



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2024년10월24일
(11) 등록번호 10-2722397
(24) 등록일자 2024년10월22일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01M 10/44 (2006.01) H01M 10/04 (2015.01)
H01M 10/058 (2010.01) H01M 4/04 (2006.01)
(52) CPC특허분류
H01M 10/446 (2013.01)
H01M 10/0404 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2020-0134301
(22) 출원일자 2020년10월16일
심사청구일자 2022년07월08일
(65) 공개번호 10-2022-0050529
(43) 공개일자 2022년04월25일
(56) 선행기술조사문헌
JP2018113258 A
(뒷면에 계속)

(73) 특허권자
주식회사 엘지에너지솔루션
서울특별시 영등포구 여의대로 108, 타워1 (여의
도동, 파크원)
(72) 발명자
현성식
대전광역시 유성구 문지로 188(문지동, LG화학기
술연구원)
박현
대전광역시 유성구 문지로 188(문지동, LG화학기
술연구원)
김현태
대전광역시 유성구 문지로 188(문지동, LG화학기
술연구원)
(74) 대리인
특허법인필앤은지

전체 청구항 수 : 총 11 항

심사관 : 방현석

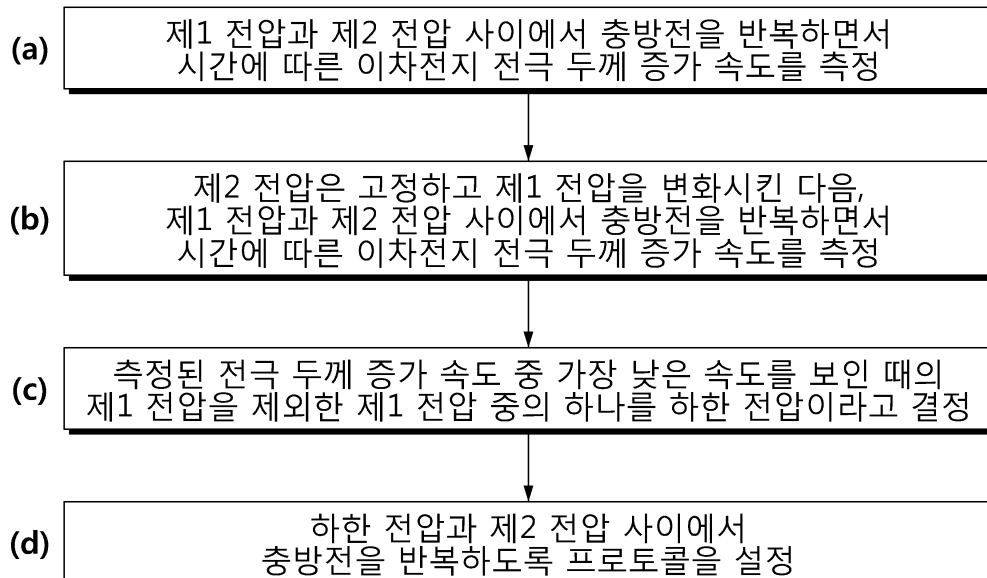
(54) 발명의 명칭 **활성화 프로토콜 생성 방법, 이를 이용한 활성화 방법 및 활성화 장치**

(57) 요약

추가 충방전 단계의 진행시간을 단축할 수 있는 활성화 프로토콜 생성 방법, 이를 이용한 활성화 방법 및 활성화 장치를 제공한다. 본 발명에 따른 추가 충방전 활성화 프로토콜 생성 방법은, 조립된 이차전지들에 대하여 지그 포메이션 단계, 에이징 단계 및 추가 충방전 단계를 포함하는 활성화 방법 중 상기 추가 충방전 단계의 충방전

(뒷면에 계속)

대표도 - 도1



프로토콜을 생성하는 방법으로서, (a)어느 하나의 이차전지에 대하여 제1 전압과 그보다 높은 제2 전압 사이에서 충방전을 반복하면서 시간에 따른 이차전지 두께 증가 속도를 측정하는 단계; (b)상기 제2 전압은 고정하고 상기 제1 전압을 변화시킨 다음, 상기 이차전지와 동일 모델인 다른 이차전지에 대하여 상기 (a) 단계를 수행하는 단계를 1회 이상 실시하는 단계; (c)측정된 이차전지 두께 증가 속도 중 가장 낮은 속도를 보인 때의 제1 전압을 제외한 제1 전압 중의 하나를 하한 전압이라고 결정하는 단계; 및 (d)상기 하한 전압과 상기 제2 전압 사이에서 충방전을 반복하도록 프로토콜을 설정하는 단계를 포함한다.

(52) CPC특허분류

H01M 10/049 (2013.01)

H01M 10/058 (2022.05)

H01M 4/0447 (2013.01)

(56) 선행기술조사문헌

KR1020110034997 A

KR1020170128596 A

KR102064459 B1

KR1020200058906 A

KR1020130126365 A

JP2002313412 A

명세서

청구범위

청구항 1

조립된 이차전지들에 대하여 지그 포메이션 단계, 에이징 단계 및 추가 충방전 단계를 포함하는 활성화 방법 중 상기 추가 충방전 단계의 충방전 프로토콜을 생성하는 방법으로서,

- (a) 어느 하나의 이차전지에 대하여 제1 전압과 그보다 높은 제2 전압 사이에서 충방전을 반복하면서 시간에 따른 이차전지 두께 증가 속도를 측정하는 단계;
- (b) 상기 제2 전압은 고정하고 상기 제1 전압을 변화시킨 다음, 상기 이차전지와 동일 모델인 다른 이차전지에 대하여 상기 (a) 단계를 수행하는 단계를 1회 이상 실시하는 단계;
- (c) 측정된 이차전지 두께 증가 속도 중 가장 낮은 속도를 보인 때의 제1 전압을 제외한 제1 전압 중의 하나를 하한 전압이라고 결정하는 단계; 및
- (d) 상기 하한 전압과 상기 제2 전압 사이에서 충방전을 반복하도록 프로토콜을 설정하는 단계를 포함하는, 추가 충방전 활성화 프로토콜 생성 방법.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 제2 전압은 상기 이차전지들의 만충전 전압이고, 상기 제1 전압은 상기 이차전지들의 만방전 전압 이상의 전압인 것을 특징으로 하는 추가 충방전 활성화 프로토콜 생성 방법.

청구항 3

제2항에 있어서, 상기 만충전 전압은 상기 이차전지들의 SOC가 80-90% 사이에서 정해진 값을 갖도록 하는 전압이고 상기 만방전 전압은 상기 이차전지들의 SOC가 0%일 때의 전압인 것을 특징으로 하는 추가 충방전 활성화 프로토콜 생성 방법.

청구항 4

제1항에 있어서, 상기 이차전지 두께 증가 속도는 상기 (a) 단계의 충방전을 실시한 후에 측정한 이차전지 두께에서 상기 (a) 단계의 충방전을 실시하기 전에 측정한 이차전지 두께를 뺀 값을 충방전에 걸린 총 시간으로 나누어 계산하는 것을 특징으로 하는 추가 충방전 활성화 프로토콜 생성 방법.

청구항 5

제1항에 있어서, 상기 하한 전압 결정시 총 충방전에 걸린 총 시간이 보다 짧은 제1 전압을 상기 하한 전압이라고 결정하는 것을 특징으로 하는 추가 충방전 활성화 프로토콜 생성 방법.

청구항 6

제1항에 있어서, 상기 (b) 단계 수행시 충방전 반복 회수도 변화시켜 수행하는 것을 특징으로 하는 추가 충방전 활성화 프로토콜 생성 방법.

청구항 7

제6항에 있어서, 상기 프로토콜 설정시 이차전지 두께 변화량이 보다 큰 충방전 반복 회수를 선택하는 것을 특징으로 하는 추가 충방전 활성화 프로토콜 생성 방법.

