



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2015-0111460  
(43) 공개일자 2015년10월06일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
G06T 7/00 (2006.01) H01J 37/26 (2006.01)  
(21) 출원번호 10-2014-0034308  
(22) 출원일자 2014년03월24일  
심사청구일자 2014년03월24일

(71) 출원인  
인하대학교 산학협력단  
인천광역시 남구 인화로 100, 인하대학교 (용현동)  
(72) 발명자  
이상철  
인천 연수구 아트센터대로97번길 76, 1402동 805호 (송도동, 더샵하버뷰14단지)  
이현규  
서울 강서구 화곡로37길 28, 201호 (화곡동, 남보빌라)  
(74) 대리인  
양성보

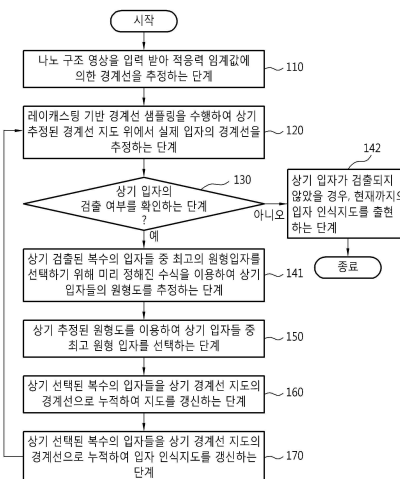
전체 청구항 수 : 총 7 항

(54) 발명의 명칭 다공성 구조의 전자현미경 영상에 대한 입자 분할 방법 및 장치

(57) 요약

다공성구조의 전자현미경 영상에 대한 입자 분할 방법 및 장치가 제시된다. 본 발명에서 제안하는 다공성구조의 전자현미경 영상에 대한 입자 분할 방법은 나노 구조 영상을 입력 받아 적응적 임계값에 의한 경계선을 추정하는 단계, 레이캐스팅 기반 경계선 샘플링을 수행하여 상기 추정된 경계선 지도 위에서 실제 입자의 경계선을 추정하는 단계, 상기 입자의 검출 여부를 확인하는 단계, 상기 검출된 복수의 입자들 중 최고의 원형입자를 선택하기 위해 미리 정해진 수식을 이용하여 상기 입자들의 원형도를 추정하는 단계, 상기 추정된 원형도를 이용하여 상기 입자들 중 최고 원형 입자를 선택하는 단계, 상기 선택된 복수의 입자들을 상기 경계선 지도의 경계선으로 누적하여 지도를 갱신하는 단계, 상기 선택된 복수의 입자들을 상기 경계선 지도의 경계선으로 누적하여 입자 인식지도를 갱신하는 단계를 포함할 수 있다.

대표도 - 도1



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 48823-1

부처명 미래창조과학부

연구관리전문기관 한국산업기술평가관리원

연구사업명 산업융합원천기술개발사업

연구과제명 다시점 블랙박스 영상을 이용한 교통 사고현장 3차원 재구성 기술개발(1차년도)

기 여 율 1/1

주관기관 아진산업(주)

연구기간 2013.09.01 ~ 2014.08.31

---

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

다공성구조의 전자현미경 영상에 대한 입자 분할 방법에 있어서,

나노 구조 영상을 입력 받아 적응적 임계값에 의한 경계선을 추정하는 단계;

레이캐스팅 기반 경계선 샘플링을 수행하여 상기 추정된 경계선 지도 위에서 실제 입자의 경계선을 추정하는 단계;

상기 입자의 검출 여부를 확인하는 단계;

상기 검출된 복수의 입자들 중 최고의 원형입자를 선택하기 위해 미리 정해진 수식을 이용하여 상기 입자들의 원형도를 추정하는 단계; 및

상기 추정된 원형도를 이용하여 상기 입자들 중 최고 원형 입자를 선택하는 단계

를 포함하는 다공성구조의 전자현미경 영상에 대한 입자 분할 방법.

#### 청구항 2

제1항에 있어서,

상기 선택된 복수의 입자들을 상기 경계선 지도의 경계선으로 누적하여 지도를 갱신하는 단계; 및

상기 선택된 복수의 입자들을 상기 경계선 지도의 경계선으로 누적하여 입자 인식지도를 갱신하는 단계

를 더 포함하는 다공성구조의 전자현미경 영상에 대한 입자 분할 방법.

#### 청구항 3

제1항에 있어서,

상기 나노 구조 영상을 입력 받아 적응적 임계값에 의한 경계선을 추정하는 단계는,

상기 경계선을 이중으로 검출하지 않는 하기 식을 이용하고,

$$C(x, y) = \begin{cases} 1, & \alpha(x, y) < I(x, y) \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases},$$

$$\alpha(x, y) = \underset{t}{\operatorname{argmin}} \left| \frac{1}{m^2} \left( \sum_{i=0}^t \sum_{u=-\frac{m}{2}}^{\frac{m}{2}} \sum_{v=-\frac{m}{2}}^{\frac{m}{2}} \Phi(x+u, y+v) \right) - \beta \right|$$

$$\Phi(x+u, y+v) = \begin{cases} 1, & \text{if } I(x+u, y+v) = i \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases}.$$

여기에서,  $C$ 는 입자와 경계선을 나타내는 이진 변수,  $\beta$ 는  $m \times m$  윈도우 내에 차지하는 경계선 픽셀의 비율,  $I(x, y)$ 는  $(x, y)$  위치의 픽셀의 명암도 값을 나타내는

다공성구조의 전자현미경 영상에 대한 입자 분할 방법.

