



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2025-0053446
(43) 공개일자 2025년04월22일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01N 23/046 (2018.01) G01N 23/18 (2018.01)
H01M 10/04 (2015.01) H01M 10/42 (2014.01)
(52) CPC특허분류
G01N 23/046 (2013.01)
G01N 23/18 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2023-0136716
(22) 출원일자 2023년10월13일
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

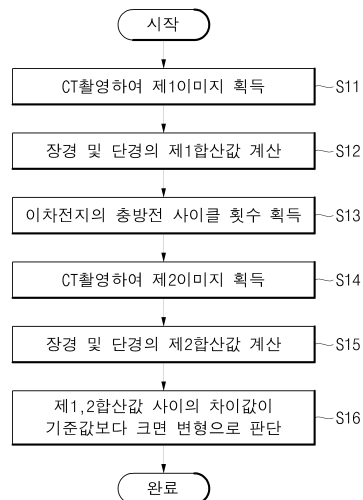
전체 청구항 수 : 총 20 항

(54) 발명의 명칭 이차 전지의 변형 분석 장치 및 그 방법

(57) 요약

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 내부 변형을 진단할 수 있는 이차 전지의 변형 분석 장치 및 그 방법을 제공하는데 있다. 일례로, 본 발명은 이차 전지를 CT(computed tomography) 촬영하여 제1 이미지를 획득하는 단계; 상기 제1 이미지로부터 상기 케이스의 장경 및 단경의 제1합산값을 계산하는 단계; 상기 이차 전지가 열화되도록 상기 이차 전지를 다수회 충방전시킨 이후, 상기 이차 전지의 충방전 사이클 횟수를 획득하는 단계; 열화된 상기 이차 전지를 CT 촬영하여 제2 이미지를 획득하는 단계; 상기 제2 이미지로부터 상기 케이스의 장경 및 단경의 제2합산값을 계산하는 단계; 및 상기 제2합산값에서 상기 제1합산값을 감산한 값이 기준값보다 큰 경우 상기 전극 조립체가 변형된 것으로 판정하는 단계를 포함하는 방법을 제공한다.

대표도 - 도2a



(52) CPC특허분류

H01M 10/0422 (2013.01)
H01M 10/0431 (2013.01)
H01M 10/4285 (2013.01)
G01N 2223/401 (2013.01)
G01N 2223/419 (2013.01)
G01N 2223/607 (2013.01)
G01N 2223/633 (2013.01)
G01N 2223/646 (2013.01)
Y02E 60/10 (2020.08)

(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

정옥현

울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50

명세서

청구범위

청구항 1

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

상기 이차 전지를 CT(computed tomography) 촬영하여 제1이미지를 획득하는 단계;

상기 제1이미지로부터 상기 케이스의 장경 및 단경의 제1합산값을 계산하는 단계;

상기 이차 전지가 열화되도록 상기 이차 전지를 다수회 충방전시킨 이후, 상기 이차 전지의 충방전 사이클 횟수를 획득하는 단계;

열화된 상기 이차 전지를 CT 촬영하여 제2이미지를 획득하는 단계;

상기 제2이미지로부터 상기 케이스의 장경 및 단경의 제2합산값을 계산하는 단계; 및

상기 제2합산값에서 상기 제1합산값을 감산한 값이 기준값보다 큰 경우 상기 전극 조립체가 변형된 것으로 판정하는 단계를 포함하는, 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 제1이미지 획득 단계는 상기 이차 전지의 제1영역 및 제2영역을 각각 CT 촬영하여 상기 제1영역에 대응하는 제1영역 이미지 및 상기 제2영역에 대응하는 제2영역 이미지를 획득하는 단계;

상기 제1영역 이미지로부터 상기 케이스의 제1영역 장경을 계산하는 단계;

상기 제2영역 이미지로부터 상기 케이스의 제2영역 장경을 계산하는 단계; 및

상기 제2영역 장경에서 상기 제1영역 장경을 감산한 절대값이 기준값보다 큰 경우 상기 전극 조립체가 변형된 것으로 판정하는 단계를 더 포함하는, 방법.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 제2이미지 획득 단계는 상기 이차 전지의 제1영역 및 제2영역을 각각 CT 촬영하여 상기 제1영역에 대응하는 제1영역 이미지 및 상기 제2영역에 대응하는 제2영역 이미지를 획득하는 단계;

상기 제1영역 이미지로부터 상기 케이스의 제1영역 장경을 계산하는 단계;

상기 제2영역 이미지로부터 상기 케이스의 제2영역 장경을 계산하는 단계; 및

상기 제2영역 장경에서 상기 제1영역 장경을 감산한 절대값이 기준값보다 큰 경우 상기 전극 조립체가 변형된 것으로 판정하는 단계를 더 포함하는, 방법.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 케이스는 원통 형태인, 방법.

청구항 5

제1항에 있어서,

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

청구항 6

제2항에 있어서,

상기 제1,2영역은 상기 전극 조립체의 권취 축에 수직하게 상호간 이격된, 방법.

청구항 7

제3항에 있어서,

상기 제1,2영역은 상기 전극 조립체의 권취 축에 수직하게 상호간 이격된, 방법.

청구항 8

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

상기 이차 전지의 제1영역 및 제2영역을 각각 CT(computed tomography) 촬영하여 상기 제1영역에 대응하는 제1영역 이미지 및 상기 제2영역에 대응하는 제2영역 이미지를 획득하는 단계;

상기 제1영역 이미지로부터 상기 케이스의 제1영역 장경을 계산하는 단계;

상기 제2영역 이미지로부터 상기 케이스의 제2영역 장경을 계산하는 단계; 및

상기 제2영역 장경에서 상기 제1영역 장경을 감산한 절대값이 기준값보다 큰 경우 상기 전극 조립 조립체가 변형된 것으로 판정하는 단계를 포함하는, 방법.

청구항 9

제8항에 있어서,

상기 제1영역 이미지로부터 상기 케이스의 장경 및 단경의 제1합산값을 계산하는 단계;

상기 이차 전지가 열화되도록 상기 이차 전지를 다수회 충방전시킨 이후, 상기 이차 전지의 충방전 사이클 횟수를 획득하는 단계;

상기 이차 전지를 CT 촬영하여 제1영역 제2영역 이미지를 획득하는 단계;

상기 제1영역 제2영역 이미지로부터 상기 케이스의 장경 및 단경의 제2합산값을 계산하는 단계; 및

상기 제2합산값에서 상기 제1합산값을 감산한 값이 기준값보다 큰 경우 상기 전극 조립체가 변형된 것으로 판정하는 단계를 포함하는, 방법.

청구항 10

제8항에 있어서,

상기 제2영역 이미지로부터 상기 케이스의 장경 및 단경의 제1합산값을 계산하는 단계;

상기 이차 전지가 열화되도록 상기 이차 전지를 다수회 충방전시킨 이후, 상기 이차 전지의 충방전 사이클 횟수를 획득하는 단계;

열화된 상기 이차 전지를 CT 촬영하여 제2영역 제2영역 이미지를 획득하는 단계;

상기 제2영역 제2영역 이미지로부터 상기 케이스의 장경 및 단경의 제2합산값을 계산하는 단계; 및

상기 제2합산값에서 상기 제1합산값을 감산한 값이 기준값보다 큰 경우 상기 전극 조립체가 변형된 것으로 판정하는 단계를 포함하는, 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 제1이미지를 획득하는 동작;

상기 제1이미지로부터 상기 케이스의 장경 및 단경의 제1합산값을 계산하는 동작;

상기 이차 전지가 열화되도록 상기 이차 전지를 다수회 충방전시킨 이후, 상기 이차 전지의 충방전 사이클 횟수를 획득하는 동작;

열화된 상기 이차 전지를 CT 촬영하여 제2이미지를 획득하는 동작;

상기 제2이미지로부터 상기 케이스의 장경 및 단경의 제2합산값을 계산하는 동작; 및

상기 제2합산값에서 상기 제1합산값을 감산한 값이 기준값보다 큰 경우 상기 전극 조립체가 변형된 것으로 판정하는 동작을 수행하도록 구성된, 장치.

청구항 12

제11항에 있어서,

상기 제1이미지 획득 동작은,

상기 이차 전지의 제1영역 및 제2영역을 각각 CT 촬영하여 상기 제1영역에 대응하는 제1영역 이미지 및 상기 제2영역에 대응하는 제2영역 이미지를 획득하는 동작;

상기 제1영역 이미지로부터 상기 케이스의 제1영역 장경을 계산하는 동작;

상기 제2영역 이미지로부터 상기 케이스의 제2영역 장경을 계산하는 동작; 및

상기 제2영역 장경에서 상기 제1영역 장경을 감산한 절대값이 기준값보다 큰 경우 상기 전극 조립체가 변형된 것으로 판정하는 동작을 더 수행하도록 구성된, 장치.

청구항 13

제11항에 있어서,

상기 제2이미지 획득 동작은,

상기 이차 전지의 제1영역 및 제2영역을 각각 CT 촬영하여 상기 제1영역에 대응하는 제1영역 이미지 및 상기 제2영역에 대응하는 제2영역 이미지를 획득하는 동작;

상기 제1영역 이미지로부터 상기 케이스의 제1영역 장경을 계산하는 동작;

상기 제2영역 이미지로부터 상기 케이스의 제2영역 장경을 계산하는 동작; 및

상기 제2영역 장경에서 상기 제1영역 장경을 감산한 절대값이 기준값보다 큰 경우, 상기 전극 조립체가 변형된 것으로 판정하는 동작을 더 수행하도록 구성된, 장치.

청구항 14

제11항에 있어서,

상기 케이스는 원통 형태인, 장치.

청구항 15

제11항에 있어서,

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

청구항 16

제12항에 있어서,

상기 제1,2영역은 상기 전극 조립체의 권취 축에 수직하게 상호간 이격된, 장치.

청구항 17

제13항에 있어서,

상기 제1,2영역은 상기 전극 조립체의 권취 축에 수직하게 상호간 이격된, 장치.

