(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2024-0165012
(43) 공개일자 2024년11월22일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01B 15/06 (2006.01) *G01N 23/046* (2018.01)
H01M 10/48 (2021.01)
(52) CPC특허분류
G01B 15/06 (2013.01)
G01N 23/046 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2023-0062216
(22) 출원일자 2023년05월15일
심사청구일자 없음

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

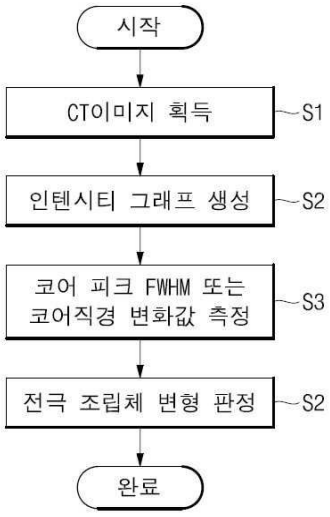
전체 청구항 수 : 총 20 항

(54) 발명의 명칭 **이차 전지의 변형 분석 장치 및 그 방법**

(57) 요 약

본 발명은 이차 전지의 변형 분석 장치 및 그 방법에 관한 것으로, 해결하고자 하는 기술적 과제는 비파괴 분석법인 CT(computed tomography) 이미지를 이용하여 이차 전지의 전극 변형을 진단할 수 있는 이차 전지의 변형 분석 장치 및 그 방법을 제공하는데 있다. 일례로, 본 발명은 이차 전지를 CT(computed tomography) 촬영하여 이미지를 획득하는 단계; 상기 이미지로부터 밝기 차이를 이용하여 인텐시티 그래프를 생성하는 단계; 상기 인텐시티 그래프로부터 코어 피크 FWHM(full width at half maximum) 또는 코어 직경 변화값을 측정하는 단계; 및 상기 측정된 코어 피크 FWHM이 피크 기준값보다 크거나 또는 코어 직경 변화값이 직경 기준값보다 큰 경우, 상기 전극 조립체가 변형된 것으로 판정하는 단계를 포함하는 방법을 제공한다.

대 표 도 - 도2



(52) CPC특허분류
H01M 10/48 (2023.08)
G01N 2223/401 (2013.01)
G01N 2223/419 (2013.01)
(72) 발명자
이성국
경기도 용인시 기흥구 공세로 150-20 (공세동)
김지영
경기도 용인시 기흥구 공세로 150-20 (공세동)
이보람
경기도 용인시 기흥구 공세로 150-20 (공세동)
이현욱
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
박창현
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
정욱현
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50

명 세 서

청구범위

청구항 1

케이스 내에 전극 조립체가 수용된 이차 전지의 변형 분석 방법에 있어서,

상기 이차 전지를 CT(computed tomography) 촬영하여 이미지를 획득하는 단계;

상기 이미지로부터 밝기 차이를 이용하여 인텐시티 그래프를 생성하는 단계;

상기 인텐시티 그래프로부터 코어 피크 FWHM(full width at half maximum) 또는 코어 직경 변화값을 측정하는 단계; 및

상기 측정된 코어 피크 FWHM이 피크 기준값보다 크거나 또는 코어 직경 변화값이 직경 기준값보다 큰 경우, 상기 전극 조립체가 변형된 것으로 판정하는 단계를 포함하는 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 이차 전지는 원통 형태인 방법.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 전극 조립체는 양극판, 분리막 및 음극판이 적층된 채 원기둥 형태로 권취된 방법.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 인텐시티 그래프는 상기 전극 조립체의 코어와 코어 주변 사이의 밝기 차이로부터 생성되는 방법.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 코어는 빈 공간이고, 상기 코어 주변은 상기 전극 조립체의 권취 선단 영역이며, 상기 코어의 밝기가 상기 권취 선단 영역의 밝기보다 어두운 방법.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 이미지는 상기 전극 조립체의 권취 축에 수직하게 촬영하여 획득되는 방법.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 이차 전지의 충방전 사이클 횟수에 따라 상기 단계가 반복되어 수행되는 방법.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 충방전 사이클의 횟수에 따른 상기 코어 피크 FWHM의 변화를 피크 FWHM 그래프로 변환하거나 또는 상기 충방전 사이클의 횟수에 따른 상기 코어 직경 변화를 직경 변화 그래프로 변환하는 단계를 더 포함하는 방법.

청구항 9

제1항에 있어서,

상기 피크 기준값은 0.2㎜ 내지 0.6㎜인 방법.

청구항 10

제1항에 있어서,

상기 직경 기준값은 0.5㎜ 내지 2㎜인 방법.

청구항 11

케이스 내에 전극 조립체가 수용된 이차 전지의 변형 분석 장치에 있어서,

제어 회로;

상기 제어 회로에 설치된 프로세서; 및

상기 제어 회로에 설치되고 상기 프로세서에 동작 가능하게 연결된 메모리를 포함하되, 상기 프로세서는 상기 메모리에 저장된 프로그램 코드를 실행하여,

상기 이차 전지를 CT(computed tomography) 촬영하여 이미지를 획득하는 동작;

상기 이미지로부터 밝기 차이를 이용하여 인텐시티 그래프를 생성하는 동작;

상기 인텐시티 그래프로부터 코어 피크 FWHM(full width at half maximum) 또는 코어 직경 변화값을 측정하는 동작; 및

상기 측정된 코어 피크 FWHM이 피크 기준값보다 크거나 또는 코어 직경 변화값이 직경 기준값보다 큰 경우, 상기 전극 조립체가 변형된 것으로 판정하는 동작이 수행되도록 구성된 장치.

청구항 12

제11항에 있어서,

상기 이차 전지는 원통 형태인 장치.

청구항 13

제11항에 있어서,

상기 전극 조립체는 양극판, 분리막 및 음극판이 적층된 채 원기둥 형태로 권취된 장치.

청구항 14

제11항에 있어서,

상기 인텐시티 그래프는 상기 전극 조립체의 코어와 코어 주변 사이의 밝기 차이로부터 생성되는 장치.

