, EBSD 시스템으로부터 수집되는 데이터에 대해 전체 입자에 대하여 결정 방향이 어떻게 분포되어 있는지에 대한 정보를 추출하여 시각화 하여 제공함으로써, 고체 재료에 대한 EBSD 데이터로부터 고체 재료의 결정 구조를 효과적으로 분석할 수 있다. 또한, 결정 방향이 클러스터별로 시각적으로 표현된 상태에서 사용자가 원하는 결정면을 변경하면 그 결과가 시각적으로 즉시 반영되므로 일반적인 컴퓨팅 환경에서 빠른 시간 안에 결정 방향의 연결 패턴을 탐색할 수 있다.
- [96] 이상에서 본 발명의 실시 예들에 대하여 상세하게 설명하였지만 본 발명의 권리 범위가 이에 한정되는 것은 아니고, 다음의 청구범위에서 정의하고 있는 본 발명의 기본 개념을 이용한, 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자의 여러 변형 및 개량 형태 또한 본 발명의 권리 범위에 속한다.

청구범위

- [청구항 1] 고체 재료에 대한 EBSD(Electron Backscatter Diffraction) 데이터를 획득하는 EBSD 데이터 획득 모듈;
상기 고체 재료의 형상을 복수의 픽셀을 포함하는 제1 이미지로 생성하는 이미지 생성 모듈;
상기 EBSD 데이터를 이용하여, 상기 제1 이미지가 각각 결정의 제1 지표를 제1 색상으로 나타내는 복수의 클러스터를 포함하도록, 상기 복수의 픽셀에 대해 클러스터링을 수행하는 클러스터링 모듈;
상기 제1 지표와 연관된 제2 지표가 상기 복수의 클러스터 상에 오버랩되는 도형으로 표시되도록 상기 제1 이미지를 처리하여 제2 이미지를 생성하는 이미지 처리 모듈; 및
상기 제2 이미지를 디스플레이 영역에 렌더링하는 렌더링 모듈을 포함하는 결정 구조 분석 장치.
- [청구항 2] 제1항에 있어서,
상기 제1 지표는 제1 벡터와 제2 벡터 사이의 예각에 대한 사인(sine) 제곱 함수의 값으로서 정의되고,
상기 제1 벡터는, 상기 제1 이미지 상의 상기 결정에 대응하는 픽셀 위치에서 상기 결정의 일 방향 벡터를 포함하고,
상기 제2 벡터는, 전체 입자의 중심으로부터 외곽 방향으로 상기 픽셀 위치를 향하는 벡터를 포함하는, 결정 구조 분석 장치.
- [청구항 3] 제2항에 있어서,
상기 제1 색상은 RGB 색상, HSL 색상, HSV 색상, CMYK 색상 및 그레이스케일 색상 중 적어도 하나를 포함하는, 결정 구조 분석 장치.
- [청구항 4] 제2항에 있어서,
상기 디스플레이 영역은 제1 디스플레이 영역과, 상기 제1 디스플레이 영역의 일 측에 인접하도록 배치되는 제2 디스플레이 영역을 포함하고,
상기 렌더링 모듈은,
상기 제2 이미지를 상기 제1 디스플레이 영역에 렌더링하고,
상기 제1 지표의 값과 상기 제1 색상을 매치하여 표시하는 제1 컬러바를 상기 제2 디스플레이 영역에 렌더링하는, 결정 구조 분석 장치.
- [청구항 5] 제2항에 있어서,
상기 제1 벡터는 서로 수직인 제1 축, 제2 축 및 제3 축으로 정의되는 3차원 공간에서 정해지고,
상기 제2 지표는, 상기 제1 벡터가 상기 제1 축과 상기 제2 축이 이루는 평면에 투영된 방향으로서 정의되는, 결정 구조 분석 장치.
- [청구항 6] 제5항에 있어서,

상기 도형은 화살표 형상의 도형이고, 상기 제2 지표는 화살표 머리의 방향으로 상기 복수의 클러스터 상에 오버랩되도록 표시되는, 결정 구조 분석 장치.

[청구항 7] 제5항에 있어서,
상기 이미지 처리 모듈은, 상기 제2 지표와 연관된 제3 지표를 상기 도형 내부의 제2 색상으로 나타내도록 상기 제1 이미지를 처리하는, 결정 구조 분석 장치.

[청구항 8] 제7항에 있어서,
상기 제3 지표는, 상기 제1 벡터가 상기 제1 축과 상기 제2 축이 이루는 평면과 이루는 각도로서 정의되는, 결정 구조 분석 장치.

[청구항 9] 제7항에 있어서,
상기 제2 색상은 RGB 색상, HSL 색상, HSV 색상, CMYK 색상 및 그레이스케일 색상 중 적어도 하나를 포함하는, 결정 구조 분석 장치.

[청구항 10] 제7항에 있어서,
상기 디스플레이 영역은 제1 디스플레이 영역과, 상기 제1 디스플레이 영역의 일 측에 인접하도록 배치되는 제3 디스플레이 영역을 포함하고,
상기 렌더링 모듈은,
상기 제2 이미지를 상기 제1 디스플레이 영역에 렌더링하고,
상기 제3 지표의 값과 상기 제2 색상을 매치하여 표시하는 제2 컬러바를 상기 제3 디스플레이 영역에 렌더링하는, 결정 구조 분석 장치.

[청구항 11] 제1항에 있어서,
상기 제1 지표는, 상기 제1 이미지 상의 상기 결정에 대응하는 픽셀 위치에서 연산되는 DoA(Degree of Alignment) 값으로서 정의되고,
상기 DoA 값은 다음 수학식에 따라 연산되는, 결정 구조 분석 장치:

$$\text{DoA} = \frac{L}{L + S} C^2$$

여기서 L은 상기 픽셀 위치에 대응하는 결정의 장축 벡터, S는 상기 픽셀 위치에 대응하는 결정의 단축 벡터, C는 상기 L과 전체 입자의 중심으로 부터 외곽 방향으로 상기 픽셀 위치를 향하는 벡터에 대한 코사인(cosine) 함수의 값임.