청구항 18

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 전지의 제1영역 및 제2영역을 각각 CT(computed tomography) 촬영하여 상기 제1영역에 대응하는 제1영역 이미지 및 상기 제2영역에 대응하는 제2영역 이미지를 획득하는 동작;

상기 제1영역 이미지로부터 상기 케이스의 제1영역 장경을 계산하는 동작;

상기 제2영역 이미지로부터 상기 케이스의 제2영역 장경을 계산하는 동작; 및

상기 제2영역 장경에서 상기 제1영역 장경을 감산한 절대값이 기준값보다 큰 경우 상기 전극 조립 조립체가 변형된 것으로 판정하는 동작을 수행하도록 구성된, 장치.

청구항 19

제18항에 있어서,

상기 제1영역 이미지로부터 상기 케이스의 장경 및 단경의 제1합산값을 계산하는 동작;

상기 이차 전지가 열화되도록 상기 이차 전지를 다수회 충방전시킨 이후, 상기 이차 전지의 충방전 사이클 횟수를 획득하는 단계;

상기 이차 전지를 CT 촬영하여 제1영역 제2영역 이미지를 획득하는 동작;

상기 제1영역 제2영역 이미지로부터 상기 케이스의 장경 및 단경의 제2합산값을 계산하는 동작; 및

상기 제2합산값에서 상기 제1합산값을 감산한 값이 기준값보다 큰 경우 상기 전극 조립체가 변형된 것으로 판정하는 동작을 수행하도록 구성된, 장치.

청구항 20

제18항에 있어서,

상기 제2영역 이미지로부터 상기 케이스의 장경 및 단경의 제1합산값을 계산하는 동작;

상기 이차 전지가 열화되도록 상기 이차 전지를 다수회 충방전시킨 이후, 상기 이차 전지의 충방전 사이클 횟수를 획득하는 동작;

열화된 상기 이차 전지를 CT 촬영하여 제2영역 제2영역 이미지를 획득하는 동작;

상기 제2영역 제2영역 이미지로부터 상기 케이스의 장경 및 단경의 제2합산값을 계산하는 동작; 및

상기 제2합산값에서 상기 제1합산값을 감산한 값이 기준값보다 큰 경우 상기 전극 조립체가 변형된 것으로 판정하는 동작을 수행하도록 구성된, 장치.

발명의 설명

기술 분야

본 발명은 이차 전지의 변형 분석 장치 및 그 방법에 관한 것이다.

[0001]

배경 기술

- [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 내부 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 제1이미지를 획득하는 단계; 상기 제1이미지로부터 상기 케이스의 장경 및 단경의 제1합산값을 계산하는 단계; 상기 이차 전지가 열화되도록 상기 이차 전지를 다수회 충방전시킨 이후, 상기 이차 전지의 충방전 사이클 횟수를 획득하는 단계; 열화된 상기 이차 전지를 CT 촬영하여 제2이미지를 획득하는 단계; 상기 제2이미지로부터 상기 케이스의 장경 및 단경의 제2합산값을 계산하는 단계; 및 상기 제2합산값에서 상기 제1합산값을 감산한 값이 기준값보다 큰 경우 상기 전극 조립체가 변형된 것으로 판정하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0006] 일부 예들에서, 상기 제1이미지 획득 단계는 상기 이차 전지의 제1영역 및 제2영역을 각각 CT 촬영하여 상기 제1영역에 대응하는 제1영역 이미지 및 상기 제2영역에 대응하는 제2영역 이미지를 획득하는 단계; 상기 제1영역 이미지로부터 상기 케이스의 제1영역 장경을 계산하는 단계; 상기 제2영역 이미지로부터 상기 케이스의 제2영역 장경을 계산하는 단계; 및 상기 제2영역 장경에서 상기 제1영역 장경을 감산한 절대값이 기준값보다 큰 경우 상기 전극 조립체가 변형된 것으로 판정하는 단계를 더 포함할 수 있다.
- [0007] 일부 예들에서, 상기 제2이미지 획득 단계는 상기 이차 전지의 제1영역 및 제2영역을 각각 CT 촬영하여 상기 제1영역에 대응하는 제1영역 이미지 및 상기 제2영역에 대응하는 제2영역 이미지를 획득하는 단계; 상기 제1영역 이미지로부터 상기 케이스의 제1영역 장경을 계산하는 단계; 상기 제2영역 이미지로부터 상기 케이스의 제2영역 장경을 계산하는 단계; 및 상기 제2영역 장경에서 상기 제1영역 장경을 감산한 절대값이 기준값보다 큰 경우 상기 전극 조립체가 변형된 것으로 판정하는 단계를 더 포함할 수 있다.
- [0008] 일부 예들에서, 상기 케이스는 원통 형태일 수 있다.
- [0009] 일부 예들에서, 상기 전극 조립체는 양극판, 분리막 및 음극판이 적층된 채 원기둥 형태로 권취될 수 있다.
- [0010] 일부 예들에서, 상기 제1,2영역은 상기 전극 조립체의 권취 축에 수직하게 상호간 이격될 수 있다.
- [0011] 일부 예들에서, 상기 제1,2영역은 상기 전극 조립체의 권취 축에 수직하게 상호간 이격될 수 있다.
- [0012] 본 발명에 따른 케이스 내에 전극 조립체가 수용된 이차 전지의 변형 분석 방법은, 상기 이차 전지의 제1영역 및 제2영역을 각각 CT(computed tomography) 촬영하여 상기 제1영역에 대응하는 제1영역 이미지 및 상기 제2영역에 대응하는 제2영역 이미지를 획득하는 단계; 상기 제1영역 이미지로부터 상기 케이스의 제1영역 장경을 계산하는 단계; 상기 제2영역 이미지로부터 상기 케이스의 제2영역 장경을 계산하는 단계; 및 상기 제2영역 장경에서 상기 제1영역 장경을 감산한 절대값이 기준값보다 큰 경우 상기 전극 조립체가 변형된 것으로 판정하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0013] 일부 예들에서, 상기 제1영역 이미지로부터 상기 케이스의 장경 및 단경의 제1합산값을 계산하는 단계; 상기 이차 전지가 열화되도록 상기 이차 전지를 다수회 충방전시킨 이후, 상기 이차 전지의 충방전 사이클 횟수를 획득하는 단계; 상기 이차 전지를 CT 촬영하여 제1영역 제2이미지를 획득하는 단계; 상기 제1영역 제2이미지로부터

상기 케이스의 장경 및 단경의 제2합산값을 계산하는 단계; 및 상기 제2합산값에서 상기 제1합산값을 감산한 값이 기준값보다 큰 경우 상기 전극 조립체가 변형된 것으로 판정하는 단계를 포함할 수 있다.

[0014] 일부 예들에서, 상기 제2영역 이미지로부터 상기 케이스의 장경 및 단경의 제1합산값을 계산하는 단계; 상기 이차 전지가 열화되도록 상기 이차 전지를 다수회 충방전시킨 이후, 상기 이차 전지의 충방전 사이클 횟수를 획득하는 단계; 열화된 상기 이차 전지를 CT 촬영하여 제2영역 제2이미지를 획득하는 단계; 상기 제2영역 제2이미지로부터 상기 케이스의 장경 및 단경의 제2합산값을 계산하는 단계; 및 상기 제2합산값에서 상기 제1합산값을 감산한 값이 기준값보다 큰 경우 상기 전극 조립체가 변형된 것으로 판정하는 단계를 포함할 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 제1이미지를 획득하는 동작; 상기 제1이미지로부터 상기 케이스의 장경 및 단경의 제1합산값을 계산하는 동작; 상기 이차 전지가 열화되도록 상기 이차 전지를 다수회 충방전시킨 이후, 상기 이차 전지의 충방전 사이클 횟수를 획득하는 동작; 열화된 상기 이차 전지를 CT 촬영하여 제2이미지를 획득하는 동작; 상기 제2이미지로부터 상기 케이스의 장경 및 단경의 제2합산값을 계산하는 동작; 및 상기 제2합산값에서 상기 제1합산값을 감산한 값이 기준값보다 큰 경우 상기 전극 조립체가 변형된 것으로 판정하는 동작을 수행하도록 구성될 수 있다.

[0016] 일부 예들에서, 상기 제1이미지 획득 동작은, 상기 이차 전지의 제1영역 및 제2영역을 각각 CT 촬영하여 상기 제1영역에 대응하는 제1영역 이미지 및 상기 제2영역에 대응하는 제2영역 이미지를 획득하는 동작; 상기 제1영역 이미지로부터 상기 케이스의 제1영역 장경을 계산하는 동작; 상기 제2영역 이미지로부터 상기 케이스의 제2영역 장경을 계산하는 동작; 및 상기 제2영역 장경에서 상기 제1영역 장경을 감산한 절대값이 기준값보다 큰 경우 상기 전극 조립체가 변형된 것으로 판정하는 동작을 더 수행하도록 구성될 수 있다.

[0017] 일부 예들에서, 상기 제2이미지 획득 동작은, 상기 이차 전지의 제1영역 및 제2영역을 각각 CT 촬영하여 상기 제1영역에 대응하는 제1영역 이미지 및 상기 제2영역에 대응하는 제2영역 이미지를 획득하는 동작; 상기 제1영역 이미지로부터 상기 케이스의 제1영역 장경을 계산하는 동작; 상기 제2영역 이미지로부터 상기 케이스의 제2영역 장경을 계산하는 동작; 및 상기 제2영역 장경에서 상기 제1영역 장경을 감산한 절대값이 기준값보다 큰 경우, 상기 전극 조립체가 변형된 것으로 판정하는 동작을 더 수행하도록 구성될 수 있다.

[0018] 일부 예들에서, 상기 케이스는 원통 형태일 수 있다.

[0019] 일부 예들에서, 상기 전극 조립체는 양극판, 분리막 및 음극판이 적층된 채 원기둥 형태로 권취될 수 있다.

[0020] 일부 예들에서, 상기 제1,2영역은 상기 전극 조립체의 권취 축에 수직하게 상호간 이격될 수 있다.

[0021] 일부 예들에서, 상기 제1,2영역은 상기 전극 조립체의 권취 축에 수직하게 상호간 이격될 수 있다.