청구항 15

제14항에 있어서,

상기 코어는 빈 공간이고, 상기 코어 주변은 상기 전극 조립체의 권취 선단 영역이며, 상기 코어의 밝기가 상기 권취 선단 영역의 밝기보다 어두운 장치.

청구항 16

제11항에 있어서,

상기 이미지는 상기 전극 조립체의 권취 축에 수직하게 촬영하여 획득되는 장치.

청구항 17

제11항에 있어서,

상기 이차 전지의 충방전 사이클 횟수에 따라 상기 동작이 반복되어 수행되는 장치.

청구항 18

제17항에 있어서,

상기 충방전 사이클의 횟수에 따른 상기 코어 피크 FWHM의 변화를 피크 FWHM 그래프로 변환하거나 또는 상기 충방전 사이클의 횟수에 따른 상기 코어 직경 변화를 직경 변화 그래프로 변환하는 동작을 더 수행하도록 구성된 장치.

청구항 19

제11항에 있어서,

상기 피크 기준값은 0.2mm 내지 0.6mm인 장치.

청구항 20

제11항에 있어서,

상기 직경 기준값은 0.5mm 내지 2mm인 장치.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 이차 전지의 변형 분석 장치 및 그 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 이차 전지는 지속적인 충방전으로 인해 전지 내부에서 다양한 전기화학적 반응이 발생하며, 이에 따라 전지 열화 및 성능 저하가 초래된다. 특히, 충방전 중 발생하는 전지의 내부 변형(deformation)은 열화 및 성능 저하에 영향을 미치는 주요 요인이다. 열화 현상을 분석하기 위해서 일반적으로 전지를 해체하여 분석을 진행하는 파괴 분석 방법이 주로 이용되었다. 그러나 이러한 분석 방법은 해체 과정에서 필연적으로 전지 내부에 손상이 생기며, 실제적인 성능 저하의 원인을 밝히기 어렵고, 충방전 진행에 따른 열화 경향성을 확인하는데 제한적이었다.

[0003] 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

[0004] 본 발명은 비파괴 분석법인 CT(computed tomography) 이미지를 이용하여 이차 전지의 전극 변형을 정확하게 진단할 수 있는 이차 전지의 변형 분석 장치 및 그 방법을 제공한다.

과제의 해결 수단

[0005] 본 발명에 따른 케이스 내에 전극 조립체가 수용된 이차 전지의 변형 분석 방법은 상기 이차 전지를 CT(computed tomography) 촬영하여 이미지를 획득하는 단계; 상기 이미지로부터 밝기 차이를 이용하여 인텐시티 그래프를 생성하는 단계; 상기 인텐시티 그래프로부터 코어 피크 FWHM(full width at half maximum) 또는 코어 직경 변화값을 측정하는 단계; 및 상기 측정된 코어 피크 FWHM이 피크 기준값보다 크거나 또는 코어 직경 변화값이 직경 기준값보다 큰 경우, 상기 전극 조립체가 변형된 것으로 판정하는 단계를 포함할 수 있다.

[0006] 일부 예들에서, 상기 이차 전지는 원통 형태일 수 있다.

[0007] 일부 예들에서, 상기 전극 조립체는 양극판, 분리막 및 음극판이 적층된 채 원기둥 형태로 권취된 것일 수

있다.

[0008] 일부 예들에서, 상기 인텐시티 그래프는 상기 전극 조립체의 코어와 코어 주변 사이의 밝기 차이로부터 생성될 수 있다.

[0009] 일부 예들에서, 상기 코어는 빈 공간이고, 상기 코어 주변은 상기 전극 조립체의 권취 선단 영역이며, 상기 코어의 밝기가 상기 권취 선단 영역의 밝기보다 어두울 수 있다.

[0010] 일부 예들에서, 상기 이미지는 상기 전극 조립체의 권취 축에 수직하게 촬영하여 획득될 수 있다.

[0011] 일부 예들에서, 상기 이차 전지의 충방전 사이클 횟수에 따라 상기 단계가 반복되어 수행될 수 있다.

[0012] 일부 예들에서, 상기 충방전 사이클의 횟수에 따른 상기 코어 피크 FWHM의 변화를 피크 FWHM 그래프로 변환하거나 또는 상기 충방전 사이클의 횟수에 따른 상기 코어 직경 변화를 직경 변화 그래프로 변환하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0013] 일부 예들에서, 상기 피크 기준값은 0.2㎜ 내지 0.6㎜일 수 있다.

[0014] 일부 예들에서, 상기 직경 기준값은 0.5㎜ 내지 2㎜일 수 있다.

[0015] 본 발명에 따른 케이스 내에 전극 조립체가 수용된 이차 전지의 변형 분석 장치는 제어 회로; 상기 제어 회로에 설치된 프로세서; 및 상기 제어 회로에 설치되고 상기 프로세서에 동작 가능하게 연결된 메모리를 포함하되, 상기 프로세서는 상기 메모리에 저장된 프로그램 코드를 실행하여, 상기 이차 전지를 CT(computed tomography) 촬영하여 이미지를 획득하는 동작; 상기 이미지로부터 밝기 차이를 이용하여 인텐시티 그래프를 생성하는 동작; 상기 인텐시티 그래프로부터 코어 피크 FWHM(full width at half maximum) 또는 코어 직경 변화값을 측정하는 동작; 및 상기 측정된 코어 피크 FWHM이 피크 기준값보다 크거나 또는 코어 직경 변화값이 직경 기준값보다 큰 경우, 상기 전극 조립체가 변형된 것으로 판정하는 동작이 수행되도록 구성될 수 있다.

발명의 효과

[0016] 본 발명은 비파괴 분석법인 CT 이미지를 이용하여 이차 전지의 전극 변형을 정확하게 진단할 수 있는 이차 전지의 변형 분석 장치 및 그 방법을 제공한다.