청구항 8

조립된 이차전지들에 대하여 지그 포메이션 단계, 에이징 단계 및 추가 충방전 단계를 포함하는 활성화 방법 중 상기 추가 충방전 단계의 충방전 프로토콜을 생성하는 방법으로서,

어느 하나의 이차전지에 대하여 상기 이차전지들의 만방전 전압과 만충전 전압 사이에서 충방전을 반복하면서

시간에 따른 이차전지 두께 증가 속도를 측정하여 레퍼런스로 삼는 단계;

상기 이차전지와 동일 모델인 다른 이차전지에 대하여 상기 만방전 전압보다 높은 제1 전압과 상기 만충전 전압 사이에서 충방전을 반복하면서 시간에 따른 이차전지 두께 증가 속도를 측정하는 단계;

상기 제1 전압을 변화시킨 다음, 상기 이차전지와 동일 모델인 또 다른 이차전지에 대하여 변화된 상기 제1 전압과 상기 만충전 전압 사이에서 충방전을 반복하면서 시간에 따른 이차전지 두께 증가 속도를 측정하는 단계를 1회 이상 실시하는 단계;

측정된 이차전지 두께 증가 속도 중 상기 레퍼런스보다 큰 속도를 보이는 제1 전압 중에서 하한 전압을 결정하는 단계; 및

상기 하한 전압과 상기 만충전 전압 사이에서 충방전을 반복하도록 프로토콜을 설정하는 단계를 포함하는, 추가 충방전 활성화 프로토콜 생성 방법.

청구항 9

조립된 이차전지들에 대하여 지그 포메이션 단계;

에이징 단계; 및

추가 충방전 단계를 포함하는 활성화 방법이고,

제1항 또는 제8항에 따른 추가 충방전 활성화 프로토콜 생성 방법으로 얻은 충방전 프로토콜을 이용하여 상기 추가 충방전 단계를 실시하는 것을 특징으로 하는 활성화 방법.

청구항 10

조립된 이차전지들에 대하여 충방전을 수행할 수 있는 충방전 장치; 및

상기 충방전 장치에 충방전 프로토콜에 따른 작동 제어를 하는 제어 장치를 포함하는 활성화 장치로서,

상기 제어 장치는 어느 하나의 이차전지에 대하여 제1 전압과 그보다 높은 제2 전압 사이에서 충방전을 반복하면서 시간에 따른 이차전지 두께 증가 속도를 측정하는 (a) 단계를 실시하는 프로그램 모듈;

상기 제2 전압은 고정하고 상기 제1 전압을 변화시킨 다음, 상기 이차전지와 동일 모델인 다른 이차전지에 대하여 상기 (a) 단계를 수행하는 단계를 1회 이상 실시하는 프로그램 모듈;

측정된 이차전지 두께 증가 속도 중 가장 낮은 속도를 보인 때의 제1 전압을 제외한 제1 전압 중의 하나를 하한 전압이라고 결정하는 프로그램 모듈; 및

상기 하한 전압과 상기 제2 전압 사이에서 충방전을 반복하도록 프로토콜을 설정하는 프로그램 모듈을 포함하는 프로세싱부를 포함하고,

상기 제어 장치는 상기 이차전지들에 대하여 SEI 형성을 위한 지그 포메이션 충방전을 실시하도록 한 다음, 전해액이 충분히 함침되도록 하는 에이징 시간을 갖도록 한 후에, 전극 활물질에 기공 형성을 위한 추가 충방전 단계를 상기 프로토콜에 따라 실시하도록 상기 충방전 장치를 제어하는 활성화 장치.

청구항 11

제10항에 있어서, 상기 활성화 장치는 상기 이차전지 두께 측정을 하는 두께 측정 수단을 더 포함하고 상기 제어 장치는 상기 두께 측정 수단의 구동 및 측정 시기를 제어하며, 상기 두께 측정 수단에서 측정한 두께를 가지고 상기 프로세싱부의 프로그램 모듈이 상기 이차전지 두께 증가 속도를 계산하는 것을 특징으로 하는 활성화 장치.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 리튬 이차전지 활성화 방법 및 활성화 장치에 관한 것으로, 특히 특정 전압 범위를 적용하도록 한 활성화 프로토콜 생성 방법, 이를 이용한 활성화 방법 및 활성화 장치에 관한 것이다.

배경 기술

- [0002] 최근, 노트북, 비디오 카메라, 휴대용 전화기 등과 같은 휴대용 전자 제품의 수요가 급격하게 증대되고, 전기 자동차, 에너지 저장용 축전지, 로봇, 위성 등의 개발이 본격화됨에 따라, 반복적인 충방전이 가능한 고성능 이차전지에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다.
- [0003] 현재 상용화된 이차전지로는 니켈 카드뮴 전지, 니켈 수소 전지, 니켈 아연 전지, 리튬 이차전지 등이 있는데, 이 중에서 리튬 이차전지는 니켈 계열의 이차전지에 비해 메모리 효과가 거의 일어나지 않아 충방전이 자유롭고, 자가 방전율이 매우 낮으며 에너지 밀도가 높은 장점으로 각광을 받고 있다. 일반적으로 이러한 이차전지는 외장재나 적용 형태에 따라 원통형이나 각형의 캔형 이차전지와 파우치형 이차전지로 구분될 수 있다.
- [0004] 이차전지는 그것이 사용되는 외부기기의 종류에 따라, 단일 셀의 형태로 사용되기도 하고, 또는 다수의 셀들을 전기적으로 연결한 모듈의 형태로 사용되기도 한다. 예를 들어, 휴대폰과 같은 소형 디바이스는 셀 1 개의 출력과 용량으로 소정의 시간 동안 작동이 가능한 반면에, 노트북 컴퓨터, 휴대용 DVD(Portable DVD), 소형 PC(Personal Computer), 전기 자동차, 하이브리드 전기 자동차 등과 같은 중형 또는 대형 디바이스는 출력 및 용량의 문제로 다수의 셀들을 포함하는 모듈의 사용이 요구된다.
- [0005] 모듈은 다수의 셀들을 직렬 및/또는 병렬로 배열하여 연결한 코어 팩에 보호회로 등을 접속함으로써 제조된다. 단위 셀로서 각형 또는 파우치형 셀을 사용하는 경우에는 넓은 면들이 서로 대면하도록 적층한 후 전극 단자들을 버스 바 등의 접속 부재에 의해 연결하여 용이하게 제조할 수 있다. 따라서, 육면체 구조의 입체형 모듈을 제조하는 경우에는 각형 또는 파우치형 셀이 단위 셀로서 유리하다.
- [0006] 그 중 파우치형 셀은 금속층(포일)과 상기 금속층의 상면과 하면에 코팅되는 합성수지층의 다층막으로 구성되는 파우치 외장재를 사용하여 외관을 구성하기 때문에, 금속 캔을 사용하는 원통형 또는 각형보다 이차전지의 무게를 현저히 줄일 수 있어 이차전지의 경량화가 가능하며, 다양한 형태로의 변화가 가능하다는 장점이 있어 많은 관심을 모으고 있다. 또한 그것의 사용량이 점차적으로 증가하고 있다.
- [0007] 일반적으로, 파우치형 셀은 셀을 조립하는 공정과 셀을 활성화하는 공정을 거쳐서 제조된다.
- [0008] 종래의 파우치 외장재는 일반적으로 전극조립체가 수용되는 하부 외장재와, 하부 외장재의 상부를 밀봉하는 상부 외장재로 이루어진다. 전극조립체를 하부 외장재의 수납부에 수용한 다음, 하부 외장재 수납부 주위의 가장자리와 이에 대응되는 상부 외장재의 가장자리를 밀착시키고 밀착된 일부분을 열융착한 후 전해액을 넣고 나머지 부분을 진공 실링하면 셀이 조립된다.
- [0009] 셀은 방전 상태로 조립되기 때문에 셀을 조립한 다음에 충전을 해서 활성화시켜야만 전지로서 기능을 할 수 있게 된다. 이것을 활성화 또는 포메이션(formation) 공정이라고 한다.
- [0010] 활성화 공정에서는 전류의 원활한 통전을 위해 소정의 활성화 공정 설비인 활성화 장치에 셀을 탑재하고 활성화에 필요한 조건으로 충방전 등의 처리를 수행하게 된다. 셀에 있어서는 그 특성상 첫 사이클시 양극 활물질의 활성화 및 음극에서의 안정적인 표면막(SEI, Solid Electrolyte Interface) 생성을 위해 이러한 활성화 과정이 필수적으로 선행되어야 한다. 활성화 공정에서 음극 활물질과 전해액 간의 반응으로 음극 표면에 SEI가 비로소 형성되고, 이 SEI의 물리적, 기계적 건전성이 셀 및 이를 포함하는 이차전지의 수명이 다할 때까지 그 성능을 결정한다.
- [0011] 활성화 공정을 포함하는 셀 제조 과정은 다음과 같다. 에어 포켓을 구비하도록 셀 조립 후, SEI 형성을 위한 지그 포메이션 단계를 수행한다. 전해액이 충분히 함침되도록 에이징(aging) 시간을 갖는다. 추가 충방전 단계를 갖는다. 충방전으로 인해 셀 내부에 가스가 발생한다. 이러한 가스를 제거하기 위해 에어 포켓을 천공해 가스를 흡입하고, 불필요한 외장재 부분을 잘라낸 후 실링하는 디개싱(degassing) 단계를 수행해 검사 후, 완성품으로 출하한다.
- [0012] 디개싱 단계에서는 가스를 흡입할 때에 내부의 전해액도 함께 유출되기 쉬운데, 전극 활물질에 기공을 많이 형성하여 두면 기공에 전해액이 간혀 유출이 덜 된다. 추가 충방전 단계는 전극 활물질에 기공을 형성하려는 목적으로 실시하기 때문에 그래서 매우 중요하다. 그런데 추가 충방전 단계의 진행시간(lead time)이 길어질 경우, 전체 활성화 공정의 진행시간 지연으로 이어지며, 생산성 저하로 이어진다. 따라서, 추가 충방전 단계를 포함하는 활성화 공정 진행시간 단축 방법이 필요하다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0013] 본 발명이 해결하고자 하는 과제는 추가 충방전 단계의 진행시간을 단축할 수 있는 활성화 프로토콜 생성 방법을 제공하는 것이다.
- [0014] 본 발명이 해결하고자 하는 다른 과제는 이를 이용해 진행시간이 단축된 활성화 방법을 제공하는 것이다.
- [0015] 본 발명이 해결하고자 하는 또 다른 과제는 이를 이용한 활성화 장치를 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