[0022] 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 전지의 제1영역 및 제2영역을 각각 CT(computed tomography) 촬영하여 상기 제1영역에 대응하는 제1영역 이미지 및 상기 제2영역에 대응하는 제2영역 이미지를 획득하는 동작; 상기 제1영역 이미지로부터 상기 케이스의 제1영역 장경을 계산하는 동작; 상기 제2영역 이미지로부터 상기 케이스의 제2영역 장경을 계산하는 동작; 및 상기 제2영역 장경에서 상기 제1영역 장경을 감산한 절대값이 기준값보다 큰 경우 상기 전극 조립체가 변형된 것으로 판정하는 동작을 수행하도록 구성될 수 있다.

[0023] 일부 예들에서, 상기 제1영역 이미지로부터 상기 케이스의 장경 및 단경의 제1합산값을 계산하는 동작; 상기 이차 전지가 열화되도록 상기 이차 전지를 다수회 충방전시킨 이후, 상기 이차 전지의 충방전 사이클 횟수를 획득하는 단계; 상기 이차 전지를 CT 촬영하여 제1영역 제2이미지를 획득하는 동작; 상기 제1영역 제2이미지로부터 상기 케이스의 장경 및 단경의 제2합산값을 계산하는 동작; 및 상기 제2합산값에서 상기 제1합산값을 감산한 값이 기준값보다 큰 경우 상기 전극 조립체가 변형된 것으로 판정하는 동작을 수행하도록 구성될 수 있다.

[0024] 일부 예들에서, 상기 제2영역 이미지로부터 상기 케이스의 장경 및 단경의 제1합산값을 계산하는 동작; 상기 이차 전지가 열화되도록 상기 이차 전지를 다수회 충방전시킨 이후, 상기 이차 전지의 충방전 사이클 횟수를 획득하는 동작; 열화된 상기 이차 전지를 CT 촬영하여 제2영역 제2이미지를 획득하는 동작; 상기 제2영역 제2이미지

로부터 상기 케이스의 장경 및 단경의 제2합산값을 계산하는 동작; 및 상기 제2합산값에서 상기 제1합산값을 감산한 값이 기준값보다 큰 경우 상기 전극 조립체가 변형된 것으로 판정하는 동작을 수행하도록 구성될 수 있다.

발명의 효과

[0025] 본 발명은 비파괴 분석법인 CT 이미지를 이용하여 이차 전지의 변형을 정확하게 진단할 수 있는 이차 전지의 변형 분석 장치 및 그 방법을 제공한다.

도면의 간단한 설명

[0026] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 예시적 이차 전지의 변형 분석 장치의 구성을 도시한 블록도이다.
 도 2a 및 도 2b는 본 발명의 실시예에 따른 예시적 이차 전지의 변형 분석 방법을 도시한 흐름도이다.
 도 3a 및 도 3b는 예시적 이차 전지의 종단면도 및 횡단면도이다.
 도 4a는 예시적 이차 전지의 충방전 사이클 횟수 대비 이차 전지의 팽창 정도(단위는 mm)를 도시한 그래프이다.
 도 4b는 예시적 이차 전지의 충방전 사이클 횟수 대비 이차 전지의 상하단 장경 차이(단위는 mm)를 도시한 그래프이다.
 도 5a 및 도 5b는 예시적 이차 전지의 충방전 사이클 횟수 대비 이차 전지의 팽창 정도(단위는 %)를 도시한 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0027] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예를 상세히 설명하기로 한다.

[0028] 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.

[0029] 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.

[0030] 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 구현될 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 스레드(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.

[0031] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 예시적 이차 전지의 변형 분석 장치(100)의 구성을 도시한 블록도이다. 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), 및 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.

[0032] 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.

[0033] 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.

[0034] 메모리(105)에는 본 발명의 실시를 위한 다양한 설정값(예를 들면, 기준값 또는 기준 비율), 수신된 CT 이미지, 수신된 충방전 사이클 횟수, 및 변형 분석 장치(100)의 동작 제어를 위한 프로그램 코드(106)가 저장될 수 있다.

[0035] CT 촬영 장치(107)는 이차 전지를 CT 촬영하여 CT 이미지를 획득하고, 이를 변형 분석 장치(100)에 직접적으로 또는 간접적으로 전송할 수 있다. 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 이미지를 획득 또는 수신할 수 있다. 일부 예들에서, CT 촬영 장치(107)로부터 획득된 이미지는 입력 장치(101)를 통해 간접적으로 제어 회로(103)에 제공될 수도 있다.

[0036] 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. 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.

[0037] 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 전지의 CT 촬영이 수행되고, 이에 따라 충방전 사이클 횟수와 CT 이미지를 포함하는 데이터가 제어 회로(103)에 직접적으로 또는 간접적으로 제공될 수 있다.

[0038] 도 2a 및 도 2b는 본 발명의 실시예에 따른 예시적 변형 분석 방법을 도시한 흐름도이다.

[0039] 먼저 도 2a에 도시된 바와 같이, 본 발명의 실시예에 따른 이차 전지의 예시적 변형 분석 방법은 이차 전지를 CT 촬영하여 제1이미지를 획득하는 제1단계(S11), 케이스의 장경 및 단경의 제1합산값을 계산하는 제2단계(S12), 이차 전지의 충방전 사이클 횟수를 획득하는 제3단계(S13), 이차 전지를 CT 촬영하여 제2이미지를 획득하는 제4단계(S14), 케이스의 장경 및 단경의 제2합산값을 계산하는 제5단계(S15), 및 제1,2합산값 사이의 차이값이 기준값보다 크면 이차 전지의 변형으로 판정하는 제6단계(S16)를 포함할 수 있다.

[0040] 일부 예들에서, 장경은 장축(major axis)으로 지칭될 수 있고, 단경은 단축(minor axis)로 지칭될 수 있다. 기하학에서 변형 또는 왜곡된 원의 장축과 단축은 타원의 두 수직 지름을 나타낼 수 있다. 타원은 곡선의 한 점에서 두 고정점(초점이라고 함)까지의 거리의 합이 일정하게 유지되는 닫힌 곡선이다. 타원의 더 긴 직경을 장축(major axis)이라고 할 수 있고, 더 짧은 직경을 단축(minor axis)이라고 할 수 있다. 즉, 장축은 타원의 가장 긴 지름으로 중심과 양쪽 초점을 통과하며, 장축의 길이가 장경일 수 있다. 또한, 단축은 장축에 수직인 짧은 직경일 수 있고, 장축과 마찬가지로 중심을 통과하며, 단축의 길이가 단축 직경일 수 있다.

[0041] 일반적으로, 완벽하게 대칭인 원에서는 장축과 단축이 동일할 수 있다. 중심을 가로질러 어느 방향으로 측정하는지는 중요하지 않으며, 항상 같은 거리를 유지하기 때문이다. 그러나, 본 발명에서 설명되는 변형된 원통형 케이스(타원으로 가정)에서는 모양이 늘어나거나 압축되기 때문에 장축과 단축의 길이가 다를 수 있다. 따라서 본 발명에서 "장경"은 장축에 해당하는 타원의 더 긴 직경을 나타낼 수 있고 "단경"은 단축에 해당하는 더 짧은 직경을 나타낼 수 있다.

- [0042] 제1단계(S11)에서, 제어 회로(103)는 CT 촬영 장치(107)로부터 제1이미지를 획득 또는 수신할 수 있다. 일부 예들에서, CT 촬영 장치(107)에 의해 이차 전지가 CT 촬영되고, 촬영된 제1이미지는 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 제1이미지를 제어 회로(103)에 직접적으로 또는 간접적으로 전송할 수 있다.
- [0043] 제2단계(S12)에서, 제어 회로(103)는 제1이미지로부터 케이스의 장경 및 단경을 측정하고 장경과 단경의 제1합산값을 계산할 수 있다. 여기서, 장경은 케이스의 직경중 가장 긴 직경을 의미하고, 단경은 케이스의 직경중 가장 짧은 직경을 의미하며, 장경과 단경은 상호간 교차할 수 있다. 또한, 여기서, 제1이미지로부터 획득된 장경과 단경은 초기의 케이스 장경 및 초기의 케이스 단경으로 정의 또는 지칭될 수 있다.
- [0044] 제3단계(S13)에서, 제어 회로(103)는 충방전 장치(108)로부터 이차 전지의 충방전 사이클 횟수를 획득 또는 수신할 수 있다. 일부 예들에서, 충방전 장치(108)에 의해 이차 전지가 다수회 충방전되고, 충방전 이후 사이클 횟수가 충방전 장치(108)로부터 제어 회로(103)에 전송될 수 있다. 상술한 바와 같이, 충방전 장치(108)는 제어 회로(103)의 제어 신호에 의해 동작하거나, 또는 독립적으로 동작하여 이차 전지를 다수회 충방전시키고 또한 충방전 사이클 횟수를 제어 회로(103)에 직접적으로 또는 간접적으로 전송할 수 있다. 일부 예들에서, 이러한 이차 전지의 충방전에 의해 이차 전지는 열화 또는 노화되며, 이때 이차 전지의 케이스 및/또는 전극 조립체에 변형이 일어날 수 있다.
- [0045] 제4단계(S14)에서, 제어 회로(103)는 CT 촬영 장치(107)로부터 제2이미지를 획득 또는 수신할 수 있다. 일부 예들에서, CT 촬영 장치(107)에 의해 이차 전지가 CT 촬영되고, 촬영된 제2이미지는 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 제2이미지를 제어 회로(103)에 직접적으로 또는 간접적으로 전송할 수 있다.
- [0046] 제5단계(S15)에서, 제어 회로(103)는 제2이미지로부터 케이스의 장경 및 단경을 측정하고 장경과 단경의 제2합산값을 계산할 수 있다. 일부 예들에서, 제2이미지로부터 획득된 장경과 단경은 수명별 케이스 장경 및 수명별 케이스 단경으로 정의 또는 지칭될 수 있다. 다르게 설명하면, 제2이미지로부터 획득된 장경과 단경은 사이클별 케이스 장경 및 사이클별 케이스 단경으로 해석될 수 있다.
- [0047] 제6단계(S16)에서, 제어 회로(103)는 제1,2합산값 사이의 차이값(예를 들면, 제2합산값에서 제1합산값을 감산한 값)이 미리 설정된 기준값보다 크면 이차 전지의 내부(예를 들면, 케이스 및/또는 전극 조립체)에 변형이 발생한 것으로 판정할 수 있다. 일부 예들에서, 제어 회로(103)는 출력 장치(102)를 통해 제1,2이미지, 제1,2합산값, 제1,2합산값 사이의 차이값, 기준값 및 변형 여부를 출력할 수 있다.
- [0048] 한편, 도 2b에 도시된 바와 같이, 본 발명의 실시예에 따른 이차 전지의 예시적 변형 분석 방법은 이차 전지를 CT 촬영하여 이미지를 획득하는 제1단계(S21), 케이스의 제1영역 장경을 계산하는 제2단계(S22), 케이스의 제2영역 장경을 계산하는 단계(S23), 케이스의 장경 차이 절대값이 기준값보다 크면 이차 전지의 변형으로 판정하는 제4단계(S24)를 포함할 수 있다.
- [0049] 제1단계(S21)에서, 제어 회로(103)는 CT 촬영 장치(107)로부터 이차 전지의 제1영역에 대응하는 제1영역 이미지 및 이차 전지의 제2영역에 대응하는 제2영역 이미지를 획득 또는 수신할 수 있다. 일부 예들에서, 이차 전지의 제1영역은 이차 전지의 상부 영역일 수 있고, 이차 전지의 제2영역은 이차 전지의 하부 영역일 수 있다.
- [0050] 제2단계(S22)에서, 제어 회로(103)는 제1영역 이미지로부터 케이스의 제1영역의 장경을 측정하여 계산할 수 있다.
- [0051] 제3단계(S23)에서, 제어 회로(103)는 제2영역 이미지로부터 케이스의 제2영역의 장경을 측정하여 계산할 수 있다.
- [0052] 제4단계(S24)에서, 제어 회로(103)는 제1영역 장경과 제2영역 장경 사이의 차이값(예들면, 제2영역 장경에서 제1영역 장경을 감산한 절대값)이 기준값보다 크면 이차 전지의 케이스 및/또는 전극 조립체에 변형이 발생한 것으로 판정할 수 있다. 일부 예들에서, 제어 회로(103)는 출력 장치(102)를 통해 제1,2영역 이미지, 제1영역 장경, 제2영역 장경, 제1영역 장경과 제2영역 장경 사이의 차이값(예를 들면, 절대값), 기준값 및 변형 여부를 출력할 수 있다.
- [0053] 이하 본 발명에 따른 이차 전지의 다양한 변형 분석 방법에 대해 보충하여 설명한다.

