(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2025-0097416
(43) 공개일자 2025년06월30일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01N 23/046 (2018.01) *G01N 23/18* (2018.01)
G06T 11/00 (2006.01) *G06T 3/06* (2024.01)
G06T 3/40 (2024.01) *G06T 7/00* (2017.01)
H01M 10/42 (2014.01)
(52) CPC특허분류
G01N 23/046 (2013.01)
G01N 23/18 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2023-0188681
(22) 출원일자 2023년12월21일
심사청구일자 없음

(71) 출원인
삼성에스디아이 주식회사
경기도 용인시 기흥구 공세로 150-20 (공세동)
울산과학기술원
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
(72) 발명자
우성호
경기도 수원시 영통구 삼성로 130 (매탄동)
김대식
경기도 수원시 영통구 삼성로 130 (매탄동)
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
특허법인아주

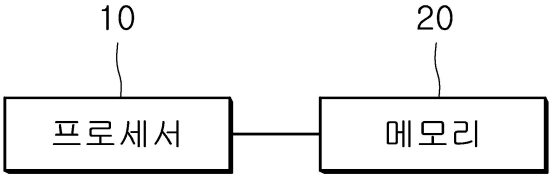
전체 청구항 수 : 총 16 항

(54) 발명의 명칭 **배터리 진단 장치 및 방법, 컴퓨터 프로그램**

(57) 요 약

본 개시는 배터리 진단 장치 및 방법, 컴퓨터 프로그램에 관한 것으로, 해결하고자 하는 기술적 과제는 종래의 파괴 분석법에 따른 배터리 셀의 진단의 한계를 벗어나, 비파괴 분석법인 CT(Computed Tomography)를 이용하여 배터리 셀의 변형과 같은 이상을 진단하는 배터리 진단 장치 및 방법, 컴퓨터 프로그램을 제공하는데 그 목적이 있다. 이를 위해 본 개시는 배터리 셀의 3차원 이미지가 펼쳐진 2차원 플랫 이미지를 생성하고, 2차원 플랫 이미지의 화소값으로서 그레이스케일 인텐시티를 분석하는 방식으로 배터리 셀의 내부 구조의 변형을 진단하는 구성을 제공한다.

대 표 도 - 도3



(52) CPC특허분류
G06T 11/003 (2013.01)
G06T 3/06 (2024.01)
G06T 3/40 (2024.01)
G06T 7/0004 (2013.01)
H01M 10/4285 (2013.01)
G01N 2223/401 (2013.01)
G01N 2223/419 (2013.01)
G01N 2223/607 (2013.01)
G06T 2207/10081 (2013.01)

(72) 발명자
이성국
경기도 수원시 영통구 삼성로 130 (매탄동)
김지영
경기도 수원시 영통구 삼성로 130 (매탄동)
이보람
경기도 수원시 영통구 삼성로 130 (매탄동)
이현욱
울산광역시 울주군 유니스트길 50
박창현
울산광역시 울주군 유니스트길 50
정욱현
울산광역시 울주군 유니스트길 50

명 세 서

청구범위

청구항 1

프로세서; 및

상기 프로세서에 의해 실행되는 명령어를 저장하는 메모리;를 포함하고,

상기 프로세서는,

배터리의 3차원 이미지가 펼쳐진(spread out) 2차원 플랫(flat) 이미지를 생성하고,

상기 2차원 플랫 이미지를 복수의 구역으로 구분하며,

상기 복수의 구역 간 화소값의 변화를 토대로 상기 배터리를 진단하는 것을 특징으로 하는 배터리 진단 장치.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 프로세서는, 상기 배터리의 3차원 이미지로부터 상기 배터리의 단면 이미지를 생성하고, 상기 생성된 단면 이미지의 화소값에 따라 복수의 포인트를 상기 단면 이미지 상에 플롯팅(plotting)시켜 적어도 일부가 라운딩된(rounded) 플롯 데이터를 생성하며, 상기 생성된 플롯 데이터를 선형화시키는 방식으로 상기 2차원 플랫 이미지를 생성하는 것을 특징으로 하는 배터리 진단 장치.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 복수의 구역 간 화소값의 변화를 파악하기 위한 과정으로서, 상기 프로세서는, 각 구역에서 화소값의 피크(peak)가 나타나는 복수의 피크 위치를 파악하되, 상기 복수의 피크 위치는 상기 2차원 플랫 이미지의 특정 위치를 기준으로 정규화된 값을 갖는 것을 특징으로 하는 배터리 진단 장치.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 복수의 구역에 걸쳐 나타나는, 특정 피크 위치에 해당하는 화소값의 피크의 변화를 분석하는 과정이 피크 변화 분석 과정으로 정의될 때,

상기 프로세서는, 상기 피크 변화 분석 과정을 상기 복수의 피크 위치 각각에 대하여 반복 수행한 후, 그 반복 수행의 결과를 토대로 상기 배터리를 진단하는 것을 특징으로 하는 배터리 진단 장치.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 프로세서는, 상기 복수의 구역 내의 진단 대상 구간에 걸쳐 나타나는, 각 피크 위치에 해당하는 화소값의 피크의 변화율을 분석하는 방식으로 상기 배터리의 내부 구조의 변형(deformation)을 진단하는 것을 특징으로 하는 배터리 진단 장치.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 프로세서는, 각각의 피크 위치에 대한 복수의 변화율 중 아웃라이어(outlier) 변화율에 해당하는 피크 위치에서 상기 배터리의 내부 구조의 변형이 발생한 것으로 판단하는 것을 특징으로 하는 배터리 진단 장치.

청구항 7

제5항에 있어서,

상기 진단 대상 구간은, 상기 복수의 구역 내에서, 각 피크 위치에 해당하는 화소값의 피크의 변화율이 포화(saturation)되는 포화 구간을 제외한 구간인 것을 특징으로 하는 배터리 진단 장치.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 배터리의 3차원 이미지는 CT(Computed Tomography) 이미지로 구현되고, 상기 화소값은 CT 이미지의 그레이스케일 인텐시티(greyscale intensity)인 것을 특징으로 하는 배터리 진단 장치.

청구항 9

프로세서가, 배터리의 3차원 이미지가 펼쳐진(spread out) 2차원 플랫(flat) 이미지를 생성하는 단계;

상기 프로세서가, 상기 생성된 2차원 플랫 이미지를 복수의 구역으로 구분하는 단계; 및

상기 프로세서가, 상기 복수의 구역 간 화소값의 변화를 토대로 상기 배터리를 진단하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 배터리 진단 방법.

청구항 10

제9항에 있어서,

상기 2차원 플랫 이미지를 생성하는 단계에서, 상기 프로세서는,

상기 배터리의 3차원 이미지로부터 상기 배터리의 단면 이미지를 생성하고, 상기 생성된 단면 이미지의 화소값에 따라 복수의 포인트를 상기 단면 이미지 상에 플롯팅(plotting)시켜 적어도 일부가 라운딩된(rounded) 플롯 데이터를 생성하며, 상기 생성된 플롯 데이터를 선형화시키는 방식으로 상기 2차원 플랫 이미지를 생성하는 것을 특징으로 하는 배터리 진단 방법.

청구항 11

제9항에 있어서,

상기 배터리를 진단하는 단계에서, 상기 프로세서는,

각 구역에서 화소값의 피크(peak)가 나타나는 복수의 피크 위치를 파악하되, 상기 복수의 피크 위치는 상기 2차원 플랫 이미지의 특정 위치를 기준으로 정규화된 값을 갖는 것을 특징으로 하는 배터리 진단 방법.

청구항 12

제11항에 있어서,

상기 복수의 구역에 걸쳐 나타나는, 특정 피크 위치에 해당하는 화소값의 피크의 변화를 분석하는 과정이 피크 변화 분석 과정으로 정의될 때,

상기 배터리를 진단하는 단계에서, 상기 프로세서는,

상기 피크 변화 분석 과정을 상기 복수의 피크 위치 각각에 대하여 반복 수행한 후, 그 반복 수행의 결과를 토대로 상기 배터리를 진단하는 것을 특징으로 하는 배터리 진단 방법.

청구항 13

제12항에 있어서,

상기 배터리를 진단하는 단계에서, 상기 프로세서는,

상기 복수의 구역 내의 진단 대상 구간에 걸쳐 나타나는, 각 피크 위치에 해당하는 화소값의 피크의 변화율을 분석하는 방식으로 상기 배터리의 내부 구조의 변형(Deformation)을 진단하는 것을 특징으로 하는 배터리 진단 방법.

청구항 14

제13항에 있어서,

상기 배터리를 진단하는 단계에서, 상기 프로세서는,

각각의 피크 위치에 대한 복수의 변화율 중 아웃라이어(outlier) 변화율에 해당하는 피크 위치에서 상기 배터리의 내부 구조의 변형이 발생한 것으로 판단하는 것을 특징으로 하는 배터리 진단 방법.

청구항 15

제13항에 있어서,

상기 진단 대상 구간은, 상기 복수의 구역 내에서, 각 피크 위치에 해당하는 화소값의 피크의 변화율이 포화(saturation)되는 포화 구간을 제외한 구간인 것을 특징으로 하는 배터리 진단 방법.

청구항 16

하드웨어와 결합되어,

배터리의 3차원 이미지가 펼쳐진(spread out) 2차원 플랫(flat) 이미지를 생성하는 단계;

상기 생성된 2차원 플랫 이미지를 복수의 구역으로 구분하는 단계; 및

상기 복수의 구역 간 화소값의 변화를 토대로 상기 배터리를 진단하는 단계;를 실행시키기 위해 컴퓨터 판독 가능 저장 매체에 저장된 컴퓨터 프로그램.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 개시는 배터리 셀을 진단하는 기술에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0003] 이차 전지는 충전이 불가능한 일차 전지와는 달리 충전 및 방전이 가능한 전지이다. 저용량의 이차 전지는 스마트폰, 피처폰, 노트북 컴퓨터, 디지털 카메라 및 캠코더와 같이 휴대가 가능한 소형 전자기기에 사용되고, 대용

량의 이차 전지는 하이브리드 자동차, 전기 자동차 등의 모터 구동용 전원 및 전력 저장용 전지 등으로 널리 사용되고 있다. 이러한 이차 전지는 양극 및 음극으로 이루어지는 전극 조립체, 이를 수용하는 케이스, 전극 조립체에 연결되는 전극 단자 등을 포함한다.

[0004] 이차 전지에 적용되는 리튬이온 셀과 같은 배터리 셀은 지속적인 충방전으로 인해 그 내부에 화학 반응이 발생하게 되며, 이에 따라 셀의 열화 및 성능 저하를 초래한다. 특히, 충방전 중 발생하는 배터리 셀의 내부 변형(deformation)은 열화 및 성능 저하에 영향을 미치는 주요 요인이다. 열화 현상을 분석하기 위해서 일반적으로 배터리 셀을 해체하여 분석을 진행하는 파괴 분석이 주로 활용되었다. 하지만, 이러한 파괴 분석법은 배터리 셀의 해체 과정에서 필연적으로 내부 손상이 야기되며, 실제적인 성능 저하의 원인을 밝히기 어렵고, 충방전 진행에 따른 열화 경향성을 확인하기가 제한적이다.

[0005] 이러한 발명의 배경이 되는 기술에 개시된 상술한 정보는 본 발명의 배경에 대한 이해도를 향상시키기 위한 것뿐이며, 따라서 종래 기술을 구성하지 않는 정보를 포함할 수도 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 본 발명은 종래의 파괴 분석법에 따른 배터리 셀의 진단의 한계를 벗어나, 비파괴 분석법인 CT(Computed Tomography)를 이용하여 배터리 셀의 변형과 같은 이상을 진단하는 배터리 진단 장치 및 방법, 컴퓨터 프로그램을 제공하는데 그 목적이 있다.

[0008] 다만, 본 발명이 해결하고자 하는 기술적 과제는 상술한 과제에 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 과제들은 아래에 기재된 발명의 설명으로부터 당업자에게 명확하게 이해될 수 있다.

과제의 해결 수단

[0010] 상기 기술적 과제를 해결하기 위한 본 발명의 일 실시예에 따른 배터리 진단 장치는 배터리 셀의 3차원 이미지가 펼쳐진(spreaded out) 2차원 플랫(flat) 이미지를 생성하고, 2차원 플랫 이미지의 화소값으로서 그레이스케일 인텐시티(greyscale intensity)를 분석하는 방식으로 배터리 셀의 내부 구조의 변형을 진단하는 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

[0012] 본 발명에 따르면, 배터리 셀의 진단 시 3D CT 이미지 기반의 비파과 분석을 적용함으로써, 파괴 분석을 적용함에 따라 야기되었던 배터리 셀의 내부 손상을 제거하고, 배터리 셀의 성능 저하에 대한 실제적인 원인을 파악할 수 있으며, 충방전 진행에 따른 변형의 경향성을 보다 용이하게 확인할 수 있다.

[0013] 다만, 본 발명을 통해 얻을 수 있는 효과는 상술한 효과들에 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 기술적인 효과들은 아래에 기재된 발명의 설명으로부터 당업자에게 명확하게 이해 될 수 있을 것이다.

