



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2014년07월14일
(11) 등록번호 10-1418982
(24) 등록일자 2014년07월07일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01N 21/00 (2014.01) G06T 7/00 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2013-0034510
(22) 출원일자 2013년03월29일
심사청구일자 2013년03월29일
(56) 선행기술조사문헌
JP2013036747 A
JP2005026419 A
KR1020120113019 A
KR1020090123633 A

(73) 특허권자
세종대학교산학협력단
서울특별시 광진구 능동로 209 (군자동, 세종대학교)
(72) 발명자
김병환
서울 광진구 능동로 209, 전자공학과 (군자동, 세종대학교)
장준영
서울 동작구 신대방길 85, 102동 1104호 (신대방동, 강남아파트)
(74) 대리인
특허법인태백

전체 청구항 수 : 총 12 항

심사관 : 차영란

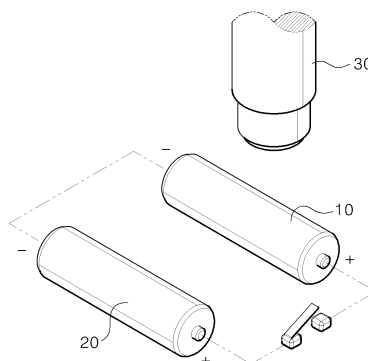
(54) 발명의 명칭 광학현미경을 이용한 전극물질 표면의 전자거동 감시 방법 및 그 장치

(57) 요약

본 발명은 전극물질 표면의 전자거동 감시 방법에 관한 것이다. 본 발명에 따르면, 광학현미경을 이용하여 제1 전지의 전극 표면에 대한 제1 촬상 영상을 입력받는 단계와, 상기 제1 전지에 제2 전지가 병렬 연결되면, 상기 제1 전지의 전극 표면에 대한 제2 촬상 영상을 시간 흐름 별로 입력받는 단계와, 상기 제1 촬상 영상 및 제2 촬상 영상을 구성하는 픽셀들의 그레이 스케일 값을 이용하여, 상기 제1 촬상 영상 및 제2 촬상 영상으로부터 상기 그레이 스케일 값에 따른 제1 입자수 분포 및 제2 입자수 분포를 각각 획득하는 단계와, 임의 그레이 스케일 범위 위에 대하여 상기 제1 입자수 분포와 제2 입자수 분포의 차이 값을 상기 시간 흐름 별로 연산하는 단계, 및 상기 시간 흐름 별로 연산되는 상기 차이 값으로부터, 상기 제1 전지의 전극 표면에서의 입자의 거동을 감시하는 단계를 포함하는 광학현미경을 이용한 전극물질 표면의 전자거동 감시 방법을 제공한다.

상기 전극물질 표면의 전자거동 감시 방법 및 그 장치에 따르면, 광학현미경을 이용하여 전극 재료를 통과하는 전자 또는 이온 입자의 분포를 획득하여 이를 통해 전자수 변이를 감시할 수 있으며, 전지의 전극 표면을 촬영한 영상으로부터 전지의 충방전 상태를 감시할 수 있는 이점이 있다.

대표도 - 도2



특허청구의 범위

청구항 1

광학현미경을 이용하여 제1 전지의 전극 표면에 대한 제1 촬상 영상을 입력받는 단계;

상기 제1 전지에 제2 전지가 병렬 연결되면, 상기 제1 전지의 전극 표면에 대한 제2 촬상 영상을 시간 흐름 별로 입력받는 단계;

상기 제1 촬상 영상 및 제2 촬상 영상을 구성하는 픽셀들의 그레이 스케일 값을 이용하여, 상기 제1 촬상 영상 및 제2 촬상 영상으로부터 상기 그레이 스케일 값에 따른 제1 입자수 분포 및 제2 입자수 분포를 각각 획득하는 단계;

임의 그레이 스케일 범위에 대하여 상기 제1 입자수 분포와 제2 입자수 분포의 차이 값을 상기 시간 흐름 별로 연산하는 단계; 및

상기 시간 흐름 별로 연산되는 상기 차이 값으로부터, 상기 제1 전지의 전극 표면에서의 입자의 거동을 감시하는 단계를 포함하는 광학현미경을 이용한 전극물질 표면의 전자거동 감시 방법.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 제1 전지는,

상기 제2 전지에 전자를 제공하는 광학현미경을 이용한 전극물질 표면의 전자거동 감시 방법.

청구항 3

청구항 2에 있어서,

상기 임의 그레이 스케일 범위는 0 내지 N의 범위로서, 상기 N은 $G_{\max}$ (촬상 영상을 구성하는 최대 그레이 스케일 값)보다 작고,

상기 N은 상기 차이 값의 부호가 반전되기 직전의 그레이 스케일 값에 해당되는 광학현미경을 이용한 전극물질 표면의 전자거동 감시 방법.

청구항 4

청구항 3에 있어서,

상기 차이 값을 상기 시간 흐름 별로 연산하는 단계는,

상기 임의 그레이 스케일 범위에 내에 속하는 그레이 스케일 값 별로 획득된 상기 차이 값의 합산을 이용하여, 상기 시간 흐름 별로 상기 제1 전지에서 상기 제2 전지로 방출된 입자수를 아래의 수학식으로 연산하는 광학현미경을 이용한 전극물질 표면의 전자거동 감시 방법:

$$\text{방출된 입자수} = \sum_{i=1}^j p_i$$

여기서, j는 상기 N이고, p_i 는 상기 임의 그레이 스케일 범위 내에 속하는 i번째 그레이 스케일 값에서의 상기 차이 값을 나타낸다.

청구항 5

청구항 4에 있어서,

상기 제1 전지에서 상기 제2 전지로 방출된 전자수는 아래의 수학식으로 계산하는 광학현미경을 이용한 전극물

질 표면의 전자거동 감시 방법:

$$\text{방출된 전자수} = \alpha \sum_{i=1}^j (p_i g_i)$$

여기서, α 는 상기 광학현미경을 구성하는 CCD 센서의 각 픽셀에 대한 비트열의 LSB당 발생하는 전자수, g_i 는 i 번째 그레이 스케일 값이다.

