



- (51) 국제특허분류:
G01R 31/36 (2006.01) H01M 10/48 (2006.01)
- (21) 국제출원번호: PCT/KR2013/002143
- (22) 국제출원일: 2013년 3월 15일 (15.03.2013)
- (25) 출원언어: 한국어
- (26) 공개언어: 한국어
- (30) 우선권정보:
10-2012-0063332 2012년 6월 13일 (13.06.2012) KR
10-2013-0028286 2013년 3월 15일 (15.03.2013) KR
- (71) 출원인: 주식회사 엘지화학 (LG CHEM, LTD.)
[KR/KR]; 150-721 서울시 영등포구 여의대로 128, Seoul (KR).
- (72) 발명자: 조원태 (JOE, Won-Tae); 305-748 대전시 유성구 엑스포로 123 번길 65-38, 203 동 903 호, Daejeon (KR). 차선영 (CHA, Sun-Young); 152-814 서울시 구로구 개봉로 17 나길 39, Seoul (KR). 정근창 (CHUNG, Geun-Chang); 305-772 대전시 유성구 지족로 343, 210 동 1202 호, Daejeon (KR).
- (74) 대리인: 특허법인 필앤온지 (PHIL & ONZI INT'L PATENT & LAW FIRM); 137-872 서울시 서초구 반포대로 63, 8 층, Seoul (KR).

(81) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 국내 권리의 보호를 위하여): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BN, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PA, PE, PG, PH, PL, PT, QA, RO, RS, RU, RW, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

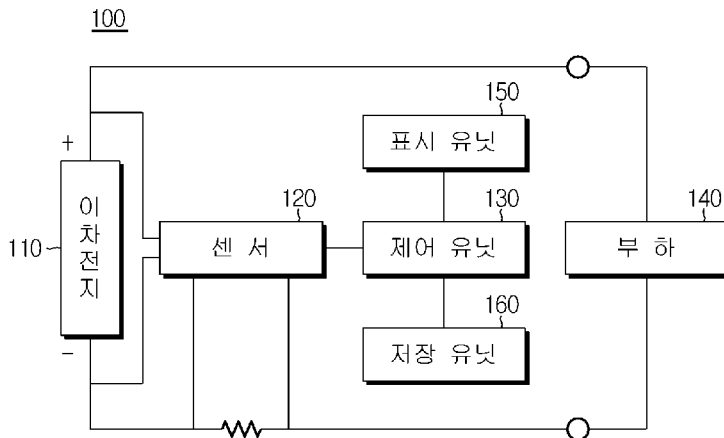
(84) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 역내 권리의 보호를 위하여): ARIPO (BW, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 유라시아 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 유럽 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

공개:

— 국제조사보고서와 함께 (조약 제 21 조(3))

(54) Title: APPARATUS AND METHOD FOR ESTIMATING STATE OF CHARGE OF SECONDARY CELL INCLUDING MIXED CATHODE MATERIAL

(54) 발명의 명칭: 혼합 양극재를 포함하는 이차 전지의 충전 상태 추정 장치 및 방법



110 ... Secondary cell
120 ... Sensor
130 ... Control unit
140 ... Load
150 ... Display unit
160 ... Storage unit

(57) Abstract: The present invention relates to an apparatus and method for estimating the state of charge of a secondary cell including a mixed cathode material. As an apparatus for estimating the state of charge of a secondary cell including a cathode having a mixed cathode material comprising first and second cathode materials having different operating voltage ranges, an anode including an anode material, and a separation film separating the cathode from the anode, the apparatus for estimating the state of charge includes: a sensor measuring the starting discharge voltage and the ending discharge voltage when the secondary cell is discharged for a predetermined amount of time; and a control unit estimating the state of charge of the secondary cell, which corresponds to the measured starting and ending discharge voltages, using a predefined correlation between the state of charge and the starting and ending discharge voltages.

(57) 요약서: 본 출원은, 혼합 양극재를 포함하는 이차 전지의 충전 상태 추정 장치와 방법을 개시한다. 상기 충전 상태 추정 장치는, 서로 다른 동작 전압 범위를 갖는 제 1 양극재 및 제 2 양극재를 포함하는 혼합 양극재가 포함되어 있는 양극, 음극재를 포함하는 음극 및 상기 양극과 음극을 분리시키는 분리막을 포함하는 이차 전지의 충전 상태를 추정하는

장치로서, 상기 이차 전지가 소정 시간 동안 방전될 때 방전 시작 전압과 방전 종료 전압을 측정하는 센서; 및 상기 방전 시작 전압 및 상기 방전 종료 전압과 충전 상태 사이의 미리 정의된 상관 관계를 이용하여 상기 측정된 방전 시작 전압 및 상기 방전 종료 전압에 대응되는 이차 전지의 충전 상태를 추정하는 제어 유닛을 포함한다.