#### 청구항 4

제1항에 있어서,

상기 레이캐스팅 기반 경계선 샘플링을 수행하여 상기 추정된 경계선 지도 위에서 실제 입자의 경계선을 추정하는 단계는,

레이 길이의 유사도를 측정하고, 상기 경계선 생성에 영향을 미치지 않는 레이의 수에 의한 손실함수를 이용하는

다공성구조의 전자현미경 영상에 대한 입자 분할 방법.

#### 청구항 5

제4항에 있어서,

상기 유사도를 최소화시킴으로써 상기 경계선 생성에 영향을 미치는 레이를 찾는

다공성구조의 전자현미경 영상에 대한 입자 분할 방법.

#### 청구항 6

다공성구조의 전자현미경 영상의 입자 분할 장치에 있어서,

나노 구조 영상을 입력 받아 적응적 임계값에 의한 경계선을 추정하는 경계선 추정부;

레이캐스팅 기반 경계선 샘플링을 수행하여 상기 추정된 경계선 지도 위에서 실제 입자의 경계선을 추정하고, 상기 입자의 검출 여부를 확인하는 샘플링부;

상기 검출된 복수의 입자들 중 최고의 원형입자를 선택하기 위해 미리 정해진 수식을 이용하여 상기 입자들의 원형도를 추정하는 원형도 추정부;

상기 원형도 추정을 통해 복수의 후보 입자들을 설정하고, 상기 후보 입자들 중 최적의 후보입자만을 선택하는 최종 입자 선택부; 및

상기 선택된 복수의 입자들을 상기 경계선 지도의 경계선으로 누적하고, 입자 인식지도에 입자로 누적하는 업데이트부

를 포함하는 다공성구조의 전자현미경 영상에 대한 입자 분할 장치.

#### 청구항 7

제5항에 있어서,

상기 입자가 검출되지 않았을 경우, 현재까지의 입자 인식지도를 출력하는 출력부

를 더 포함하는 전자현미경 영상의 입자 분할 장치.

### 발명의 설명

#### 기술 분야

[0001]

본 발명은 반복적인 수행을 통해 분할 결과를 향상시키기 위한 다공성 구조의 전자현미경 영상에 대한 입자 분할 방법 및 장치에 관한 것이다.

#### 배경 기술

[0002]

전자현미경 영상에 대한 나노 구조의 정량적 분석을 위해 입자와 입자 경계선의 깨끗한 분할은 필수적인 요소이다. 물체의 윤곽검출을 위해 많이 사용되는 동적 윤곽 모델(active contour model)은 사용자 설정이 필요하고 다중의 물체에 대한 분할에 적합하지 않다. 다시 말해, 동적 윤곽 모델(active contour model)의 경우, 분할 전 사용자 설정이 필요하며, 각각의 입자에 대해 초기 윤곽선을 입력해야 되므로 수천 개의 나노 입자를 분할하는데 적합하지 않다. 또한, 나노 구조를 분석하는 종래 기술의 영상 분석 기술은 푸리에 변환을 통한 전역적 정렬도 분석을 수행하였으나, 이러한 방법은 영상 생성 및 촬영 조건에 따라 지역적으로 불분명한 형태를 보이는 영상에 대해서는 신뢰할 수 없는 성능을 보인다. 따라서, 별도의 사용자입력을 요구하지 않고, 정량적 분석을 위한 나노 구조의 자동 분할 기술을 필요로 한다. 또한, 일부 문제가 있는 영상에 대해서도 지역적으로 분석이 가능한 분할 기술을 필요로 한다. 본 발명에서는 지속적인 입자 인식과 경계선 갱신을 통해 입자와 입자의 사이가 얇고 불분명한 경계선에 대해서도 인식이 가능하여 관련 기술 대비 뛰어난 분할 성능을 보이는 방법 및 장치를 제공하고자 한다.

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

- [0003] 본 발명이 이루고자 하는 기술적 과제는 지속적인 입자 인식과 경계선 갱신을 통해 입자와 입자의 사이가 얇고 불분명한 경계선에 대해서도 인식이 가능하도록 하여 뛰어난 분할 성능을 보이는 다공성 구조의 전자현미경 영상에 대한 입자 분할 방법 및 장치를 제공하는데 있다.

### 과제의 해결 수단

- [0004] 일 측면에 있어서, 본 발명에서 제안하는 다공성구조의 전자현미경 영상에 대한 입자 분할 방법은 나노 구조 영상을 입력 받아 적응적 임계값에 의한 경계선을 추정하는 단계, 레이캐스팅 기반 경계선 샘플링을 수행하여 상기 추정된 경계선 지도 위에서 실제 입자의 경계선을 추정하는 단계, 상기 입자의 검출 여부를 확인하는 단계, 상기 검출된 복수의 입자들 중 최고의 원형입자를 선택하기 위해 미리 정해진 수식을 이용하여 상기 입자들의 원형도를 추정하는 단계, 상기 추정된 원형도를 이용하여 상기 입자들 중 최고 원형 입자를 선택하는 단계를 포함할 수 있다.