청구항 6

청구항 5에 있어서,

상기 입자의 거동을 감시하는 단계는,

상기 시간 흐름에 따른 상기 입자수 또는 상기 전자수를 기 저장된 기준 입자수 또는 기준 전자수와 비교하여, 상기 전극 표면에서의 전자수 변이의 정상 여부를 판단하고, 상기 정상 여부에 대응하는 알람을 발생시키는 광학현미경을 이용한 전극물질 표면의 전자거동 감시 방법.

청구항 7

광학현미경을 이용하여 제1 전지의 전극 표면에 대한 제1 촬상 영상을 입력받는 제1 영상 입력부;

상기 제1 전지에 제2 전지가 병렬 연결되면, 상기 제1 전지의 전극 표면에 대한 제2 촬상 영상을 시간 흐름 별로 입력받는 제2 영상 입력부;

상기 제1 촬상 영상 및 제2 촬상 영상을 구성하는 픽셀들의 그레이 스케일 값을 이용하여, 상기 제1 촬상 영상 및 제2 촬상 영상으로부터 상기 그레이 스케일 값에 따른 제1 입자수 분포 및 제2 입자수 분포를 각각 획득하는 입자 분포 획득부;

입의 그레이 스케일 범위에 대하여 상기 제1 입자수 분포와 제2 입자수 분포의 차이 값을 상기 시간 흐름 별로 연산하는 분포차 연산부; 및

상기 시간 흐름 별로 연산되는 상기 차이 값으로부터, 상기 제1 전지의 전극 표면에서의 입자의 거동을 감시하는 입자 거동 감시부를 포함하는 광학현미경을 이용한 전극물질 표면의 전자거동 감시 장치.

청구항 8

청구항 7에 있어서,

상기 제1 전지는,

상기 제2 전지에 전자를 제공하는 광학현미경을 이용한 전극물질 표면의 전자거동 감시 장치.

청구항 9

청구항 8에 있어서,

상기 입의 그레이 스케일 범위는 0 내지 N의 범위로서, 상기 N은 $G_{\max}$ (촬상 영상을 구성하는 최대 그레이 스케일 값)보다 작고,

상기 N은 상기 차이 값의 부호가 반전되기 직전의 그레이 스케일 값에 해당되는 광학현미경을 이용한 전극물질 표면의 전자거동 감시 장치.

청구항 10

청구항 9에 있어서,

상기 분포차 연산부는,

상기 입의 그레이 스케일 범위에 내에 속하는 그레이 스케일 값 별로 획득된 상기 차이 값의 합산을 이용하여,

상기 시간 흐름 별로 상기 제1 전지에서 상기 제2 전지로 방출된 입자수를 아래의 수학적식으로 연산하는 광학현미경을 이용한 전극물질 표면의 전자거동 감시 장치:

$$\text{방출된 입자수} = \sum_{i=1}^j p_i$$

여기서, j는 상기 N이고, p_i 는 상기 임의 그레이 스케일 범위 내에 속하는 i번째 그레이 스케일 값에서의 상기 차이 값을 나타낸다.

청구항 11

청구항 10에 있어서,

상기 제1 전지에서 상기 제2 전지로 방출된 전자수는 아래의 수학적식으로 계산하는 광학현미경을 이용한 전극물질 표면의 전자거동 감시 장치:

$$\text{방출된 전자수} = \alpha \sum_{i=1}^j (p_i g_i)$$

여기서, α 는 상기 광학현미경을 구성하는 CCD 센서의 각 픽셀에 대한 비트열의 LSB당 발생하는 전자수, g_i 는 i번째 그레이 스케일 값이다.

청구항 12

청구항 11에 있어서,

상기 입자 거동 감시부는,

상기 시간 흐름에 따른 상기 입자수 또는 상기 전자수를 기 저장된 기준 입자수 또는 기준 전자수와 비교하여, 상기 전극 표면에서의 전자수 변이의 정상 여부를 판단하고, 상기 정상 여부에 대응하는 알람을 발생시키는 광학현미경을 이용한 전극물질 표면의 전자거동 감시 장치.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 광학현미경을 이용한 전극물질 표면의 전자거동 감시 방법 및 그 장치에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 전극 재료를 통과하는 전자 또는 이온 입자의 분포를 이용하여 전자수 변이를 감시할 수 있는 전극물질 표면의 전자거동 감시 방법 및 그 장치에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 일반적으로 전극의 전하 전달과정은 충방전 초기단계에서 수집하는 전기화학적 임피던스 분석법(Electrochemical Impedance Spectra) 또는 임피던스 분석(impedance spectra)에 대한 나이퀴스트 선도(Nyquist diagram)를 이용하여 분석한다. 여기서, 주파수별 분석을 통해 전하전달 메커니즘을 유추한다.

[0003] 이러한 과정은 n차 사이클링(nth cycling) 충전과정, 교류 임피던스 측정, 측정 자료의 임피던스 등가 회로를 이용한 나이퀴스트 분석으로 이루어진다. 그리고 실시간 감시 시스템의 경우 실시간 임피던스, 나이퀴스트 분석 결과, 전압 및 전류 결과를 제공한다.

[0004] 그런데, 이러한 기존의 방법들은 전자 및 이온 입자의 분포를 이용하여 충방전 상태를 감시하는 기법에는 해당되지 않는다. 또한, 전극을 통과하는 전자 및 이온 입자의 분포를 이용하여 전지의 충방전 상태를 감시하는 기법은 아직 개발되고 있지 않고 있다. 따라서 전극재료를 구성하는 물질 입자와 전지가 공급하는 전자 및 이온과의 반응을 감시하기 위한 기법이 요구된다.