- [0054] [이차 전지 준비]
- [0055] 먼저 원통형 케이스(또는 원통형 캔) 내에 젤리-롤 형상의 전극 조립체가 수납된 원통형 이차 전지가 준비될 수 있다.
- [0056] 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.
- [0057] 일부 예들에서, 이차 전지(1)는 젤리-롤 형태의 전극 조립체(30)가 원통형 케이스(10)에 수납되고, 원통형 케이스(10) 내에 전극 조립체(30)가 침지되도록 전해액이 주입된 후에(옵션), 원통형 케이스(10)의 개방된 상단에 캡 조립체(20)가 결합되어 제작될 수 있다. 일부 예들에서, 전극 조립체(30)는 양극판(31) 및 음극판(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. 일부 예들에서, "권취 선단 영역"과 "권취 말단 영역"은 전극 조립체의 제조 공정 중 특정 영역을 의미할 수 있다. 이 공정은 일반적으로 리튬 이온 전지와 같은 배터리에 사용되는 권취형 또는 롤링형 전극 구조의 생성과 관련될 수 있다. 구체적으로, 이차 전지의 원형 전극 조립체에서 권취 선단 영역은 전극판의 권취가 시작되는 초기 구간 또는 지점을 의미할 수 있다. 이는 전극판의 첫번째 층이 중앙 코어 또는 분리막에 부착되거나 감겨지는 곳일 수 있다. 이차 전지의 원형 전극 조립체에서 권취 말단 영역은 권취 공정이 끝나는 마지막 구간 또는 지점을 의미할 수 있다. 이는 전극판의 마지막 층이 부착되고 고정되는 곳일 수 있다. 전극판이 단단히 고정되고 느슨한 끝이나 가장자리가 없는지 확인하려면 권취 말단 영역에서 권취 공정을 적절하게 종료하는 것이 중요하다. 상기 양극판, 음극판, 분리막 및 전해액 등에 관한 내용은 통상의 기술자에게 공지된 사항이므로 자세한 설명을 생략한다.
- [0058] 일부 예들에서, 원통형 케이스(10)는 스틸, 스테인레스 스틸 또는 니켈이 도금된 스틸과 같은 금속으로 제조될 수 있다. 일부 예들에서, 원통형 케이스는 내부에 전극 조립체가 수납될 수 있는 수납부를 포함하며, 상단부가 개방되어 있는 형태일 수 있다. 일부 예들에서, 원통형 케이스(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 구부러져 클립핑부가 제공될 수 있다. 일부 예들에서, 비딩부는 캡 조립체와 원통형 케이스가 접촉하는 부분에 제공될 수 있으며, 원통형 케이스의 안쪽을 향해 만입된 형상일 수 있다. 일부 예들에서, 원통형 케이스는 외부 회로와의 접속에 대해 음극 단자의 역할을 수행할 수 있다. 일부 예들에서, 캡 조립체(20)는 원통형 케이스(10)의 클립핑부와 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 케이스 또는 캡 조립체에 용접된 후 센터핀이 제거될 수도 있다. 일부 예들에서, 음극 탭이 전극 조립체의 하단에서 돌출되어 원통형 케이스의 바닥면에 용접될 수 있고, 양극 탭이 전극 조립체의 상단에서 돌출되어 캡 조립체에 용접될 수 있다.
- [0059] 일부 예들에서, 이차 전지(1)의 CT 촬영 영역은 캡 조립체에 인접한 제1영역 및/또는 캔의 바닥면에 인접한 제2영역을 포함할 수 있다. 다르게 설명하면, 제1영역은 캔 및 전극 조립체의 대략 상부 영역일 수 있고, 제2영역은 캔 및 전극 조립체의 대략 하부 영역일 수 있다. 일부 예들에서, CT 촬영 영역은 제3영역을 더 포함할 수 있는데, 제3영역은 캔 및 전극 조립체의 대략 중간 영역일 수 있다.
- [0060] 여기에 설명된 원통형 이차 전지는 본 발명의 이해를 위한 일례에 불과하며, 이러한 원통형 이차 전지로 본 발명이 한정되지 않는다. 일례로, 본 발명은 18650(지름 18mm, 높이 65mm) 원통형 전지, 21700(지름 21mm, 높이 70mm) 원통형 전지, 또는 46800(지름 46mm, 높이 80mm) 원통형 전지에도 적용될 수 있으며, 미래에 제조될 원통형 전지에도 적용될 수 있다.
- [0061] [1차 CT 촬영]
- [0062] 상술한 바와 같이 원통형 이차 전지가 준비되면, CT 촬영 장치에 의해 전극 조립체의 권취 축에 수직한 단면의

제1이미지가 획득될 수 있다. 일부 예들에서, 제1이미지는 이차 전지의 제1영역(예를 들면, 케이스 및 전극 조립체의 상부 영역)이 촬영되어 얻은 제1영역 이미지일 수 있다. 일부 예들에서, 제1이미지는 이차 전지의 제2영역(예를 들면, 케이스 및 전극 조립체의 하부 영역)이 촬영되어 얻은 제2영역 이미지일 수 있다. 일부 예들에서, 제1이미지는 이차 전지의 제3영역(예를 들면, 케이스 및 전극 조립체의 중간 영역)이 촬영되어 얻은 제3영역 이미지일 수 있다.

[0063] 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 제1,2,3영역에 대응하는 제1,2,3영역 이미지를 획득한 후 이를 저장할 수 있는 컴퓨터를 포함할 수 있다. 최종적으로 CT 촬영 장치로부터 획득된 제1,2,3영역 이미지는 이차 전지의 변형 분석 장치(100) 중 제어 회로(103)에 직접적으로 또는 간접적으로 전송될 수 있다.

[0064] 일부 예들에서, CT 촬영 장치(107)는 이차 전지의 제1영역에 대응하는 제1영역 이미지만을 획득하거나, 제2영역에 대응하는 제2영역 이미지만을 획득하거나, 또는 제3영역에 대응하는 제3영역 이미지만을 획득할 수 있다. 일부 예들에서, CT 촬영 장치(107)는 이차 전지의 제1,2영역 이미지만 획득하거나, 제1,3영역 이미지만 획득하거나, 또는 제2,3영역 이미지만 획득할 수도 있다.

[0065] [제1합산값 계산]

[0066] 일부 예들에서, 제어 회로(103)는 제1영역 이미지로부터 케이스의 장경 및 단경을 측정하고 장경과 단경의 제1합산값을 계산할 수 있다. 일부 예들에서, 제어 회로(103)는 제2영역 이미지로부터 케이스의 장경 및 단경을 측정하고 장경과 단경의 제1합산값을 계산할 수 있다. 일부 예들에서, 제어 회로(103)는 제3영역 이미지로부터 케이스의 장경 및 단경을 측정하고 장경과 단경의 제1합산값을 계산할 수 있다.

[0067] [이차 전지의 충방전 사이클 진행]

[0068] 충방전 장치(108)를 통해 이차 전지가 충방전될 수 있다. 이차 전지가 1회 충방전된 경우 이차 전지가 1사이클 또는 1수명 경과했다고 정의될 수 있다. 일부 예들에서, 충방전 장치에 의해 이차 전지가 대략 50사이클 내지 대략 100사이클 경과할 때마다, CT 촬영 장치로부터 이미지가 획득될 수 있다.

[0069] 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 이미지가 제어 회로(103)에 전송될 때 사이클 횟수도 함께 수동으로 입력 장치를 통해 입력될 수 있다.