- [0005] 또한, 상기 선택된 복수의 입자들을 상기 경계선 지도의 경계선으로 누적하여 지도를 갱신하는 단계, 상기 선택된 복수의 입자들을 상기 경계선 지도의 경계선으로 누적하여 입자 인식지도를 갱신하는 단계를 더 포함할 수 있다.

- [0006] 상기 나노 구조 영상을 입력 받아 적응적 임계값에 의한 경계선을 추정하는 단계는 상기 경계선을 이중으로 검출하지 않는 하기 식을 이용하고,

$$C(x,y) = \begin{cases} 1, & \alpha(x,y) < I(x,y) \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases},$$

$$\alpha(x,y) = \operatorname{argmin}_t \left| \frac{1}{m^2} \left( \sum_{i=0}^t \sum_{u=-\frac{m}{2}}^{\frac{m}{2}} \sum_{v=-\frac{m}{2}}^{\frac{m}{2}} \Phi(x+u, y+v) \right) - \beta \right|$$

$$\Phi(x+u, y+v) = \begin{cases} 1, & \text{if } I(x+u, y+v) = i \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases}.$$

- [0007]
- [0008] 여기에서,  $C$  는 입자와 경계선을 나타내는 이진 변수,  $\beta$  는  $m \times m$  윈도우 내에 차지하는 경계선 픽셀의 비율,  $I(x, y)$  는  $(x, y)$  위치의 픽셀의 명암도 값을 나타낸다.

- [0009] 상기 레이캐스팅 기반 경계선 샘플링을 수행하여 상기 추정된 경계선 지도 위에서 실제 입자의 경계선을 추정하는 단계는 레이 길이의 유사도를 측정하고, 상기 경계선 생성에 영향을 미치지 않는 레이의 수에 의한 손실함수를 이용할 수 있다.

- [0010] 또한, 상기 유사도를 최소화시킴으로써 상기 경계선 생성에 영향을 미치는 레이를 찾을 수 있다.

- [0011] 또 다른 일 측면에 있어서, 본 발명에서 제안하는 다공성구조의 전자현미경 영상에 대한 입자 분할 장치는 나노 구조 영상을 입력 받아 적응적 임계값에 의한 경계선을 추정하는 경계선 추정부, 레이캐스팅 기반 경계선 샘플링을 수행하여 상기 추정된 경계선 지도 위에서 실제 입자의 경계선을 추정하고, 상기 입자의 검출 여부를 확인하는 샘플링부, 상기 검출된 복수의 입자들 중 최고의 원형입자를 선택하기 위해 미리 정해진 수식을 이용하여 상기 입자들의 원형도를 추정하는 원형도 추정부, 상기 원형도 추정을 통해 복수의 후보 입자들을 설정하고, 상기 후보 입자들 중 최적의 후보입자만을 선택하는 최종 입자 선택부, 상기 선택된 복수의 입자들을 상기 경계선 지도의 경계선으로 누적하고, 입자 인식지도에 입자로 누적하는 업데이트부, 상기 입자가 검출되지 않았을 경우, 현재까지의 입자 인식지도를 출력하는 출력부를 포함할 수 있다.

### 발명의 효과

- [0012] 본 발명의 실시예들에 따르면 제안하는 다공성 구조의 전자현미경 영상에 대한 입자 분할 방법 및 장치는 적응적 임계값에 의해 입자 경계선을 대략적으로 추출할 수 있다. 그리고 입자의 불룩한 외형을 보장하기 위하여 격자모양의 씨앗점들로부터 시작하는 레이캐스팅을 수행하고, 그 중에서 가장 원형인 입자를 최종 추출된 입자

로 선택할 수 있다. 이러한 과정들은 몇 번에 걸쳐 반복적인 수행을 통해 분할 결과를 향상시킬 수 있다.

### 도면의 간단한 설명

[0013]

도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 다공성 구조의 전자현미경 영상에 대한 입자 분할 방법을 설명하기 위한 순서도이다.

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 경계선 추정의 픽셀 분포의 예시도이다.

도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 레이캐스팅 기반 입자 분할을 설명하기 위한 도면이다.

도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 최적의 길이를 갖는 레이를 찾는 과정을 설명하기 위한 도면이다.

도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 전자현미경 영상에서 파라미터별 입자 인식 정확도를 나타내는 도면이다.

도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 알루미늄 물질의 전자현미경 영상의 분할 결과를 나타내는 도면이다.

도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 다공성 구조의 전자현미경 영상에 대한 입자 분할 장치의 구성을 나타내는 도면이다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0014]

이하, 본 발명의 실시 예를 첨부된 도면을 참조하여 상세하게 설명한다.

[0015]

도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 다공성 구조의 전자현미경 영상에 대한 입자 분할 방법을 설명하기 위한 순서도이다.

[0016]

다공성 구조의 전자현미경 영상에 대한 입자 분할 방법은 나노 구조 영상을 입력 받아 적응적 임계값에 의한 경계선을 추정하는 단계(110), 레이캐스팅 기반 경계선 샘플링을 수행하여 상기 추정된 경계선 지도 위에서 실제 입자의 경계선을 추정하는 단계(120), 상기 입자의 검출 여부를 확인하는 단계(130), 상기 검출된 복수의 입자들 중 최고의 원형입자를 선택하기 위해 미리 정해진 수식을 이용하여 상기 입자들의 원형도를 추정하는 단계(141), 상기 추정된 원형도를 이용하여 상기 입자들 중 최고 원형 입자를 선택하는 단계(150)를 포함할 수 있다.