[0005] 본 발명의 배경이 되는 기술은 국내공개특허 제2011-0017748호(2011.02.22 공개)에 개시되어 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 본 발명은, 광학현미경을 이용하여 전극 재료를 통과하는 전자 또는 이온 입자의 분포를 획득하고 이를 이용하여 전자수 변이를 감시할 수 있는 전극물질 표면의 전자거동 감시 방법 및 그 장치를 제공하는데 목적이 있다.

과제의 해결 수단

[0007] 본 발명은, 광학현미경을 이용하여 제1 전지의 전극 표면에 대한 제1 촬상 영상을 입력받는 단계와, 상기 제1 전지에 제2 전지가 병렬 연결되면, 상기 제1 전지의 전극 표면에 대한 제2 촬상 영상을 시간 흐름 별로 입력받는 단계와, 상기 제1 촬상 영상 및 제2 촬상 영상을 구성하는 픽셀들의 그레이 스케일 값을 이용하여, 상기 제1 촬상 영상 및 제2 촬상 영상으로부터 상기 그레이 스케일 값에 따른 제1 입자수 분포 및 제2 입자수 분포를 각각 획득하는 단계와, 임의 그레이 스케일 범위에 대하여 상기 제1 입자수 분포와 제2 입자수 분포의 차이 값을 상기 시간 흐름 별로 연산하는 단계, 및 상기 시간 흐름 별로 연산되는 상기 차이 값으로부터, 상기 제1 전지의 전극 표면에서의 입자의 거동을 감시하는 단계를 포함하는 광학현미경을 이용한 전극물질 표면의 전자거동 감시 방법을 제공한다.

[0008] 여기서, 상기 제1 전지는, 상기 제2 전지에 전자를 제공할 수 있다.

[0009] 또한, 상기 임의 그레이 스케일 범위는 0 내지 N의 범위로서, 상기 N은 G_{max} (촬상 영상을 구성하는 최대 그레이 스케일 값)보다 작고, 상기 N은 상기 차이 값의 부호가 반전되기 직전의 그레이 스케일 값에 해당될 수 있다.

[0010] 또한, 상기 차이 값을 상기 시간 흐름 별로 연산하는 단계는, 상기 임의 그레이 스케일 범위에 내에 속하는 그레이 스케일 값 별로 획득된 상기 차이 값의 합산을 이용하여, 상기 시간 흐름 별로 상기 제1 전지에서 상기 제2 전지로 방출된 입자수를 아래의 수학식으로 연산할 수 있다.

$$\text{방출된 입자수} = \sum_{i=1}^j p_i$$

[0011]

[0012] 여기서, j는 상기 N이고, p_i 는 상기 임의 그레이 스케일 범위 내에 속하는 i번째 그레이 스케일 값에서의 상기 차이 값을 나타낸다.

[0013] 또한, 상기 제1 전지에서 상기 제2 전지로 방출된 전자수는 아래의 수학식으로 계산할 수 있다.

$$\text{방출된 전자수} = \alpha \sum_{i=1}^j (p_i g_i)$$

[0014]

[0015] 여기서, α 는 상기 광학현미경을 구성하는 CCD 센서의 각 픽셀에 대한 비트열의 LSB당 발생하는 전자수, g_i 는 i번째 그레이 스케일 값이다.

[0016] 또한, 상기 입자의 거동을 감시하는 단계는, 상기 시간 흐름에 따른 상기 입자수 또는 상기 전자수를 기 저장된 기준 입자수 또는 기준 전자수와 비교하여, 상기 전극 표면에서의 전자수 변이의 정상 여부를 판단하고, 상기 정상 여부에 대응하는 알람을 발생시킬 수 있다.

[0017] 그리고, 본 발명은 광학현미경을 이용하여 제1 전지의 전극 표면에 대한 제1 촬상 영상을 입력받는 제1 영상 입력부와, 상기 제1 전지에 제2 전지가 병렬 연결되면, 상기 제1 전지의 전극 표면에 대한 제2 촬상 영상을 시간 흐름 별로 입력받는 제2 영상 입력부와, 상기 제1 촬상 영상 및 제2 촬상 영상을 구성하는 픽셀들의 그레이 스케일 값을 이용하여, 상기 제1 촬상 영상 및 제2 촬상 영상으로부터 상기 그레이 스케일 값에 따른 제1 입자수 분포 및 제2 입자수 분포를 각각 획득하는 입자 분포 획득부와, 임의 그레이 스케일 범위에 대하여 상기 제1 입

자수 분포와 제2 입자수 분포의 차이 값을 상기 시간 흐름 별로 연산하는 분포차 연산부, 및 상기 시간 흐름 별로 연산되는 상기 차이 값으로부터, 상기 제1 전지의 전극 표면에서의 입자의 거동을 감시하는 입자 거동 감시부를 포함하는 광학현미경을 이용한 전극물질 표면의 전자거동 감시 장치를 제공한다.

발명의 효과

[0018] 본 발명에 따른 전극물질 표면의 전자거동 감시 방법 및 그 장치에 따르면, 광학현미경을 이용하여 전극 재료를 통과하는 전자 또는 이온 입자의 분포를 획득하여 이를 통해 전자수 변이를 감시할 수 있으며, 전지의 전극 표면을 촬영한 영상으로부터 전지의 충전전 상태를 감시할 수 있는 이점이 있다.

도면의 간단한 설명

[0019] 도 1은 본 발명의 실시예를 위한 광학현미경의 개략 구성도이다.
 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 전극물질 표면의 전자거동 감시를 위한 개념도이다.
 도 3은 도 2의 스위치 동작에 따른 광학현미경의 촬상 영상의 예를 나타낸다.
 도 4는 본 발명의 실시예에 따른 전극물질 표면의 전자거동 감시 장치의 구성도이다.
 도 5는 도 4의 장치를 이용한 전극물질 표면의 전자거동 감시 방법의 흐름도이다.
 도 6은 도 5의 S530 단계에서 획득된 제1 입자수 분포 및 제2 입자수 분포의 예를 나타낸다.
 도 7은 도 6의 두 분포 간의 차이값을 도시한 것이다.
 도 8은 본 발명의 실시예에서 임의 그레일 스케일 범위 내에서의 시간 흐름 별 전자수 변화를 나타낸 것이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0020] 그러면 첨부한 도면을 참고로 하여 본 발명의 실시예에 대하여 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 상세히 설명한다.