[0070] [2차 CT 촬영]

[0071] 상술한 바와 같이 이차 전지의 충방전 사이클 경과에 따라 이차 전지가 열화된 이후, CT 촬영 장치에 의해 전극 조립체의 권취 축에 수직한 단면의 제2이미지가 획득될 수 있다. 일부 예들에서, 제2이미지는 이차 전지의 제1영역(예를 들면, 케이스 및 전극 조립체의 상부 영역)이 촬영되어 얻은 제1영역 이미지일 수 있다. 일부 예들에서, 제2이미지는 이차 전지의 제2영역(예를 들면, 케이스 및 전극 조립체의 하부 영역)이 촬영되어 얻은 제2영역 이미지일 수 있다. 일부 예들에서, 제2이미지는 이차 전지의 제3영역(예를 들면, 케이스 및 전극 조립체의 중간 영역)이 촬영되어 얻은 제3영역 이미지일 수 있다. CT 촬영 장치로부터 획득된 이미지는 이차 전지의 변형 분석 장치(100) 중 제어 회로(103)에 직접적으로 또는 간접적으로 전송될 수 있다.

[0072] [제2합산값 계산]

[0073] 일부 예들에서, 제어 회로(103)는 제1영역 이미지로부터 케이스의 장경 및 단경을 측정하고 장경과 단경의 제2합산값을 계산할 수 있다. 일부 예들에서, 제어 회로(103)는 제2영역 이미지로부터 케이스의 장경 및 단경을 측정하고 장경과 단경의 제2합산값을 계산할 수 있다. 일부 예들에서, 제어 회로(103)는 제3영역 이미지로부터 케이스의 장경 및 단경을 측정하고 장경과 단경의 제2합산값을 계산할 수 있다.

[0074] [이차 전지의 변형 판정]

[0075] 본 발명에서 이차 전지의 변형 판정은 다양한 방법으로 수행될 수 있다.

[0076] -1. 팽창 정도(단위: mm)를 이용한 변형 판정 방법-

[0077] (1) 일부 예들에서, 상술한 제1합산값과 제2합산값의 차이(예를 들면, 제2합산값에서 제1합산값을 감산한 값)이 미리 설정된 기준값보다 큰 경우 이차 전지의 내부(예를 들면, 케이스 또는 전극 조립체)가 변형된 것으로 판정될 수 있다. 일부 예들에서, 제1,2이미지의 획득시 충방전 사이클 횟수도 함께 획득될 수 있다. 따라서, 이차 전지의 사이클 횟수 경과에 따른 이차 전지의 변형 여부가 판정될 수 있다. 일부 예들에서, 제1,2이미지는 이차 전지의 동일 영역(예를 들면, 제1,2,3영역중 하나)에서 획득된 것일 수 있고, 이에 따라 제1,2합산값 역시 이차 전지의 동일 영역에서 계산된 것일 수 있다.

[0078] (2) 일부 예들에서, 상기 제1,2합산값을 계산하는 단계가 생략되는 대신, 제1이미지로부터 케이스의 초기 장경이 계산될 수 있고, 제2이미지로부터 케이스의 수명별 또는 사이클별 장경이 계산될 수 있다. 이후, 제2이미지의 수명별 장경에서 제1이미지의 초기 장경을 감산한 값이 기준값보다 큰 경우 이차 전지의 내부가 변형된 것으로 판정될 수 있다. 일부 예들에서, 제1,2이미지는 이차 전지의 동일 영역(예를 들면, 제1,2,3영역중 하나)에서 획득된 것일 수 있고, 이에 따라 초기 장경 및 수명별 장경 역시 이차 전지의 동일 영역에서 측정된 것일 수 있다.

[0079] (3) 일부 예들에서, 상기 제1,2합산값을 계산하는 단계가 생략되는 대신, 제1이미지로부터 케이스의 초기 단경이 계산될 수 있고, 제2이미지로부터 케이스의 수명별 또는 사이클별 단경이 계산될 수 있다. 이후, 제2이미지의 수명별 단경에서 제1이미지의 초기 단경을 감산한 값이 기준값보다 큰 경우 이차 전지의 내부가 변형된 것으로 판정될 수 있다. 일부 예들에서, 제1,2이미지는 이차 전지의 동일 영역(예를 들면, 제1,2,3영역중 하나)에서 획득된 것일 수 있고, 이에 따라 초기 단경 및 수명별 단경 역시 이차 전지의 동일 영역에서 측정된 것일 수 있다.

[0080] -2. 팽창 정도(단위:%)를 이용한 변형 판정 방법-

[0081] (1) 일부 예들에서, 상기 제1,2합산값을 계산하는 단계가 생략되는 대신, 제1이미지로부터 케이스의 초기 장경이 계산될 수 있고, 제2이미지로부터 케이스의 수명별 또는 사이클별 장경이 계산될 수 있다. 이후, 제1이미지의 초기 장경과 제2이미지의 수명별 장경의 비율[예를 들면, (제2이미지의 수명별 장경/제1이미지의 초기 장경)*100%]이 미리 설정된 기준 비율보다 큰 경우 이차 전지의 내부가 변형된 것으로 판정될 수 있다. 일부 예들에서, 제1,2이미지는 이차 전지의 동일 영역(예를 들면, 제1,2,3영역중 하나)에서 획득된 것일 수 있고, 이에 따라 초기 장경 및 수명별 장경 역시 이차 전지의 동일 영역에서 측정된 것일 수 있다.

[0082] (2) 일부 예들에서, 상기 제1,2합산값을 계산하는 단계가 생략되는 대신, 제1이미지로부터 케이스의 초기 단경이 계산될 수 있고, 제2이미지로부터 케이스의 수명별 또는 사이클별 단경이 계산될 수 있다. 이후, 제1이미지의 초기 단경과 제2이미지의 수명별 단경의 비율[예를 들면, (제2이미지의 수명별 단경/제1이미지의 초기 단경)*100%]이 미리 설정된 기준 비율보다 큰 경우 이차 전지의 내부가 변형된 것으로 판정될 수 있다. 일부 예들에서, 제1,2이미지는 이차 전지의 동일 영역(예를 들면, 제1,2,3영역중 하나)에서 획득된 것일 수 있고, 이에 따라 초기 단경 및 수명별 단경 역시 이차 전지의 동일 영역에서 측정된 것일 수 있다.

[0083] (3) 일부 예들에서, 제2합산값에서 제1합산값을 감산하는 단계가 생략되는 대신, 제1합산값과 제2합산값의 비율[예를 들면, (수명별 제2합산값/초기 제1합산값)*100%]이 미리 설정된 기준 비율보다 큰 경우 이차 전지의 내부가 변형된 것으로 판정될 수 있다.

[0084] (4) 일부 예들에서, 상기 제1,2합산값을 계산하는 단계가 생략되는 대신, 제2이미지의 수명별 단경과 수명별 장경의 비율[예를 들면, (제2이미지의 수명별 단경/제2이미지의 수명별 장경)*100%]이 미리 설정된 기준 비율보다 큰 경우 이차 전지의 내부가 변형된 것으로 판정될 수 있다.

[0085] (5) 일부 예들에서, 상기 제1,2합산값을 계산하는 단계가 생략되는 대신, 제1이미지의 초기 단경과 초기 장경의 비율[예를 들면, (제1이미지의 초기 단경/제1이미지의 초기 장경)*100%]이 미리 설정된 기준 비율보다 큰 경우 이차 전지의 내부가 변형된 것으로 판정될 수 있다.

[0086] -3. 셀 높이별(상부/중부/하부) 팽창 정도 차이(단위:%)를 이용한 변형 판정 방법-

[0087] (1) 일부 예들에서, 상술한 제1영역에 대한 팽창 정도와 제3영역에 대한 팽창 정도의 비율(예를 들면, 상부 팽창 정도/중부 팽창 정도)이 미리 설정된 기준 비율보다 큰 경우 이차 전지의 내부가 변형된 것으로 판정될 수 있다. 일부 예들에서, 상기 팽창 정도는 상술한 항목 "2. 팽창 정도(단위:%)를 이용한 변형 판정 방법"으로부터 구해질 수 있다.