[0017]

그리고, 상기 선택된 복수의 입자들을 상기 경계선 지도의 경계선으로 누적하여 지도를 갱신하는 단계(160), 상기 선택된 복수의 입자들을 상기 경계선 지도의 경계선으로 누적하여 입자 인식지도를 갱신하는 단계(170) 및 입자가 검출되지 않았을 경우, 현재까지의 입자 인식지도를 출력하는 단계(142)를 더 포함할 수 있다.

[0018]

단계(110)에서, 나노 구조 영상을 입력 받아 적응적 임계값에 의한 경계선을 추정할 수 있다. 나노 구조 영상은 경계선의 두께가 매우 다양하여 단일 파라미터를 사용하는 일반 경계선 검출 기술을 적용하면 이중의 경계선이 검출될 수 있다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 제안하는 방법에서는 일부 얇고 불분명한 경계선이 검출되지 않더라도 경계선을 이중으로 검출하지 않는 새로운 경계선 검출기술을 제안한다. 제안하는 방법은 수학식1을 이용하여 경계선을 추정할 수 있다.

$$c(x,y) = \begin{cases} 1, & \alpha(x,y) < I(x,y) \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases},$$

$$\alpha(x,y) = \operatorname{argmin}_t \left| \frac{1}{m^2} \left( \sum_{i=0}^t \sum_{u=-\frac{m}{2}}^{\frac{m}{2}} \sum_{v=-\frac{m}{2}}^{\frac{m}{2}} \Phi(x+u, y+v) \right) - \beta \right|$$

$$\Phi(x+u, y+v) = \begin{cases} 1, & \text{if } I(x+u, y+v) = i \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases}.$$

수학식1

[0019]

[0020] 여기에서,  $C$ 는 입자와 경계선을 나타내는 이진 변수이고,  $\beta$ 는  $m \times m$  윈도우 내에 차지하는 경계선 픽셀의 비율이고,  $I(x, y)$ 는  $(x, y)$  위치의 픽셀의 명암도 값이다. 이와 같이 수학식1을 이용하여 경계선 지도를 생성할 수 있다. 도 2를 참조하여 더욱 상세하게 설명한다.

[0021] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 경계선 추정의 픽셀 분포의 예시도이다.

[0022] 예를 들어, 도 2(a)의 경계선 추정을 위한 영역(210) 내의 입자 경계선을 추정할 수 있다. 위에서 설명한 바와 같이 경계선 추정을 통해, 경계선 영역 및 입자 영역의 명암도를 도 2(b)와 같이 나타낼 수 있다. 도 2(b)의 그래프(220)는 경계선 영역의 명암도를 나타내고, 그래프(240)은 입자 영역의 명암도를 나타낸다. 그리고, 그래프(230)은 경계선 영역과 입자 영역의 경계 명암도를 나타낸다.

[0023] 단계(120)에서, 레이캐스팅 기반 경계선 샘플링을 수행하여 상기 추정된 경계선 지도 위에서 실제 입자의 경계선을 추정할 수 있다. 다시 말해, 경계선 지도 위에서 대략적인 경계선 샘플링을 통해 실제 입자의 경계선을 추정할 수 있다. 도 3 및 도 4를 참조하여 더욱 상세하게 설명한다.

[0024] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 레이캐스팅 기반 입자 분할을 설명하기 위한 도면이다. 도 3(a)는 경계선 지도 위의 씨앗점을 나타내는 도면이고, 도 3(b)는 레이캐스팅에 의한 경계선 샘플링을 나타내는 도면이다. 그리고, 도 3(c)는 올바르게 맞닿은 레이 인식을 나타내는 도면이고, 도 3(d)는 입자 인식 결과를 나타내는 도면이다.

[0025] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 최적의 길이를 갖는 레이를 찾는 과정을 설명하기 위한 도면이다. 도 4(a)는 후보 레이의 길이를 나타내는 도면이고, 도 4(b)는 정렬된 레이 길이(410)와 선택된 레이의 길이(420)를 나타내는 도면이다.

[0026] 예를 들어, 도 3(a)와 같은 일정 간격으로 구성된 격자 형태의 씨앗점으로부터 시작하는 레이캐스팅 기술은 수학식2와 같이 정의할 수 있다.

[0027] 
$$E_T(p) = E_S(p) + E_L(p) \quad \text{수학식2}$$

[0028] 여기에서,  $E_S$ 는 레이 길이의 유사도를 측정하고,  $E_L$ 는 입자 경계선의 생성에 영향을 미치지 않는 레이의 수에 의한 손실함수를 나타낸다. 씨앗점의 위치가 입자의 중심에 있다면 레이의 길이는 비슷하므로 수학식3의 유사도 에너지를 최소화시켜 경계선 생성에 영향을 미치는 레이를 찾아낼 수 있다.