명세서

발명의 명칭: 혼합 양극재를 포함하는 이차 전지의 충전 상태 추정 장치 및 방법

기술분야

- [1] 본 출원은 이차 전지의 충전 상태를 추정할 수 있는 방법 및 장치에 관한 것이다.
- [2] 본 출원은 2012년 6월 13일자로 출원된 한국 특허출원 번호 10-2012-0063332호 및 2013년 3월 15일자로 출원된 한국 특허출원 번호 제10-2013-0028286호에 대한 우선권주장출원으로서, 해당 출원의 명세서 및 도면에 개시된 모든 내용은 인용에 의해 본 출원에 원용된다.

배경기술

- [3] 전지는 전기화학적인 산화 및 환원 반응을 통해 전기 에너지를 생성하는 것으로, 광범위하게 다양한 용도로 이용된다. 예를 들어, 전지는 휴대 전화, 랩탑 컴퓨터, 디지털 카메라, 비디오 카메라, 태블릿 컴퓨터, 전동 공구 등과 같이 사람의 손에 휴대할 수 있는 장치; 전기 자전거, 전기 오토바이, 전기 자동차, 하이브리드 자동차, 전기 배, 전기 비행기 등과 같은 각종 전기구동 동력 장치; 신재생 에너지를 통해 발전된 전력이나 잉여 발전 전력을 저장하는데 사용되는 전력 저장 장치; 서버 컴퓨터와 통신용 기지국을 비롯한 각종 정보 통신 장치에 전력을 안정적으로 공급하기 위한 무정전 전원 공급 장치 등에 이르기까지 사용 영역이 점차 확대되고 있다.
- [4] 전지는, 3가지의 기본 구성요소를 포함하는데, 이는, 방전되는 동안 전자를 방출하면서 산화되는 물질을 포함하는 음극(anode), 방전되는 동안 전자를 수용하면서 환원되는 물질을 포함하는 양극(cathode), 그리고 음극과 양극 사이에서 이온 이동이 가능하게 하는 전해질이 바로 그것이다.
- [5] 전지는 방전된 후에는 재사용이 불가능한 일차 전지와, 전기화학 반응이 적어도 부분적으로는 가역적이어서 반복적인 충전과 방전이 가능한 이차 전지로 분류될 수 있다.
- [6] 이차 전지로는, 납-산 전지, 니켈-카드뮴 전지, 니켈-아연 전지, 니켈-철 전지, 은 산화물 전지, 니켈 금속 수화물(hydride) 전지, 아연-망간 산화물 전지, 아연-브로마이드 전지, 금속-공기 전지, 리튬 이차 전지 등이 공지되어 있다. 이들 중에서, 리튬 이차 전지는 다른 이차 전지에 비해 에너지 밀도가 높고 전지 전압이 높으며 보존 수명이 길다는 이유로 상업적으로 가장 큰 관심을 끌고 있다.
- [7] 리튬 이차 전지에 있어서는, 양극재로 사용되는 물질이 이차 전지의 성능에 중요한 영향을 미친다. 따라서 고온에서 안정성이 있고, 높은 에너지 용량을 제공할 수 있고, 수명이 길고, 제조비용이 낮은 양극재를 제공하기 위한 다양한

시도가 이루어지고 있다.

발명의 상세한 설명

기술적 과제

- [8] 본 출원은 2개 이상의 양극재를 브랜딩하여 각각의 양극재가 가지는 단점을 보완할 수 있는 혼합 양극재를 제공하고 상기 혼합 양극재가 포함된 이차 전지의 충전 상태를 추정할 수 있는 장치 및 방법을 제공한다.