[0021] 도 1은 본 발명의 실시예를 위한 광학현미경의 개략 구성도이다. 광학현미경은 레이저(Laser), 빔 분할기(Beam splitter), 마이크로 렌즈(Microscope Lens), 그리고 CCD(Charge Coupled Device) 센서로 구성된다. 레이저는 파장 532 nm의 Nd:YAG 모델을 이용하였으며, 이외의 다른 파장 대의 레이저를 사용해도 된다. 전자수 분포의 측정을 위해 100배 (x100) 이상의 배율을 가진 마이크로 렌즈를 사용하며, 스테이지에 놓인 샘플(측정 대상)과 마이크로 렌즈 사이의 간격은 1 mm 이내로 조정한다.

[0022] 이하에서는 상기 광학현미경을 통해 촬상된 영상을 이용하여 전극물질 표면의 전자거동을 감시하는 장치 및 방법에 관하여 상세히 설명한다.

[0023] 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 전극물질 표면의 전자거동 감시를 위한 개념도이다. 도 2에서 제1 전지(10)와 제2 전지(20)는 서로 병렬 연결되어 있다. 제1 및 제2 전지(10,20) 간의 전기적 연결 및 해제는 스위치 등으로 제어 가능하다.

[0024] 광학현미경은 제1 전지(10)의 전극 표면을 촬상한다. 이때, 제1 전지(10)는 피복이 제거된 상태로 존재한다. 즉, 제1 전지(10)는 피복이 제거되어 음극 몸체(ex, 음극 아연판; 음극 전극)가 외부로 노출된 상태를 의미한다. 일반적으로 전지(ex, 건전지)의 피복을 벗기면 전지의 모양에 대응하는 음극 몸체와, 이 음극 몸체의 일단부에 돌출형으로 작은 크기로 노출된 양극 부분이 확인 가능함은 자명하다.

[0025] 여기서, 제1 전지(10)가 제2 전지(20)보다 고용량 또는 고전압인 경우, 두 전지(10,20)가 연결되면 제1 전지(10)는 제2 전지(20)에 전자를 제공하게 된다. 만약 스위치가 on되면 제1 전지(10)의 전류가 제2 전지(20)로 흐르면서 제1 전지(10)는 방전되고 제2 전지(20)는 충전된다. 이러한 충전 과정에 있어서 상기 광학현미경(30)은 제1 전지(10)의 전극 표면(음극 전극)에서의 입자 흐름을 모니터링하는 역할을 한다.

[0026] 도 3은 도 2의 스위치 동작에 따른 광학현미경의 촬상 영상의 예를 나타낸다. 도 3의 (a)는 스위치가 off 상태에서 촬상된 영상이고, (b)는 스위치가 off 상태에서 on 상태로 전환되어 10초 경과된 시점에서 촬상된 영상이다.

[0027] 두 영상에서 동그라미 표시 지점을 비교하여 보면, 스위치가 on된 경우 전체적으로 검은 입자의 분포가 더욱 선

명한 것을 확인할 수 있다. 이는 좌측 그림의 동그라미 안의 회미한 입자 분포가 우측 그림의 동그라미 안의 검은 입자 분포로 변경된 것이다. 이러한 과정은 스위치 on 시에 제1 전지(10)의 음극 아연판이 산화반응($\text{Zn} \rightarrow \text{Zn}^{2+} + 2\text{e}^-$)을 통해 전자를 방출하는 것과 관계된다. 이와 같이, 본 실시예에서는 피복된 전지(배터리)의 전극 표면을 광학현미경을 통해 관찰하는 것에 의해 전극물질 표면의 전자거동을 감시할 수 있다.

