(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2015-0111459
(43) 공개일자 2015년10월06일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G06T 7/00 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2014-0034264
(22) 출원일자 2014년03월24일
심사청구일자 2014년03월24일

(71) 출원인
인하대학교 산학협력단
인천광역시 남구 인하로 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

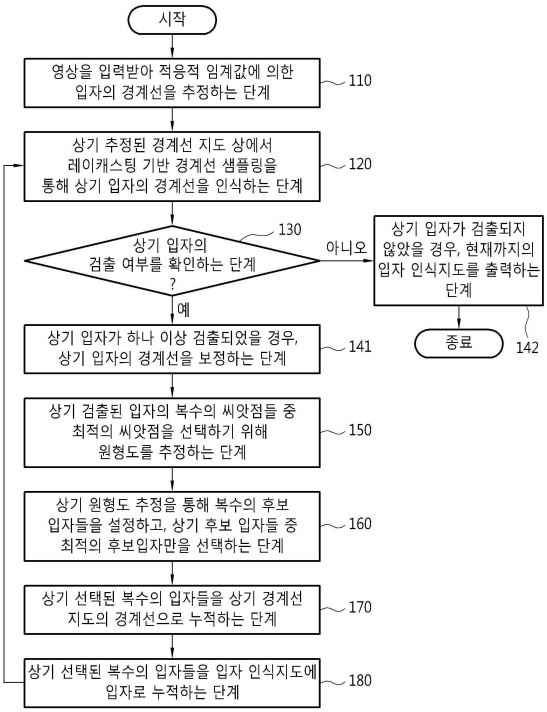
(54) 발명의 명칭 **전자현미경 영상의 입자 분할 방법 및 장치**

(57) 요 약

전자현미경 영상의 입자 분할 방법 및 장치가 제시된다. 본 발명에서 제안하는 전자현미경 영상의 입자 분할 방법은 영상을 입력 받아 적응적 임계값에 의한 입자의 경계선을 추정하는 단계, 상기 추정된 경계선 지도 상에서 레이캐스팅 기반 경계선 샘플링을 통해 상기 입자의 경계선을 인식하는 단계, 상기 입자의 검출 여부를 확인하는

(뒷면에 계속)

대 표 도 - 도1



단계, 상기 입자가 하나 이상 검출되었을 경우, 상기 입자의 경계선을 보정하는 단계, 상기 검출된 입자의 복수의 씨앗점들 중 최적의 씨앗점을 선택하기 위해 원형도를 추정하는 단계를 포함할 수 있다. 또한, 상기 원형도 추정을 통해 복수의 후보 입자들을 설정하고, 상기 후보 입자들 중 최적의 후보입자만을 선택하는 단계, 상기 선택된 복수의 입자들을 상기 경계선 지도의 경계선으로 누적하는 단계, 상기 선택된 복수의 입자들을 입자 인식지도에 입자로 누적하는 단계, 상기 입자가 검출되지 않았을 경우, 현재까지의 입자 인식지도를 출력하는 단계를 더 포함할 수 있다.

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 1/2
주관기관 아진산업(주)
연구기간 2013.09.01 ~ 2014.08.31이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 48478-1
부처명 미래창조과학부
연구관리전문기관 한국연구재단
연구사업명 신진연구지원사업
연구과제명 대용량 실사 웹지도 영상정보의 기기 및 사용자 목적지향형 콘텐츠 기반 재구성/재증강을 위한 소프트웨어 프레임워크 기술개발
기 여 율 1/2
주관기관 한국연구재단
연구기간 2013.09.01 ~ 2014.08.31

명 세 서

청구범위

청구항 1

전자현미경 영상의 입자 분할 방법에 있어서,

영상을 입력 받아 적응적 임계값에 의한 입자의 경계선을 추정하는 단계;

상기 추정된 경계선 지도 상에서 레이캐스팅 기반 경계선 샘플링을 통해 상기 입자의 경계선을 인식하는 단계;

상기 입자의 검출 여부를 확인하는 단계;