도면의 간단한 설명

[0015] 본 명세서에 첨부되는 다음의 도면들은 본 발명의 바람직한 실시예를 예시하는 것이며, 후술되는 발명의 상세한 설명과 함께 본 발명의 기술사상을 더욱 이해시키는 역할을 하는 것이므로, 본 발명은 그러한 도면에 기재된 사항에만 한정되어 해석되어서는 아니된다.

도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 원통형 배터리를 도시한 것;

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 원통형 배터리의 단면도를 도시한 것;

도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 배터리 진단 장치의 블록구성도를 도시한 것;

도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 배터리 진단 장치에서 3차원 CT 이미지로부터 2차원 플랫 이미지가 생성되는 과정을 도시한 것;

도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 배터리 진단 장치에서 최종 생성된 2차원 플랫 이미지의 실예를 도시한 것;

도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 배터리 진단 장치에서 진단 대상이 되는 배터리의 내부 변형의 실예를 도시한 것;

도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 배터리 진단 장치에서 2차원 플랫 이미지의 제1 내지 제N 구역의 예시를 도시한 것;

도 8 및 도 9는 본 발명의 일 실시예에 따른 배터리 진단 장치에서 배터리의 내부 변형을 진단하는 과정의 예시를 도시한 것;

도 10은 본 발명의 일 실시예에 따른 배터리 진단 장치에서 2차원 플랫 이미지에 반영된 고유 노이즈 영역 및 배터리의 내부 변형 영역의 실예를 도시한 것;

도 11 및 도 12는 본 발명의 일 실시예에 따른 배터리 진단 장치에서 2차원 플랫 이미지에 반영된 고유 노이즈 영역 및 배터리의 내부 변형 영역을 구분하는 과정의 예시를 도시한 것;

도 13은 본 발명의 일 실시예에 따른 배터리 진단 방법의 흐름도를 도시한 것;

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0016] 이하 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예를 상세히 설명한다. 이에 앞서, 본 명세서 및 청구범위에 사용된 용어나 단어는 통상적이거나 사전적인 의미로 한정해서 해석되어서는 아니 되며, 발명자는 그 자신의 발명을 가장 최선의 방법으로 설명하기 위해 용어의 개념을 적절하게 정의할 수 있다는 원칙에 입각하여 본 발명의 기술적 사상에 부합하는 의미와 개념으로 해석되어야만 한다. 따라서, 본 명세서에 기재된 실시예와 도면에 도시된 구성은 본 발명의 가장 바람직한 일부 실시예에 불과할 뿐이고 본 발명의 기술적 사상을 모두 대변하는 것은 아니므로, 본 출원시점에 있어서 이들을 대체할 수 있는 다양한 균등물과 변형예들이 있을 수 있음을 이해하여야 한다. 또한, 본 명세서에서 사용되는 경우 "포함한다(comprise, include)" 및/또는 "포함하는(comprising, including)"은 언급한 형상들, 숫자, 단계, 동작, 부재, 요소 및/또는 이들 그룹의 존재를 특정하는 것이며, 하나 이상의 다른 형상, 숫자, 동작, 부재, 요소 및 /또는 그룹들의 존재 또는 부가를 배제하는 것이 아니다. 또한, 본 발명의 실시 예들을 기술할 때 "~할 수 있다", "~일 수 있다"는 "본 발명의 하나 이상의 실시 예" 를 포함할 수 있다.

[0017] 또한, 발명의 이해를 돕기 위하여, 첨부된 도면을 실제 축척대로 도시된 것이 아니라 일부 구성요소의 치수가 과장되게 도시될 수 있다. 또한, 서로 다른 실시예에서 동일한 구성요소에 대해서는 동일한 참조번호가 부여될 수 있다.

[0018] 2개의 비교 대상이 '동일'하다는 언급은 '실질적으로 동일'한 것을 의미한다. 따라서 실질적 동일은 당업계에서 낮은 수준으로 간주되는 편차, 예를 들어 5% 이내의 편차를 가지는 경우를 포함할 수 있다. 또한, 소정 영역에서 어떠한 파라미터가 균일하다는 것은 평균적 관점에서 균일하다는 것을 의미할 수 있다.

[0019] 비록 제1, 제2 등이 다양한 구성요소들을 서술하기 위해서 사용되나, 이들 구성요소들은 이들 용어에 의해 제한되지 않음은 물론이다. 이들 용어들은 단지 하나의 구성요소를 다른 구성요소와 구별하기 위하여 사용하는 것으로, 특별히 반대되는 기재가 없는 한, 제1 구성요소는 제2 구성요소일 수도 있음은 물론이다.

[0020] 명세서 전체에서, 특별히 반대되는 기재가 없는 한, 각 구성요소는 단수일 수도 복수일 수도 있다.

[0021] 구성요소의 "상부(또는 하부)" 또는 구성요소의 "상(또는 하)"에 임의의 구성이 배치된다는 것은, 임의의 구성이 상기 구성요소의 상면(또는 하면)에 접하여 배치되는 것 뿐만 아니라, 상기 구성요소와 상기 구성요소 상에(또는 하에) 배치된 임의의 구성 사이에 다른 구성이 개재될 수 있음을 의미할 수 있다.

[0022] 또한 어떤 구성요소가 다른 구성요소에 "연결", "결합" 또는 "접속"된다고 기재된 경우, 상기 구성요소들은 서로 직접적으로 연결되거나 또는 접솔될 수 있지만, 각 구성요소 사이에 다른 구성요소가 "개재"되거나, 각 구성요소가 다른 구성요소를 통해 "연결", "결합" 또는 "접속"될 수도 있는 것으로 이해되어야 할 것이다. 또한, 어떤 부분이 다른 부분과 전기적으로 연결(electrically coupled)되어 있다고 할 때, 이는 직접적으로 연결되어 있는 경우뿐만 아니라 그 중간에 다른 소자를 사이에 두고 연결되어 있는 경우도 포함한다.

[0023] 명세서 전체에서 "A 및/또는 B"라고 할 때, 이는 특별한 반대되는 기재가 없는 한, A, B 또는 A 및 B를 의미한다. 즉, "및/또는"은 열거된 복수의 항목들의 모든 조합 또는 임의의 조합을 포함한다. "C 내지 D"라고 할 때, 이는 특별한 반대되는 기재가 없는 한, C 이상이고 D 이하인 것을 의미한다.

[0025] 1. 진단 대상 배터리

[0026] 본 실시예에서 진단 대상은 젤리 롤(Jelly Roll)과 같은 와인딩(winding) 공정이 적용된 배터리에 해당할 수 있으며, 예를 들어 원통형 리튬 이온 이차전지 또는 각형 리튬 이온 이차전지에 해당할 수 있다. 이하에서는 실시예의 이해를 돕기 위해 진단 대상이 되는 배터리가 원통형 리튬 이온 이차전지 셀(이하, 배터리 셀로 표기한다)에 해당하는 것으로 설명하지만, 전극 조립체(양극판, 세퍼레이터 및 음극판을 포함하는 구성으로 정의한다)의 와인딩 공정에 따라 제조되는 범위 내에서 본 실시예는 배터리의 다양한 구조 및 형태에 적용될 수 있다.

[0027] 본 실시예에서 포커싱하는 배터리 진단 과정에 대한 설명에 앞서, 먼저 진단 대상이 될 수 있는 배터리 셀로서 도 1 및 도 2에 도시된 원통형 배터리 셀의 구조에 대하여 개괄적으로 설명하기로 한다.

[0028] 도 1 및 도 2에 도시된 바와 같이, 본 실시예에 따른 원통형 배터리 셀(100)은 원통형 캔(110)과, 전극 조립체(120)와, 캡 조립체(140)를 포함할 수 있다. 또한, 원통형 배터리 셀(100)은, 경우에 따라, 센터핀(130)을 더 포함할 수 있다. 또한, 본 발명의 실시예에 따른 배터리 셀(100)에서, 캡 조립체(140)는 전류 차단 동작도 수행하기 때문에, 경우에 따라 전류 차단 디바이스(Current Interrupt Device)로 지칭되기도 한다.

[0029] 원통형 캔(110)은 대략 원형의 바닥부(111)와, 바닥부(111)의 둘레로부터 상부 방향으로 일정 길이 연장된 원통형 측벽(112)을 포함할 수 있다. 이차 전지의 제조 공정 중 원통형 캔(110)의 상부는 개방되어 있다. 따라서, 이차 전지의 조립 공정 중 전극 조립체(120) 및 센터핀(130)이 전해액과 함께 원통형 캔(110)에 삽입될 수 있다. 원통형 캔(110)은, 예를 들면, 한정하는 것은 아니지만, 스틸, 스테인레스 스틸, 알루미늄, 알루미늄 합금 또는 이의 등가물로 제조될 수 있다.

[0030] 또한, 원통형 캔(110)은 캡 조립체(140)가 외부로 이탈되지 않도록 캡 조립체(140)를 중심으로 그 하부에 내부로 함몰된 비딩부(beading part)(113)와, 그 상부에 내부로 절곡된 크림핑부(crimping part)(114)를 포함할 수 있다.

[0031] 전극 조립체(120)는 원통형 캔(110)의 내부에 수용될 수 있다. 전극 조립체(120)는 음극 활물질(예를 들면, 흑연, 탄소 등등)이 음극 집전판에 코팅된 음극판(121), 양극 활물질(예를 들면, 전이금속산화물(LiCoO2, LiNiO2, LiMn2O4 등등))이 양극 집전판에 코팅된 양극판(122) 및, 음극판(121)과 양극판(122) 사이에 위치되어 쇼트를 방지하고 리튬 이온의 이동만 가능하게 하는 세퍼레이터(123)를 포함할 수 있다. 또한, 음극판(121), 양극판(122) 및 세퍼레이터(123)는 대략 원기둥 형태로 권취될 수 있다. 여기서, 예를 들면, 한정하는 것은 아니지만, 음극 집전판은 구리(Cu) 포일, 양극판 집전판은 알루미늄(Al) 포일, 세퍼레이터는 폴리에틸렌(PE) 또는 폴리프로필렌(PP)로 제조될 수 있다.

[0032] 또한, 음극판(121)에는 하부로 일정 길이 돌출되어 연장된 음극탭(124)이 용접되고, 양극판(122)에는 상부로 일정 길이 돌출되어 연장된 양극탭(125)이 용접될 수 있으나, 그 반대도 가능하다. 더불어, 예를 들면, 한정하는 것은 아니지만, 음극탭(124)은 구리(Cu) 또는 니켈(Ni), 양극탭(125)은 알루미늄(Al)으로 형성될 수 있다.

[0033] 또한, 전극 조립체(120)의 음극탭(124)은 원통형 캔(110)의 바닥부(111)에 용접될 수 있다. 따라서 원통형 캔(110)은 음극으로 동작할 수 있다. 물론, 반대로 양극탭(125)이 원통형 캔(110)의 바닥부(111)에 용접될 수 있으며, 이러한 경우 원통형 캔(110)은 양극으로 동작할 수 있다.

[0034] 더불어, 원통형 캔(110)에 결합되며, 중앙에 제1홀(126a) 및 그 외측에 제2홀(126b)이 형성된 제1절연판(126)이 전극 조립체(120)와 바닥부(111)의 사이에 개재될 수 있다. 이러한 제1절연판(126)은 전극 조립체(120)가 원통형 캔(110) 중 바닥부(111)에 전기적으로 접촉되지 않도록 하는 역할을 한다. 특히, 제1절연판(126)은 전극 조립체(120) 중 양극판(122)이 바닥부(111)에 전기적으로 접촉되지 않도록 하는 역할을 한다. 여기서, 제1홀(126a)은 이차 전지의 이상에 의해 다량의 가스가 발생하였을 경우, 가스가 센터핀(130)을 통해 상부로 신속히 이동하도록 하는 역할을 하고, 제2홀(126b)은 음극탭(124)이 관통하여 바닥부(111)에 용접될 수 있도록 하는 역할을 한다.

[0035] 또한, 원통형 캔(110)에 결합되며, 중앙에 제1홀(127a) 및 그 외측에 다수의 제2홀(127b)이 형성된 제2절연판(127)이 전극 조립체(120)와 캡 조립체(140)의 사이에 개재될 수 있다. 이러한 제2절연판(127)은 전극 조립체

(120)가 캡 조립체(140)에 전기적으로 접촉되지 않도록 하는 역할을 한다. 특히, 제2절연판(127)은 전극 조립체(120) 중 음극판(121)이 캡 조립체(140)에 전기적으로 접촉하지 않도록 하는 역할을 한다. 여기서, 제1홀(127a)은 이차 전지의 이상에 의해 다량의 가스가 발생하였을 경우, 가스가 캡 조립체(140)로 신속히 이동하도록 하는 역할을 하고, 제2홀(127b)은 양극탭(125)이 관통하여 캡 조립체(140)에 용접될 수 있도록 하는 역할을 한다. 또한 나머지 제2홀(127b)은 전해액 주입 공정에서, 전해액이 상기 전극 조립체(120)로 신속히 흘러 들어가도록 하는 역할을 한다.