도면의 간단한 설명

[0017] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 예시적 이차 전지의 변형 분석 장치의 구성을 도시한 블럭도이다.

도 2는 본 발명의 실시예에 따른 예시적 이차 전지의 변형 분석 방법을 도시한 흐름도이다.

도 3a 및 도 3b는 예시적 이차 전지의 종단면도 및 횡단면도이다.

도 4a 및 도 4b는 CT 이미지로부터 획득한 인텐시티 그래프 및 사이클별 인텐시티 그래프이다.

도 5a 및 도 5b는 인텐시티 그래프로부터 획득한 코어 피크 FWHM(full width at half maximum) 그래프 및 코어 직경 변화 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0018] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예를 상세히 설명하기로 한다.

[0019] 본 발명의 실시예들은 당해 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 본 발명을 더욱 완전하게 설명하기 위하여 제공되는 것이며, 하기 실시예는 여러 가지 다른 형태로 변형될 수 있으며, 본 발명의 범위가 하기 실시예에 한정되는 것은 아니다. 오히려, 이들 실시예는 본 개시를 더욱 충실하고 완전하게 하고, 당업자에게 본 발명의 사상을 완전하게 전달하기 위하여 제공되는 것이다.

[0020] 또한, 도면상에서 동일 부호는 동일한 요소를 지칭한다. 본 명세서에서 사용된 바와 같이, 용어 "및/또는"은 해당 열거된 항목 중 어느 하나 및 하나 이상의 모든 조합을 포함한다. 본 명세서에서 사용된 용어는 특정 실시예를 설명하기 위하여 사용되며, 본 발명을 제한하기 위한 것이 아니다. 본 명세서에서 사용된 바와 같이, 단수 형태는 문맥상 다른 경우를 분명히 지적하는 것이 아니라면, 복수의 형태를 포함할 수 있다. 또한, 본 명세서에서 사용되는 경우 "포함한다(comprise)" 및/또는 "포함하는(comprising)"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.

[0021] 또한, 본 개시에 따른 제어 회로 및/또는 다른 관련 기기 또는 부품은 임의의 적절한 하드웨어, 펌웨어(예를 들어, 주문형 반도체), 소프트웨어, 또는 소프트웨어, 펌웨어 및 하드웨어의 적절한 조합을 이용하여 구현될 수 있다. 예를 들어, 본 개시에 따른 제어 회로 및/또는 다른 관련 기기 또는 부품의 다양한 구성 요소들은 하나의 집적회로 칩 상에, 또는 별개의 집적회로 칩 상에 형성될 수 있다. 또한, 제어 회로의 다양한 구성 요소는 가요성 인쇄 회로 필름 상에 구현 될 수 있고, 테이프 캐리어 패키지, 인쇄 회로 기판, 또는 제어 회로와 동일한 서브스트레이트 상에 형성될 수 있다. 또한, 제어 회로의 다양한 구성 요소는, 하나 이상의 컴퓨팅 장치에서, 하나 이상의 프로세서에서 실행되는 프로세스 또는 쓰레드(thread)일 수 있고, 이는 이하에서 언급되는 다양한 기능들을 수행하기 위해 컴퓨터 프로그램 명령들을 실행하고 다른 구성 요소들과 상호 작용할 수 있다. 컴퓨터 프로그램 명령은, 예를 들어, 랜덤 액세스 메모리와 같은 표준 메모리 디바이스를 이용한 컴퓨팅 장치에서 실행될 수 있는 메모리에 저장된다. 컴퓨터 프로그램 명령은 또한 예를 들어, CD-ROM, 플래시 드라이브 등과 같은 다른 비-일시적 컴퓨터 판독 가능 매체(non-transitory computer readable media)에 저장될 수 있다. 또한, 본 발명에 관련된 당업자는 다양한 컴퓨팅 장치의 기능이 상호간 결합되거나, 하나의 컴퓨팅 장치로 통합되거나, 또는 특정 컴퓨팅 장치의 기능이, 본 발명의 예시적인 실시예를 벗어나지 않고, 하나 이상의 다른 컴퓨팅 장치들에 분산될 수 될 수 있다는 것을 인식해야 한다.

[0022] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 예시적 이차 전지의 변형 분석 장치(100)의 구성을 도시한 블럭도이다. 도 1에 도시된 바와 같이, 본 발명의 실시예에 따른 예시적 이차 전지의 변형 분석 장치(100)는 입력 장치(101), 출력 장치(102), 제어회로(103), 중앙처리유닛(CPU, 104), 메모리(105), 프로그램 코드(106)를 포함할 수 있다. 일부 예들에서, 본 발명의 실시예에 따른 예시적 이차 전지의 변형 분석 장치(100)는 CT 촬영 장치(107) 및/또는 충방전 장치(108)를 더 포함할 수 있다.

[0023] 제어회로(103)는 CPU(104)를 통해 메모리(105)에 저장된 프로그램 코드(106)를 실행하고, 그에 따라 변형 분석 장치(100)의 전체적인 동작을 제어할 수 있다. 일부 예들에서, 프로그램 코드(106)는 "https://imagej.net"에서 무료로 다운로드받을 수 있는 "Image J"와 같은 이미지 분석 툴을 포함할 수 있다.

[0024] 변형 분석 장치(100)는 키보드 또는 마우스와 같은 입력 장치(101)를 통해 사용자가 입력한 데이터 또는 정보를 수신할 수 있고, 모니터 또는 스피커와 같은 출력 장치(102)를 통해 이미지 또는 소리를 출력할 수 있다. 일부 예들에서, 변형 분석 장치(100)는 CT 촬영장치(107)로부터 직접적으로 또는 간접적으로 CT 이미지를 수신할 수 있다. 일부 예들에서, 변형 분석 장치(100)는 충방전 장치(108)로부터 직접적으로 또는 간접적으로 충방전 사이클 횟수를 수신할 수 있다. 일부 예들에서, 변형 분석 장치(100)는 CT 이미지와 충방전 사이클 횟수가 한쌍으로 된 데이터를 수신할 수 있다.