상기 입자가 하나 이상 검출되었을 경우, 상기 입자의 경계선을 보정하는 단계; 및

상기 검출된 입자의 복수의 씨앗점들 중 최적의 씨앗점을 선택하기 위해 원형도를 추정하는 단계

를 포함하는 전자현미경 영상의 입자 분할 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 원형도 추정을 통해 복수의 후보 입자들을 설정하고, 상기 후보 입자들 중 최적의 후보입자만을 선택하는 단계;

상기 선택된 복수의 입자들을 상기 경계선 지도의 경계선으로 누적하는 단계; 및

상기 선택된 복수의 입자들을 입자 인식지도에 입자로 누적하는 단계

를 더 포함하는 전자현미경 영상의 입자 분할 방법.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 입자가 검출되지 않았을 경우, 현재까지의 입자 인식지도를 출력하는 단계

를 더 포함하는 전자현미경 영상의 입자 분할 방법.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 입자에 대한 인식을 수행함으로써, 일부 문제가 있는 영상에 대해서도 지역적으로 분석이 가능하고, 별도의 사용자 입력을 필요로 하지 않는

전자현미경 영상의 입자 분할 방법.

청구항 5

전자현미경 영상의 입자 분할 장치에 있어서,

입자의 경계선 및 원형도를 추정하는 추정부;

상기 입자의 경계선을 인식하기 위해 상기 추정된 경계선 지도 상에서 레이캐스팅 기반 경계선 샘플링을 수행하는 샘플링부;

상기 입자의 검출 여부를 확인하고, 상기 입자가 하나 이상 검출되었을 경우 상기 입자의 경계선을 보정하는 보정부;

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

를 포함하는 전자현미경 영상의 입자 분할 장치.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 추정부는,

영상을 입력 받아 적응적 임계값에 의한 입자의 경계선을 추정하는 경계선 추정부;

상기 검출된 입자의 복수의 씨앗점들 중 최적의 씨앗점을 선택하기 위해 원형도를 추정하는 원형도 추정부

를 포함하는 전자현미경 영상의 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

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 반복적인 수행을 통해 분할 결과를 향상시키기 위한 전자현미경 영상의 입자 분할 방법 및 장치에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 타이타늄 물질의 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 퓨리에 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 별도의 사용자입력을 요구하지 않아, 정량적 분석을 위한 나노구조의 자동 분할 기술로 사용할 수 있는 방법 및 장치를 제공하는데 있다. 또한, 각 입자에 대한 인식을 수행함으로써, 일부 문제가 있는 영상에 대해서도 지역적으로 분석이 가능하고, 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.

과제의 해결 수단

[0004] 일 측면에 있어서, 본 발명에서 제안하는 전자현미경 영상의 입자 분할 방법은 영상을 입력 받아 적응적 임계값에 의한 입자의 경계선을 추정하는 단계, 상기 추정된 경계선 지도 상에서 레이캐스팅 기반 경계선 샘플링을 통

해 상기 입자의 경계선을 인식하는 단계, 상기 입자의 검출 여부를 확인하는 단계, 상기 입자가 하나 이상 검출되었을 경우, 상기 입자의 경계선을 보정하는 단계, 상기 검출된 입자의 복수의 씨앗점들 중 최적의 씨앗점을 선택하기 위해 원형도를 추정하는 단계를 포함할 수 있다. 또한, 상기 원형도 추정을 통해 복수의 후보 입자들을 설정하고, 상기 후보 입자들 중 최적의 후보입자만을 선택하는 단계, 상기 선택된 복수의 입자들을 상기 경계선 지도의 경계선으로 누적하는 단계, 상기 선택된 복수의 입자들을 입자 인식지도에 입자로 누적하는 단계, 상기 입자가 검출되지 않았을 경우, 현재까지의 입자 인식지도를 출력하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0005] 제안하는 방법은 상기 입자에 대한 인식을 수행함으로써, 일부 문제가 있는 영상에 대해서도 지역적으로 분석이 가능하고, 별도의 사용자 입력을 필요로 하지 않는다.