[0029] 
$$E_S(p) = \sum_{i=L_p}^{U_p-1} |l(p, i) - l(p, i+1)| \quad \text{수학식3}$$

[0030] 여기에서,  $l(p, i)$ 는 씨앗점  $p$ 에서 생성되고 길이에 의해 정렬된  $L_p$ 와  $U_p$ 번째 인덱스 사이의  $i$ 번째 레이의 길이를 나타낸다. 손실함수  $E_L$ 는 수학식4와 같이 정의할 수 있다.

$$E_L(p) = N_{line} - (u_p - \mathcal{L}_p) \quad \text{수학식4}$$

여기에서,  $N_{line}$ 는 레이의 총 수를 나타내고, 수학식3과 수학식4를 최소화함으로써 최적의 길이를 갖는 레이 집합을 나타내는 정렬된 레이의 인덱스  $L_p'$ 와  $U_p'$ 를 선택할 수 있다.  $L_p'$ 와  $U_p'$ 는 수학식5와 같이 나타낼 수 있다.

$$(\mathcal{L}_p', u_p') = \underset{\mathcal{L}_p, u_p}{\operatorname{argmin}} \left( \sum_{i=\mathcal{L}_p}^{u_p-1} (1-\lambda) |l(p, i) - l(p, i+1)| + \lambda (N_{ray} - (u_p - \mathcal{L}_p)) \right) \quad \text{수학식5}$$

이러한 과정을 통해 수학식3과 수학식4를 최소화함으로써 최적의 길이를 갖는 레이 집합을 도 4와 같이 찾을 수 있다.

단계(130)에서, 상기 입자의 검출 여부를 확인할 수 있다. 상기 입자가 하나 이상 검출되었을 경우, 단계(141)에서, 상기 검출된 복수의 입자들 중 최고의 원형입자를 선택하기 위해 미리 정해진 수식을 이용하여 상기 입자들의 원형도를 추정할 수 있다. 반면에, 상기 입자가 검출되지 않았을 경우, 단계(142)에서, 현재까지의 입자 인식지도를 출력할 수 있다.

단계(141)에서, 상기 검출된 복수의 입자들 중 최고의 원형입자를 선택하기 위해 미리 정해진 수식을 이용하여 상기 입자들의 원형도를 추정할 수 있다.

하나의 씨앗점에서 하나의 후보 입자가 추정되지만, 여러 개의 씨앗점이 격자 간격으로 생성되므로, 하나의 입자에 여러 개의 후보 입자가 추정될 수 있다. 이 때 가장 올바른 씨앗점을 선택하기 위하여 제안하는 방법에서는 원형도를 추정하는 방법을 수학식6과 같이 제안한다.

$$E_C(P)^* = \frac{\sum_i (du_i^2 + dv_i^2)}{N_{sample} - N_0}, (i = h, 2h, \dots, N_{contour}) \quad \text{수학식6}$$

여기에서,  $p_i = (u_i, v_i)$ 는 추정된 입자의 경계선에서 샘플링된 2차원 좌표이고, 임의의 씨앗점  $P \ni p_i$ 에서 생성된다. 그리고  $h$ 는 입자의 경계선에서 샘플링되는 픽셀 거리이고,  $N_{contour}$ 는 입자 경계선을 구성하는 모든 픽셀의 수이고,  $N_{sample}$ 는 경계선에서 샘플링된 픽셀의 수이다.  $N_0$ 는  $du_i^2 + dv_i^2 = 0$ 인 조건을 만족하는  $i$ 의 개수이다. 또한  $du_i = u_{i-1} - 2u_i + u_{i+1}$ 와  $dv_i = v_{i-1} - 2v_i + v_{i+1}$ 는 2차 미분으로 정의한다. 이러한 수식을 이용하여 경계선의 곡선이 급격히 구부러지는 입자들이 큰 값으로 추정될 수 있다.

단계(150)에서, 상기 추정된 원형도를 이용하여 상기 입자들 중 최고 원형 입자를 선택할 수 있다. 예를 들어, 하나의 입자 내에 여러 개의 씨앗점이 존재하고 원형도가 높은 다수의 후보 입자가 존재할 수 있다. 이 중 가장 적합한 입자만을 선택하기 위하여 입자의 픽셀이 겹쳐지는 후보 입자들을 하나의 클러스터로 모아서 이중 가장 높은 원형도를 갖는 입자를 최종 입자로 사용할 수 있다.

단계(160)에서, 상기 선택된 복수의 입자들을 상기 경계선 지도의 경계선으로 누적하여 지도를 갱신할 수 있다. 다시 말해, 다양한 씨앗점에서 최종 선택된 다수의 입자를 경계선 지도의 경계선으로 누적할 수 있다.

단계(170)에서, 상기 선택된 복수의 입자들을 상기 경계선 지도의 경계선으로 누적하여 입자 인식지도를 갱신할 수 있다. 다시 말해, 다양한 씨앗점에서 최종 선택된 다수의 입자를 입자 인식지도에 입자로 누적할 수 있다.

도 5 및 도 6을 참조하여, 제안하는 다공성 구조의 전자현미경 영상에 대한 입자 분할 방법을 이용한 결과에 대하여 설명한다.

[0043] 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 전자현미경 영상에서 파라미터별 입자 인식 정확도를 나타내는 도면이다.

[0044] 도 5에 나타난 것과 같이 가장 높은 인식 정확도를 보인 3개의 파라미터를 사용하여 제안하는 다공성 구조의 전자현미경 영상에 대한 입자 분할 방법을 수행하였다. 도 5(a)는  $\lambda$ 의 입자 인식 정확도를 나타낸 그래프이고, 도 5(b)는  $N_{line}$ 의 입자 인식 정확도를 나타낸 그래프이고, 도 5(c)는  $h$ 의 입자 인식 정확도를 나타낸 그래프이다. 예를 들어, 가장 높은 인식 정확도를 보인 3개의 파라미터 값은  $\lambda = 0.96$ ,  $N_{line} = 64$ ,  $h = 2$ 일 수 있다.