과제 해결 수단

- [9] 본 출원에 따른 이차 전지의 충전 상태 추정 장치는, 전압의 변화에 따라 작동 이온과의 반응 농도가 서로 다른, 다시 말해, 동작 전압 범위가 서로 다른 제1양극재 및 제2양극재를 포함하는 혼합 양극재가 포함되어 있는 양극, 음극재를 포함하는 음극 및 상기 양극과 음극을 분리시키는 분리막을 포함하는 이차 전지의 충전 상태를 추정하는 장치로서, 상기 이차 전지가 소정 시간 동안 방전될 때 방전 시작 전압과 방전 종료 전압을 측정하는 센서; 및 상기 방전 시작 전압 및 상기 방전 종료 전압과 충전 상태 사이의 미리 정의된 상관 관계를 이용하여 상기 측정된 방전 시작 전압 및 상기 방전 종료 전압에 대응되는 이차 전지의 충전 상태를 추정하는 제어 유닛을 포함할 수 있다.
- [10] 일 측면에 따르면, 상기 방전 시작 전압은 이차 전지가 무 부하 상태에서 키 온 상태로 전환된 직후에 측정된 전압이고, 상기 방전 종료 전압은 이차 전지가 상기 키 온 상태에서 소정 시간 동안 방전될 때 방전이 종료된 시점에 측정된 전압일 수 있다. 이하, 전자의 측정 전압을 키온 전압이라 하고, 후자의 측정 전압을 키온 방전 전압이라 명명한다. 또한, 키 온 상태에서 이차 전지가 방전되는 것을 키온 방전이라고 명명한다. 상기 키 온 시점은, 무 부하 상태에 있는 이차 전지의 전압이 평형 상태 전압에 도달하기 전일 수 있다.
- [11] 상기 이차 전지가 무 부하 상태에 있을 때, 상기 이차 전지의 충전 상태는 상기 제1양극재와 상기 제2양극재 사이에서 작동 이온의 전달을 통해 전압 이완 현상이 생길 수 있는 범위에 속할 수 있다. 이러한 경우, 상기 이차 전지가 무 부하 상태에 있는 동안 이차 전지의 전압은 충전 상태에 따라 결정되는 전압 이완 프로파일을 추종하면서 평형 상태 전압이 될 때까지 점차적으로 변화한다.
- [12] 상기 전압 이완 프로파일은 변곡점을 포함하고 변곡점을 중심으로 굴곡(Curvature)이 변화되는 모양을 갖는다. 상기 평형 상태 전압은 이차 전지가 전기화학적으로 안정화되어 전압 변화가 거의 없을 때의 전압으로서 실질적으로 개방 전압에 대응될 수 있다. 상기 이차 전지의 전압이 평형 상태 전압에 도달될 때까지 걸리는 시간은 이차 전지의 충전 상태, 이차 전지의 온도 등에 따라서 수십 초에서 수시간까지 변화될 수 있다.
- [13] 상기 키온 방전은 이차 전지가 탑재된 장치가 키온(Key on) 상태가 되었을 때 이차 전지와 부하가 전기적으로 연결되는 과정에서 유발되는 방전을 의미한다.
- [14] 일 측면에 따르면, 상기 이차 전지와 부하 사이에는, 프리 차지(Pre-charge)

콘덴서가 개재될 수 있다. 상기 프리 차지 콘덴서는 이차 전지와 부하 사이에 병렬로 연결되는 콘덴서로서, 이차 전지가 부하에 연결되었을 때 돌입 전류(rush current)가 부하로 인가되는 것을 방지한다.