- [0088] (2) 일부 예들에서, 상술한 제3영역에 대한 팽창 정도와 제2영역에 대한 팽창 정도의 비율(예를 들면, 중부 팽창 정도/하부 팽창 정도)이 미리 설정된 기준 비율보다 큰 경우 이차 전지의 내부가 변형된 것으로 판정될 수 있다. 일부 예들에서, 상기 팽창 정도는 상술한 항목 "2. 팽창 정도(단위:%)를 이용한 변형 판정 방법"으로부터 구해질 수 있다.
- [0089] (3) 일부 예들에서, 상술한 제1영역에 대한 팽창 정도와 제2영역에 대한 팽창 정도의 비율(예를 들면, 상부 팽창 정도/ 하부 팽창 정도)이 기준 비율보다 큰 경우 케이스의 내부가 변형된 것으로 판정될 수 있다. 일부 예들에서, 팽창 정도는 상술한 항목 "2. 팽창 정도(단위:%)를 이용한 변형 판정 방법"으로부터 구해질 수 있다.
- [0091] -4. 셀 높이별(상부/중부/하부) 장경 차이(단위: mm)를 이용한 변형 판정 방법-
- [0092] (1) 일부 예들에서, 상술한 제1영역에 대한 장경과 제2영역에 대한 장경의 차이값(예를 들면, 상부 장경-하부 장경)이 미리 설정된 기준값보다 큰 경우 이차 전지의 내부가 변형된 것으로 판정될 수 있다. 이러한 판정 방법은 도 2b 및 이에 대응하는 상기 설명과 유사하거나 동일한 방법이다.
- [0093] (2) 일부 예들에서, 상술한 제1영역에 대한 장경과 제3영역에 대한 장경의 차이값(예를 들면, 상부 장경-중부 장경)이 미리 설정된 기준값보다 큰 경우 이차 전지의 내부가 변형된 것으로 판정될 수 있다. 이러한 판정 방법은 도 2b 및 이에 대응하는 상기 설명과 유사한 방법이다.
- [0094] (3) 일부 예들에서, 상술한 제3영역에 대한 장경과 제2영역에 대한 장경의 차이값(예를 들면, 중부 장경-하부 장경)이 미리 설정된 기준값보다 큰 경우 이차 전지의 내부가 변형된 것으로 판정될 수 있다. 이러한 판정 방법은 도 2b 및 이에 대응하는 상기 설명과 유사한 방법이다.
- [0095] -5. 셀 높이별(상부/중부/하부) 단경 차이(단위: mm)를 이용한 변형 판정 방법-
- [0096] (1) 일부 예들에서, 상술한 제1영역에 대한 단경과 제2영역에 대한 단경의 차이값(예를 들면, 상부 단경-하부 단경)이 미리 설정된 기준값보다 큰 경우 이차 전지의 내부가 변형된 것으로 판정될 수 있다. 이러한 판정 방법은 도 2b 및 이에 대응하는 상기 설명과 유사한 방법이다.
- [0097] (2) 일부 예들에서, 상술한 제1영역에 대한 단경과 제3영역에 대한 단경의 차이값(예를 들면, 상부 단경-중부 단경)이 미리 설정된 기준값보다 큰 경우 이차 전지의 내부가 변형된 것으로 판정될 수 있다. 이러한 판정 방법은 도 2b 및 이에 대응하는 상기 설명과 유사한 방법이다.
- [0098] (3) 일부 예들에서, 상술한 제3영역에 대한 단경과 제2영역에 대한 단경의 차이값(예를 들면, 중부 단경-하부 단경)이 미리 설정된 기준값보다 큰 경우 이차 전지의 내부가 변형된 것으로 판정될 수 있다. 이러한 판정 방법은 도 2b 및 이에 대응하는 상기 설명과 유사한 방법이다.
- [0099] 한편, 상술한 기준값 또는 기준 비율은 이차 전지의 전기화학적 특성, 크기 또는 사용 환경에 따라 다양하게 변경될 수 있다.
- [0100] 일반적으로, 전극 조립체에 변형이 없다면 이차 전지의 충방전 사이클 횟수 증가에도 불구하고 케이스의 장경 및/또는 단경에 변화가 없을 것이다. 그러나, 이차 전지의 충방전 사이클 횟수가 증가함에 따라, 전극 조립체가 팽창과 수축을 반복하게 되고, 이에 따라 전극 조립체가 변형될 수 있다. 따라서, 본 발명은 이러한 점을 감안하여 이차 전지의 충방전 사이클 횟수 증가에 따른 케이스의 장경 및/또는 단경의 변화값 또는 변화율을 측정하고, 상기 변화값 또는 변화율이 미리 정해 놓은 기준값 또는 기준비율보다 큰 경우 케이스 및/또는 전극 조립체가 변형된 것으로 판정한다.
- [0101] 또한, 이차 전지의 충방전 사이클 횟수를 고려하지 않는 경우에도, 전극 조립체에 변형이 없다면 케이스의 상부 영역, 하부 영역 및/또는 중부 영역 사이의 장경 및/또는 단경이 동일하거나 유사할 것이다. 그러나, 이차 전지에 내부 변형이 있다면, 케이스의 상부 영역, 하부 영역 및/또는 중부 영역 사이의 장경 및/또는 단경에 차이가 있을 것이다. 따라서, 본 발명은 이러한 점을 감안하여 이차 전지의 충방전 사이클 횟수를 고려하지 않은 상태에서, 케이스의 상부 영역, 하부 영역 및/또는 중부 영역 사이의 장경 및/또는 단경의 차이값(예를 들면, 절대값)이 기준값보다 큰 경우 케이스 및/또는 전극 조립체가 변형된 것으로 판정한다.
- [0102] 도 4a는 예시적 이차 전지의 충방전 사이클 횟수 대비 이차 전지의 팽창 정도(단위는 mm)를 도시한 그래프이다. 도 4a에서 X축은 충방전 사이클 횟수를 나타내고, Y축은 팽창 정도(mm)를 나타내며, A1은 첫번째 이차 전지를

나타내며, A2는 두번째 이차 전지를 나타낸다. 또한, 여기서 팽창 정도(mm)는 장경의 차이값을 의미한다.

[0103] 도 4a에 도시된 바와 같이, 첫번째 및 두번째 이차 전지의 팽창 정도(장경 차이값)는 모두 충방전 사이클 횟수가 증가함에 따라 대체로 증가함을 볼 수 있다. 일부 예들에서, 팽창 정도가 대략 0.1 mm 보다 큰 경우 이차 전지가 변형된 것으로 판정될 수 있다.

[0104] 도 4b는 예시적 이차 전지의 충방전 사이클 횟수 대비 이차 전지의 상하단 장경 차이(단위는 mm)를 도시한 그래프이다. 도4b에서 X축은 충방전 사이클 횟수를 나타내고, Y축은 상하단 장경 차이(mm)를 나타내며, A1은 첫번째 이차 전지를 나타내며, A2는 두번째 이차 전지를 나타낸다.

[0105] 도 4b에 도시된 바와 같이, 첫번째 및 두번째 이차 전지의 상하단 장경 차이가 모두 충방전 사이클 횟수가 증가함에 따라 대체로 증가함을 볼 수 있다. 일부 예들에서, 상하단 장경 차이가 대략 -0.01 mm보다 큰 경우 이차 전지가 변형된 것으로 판정될 수 있다.

[0106] 도 5a 및 도 5b는 예시적 이차 전지의 충방전 사이클 횟수 대비 이차 전지의 팽창 정도(단위는 %)를 도시한 그래프이다. 도 5a 및 도 5b에서 X축은 충방전 사이클 횟수를 나타내고, Y축은 팽창 정도(%)를 나타낸다.

[0107] 도 5a 및 도 5b에 도시된 바와 같이, 수명별 케이스 장경과 초기의 케이스 장경의 비율, 그리고 수명별 케이스 단경과 초기의 케이스 단경의 비율을 보면, 충방전 사이클 횟수가 증가함에 따라 팽창 정도가 점차 증가함을 볼 수 있다. 일부 예들에서, 팽창 정도가 대략 100.5%보다 큰 경우 이차 전지가 변형된 것으로 판정할 수 있다.

[0108] 이와 같이 하여, 본 발명의 실시예에 따른 이차 전지의 변형 분석 장치 및 그 방법에 따르면, 전극 조립체의 권취 축에 수직인 방향으로 케이스의 장경 및/또는 단경에 관련된 이미지를 획득하고, 상기 이미지로부터 장경 및/또는 단경의 차이값으로부터 케이스 및/또는 전극 조립체의 변형 여부를 판정한다. 따라서, 본 발명의 실시예는 이차 전지를 분해하지 않고 비파괴적인 방법으로 이차 전지에 제공되는 케이스 및/또는 전극 조립체의 변형 여부를 정확하게 파악할 수 있도록 한다.

[0109] 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 변형 실시가 가능한 범위까지 본 발명의 기술적 정신이 있다고 할 것이다.