- [0016] 상기 과제를 해결하기 위한 본 발명에 따른 추가 충방전 활성화 프로토콜 생성 방법은, 조립된 이차전지들에 대하여 지그 포메이션 단계, 에이징 단계 및 추가 충방전 단계를 포함하는 활성화 방법 중 상기 추가 충방전 단계의 충방전 프로토콜을 생성하는 방법으로서, (a)어느 하나의 이차전지에 대하여 제1 전압과 그보다 높은 제2 전압 사이에서 충방전을 반복하면서 시간에 따른 이차전지 두께 증가 속도를 측정하는 단계; (b)상기 제2 전압은 고정하고 상기 제1 전압을 변화시킨 다음, 상기 이차전지와 동일 모델인 다른 이차전지에 대하여 상기 (a) 단계를 수행하는 단계를 1회 이상 실시하는 단계; (c)측정된 이차전지 두께 증가 속도 중 가장 낮은 속도를 보인 때의 제1 전압을 제외한 제1 전압 중의 하나를 하한 전압이라고 결정하는 단계; 및 (d)상기 하한 전압과 상기 제2 전압 사이에서 충방전을 반복하도록 프로토콜을 설정하는 단계를 포함한다.
- [0017] 상기 제2 전압은 상기 이차전지들의 만충전 전압이고, 상기 제1 전압은 상기 이차전지들의 만방전 전압 이상의 전압일 수 있다.
- [0018] 상기 만충전 전압은 상기 이차전지들의 SOC가 80-90% 사이에서 정해진 값을 갖도록 하는 전압이고 상기 만방전 전압은 상기 이차전지들의 SOC가 0%일 때의 전압일 수 있다.
- [0019] 상기 이차전지 두께 증가 속도는 상기 (a) 단계의 충방전을 실시한 후에 측정한 이차전지 두께에서 상기 (a) 단계의 충방전을 실시하기 전에 측정한 이차전지 두께를 뺀 값을 충방전에 걸린 총 시간으로 나누어 계산하는 것일 수 있다.
- [0020] 상기 과제를 해결하기 위한 본 발명에 따른 다른 추가 충방전 활성화 프로토콜 생성 방법은, 조립된 이차전지들에 대하여 지그 포메이션 단계, 에이징 단계 및 추가 충방전 단계를 포함하는 활성화 방법 중 상기 추가 충방전 단계의 충방전 프로토콜을 생성하는 방법으로서, 어느 하나의 이차전지에 대하여 상기 이차전지들의 만방전 전압과 만충전 전압 사이에서 충방전을 반복하면서 시간에 따른 이차전지 두께 증가 속도를 측정하여 레퍼런스로 삼는 단계; 상기 이차전지와 동일 모델인 다른 이차전지에 대하여 상기 만방전 전압보다 높은 제1 전압과 상기 만충전 전압 사이에서 충방전을 반복하면서 시간에 따른 이차전지 두께 증가 속도를 측정하는 단계; 상기 제1 전압을 변화시킨 다음, 상기 이차전지와 동일 모델인 또 다른 이차전지에 대하여 변화된 상기 제1 전압과 상기 만충전 전압 사이에서 충방전을 반복하면서 시간에 따른 이차전지 두께 증가 속도를 측정하는 단계를 1회 이상 실시하는 단계; 측정된 이차전지 두께 증가 속도 중 상기 레퍼런스보다 큰 속도를 보이는 제1 전압 중에서 하한 전압을 결정하는 단계; 및 상기 하한 전압과 상기 만충전 전압 사이에서 충방전을 반복하도록 프로토콜을 설정하는 단계를 포함한다.
- [0021] 본 발명에서는 이러한 추가 충방전 활성화 프로토콜 생성 방법을 이용한 활성화 방법도 제안한다. 본 발명에 따른 활성화 방법은, 조립된 이차전지들에 대하여 지그 포메이션 단계; 에이징 단계; 및 추가 충방전 단계를 포함하는 활성화 방법이고, 본 발명에 따른 추가 충방전 활성화 프로토콜 생성 방법으로 얻은 충방전 프로토콜을 이용하여 상기 추가 충방전 단계를 실시하는 것을 특징으로 한다.
- [0022] 본 발명에서는 이러한 활성화 방법을 수행할 수 있는 활성화 장치도 제공한다. 본 발명에 따른 활성화 장치는, 조립된 이차전지들에 대하여 충방전을 수행할 수 있는 충방전 장치; 및 상기 충방전 장치에 충방전 프로토콜에 따른 작동 제어를 하는 제어 장치를 포함하는 활성화 장치이다.
- [0023] 여기에서, 상기 제어 장치는 어느 하나의 이차전지에 대하여 제1 전압과 그보다 높은 제2 전압 사이에서 충방전을 반복하면서 시간에 따른 이차전지 두께 증가 속도를 측정하는 (a) 단계를 실시하는 프로그램 모듈; 상기 제2 전압은 고정하고 상기 제1 전압을 변화시킨 다음, 상기 이차전지와 동일 모델인 다른 이차전지에 대하여 상기 (a) 단계를 수행하는 단계를 1회 이상 실시하는 프로그램 모듈; 측정된 이차전지 두께 증가 속도 중 가장 낮은 속도를 보인 때의 제1 전압을 제외한 제1 전압 중의 하나를 하한 전압이라고 결정하는 프로그램 모듈; 및 상기 하한 전압과 상기 제2 전압 사이에서 충방전을 반복하도록 프로토콜을 설정하는 프로그램 모듈을 포함하는 프로

세성부를 포함하고, 상기 제어 장치는 상기 이차전지들에 대하여 SEI 형성을 위한 지그 포메이션 충방전을 실시하도록 한 다음, 전해액이 충분히 함침되도록 하는 에이징 시간을 갖도록 한 후에, 전극 활물질에 기공 형성을 위한 추가 충방전 단계를 상기 프로토콜에 따라 실시하도록 상기 충방전 장치를 제어한다.

[0024] 상기 활성화 장치는 상기 이차전지 두께 측정을 하는 두께 측정 수단을 더 포함할 수 있다. 상기 제어 장치는 상기 두께 측정 수단의 구동 및 측정 시기를 제어하며, 상기 두께 측정 수단에서 측정한 두께를 가지고 상기 프로세싱부의 프로그램 모듈이 상기 이차전지 두께 증가 속도를 계산할 수 있다.