- [15] 상기 키온 방전이 진행되면, 상기 프리 차지 콘덴서가 충전되고, 상기 프리 차지 콘덴서의 충전이 끝나면, 이차 전지로부터 부하 측으로 방전 전류가 흐른다.
- [16] 본 발명이 속한 기술 분야에서는, 상기 키온 방전을 프리 차징(pre-charging)이라고 부른다.
- [17] 상기 키온 방전이 발생되면 약한 방전 전류(예: 1c 미만)가 이차 전지로부터 부하 측으로 흐른다. 그리고, 상기 키온 방전은 짧은 시간, 예컨대 수초 내지 수십 초 동안 유지된다. 상기 키온 방전이 유발되면, 상기 이차 전지의 전압은 키온 전압으로부터 짧은 시간 동안 저하되었다가 다시 전압 이완 프로파일로 회귀한 후 전압 이완 프로파일을 따라 변화한다.
- [18] 상기 키온 방전 전압은, 상기 키온 방전이 이루어지는 동안 이차 전지의 전압이 떨어졌다가 전압 이완 프로파일로 회귀할 때까지 나타나는 전압 변화 패턴 중에서 미리 정의된 시점에서 측정된 전압이다.
- [19] 일 예시로서, 상기 키온 방전 전압은, 상기 키온 방전이 개시된 후 미리 정한 시간(예: 10초)이 경과된 이후에 측정된 전압일 수 있다. 다른 예로, 상기 키온 방전 전압은, 키온 방전이 완료된 후 미리 정한 시간(예: 5초)이 경과된 이후에 측정된 전압일 수 있다. 또 다른 예로, 상기 키온 방전 전압은, 키온 방전에 의해 생긴 이차 전지의 전압 변화가 끝났을 때(즉, 이차 전지의 전압이 전압 이완 프로파일로 회귀하였을 때) 측정된 전압일 수 있다. 또 다른 예로, 상기 키온 방전 전압은, 키온 방전에 의해 생긴 이차 전지의 전압 변화 패턴에서 극소점이 형성될 때 측정된 전압일 수 있다. 또 다른 예로, 상기 키온 방전 전압은, 키온 방전에 의해 생긴 이차 전지의 전압 변화 패턴에서 단위 시간 당 전압 변화가 가장 클 때 측정된 전압일 수 있다.
- [20] 상기 작동 이온은 이차 전지가 충전 또는 방전되는 과정에서 상기 제1 및 제2양극재와 전기 화학적 반응을 하는 이온을 지칭한다. 상기 작동 이온은 이차 전지의 종류에 따라 달라질 수 있다. 일 예로, 리튬 이차 전지의 경우 작동 이온은 리튬 이온일 수 있다.
- [21] 상기 반응은 이차 전지의 충전 또는 방전 과정에서 수반되는 상기 제1 및 제2양극재의 산화 및 환원 반응을 포함하는 전기화학적 반응을 일컫는 것으로서, 이차 전지의 작동 메커니즘에 따라 달라질 수 있다. 일 예시로서, 상기 전기 화학적 반응은 작동 이온이 상기 제1양극재 및/또는 상기 제2양극재에 삽입되거나 그 반대로 탈리되는 것을 의미할 수 있다. 이러한 경우, 상기 제1 및/또는 제2양극재에 삽입되거나 그 반대로 탈리되는 작동 이온의 농도는 이차 전지의 전압이 변함에 따라 달라질 수 있고, 그 결과로서 상기 제1 및 제2양극재는 서로 다른 동작 전압 범위를 가질 수 있다. 일 예로, 어느 전압 대역에서는 상기 제2양극재보다 상기 제1양극재에 작동 이온이 우선적으로

- 삽입되고 다른 전압 대역에서는 그 반대가 될 수 있다. 또한, 어느 전압 대역에서는 상기 제1양극재보다 상기 제2양극재로부터 작동 이온이 우선적으로 탈리되고 다른 전압 대역에서는 그 반대가 될 수 있다.
- [22] 일 측면에 따르면, 전압의 변화에 따라 상기 제1 및 제2양극재와 반응하는 작동 이온의 농도가 서로 다르다는 조건을 충족하기 위해, 상기 제1 및 제2양극재는 다음과 같은 조건들 중 적어도 하나 이상을 충족할 수 있다.
- [23] 일 예로, 상기 제1 및 제2양극재는 dQ/dV 분포를 측정하였을 때 각 양극재의 dQ/dV 분포에서 나타나는 메인 피크의 위치 및/또는 상기 메인 피크의 강도가 차이를 보일 수 있다.
- [24] 여기서, dQ/dV 분포는 양극재에 대한 작동 이온의 전압 별 용량 특성을 의미한다. 상기 메인 피크에 대한 위치 및/또는 강도 차이는 상기 제1 및 제2양극재의 종류에 따라 달라질 수 있다.
- [25] 다른 예로, 상기 제1 및 제2양극재가 포함된 이차 전지에 대해 충전 상태 별로 방전 저항을 측정해 보았을 때 방전 저항 프로파일이 Convex 패턴(소위 볼록한 모양)을 가질 수 있다.
- [26] 여기서, 충전 상태란, 이차 전지에 저장되어 있는 전기 에너지의량을 의미하는 것으로서, 당업계에서 SOC(State Of Charge)라는 파라미터로 알려져 있다. 상기 충전 상태는 SOC와 z라는 파라미터에 의해 그 값을 정량적으로 표시할 수 있는데, 충전 상태를 백분율로서 표시할 때에는 SOC 파라미터를 사용하고, 충전 상태를 1 이하의 값으로 표시할 때에는 z 파라미터를 사용한다. 상기 충전 상태는 비제한적인 예시로서 암페어 카운팅 방법 등으로 측정할 수 있다.
- [27] 또 다른 예로, 상기 제1 및 제2양극재가 포함된 이차 전지에 대해 충전 상태 별로 방전 저항을 측정해 보았을 때 방전 저항 프로파일이 상기 Convex 패턴의 정점을 전후로 하여 적어도 2개의 변곡점을 가질 수 있다.
- [28] 또 다른 예로, 상기 제1 및 제2양극재가 포함된 이차 전지의 개방 전압 프로파일에서 적어도 1번의 전압 평탄 영역(plateau)이 나타날 수 있다. 여기서, 상기 전압 평탄 영역은 변곡점이 존재하면서 변곡점을 전후로 하여 프로파일의 굴곡(Curvature)이 변경되는 영역을 의미한다.
- [29] 또 다른 예로, 상기 제1 및 제2양극재 중 적어도 하나의 물질은 전압 평탄 영역을 포함하는 전압 프로파일을 가질 수 있다.
- [30] 일 측면에 따르면, 상기 제1양극재는, 일반 화학식 $A[A_xM_y]O_{2+z}$ (A는 Li, Na 및 K 중 적어도 하나 이상의 원소를 포함; M은 Ni, Co, Mn, Ca, Mg, Al, Ti, Si, Fe, Mo, V, Zr, Zn, Cu, Al, Mo, Sc, Zr, Ru, 및 Cr에서 선택된 적어도 하나 이상의 원소를 포함; $x \geq 0$, $1 \leq x+y \leq 2$, $-0.1 \leq z \leq 2$; x, y, z 및 M에 포함된 성분의 화학량론적 계수는 화합물이 전기적 중성을 유지하도록 선택됨)로 표시되는 알칼리 금속 화합물일 수 있다.
- [31] 선택적으로, 상기 제1양극재는, US6,677,082, US6,680,143 등에 개시된 알칼리 금속 화합물 $xLiM^1O_2-(1-x)Li_2M^2O_3$ (M¹은 평균 산화 상태 3을 갖는 적어도 하나