[0045] 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 알루미늄 물질의 전자현미경 영상의 분할 결과를 나타내는 도면이다. 도 5에서 가장 높은 인식 정확도를 보인 3개의 파라미터  $\lambda = 0.96$ ,  $N_{line} = 64$ ,  $h = 2$ 를 이용하여 제안하는 다공성 구조의 전자현미경 영상에 대한 입자 분할 방법을 수행한 결과를 나타낸다.

[0046] 도 6(a)는  $\beta = 0.46$ 일 때의 결과는 나타내는 도면이고, 도 6(b)는  $\beta = 0.5$ 일 때의 결과는 나타내는 도면이고, 도 6(c)는  $\beta = 0.74$ 일 때의 결과는 나타내는 도면이다. 도 6(d)는  $\beta = 0.76$ 일 때의 결과는 나타내는 도면이고, 도 6(e)는  $\beta = 0.77$ 일 때의 결과는 나타내는 도면이고, 도 6(f)는  $\beta = 0.78$ 일 때의 결과는 나타내는 도면이다. 이러한 과정들은 몇 번에 걸쳐 반복적인 수행을 통해 분할 결과를 향상시킬 수 있다.

[0047] 전자현미경 영상에 대한 나노 구조의 정량적 분석을 위해 입자와 입자 경계선의 깨끗한 분할은 필수적인 요소이다. 물체의 윤곽검출을 위해 많이 사용되는 동적 윤곽 모델(active contour model)은 사용자 설정이 필요하고 다중의 물체에 대한 분할에 적합하지 않다. 따라서, 제안하는 방법은 적응적 임계값에 의해 입자 경계선을 대략적으로 추출할 수 있다. 그리고 입자의 불룩한 외형을 보장하기 위하여 격자모양의 씨앗점들로부터 시작하는 레이캐스팅을 수행하고, 그 중에서 가장 원형인 입자를 최종 추출된 입자로 선택할 수 있다. 이러한 과정들은 몇 번에 걸쳐 반복적인 수행을 통해 분할 결과를 향상시킬 수 있다.

[0048] 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 다공성 구조의 전자현미경 영상에 대한 입자 분할 장치의 구성을 나타내는 도면이다.

[0049] 공성 구조의 전자현미경 영상에 대한 입자 분할 장치는 경계선 추정부(710), 샘플링부(720), 원형도 추정부(730), 최종입자 선택부(740), 업데이트부(750), 출력부(760)를 포함할 수 있다.

[0050] 경계선 추정부(710)는 나노 구조 영상을 입력 받아 적응적 임계값에 의한 경계선을 추정할 수 있다. 예를 들어, 나노 구조 영상을 입력으로 하여 적응적 임계값에 의한 경계선 추정을 할 수 있다. 나노 구조 영상은 경계선의 두께가 매우 다양하여 단일 파라미터를 사용하는 일반 경계선 검출 기술을 적용하면 이중의 경계선이 검출될 수 있다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 제안하는 장치는 일부 얇고 불분명한 경계선이 검출되지 안더라도 확실한 경계선을 이중으로 검출하지 않는 새로운 경계선 검출 방법을 이용한다.

[0051] 샘플링부(720)는 레이캐스팅 기반 경계선 샘플링을 수행하여 상기 추정된 경계선 지도 위에서 실제 입자의 경계선을 추정할 수 있다. 다시 말해, 경계선 지도 상에서 대략적인 경계선 샘플링을 통해 실제 입자의 경계선을 추정할 수 있다. 또한, 상기 입자의 검출 여부를 확인할 수 있다. 입자가 검출되었을 경우, 원형도 추정부(730)에서 원형도 추정을 수행할 수 있다. 반면에, 입자가 검출되지 않았을 경우, 출력부(760)를 통해 현재까지의 입자 인식지도를 출력할 수 있다.

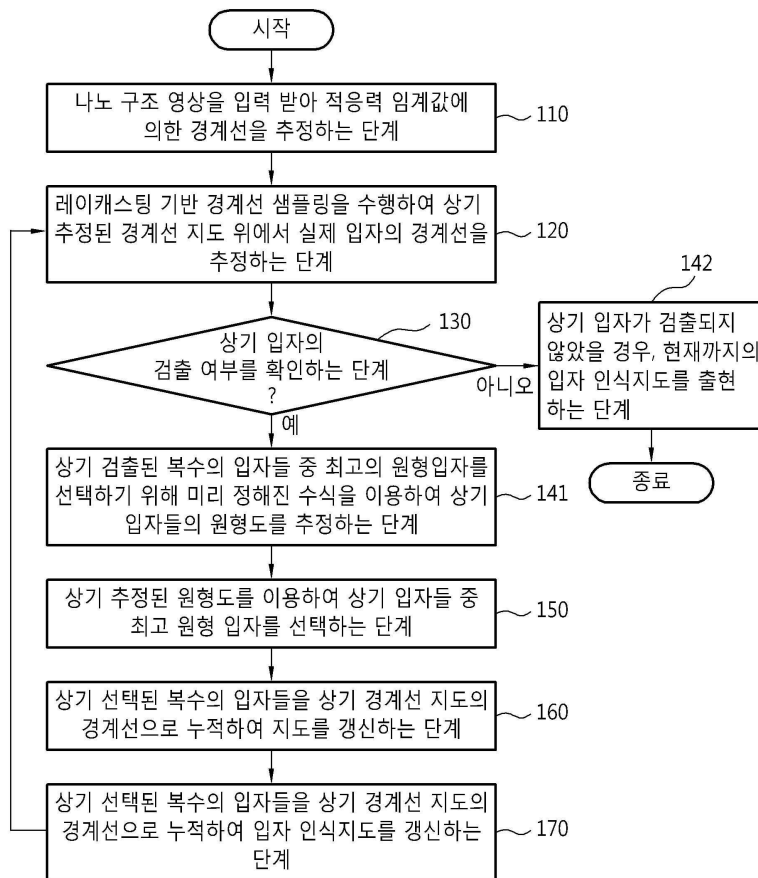
[0052] 원형도 추정부(730)는 상기 검출된 복수의 입자들 중 최고의 원형입자를 선택하기 위해 미리 정해진 수식을 이용하여 상기 입자들의 원형도를 추정할 수 있다. 샘플링을 통해 검출된 입자의 복수의 씨앗점들 중 최적의 씨앗점을 선택하기 위해 원형도를 추정할 수 있다. 하나의 씨앗점에서 하나의 후보 입자가 추정되지만, 여러 개의 씨앗점이 격자 간격으로 생성되므로, 하나의 입자에 여러 개의 후보 입자가 추정될 수 있다.