[0006] 일 측면에 있어서, 본 발명에서 제안하는 전자현미경 영상의 입자 분할 장치는 입자의 경계선 및 원형도를 추정하는 추정부, 상기 입자의 경계선을 인식하기 위해 상기 추정된 경계선 지도 상에서 레이캐스팅 기반 경계선 샘플링을 수행하는 샘플링부, 상기 입자의 검출 여부를 확인하고, 상기 입자가 하나 이상 검출되었을 경우 상기 입자의 경계선을 보정하는 보정부, 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.

[0007] 상기 추정부는 영상을 입력 받아 적응적 임계값에 의한 입자의 경계선을 추정하는 경계선 추정부, 상기 검출된 입자의 복수의 씨앗점들 중 최적의 씨앗점을 선택하기 위해 원형도를 추정하는 원형도 추정부를 포함할 수 있다.

발명의 효과

[0008] 본 발명의 실시예들에 따르면 전자현미경 영상의 입자 분할 방법 및 장치는 적응적 임계값에 의해 입자 경계선을 대략적으로 추출할 수 있다. 그리고 입자의 볼록한 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.

도면의 간단한 설명

[0009] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 전자현미경 영상의 입자 분할 방법을 설명하기 위한 흐름도이다.

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 레이캐스팅 기반 입자 분할을 설명하기 위한 도면이다.

도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 경계선 보정을 설명하기 위한 도면이다.

도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 원본과 입자분할 결과를 나타내는 도면이다.

도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 경계선 지도 갱신의 예를 나타낸 도면이다.

도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 전자현미경 영상의 입자 분할 장치를 나타내는 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0010] 타이타늄 물질의 전자현미경 영상에 대한 나노구조의 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 볼록한 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.

[0011] 이하, 본 발명의 실시 예를 첨부된 도면을 참조하여 상세하게 설명한다.

[0012] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 전자현미경 영상의 입자 분할 방법을 설명하기 위한 흐름도이다.

[0013] 전자현미경 영상의 입자 분할 방법은 영상을 입력 받아 적응적 임계값에 의한 입자의 경계선을 추정하는 단계(110), 상기 추정된 경계선 지도 상에서 레이캐스팅 기반 경계선 샘플링을 통해 상기 입자의 경계선을 인식하는

단계(120), 상기 입자의 검출 여부를 확인하는 단계(130), 상기 입자가 하나 이상 검출되었을 경우, 상기 입자의 경계선을 보정하는 단계(141), 상기 검출된 입자의 복수의 씨앗점들 중 최적의 씨앗점을 선택하기 위해 원형도를 추정하는 단계(150)를 포함할 수 있다.

[0014] 그리고, 상기 원형도 추정을 통해 복수의 후보 입자들을 설정하고, 상기 후보 입자들 중 최적의 후보입자만을 선택하는 단계(160), 상기 선택된 복수의 입자들을 상기 경계선 지도의 경계선으로 누적하는 단계(170), 상기 선택된 복수의 입자들을 입자 인식지도에 입자로 누적하는 단계(180)를 더 포함할 수 있다. 또한, 상기 입자가 검출되지 않았을 경우, 현재까지의 입자 인식지도를 출력하는 단계(142)를 더 포함할 수 있다.

[0015] 단계(110)에서, 영상을 입력 받아 적응적 임계값에 의한 입자의 경계선을 추정할 수 있다. 예를 들어, 나노구조 영상을 입력으로 하여 적응적 임계값에 의한 경계선 추정을 할 수 있다. 나노구조 영상은 경계선의 두께가 매우 다양하여 단일 파라미터를 사용하는 일반 경계선 검출 기술을 적용하면 이중의 경계선이 검출될 수 있다. 이러한 문제를 해결하기 위하여 제안하는 방법은 일부 얇고 불분명한 경계선이 검출되지 안더라도 확실한 경계선을 이중으로 검출하지 않는 새로운 경계선 검출 방법을 제안한다. 이러한 경계선 검출 방법은 수학식1을 이용하여 제안할 수 있다.