[청구항 12] 제11항에 있어서,
상기 제1 색상은 RGB 색상, HSL 색상, HSV 색상, CMYK 색상 및 그레이스케일 색상 중 적어도 하나를 포함하는, 결정 구조 분석 장치.

[청구항 13] 제11항에 있어서,
상기 디스플레이 영역은 제1 디스플레이 영역과, 상기 제1 디스플레이 영역의 일 측에 인접하도록 배치되는 제2 디스플레이 영역을 포함하고,

- 상기 렌더링 모듈은,
 상기 제2 이미지를 상기 제1 디스플레이 영역에 렌더링하고,
 상기 제1 지표의 값과 상기 제1 색상을 매치하여 표시하는 제1 컬러바를
 상기 제3 디스플레이 영역에 렌더링하는, 결정 구조 분석 장치.
- [청구항 14] 제11항에 있어서,
 상기 제2 지표는, 상기 픽셀 위치에 대응하는 결정의 장축 벡터로서 정의
 되고,
 상기 도형은 화살표 형상의 도형이고,
 상기 제2 지표는 화살표 머리의 방향으로 상기 복수의 클러스터 상에 오
 버랩되도록 표시되는, 결정 구조 분석 장치.
- [청구항 15] 고체 재료에 대한 EBSD 데이터를 획득하는 단계;
 상기 고체 재료의 형상을 복수의 픽셀을 포함하는 제1 이미지로 생성하는
 단계;
 상기 EBSD 데이터를 이용하여, 상기 제1 이미지가 각각 결정의 제1 지표
 를 제1 색상으로 나타내는 복수의 클러스터를 포함하도록, 상기 복수의
 픽셀에 대해 클러스터링을 수행하는 단계;
 상기 제1 지표와 연관된 제2 지표가 상기 복수의 클러스터 상에 오버랩되
 는 도형으로 표시되도록 상기 제1 이미지를 처리하여 제2 이미지를 생성
 하는 단계; 및
 상기 제2 이미지를 디스플레이 영역에 렌더링하는 단계를 포함하는
 결정 구조 분석 방법.
- [청구항 16] 제15항에 있어서,
 상기 제1 지표는 제1 벡터와 제2 벡터 사이의 예각에 대한 사인(sine) 제곱
 함수의 값으로서 정의되고,
 상기 제1 벡터는, 상기 제1 이미지 상의 상기 결정에 대응하는 픽셀 위치
 에서 상기 결정의 일 방향 벡터를 포함하고,
 상기 제2 벡터는, 전체 입자의 중심으로부터 외곽 방향으로 상기 픽셀 위
 치를 향하는 벡터를 포함하는, 결정 구조 분석 방법.
- [청구항 17] 제16항에 있어서,
 상기 제1 벡터는 서로 수직인 제1 축, 제2 축 및 제3 축으로 정의되는 3차
 원 공간에서 정해지고,
 상기 제2 지표는, 상기 제1 벡터가 상기 제1 축과 상기 제2 축이 이루는 평
 면에 투영된 방향으로서 정의되는, 결정 구조 분석 방법.
- [청구항 18] 제17항에 있어서,
 상기 제2 이미지를 생성하는 단계는,
 상기 제2 지표와 연관된 제3 지표를 상기 도형 내부의 제2 색상으로 나타
 내도록 상기 제1 이미지를 처리하여 상기 제2 이미지를 생성하는 단계를
 포함하는, 결정 구조 분석 방법.

- [청구항 19] 제18항에 있어서,
 상기 제1 지표는, 상기 제1 이미지 상의 상기 결정에 대응하는 픽셀 위치에서 연산되는 DoA(Degree of Alignment) 값으로서 정의되고,
 상기 DoA 값은 다음 수학식에 따라 연산되는, 결정 구조 분석 방법:

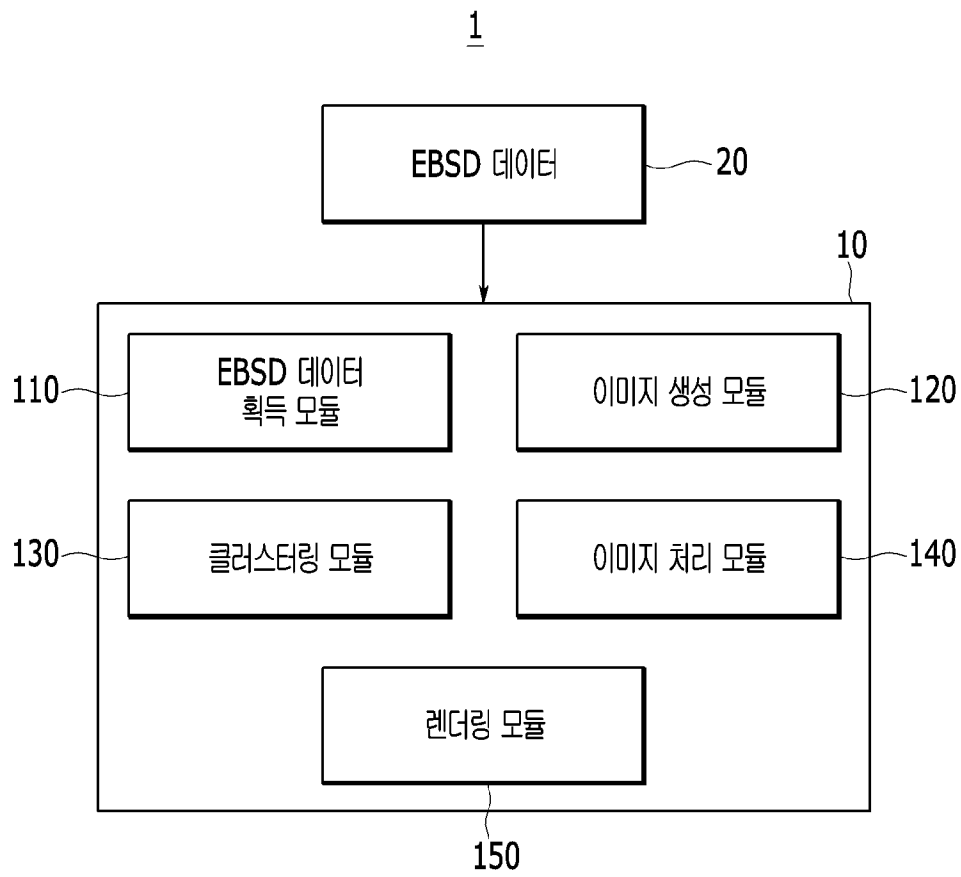
$$\text{DoA} = \frac{L}{L + S} C^2$$

여기서 L 은 상기 픽셀 위치에 대응하는 결정의 장축 벡터, S 는 상기 픽셀 위치에 대응하는 결정의 단축 벡터, C 는 상기 L 과 전체 입자의 중심으로 부터 외곽 방향으로 상기 픽셀 위치를 향하는 벡터에 대한 코사인(cosine) 함수의 값임.