- [0028] 이하의 본 실시예에서는 1.5V 용량의 알칼리 배터리를 전지의 예로 사용하고 있으나, 본 발명이 반드시 이에 한정되는 것은 아니다. 또한, 본 발명은 전지의 음극뿐만 아니라 양극 표면에서 관찰된 영상을 활용할 수도 있으며, 전극을 구성하는 금속의 종류가 아연으로 반드시 한정되지 않는다.
- [0029] 도 4는 본 발명의 실시예에 따른 전극물질 표면의 전자거동 감시 장치의 구성도이다. 도 5는 도 4의 장치를 이용한 전극물질 표면의 전자거동 감시 방법의 흐름도이다.
- [0030] 도 4 및 도 5를 참조하면, 본 발명의 실시예에 따른 전자거동 감시 장치(100)는 제1 영상 입력부(110), 제2 영상 입력부(120), 입자 분포 획득부(130), 분포차 연산부(140), 입자 거동 감시부(150)를 포함한다.
- [0031] 먼저, 상기 제1 영상 입력부(110)는 광학현미경(30)을 이용하여 제1 전지(10)의 전극 표면에 대한 제1 촬상 영상을 입력받는다(S510). 이러한 제1 촬상 영상은 스위치가 off된 상태 즉, 제1 전지(10)와 제2 전지(20)가 접속되지 않은 상태에서 촬영된 전극 표면의 초기 영상에 해당된다.
- [0032] 다음, 제2 영상 입력부(120)는 상기 제1 전지(10)에 제2 전지(20)가 전기적으로 병렬 연결되면, 상기 제1 전지(10)의 전극 표면에 대한 제2 촬상 영상을 시간 흐름 별로 입력받는다(S520). 이러한 제2 촬상 영상은 스위치가 on된 상태 즉, 제1 전지(10)와 제2 전지(20)가 접속된 상태에서 시간 흐름 별로 촬영된 전극 표면 영상에 해당된다.
- [0033] 이후, 입자 분포 획득부(130)는 상기 제1 촬상 영상 및 제2 촬상 영상을 구성하는 픽셀들의 그레이 스케일 값을 이용하여, 상기 제1 촬상 영상 및 제2 촬상 영상으로부터 상기 그레이 스케일 값에 따른 제1 입자수 분포 및 제2 입자수 분포를 각각 획득한다(S530).
- [0034] 즉, 제1 촬상 영상으로부터 제1 입자수 분포를 획득하고, 제2 촬상 영상으로부터 제2 입자수 분포를 획득한다. 제1 촬상 영상은 스위치 off 시에 획득된 제1 전지(10)의 전극 표면에 대한 초기 영상이며, 제2 촬상 영상은 스위치 on 시에 획득된 시간 흐름 별 영상으로서 복수 개가 존재한다.
- [0035] 이러한 제1 촬상 영상 및 제2 촬상 영상은 광학현미경을 이용하여 획득하되 광학현미경과 전극표면 간의 거리인 d 값을 0.001(=1 mm)로 설정한 후 복원한 영상을 획득하면 된다. 물론, 그레이 스케일 기준의 입자수 분포의 획득을 위해서는 원본 영상을 흑백 영상으로 변환하는 과정이 요구된다.
- [0036] 도 6은 도 5의 S530 단계에서 획득된 제1 입자수 분포 및 제2 입자수 분포의 예를 나타낸다. 도 6에서 OFF 그래프(-○-)는 스위치 off 시에 획득된 제1 촬상 영상에 따른 제1 입자수 분포를 나타내고, ON 그래프(-△-)는 스위치 on 이후 10초 경과된 상태에서 획득된 제2 촬상 영상에 따른 제2 입자수 분포를 나타낸다.
- [0037] 이러한 도 6은 촬상 영상을 구성하는 픽셀들을 그레이 스케일 값 별로 분류하고, 각 그레이 스케일 값에 해당하는 픽셀들의 개수를 분포 형태로 나타낸 것이다. 즉, 가로 축은 그레이 스케일 값을 나타내고 세로 축은 촬상 영상 내에서 해당 그레이 스케일 값을 갖는 픽셀들의 개수(입자수)를 나타낸다.
- [0038] 본 실시예의 경우 픽셀의 그레이 스케일 값을 8 비트로 사용하므로 그레이 스케일 값은 0~255 사이의 값을 가진다. 여기서 촬상 영상을 구성하는 최대 그레이 스케일 값 $G_{\max}$ 는 255이다. 도 6에서는 그 중에서 0~200의 그레이 스케일 범위의 데이터를 도시한 것이다.
- [0039] 촬상 영상에서 어두운 부분은 그레이 스케일이 작은 값으로 나타나며 전자 입자(음이온)가 이온 입자(양이온)보다 우세한 부분에 해당된다. 참고로 도 6의 분포 그래프에서 그레이 스케일 값 0~30 범위에 해당하는 입자는 입자의 매스(mass)가 큰 입자이며, 그레이 스케일 값 31~49 범위에 해당하는 입자는 입자의 매스가 작은 입자를 나타낸다.
- [0040] 도 6에서 제2 입자수 분포는 특정 시간(10초 후)에 대해 획득된 1개 분포만 도시하고 있으나, 본 실시예에서 제2 촬상 영상은 시간 흐름에 따라 획득되므로 제2 입자수 분포 또한 시간에 따라 여러 개가 획득되게 된다.
- [0041] 이후, 분포차 연산부(140)는 임의 그레이 스케일 범위에 대하여 상기 제1 입자수 분포와 제2 입자수 분포 간의 차이 값을 상기 시간 흐름 별로 연산한다(S540).

- [0042] 도 7은 도 6의 두 분포 간의 차이값을 도시한 것이다. 이러한 도 7은 도 6의 제2 입자수 분포에서 제1 입자수 분포를 뺀 값을 나타낸 것이다. 즉, 가로 축은 그레이 스케일 값을 나타내고, 세로 축은 두 입자수 분포의 차이 값을 나타낸다.
- [0043] 상기 차이 값을 보면, 그레이 스케일 값 0부터 49까지는 양의 값을 나타내나 49 이후로는 음의 값으로 반전된 것을 확인할 수 있다. 또한 그레이 스케일 값 0~49 범위 내에서는 차이 값의 분포가 대략 산 모양을 형성하고 그 피크 값이 존재하고 있다.
- [0044] 만약, 시간 흐름에 따른 제2 입자수 분포 별로 제1 입자수 분포와의 차이 값을 연산하여 본다면, 시간이 경과할 수록 산이 모양이 점차 작아지면서 그 피크 값이 줄어드는 경향을 가지게 될 것이다. 이는 시간에 따른 전자의 방출과 관계된다.
- [0045] 이상과 같이, 그레이 스케일 49 이하의 입자의 경우 그 차이 값은 양의 값이 되며, 이는 제1 전지(10)의 음극에서 방출되는 전자에 기인한다. 그레이 스케일 50에서 173까지는 그 차이 값이 음의 값을 가지지만 그 변화는 미미하다. 따라서, 전자수 변이의 감시를 위한 적절한 그레이 스케일 감시의 범위는 0~49까지로 결정된다.
- [0046] 즉, S540 단계는 그레이 스케일 범위 0~49에 대하여 제1 입자수 분포와 제2 입자수 분포 간의 차이 값을 획득한다. 이러한 차이 값의 획득은 시간 흐름 별로 수행한다.
- [0047] 이를 요약하면, S540 단계 시에 상기 차이 값을 연산하는 임의 그레이 스케일 범위 조건은 0 내지 N의 범위로서, N은 0과 $G_{\max}$ 사이의 값이다. 이러한 N은 상기 차이 값의 부호가 반전되기 직전의 그레이 스케일 값 즉, 본 실시예의 경우 49에 해당된다.
- [0048] 이러한 도 7과 같은 두 분포의 차이 값 결과를 시간 흐름 별로 획득하여 본다면 해당 전극재료의 효율을 측정할 수 있다. 예를 들어, 시간 흐름 별 차이 값 결과로부터 차이 값의 감소 속도를 획득할 수 있으며 이를 기준 속도와 비교하여 전극 재료의 충방전 효율을 확인할 수 있다.
- [0049] 본 실시예에는 두 분포 간의 차이 값 중에서도 상기 임의 그레이 스케일 범위 즉, 0~49 구간 내의 차이 값을 모두 합산한 값을 이용한다. 이러한 합산 값은 제1 전지(10)의 전극 표면에서 제2 전지(20)로 방출된 입자수에 해당된다.
- [0050] 상기 방출된 입자수는 아래의 수학적 식 1로 정의될 수 있다.