[0036] 더불어, 제1,2절연판(126,127)의 제1홀(126a,127a)의 직경은 센터핀(130)의 직경보다 작게 형성됨으로써, 외부 충격에 의해 센터핀(130)이 원통형 캔(110)의 바닥부(111) 또는 캡 조립체(140)에 전기적으로 접촉되지 않도록 한다.

[0037] 센터핀(130)은 속이 비어 있는 원형 파이프 형태로서, 전극 조립체(120)의 대략 중앙에 결합될 수 있다. 이러한 센터핀(130)은, 예를 들면, 한정하는 것은 아니지만, 스틸, 스테인레스 스틸, 알루미늄, 알루미늄 합금 또는 폴리부틸렌 테프탈레이트(PolyButylene Terepthalate)로 제조될 수 있다. 이러한 센터핀(130)은 배터리의 충방전 중 전극 조립체(120)의 변형을 억제하는 역할을 하며, 이차 전지의 내부에서 발생하는 가스의 이동 통로 역할을 한다. 물론, 경우에 따라 이러한 센터핀(130)은 생략될 수도 있다.

[0038] 캡 조립체(140)는 탑 플레이트(141), 미들 플레이트(142), 절연 플레이트(143) 및 바텀 플레이트(144)를 포함할 수 있다.

[0039] 미들 플레이트(142)는 탑 플레이트(141)의 하부에 위치되고, 대략 평평한 형태를 할 수 있다.

[0040] 절연 플레이트(143)는 하부에서 보았을 때 일정 폭을 갖는 원형 링 형태로 형성될 수 있다. 또한, 이러한 절연 플레이트(143)는 미들 플레이트(142)와 바텀 플레이트(144)를 상호간 절연시키는 역할을 한다. 절연 플레이트(143)는, 예를 들면, 한정하는 것은 아니지만, 미들 플레이트(142)와 바텀 플레이트(144)의 사이에 개재되어 초음파 용접될 수 있다.

[0041] 상기와 같은 구조의 원통형 배터리 셀(100)은 수명 진행에 따라 그 내부 구조(예: 전극 조립체)에 변형이 발생할 수 있다. 이러한 배터리 셀(100)의 내부 구조의 변형이 상당히 진전된 경우 3차원 CT(Computed Tomography) 이미지를 통해 육안으로 확인이 가능하지만, 젤리 롤과 같은 와인딩 공정이 적용된 원통형 배터리 셀(100)의 경우 직관적으로 내부 구조의 변형을 확인하기가 어려우며, 내부 구조가 변형되는 초기 단계에서 발생하는 미세 변형의 경우 3차원 CT 이미지만으로 파악되기 어려운 한계가 있다.

[0042] 이에, 본 실시예는 배터리 셀(100)의 3차원 CT 이미지에서 나타나는 전극 조립체(120)의 명암 대비를 그레이스케일 인텐시티(greayscale intensity)를 기반으로 플롯팅(plotting)하는 방식을 통해, 3차원 CT 이미지가 펼쳐진(spread out) 2차원 플랫 이미지를 생성하고, 이와 같이 생성된 2차원 플랫 이미지를 이용하여 배터리 셀(100)의 내부 구조의 변형을 진단하는 구성을 채용하며, 이하에서 그 과정에 대하여 구체적으로 설명한다.

[0044] <u>2. 2차원 플랫 이미지의 생성</u>

[0045] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 배터리 진단 장치의 블록구성도를 도시한 것이고, 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 배터리 진단 장치에서 3차원 CT 이미지로부터 2차원 플랫 이미지가 생성되는 과정을 도시한 것이며, 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 배터리 진단 장치에서 최종 생성된 2차원 플랫 이미지의 실예를 도시한 것이고, 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 배터리 진단 장치에서 진단 대상이 되는 배터리의 내부 변형의 실예를 도시한 것이다.

[0046] 도 3에 도시된 것과 같이, 본 실시예의 배터리 진단 장치는 프로세서(10) 및 메모리(20)를 포함할 수 있다.

[0047] 프로세서(10)는 본 실시예에서 배터리(예: 배터리 셀(100))를 진단하는 주체로서, 중앙 처리 장치(CPU: Central Processing Unit) 또는 SoC(System on Chip)로 구현될 수 있으며, 운영 체제 또는 어플리케이션을 구동하여 프로세서(10)에 연결된 복수의 하드웨어 또는 소프트웨어 구성요소들을 제어할 수 있고, 각종 데이터 처리 및 연산을 수행할 수 있다. 프로세서(10)는 메모리(20)에 저장된 적어도 하나의 명령을 실행시키고, 그 실행 결과 데이터를 메모리(20)에 저장하도록 구성될 수 있다.

[0048] 메모리(20)에는 프로세서(10)에 의해 실행되는 적어도 하나의 명령이 저장되어 있을 수 있다. 이러한 메모리(20)는 휘발성 저장 매체 및/또는 비휘발성 저장 매체로 구현될 수 있으며, 예를 들어 읽기 전용 메모리(ROM:

Read Only Memory) 및/또는 랜덤 액세스 메모리(RAM: Random Access Memory)로 구현될 수 있다. 또한, 메모리(20)에는 진단 대상이 되는 배터리의 3차원 CT 이미지가 미리 저장되어 있을 수 있으며, 예를 들어 3차원 CT 이미지는 배터리의 내부 상태를 진단하기 위한 통상의 CT 장치를 통해 사전에 획득되어 메모리(20)에 미리 저장되어 있을 수 있다. 도 4(a)는 3차원 CT 이미지의 개념도를 보이고 있다.

[0049] 3차원 CT 이미지로부터 2차원 플랫 이미지를 생성하기 위해, 프로세서(10)는 우선적으로 3차원 CT 이미지로부터 배터리의 단면 이미지를 생성할 수 있다. 배터리의 높이 방향 축(즉, 월드 좌표에서 z축)이 제1축으로 정의될 때, 프로세서(10)는 배터리에 대한 제1축 방향을 기준으로 미리 설정된 간격에 따라 3차원 CT 이미지를 슬라이싱하여 복수의 단면 이미지를 생성할 수 있다. 생성되는 단면 이미지의 수는 진단 대상이 되는 배터리의 크기 또는 사양, 그리고 설계자의 의도 및 실험적 결과에 기초하여 미리 결정되어 있을 수 있다(예: 800 내지 1000개). 실시예의 이해를 돕기 위해 도 4(f)에서는 네 개의 단면 이미지가 마련된 예시를 도시하였다.

[0050] 3차원 CT 이미지는 그레이스케일(회색조, greyscale)로 구성됨에 따라, 단면 이미지 또한 그레이스케일로 구성된다. 이하에서 표기하는 단면 이미지의 화소값은 그레이스케일 인텐시티(greyscale intensity)일 수 있다. 단면 이미지의 최외곽 부분은 원통형 캔(110)에 대응되는, 화소값이 최소인 부분에 해당할 수 있다. 또한, 전극 조립체(120)의 와인딩 공정에 따라, 단면 이미지의 중심으로부터 일 외측으로 연장되는 가상선 상에서 단면 이미지의 화소값의 피크(peak)가 주기적으로 나타날 수 있다.

[0051] 한편, 3차원 CT 이미지를 직접 펼쳐 2차원 플랫 이미지를 생성함은 불가능하므로, 3차원 CT 이미지를 펼치기 위해서는 소정의 기준 데이터가 필요하며, 이를 위해 프로세서(10)는 전술한 단면 이미지의 그레이스케일 구조를 기반으로, 3차원 CT 이미지를 펼쳐 2차원 플랫 이미지를 생성하기 위해 이용되는 플롯 데이터를 생성할 수 있다. 본 명세서에서 표기되는, 3차원 CT 이미지를 '펼친다(spread out)' 함은 언롤링(unrolling) 또는 언폴딩(unfolding)을 의미할 수 잇다.

[0052] 프로세서(10)는 단면 이미지의 화소값에 따라 복수의 포인트를 단면 이미지 상에 플롯팅(plotting)시켜 적어도 일부가 라운딩된(rounded) 플롯 데이터를 생성할 수 있다.

[0053] 도 4(b) 내지 (e)는 단면 이미지에 플롯 데이터가 생성되는 과정을 보이고 있다. 먼저, 도 4(b)에 도시된 것과 같이 프로세서(10)는 단면 이미지의 중심에 중심 포인트(CP)를 플롯팅할 수 있다. 이 경우, 프로세서(10)는 단면 이미지 상에서 화소값이 최소인 원통형 캔(110) 부분을 인식하여 그 중심에 중심 포인트(CP)를 플롯팅할 수 있다.

[0054] 이후, 도 4(c)에 도시된 것과 같이 프로세서(10)는 중심 포인트(CP)로부터 단면 이미지의 일 외측으로 연장되는 가상선(L) 상에서 단면 이미지의 화소값의 피크(peak)가 나타나는 복수의 위치에 복수의 기준 포인트(RP)를 플롯팅할 수 있다.

[0055] 이후, 도 4(d)에 도시된 것과 같이 프로세서(10)는 복수의 기준 포인트(RP)와 동일한 화소값을 갖는 위치를 트랙킹(tracking)하면서 포인트를 연속적으로 플롯팅시키는 방식으로 플롯 데이터(PD)를 생성할 수 있다. 원통형 배터리 셀(100)의 경우, 프로세서(10)는 도 4(d)에 도시된 것과 같이 단면 이미지를 360° 회전시키는 방식으로 각 기준 포인트(RP)와 동일한 화소값을 갖는 위치에 포인트를 연속적으로 플롯팅시켜 플롯 데이터(PD)를 생성할 수 있다. 단면 이미지의 360° 회전마다 생성되는 플롯 데이터를 서브 플롯 데이터(SPD)로 정의할 때, 단면 이미지에는 전극 조립체(120)의 권취 횟수에 대응되는 수의 서브 플롯 데이터(SPD)가 생성되며, 도 4(e)에는 플롯 데이터(PD) 중 단면 이미지의 중심에 가장 가까운 네 개의 서브 플롯 데이터(SPD1 ~ SPD4)만을 도시하였다(도 4(e)에는 표시기호 '-'를 사용하여 각 서브 플롯 데이터의 경계를 명확히 표시하였다).

[0056] 위의 도 4(b) 내지 (e)의 플롯 데이터 생성 과정은 프로세서(10)에 의해 생성된 복수의 단면 이미지 각각에 대하여 수행되며, 도 4(f)는 네 개의 단면 이미지(IMG1 ~ IMG4)에 각각 플롯 데이터가 생성된 예시를 보이고 있다.

[0057] 이후, 프로세서(10)는 복수의 단면 이미지 각각에 대하여 생성된 복수의 플롯 데이터를 선형화시켜 2차원 플랫 이미지를 생성할 수 있으며, 즉 라운드 형태의 플롯 데이터를 직선 형태로 선형화시켜 복수의 단면 이미지를 펼침으로써 2차원 플랫 이미지를 생성할 수 있다.

[0058] 이 경우, 프로세서(10)는 직선 형태로 선형화된 복수의 플롯 데이터를 제1축 방향(z축 방향)을 기준으로 얼라인시키는 방식으로 2차원 플랫 이미지를 생성할 수 있다('z축 방향 얼라인'은 방사상 각도가 동일함을 의미한다). 도 4(g)를 참조하여 예시로 설명하면, 네 개의 단면 이미지를 제1 내지 제4 단면 이미지(IMG1 ~ IMG4)로 정의하고, 단면 이미지의 중심에 가장 가까운 네 개의 서브 플롯 데이터를 제1 내지 제4 서브 플롯 데이터(SPD1 ~

SPD4)로 정의할 때, 각 단면 이미지(IMG1 ~ IMG4)의 각 제1 서브 플롯 데이터(SPD1)가 z축 방향으로 얼라인되고, 각 단면 이미지(IMG1 ~ IMG4)의 각 제2 서브 플롯 데이터(SPD2)가 z축 방향으로 얼라인되며, 각 단면 이미지(IMG1 ~ IMG4)의 각 제3 서브 플롯 데이터(SPD3)가 z축 방향으로 얼라인되고, 각 단면 이미지(IMG1 ~ IMG4)의 각 제4 서브 플롯 데이터(SPD4)가 z축 방향으로 얼라인될 수 있다.

[0059] 이에 따라, 도 4(g)에 도시된 것과 같이 2차원 플랫 이미지는 제2축 방향(예: 원통형 배터리 셀(100)의 반경 방향, x축)으로 직선 형태로 선형화된 서브 플롯 데이터의 시점 또는 종점을 기준으로 제1 내지 제N 구역(A1 ~ AN)으로 구분되고, 구역의 수(즉, N의 값)은 전극 조립체(120)의 권취 횟수에 대응되며, 각각의 구역은 360° 로 권취된 전극 조립체(120)의 영역에 대응된다.

[0060] 도 5는 최종 생성된 2차원 플랫 이미지의 실예를 보이고 있다. 도 5에서 각 구역(A1 ~ AN)은 360° 로 권취된 전극 조립체(120)의 영역에 대응된다. 도 5에 도시된 2차원 플랫 이미지를 기반으로 프로세서(10)는 도 6에 예시로서 도시한 것과 같은 배터리 셀(100)의 내부 구조의 변형을 진단하게 된다.