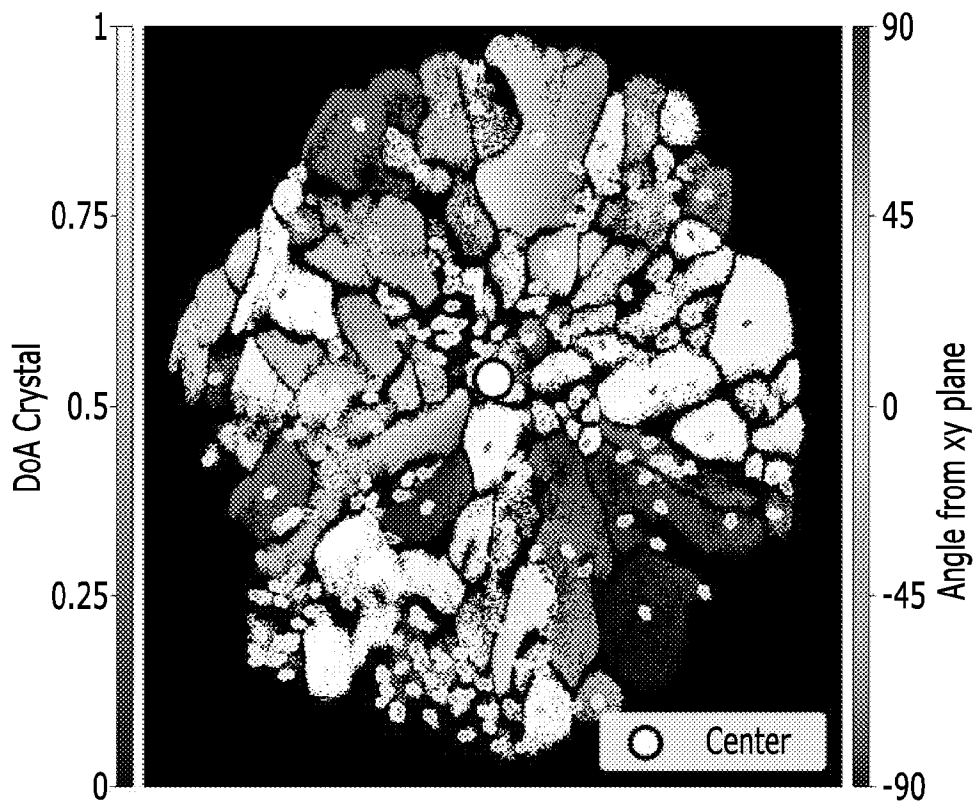
- [청구항 20] 제19항에 있어서,
 상기 제2 지표는, 상기 픽셀 위치에 대응하는 결정의 장축 벡터로서 정의되고,
 상기 도형은 화살표 형상의 도형이고,
 상기 제2 지표는 화살표 머리의 방향으로 상기 복수의 클러스터 상에 오버랩되도록 표시되는, 결정 구조 분석 방법.

- [청구항 21] 메모리 또는 저장 장치에 저장된 프로그램 또는 명령을 실행하는 프로세서를 포함하는 컴퓨터에,
 고체 재료에 대한 EBSD 데이터를 획득하는 단계;
 상기 고체 재료의 형상을 복수의 픽셀을 포함하는 제1 이미지로 생성하는 단계;
 상기 EBSD 데이터를 이용하여, 상기 제1 이미지가 각각 결정의 제1 지표를 제1 색상으로 나타내는 복수의 클러스터를 포함하도록, 상기 복수의 픽셀에 대해 클러스터링을 수행하는 단계;
 상기 제1 지표와 연관된 제2 지표가 상기 복수의 클러스터 상에 오버랩되는 도형으로 표시되도록 상기 제1 이미지를 처리하여 제2 이미지를 생성하는 단계; 및
 상기 제2 이미지를 디스플레이 영역에 렌더링하는 단계를 실행시키기 위한 프로그램을 기록한 컴퓨터로 읽을 수 있는 매체.

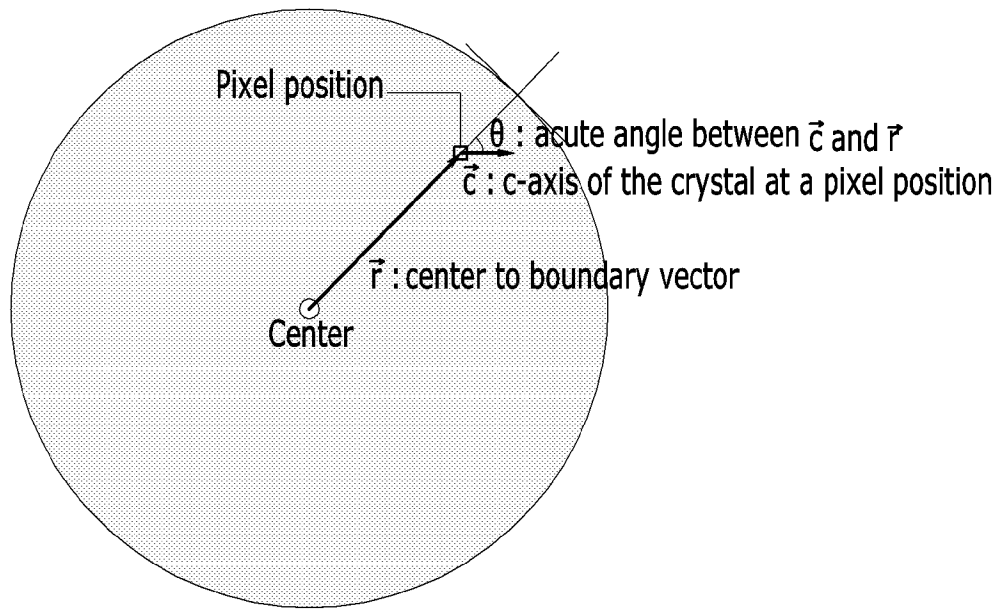
[도1]