수학적 식 1

$$\text{방출된 입자수} = \sum_{i=1}^j p_i$$

- [0051]
- [0052] 여기서, j는 상기 N으로서 본 실시예의 경우 49에 해당된다. p_i 는 상기 임의 그레이 스케일 범위 내에 속하는 i 번째 그레이 스케일 값에서의 상기 차이 값을 나타낸다.
- [0053] 즉, 본 실시예에서는 상기 임의 그레이 스케일 범위에 내에 속하는 그레이 스케일 값 별로 획득된 상기 차이 값의 합산을 이용하여, 상기 시간 흐름 별로 상기 제1 전지(10)에서 상기 제2 전지(20)로 방출된 입자수를 연산한다.
- [0054] 이외에도, 상기 방출된 입자수에 대응하는 전자수 즉, 제1 전지(10)에서 상기 제2 전지(20)로 방출된 전자수는 아래의 수학적 식 2와 같이 계산할 수 있다.

수학식 2

$$\text{방출된 전자수} = \alpha \sum_{i=1}^j (p_i g_i)$$

[0055]

[0056]

여기서, α 는 상기 광학현미경을 구성하는 CCD 센서의 각 픽셀에 대한 비트열의 LSB당 발생하는 전자수, g_i 는 i 번째 그레이 스케일 값이다. 본 실시예와 같이 8bit의 픽셀의 경우 LSB당 발생하는 전자수 α 는 180개이다. 여기서 j 는 앞서와 같이 49에 해당된다.

[0057]

이상과 같은 수학식 1, 5에 의한 결과는 전극 재료마다 달라질 수 있으며 그 결과는 전극 재료의 전자 밀도에의 영향을 해석할 수 있게 하는 중요한 정보로 활용된다.

[0058]

이상과 같은 본 실시예는 음극 표면을 예시로 하여 설명한 것이나 양극에 대해서도 적용할 수 있다. 즉, 수학식 1, 5를 양극에 대해서도 적용할 수 있는데, 이러한 경우 양극에 도달되는 전자수가 된다.

[0059]

이후, 상기 입자 거동 감시부(150)는 상기 시간 흐름 별로 연산되는 상기 차이 값으로부터, 상기 제1 전지의 전극 표면에서의 입자의 거동을 감시한다(S550).

[0060]

이러한 입자 거동의 감시는 앞서 수학식 1 또는 수학식 2에 의해 연산된 방출된 입자수 또는 방출된 전자수를 이용하여 수행할 수 있다. 방출된 입자수 또는 전자수는 시간 흐름 별로 연산되는 값으로서, 이를 이용하면 입자수의 방출 속도 또는 전자수의 방출 속도를 연산할 수 있다.

[0061]

또한, 상기 시간 흐름에 따른 상기 입자수 또는 상기 전자수를 기 저장된 기준 입자수 또는 기준 전자수와 비교한다면, 상기 전극 표면에서의 전자수 변이의 정상 여부를 판단할 수 있으며, 나아가 상기 정상 여부에 대응하는 알람을 발생시킬 수 있다.

[0062]

또한, 전지의 음극 표면의 입구에서의 전자수와 음극 표면의 출구에서의 전자수를 각각 계산하면 음극 표면에서의 전자 손실 또는 전자 수송효율을 구할 수 있다. 전자손실율은 '음극 표면 입구에서의 전자수 - 음극 표면 출구에서의 전자수' 값을 '음극표면 입구에서의 전자수'로 나눈 값으로 정의될 수 있다.

[0063]

이외에도, 도 7의 결과 패턴을 기준 패턴이라고 할 때, 임의 전극 표면에서 수집된 패턴이 이 기준 패턴에서 벗어난 정도를 판단하면 해당 전극의 전자 밀도 이상(anomaly)을 검출할 수 있다. 전자 밀도 이상이 발견되면 관련 제조 공정에서 이상이 있다는 것을 의미하므로 본 실시예는 제조 공정의 고장 탐지에도 응용될 수 있다.

[0064]

도 8은 본 발명의 실시예에서 임의 그레이 스케일 범위 내에서의 시간 흐름 별 입자수 변화를 나타낸 것이다. 도 8의 가로 축은 시간을 나타내고 세로 축(좌)은 시간에 따른 제1 전지(10)의 전압 변화를 나타내고 우측 세로 축(우)은 시간에 따른 입자수 변화를 나타낸다. 이러한 도 8은 매 촬영 영상마다 수학식 1에 의한 값을 획득하여 시간 흐름 별로 도시한 것으로서, 임의 그레이 스케일 범위인 0~49 범위에서의 시간 흐름 별 입자수 변화에 해당된다.

[0065]

도 8을 참조하면, 입자수 변이와 전압 변이가 유사한 추이를 나타내는 것을 확인할 수 있다. 즉, 입자수의 계속적인 감소는 전자수의 계속적인 감소와 대응되며 방전 전압(Discharging voltage) 또한 그에 대응하는 방향으로 감소하고 있다. 이와 같이 전자수 변화와 방전 전압 간의 강한 상관성을 알 수 있으며 이는 본 발명의 시스템이 전자수 변이를 효과적으로 감시할 수 있음을 나타낸다.