[0062] **3. 배터리 셀의 내부 구조의 변형 진단**

[0063] 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 배터리 진단 장치에서 2차원 플랫 이미지의 제1 내지 제N 구역의 예시를 도시한 것이며, 도 8 및 도 9는 본 발명의 일 실시예에 따른 배터리 진단 장치에서 배터리의 내부 변형을 진단하는 과정의 예시를 도시한 것이다.

[0064] 배터리 셀의 내부 구조의 변형을 진단하기 위해, 기존에는 배터리 셀의 전기 화학적 데이터(예: 용량 데이터(capacity, Ah))를 측정하거나 전술한 3차원 CT 이미지를 육안으로 확인하는 방식이 주로 적용되었다. 그러나, 배터리 셀의 내부 구조가 변형되는 초기 단계에서 발생하는 미세 변형의 경우, 배터리 셀의 급격한 전기 화학적 변화가 야기되지 않고 3차원 CT 이미지를 통한 육안 확인도 어렵기 때문에, 기존의 방식은 배터리 셀의 진단에 적합하지 않은 문제가 있다.

[0065] 예를 들어, 배터리 셀의 충방전 싸이클이 일정 수준을 초과할 경우, 배터리 셀의 용량이 급격히 저하되고 3차원 CT 이미지에서도 육안으로 확인할 정도의 음영 변화가 나타나기 때문에 종래의 전기 화학적 데이터 측정 방식 및 3차원 CT 이미지의 육안 확인 방식이 유효하게 활용될 수 있으나, 배터리 셀의 충방전 싸이클이 싸이클 일정 수준 이하인 경우(초기 싸이클)에는 배터리 셀의 용량의 유의미한 변화가 나타나지 않으며, 또한 3차원 CT 이미지에서도 육안으로 확인할 정도의 변화가 나타나지 않아, 종래의 전기 화학적 데이터 측정 방식 및 3차원 CT 이미지의 육안 확인 방식이 유효하게 활용될 수 없다.

[0066] 이를 위해, 본 실시예는 배터리 셀(100)의 내부 구조가 변형되는 초기 단계에서 발생하는 미세 변형까지 진단할 수 있는 방안(solution)을 제시하며, 이하에서 구체적으로 설명한다(앞서 설명한 2차원 플랫 이미지가 생성된 상태가 전제된다).

[0067] 우선적으로, 프로세서(10)는 2차원 플랫 이미지를 복수의 구역으로 구분할 수 있다. 즉, 앞서 설명한 것과 같이 프로세서(10)는 2차원 플랫 이미지의 제2축 방향(예: 원통형 배터리 셀(100)의 반경 방향, x축)으로 직선 형태로 선형화된 서브 플롯 데이터의 시점 또는 종점을 기준으로 2차원 플랫 이미지를 제1 내지 제N 구역으로 구분할 수 있다. 도 7은 2차원 플랫 이미지의 제1 내지 제N 구역(A1 ~ AN)의 예시를 보이고 있다. 제1 구역 및 제N 구역(A1 ~ AN)은 각각 배터리 셀(100)의 권심 및 권말에 대응된다.

[0068] 이후, 프로세서(10)는 복수의 구역 간 화소값의 변화를 토대로 배터리의 내부 구조의 변형을 진단할 수 있다.

[0069] 복수의 구역 간 화소값의 변화를 파악하기 위한 과정으로서, 프로세서(10)는 각 구역에서 화소값의 피크가 나타나는 복수의 피크 위치를 파악할 수 있으며, 여기서 복수의 피크 위치는 2차원 플랫 이미지의 특정 위치(예: 원통형 캔(110)의 중심, 2차원 플랫 이미지 생성 시 중심 포인트(CP)가 플롯팅된 위치)를 기준으로 정규화된 값을 가질 수 있다.

[0070] 도 8은 2차원 플랫 이미지의 제1 내지 제8 구역(도 10에 표기된 ① 내지 ⑧)에서 화소값의 피크가 나타난 복수의 피크 위치를 보이고 있다. 도 8에서 횡축은 2차원 플랫 이미지의 특정 위치를 기준으로 하는 정규화된 거리값(normalized distance)이고, 종축은 그레이스케일 인텐시티이다. 통상적으로 원통형 배터리 셀의 권심부가 권말부보다 더 큰 내부 구조의 변형이 야기되는 점을 고려할 때, 권심부에 해당하는 제1 구역(①)을 기준으로 화소값의 피크가 나타난 복수의 피크 위치가 파악될 수 있다. 도 8은 다섯 개의 피크 위치로서 'a' 내지 'e' 피크

위치가 파악된 예시를 보이고 있다.

[0071] 복수의 구역에 걸쳐 나타나는, 특정 피크 위치에 해당하는 화소값의 피크의 변화를 분석하는 과정을 피크 변화 분석 과정으로 정의할 때, 프로세서(10)는 피크 변화 분석 과정을 복수의 피크 위치 각각에 대하여 반복 수행한 후, 그 반복 수행의 결과를 토대로 배터리의 내부 구조의 변형을 진단할 수 있다. 도 8의 예시에 따를 때, 상기의 피크 변화 분석 과정은 'a' 내지 'e' 피크 위치 각각에 대하여 5회 수행되며, 도 9는 그 수행 결과를 나타낸다.

[0072] 도 9와 같이 복수의 피크 위치 각각에 대하여 피크 변화 분석 과정이 완료되면, 프로세서(10)는 복수의 구역 내의 분석 대상 구간에 걸쳐 나타나는, 각 피크 위치에 해당하는 화소값의 피크의 변화율을 분석하는 방식으로 배터리의 내부 구조의 변형을 진단할 수 있다. 이때, 프로세서(10)는 각 피크 위치에 해당하는 화소값의 피크의 변화율이 포화(saturation)되는 포화 구간을 복수의 구역에서 제외하고 배터리의 내부 구조의 변형을 진단할 수 있다. 즉, 도 9에 도시된 것과 같이 배터리 셀(100)의 권심부에서 권말부로 갈수록 내부 구조의 변형 발생 가능성이 작아짐에 따라, 화소값의 피크의 변화율이 특정 값으로 수렴하는 포화 구간이 존재할 수 있으며(포화 구간을 결정하기 위해, 예를 들어 도 9에서의 기울기가 특정값(예: 1) 이하인 구간을 결정하는 것과 같은 정량적인 기준이 프로세서(10)에 미리 정의되어 있을 수 있다), 이러한 포화 구간에서의 내부 구조 변형 진단은 요구되지 않으므로, 프로세서(10)는 복수의 구역에서 포화 구간이 제외된 구간(진단 대상 구간으로 정의한다)에 대하여 각 피크 위치에 해당하는 화소값의 피크의 변화율을 분석하는 방식으로 배터리의 내부 구조의 변형을 진단할 수 있다. 도 9의 예시에서 진단 대상 구간은 제1 내지 제5 구역까지의 구간에 해당한다.

[0073] 프로세서(10)는, 진단 대상 구간에서 각각의 피크 위치에 대한 복수의 변화율 중 아웃라이어(outlier) 변화율에 해당하는 피크 위치에서 배터리의 내부 구조의 변형이 발생한 것으로 판단할 수 있다. 변화율은 도 9에서의 기울기를 의미할 수 있다.

[0074] 구체적으로, 도 9를 참조하면 진단 대상 구간에서 'a' 내지 'd' 피크 위치에 해당하는 화소값의 피크의 변화율은 유사한 경향을 나타내고, 이는 'a' 내지 'd' 피크 위치가 제1 내지 제5 구역에서 유사한 패턴으로 나타남을 의미한다. CT 이미지의 자체의 명암으로 인한 음영의 경우(즉, 후술하는 고유 노이즈), 원통형 배터리 셀(100) 내의 전극 조립체(120)의 권취 구조로 인한 주기성을 띄게 되며, 'a' 내지 'd' 피크 위치가 제1 내지 제5 구역에서 유사한 패턴으로 나타나는 주기성은 CT 이미지의 자체의 명암으로 인한 음영에 의한 것으로 볼 수 있으므로, 프로세서(10)는 'a' 내지 'd' 피크 위치에서는 배터리의 내부 구조의 변형이 발생한 것이 아닌, CT 이미지의 자체의 명암으로 인한 음영에 의한 것으로 판단할 수 있다.

[0075] 반면, 'e' 피크 위치에 해당하는 화소값의 피크의 변화율은 다른 피크 위치의 변화율 대비 상이한 경향을 나타내며, 즉 'a' 내지 'd' 피크 위치의 변화율 대비 그 변화율의 절대값이 상이한 경향을 나타낸다. 'a' 내지 'd' 피크 위치에 해당하는 화소값의 피크의 변화율과의 유사 경향성이 없으므로, 프로세서(10)는 'e' 피크 위치에서 배터리의 내부 구조의 변형이 발생한 것으로 판단할 수 있다.

[0076] 한편, 각각의 피크 위치에 대한 복수의 변화율 중 "아웃라이어 변화율"을 파악하는 통계적 방식으로서 사분위수 범위(IQR: InterQuartile Range), 분산(variance), 편차(deviation) 또는 표준편차(standard deviation)와 같은 주지된 산포도가 채용될 수 있다.

[0077] 추가적으로, 프로세서(10)는 전술한 과정에 따른 배터리의 내부 구조 변형 판단 프로세스와 함께 기존의 전기화학적 데이터 측정 방식을 중첩 사용함으로써 배터리의 내부 구조의 변형을 보다 정밀하게 판단할 수도 있다.

[0079] <u>4. CT 이미지의 고유 노이즈 및 배터리 셀의 변형의 구분 토폴로지</u>

[0080] 도 10은 본 발명의 일 실시예에 따른 배터리 진단 장치에서 2차원 플랫 이미지에 반영된 고유 노이즈 영역 및 배터리의 내부 변형 영역의 실예를 도시한 것이고, 도 11 및 도 12는 본 발명의 일 실시예에 따른 배터리 진단 장치에서 2차원 플랫 이미지에 반영된 고유 노이즈 영역 및 배터리의 내부 변형 영역을 구분하는 과정의 예시를 도시한 것이다.

[0081] 전술한 것과 같이 본 실시예는 2차원 플랫 이미지의 각 구역에서의 화소값의 피크(즉, 음영 변화)를 기반으로 배터리의 내부 구조의 변형을 판단하도록 동작한다. 한편, 2차원 플랫 이미지는 기본적으로 CT 이미지에 해당하므로, 2차원 플랫 이미지에는 CT 이미지의 자체의 명암으로 인한 음영(본 실시예에서 고유 노이즈(intrinsic noise)로 정의한다)이 존재하며, 이러한 고유 노이즈와 배터리의 내부 구조의 변형에 따른 음영은 그 인텐시티

및 형태가 비슷하여 구분하기 어려운 문제가 있다.

[0082] 배터리의 내부 구조의 변형에 의한 음영의 경우, 변형이 일어난 구역에서만 나타나기 때문에 도 10에 도시된 것과 같이 2차원 플랫 이미지 상에서 국부적으로 나타나며, 주로 전극 조립체(120)의 상단부 및 중단부에서 나타난다. 반면, CT 이미지의 고유 노이즈에 의한 음영의 경우, 그 원본이 되는 3차원 CT 이미지의 음영이 그대로 반영되어 원통형 배터리 셀(100)의 상단부, 중단부 및 하단부 모두에 걸쳐 나타나며, 이미지 전체에서 반복적으로 나타나는 특성을 갖는다. 본 실시예는 이러한 고유 노이즈의 크기 및 규칙성을 기반으로 CT 이미지의 고유 노이즈 및 배터리의 내부 변형을 구분하는 구성을 채용한다.

[0083] 프로세서(10)는 2차원 플랫 이미지 상의 화소값의 패턴을 분석하여 2차원 플랫 이미지에 반영된 고유 노이즈 및 배터리의 이상(abnormality)(즉, 내부 구조의 변형)을 구분하는 방식으로 배터리를 진단할 수 있다.

[0084] 구체적으로, 프로세서(10)는 2차원 플랫 이미지의 제2축 방향(예: 원통형 배터리 셀(100)의 반경 방향, x축)으로 직선 형태로 선형화된 서브 플롯 데이터의 시점 또는 종점을 기준으로 2차원 플랫 이미지를 제1 내지 제N 구역으로 구분하고, 복수의 구역에서의 화소값의 패턴의 규칙성을 파악하는 방식으로 고유 노이즈 및 배터리의 내부 구조의 변형을 구분할 수 있다.

[0085] 복수의 구역으로서 제1 내지 제N 구역에 대한 2차원 플랫 이미지의 부분이 각각 제1 내지 제N 플랫 이미지로 정의되고, 제1 내지 제N 플랫 이미지의 화소값의 피크(peak)가 나타나는 영역이 각각 제1 내지 제N 피크 영역으로 정의될 때, 프로세서(10)는 제1 내지 제N 피크 영역을 비교 분석하는 방식으로 고유 노이즈 및 배터리의 내부 구조의 변형을 구분할 수 있다.