부호의 설명

[0110] 100: 변형 분석 장치

101; 입력 장치 102; 출력 장치

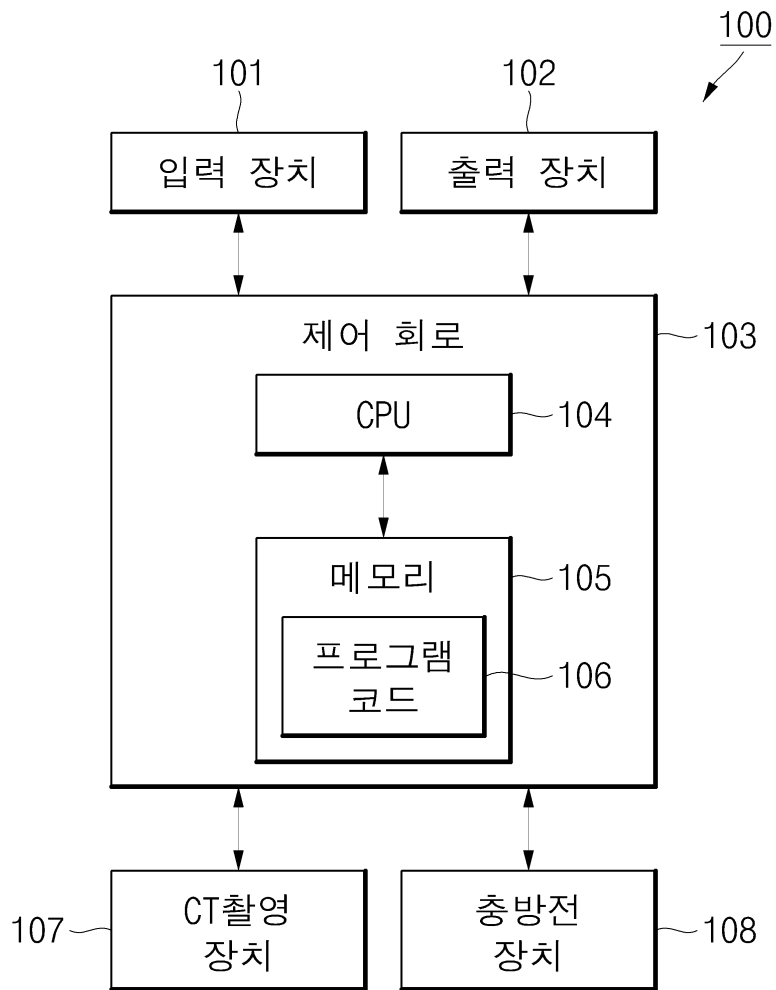
103; 제어 회로 104; CPU

105; 메모리 106; 프로그램 코드

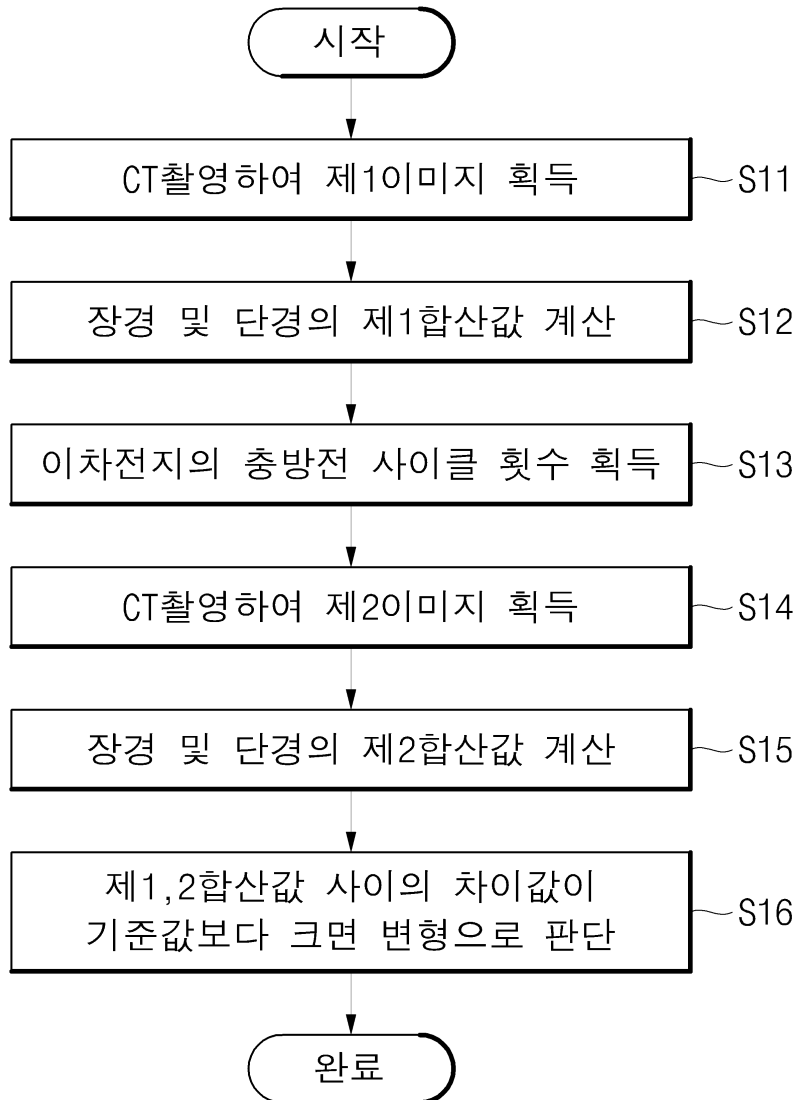
107; CT 촬영 장치 108; 충방전 장치

도면

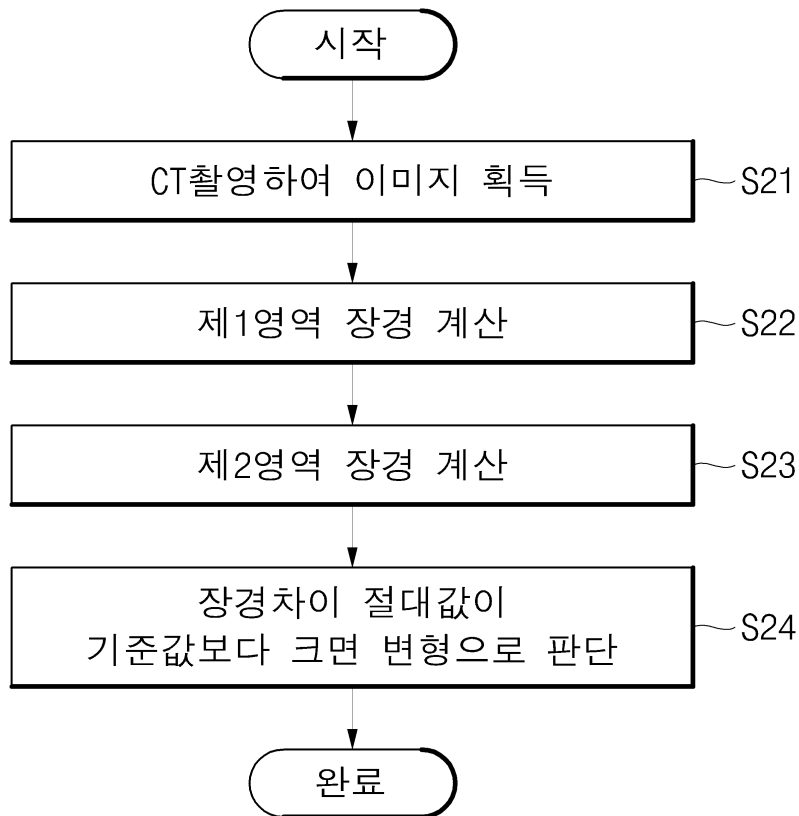
도면1