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

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

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

[0016] 수학식1

[0017] 여기에서 C는 입자와 경계선을 나타내는 이진 변수이고 β는 m x m 윈도우 내에 차지하는 경계선 픽셀의 비율이며, I(x, y)는 (x, y) 위치의 픽셀의 명암도 값을 나타낸다. 수학식1을 이용하여 경계선 지도를 생성할 수 있다.

[0018] 단계(120)에서, 상기 추정된 경계선 지도 상에서 레이캐스팅 기반 경계선 샘플링을 통해 상기 입자의 경계선을 인식할 수 있다. 다시 말해, 경계선 지도 상에서 대략적인 경계선 샘플링을 통해 실제 입자의 경계선을 추정할 수 있다. 도 2를 참조하여 더욱 상세히 설명한다.

[0019] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 레이캐스팅 기반 입자 분할을 설명하기 위한 도면이다. 도 2(a)는 경계선 지도 위의 씨앗점을 나타내는 도면이고, 도 2(b)는 레이캐스팅에 의한 경계선 샘플링을 나타내는 도면이다. 도 2(c)는 올바르게 맞닿은 레이 인식을 나타내는 도면이고, 도 2(d)는 입자 인식 결과를 나타내는 도면이다.

[0020] 도 2(a)와 같은 일정 간격으로 구성된 격자 형태의 씨앗점으로부터 시작하는 레이캐스팅 기술은 수학식2을 이용하여 입자의 올바른 경계선을 구성하는 레이를 선별할 수 있다. 그리고, 도 2(c)와 같이 너무 길거나 짧은 레이는 제거하고 남은 레이가 맞닿는 경계선을 연결하여 복수의 후보 입자의 형태를 추정할 수 있다.

$$\Psi^{*}=\underset{\tilde{\Psi}\subseteq\Psi}{\operatorname{argmin}}\left\{(1-\lambda)\sum_{i=1}^{k-1}\left|l_{i,\tilde{\Psi}}-l_{i+1,\tilde{\Psi}}\right|+\lambda(n-k)\right\}$$

[0021] 수학식2

[0022] 여기에서, Ψ는 하나의 점에서 출발한 레이의 집합이고, Ψ*는 수학식2에 의해 최적화된 레이 집합의 부분집합이다. $l_{i,\tilde{\Psi}}$는 부분집합 $\tilde{\Psi}$에 속하는 i번째 레이의 길이이고, n은 하나의 점에서 출발한 레이의 수이고, k는

부분집합 $\tilde{\Psi}^{\tilde{\Psi}}$에 속하는 레이의 수이다. 파라미터 $^{\lambda}\lambda$는 길이의 차와 부분집합에 포함되지 않는 레이의 수의 비율을 조절할 수 있다.

[0023] 단계(130)에서, 상기 입자의 검출 여부를 확인할 수 있다. 상기 입자가 하나 이상 검출되었을 경우, 단계(141)에서, 상기 입자의 경계선을 보정할 수 있다. 반면에, 상기 입자가 검출되지 않았을 경우, 단계(142)에서, 현재까지의 입자 인식지도를 출력할 수 있다.

[0024] 단계(141)에서, 상기 입자가 하나 이상 검출되었을 경우, 상기 입자의 경계선을 보정할 수 있다. 도 3을 참조하여 더욱 상세하게 설명한다.

[0025] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 경계선 보정을 설명하기 위한 도면이다. 도 3(a)는 확장된 레이와 그에 따라 생성된 외과선 보장을 나타내는 도면이고, 도 3(b)는 결점이 있는 입자형태를 나타낸 도면이다. 그리고, 도 3(c)는 수학식 3을 만족하는 확장된 레이와 그에 따라 생성된 경계선 보정을 나타내는 도면이고, 도 3(d)는 오목한 경계선을 나타내는 도면이다.

[0026] 단계(120)를 통해 경계선 인식을 할 수 있지마, 씨앗점의 위치에 따라 도 3(b)와 같은 형태의 잘못된 후보입자가 생성될 수 있다. 따라서, 아래 수식을 이용하여 올바른 경계선 보정을 수행한다.