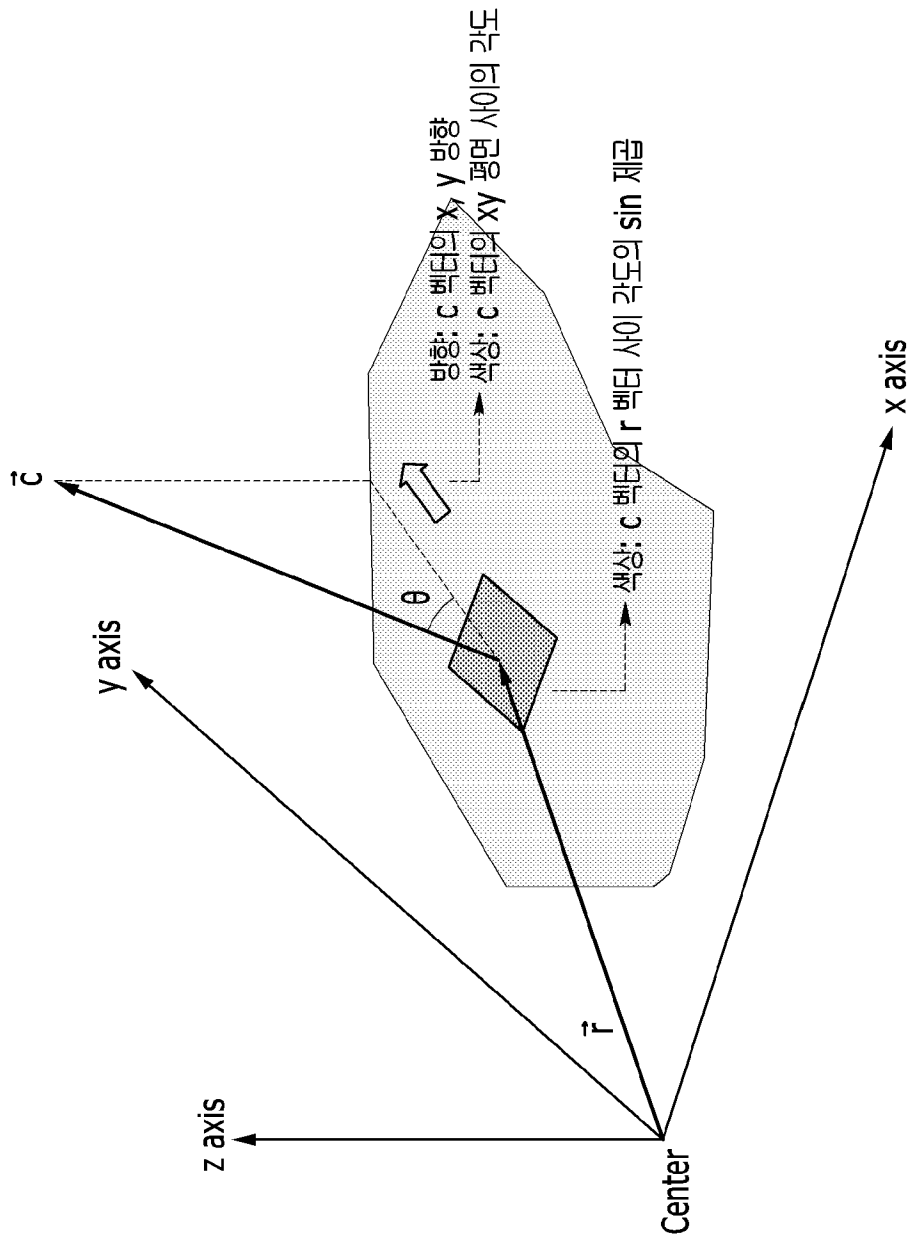
[도2]

IMG1

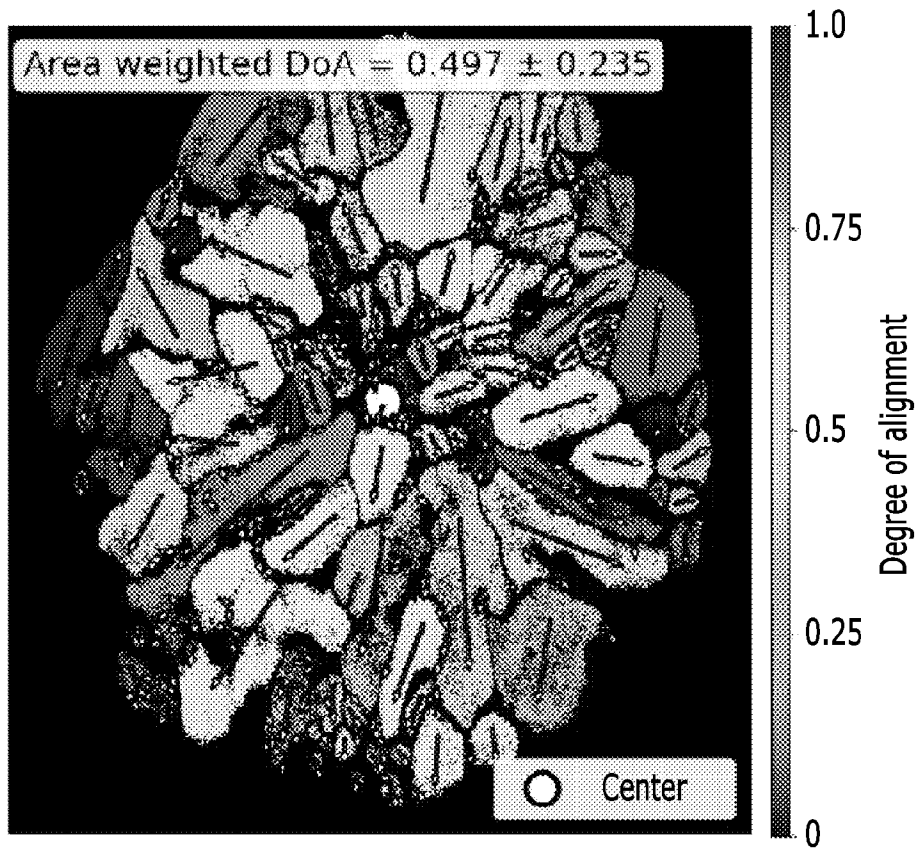
[도3]