이상의 원소를 포함; M^2 는 평균 산화 상태 4를 갖는 적어도 하나 이상의 원소를 포함; $0 \leq x \leq 1$)일 수 있다.

- [32] 다른 측면에 따르면, 상기 제2양극재는, 일반 화학식 $Li_aM^1_xFe_{1-x}M^2_yP_{1-y}M^3_zO_{4-z}$ (M^1 은 Ti, Si, Mn, Co, Fe, V, Cr, Mo, Ni, Nd, Al, Mg 및 Al에서 선택된 적어도 하나 이상의 원소를 포함; M^2 는 Ti, Si, Mn, Co, Fe, V, Cr, Mo, Ni, Nd, Al, Mg, Al, As, Sb, Si, Ge, V 및 S에서 선택된 적어도 하나 이상의 원소를 포함; M^3 는 F를 선택적으로 포함하는 할로젠족 원소를 포함; $0 < a \leq 2$, $0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y < 1$, $0 \leq z < 1$; a, x, y, z, M^1 , M^2 , 및 M^3 에 포함된 성분의 화학량론적 계수는 화합물이 전기적 중성을 유지하도록 선택됨), 또는 $Li_3M_2(PO_4)_3$ (M 은 Ti, Si, Mn, Fe, Co, V, Cr, Mo, Ni, Al, Mg 및 Al에서 선택된 적어도 하나의 원소를 포함) 로 표시되는 리튬 금속 포스페이트일 수 있다.
- [33] 또 다른 측면에 따르면, 상기 제1양극재는 $Li[Li_aNi_bCo_cMn_dO_{2+z}]$ ($a \geq 0$; $a+b+c+d=1$; b, c 및 d 중 적어도 하나 이상은 0이 아님; $-0.1 \leq z \leq 2$)일 수 있다. 또한, 상기 제2양극재는, $LiFePO_4$, $LiMn_xFe_yPO_4$ ($0 < x+y \leq 1$), 및 $Li_3Fe_2(PO_4)_3$ 로 이루어진 군에서 선택된 하나 이상일 수 있다.
- [34] 또 다른 측면에 따르면, 상기 제1양극재 및/또는 상기 제2양극재는, 코팅층을 포함할 수 있다. 상기 코팅층은 탄소층을 포함하거나, Ti, Si, Mn, Co, Fe, V, Cr, Mo, Ni, Nd, Al, Mg, Al, As, Sb, Si, Ge, V 및 S로 이루어진 군에서 선택된 적어도 하나 이상의 원소를 포함하는 산화물층 또는 불화물층을 포함할 수 있다.
- [35] 본 출원에 있어서, 상기 제1 및 제2양극재의 혼합 비율은 제조하고자 하는 이차 전지의 용도를 고려한 전기 화학적 설계 조건을 고려하여 적절하게 조절할 수 있다.
- [36] 또한, 상기 혼합 양극재에 포함될 수 있는 양극재들의 수는 2 가지로 한정되지 않는다. 일 실시예로서, 상기 혼합 양극재는 3가지의 서로 다른 양극재들을 포함할 수 있으며, 그 예로는 $LiMn_2O_4$, $Li[Li_aNi_xCo_yMn_zO_2]$ ($a \geq 0$; $a+x+y+z=1$; x, y 및 z 중 적어도 하나 이상은 0이 아님] 및 $LiFePO_4$ 가 포함된 혼합 양극재를 들 수 있다. 또 다른 실시예로서, 상기 혼합 양극재는 4가지의 서로 다른 양극재들을 포함할 수 있으며, 그 예로는 $LiNiO_2$, $LiMn_2O_4$, $Li[Li_aNi_xCo_yMn_zO_2]$ ($a \geq 0$; $a+x+y+z=1$; x, y 및 z 중 적어도 하나 이상은 0이 아님] 및 $LiFePO_4$ 가 포함된 혼합 양극재를 들 수 있다. 또한, 혼합 양극재의 물성 개선을 위해 다른 첨가물들, 예컨대 도전제, 바인더 등이 혼합 양극재에 첨가되는 것을 특별히 제한하지 않는다.
- [37] 본 출원의 일 측면에 따르면, 상기 미리 정의된 상관 관계는, 상기 키온 전압 및 상기 키온 방전 전압과 상기 충전 상태 사이의 대응 관계를 정의한 룩업 테이블일 수 있다.
- [38] 본 출원의 다른 측면에 따르면, 상기 미리 정의된 상관 관계는, 상기 키온 전압 및 상기 키온 방전 전압을 입력 변수로 하고, 상기 충전 상태를 출력 변수로 하는 룩업 함수일 수 있다.