[0027] $$\rho = i, \quad \text{if } l_{i-1} - 2l_i + l_{i+1} - \kappa > 0, \ \text{s.t.} \ l_i \in \tilde{\Psi}$$ 수학식 3

[0028] 여기에서, k는 상수 σ와 레이의 수에 의해 정규화되는 임계값으로 오목한 경계선을 찾아낸다 ($\kappa = \frac{n}{\sigma}$). ρ는 부분집합 Ψ*의 오목한 위치에서의 레이의 인덱스를 나타내고, 모든 레이 중 오목한 두 개의 레이 인덱스 ρ_1과 ρ_2를 찾아 부분집합 $\Psi^{*^{\Psi^*}}$ 내에서 ρ_1과 ρ_2 사이의 레이를 제거하여 보정할 수 있다.

[0029] 단계(150)에서, 상기 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. 본 발명에서는, 이 때 가장 올바른 씨앗점을 선택하기 위해 수학식 4를 이용하여 간단하게 원형도를 추정하는 방법을 제안한다.

[0030]
$$R = \frac{\sum \Gamma(x,y)}{A},$$
$$\Gamma(x,y) = \begin{cases} 1, & \text{if } \sqrt{(x-p)^2 + (y-q)^2} < \tilde{r} \\ 0, & \text{otherwise} \end{cases}$$
수학식 4

[0031] 여기에서, A는 추정된 입자의 넓이이고, (p, q) 는 추정된 입자의 중심 좌표이며, (x, y)는 입자 내 픽셀의 좌표이다. 입자의 반지름 $\tilde{r}$은 $\sqrt{A/\pi}$ $\sqrt{A/\pi}$ 이고, 만약 입자 원형도 R이 임계값 δ보다 낮으면 해당 후보 입자는 제거될 수 있다.

[0032] 그리고 단계(160)에서, 상기 원형도 추정을 통해 복수의 후보 입자들을 설정하고, 상기 후보 입자들 중 최적의 후보입자만을 선택할 수 있다.

[0033] 하나의 입자 내에 여러 개의 씨앗점이 존재하고 원형도가 높은 다수의 후보 입자가 존재할 수 있다. 이러한 후보 입자들 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.

[0034] 단계(170)에서, 상기 선택된 복수의 입자들을 상기 경계선 지도의 경계선으로 누적할 수 있다. 다시 말해, 다양한 씨앗점들 중에서 최종 선택된 다수의 입자를 경계선 지도의 경계선으로 업데이트할 수 있다

[0035] 그리고 단계(180)에서, 상기 선택된 복수의 입자들을 입자 인식지도에 입자로 누적할 수 있다. 다시 말해, 다양한 씨앗점들 중에서 최종 선택된 다수의 입자를 입자 인식지도에 입자로 업데이트할 수 있다.

[0036] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 원본과 입자분할 결과를 나타내는 도면이다.

[0037] 도 4(a)은 원본을 나타내는 도면이고, 도 4(b)는 입자분할 결과를 나타내는 도면이다. 예를 들어 이때, β는 0.06, δ는 0.79, σ는 0.055, λ는 0.96일 수 있다. 먼저, 도 4(a)의 원본을 제안하는 방법인 적응적 임계값에 의해 입자 경계선을 대략적으로 추출할 수 있다. 그리고 입자의 볼록한 외형을 보장하기 위하여 격자모양의 씨앗점들로부터 시작하는 레이캐스팅을 수행할 수 있다. 그리고, 그 중에서 가장 원형인 입자를 최종 추출된 입자로 선택할 수 있다. 이러한 과정들은 몇 번에 걸쳐 반복적인 수행을 통해 분할 결과를 향상시킬 수 있고 도 4(b)와 같은 결과를 얻을 수 있다.

[0038] 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 경계선 지도 갱신의 예를 나타낸 도면이다.

[0039] 도 5(a) 내지 도 5(e)를 참조하면, 제안하는 방법의 과정들을 몇 번에 걸쳐 반복적으로 수행함으로써, 향상된 분할 결과를 얻을 수 있다.