[0025] 메모리(105)에는 본 발명의 실시를 위한 다양한 설정값(예를 들면, 피크 기준값, 직경 기준값), 수신된 CT 이미지, 수신된 충방전 사이클 횟수, 및 변형 분석 장치(100)의 동작 제어를 위한 프로그램 코드(106)가 저장될 수 있다.

[0026] CT 촬영 장치(107)는 이차 전지를 CT 촬영하여 CT 이미지를 획득하고, 이를 변형 분석 장치(100)에 직접적으로 또는 간접적으로 전송할 수 있다.

[0027] 일부 예들에서, 제어 회로(103)의 직접적인 제어에 의해 CT 촬영 장치(107)가 제어됨으로써, 제어 회로(103)는 CT 촬영 장치(107)로부터 직접 CT 이미지를 획득 또는 수신할 수 있다. 일부 예들에서, CT 촬영 장치(107)로부터 획득된 CT 이미지는 입력 장치(101)를 통해 간접적으로 제어 회로(103)에 제공될 수도 있다.

[0028] 충방전 장치(108)는 CT 촬영 대상인 이차 전지에 전류 및 전압을 제공하여 이차 전지를 충전하거나 또는 이차 전지에 부하를 연결하여 이차 전지가 방전되도록 할 수 있다.

[0029] 일부 예들에서, 제어 회로(103)의 직접적인 제어에 의해 충방전 장치(108)가 제어됨으로써, 제어 회로(103)는 충방전 장치(108)로부터 직접 충방전 사이클 횟수를 획득 또는 수신할 수 있다. 일부 예들에서, 충방전 장치(108)로부터 획득된 충방전 사이클 횟수는 입력 장치(101)를 통해 간접적으로 제어 회로(103)에 제공될 수 있다.

[0030] 일부 예들에서, 이차 전지의 충방전 사이클 횟수별 CT 이미지가 상호간 매칭된 데이터 형태로 제어 회로(103)에 제공될 수 있다. 다르게 설명하면, 이차 전지의 충방전 사이클이 경과할때마다 이차 전지에 대하여 CT 촬영이 수행되고, 이에 따라 충방전 사이클 횟수와 CT 이미지를 포함하는 데이터가 제어 회로(103)에 직접적으로 또는

간접적으로 제공될 수 있다.

[0031] 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 예시적 변형 분석 방법을 도시한 흐름도이다. 도 2에 도시된 바와 같이, 본 발명의 실시예에 따른 이차 전지의 예시적 변형 분석 방법은 이차 전지를 CT 촬영하여 CT 이미지를 획득하는 제1단계(S1), CT 이미지로부터 인텐시티 그래프를 생성하는 제2단계(S2), 인테니티 그래프로부터 코어 피크 FWHM 및/또는 코어 직경 변화값을 측정하는 제3단계(S3), 및 코어 피크 FWHM이 피크 기준값보다 크거나(또는 크고) 코어 직경 변화값이 직경 기준값보다 크면 이차 전지의 변형으로 판정하는 제4단계(S4)를 포함할 수 있다.

[0032] 제1단계(S1)에서, 제어 회로(103)는 CT 촬영 장치(107)로부터 CT 이미지를 획득 또는 수신할 수 있다. 일부 예들에서, CT 촬영 장치(107)에 의해 이차 전지가 CT 촬영되고, 이에 대응하는 CT 이미지가 CT 촬영 장치(107)로부터 제어 회로(103)에 전송될 수 있다. 상술한 바와 같이, CT 촬영 장치(107)는 제어 회로(103)의 제어 신호에 의해 동작하거나, 또는 독립적으로 동작하여 CT 이미지를 제어 회로(103)에 직접적으로 또는 간접적으로 전송할 수 있다.

[0033] 제2단계(S2)에서, 제어 회로(103)는 CT 이미지로부터 밝기 차이를 이용하여 인텐시티 그래프를 생성할 수 있다. 제어 회로(103)는 전극 조립체의 코어와 코어 주변 사이의 밝기 또는 음영 차이를 이용하여 인텐시티 그래프를 생성할 수 있다. 일부 예들에서, 인텐시티 그래프는 X축에 정규화된 거리 또는 길이가 표시되고, Y축에 인텐시티가 표시되어 생성될 수 있다.

[0034] 제3단계(S3)에서, 제어 회로(103)는 인텐시티 그래프로부터 코어 피크 FWHM(full width at half maximum) 및/또는 코어 직경 변화값을 측정할 수 있다.

[0035] 일반적으로, 전극 조립체의 코어는 빈 공간이고, 코어 주변은 전극 조립체의 권취 선단 영역이므로, CT 이미지에서 코어의 밝기가 권취 선단 영역의 밝기보다 어둡다. 예를 들면, CT 이미지에서 코어는 어둡게 표시되고, 코어 주변은 밝게 표시된다. 따라서, 인텐시티 그래프 상에서 코어의 인텐시티는 상대적으로 작게 표시되고 코어 주변의 인텐시티는 상대적으로 높게 표시된다. 이에 따라, 제어 회로(103)는 이미지 분석 툴을 이용하여 코어 피크 FWHM 및/또는 코어 직경을 측정할 수 있으며, 충방전 사이클 횟수의 경과에 따라 코어 직경 변화량도 측정할 수 있다.

[0036] 제4단계(S4)에서, 제어 회로(103)는 측정된 코어 피크 FWHM이 미리 설정된 피크 기준값보다 크고, 그리고/또는 코어 직경 변화값이 미리 설정된 직경 기준값보다 큰 경우, 전극 조립체가 변형된 것으로 판정할 수 있다. 일부 예들에서, 제어 회로(103)는 출력 장치(102)를 통해 하나으 인텐시티 그래프, 충방전 사이클 횟수 경과에 따른 다수의 인텐시티 그래프, 충방전 사이클 횟수에 따른 코어 피크 FWHM 및/또는 충방전 사이클 횟수에 따른 코어 직경, 피크 기준값, 코어 직경 변화값 및 변형 여부를 출력할 수 있다.