- [39] 본 출원에 있어서, 상기 상관 관계는 상기 키온 방전과 동일한 방전 조건을 적용하여 미리 정의될 수 있다. 일 측면에 따르면, 상기 키온 방전은 정전류 방전일 수 있다. 또한, 상기 키온 방전은 이차 전지가 키 온 상태가 되었을 때, 자동적으로 이루어질 수 있다.
- [40] 본 출원에 따른 충전 상태 추정 장치는, 상기 룩업 테이블 및/또는 상기 상기 룩업 함수가 저장된 저장 유닛을 더 포함할 수 있다.
- [41] 본 출원에 따른 충전 상태 추정 장치는, 상기 이차 전지와 선택적으로 연결될 수 있는 방전 유닛을 더 포함하고, 상기 제어 유닛은, 상기 키온 방전을 위해, 상기 방전 유닛과 상기 이차 전지를 수 초 내지 수십 초 동안 연결할 수 있다.
- [42] 본 출원에 따른 충전 상태 추정 장치는, 상기 추정된 충전 상태를 그래픽 인터페이스로 표시하는 표시 유닛을 더 포함할 수 있고, 상기 제어 유닛은, 추정된 충전 상태를 상기 표시 유닛으로 출력할 수 있다.
- [43] 본 출원에 따른 충전 상태 추정 장치는, 상기 추정된 충전 상태가 저장되는 저장 유닛을 더 포함하고, 상기 제어 유닛은 상기 추정된 충전 상태를 상기 저장 유닛에 저장할 수 있다.
- [44] 본 출원에 있어서, 상기 제어 유닛은, 상기 추정된 충전 상태를 외부로 출력할 수 있다.
- [45] 본 출원의 다른 측면에 따른 이차 전지의 충전 상태 추정 방법은, 전압의 변화에 따라 작동 이온과의 반응 농도가 서로 다른, 다시 말해, 동작 전압 범위가 서로 다른 제1양극재 및 제2양극재를 포함하는 혼합 양극재가 포함되어 있는 양극, 음극재를 포함하는 음극 및 상기 양극과 음극을 분리시키는 분리막을 포함하는 이차 전지의 충전 상태를 추정하는 방법으로서, 상기 이차 전지가 소정 시간 동안 방전될 때 방전 시작 전압과 방전 종료 전압을 측정하는 단계; 및 상기 방전 시작 전압 및 상기 방전 종료 전압과 충전 상태 사이의 미리 정의된 상관 관계를 이용하여 상기 측정된 방전 시작 전압 및 상기 방전 종료 전압에 대응되는 이차 전지의 충전 상태를 추정하는 단계;를 포함할 수 있다.
- [46] 바람직하게, 상기 방전 시작 전압은 이차 전지가 무 부하 상태에서 키 온 상태로 전환된 직후에 측정한 키온 전압이고, 상기 방전 종료 전압은 이차 전지가 상기 키 온 상태에서 소정 시간 동안 방전될 때 방전이 종료된 시점에 측정한 키온 방전 전압일 수 있다.
- [47] 본 출원에 따른 충전 상태 추정 방법은, 상기 추정된 충전 상태를 그래픽 인터페이스로 표시하는 단계, 및/또는 상기 추정된 충전 상태를 저장하는 단계, 및/또는 상기 추정된 충전 상태를 외부로 출력하는 단계를 포함할 수 있다.
- [48] 본 출원에 따른 이차 전지의 충전 상태 추정 장치 및 방법은, 전기 에너지로 동작이 가능한 다양한 종류의 전기구동 장치에 탑재된 이차 전지의 충전 상태를 추정하는데 적용이 가능하다.
- [49] 일 측면에 따르면, 상기 전기구동 장치는, 휴대폰, 랩탑 컴퓨터, 태블릿 컴퓨터 등의 모바일 컴퓨터 장치, 또는 디지털 카메라, 비디오 카메라, 오디오/비디오