[0040] 앞서 설명한 것과 같이, 물체의 윤곽선 검출 위해 많이 사용되는 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. 하지만 제안하는 방법에서는 별도의 사용자입력을 요구하지 않아, 정량적 분석을 위한 나노 구조의 자동 분할 기술로 사용할 수 있다. 그리고, 각각의 입자인식을 통해 지역적 분석 가능이 가능하다. 종래 기술에 따른 나노 구조를 분석하는 영상 분석 기술은 퓨리에 변환을 통한 전역적 정렬도 분석을 수행하였으나, 이는 영상 생성 및 촬영 조건에 따라 지역적으로 불분명한 형태를 보이는 영상에 대해서는 신뢰할 수 없는 성능을 보인다. 하지만 제안하는 방법에서는 각 입자에 대한 인식을 수행하고 있어, 일부 문제가 있는 영상에 대해서도 지역적으로 분석이 가능하다. 또한, 관련 기술 대비 뛰어난 분할 정확도를 나타낸다. 다시 말해, 지속적인 입자 인식과 경계선 갱신을 통해 입자와 입자의 사이가 얇고 불분명한 경계선에 대해서도 인식이 가능하여 관련 기술 대비 뛰어난 분할 성능을 보인다.

[0041] 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 전자현미경 영상의 입자 분할 장치를 나타내는 도면이다.

[0042] 전자현미경 영상의 입자 분할 장치는 추정부(610), 샘플링부(620), 보정부(630), 최종입자 선택부(640), 업데이트부(650), 출력부(660)를 포함할 수 있다.

[0043] 추정부(610)는 입자의 경계선 및 원형도를 추정할 수 있다. 그리고 추정부(610)는 경계선 추정부(611), 원형도 추정부(612)를 포함할 수 있다. 경계선 추정부(611)는 영상을 입력 받아 적응적 임계값에 의한 입자의 경계선을 추정할 수 있다. 원형도 경계선 추정부(611)는 상기 검출된 입자의 복수의 씨앗점들 중 최적의 씨앗점을 선택하기 위해 원형도를 추정할 수 있다. 경계선 추정부(611)는 영상을 입력 받아 적응적 임계값에 의한 입자의 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.

[0044] 원형도 추정부(612)는 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 생

성되므로, 하나의 입자에 여러 개의 후보 입자가 추정될 수 있다.

[0045] 샘플링부(620)는 상기 입자의 경계선을 인식하기 위해 상기 추정된 경계선 지도 상에서 레이캐스팅 기반 경계선 샘플링을 수행할 수 있다. 다시 말해, 경계선 지도 상에서 대략적인 경계선 샘플링을 통해 실제 입자의 경계선을 추정할 수 있다.

[0046] 보정부(630)는 상기 입자의 검출 여부를 확인하고, 상기 입자가 하나 이상 검출되었을 경우 상기 입자의 경계선을 보정할 수 있다. 보정부(630)는 먼저, 입자의 검출 여부를 확인할 수 있다. 입자가 하나 이상 검출되었을 경우, 입자의 경계선을 보정을 수행할 수 있다. 반면에, 입자가 검출되지 않았을 경우, 출력부(660)를 통해 현재까지의 입자 인식지도를 출력할 수 있다.

[0047] 최종 입자 선택부(640)는 상기 원형도 추정을 통해 복수의 후보 입자들을 설정하고, 상기 후보 입자들 중 최적의 후보입자만을 선택할 수 있다.

[0048] 업데이트부(650)는 상기 선택된 복수의 입자들을 상기 경계선 지도의 경계선으로 누적하고, 선택된 복수의 입자들을 입자 인식지도에 입자로 누적할 수 있다.

[0049] 출력부(660)는 상기 입자가 검출되지 않았을 경우, 현재까지의 입자 인식지도를 출력할 수 있다.

[0050] 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.

[0051] 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.

[0052] 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.