발명의 효과

[0025] 본 발명의 추가 충방전 활성화 프로토콜 생성 방법 및 이를 이용한 활성화 방법에 따르면, 과우치형 셀을 포함하는 이차전지 생산 과정에서 활성화 공정 중, 추가 충방전 공정 진행시간을 단축할 수 있다. 이에 따라 전체 활성화 공정의 진행시간을 단축하여 생산성을 증가시킬 수 있다.

[0026] 추가 충방전 활성화 공정은 디개싱 전에 전극 활물질 내의 기공을 충분히 확보하도록 할 수 있다. 본 발명에 따르면, 단시간 내에 기공을 형성할 수 있으므로, 디개싱 후 전해액 잔존량 불량율을 줄일 수 있다.

[0027] 본 발명의 활성화 장치는 추가 충방전 활성화 프로토콜 생성 방법 및 이를 이용한 활성화 방법을 수행하는 데에 최적화되어 있다. 충방전되는 이차전지들을 차례차례 바꾸어주는 정도의 인력만 필요하며, 충방전 공정의 거의 전 과정을 자동으로 진행할 수 있는 장점이 있어 높은 생산성 및 효율성을 제공할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0028] 본 명세서에 첨부되는 다음의 도면들은 본 발명의 실시예를 예시하는 것이며, 후술하는 상세한 설명과 함께 본 발명의 기술사상을 더욱 이해시키는 역할을 하는 것이므로, 본 발명은 그러한 도면에 기재된 사항에만 한정되어 해석되어서는 아니 된다.

도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 추가 충방전 활성화 프로토콜 생성 방법의 순서도이다.

도 2 내지 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 추가 충방전 활성화 프로토콜 생성 방법에서 예로 들 수 있는 다양한 충방전 프로토콜들이다.

도 7은 도 2 내지 도 6에 따라 충방전을 실시한 다음 각 이차전지들에 대하여 구한 이차전지 두께 증가 속도 그래프이다.

도 8은 본 발명의 다른 실시예에 따른 활성화 장치의 개략도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0029] 이하, 첨부된 도면들을 참조하여 본 발명의 실시예를 설명하기로 한다. 이에 앞서, 본 명세서 및 청구범위에 사용된 용어나 단어는 통상적이거나 사전적인 의미로 한정해서 해석되어서는 아니 되며, 발명자는 그 자신의 출원을 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 일 실시예에 불과할 뿐이고 본 발명의 기술적 사상을 모두 대변하는 것은 아니므로, 본 발명시점에 있어서 이들을 대체할 수 있는 다양한 균등물과 변형 예들이 있을 수 있음을 이해하여야 한다.

[0030] 이하에서 설명되는 실시예에 있어서, 이차전지는 충전과 방전이 이루어지는 동안 리튬 이온이 작동 이온으로 작용하여 양극과 음극에서 전기화학적 반응을 유발하는 전지를 총칭한다.

[0031] 한편, 이차전지에 사용된 전해액이나 분리막의 종류, 이차전지를 포장하는 데 사용된 전지 케이스(또는 포장재)의 종류, 이차전지의 내부 또는 외부의 구조 등에 따라 명칭이 변경되더라도 리튬 이온이 작동 이온으로 사용되는 전지라면 모두 상기 이차전지의 범주에 포함되는 것으로 해석하여야 한다.

[0032] 또한, 이차전지는 그것을 구성하는 요소의 수에 의해 한정되지 않는다. 따라서 이차전지는 하나의 전지 케이스 내에 양극/분리막/음극의 전극 조립체 및 전해액이 포함된 단일 셀을 비롯하여 단일 셀의 어셈블리, 다수의 어셈블리가 직렬 및/또는 병렬로 연결된 모듈, 다수의 모듈이 직렬 및/또는 병렬로 연결된 팩, 다수의 팩이 직렬 및/또는 병렬로 연결된 전지 시스템 등도 포함하는 것으로 해석되어야 한다.

[0033] 본 발명에 따른 방법이 적용될 수 있는 이차전지 조립과 활성화 공정의 일 예를 들면 다음과 같다.

- [0034] 조립 단계는 제조실에서 전극 조립체와 전해액을 전지 케이스에 수납하고 밀봉하는 단계를 포함한다.
- [0035] 먼저 양극, 음극 및 그 사이에 개재된 분리막을 포함하는 전극 조립체를 제조한다. 상기 전극 조립체를 제조하는 단계는 활물질 및 바인더를 포함하는 전극 슬러리를 전극 집전체에 도포하여 각각 양극 및 음극을 제조한 다음, 상기 양극과 음극 사이에 분리막을 개재하는 단계를 포함한다. 이러한 전극 조립체를 제조하는 단계는 특별히 제한되지 않으며 공지된 방법에 따라 수행될 수 있다. 또한, 상기 전극 조립체는 양극, 음극 및 분리막을 포함하는 구조라면 특별히 제한되지 않으며, 예를 들어, 젤리-롤형, 스택형 또는 스택/폴딩형 구조를 들 수 있다.
- [0036] 전극 조립체 안의 음극은 카본계 음극 활물질을 포함할 수 있다. 상기 카본계 음극 활물질은 인조 흑연이나 천연 흑연일 수 있다.
- [0037] 전해액은 유기 용매 및 리튬염을 포함할 수 있다. 상기 유기 용매는 전지의 충방전 과정에서 산화 반응 등에 의한 분해가 최소화될 수 있고, 목적하는 특성을 발휘할 수 있는 것이라면 제한이 없고, 예를 들어 환형 카보네이트, 선형 카보네이트, 에스테르, 에테르 또는 케톤 등일 수 있다. 이들은 단독으로 사용될 수 있고, 2종 이상이 혼용되어 사용될 수 있다. 상기 유기 용매들 중 특히 카보네이트계 유기 용매가 바람직하게 사용될 수 있는데, 환형 카보네이트로는 에틸렌 카보네이트(EC), 프로필렌카보네이트(PC) 및 부틸렌 카보네이트(BC)를 들 수 있고, 선형 카보네이트로는 디메틸카보네이트(DMC), 디에틸 카보네이트(DEC), 디프로필 카보네이트(DPC), 에틸메틸카보네이트(EMC), 메틸프로필카보네이트(MPC) 및 에틸프로필 카보네이트(EPC)가 대표적이다. 상기 리튬염은 LiPF_6 , LiAsF_6 , LiCF_3SO_3 , $\text{LiN}(\text{CF}_3\text{SO}_2)_2$, LiBF_4 , LiBF_6 , LiSbF_6 , $\text{LiN}(\text{C}_2\text{F}_5\text{SO}_2)_2$, LiAlO_4 , LiAlCl_4 , LiSO_3CF_3 및 LiClO_4 등 리튬 이차전지의 전해액에 통상적으로 사용되는 리튬염이 제한 없이 사용될 수 있으며, 이들은 단독으로 사용될 수 있고, 2종 이상이 혼용되어 사용될 수 있다.
- [0038] 전지 케이스는 바람직하게 알루미늄 라미네이트 시트로 된 파우치일 수 있다.
- [0039] 다음으로 위와 같이 조립된 셀을 화성실로 옮겨 활성화 공정을 진행한다. 활성화 공정은 SEI 형성을 위한 지그 포메이션 단계, 전해액이 충분히 함침되도록 하는 에이징 단계 및 전극 활물질에 기공 형성을 위한 추가 충방전 단계를 포함한다. 본 발명에서는 특히 추가 충방전 단계에서의 충방전 프로토콜을 생성하는 방법을 제안한다.
- [0040] 본 발명자들은 전극 내 기공 형성에 주 영향을 끼치는 것이 활성화 전압이라고 판단한다. 이러한 전압 범위에 포커싱하여, 추가 충방전 단계에서 생산성 관점에서 가장 바람직하게 충방전 전압 범위를 결정하는 방법을 제안한다. 본 발명에서 제안하는 바와 같이 소정의 충방전 전압 범위를 결정해 이를 충방전 프로토콜로 이용하면, 동일한 시간 내에 충분한 기공을 확보할 수 있기 때문에 추가 충방전 단계의 진행시간을 줄일 수 있고, 전체 활성화 공정의 진행시간이 단축되는 효과가 있다.
- [0041] 본 발명자들은 전극 활물질 내에 기공 형성 시, 이차전지 두께가 증가하며, 충방전 전압을 변화시켜 가며 이차전지 두께가 증가하는 수준을 파악하면, 적정 충방전 범위를 결정할 수 있음을 발견하여 본 발명에 이르게 되었다.
- [0042] 이차전지는 물리적으로 충전될 수 있는 상한과 물리적으로 방전될 수 있는 하한을 가지고 있다. 그러나, 실제 사용 환경에서 물리적 상한 및 하한까지 충방전을 하지 않는다. 그 대신 이차전지의 물리적 상한과 하한 범위 내에서 이차전지의 안전성, 수명 및 에너지 효율성의 측면에서 사용 영역을 적절하게 설정하고, 사용 영역 내에서만 충전 및 방전을 실시한다.
- [0043] 즉, 물리적 한계 방전점보다 높게 사용 영역의 하한을 설정하고, 물리적 한계 충전점보다 낮게 사용 영역의 상한을 설정한다. 사용 영역의 설정은 이차전지의 특성, 사용 환경, 요구되는 충방전 용량, 에너지 출력 등에 따라 다양하게 설정될 수 있다. 이하에서는, 이차전지의 방전 과정에서 이차전지의 상태가 설정된 사용 영역의 하한점에 도달되었을 때 완전 방전(또는, 만방전)이 되었다고 정의한다. 그리고 이차전지의 충전 과정에서 이차전지의 상태가 설정된 사용 영역의 상한점에 도달되었을 때 완전 충전(또는, 만충전)이 되었다고 정의한다.
- [0044] 기존에는 만충전 전압과 만방전 전압 사이에서 충방전을 반복하여 추가 충방전을 실시하는 경우가 있다. 셀의 종류에 따라 만충전 전압과 만방전 전압은 달라지지만 예를 하나 들면 4.35V-3.0V 구간에서 충방전 진행하는 경우가 있다. 이 때 원하는 정도로까지 전극 활물질에 기공이 형성되는 데 걸리는 시간은 750분이었다. 하지만 본 발명에서 제안하는 활성화 프로토콜 생성 방법을 이용해 얻은 충방전 전압 범위를 가지고 추가 충방전을 실시하면 그 시간을 440분으로까지 단축할 수 있음을 확인하였다. 이하에서, 구체적인 예를 들어 가며 본 발명에 따른 활성화 프로토콜 생성 방법을 상세히 설명한다.