재생 장치 등을 포함한 핸드 헬드 멀티미디어 장치일 수 있다.

- [50] 다른 측면에 따르면, 상기 전기 구동 장치는, 전기 자동차, 하이브리드 자동차, 전기 자전거, 전기 오토바이, 전기 열차, 전기 배, 전기 비행기 등과 같이 전기에 의해 이동이 가능한 전기 동력 장치, 또는 전기 드릴, 전기 그라인더 등과 같이 모터가 포함된 파워 툴일 수 있다.

- [51] 또 다른 측면에 따르면, 상기 전기 구동 장치는, 전력 그리드에 설치되어 신재생 에너지나 잉여 발전 전력을 저장하는 대용량 전력 저장 장치, 또는 정전 등의 비상 상황에서 서버 컴퓨터나 이동 통신 장비 등을 포함한 각종 정보 통신 장치의 전원을 공급하는 무정전 전원 공급 장치일 수 있다.

발명의 효과

- [52] 본 출원의 일 측면에 따르면, 혼합 양극재를 포함하는 이차 전지가 탑재된 전기 구동 장치가 키온 상태가 되었을 때 상기 이차 전지가 특이한 전압 변화 거동을 보이더라도 키온 전압과 키온 방전 전압을 이용하여 이차 전지의 충전 상태를 신뢰성 있게 추정할 수 있다.

- [53] 본 출원의 다른 측면에 따르면, 혼합 양극재를 포함하는 이차 전지의 충전 상태를 신뢰성 있게 추정할 수 있으므로, 상기 특이한 전압 변화 거동 때문에 브랜딩이 이루어질 수 없었던 다양한 조합의 양극재들도 브랜딩이 가능하다. 따라서, 입수 가능한 다양한 종류의 양극재들 중에서 이차 전지의 사용 목적에 맞게 2 이상의 양극재를 여러 가지 조합으로 선택하여 브랜딩함으로써 이차 전지의 사용 목적에 최적화된 혼합 양극재를 제공할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [54] 본 명세서에 첨부되는 다음의 도면들은 본 출원의 한 실시예를 예시하는 것이며, 후술하는 상세한 설명과 함께 본 출원의 기술사상을 더욱 이해시키는 역할을 하는 것이므로, 본 출원은 그러한 도면에 기재된 사항에만 한정되어 해석되어서는 아니 된다.
- [55] 도 1은 혼합 양극재를 포함하는 이차 전지에서 생기는 전압 이완 현상을 설명하기 위한 개념도이다.
- [56] 도 2는 전압 이완이 생기는 고유 전압 대역에서 이차 전지가 무 부하 상태가 되었을 때 이차 전지의 전압에 대한 변화 패턴을 도시한 그래프이다.
- [57] 도 3은 전압 이완이 생겼을 때 나타나는 이차 전지의 전압 변화 패턴이 이차 전지의 상태에 따라 달라지는 것을 보여주는 그래프이다.
- [58] 도 4는 전압 이완이 생겼을 때 나타나는 이차 전지의 전압 변화 패턴이 이차 전지의 방전 조건에 따라 달라지는 것을 보여주는 그래프이다.
- [59] 도 5는 NMC 양극재와 LFP 양극재를 포함하는 리튬 이차 전지의 dQ/dV 분포를 나타낸 그래프이다.
- [60] 도 6은 NMC 양극재와 LFP 양극재를 포함하는 리튬 이차 전지의 방전 저장 프로파일을 나타낸 그래프이다.