[0037] 이하 본 발명에 따른 이차 전지의 변형 분석 방법에 대해 좀더 자세하게 설명한다.

[0038] [이차 전지 준비]

[0039] 먼저 원통형 케이스(또는 원통형 캔) 내에 젤리-롤 형상의 전극 조립체가 수납된 원통형 이차 전지가 준비될 수 있다.

[0040] 도 3a 및 도 3b는 예시적 이차 전지의 종단면도 및 횡단면도이다. 여기서, 도 3b는 전극 조립체의 권취 상태를 설명하기 위해 상당히 과장되어 도시되어 있다. 실제로 전극 조립체의 중앙은 대략 원형에 가까운 빈 공간(또는 코어)을 갖고 있고, 전극 조립체의 외곽과 케이스(또는 캔)의 내면 사이에는 빈 공간이 거의 없다. 실질적으로, 전극 조립체는 완전한 원에 가깝게 권취되어 있으며, 도 3b는 상술한 바와 같이 권취 구조를 설명하기 위해 과장되어 도시되어 있다. 또한, 도 3b에 대응하는 CT 이미지는 도 3b의 음영과 반대임을 당업자라면 이해할 것이다.

[0041] 일부 예들에서, 이차 전지(1)는 젤리-롤 형태의 전극 조립체(30)가 원통형 캔(10)에 수납되고, 원통형 캔(10) 내에 전극 조립체(30)가 침지되도록 전해액이 주입된 후에(옵션), 원통형 캔(10)의 개방된 상단에 캡 조립체(20)가 결합되어 제작될 수 있다. 일부 예들에서, 전극 조립체(30)는 양극(31) 및 음극(32)이 분리막(33)이 개재된 상태에서 적층된 후 일 방향으로 권취되어 제조된 젤리-롤 형태일 수 있다. 도 3b에서 30S는 전극 조립체(30)중 권취가 시작되는 권취 선단 영역을 의미하고, 30E는 전극 조립체(30)중 권취가 마감되는 권취 말단 영역을 의미한다. 상기 양극, 음극, 분리막 및 전해액 등에 관한 내용은 통상의 기술자에게 공지된 사항이므로 자세한 설명을 생략한다.

[0042] 일부 예들에서, 원통형 캔(10)은 스틸 또는 스테인레스 스틸과 같은 금속으로 제조될 수 있다. 일부 예들에서,

원통형 캔은 내부에 전극 조립체가 수납될 수 있는 수납부를 포함하며, 상단부가 개방되어 있는 형태일 수 있다. 일부 예들에서, 원통형 캔(10)의 개방된 상부에는 캡 조립체(20)가 결합된 후 밀봉될 수 있도록 구부러져 비딩부가 제공될 수 있고, 또한 캡 조립체(20)를 고정하기 위해 상단부가 구부려져 클림핑부가 제공될 수 있다. 일부 예들에서, 비딩부는 캡 조립체와 원통형 캔이 접촉하는 부분에 제공될 수 있으며, 원통형 캔의 안쪽을 향해 만입된 형상일 수 있다. 일부 예들에서, 원통형 캔은 외부 회로와의 접속에 대해 음극 단자의 역할을 수행할 수 있다. 일부 예들에서, 캡 조립체(20)는 원통형 캔(10)의 클림핑부와 비딩부의 상부 내면에 형성되는 공간에 장착되는 기밀유지용 가스켓 내부에 캡업과 안전 벤트 등이 밀착되는 구조일 수 있다. 캡업은 중앙 부분이 상향 돌출되어 있어 외부 회로와의 접속에 대해 양극 단자의 역할을 수행할 수 있다. 일부 예들에서, 젤리-롤 형태로 권취된 전극 조립체(30)의 중심부에는 빈 공간 형태의 코어(34)가 제공될 수 있다. 일부 예들에서, 코어(34)에는 전극 조립체에 소정의 강도를 부여하기 위한 원통형의 금속 소재인 센터 핀(미도시)이 삽입될 수도 있으며, 경우에 따라서는 전극이 원통형 캔 또는 캡 조립체에 용접된 후 센터핀이 제거될 수도 있다. 일부 예들에서, 음극 탭이 전극 조립체의 하단에서 돌출되어 원통형 캔의 바닥면에 용접될 수 있고, 양극 탭이 전극 조립체의 상단에서 돌출되어 캡 조립체에 용접될 수 있다.

[0043] 여기에 설명된 원통형 이차 전지(1)는 본 발명의 이해를 위한 일례에 불과하며, 이러한 원통형 이차 전지(1)로 본 발명이 한정되지 않는다. 일례로, 본 발명은 18650(지름 18㎜, 높이 65㎜) 원통형 전지, 21700(지름 21㎜, 높이 70㎜) 원통형 전지, 또는 4680(지름 46㎜, 높이 80㎜) 원통형 전지에도 적용될 수 있으며, 미래에 제조될 원통형 전지에도 적용될 수 있다.

[0044] 일부 예들에서, 이차 전지(1)의 CT 촬영 영역은 캡 조립체에 인접한 제1영역, 캔의 바닥면에 인접한 제2영역, 캔의 중간에 인접한 제3영역을 포함할 수 있다. 다르게 설명하면, 제1영역은 전극 조립체의 대략 상부 영역일 수 있고, 제2영역은 전극 조립체의 대략 하부 영역일 수 있으며, 제3영역은 전극 조립체의 대략 중간 영역일 수 있다. 일부 예들에서, 하나의 이차 전지를 선택하여 제1영역을 CT 촬영하였다면, 이후 충방전 사이클 경과후에도 동일한 제1영역을 CT 촬영함이 바람직하다. 또한, 하나의 이차 전지를 선택하여 제2영역을 CT 촬영하였다면, 이후 충방전 사이클 경과후에도 동일한 제2영역을 CT 촬영함이 바람직하다. 또한, 하나의 이차 전지를 선택하여 제3영역을 CT 촬영하였다면, 이후 충방전 사이클 경과후에도 동일한 제3영역을 CT 촬영함이 바람직하다.