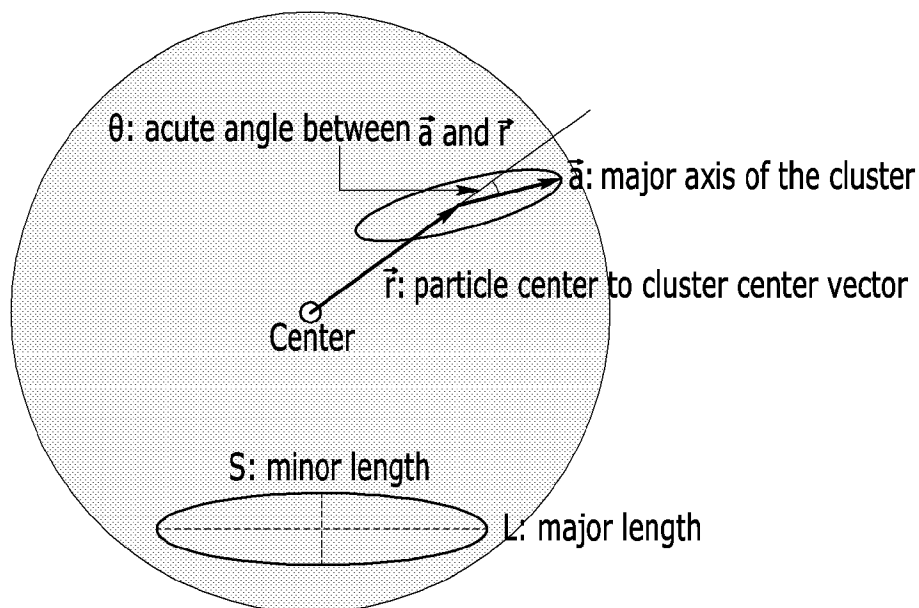
[도4]



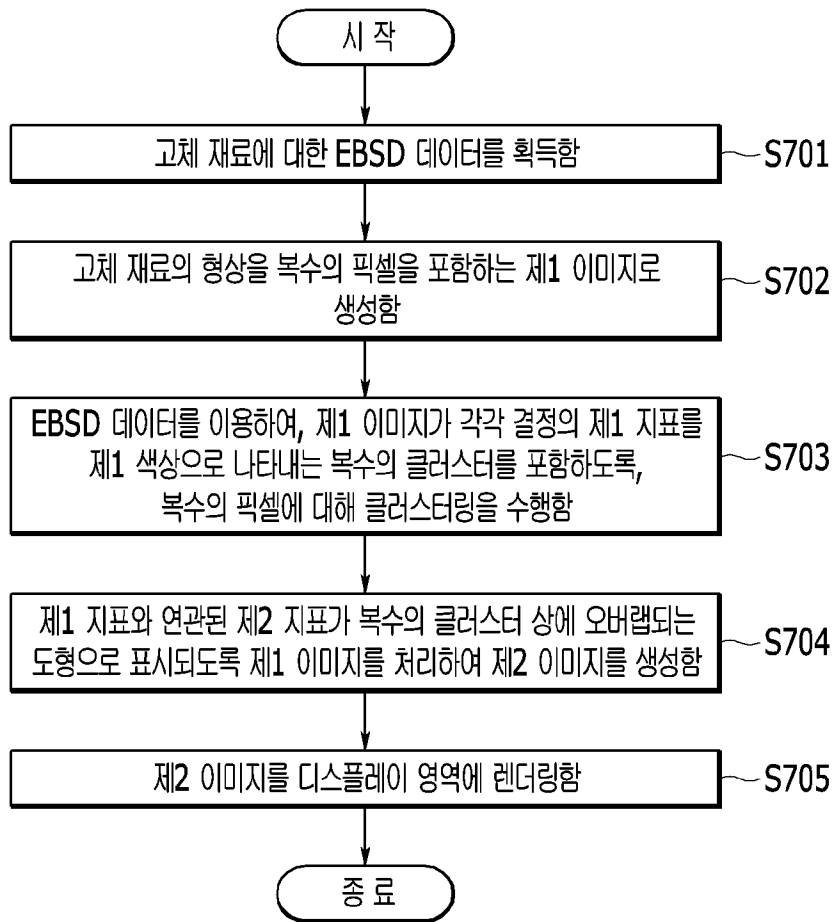
[도5]

IMG2

[도6]

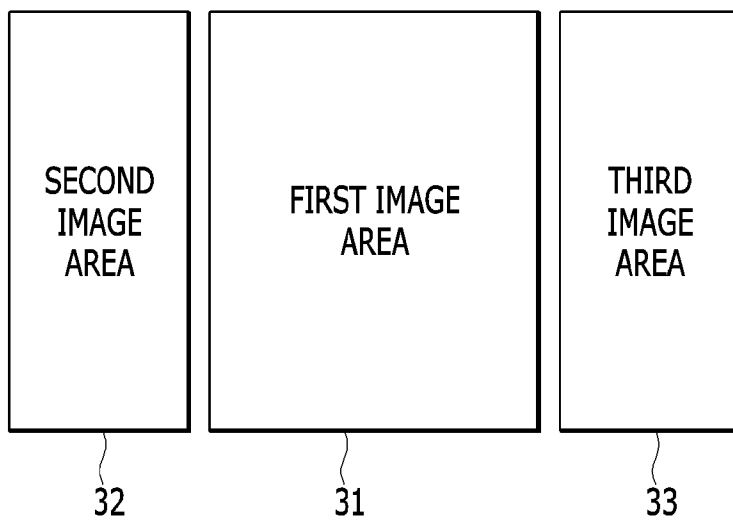


[도7]