[0086] 도 11을 참조하여 제1 내지 제4 구역(A1 ~ A4)에 대하여 제1 내지 제4 플랫 이미지(FIMG1 ~ FIMG4)가 마련된 예시로서 설명한다. 도 11(a) 및 (b)는 제1 내지 제4 플랫 이미지(FIMG1 ~ FIMG4)의 화소값의 피크가 나타나는 제1 내지 제4 피크 영역(P1 ~ P4)의 예시를 보이고 있다. 도 11(b)에 도시된 것과 같이 프로세서(10)는 제1 내지 제4 플랫 이미지(FIMG1 ~ FIMG4)가 제1축 방향(z축 방향)을 기준으로 얼라인된 상태에서, 제1 내지 제4 피크 영역(P1 ~ P4)의 위치를 분석하여 고유 노이즈를 파악할 수 있다.

[0087] 이때, 프로세서(10)는 제1 내지 제4 피크 영역(P1 ~ P4)의 전체 영역 중, 그 중첩 위치(예를 들어, 도 8의 횡축인 정규화된 거리값에 해당할 수 있다)를 기준으로 인라이어(inlier)에 해당하는 영역을 고유 노이즈로 파악할 수 있고, 아웃라이어(outlier)에 해당하는 영역을 배터리의 내부 구조 변형 영역으로 파악할 수 있다. 즉, 인라이어 영역은 화소값의 피크가 규칙성을 갖는다는 의미이고, 아웃라이어 영역은 이러한 규칙성이 부재하다는 의미이므로, 프로세서(10)는 인라이어 영역 및 아웃라이어 영역을 구분하는 방식으로 고유 노이즈 영역 및 내부 구조 변형 영역을 구분할 수 있다. 도 11(b)에서 제1 내지 제4 피크 영역(P1 ~ P4)의 전체 영역 중, 인라이어에 해당하는 피크 영역은 'B' 내지 'E' 영역에 해당하고, 아웃라이어에 해당하는 피크 영역은 'A' 영역에 해당하므로, 프로세서(10)는 'B' 내지 'E' 영역을 고유 노이즈 영역으로 파악하고, 'A' 영역을 배터리의 내부 구조 변형 영역으로 파악할 수 있다. 고유 노이즈 영역 및 내부 구조 변형 영역의 구분 시 도 11(b)에 도시된 것과 같이 각 플랫 이미지의 Contrast Plot 이미지가 활용될 수도 있다.

[0088] 한편, 제1 내지 제4 피크 영역(P1 ~ P4)의 전체 영역 중, 그 중첩 위치를 기준으로 인라이어 및 아웃라이어에 해당하는 영역을 파악하는 통계적 방식으로서 사분위수 범위(IQR: InterQuartile Range), 분산(variance), 편차(deviation) 또는 표준편차(standard deviation)와 같은 주지된 산포도가 채용될 수 있다.

[0089] 고유 노이즈 영역 및 내부 구조 변형 영역을 구분하는 다른 방식으로서, 원통형 배터리 셀(100)의 권심부가 권말부보다 더 큰 내부 구조의 변형이 야기되는 점을 고려하여, 배터리 셀(100)의 권말부의 음영 패턴을 기준으로 권심부의 음영 패턴을 분석하는 방식이 마련될 수 있다.

[0090] 이를 정량적으로 표현하면 다음과 같다. 프로세서(10)는 제M 피크 영역(제M 플랫 이미지에 대응)을 기준으로 하여, 제M 피크 영역과 다른 위치를 갖는 제K 피크 영역(제K 플랫 이미지에 대응)을 배터리의 내부 구조 변형 영역으로 파악할 수 있다(M 및 K는 N 이하의 자연수, M > K). 여기서, 제M 피크 영역은 배터리 셀(100)의 권말부에서의 피크 영역에 해당할 수 있고(예: 제N 피크 영역), 제K 피크 영역은 배터리 셀(100)의 권심부에서의 피크 영역(예: 제1 피크 영역)에 해당할 수 있다.

[0091] 이 경우, 권심부 및 권말부에 대응되는 하나의 플랫 이미지가 이용되는 것이 아닌, 도 12에 도시된 것과 같이 복수의 플랫 이미지가 이용될 수도 있다. 즉, 도 12에 도시된 것과 같이 프로세서(10)는 제1 내지 제4 피크 영역(P1 ~ P4)을 갖는 제1 내지 제4 플랫 이미지(FIMG1 ~ FIMG4)(권심부)와, 제N-3 내지 제N 피크 영역(PN-3 ~ PN)을 갖는 제N-3 내지 제N 플랫 이미지(FIMGN-3 ~ FIMGN)(권말부)를 마련한 후, 제1 내지 제4 피크 영역(P1 ~

P4)의 전체 영역 중 제N-3 내지 제N 피크 영역(PN-3 ~ PN)과 다른 위치를 갖는 영역(도 14에서 'A' 영역)을 배터리의 내부 구조 변형 영역으로 파악할 수도 있다.

[0092] 프로세서(10)는 위 과정을 통해 파악된 CT 이미지의 고유 노이즈를 2차원 플랫 이미지상에서 제거한 후 배터리의 내부 구조의 변형을 진단함으로써 그 진단 성능 및 정확도가 향상되도록 할 수 있다.

[0094] 5. 배터리 진단 방법

[0095] 도 13은 본 발명의 일 실시예에 따른 배터리 진단 방법의 흐름도를 도시한 것이다. 도 13을 참조하여 본 실시예의 배터리 진단 방법을 설명하며, 전술한 내용과 중복되는 부분에 대한 구체적인 설명은 생략하고 그 시계열적인 구성을 중심으로 설명한다.

[0096] 먼저, 프로세서(10)는 배터리의 3차원 이미지로부터 배터리의 단면 이미지를 생성한다(S100). S100 단계에서, 프로세서(10)는 배터리에 대한 제1축 방향을 기준으로 미리 설정된 간격에 따라 3차원 이미지를 슬라이싱하여 복수의 단면 이미지를 생성할 수 있다.

[0097] 이어서, 프로세서(10)는 S100 단계에서 생성된 단면 이미지의 화소값에 따라 복수의 포인트를 단면 이미지 상에 플롯팅시켜 적어도 일부가 라운딩된 플롯 데이터를 생성한다(S200). S200 단계에서, 프로세서(10)는 단면 이미지의 중심에 중심 포인트를 플롯팅하고, 중심 포인트로부터 단면 이미지의 외측으로 연장되는 가상선 상에서 단면 이미지의 화소값의 피크가 나타나는 복수의 위치에 복수의 기준 포인트를 플롯팅하며, 복수의 기준 포인트와 동일한 화소값을 갖는 위치를 트랙킹하면서 포인트를 플롯팅시키는 방식으로 플롯 데이터를 생성한다. 플롯 데이터는 S100 단계에서 생성된 복수의 단면 이미지 각각에 대하여 생성된다.

[0098] 이어서, 프로세서(10)는 S200 단계에서 생성된 플롯 데이터를 선형화시키는 방식으로 배터리의 3차원 이미지가 펼쳐진 2차원 플랫 이미지를 생성한다(S300). S300 단계에서, 프로세서(10)는 복수의 단면 이미지 각각에 대하여 생성된 복수의 플롯 데이터를 선형화시키고, 선형화된 복수의 플롯 데이터를 제1축 방향을 기준으로 얼라인시키는 방식으로 2차원 플랫 이미지를 생성한다.

[0099] 이어서, 프로세서(10)가 S300 단계에서 생성된 2차원 플랫 이미지를 토대로 배터리의 내부 구조의 변형을 진단한다(S400). S400 단계에서의 프로세서(10)의 동작은 i)고유 노이즈 영역 및 내부 구조 변형 영역의 구분 동작(S410)과 ii)배터리 셀(100)의 내부 구조의 미세 변형 진단 동작(S420)을 포함할 수 있으며, S410 단계 및 S420 단계는 독립적 수행되는 병렬적 구성으로 구현되거나, 또는 S410 단계가 수행된 후 S420 단계가 수행되는 시계열적 구성으로 구현될 수 있다.

[0100] 먼저 S410 단계를 설명하면, 프로세서(10)는 2차원 플랫 이미지 상의 화소값의 패턴을 분석하여 2차원 플랫 이미지에 반영된 고유 노이즈 및 배터리의 내부 구조의 변형을 구분하는 방식으로 배터리를 진단한다.

[0101] 구체적으로, 프로세서(10)는 2차원 플랫 이미지를 복수의 구역으로 구분하고, 복수의 구역에서의 화소값의 패턴의 규칙성을 파악하는 방식으로 고유 노이즈 및 배터리의 내부 구조의 변형을 구분한다. 복수의 구역으로서 제1 내지 제N 구역에 대한 2차원 플랫 이미지의 부분이 각각 제1 내지 제N 플랫 이미지로 정의되고, 제1 내지 제N 플랫 이미지의 화소값의 피크(peak)가 나타나는 영역이 각각 제1 내지 제N 피크 영역으로 정의될 때(N은 2 이상의 자연수), S410 단계에서 프로세서(10)는 제1 내지 제N 피크 영역을 비교 분석하는 방식으로 고유 노이즈 및 배터리의 내부 구조의 변형을 구분한다.

[0102] 이때, 프로세서(10)는 제1 내지 제N 플랫 이미지가 제1축 방향을 기준으로 얼라인된 상태에서 제1 내지 제N 피크 영역의 위치를 분석하여 고유 노이즈를 파악한다.

[0103] 구체적으로, 프로세서(10)는 제1 내지 제N 피크 영역 중, 그 중첩 위치를 기준으로 인라이어(inlier)에 해당하는 영역을 고유 노이즈로 파악하고, 아웃라이어(outlier)에 해당하는 영역을 배터리의 내부 구조의 변형 영역으로 파악한다.

[0104] 한편, S410 단계에서 프로세서(10)는 제M 피크 영역을 기준으로 하여, 제M 피크 영역과 다른 위치를 갖는 제K 피크 영역을 배터리의 내부 구조의 변형 영역으로 파악할 수도 있다(M 및 K는 N 이하의 자연수, M > K).

[0105] 다음으로 S420 단계를 설명하면, 먼저 프로세서(10)는 2차원 플랫 이미지를 복수의 구역으로 구분한다(S421).

[0106] 이어서, 프로세서(10)는 복수의 구역 간 화소값의 변화를 토대로 배터리의 내부 구조의 변형을 진단한다(S422).

[0107] S422 단계에서, 프로세서(10)는 각 구역에서 화소값의 피크가 나타나는 복수의 피크 위치를 파악하며, 이때 복수의 피크 위치는 2차원 플랫 이미지의 특정 위치를 기준으로 정규화된 값을 가질 수 있다.

[0108] 복수의 구역에 걸쳐 나타나는, 특정 피크 위치에 해당하는 화소값의 피크의 변화를 분석하는 과정이 피크 변화 분석 과정으로 정의될 때, S422 단계에서 프로세서(10)는 피크 변화 분석 과정을 복수의 피크 위치 각각에 대하여 반복 수행한 후, 그 반복 수행의 결과를 토대로 배터리의 내부 구조의 변형을 진단한다.

[0109] S422 단계에서, 프로세서(10)는 복수의 구역 내의 진단 대상 구간에 걸쳐 나타나는, 각 피크 위치에 해당하는 화소값의 피크의 변화율을 분석하는 방식으로 배터리의 내부 구조의 변형을 진단하며, 구체적으로는 각각의 피크 위치에 대한 복수의 변화율 중 아웃라이어(outlier) 변화율에 해당하는 피크 위치에서 배터리의 내부 구조의 변형이 발생한 것으로 판단한다. 상기한 진단 대상 구간은 복수의 구역 내에서, 각 피크 위치에 해당하는 화소값의 피크의 변화율이 포화되는 포화 구간을 제외한 구간에 해당한다.

[0110] 한편, 본 실시예에 따른 배터리 진단 방법은 하드웨어와 결합되어 전술한 S100 단계 내지 S400 단계를 실행시키기 위한 컴퓨터 프로그램으로 작성될 수 있으며, 컴퓨터로 판독 가능한 기록매체에 저장되어 상기 컴퓨터 프로그램을 동작시키는 범용 디지털 컴퓨터에서 구현될 수 있다. 컴퓨터로 판독 가능한 기록매체는 ROM, RAM, 하드디스크, 플로피 디스크, 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), 플래시 메모리(flash memory)와 같은 프로그램 명령어들을 저장하고 수행하도록 특별히 구성된 하드웨어 장치가 해당될 수 있다.

[0112] 이와 같이 본 실시예에 따를 때, 배터리 셀(100)의 진단 시 3D CT 이미지 기반의 비파과 분석을 적용함으로써, 파괴 분석을 적용함에 따라 야기되었던 배터리 셀의 내부 손상을 제거하고, 배터리 셀의 성능 저하에 대한 실제적인 원인을 파악할 수 있으며, 충방전 진행에 따른 변형의 경향성을 보다 용이하게 확인할 수 있다.