[0045] [CT 촬영]

[0046] 상술한 바와 같이 원통형 이차 전지가 준비되면, CT 촬영 장치에 의해 전극 조립체의 권취 축에 수직한 단면의 이미지가 획득될 수 있다. 상술한 바와 같이 이미지는 이차 전지의 제1영역(예를 들면, 전극 조립체의 상부 영역)이 촬영되어 얻어지거나, 이차 전지의 제2영역(예를 들면, 전극 조립체의 하부 영역)이 촬영되어 얻어지거나, 또는 이차 전지의 제3영역(예를 들면, 전극 조립체의 중간 영역)이 촬영되어 얻어질 수 있다. 일부 예들에서, CT 이미지는 권취 축에 수직한 제1영역(상부 영역), 제2영역(하부 영역) 및/또는 제3영역(중간 영역)으로부터 획득될 수 있다.

[0047] 일부 예들에서, 이러한 이미지 획득은 충방전 장치를 통해 이차 전지가 충방전된 후 획득될 수 있다. 이차 전지가 1회 충방전된 경우 이차 전지가 1사이클 경과했다고 정의될 수 있다. 일부 예들에서, 충방전 장치에 의해 이차 전지가 대략 1사이클 내지 100 사이클 경과할 때마다, CT 촬영 장치로부터 CT 이미지가 획득될 수 있다.

[0048] 일부 예들에서, CT 촬영 장치(107)는 이차 전지가 탑재되는 지그, 이차 전지에 X선을 조사하는 X선 조사기, 이차 전지를 투과한 X선을 검출하는 X선 검출기, 투과 X선으로부터 이차 전지의 CT 이미지를 획득한 후 이를 저장할 수 있는 컴퓨터를 포함할 수 있다. 최종적으로 CT 촬영 장치로부터 획득된 CT 이미지는 이차 전지의 변형 분석 장치(100) 중 제어 회로(103)에 직접적으로 또는 간접적으로 전송될 수 있다.

[0049] 일부 예들에서, 충방전 장치(108)는 이차 전지가 탑재되는 지그, 이차 전지에 연결되어 충전 전원을 제공하는 충전 회로, 이차 전지에 연결되어 부하로 동작하는 방전 회로, 충전 회로 또는 방전 회로를 이차 전지의 양극 단자 및 음극 단자에 각각 연결하는 양극핀 및 음극핀, 충방전 시간, 충방전 전압, 충방전 전류 및 사이클 횟수를 저장할 수 있는 컴퓨터를 포함할 수 있다. 최종적으로 충방전 장치로부터 획득된 사이클 횟수는 이차 전지의 변형 분석 장치(100)중 제어 회로(103)에 직접적으로 또는 간접적으로 전송될 수 있다. 일부 예들에서, 충방전 장치(108)의 개입없이, CT 촬영 장치(107)로부터 획득된 CT 이미지가 제어 회로(103)에 전송될 때 사이클 횟수도 함께 수동으로 입력 장치를 통해 입력될 수 있다.

[0050] [인텐시티 그래프 생성]

[0051] 도 4a 및 도 4b는 CT 이미지로부터 획득한 인텐시티 그래프 및 사이클별 인텐시티 그래프이다. 도 4a에서 X축은

정규화된 거리이고, Y축은 정규화된 인텐시티이다. 도 4b에서 X축은 길이(mm)이고, Y축은 정규화된 인텐시티이다. 또한, 도 4a에서는 하나의 인텐시티 그래프가 도시되어 있고, 도 4b에서는 충방전 사이클 횟수에 따른 다수의 인텐시티 그래프가 도시되어 있다. 일부 예들에서, 도 4a 및 도 4b에 도시된 인텐시티 그래프는 도 3b의 도면에서 박스로 표시된 "A" 영역이 처리되어 획득될 수 있다(상술한 바와 같이, 실제의 CT 이미지가 갖는 음영은 도 3b에 도시된 음영과 반대임). 일부 예들에서, CT 이미지에서 전극 조립체중 코어의 밝기가 어두우므로 인텐시티 그래프의 대응되는 부분에서 인텐시티가 상대적으로 낮게 표시된다. 일부 예들에서, 전극 조립체중 코어의 주변, 예를 들면, 전극 조립체의 권취 선단 영역(30S)은 밝기가 밝으므로 인텐시티 그래프의 대응되는 부분에서 인텐시티가 상대적으로 높게 표시된다.

[0052] [측정 및 변형 판정]

[0053] 도 5a 및 도 5b는 인텐시티 그래프로부터 획득한 코어 피크 FWHM(full width at half maximum) 그래프 및 코어 직경 변화 그래프이다. 도 5a에서 X축은 사이클 횟수이고, Y축은 코어 피크 FWHM(mm)이다. 도 5b에서 X축은 사이클 횟수이고, Y축은 코어 직경 변화량(mm)이다. 일부 예들에서, 도 4b에 도시된 충방전 사이클 횟수에 따른 인텐시티 그래프중 박스로 표시된 "B" 영역이 처리되어 코어 피크 FWHM이 측정되고, "C" 영역이 처리되어 코어 직경 변화값이 측정될 수 있다.

[0054] 도 5a 및 도 5b에 도시된 바와 같이, 이차 전지의 충방전 사이클 횟수 경과에 따라 전극 조립체에 변형이 발생하므로, 코어 피크 FWHM 및/또는 코어 직경 변화량이 커짐을 알 수 있다. 일부 예들에서, 코어 피크 FWHM이 미리 설정된 피크 기준값보다 클 경우 전극 조립체가 변형된 것으로 판정할 수 있다. 일부 예들에서, 피크 기준값은 대략 0.2mm 내지 대략 0.6mm일 수 있다. 도 5a에서 피크 기준값은 대략 0.4mm로 설정되어 있다. 일부 예들에서, 코어 직경 변화량이 미리 설정된 직경 기준값보다 클 경우 전극 조립체가 변형된 것으로 판정할 수 있다. 일부 예들에서, 직경 기준값은 대략 0.5mm 내지 대략 2mm일 수 있다. 도 5b에서 직경 기준값은 대략 1mm로 설정되어 있다. 다만, 기준값은 이차 전지의 전기화학적 특성, 크기 또는 사용 환경에 따라 다양하게 변경될 수 있다.