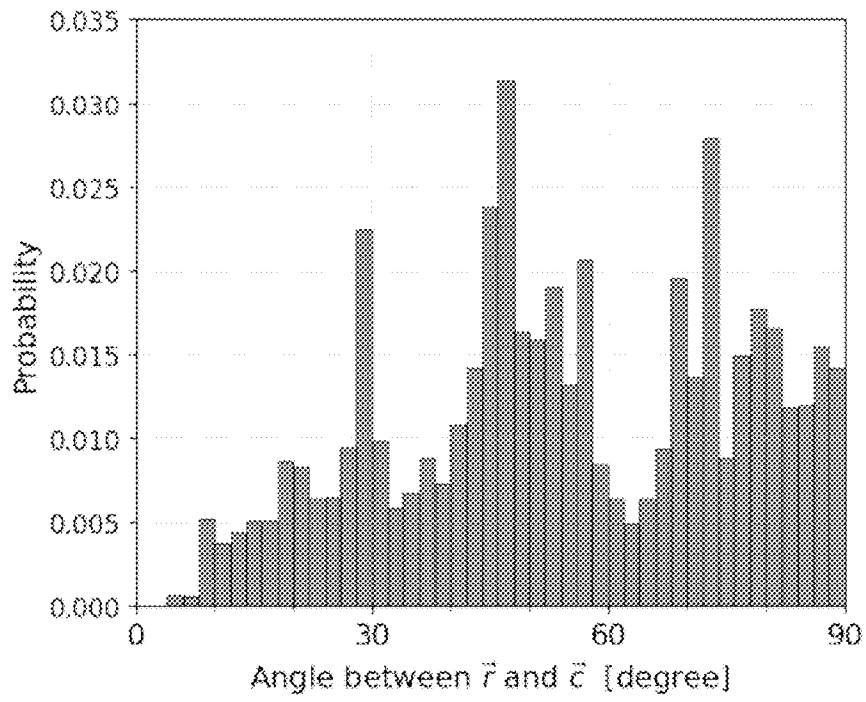


[도8]

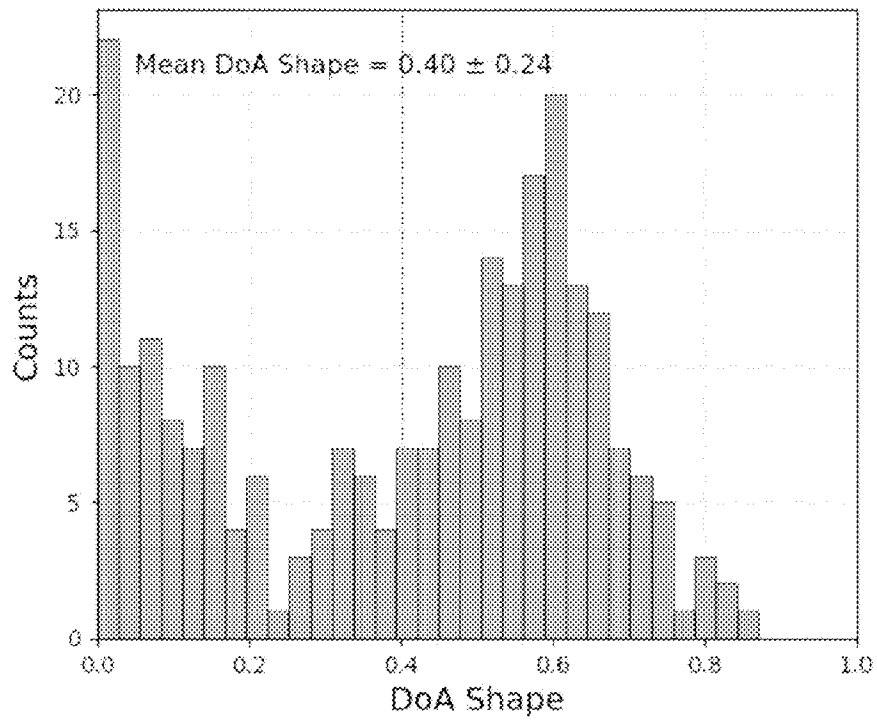
30



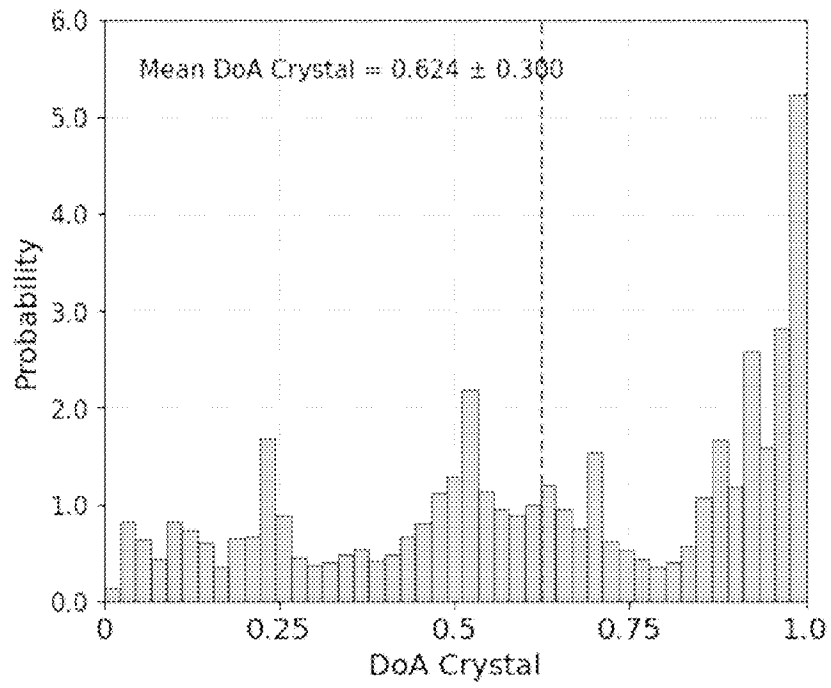
[도9]