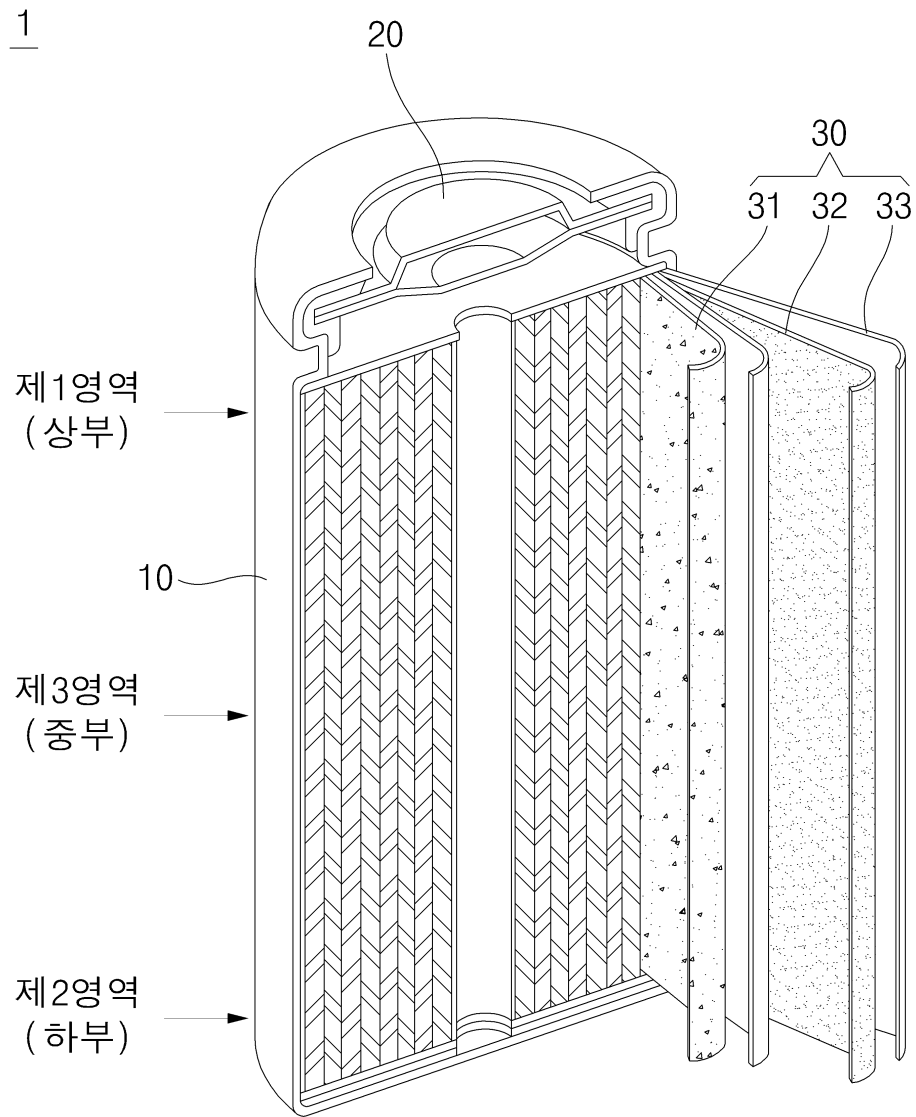
도면2a



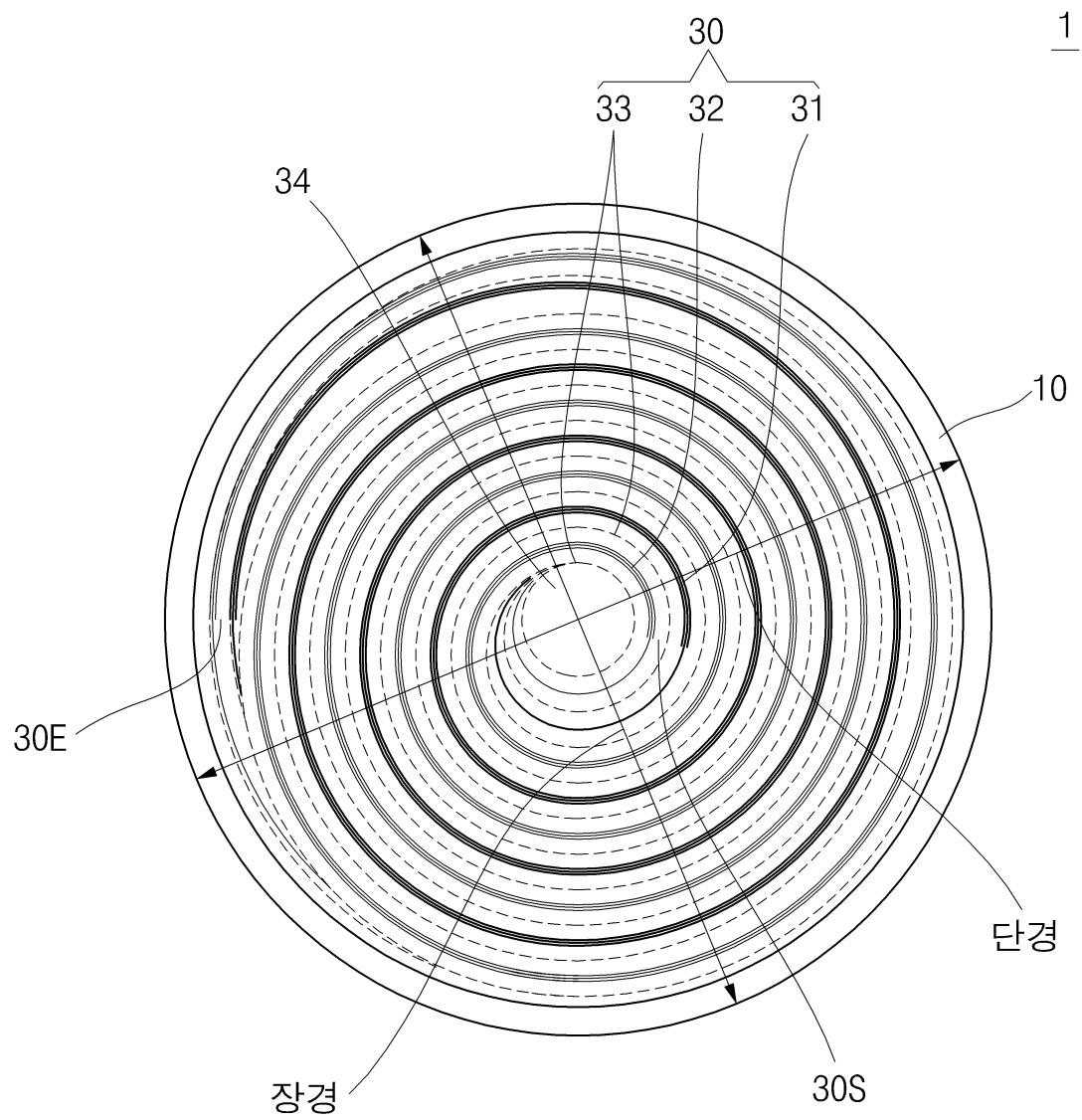
도면2b



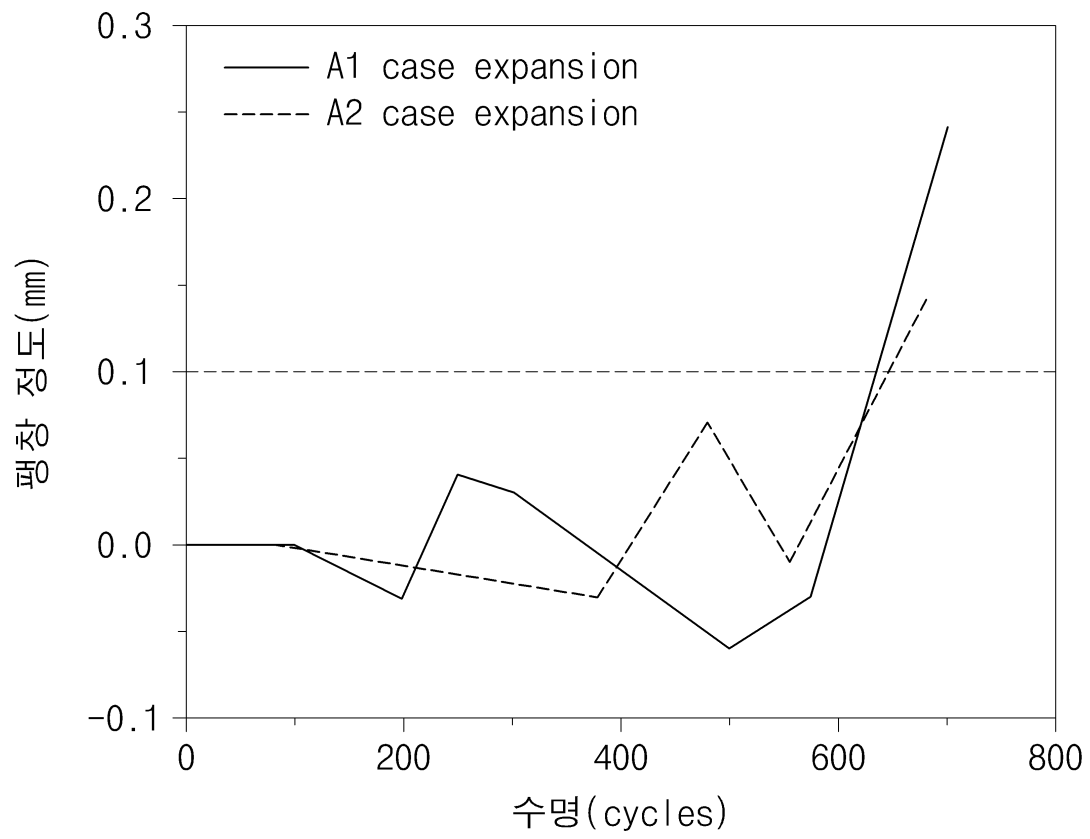
도면3a



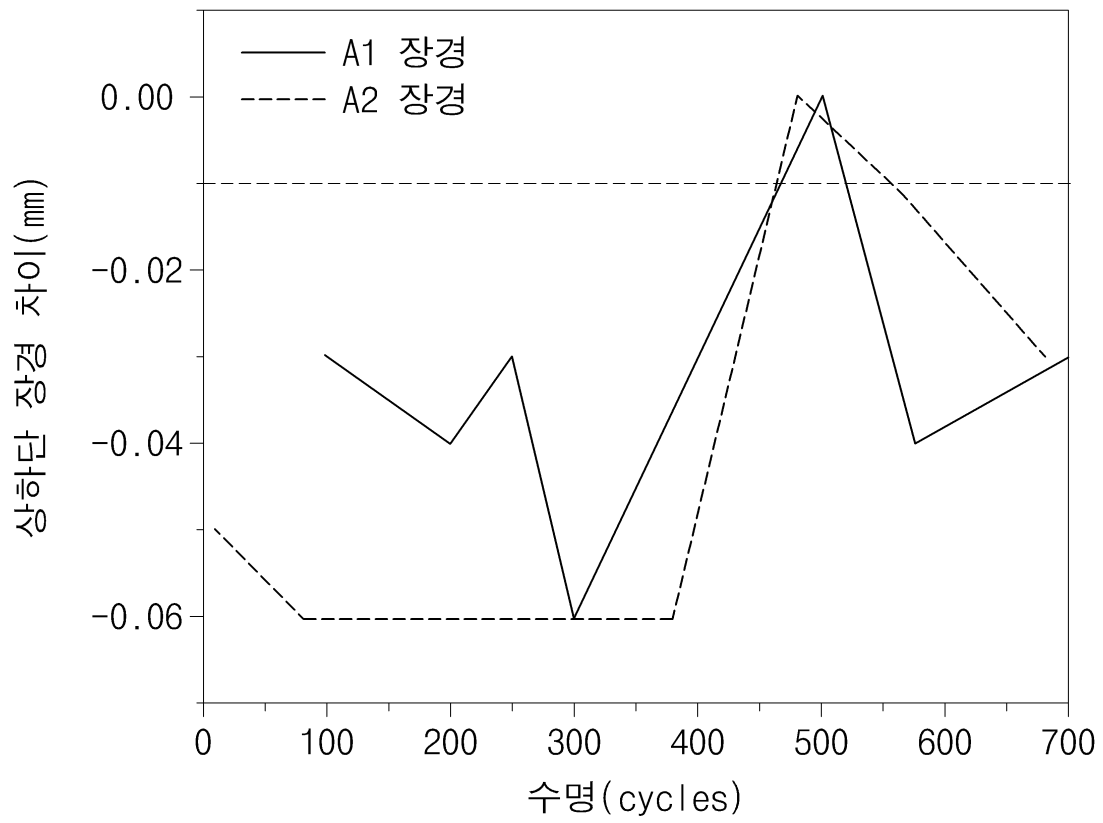
도면 3b



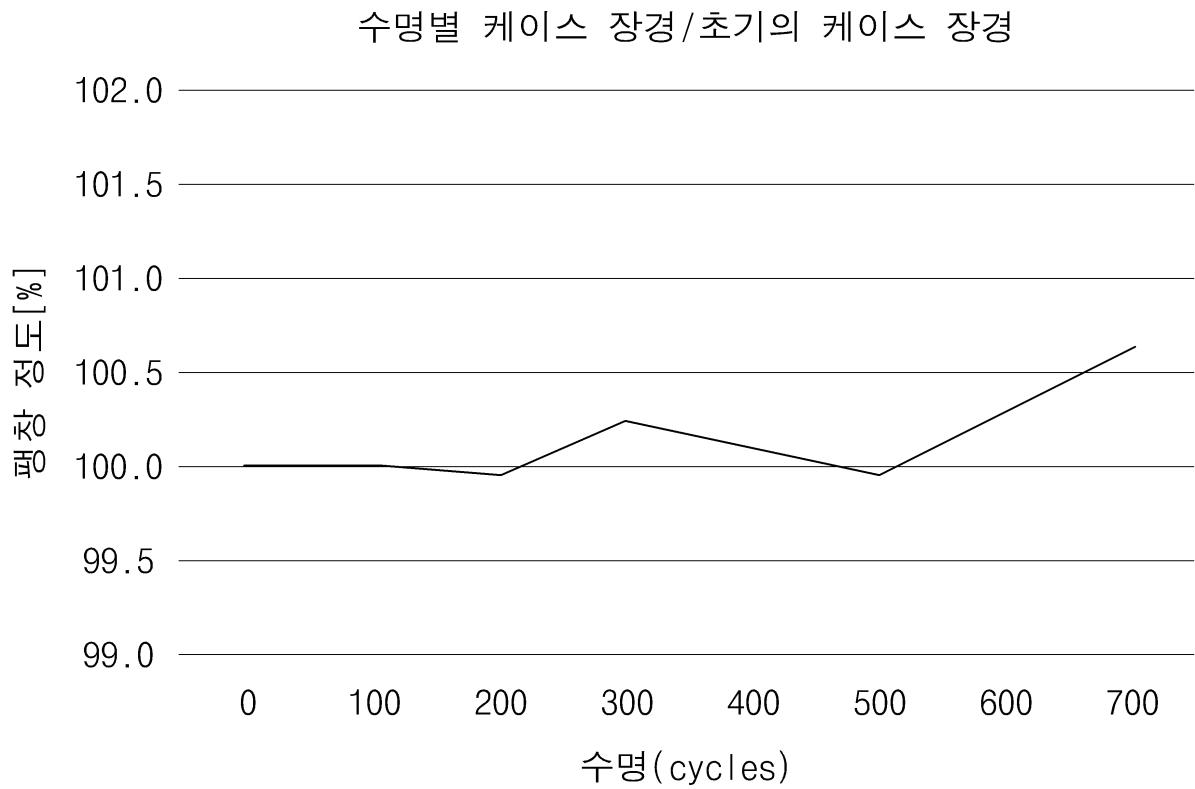
도면4a



도면4b



도면5a



도면5b