[0055] 이와 같이 하여, 본 발명의 실시예에 따른 이차 전지의 변형 분석 장치 및 그 방법에 따르면, 전극 조립체의 권취 축에 수직인 방향으로 이차 전지의 충방전 사이클 횟수 경과에 따른 다수의 CT 이미지를 획득하고, CT 이미지에서 밝기 차이 또는 음영 차이에 따른 인텐시티 그래프를 생성하며, 이후 인텐시티 그래프로부터 코어 피크 FWHM 및/또는 코어 직경 변화값을 측정하여, 전극 조립체의 변형 여부를 판정한다. 따라서, 본 발명의 실시예는 이차 전지를 분해하지 않고 비파괴적인 방법으로 이차 전지 내부에 제공되는 전극 조립체의 변형 여부를 정확하게 파악할 수 있도록 한다.

[0056] 이상에서 설명한 것은 본 발명에 의한 이차 전지의 변형 분석 장치 및 그 방법을 실시하기 위한 하나의 실시예에 불과한 것으로서, 본 발명은 상기한 실시예에 한정되지 않고, 이하의 특허청구범위에서 청구하는 바와 같이 본 발명의 요지를 벗어남이 없이 당해 발명이 속하는 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 누구든지 다양한 변경 실시가 가능한 범위까지 본 발명의 기술적 정신이 있다고 할 것이다.

부호의 설명

[0057] 100: 변형 분석 장치

101; 입력 장치 102; 출력 장치

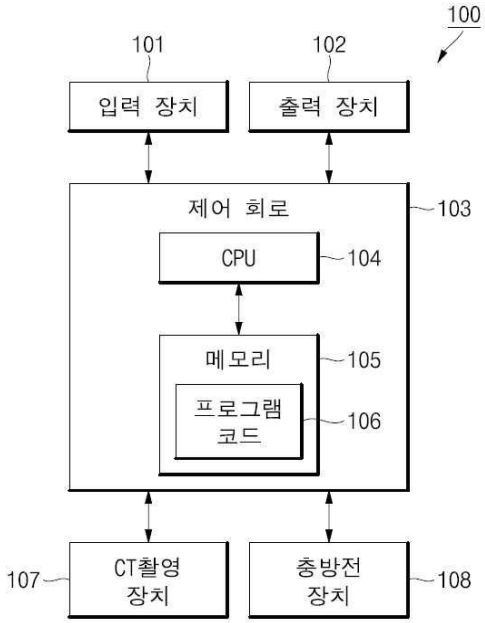
103; 제어 회로 104; CPU

105; 메모리 106; 프로그램 코드

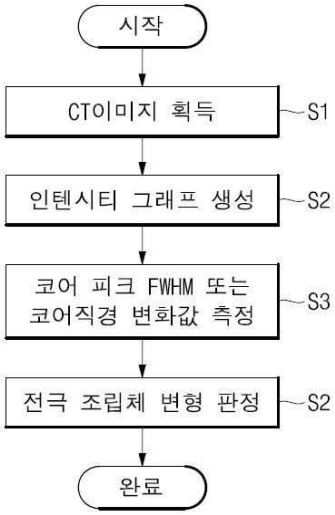
107; CT 촬영 장치 108; 충방전 장치

도면

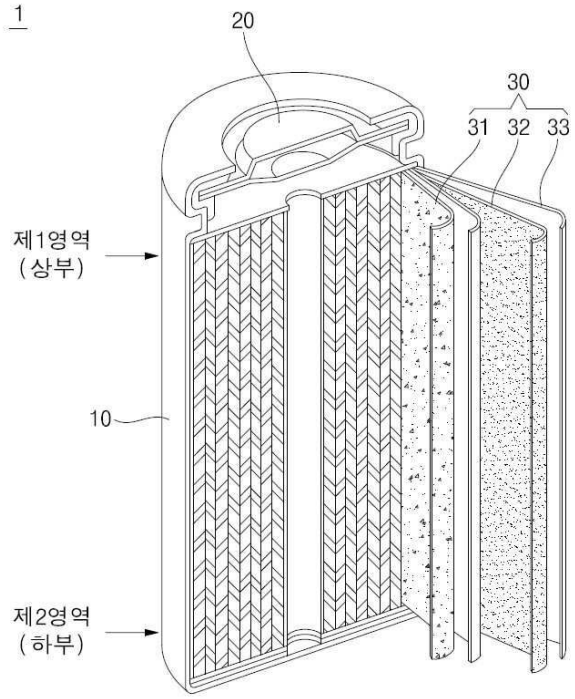
도면1


100
101
102
입력 장치
출력 장치
제어 회로
103
CPU
104
메모리
105
프로그램
코드
106
107
CT촬영
장치
충방전
장치
108