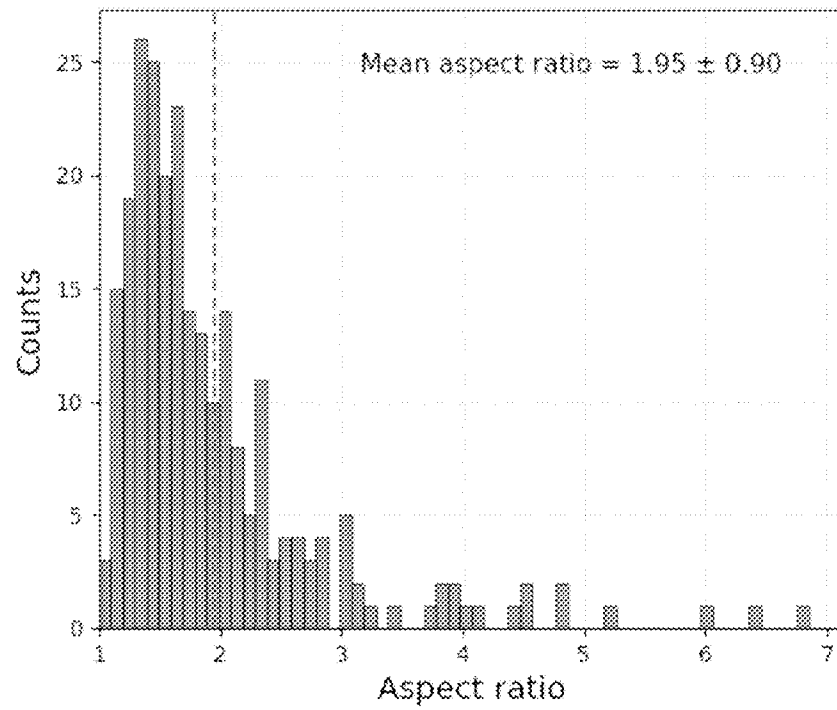
[도10]



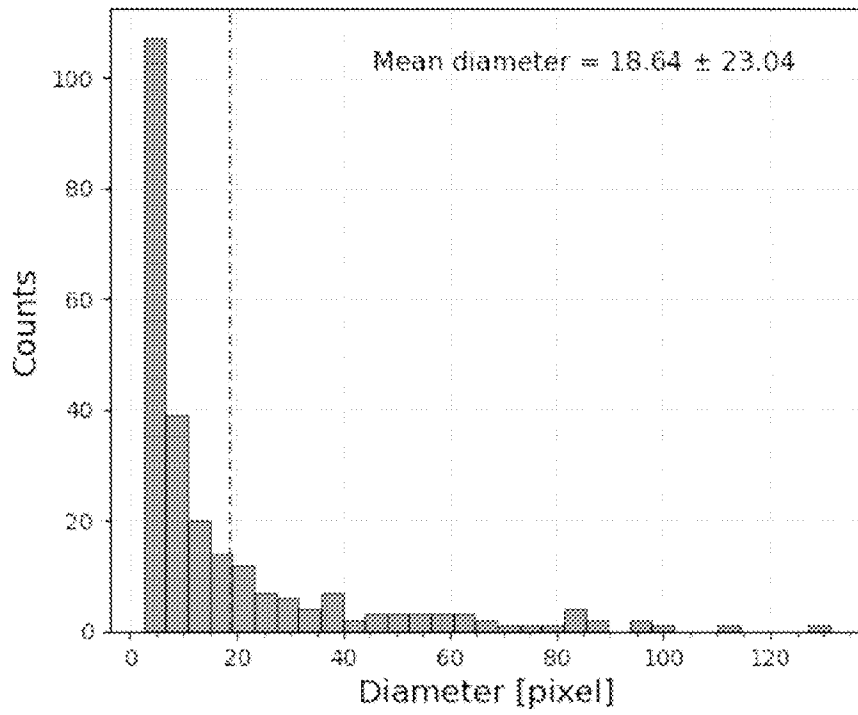
[도11]



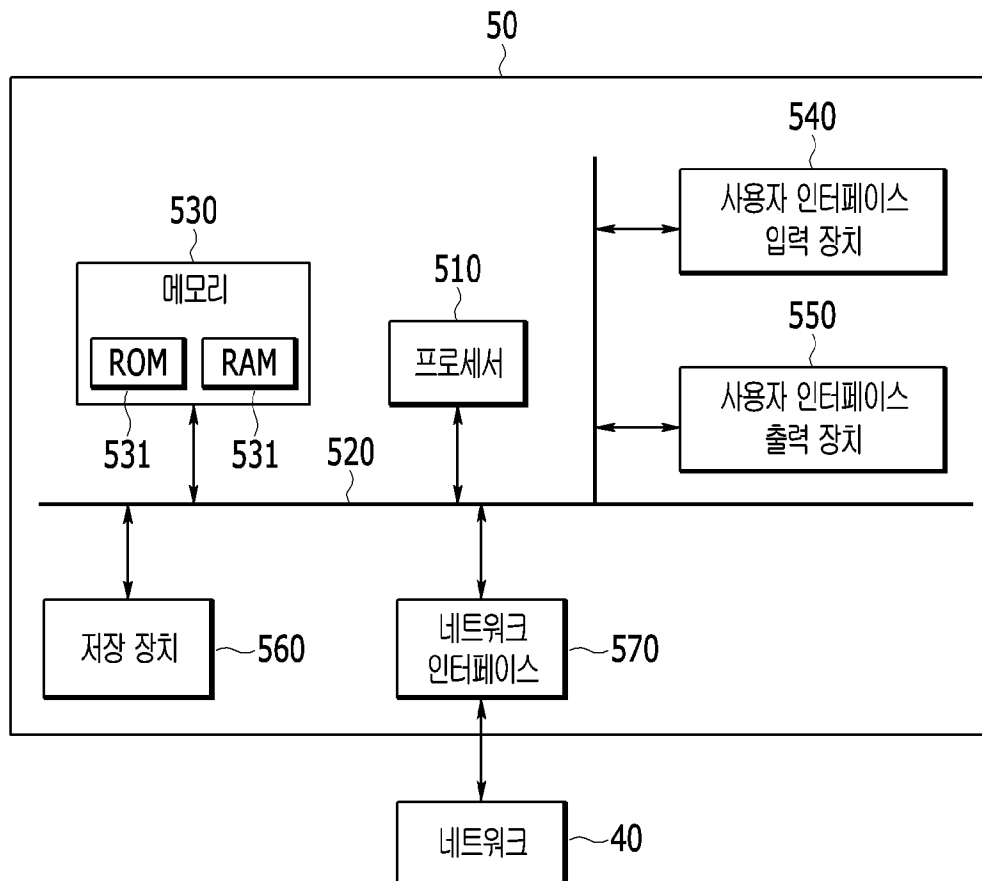
[도12]