- [0045] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 추가 충방전 활성화 프로토콜 생성 방법의 순서도이다.
- [0046] 도 1을 참조하면, 우선, 조립된 이차전지들 중 어느 하나의 이차전지에 대하여 제1 전압과 그보다 높은 제2 전압 사이에서 충방전을 반복하면서 시간에 따른 이차전지 두께 증가 속도를 측정한다[단계 (a)].
- [0047] 상기 제2 전압은 상기 이차전지들의 만충전 전압이고, 상기 제1 전압은 상기 이차전지들의 만방전 전압 이상의 전압일 수 있다. 만충전 전압과 만방전 전압은 앞서 언급한 바와 같이 사용 영역을 어떻게 설정하느냐에 따라 달라질 수 있다. 예를 들어, 상기 만충전 전압은 상기 이차전지들의 SOC가 80~90% 사이에서 정해진 값을 갖도록 하는 전압이고 상기 만방전 전압은 상기 이차전지들의 SOC가 0%일 때의 전압일 수 있다.
- [0048] 본 실시예에서는 상기 제2 전압이 상기 이차전지들의 만충전 전압으로서, 상기 이차전지들의 SOC가 85%가 되도록 하는 전압인 경우를 구체적인 예로 든다. 이차전지 모델에 따라 SOC가 85%가 되도록 하는 전압은 달라질 수 있는데, 본 실시예에서 설명하는 이차전지는 그 전압이 4.35V이다. 본 실시예에서는 상기 제1 전압은 상기 이차전지들의 만방전 전압으로서, 상기 이차전지들의 SOC가 0%가 되도록 하는 전압이라고 예로 든다. 이차전지 모델에 따라 SOC가 0%가 되도록 하는 전압은 달라질 수 있는데, 본 실시예에서 설명하는 이차전지는 그 전압이 3.0V이다.
- [0049] 그러면 첫번째 단계인 단계 (a)에서는 어느 하나의 이차전지에 대하여 3.0V와 4.35V 사이에서 충방전을 반복하면서 시간에 따른 이차전지 두께 증가 속도를 측정하는 것이다. 충방전 반복 횟수는 1회 이상으로 임의로 정할 수 있다. 이차전지 두께 증가 속도는 상기 (a) 단계의 충방전을 실시한 후에 측정한 이차전지 두께에서 상기 (a) 단계의 충방전을 실시하기 전에 측정한 이차전지 두께를 뺀 값을 충방전에 걸린 총 시간으로 나누어 계산하는 것일 수 있다.
- [0050] 예를 들어 상기 (a) 단계의 충방전 프로토콜은 도 2와 같을 수 있다. 도 2 내지 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 추가 충방전 활성화 프로토콜 생성 방법에서 예로 들 수 있는 다양한 충방전 프로토콜들이다.
- [0051] 이차전지는 앞선 지그 포메이션 단계에서 예컨대 SOC 65%까지 충전된 상태로 에이징된 후 추가 충방전이 수행될 수 있으며, 도 2와 같은 추가 충방전 프로토콜에 따라 추가 충방전이 수행될 수 있다. SOC 65% 상태에서 추가 충전을 실시해 만충전 전압인 4.35V에 도달하면 방전을 실시한다. 만방전 전압인 3.0V에 도달하면 다시 만충전 전압에 이를 때까지 충전을 실시한다. 만충전 전압에 이르면 다시 만방전 전압에 이를 때까지 방전한다. 충전과 방전을 1회씩 포함하는 사이클을 예로 들어 4번 반복한다. 이 때까지 총 걸리는 시간은 750분이다. 도 2와 같은 충방전 프로토콜에 따라 충방전을 수행한 다음에 이차전지 두께 증가 속도를 구한다. 충방전을 실시한 후에 측정한 이차전지 두께에서 충방전을 실시하기 전에 측정한 이차전지 두께를 뺀 값(두께 변화량)을 충방전에 걸린 총 시간으로 나누어 계산한다. 도 2의 충방전 프로파일이 예컨대 레퍼런스가 될 수 있다.
- [0052] 도 7에는 도 2에 따라 충방전을 실시한 다음 이차전지에 대하여 구한 이차전지 두께 증가 속도 그래프가 도시되어 있다. 예를 들어 충방전에 총 걸린 시간 750분일 때에 두께 변화량(delta T) 70um 정도였다면 도 7에서와 같이 동그라미 점 표시 되고, 0점과 그 점을 잇는 선의 기울기가 바로 이차전지 두께 증가 속도에 해당한다.
- [0053] 다음으로, 상기 제2 전압은 고정하고 상기 제1 전압을 변화시킨 다음, 상기 이차전지와 동일 모델인 다른 이차전지에 대하여 상기 (a) 단계와 같은 단계를 수행한다[단계 (b)]. 이러한 단계 (b)는 1회 이상 실시한다.
- [0054] 본 실시예에서 상기 제2 전압은 4.35V이고 최초 제1 전압은 3.0V인 경우를 예로 들었다. 최초 제1 전압이 만방전 전압이므로 변화시킨 제1 전압은 만방전 전압보다는 클 수 있다. 예로 든 바, 변화시킨 제1 전압은 도 3 및 도 4에서와 같이 4.0V일 수도 있고, 도 5 및 도 6에서와 같이 3.9V일 수도 있다. 제1 전압이 상기 제2 전압보다 작기만 하면 된다.
- [0055] 단계 (b)를 1회 이상 실시할 때, 바뀐 제1 전압은 그대로 두고 충방전 반복 회수를 변화시켜 수행할 수도 있다. 예를 들어 도 3과 도 5는 충방전 회수가 4회로 도 2에서와 같지만, 도 4와 도 6은 충방전 회수가 그보다 많은 9회인 경우이다. 즉, 도 3 내지 도 6과 같이 제1 전압 혹은 충방전 회수까지 다른 다양한 충방전 프로토콜에 따라 이차전지들을 충방전한 다음 각각의 경우에 대하여 이차전지 두께 증가 속도를 구하는 것이다.
- [0056] 이러한 단계 (b)에 의해 얻게 되는 1개 이상의 이차전지 두께 증가 속도 관련해서는 도 7에 더 표시한 바와 같은 데이터로 추가될 수 있다. 도 7에는 도 3 내지 도 6에 따라 충방전을 실시한 다음 각 이차전지에 대하여 구한 각 이차전지 두께 증가 속도 그래프가 더 도시되어 있다.
- [0057] 계속하여, 측정된 이차전지 두께 증가 속도 중 가장 낮은 속도를 보인 때의 제1 전압을 제외한 제1 전압 중의 하나를 하한 전압이라고 결정한다[단계 (c)]. 도 7을 참조하면, 도 6에 따라 3.9V와 4.35V 사이에서 충방전을 9