[0053] 최종입자 선택부(740)는 상기 원형도 추정을 통해 복수의 후보 입자들을 설정하고, 상기 후보 입자들 중 최적의 후보입자만을 선택할 수 있다.

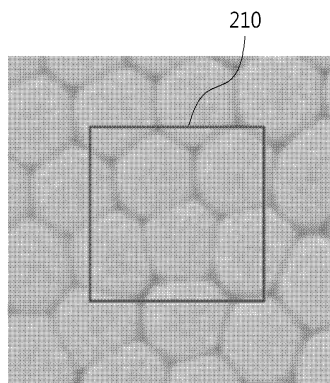
- [0054] 업데이트부(750)는 상기 선택된 복수의 입자들을 상기 경계선 지도의 경계선으로 누적하고, 상기 선택된 복수의 입자들을 입자 인식지도에 입자로 누적할 수 있다.
- [0055] 출력부(760)는 상기 입자가 검출되지 않았을 경우, 현재까지의 입자 인식지도를 출력할 수 있다.
- [0056] 이상에서 설명된 장치는 하드웨어 구성요소, 소프트웨어 구성요소, 및/또는 하드웨어 구성요소 및 소프트웨어 구성요소의 조합으로 구현될 수 있다. 예를 들어, 실시예들에서 설명된 장치 및 구성요소는, 예를 들어, 프로세서, 콘트롤러, 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.
- [0057] 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(embody)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.
- [0058] 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 예에는 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.
- [0059] 이상과 같이 실시예들이 비록 한정된 실시예와 도면에 의해 설명되었으나, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 상기의 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 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.
- [0060] 그러므로, 다른 구현들, 다른 실시예들 및 특허청구범위와 균등한 것들도 후술하는 특허청구범위의 범위에 속한다.

도면

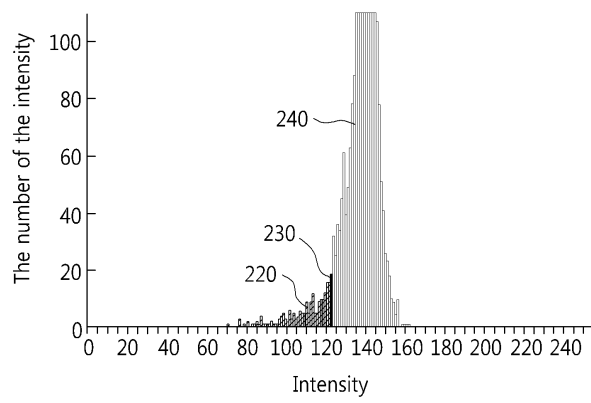
도면1



도면2

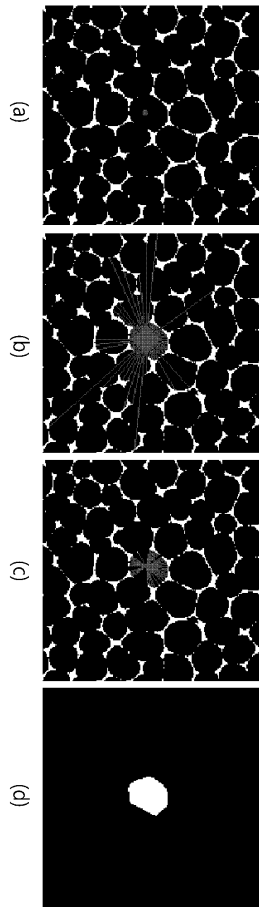


(a)