[0113] 본 명세서에서 설명된 구현은, 예컨대, 방법 또는 프로세스, 장치, 소프트웨어 프로그램, 데이터 스트림 또는 신호로 구현될 수 있다. 단일 형태의 구현의 맥락에서만 논의(예컨대, 방법으로서만 논의)되었더라도, 논의된 특징의 구현은 또한 다른 형태(예컨대, 장치 또는 프로그램)로도 구현될 수 있다. 장치는 적절한 하드웨어, 소프트웨어 및 펌웨어 등으로 구현될 수 있다. 방법은, 예컨대, 컴퓨터, 마이크로프로세서, 집적 회로 또는 프로그래밍가능한 로직 디바이스 등을 포함하는 프로세싱 디바이스를 일반적으로 지칭하는 프로세서 등과 같은 장치에서 구현될 수 있다. 프로세서는 또한 최종-사용자 사이에 정보의 통신을 용이하게 하는 컴퓨터, 셀 폰, 휴대용/개인용 정보 단말기(personal digital assistant: "PDA") 및 다른 디바이스 등과 같은 통신 디바이스를 포함한다.

[0114] 이상에서 본 발명은 비록 한정된 실시예와 도면에 의해 설명되었으나, 본 발명은 이것에 의해 한정되지 않으며 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 본 발명의 기술 사상과 아래에 기재될 특허청구범위의 균등 범위 내에서 다양한 수정 및 변형이 가능함은 물론이다.

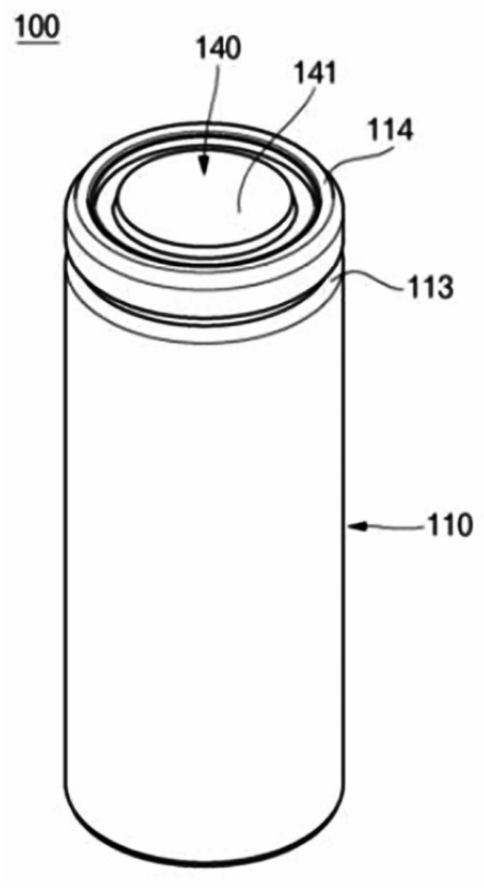
부호의 설명

[0116] 10: 프로세서

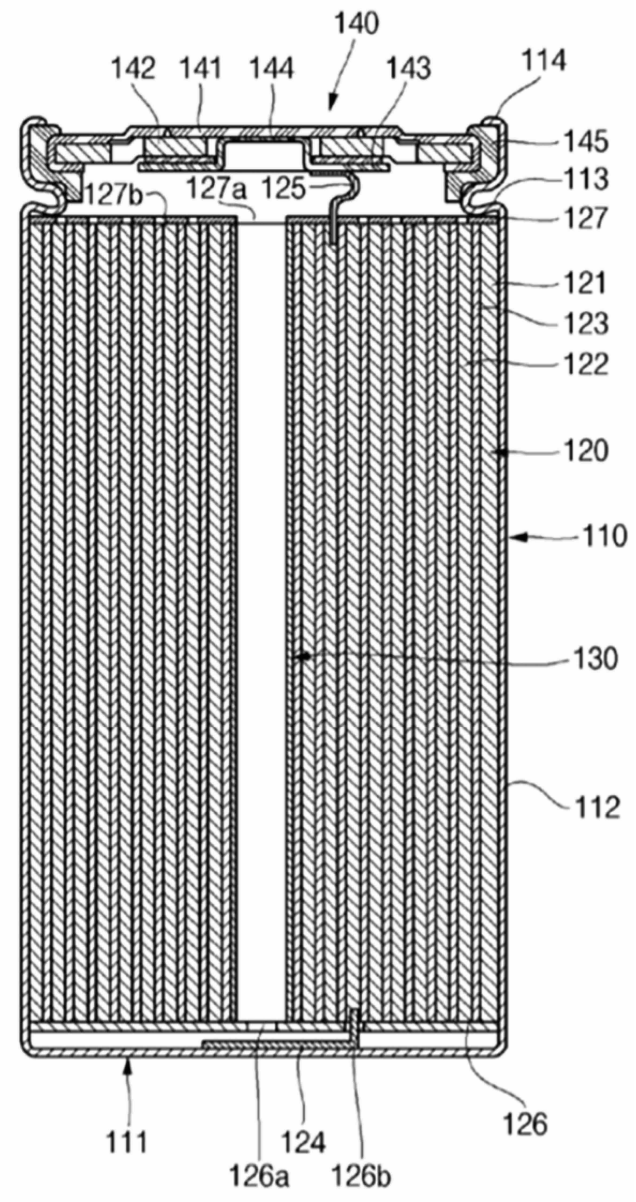
20: 메모리

도면

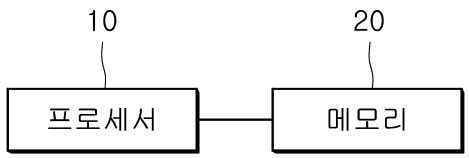
도면1



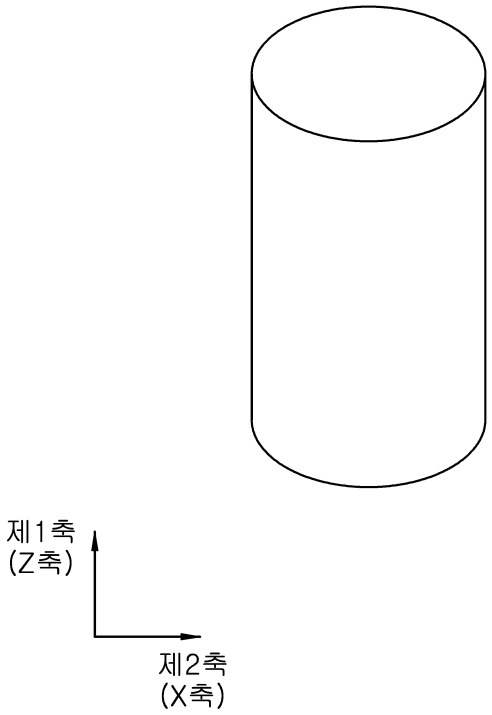
도면2


140
142
141
144
143
114
145
113
127b
127a
125
127
121
123
122
120
110
130
112
111
124
126a
126b
126