[0066]

이러한 본 실시예의 경우 단일 아연판에서의 전자수 변이를 감시하는 것을 예시로 하였으나 본 발명이 반드시 이에 한정되지 않으며, 기타 다른 전극 재료 혹은 임의 전극 재료와 나노 입자가 혼합된 전극 재료 등에도 응용될 수 있다.

[0067]

이상과 같은 본 발명에 따른 전극물질 표면의 전자거동 감시 방법 및 그 장치에 따르면, 광학현미경을 이용하여 전극 재료를 통과하는 전자 또는 이온 입자의 분포를 획득하여 이를 통해 전자수 변이를 감시할 수 있으며, 전지의 전극 표면을 촬영한 영상으로부터 전지의 충방전 상태를 감시할 수 있는 이점이 있다.

[0068]

본 발명은 도면에 도시된 실시예를 참고로 설명되었으나 이는 예시적인 것에 불과하며, 본 기술 분야의 통상의

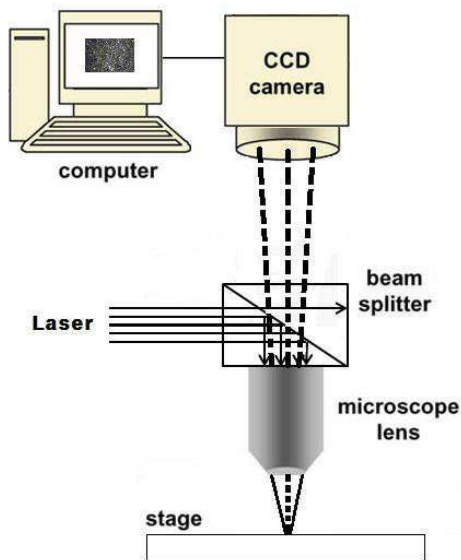
지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 다른 실시예가 가능하다는 점을 이해할 것이다. 따라서, 본 발명의 진정한 기술적 보호 범위는 첨부된 특허청구범위의 기술적 사상에 의하여 정해져야 할 것이다.

부호의 설명

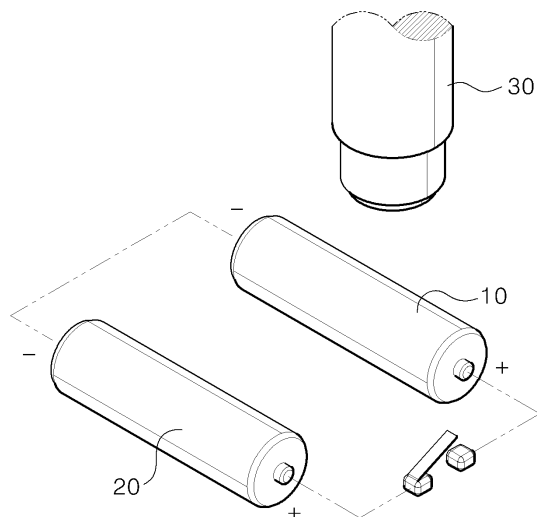
- [0069]
- | | |
|--------------------------|----------------|
| 10: 제1 전지 | 20: 제2 전지 |
| 100: 전극물질 표면의 전자거동 감시 장치 | |
| 110: 제1 영상 입력부 | 120: 제2 영상 입력부 |
| 130: 입자 분포 획득부 | 140: 분포차 연산부 |
| 150: 입자 거동 감시부 | |