[도13]



[도14]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/KR2024/008011

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01N 23/20058(2018.01)i; G01N 23/203(2006.01)i; G01N 23/2251(2018.01)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 23/20058(2018.01); G01N 23/203(2006.01); G01N 23/2055(2018.01); G06N 20/00(2019.01); G06N 3/04(2006.01); G06N 3/08(2006.01); H01J 37/22(2006.01)

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: 전자후방산란회절(electron backscatter diffraction), 이미지(image), 클러스터링(clustering), 렌더링(rendering), 결정 구조(crystal structure), 오버랩(overlap)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	EP 3702766 A1 (NIPPON STEEL CORPORATION) 02 September 2020 (2020-09-02) See paragraphs [0028]-[0038] and [0100]-[0106] and figures 1 and 20.	1-21
A	KR 10-2023-0054246 A (SAMSUNG ELECTRONICS CO., LTD. et al.) 24 April 2023 (2023-04-24) See paragraphs [0020]-[0040] and figures 1 and 2.	1-21
A	KR 10-2020-0080409 A (POSCO et al.) 07 July 2020 (2020-07-07) See paragraphs [0012]-[0048] and figures 1-6.	1-21
A	KR 10-1301684 B1 (KOREA INSTITUTE OF MACHINERY & MATERIALS) 30 August 2013 (2013-08-30) See paragraphs [0053]-[0078], claim 1 and figure 4.	1-21
A	JP 2023-007646 A (NIPPON STEEL CORP.) 19 January 2023 (2023-01-19) See claim 1 and figures 1 and 2.	1-21



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
“D” document cited by the applicant in the international application
“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

13 September 2024

Date of mailing of the international search report

13 September 2024

Name and mailing address of the ISA/KR

Korean Intellectual Property Office
Government Complex-Daejeon Building 4, 189 Cheongsaro, Seo-gu, Daejeon 35208

Facsimile No. +82-42-481-8578

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.
PCT/KR2024/008011

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
EP	3702766	A1	02 September 2020	CN	111279183	A	12 June 2020
				CN	111279183	B	18 August 2023
				EP	3702766	A4	25 August 2021
				EP	3702766	B1	26 July 2023
				JP	6521205	B1	29 May 2019
				US	10811217	B2	20 October 2020
				US	2020-0066480	A1	27 February 2020
				WO	2019-082976	A1	02 May 2019
KR	10-2023-0054246	A	24 April 2023	US	2023-0122101	A1	20 April 2023
KR	10-2020-0080409	A	07 July 2020	KR	10-2178444	B1	13 November 2020
KR	10-1301684	B1	30 August 2013	KR	10-2013-0063342	A	14 June 2013
JP	2023-007646	A	19 January 2023	None			

A. 발명이 속하는 기술분류(국제특허분류(IPC)) G01N 23/20058(2018.01)i; G01N 23/203(2006.01)i; G01N 23/2251(2018.01)i		
B. 조사된 분야 조사된 최소문헌(국제특허분류를 기재) G01N 23/20058(2018.01); G01N 23/203(2006.01); G01N 23/2055(2018.01); G06N 20/00(2019.01); G06N 3/04(2006.01); G06N 3/08(2006.01); H01J 37/22(2006.01) 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: 전자후방산란회절(electron backscatter diffraction), 이미지(image), 클러스터링(clustering), 렌더링(rendering), 결정 구조(crystal structure), 오버랩(overlap)		
C. 관련 문헌		
카테고리*	인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재	관련 청구항
A	EP 3702766 A1 (NIPPON STEEL CORPORATION) 2020.09.02 단락 [0028]-[0038], [0100]-[0106] 및 도면 1, 20	1-21
A	KR 10-2023-0054246 A (삼성전자주식회사 등) 2023.04.24 단락 [0020]-[0040] 및 도면 1, 2	1-21
A	KR 10-2020-0080409 A (주식회사 포스코 등) 2020.07.07 단락 [0012]-[0048] 및 도면 1-6	1-21
A	KR 10-1301684 B1 (한국기계연구원) 2013.08.30 단락 [0053]-[0078], 청구항 1 및 도면 4	1-21
A	JP 2023-007646 A (NIPPON STEEL CORP.) 2023.01.19 청구항 1 및 도면 1, 2	1-21
☐ 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 “D” 본 국제출원에서 출원인이 인용한 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 2024년09월13일(13.09.2024)	국제조사보고서 발송일 2024년09월13일(13.09.2024)	
ISA/KR의 명칭 및 우편주소 대한민국 특허청 (35208) 대전광역시 서구 청사로 189, 4동 (둔산동, 정부대전청사) 팩스 번호 +82-42-481-8578	심사관 박태욱 전화번호 +82-42-481-3405	

국제조사보고서에서 인용된 특허문헌	공개일	대응특허문헌	공개일
EP 3702766 A1	2020/09/02	CN 111279183 A	2020/06/12
		CN 111279183 B	2023/08/18
		EP 3702766 A4	2021/08/25
		EP 3702766 B1	2023/07/26
		JP 6521205 B1	2019/05/29
		US 10811217 B2	2020/10/20
		US 2020-0066480 A1	2020/02/27
		WO 2019-082976 A1	2019/05/02
KR 10-2023-0054246 A	2023/04/24	US 2023-0122101 A1	2023/04/20
KR 10-2020-0080409 A	2020/07/07	KR 10-2178444 B1	2020/11/13
KR 10-1301684 B1	2013/08/30	KR 10-2013-0063342 A	2013/06/14
JP 2023-007646 A	2023/01/19	없음	