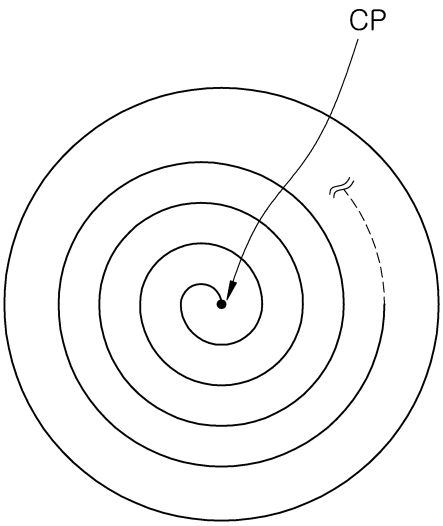
도면3


10
20
프로세서
메모리

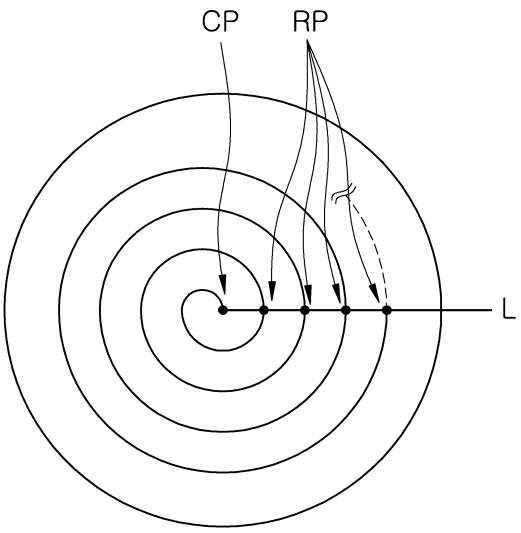
도면4a



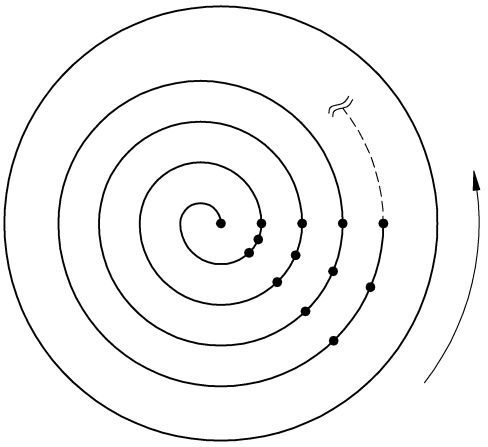
도면4b



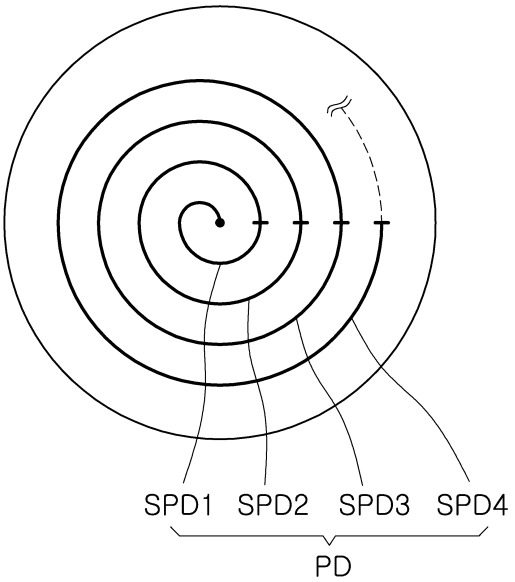
도면4c



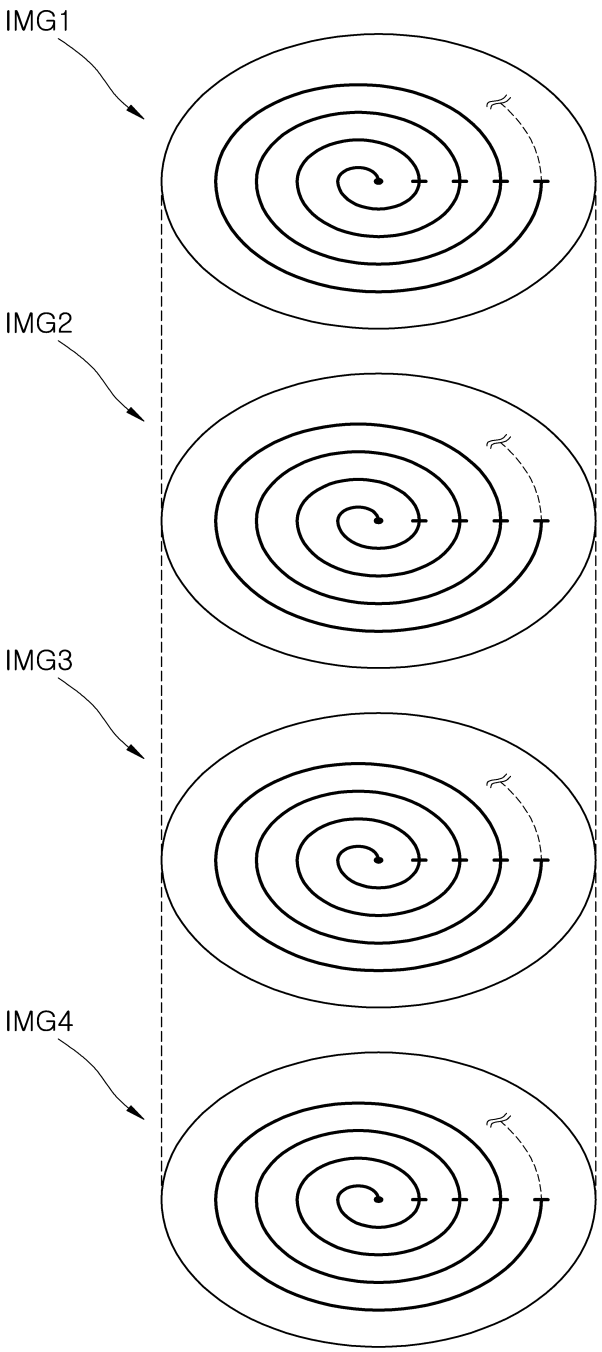
도면4d



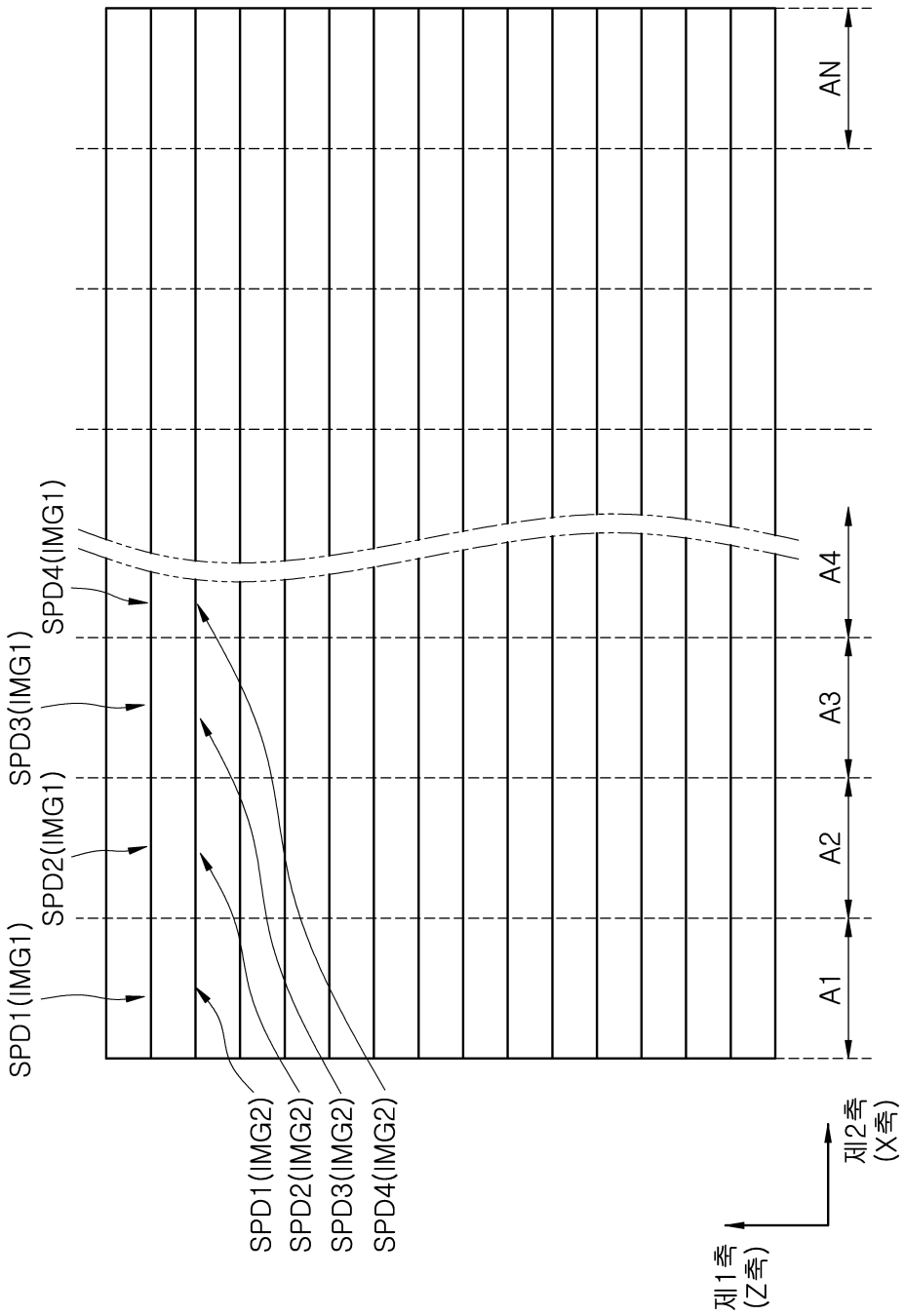
도면4e



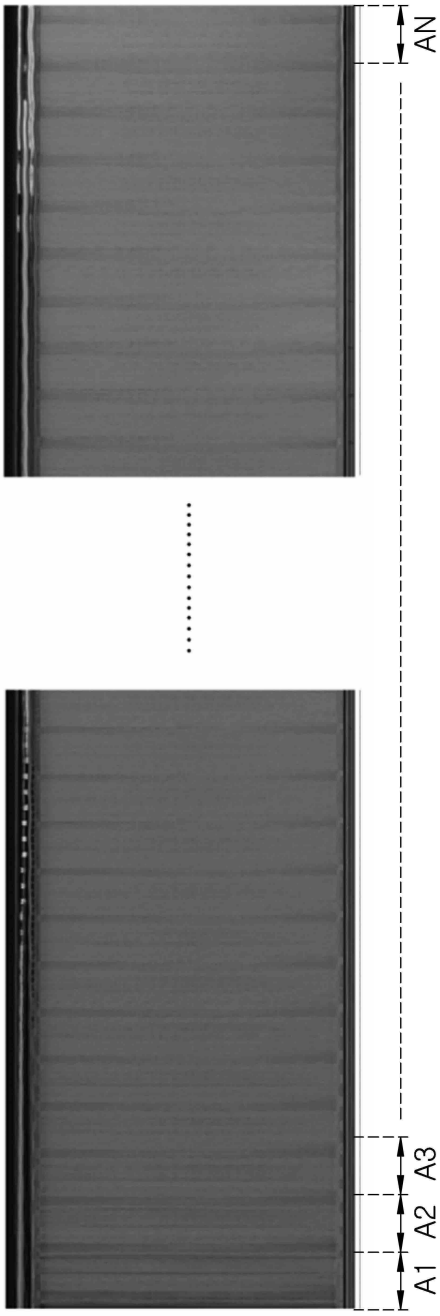
도면4f



도면4g

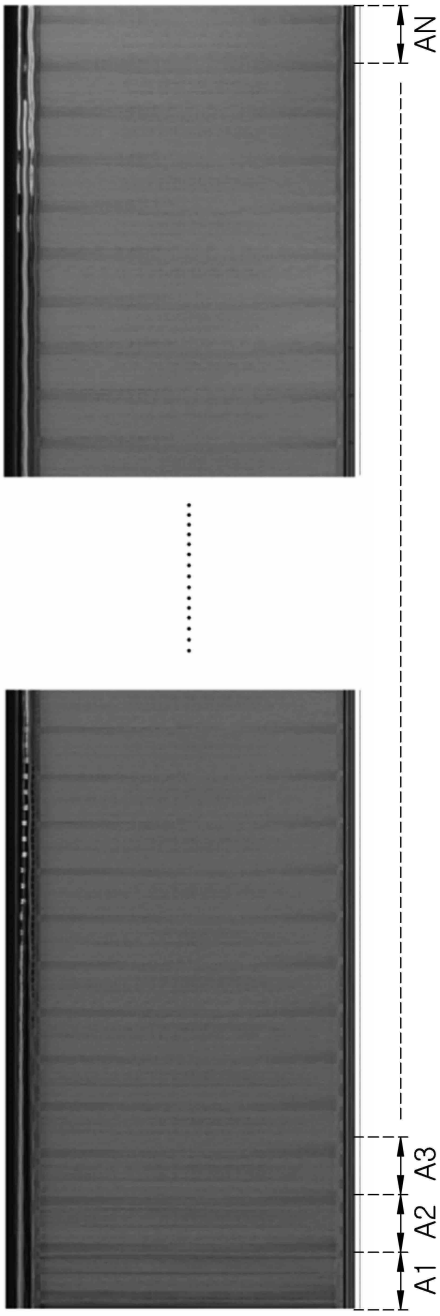

SPD1(IMG1)
SPD2(IMG1)
SPD3(IMG1)
SPD4(IMG1)
SPD1(IMG2)
SPD2(IMG2)
SPD3(IMG2)
SPD4(IMG2)
A1
A2
A3
A4
AN
제1축
(Z축)
제2축
(X축)