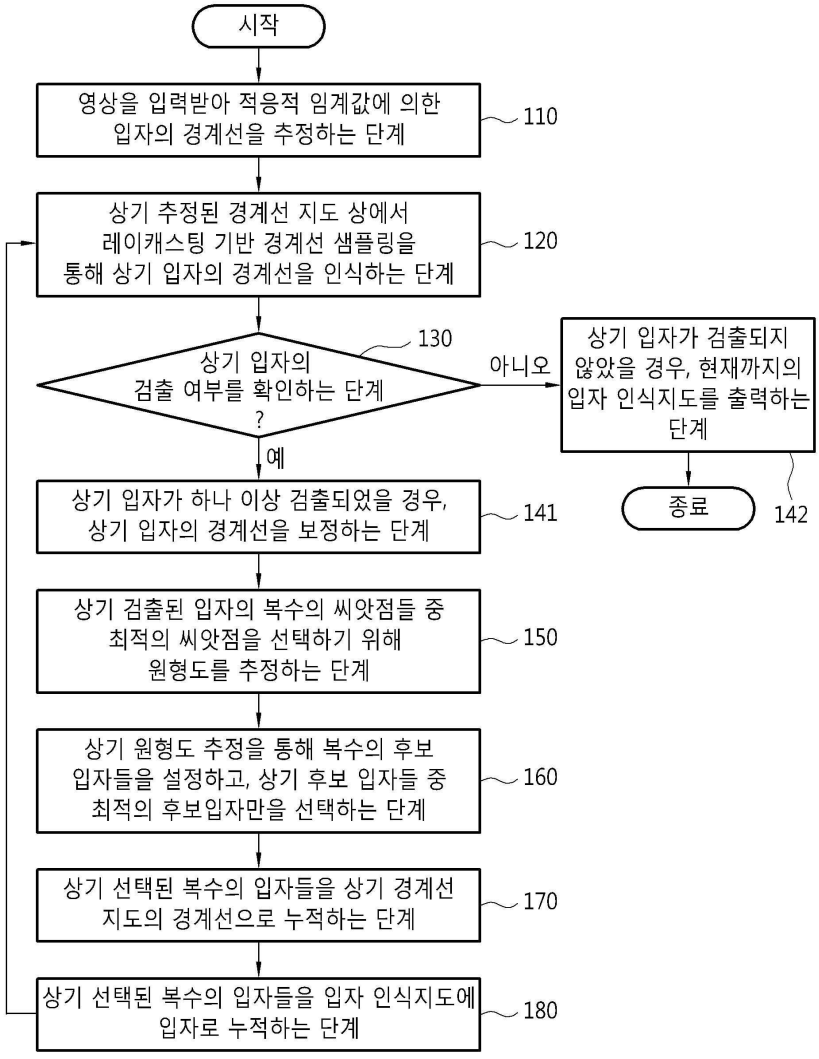
[0053] 이상과 같이 실시예들이 비록 한정된 실시예와 도면에 의해 설명되었으나, 해당 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 상기의 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다. 예를 들어, 설명된 기술들이 설명된 방법과 다

른 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.

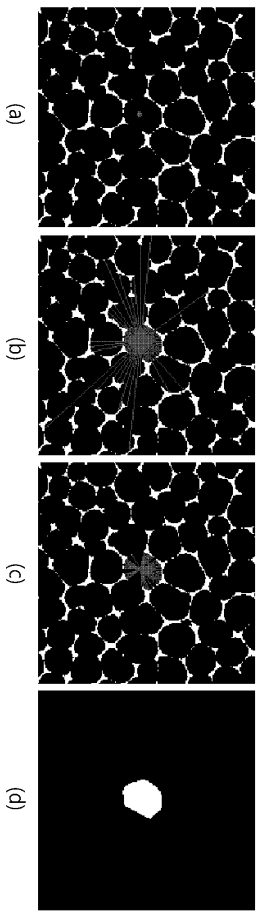
[0054] 그러므로, 다른 구현들, 다른 실시예들 및 특허청구범위와 균등한 것들도 후술하는 특허청구범위의 범위에 속한다.