회 반복하여 실시한 경우가 이차전지 두께 증가 속도가 가장 낮다(그래프의 기울기가 가장 작다). 그러므로 제1 전압 중에서 3.9V는 제외하고, 다른 제1 전압인 4V와 3.0V 중에서 하한 전압을 결정한다. 본 실시예에서 제1 전압이 3.0V인 경우에는 충방전을 4회 반복하는 데에 걸리는 시간이 750분이다. 이에 비해 제1 전압이 4V인 경우에는 충방전을 4회 반복하는 데에 걸리는 시간이 230분이고 9회 반복하는 데에 걸리는 시간은 440분이다. 그러므로 충방전 완료에 소요되는 시간이 짧은 쪽이 유리한 점을 감안하면 3.0V 와 4V 중 4V가 하한 전압으로 적당해 하한 전압으로 결정될 수 있다.

[0058] 다음으로, 상기 하한 전압과 상기 제2 전압 사이에서 충방전을 반복하도록 프로토콜을 설정한다[단계 (d)]. 같은 하한 전압을 사용하는 경우이지만 도 7 참조시 4V와 4.35V 사이에서 충방전을 4회 반복한 경우에 두께 변화량은 4V와 4.35V 사이에서 충방전을 9회 반복한 경우의 두께 변화량에 비하여 작다. 따라서, 두께 변화량이 보다 큰 조건을 만족하는 경우로는 충방전 회수가 9회인 경우가 적당하다. 두께 변화량이 크다는 것은, 그만큼 전극 활물질에 기공이 많이 형성되어 부피가 팽창되었음을 의미하기 때문이다. 그러므로 단계 (d)에서 설정되는 새로운 충방전 프로토콜은 4V와 4.35V 사이에서 충방전을 9회 반복하는 것이라고 결정이 된다. 이렇게 결정된 추가 충방전 프로토콜을 다음 추가 충방전 공정에서는 확립된 추가 충방전 프로토콜로서 사용하면 된다.

[0059] 한편 다른 실시예에 의하면, 단계 (a) 수행시, 도 2에서와 같은 충방전 프로토콜을 따를 경우를 특별히 레퍼런스로, 즉 기준점으로 삼을 수도 있다. 만방전 전압과 만충전 전압 사이에서 충방전을 반복하면서 시간에 따른 이차전지 두께 증가 속도를 측정한 결과를 레퍼런스로 삼는 것이다.

[0060] 그리고 나서 단계 (b) 수행시 상기 이차전지와 동일 모델인 다른 이차전지에 대하여 상기 만방전 전압보다 높은 제1 전압과 상기 만충전 전압 사이에서 충방전을 반복하면서 시간에 따른 이차전지 두께 증가 속도를 측정한다. 그리고 상기 제1 전압을 더 변화시킨 다음 단계 (b)를 더 반복한다.

[0061] 단계 (c) 수행시, 측정된 이차전지 두께 증가 속도 중 상기 레퍼런스보다 큰 속도를 보이는 제1 전압 중에서 하한 전압을 결정할 수가 있다. 이렇게 정한 하한 전압과 상기 만충전 전압 사이에서 충방전을 반복하도록 새로운 추가 충방전 프로토콜을 설정하여 단계 (d)를 종료할 수 있다.

[0062] 본 발명에 따라 얻은 새로운 추가 충방전 프로토콜에 따라 추가 충방전을 실시하면, 레퍼런스의 경우보다 이차전지 두께 증가 속도가 크다. 즉, 만방전 전압과 만충전 전압 사이에서 충방전을 반복하면서 추가 충방전하는 경우에 비해 보다 빠른 시간 내에 전극 활물질에 기공을 형성할 수 있게 된다. 이는 생산성 증가로 귀결된다.

[0063] 즉, 본 발명에 따르면 레퍼런스에 비해 충방전 전압 범위를 줄여 공정 진행시간을 단축하는 효과가 있다. 본 발명은 특정 전압 범위를 적용하도록 한 활성화 프로토콜 생성 방법이다. 본 발명은 종래와 동일한 혹은 보다 단축된 시간 내에 충분한 기공을 확보할 수 있도록 하는 추가 충방전 프로토콜 생성 방법을 제안하는 것이다.

[0064] 본 발명에서는 이러한 추가 충방전 활성화 프로토콜 생성 방법을 이용한 활성화 방법도 제안한다. 본 발명에 따른 활성화 방법은, 조립된 이차전지들에 대하여 지그 포메이션 단계; 에이징 단계; 및 추가 충방전 단계를 포함하는 활성화 방법이고, 본 발명에 따른 추가 충방전 활성화 프로토콜 생성 방법으로 얻은 충방전 프로토콜을 이용하여 상기 추가 충방전 단계를 실시한다.

[0065] 본 발명에서는 이러한 활성화 방법을 수행할 수 있는 활성화 장치도 제공한다. 도 8은 본 발명의 다른 실시예에 따른 활성화 장치의 개략도이다.

[0066] 도 8을 참조하면, 활성화 장치(100)는 충방전 장치(110) 및 제어 장치(120)를 포함한다.

[0067] 충방전 장치(110)는 조립된 이차전지들에 대하여 충방전을 수행할 수 있는 장치이다. 충방전 장치(110)는 셀을 활성화 충방전을 하기 위한 장치이며, 기존에 이용하고 있는 충방전기이어도 된다. 충방전 장치(110)에는 충방전 지그, 충전 회로와 방전 회로 등이 구비될 수 있다.

[0068] 제어 장치(120)는 충방전 장치(110)에 충방전 프로토콜에 따른 작동 제어를 한다. 제어 장치(120)는 충방전 장치(110)와 전기적으로 접속되어 있다. 제어 장치(120)는 충방전 장치(110)에 대해서 충전 혹은 방전의 제어를 수행함과 동시에, 충전 혹은 방전 모드의 전환 제어를 한다.

[0069] 예를 들어, 충방전 장치(110)의 충전 회로는 충전 모드에서 셀을 충전하기 위한 전력을 공급하고, 충전 회로는 제어 장치(120)의 가동 신호에 의해 동작을 시작하고 정지한다. CC 충전 혹은 CV 충전 혹은 CC-CV 충전을 할 수 있도록, 충전 회로는 정전류 회로와 정전압 회로 등을 포함해 구성되어 있다.

[0070] 충방전 장치(110)의 방전 회로는 방전 모드에서 셀을 방전시키도록 기능한다. 방전 회로도 제어 장치(120)의 가

동 신호에 의해 동작을 시작하고 정지한다.