도면5

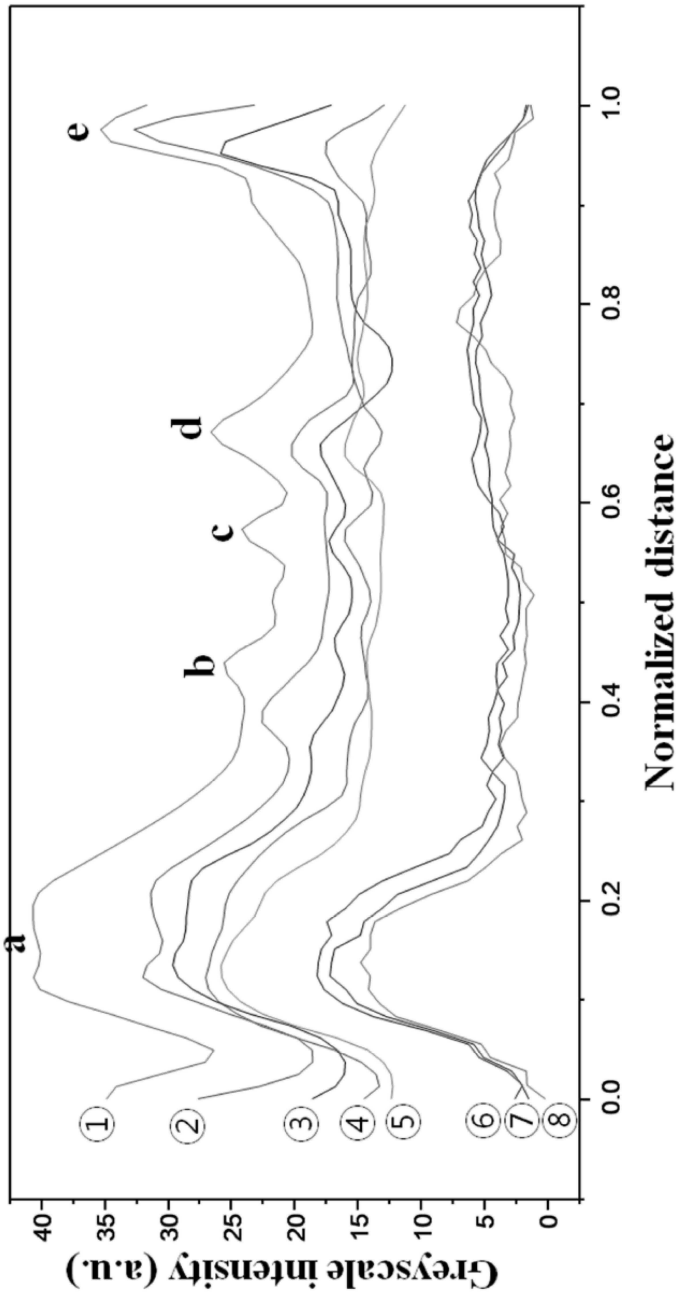


도면6

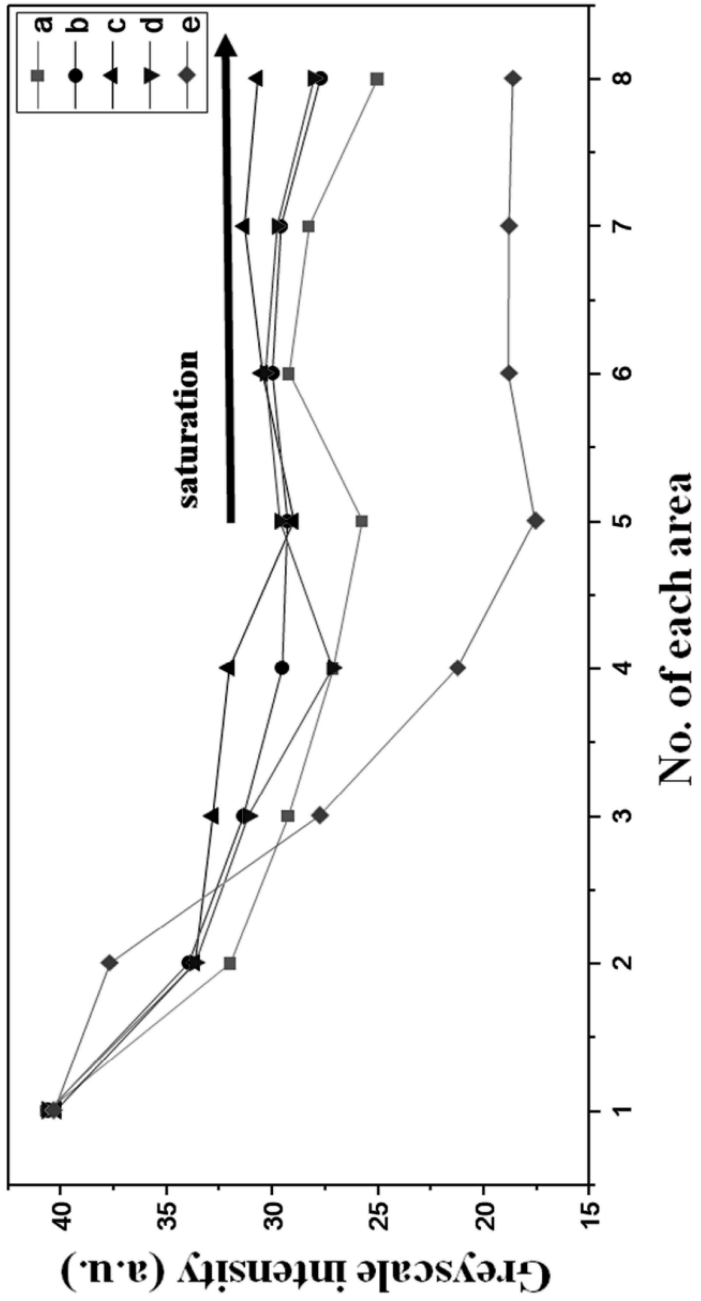
도면7



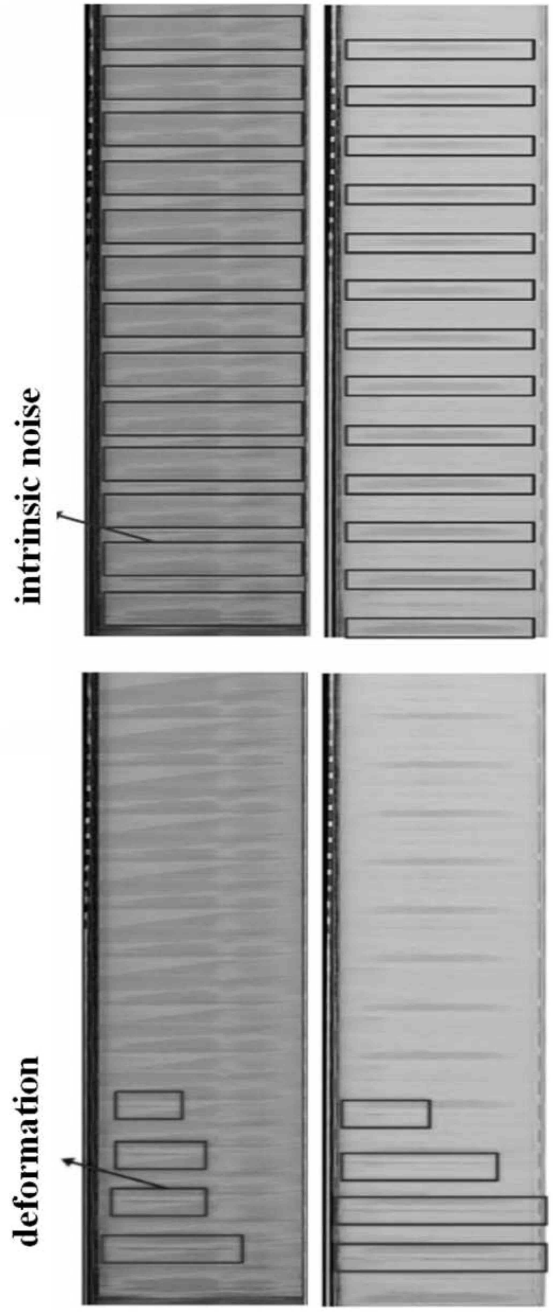
도면8


Greyscale intensity (a.u.)
40
35
30
25
20
15
10
5
0
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
Normalized distance
a
b
c
d
e
1
2
3
4
5
6
7
8

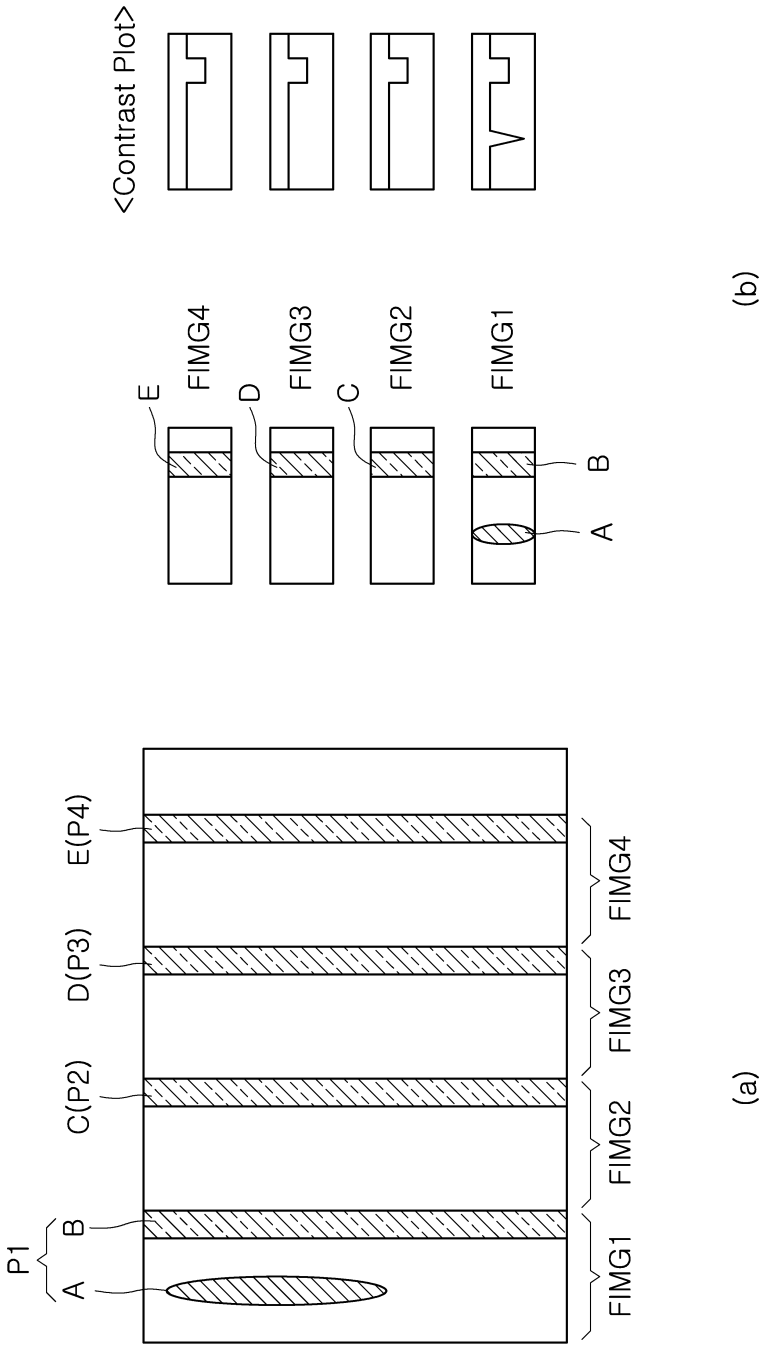
도면9


Greyscale intensity (a.u.)
40
35
30
25
20
15
1
2
3
4
5
6
7
8
No. of each area
saturation
a
b
c
d
e

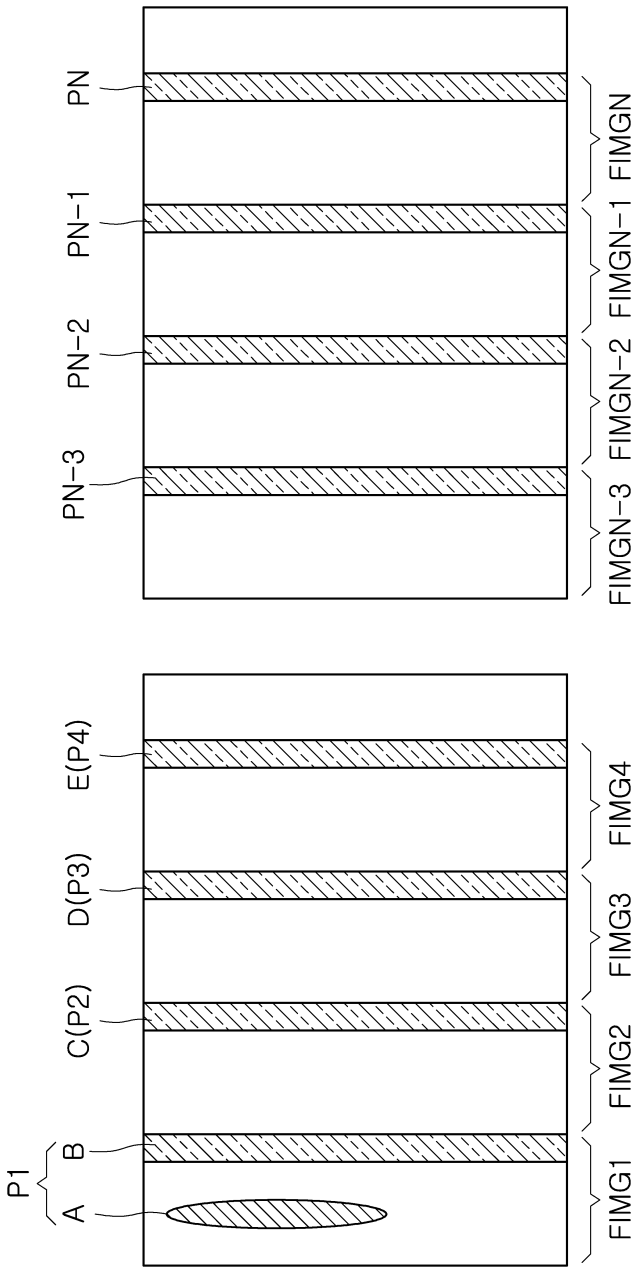
도면10



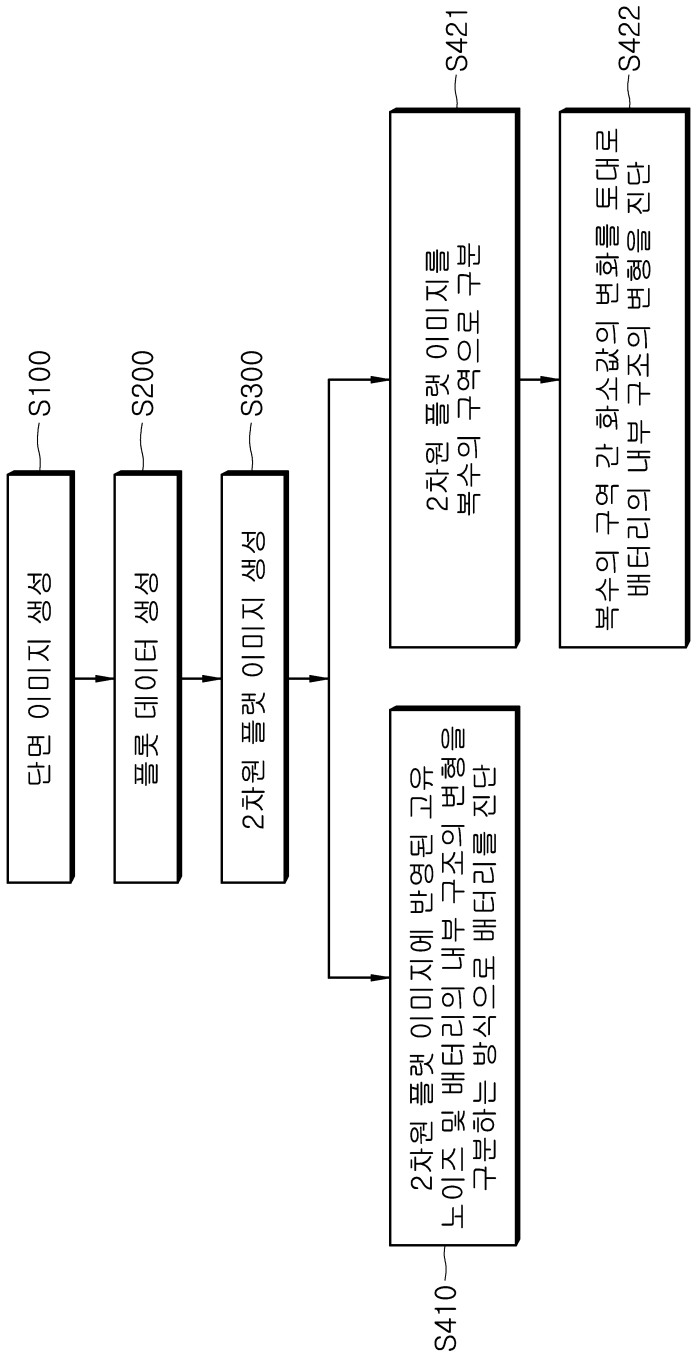
도면11


P1
A
B
C(P2)
D(P3)
E(P4)
FIMG1
FIMG2
FIMG3
FIMG4
(a)
E
FIMG4
D
FIMG3
C
FIMG2
FIMG1
B
A
<Contrast Plot>
(b)

도면12


PN
PN-1
PN-2
PN-3
FIMGN
FIMGN-1
FIMGN-2
FIMGN-3
E(P4)
D(P3)
C(P2)
B
A
P1
FIMG4
FIMG3
FIMG2
FIMG1

도면13


S100
단면 이미지 생성
S200
플롯 데이터 생성
S300
2차원 플랫 이미지 생성
S410
2차원 플랫 이미지에 반영된 고유 노이즈 및 배터리의 내부 구조의 변형을 구분하는 방식으로 배터리를 진단
S421
2차원 플랫 이미지를 복수의 구역으로 구분
S422
복수의 구역 간 화소값의 변화를 토대로 배터리의 내부 구조의 변형을 진단