도면

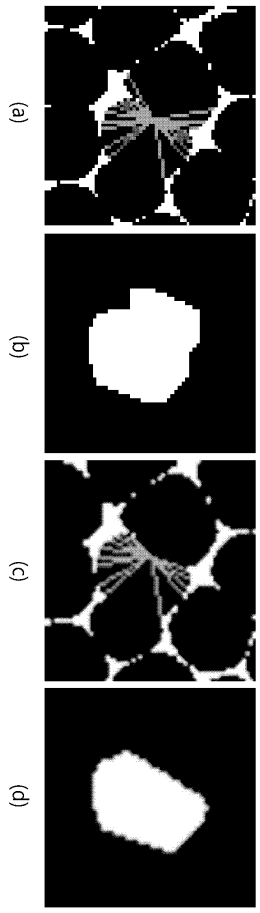
도면1



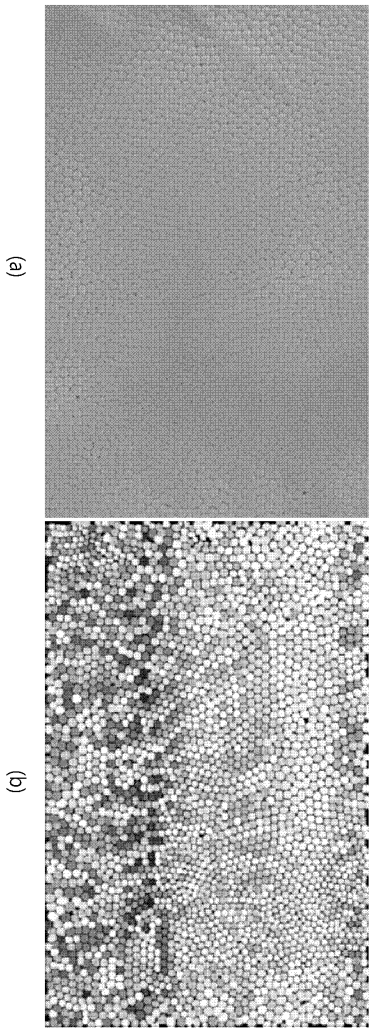
도면2



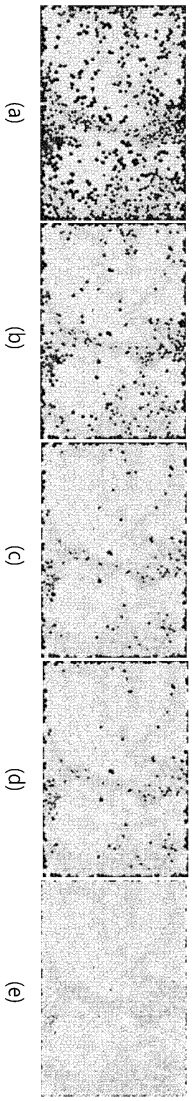
도면3



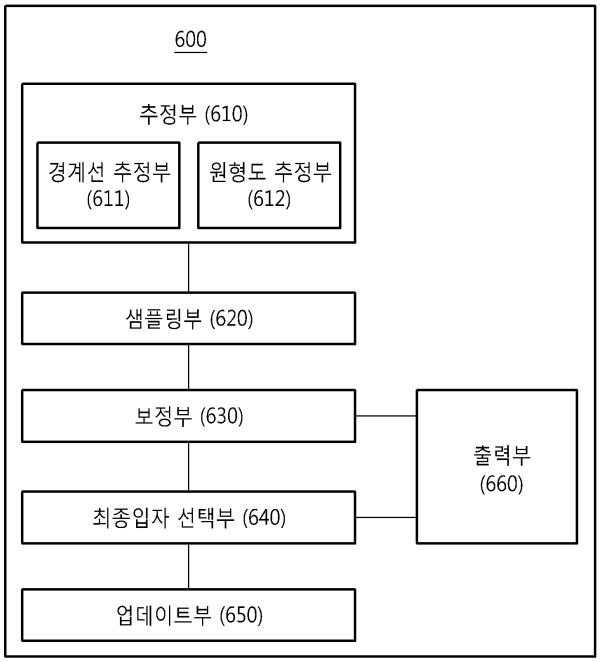
도면4



도면5



도면6


600
추정부 (610)
경계선 추정부 (611)
원형도 추정부 (612)
샘플링부 (620)
보정부 (630)
최종입자 선택부 (640)
업데이트부 (650)
출력부 (660)