- [0071] 제어 장치(120)는 프로세싱부(132), 메모리부(134), 표시부(136) 및 제어부(138) 등을 포함할 수 있다.
- [0072] 프로세싱부(132)는 어느 하나의 이차전지에 대하여 제1 전압과 그보다 높은 제2 전압 사이에서 충방전을 반복하면서 시간에 따른 이차전지 두께 증가 속도를 측정하는 (a) 단계를 실시하는 프로그램 모듈; 상기 제2 전압은 고정하고 상기 제1 전압을 변화시킨 다음, 상기 이차전지와 동일 모델인 다른 이차전지에 대하여 상기 (a) 단계를 수행하는 단계를 1회 이상 실시하는 프로그램 모듈; 측정된 이차전지 두께 증가 속도 중 가장 낮은 속도를 보인 때의 제1 전압을 제외한 제1 전압 중의 하나를 하한 전압이라고 결정하는 프로그램 모듈; 및 상기 하한 전압과 상기 제2 전압 사이에서 충방전을 반복하도록 프로토콜을 설정하는 프로그램 모듈을 포함하고 있다. 이러한 프로그램 모듈들은 앞서 설명한 추가 충방전 프로토콜 생성 방법을 구현할 수 있는 프로그램 모듈들이다.
- [0073] 메모리부(134)는 제어 프로그램이나 계산 및 판단에 관한 데이터 등을 저장하는 기록 매체이다. 예를 들면 셀을 충방전하면서 시간대별로 측정하는 셀 전압을 기록한다. 충방전 시작 전과 종료 후에 전극 두께를 측정해 그 차이인 전극 두께 변화량을 저장할 수 있다. 그리고 충방전에 걸린 총 시간을 기록할 수 있다. 표시부(136)는 예를 들면 도 7과 같은 그래프나 결정된 하한 전압 등의 결과를 표시할 수 있다. 표시부(136)는 예컨대 컴퓨터 모니터와 같은 디스플레이 장치일 수 있다.
- [0074] 제어부(138)는 메모리부(134)에 저장된 제어 프로그램에 기반하여 활성화 장치(100)의 전체 처리를 제어한다.
- [0075] 구체적으로는 제어부(138)는 앞서서도 설명한 바와 같이 충방전 장치(110)를 가동시켜 셀에 대해 충전-유지-방전을 시킨다. 그리고, 제어부(138)는 시간대별로 셀 전압을 측정해 그 결과를 메모리부(134)에 저장한다. 또한 제어부(138)는 저장한 결과를 가지고 충방전 프로파일을 표시부(136)에 표시시킬 수 있다. 또한 제어부(138)는 프로세싱부(132)를 가동시켜 본 발명에 따른 추가 충방전 프로토콜 생성 방법을 구현할 수 있다. 그리고 그 판단 결과인 하한 전압, 이를 포함하는 충방전 프로토콜을 메모리부(134)에 저장하고 표시부(136)에 표시시킬 수 있다.
- [0076] 활성화 장치(100)는 상기 이차전지 두께 측정을 하는 두께 측정 수단(140)을 더 포함할 수 있다. 제어 장치(120)는 두께 측정 수단(140)의 구동 및 측정 시기를 제어하며, 두께 측정 수단(140)에서 측정한 두께는 메모리부(134)에 저장될 수 있다. 프로세싱부(132)의 프로그램 모듈이 이 두께와 충방전에 걸린 총 시간을 메모리부(134)로부터 읽어들이어 상기 이차전지 두께 증가 속도를 계산할 수 있다.
- [0077] 한편, 활성화 장치(100)는 추가 충방전 프로토콜 생성에만 이용되는 것이 아니고, 이차전지들에 대하여 SEI 형성을 위한 지그 포메이션 충방전을 실시하도록 한 다음, 전해액이 충분히 함침되도록 하는 에이징 시간을 갖도록 한 후에, 전극 활물질에 기공 형성을 위한 추가 충방전 단계를 상기 프로토콜에 따라 실시하도록 충방전 장치(110)를 제어한다.
- [0078] 예를 들어 SEI 형성을 위한 지그 포메이션 단계에서는, 작업자가 이차전지를 활성화 장치(100)의 충방전 장치(110)에 탑재하면, 충방전 장치(110)가 이차전지에 대해 예컨대 CC-CV 충전을 수행하도록 제어 장치(120)가 충방전 장치(110)를 제어한다. 지그 포메이션 단계도 미리 설정된 프로토콜이 있어 그에 따른 제어를 행하게 된다. 예를 들어 생성 초기에 적은 수의 SEI 핵을 만든 후 이것을 성장시켜 균일한 SEI막을 만들기 위하여, 0.1 C-rate로 3 시간 정도 인가하여 SOC 65%에 도달할 때까지 충전하는 프로토콜을 가질 수 있다. 다른 예로 초기에 상대적으로 높은 C-rate 전류를 인가하여 SEI막의 핵을 생성하는 단계 및 그 이후 상대적으로 낮은 C-rate 전류를 유지하여 상기 핵을 성장시키는 단계를 수행하게 하는 프로토콜을 가질 수도 있다. 지그 포메이션 단계는 얼마든지 달라질 수 있다.
- [0079] 이후 에이징 단계를 위하여 제어 장치(120)는 충방전 장치(110)의 구동을 중지한다. 작업자는 이차전지를 취출하여 숙성실에서 에이징 시간을 갖게 한다. 에이징이 완료된 이차전지를 작업자가 다시 활성화 장치(100)의 충방전 장치(110)에 탑재하면, 충방전 장치(110)가 추가 충방전 프로토콜에 따라 충방전 장치(110)를 구동하여 이차전지에 대한 추가 충방전 단계가 수행된다.
- [0080] 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 기술사상과 아래에 기재될 청구범위의 균등범위 내에서 다양한 수정 및 변형이 가능함은 물론이다.

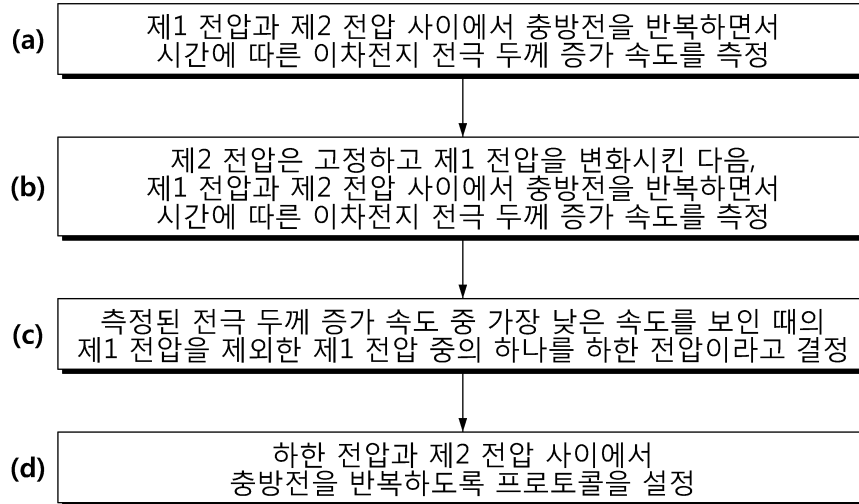
부호의 설명

[0081]

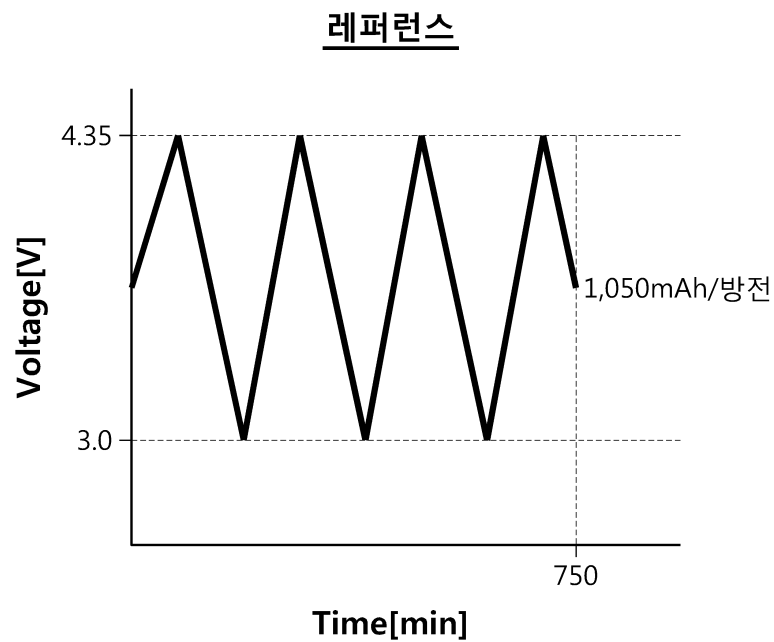
100: 활성화 장치 110: 충방전 장치
 120: 제어 장치 132: 프로세싱부
 134: 메모리부 136: 표시부
 138: 제어부 140: 두께 측정 수단