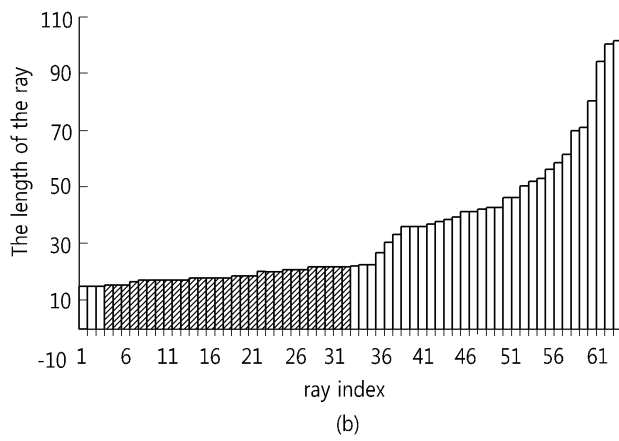
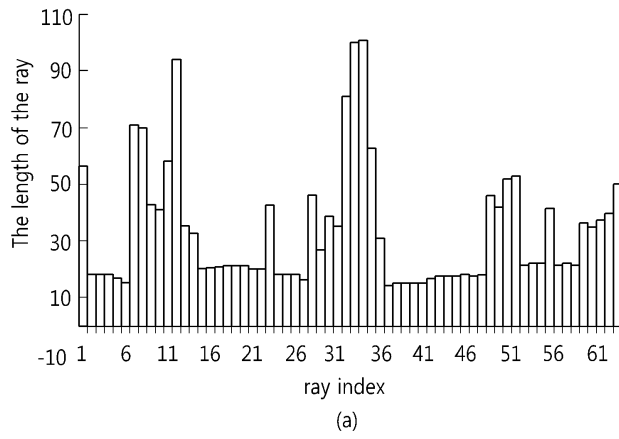


(b)

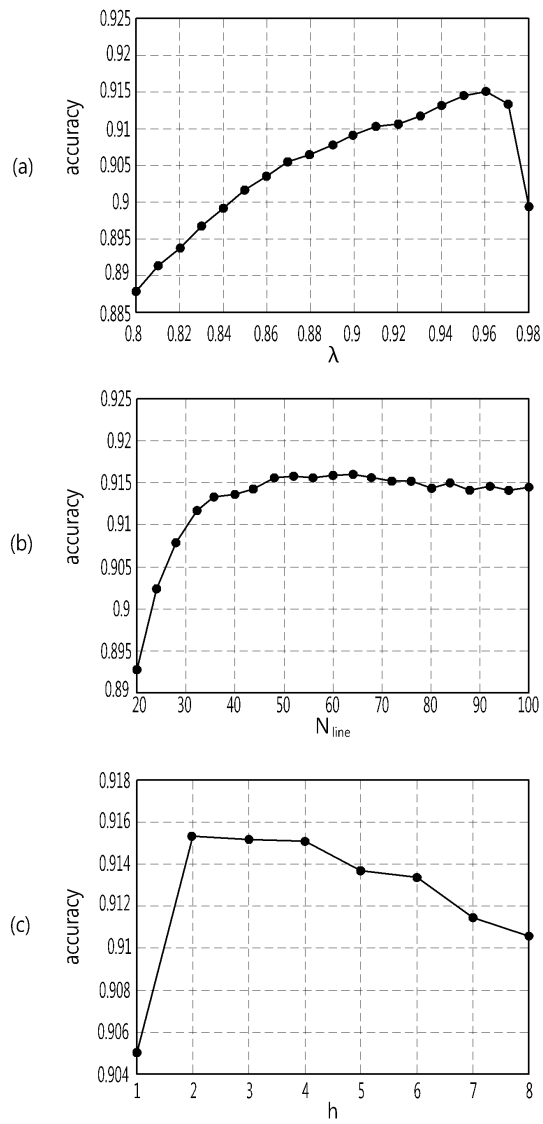
도면3



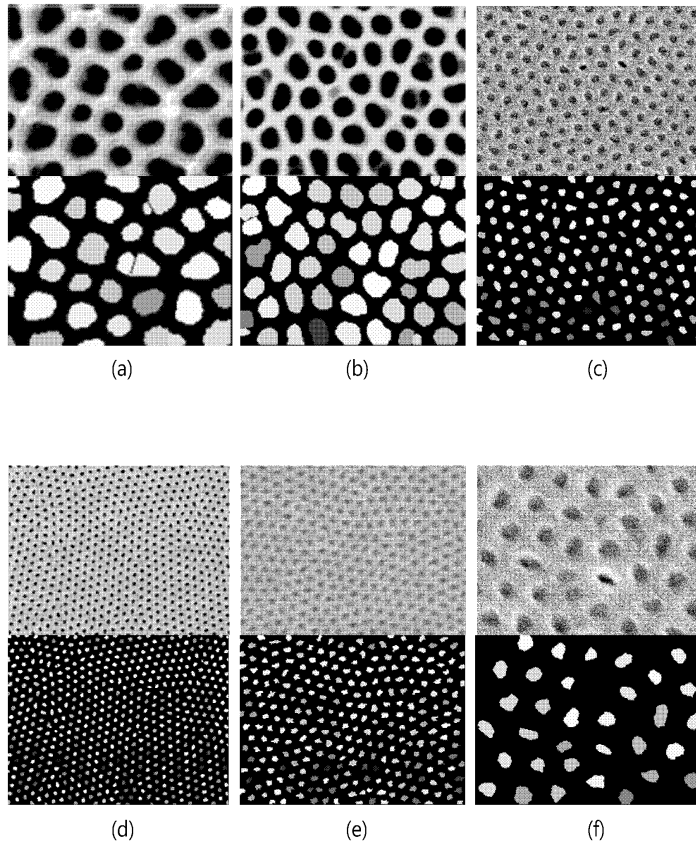
도면4



도면5



도면6



도면7