도면

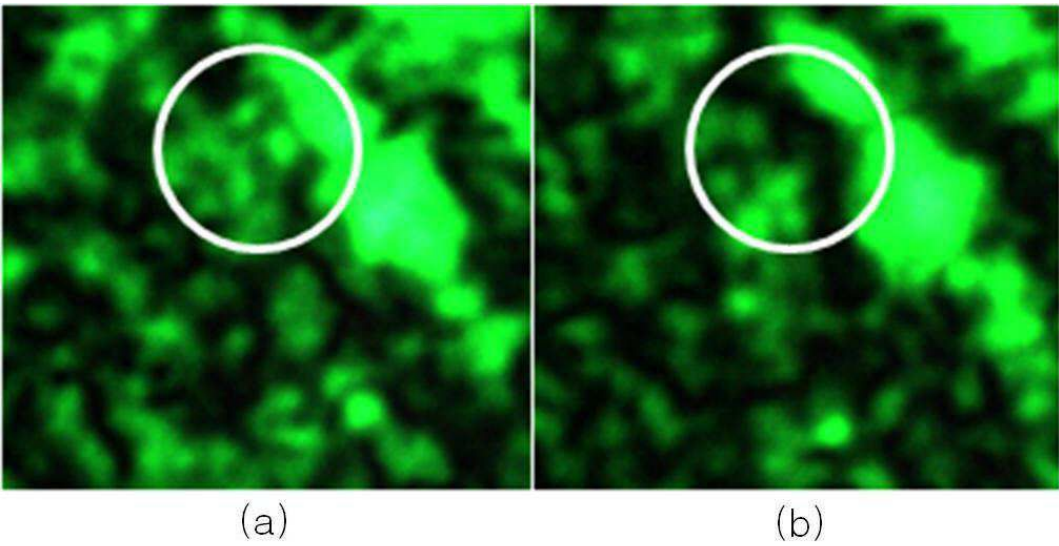
도면1



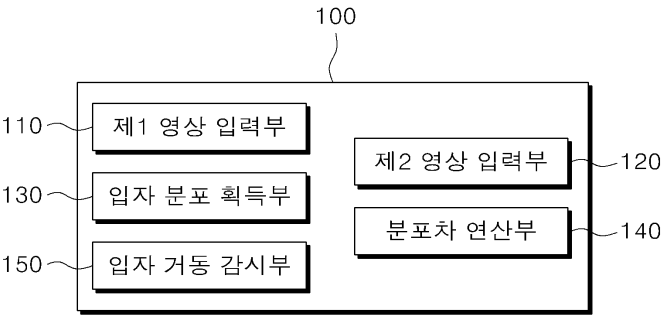
도면2



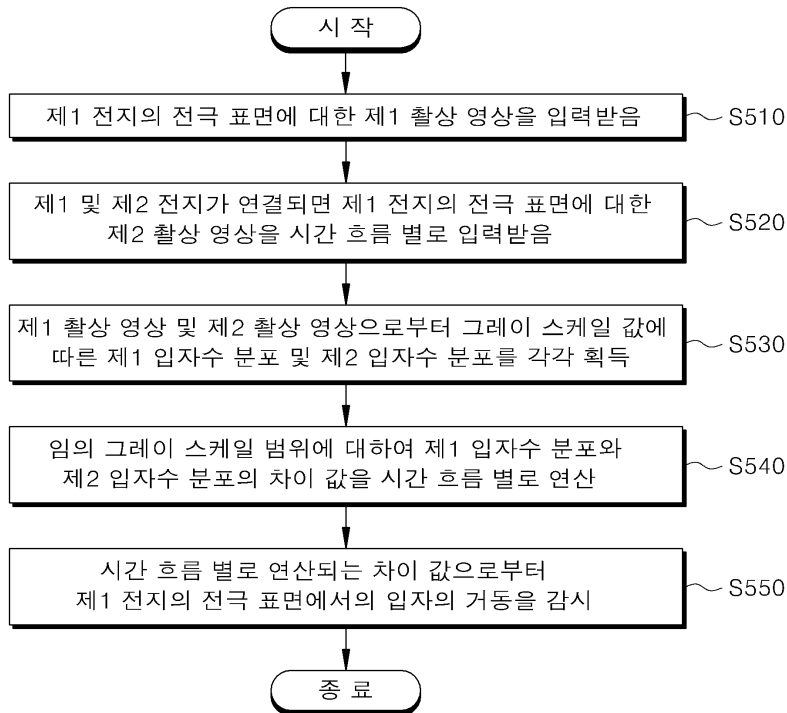
도면3



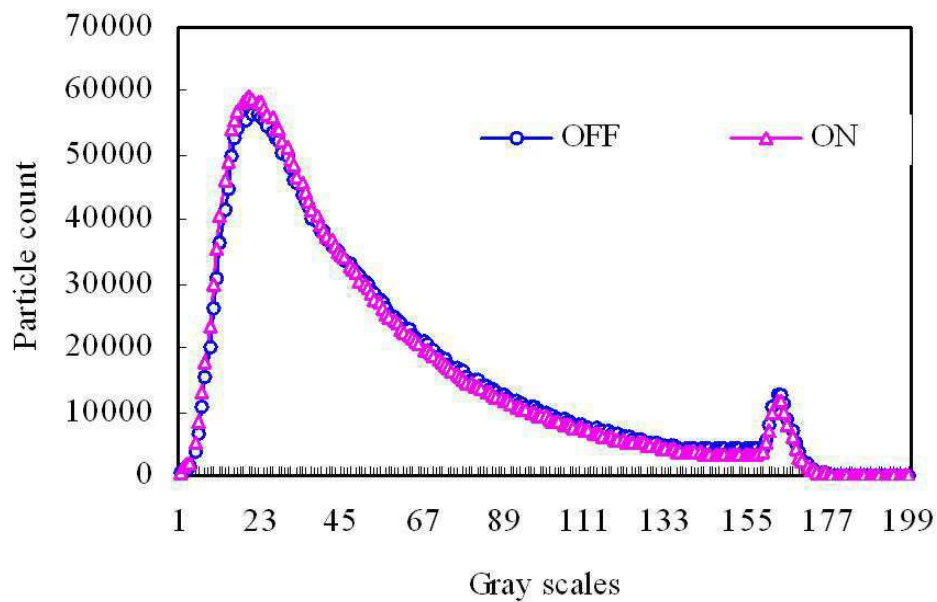
도면4



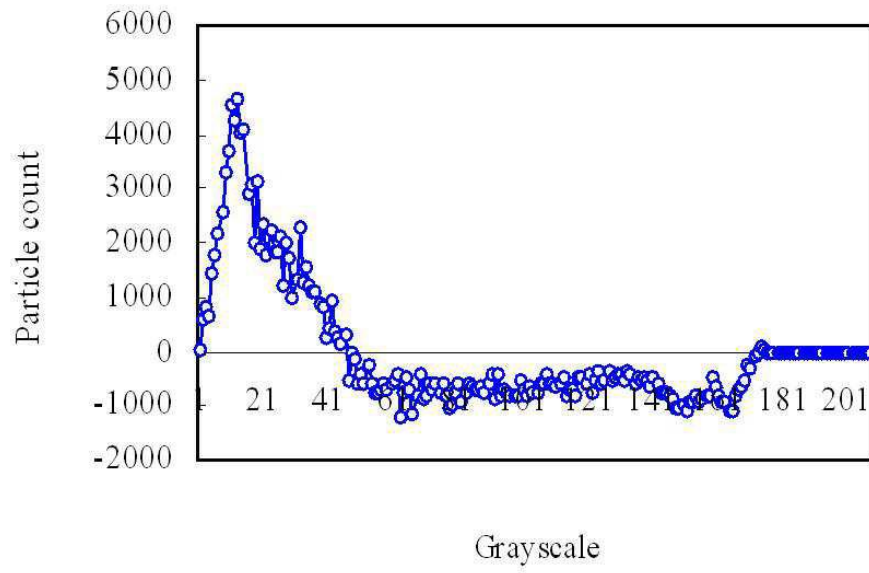
도면5



도면6



도면7



도면8