도면

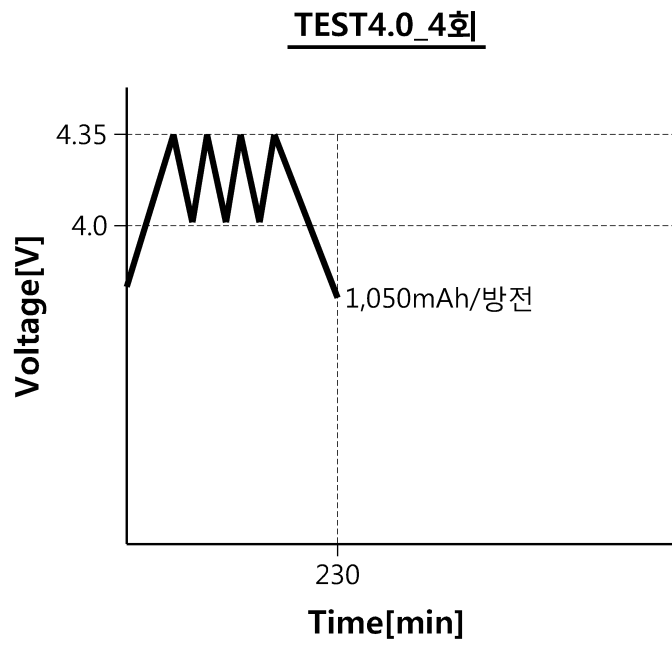
도면1



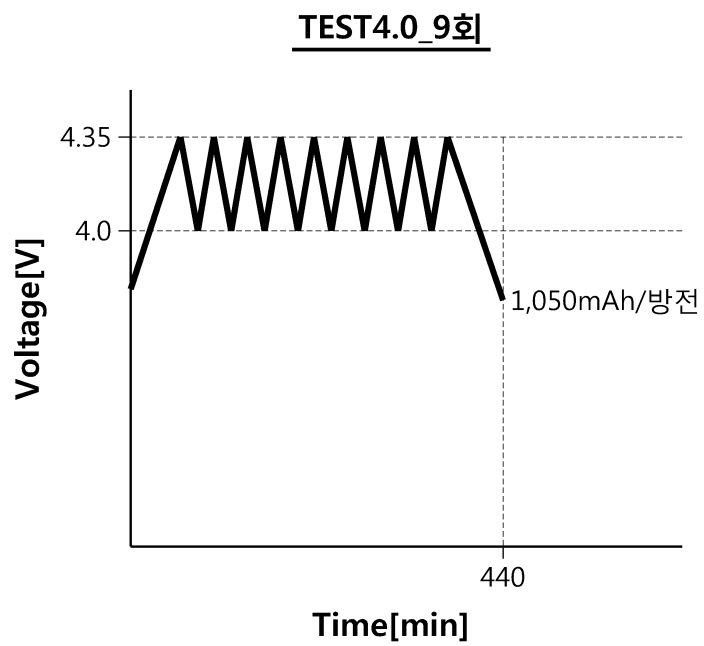
도면2



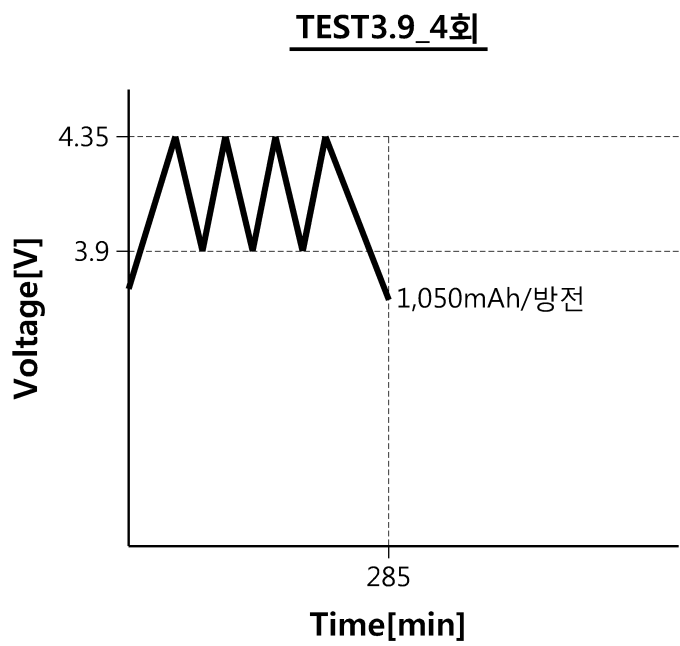
도면3



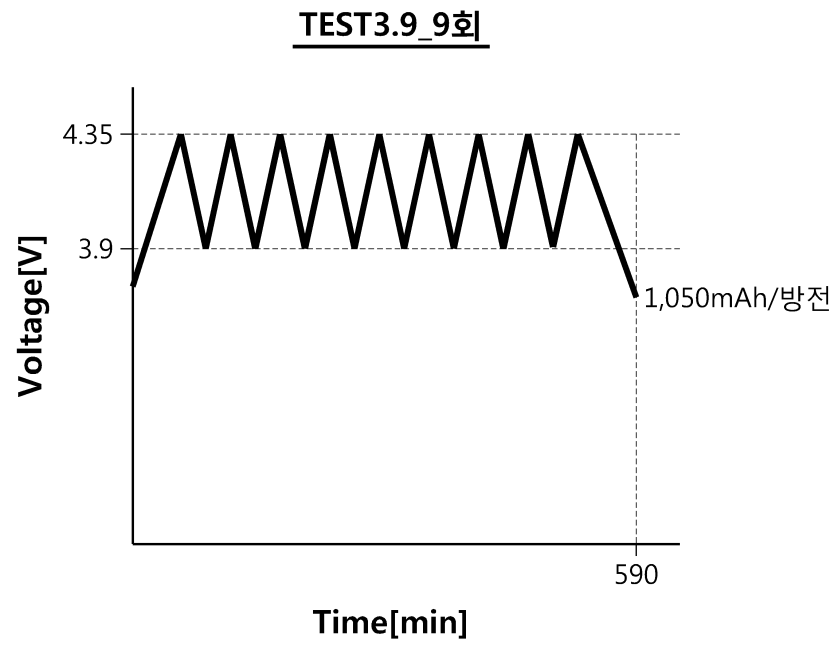
도면4



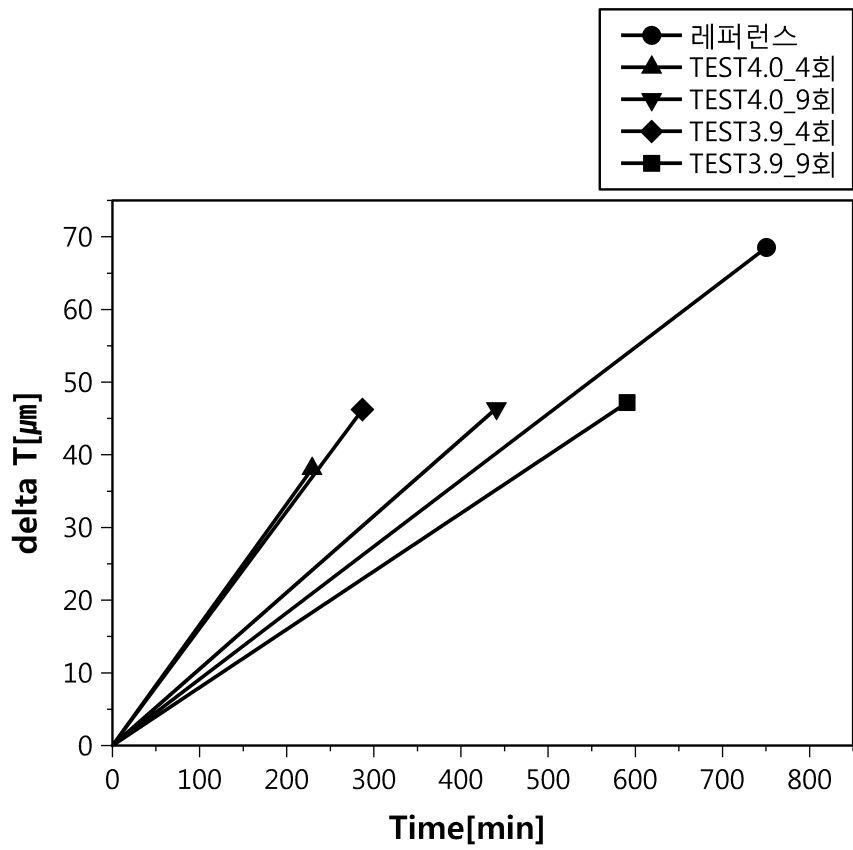
도면5



도면6



도면7



도면8

100