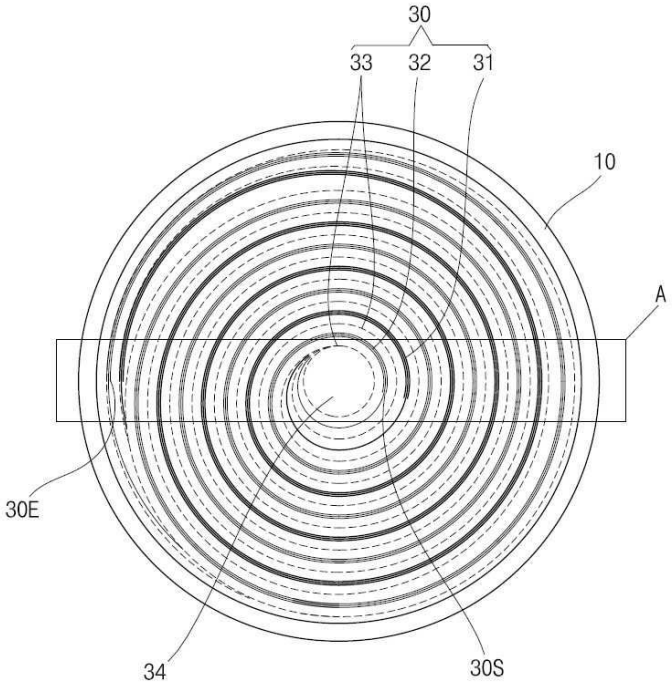
도면2


시작
CT이미지 획득
S1
인텐시티 그래프 생성
S2
코어 피크 FWHM 또는
코어직경 변화값 측정
S3
전극 조립체 변형 판정
S2
완료

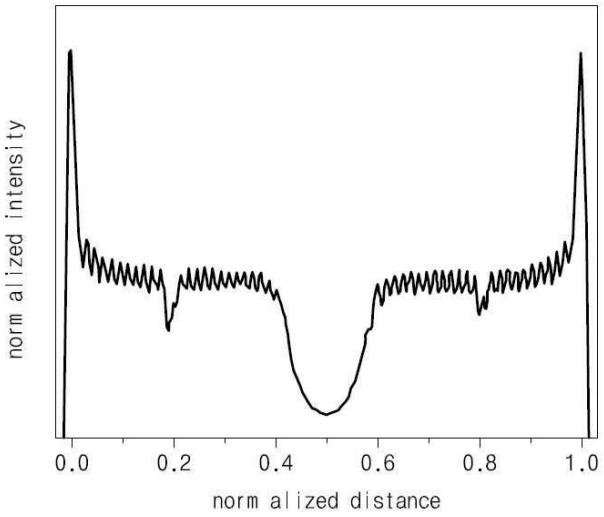
도면3a



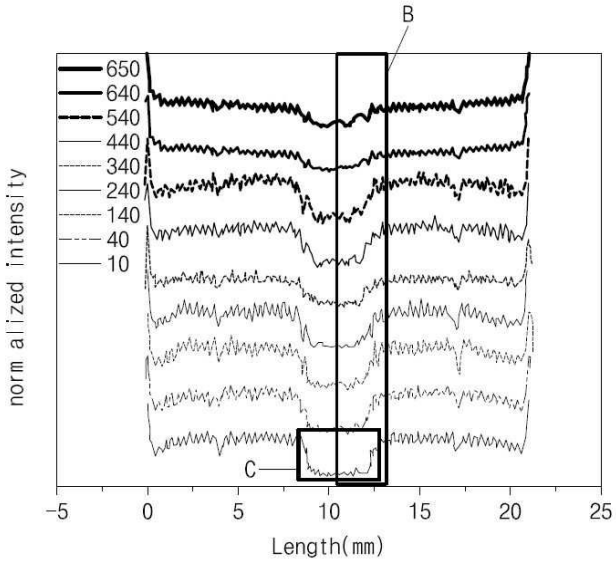
도면3b



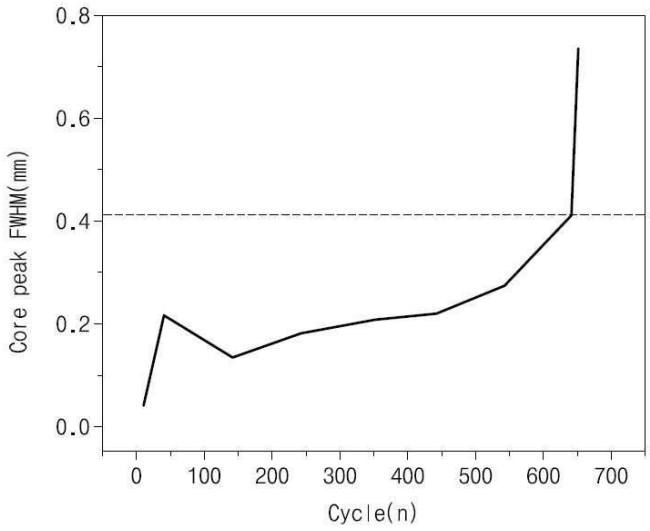
도면4a


norm alized intensity
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
1.0
norm alized distance

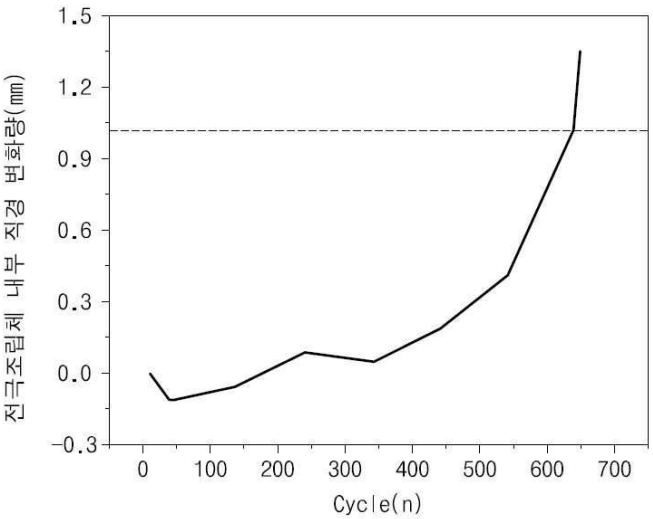
도면4b


B
650
640
540
440
340
240
140
40
10
C
norm alized intensity
-5
0
5
10
15
20
25
Length(mm)

도면5a


0.8
0.6
0.4
0.2
0.0
Core peak FWHM(nm)
0
100
200
300
400
500
600
700
Cycle(n)

도면5b


1.5
1.2
0.9
0.6
0.3
0.0
-0.3
전극조립체 내부 직경 변화량(mm)
0
100
200
300
400
500
600
700
Cycle(n)