- [61] 도 7은 NMC 양극재와 LFP 양극재를 포함하는 리튬 이차 전지의 방전 프로파일을 나타낸 그래프이다.
- [62] 도 8은 NMC 양극재 및 리튬 금속을 각각 양극 및 음극으로 하는 하프 셀과, LFP 양극재 및 리튬 금속을 각각 양극 및 음극으로 하는 하프 셀을 제조한 후 각 하프 셀의 충전 상태 별로 전압 변화 프로파일을 측정하여 그 결과를 도시한 그래프이다.
- [63] 도 9는 전압 이완 현상이 일어나고 있는 중에 측정한 키온 전압을 이용하여 이차 전지의 충전 상태를 추정할 경우 예기치 못한 오차가 생기는 원인을 설명하기 위한 도면이다.
- [64] 도 10은 NMC 양극재와 LFP 양극재가 7:3(중량비)으로 브랜딩된 혼합 양극재가 포함된 이차 전지에 대해서 전압 이완 현상이 생기는 4개의 다른 충전 상태에서 얻은 전압 이완 프로파일들을 나타낸 그래프이다.
- [65] 도 11은 키온 전압과 키온 방전 전압이 혼합 양극재를 포함하는 이차 전지의 충전 상태를 추정하는데 유용하게 사용될 수 있는 파라미터임을 뒷받침하는 실험 결과를 보여주는 그래프이다.
- [66] 도 12는 도 11의 점선 사각형 부분을 확대한 그래프이다.
- [67] 도 13은 본 출원의 실시예에 따른 혼합 양극재를 포함하는 이차 전지의 충전 상태 추정 장치의 구성을 개략적으로 나타낸 블록도이다.
- [68] 도 14는 본 출원의 실시예에 따른 혼합 양극재를 포함하는 이차 전지의 충전 상태 추정 방법에 관한 순서도이다.

발명의 실시를 위한 최선의 형태

- [69] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 출원의 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 출원의 기술적 사상에 부합하는 의미와 개념으로 해석되어야만 한다. 따라서, 본 명세서에 기재된 실시예와 도면에 도시된 구성은 본 출원의 일 실시예에 불과할 뿐이고 본 출원의 기술적 사상을 모두 대변하는 것은 아니므로, 본 출원시점에 있어서 이들을 대체할 수 있는 다양한 균등물과 변형 예들이 있을 수 있음을 이해하여야 한다.
- [70] 이하에서 설명되는 실시예들은, 본 출원의 기술적 사상이 리튬 이차 전지에 적용된 경우에 관한 것이다. 여기서, 리튬 이차 전지라 함은 충전과 방전이 이루어지는 동안 리튬 이온이 작동 이온으로 작용하여 양극과 음극에서 전기화학적 반응을 유발하는 이차 전지를 총칭한다. 상기 작동 이온은 이차 전지가 충전 또는 방전되는 동안 전기 화학적인 산화 및 환원 반응에 참여하는 이온을 의미하는 것으로, 예를 들어 리튬이 이에 해당될 수 있다. 따라서 리튬 이차 전지에 사용된 전해질이나 분리막의 종류, 이차 전지를 포장하는데 사용된

포장재의 종류, 리튬 이차 전지의 내부 또는 외부의 구조 등에 따라 이차 전지의 명칭이 변경되더라도 리튬 이온이 작동 이온으로 사용되는 이차 전지라면 모두 상기 리튬 이차 전지의 범주에 포함되는 것으로 해석하여야 한다.

[71] 또한, 본 출원은 리튬 이차 전지 이외의 다른 이차 전지에도 적용이 가능하다. 따라서 작동 이온이 리튬 이온이 아니더라도 본 출원의 기술적 사상이 적용될 수 있는 이차 전지라면 그 종류에 상관 없이 모두 본 출원의 범주에 포함되는 것으로 해석하여야 한다.

[72] 또한, 이차 전지는 그것을 구성하는 요소의 수에 의해 한정되지 않는다. 따라서 이차 전지는 음극, 전해질 및 양극을 기본 단위로 하는 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.

[73] 도 1은 혼합 양극재를 포함하는 이차 전지에서 생기는 전압 이완 현상을 설명하기 위한 개념도이다. 구체적으로, 도 1에는, 리튬 이차 전지의 작동 이온인 리튬 이온과 반응하는 정도가 서로 다른(즉, 동작 전압 범위가 서로 다른) 2개의 양극재들이 브랜딩된 혼합 양극재를 포함하는 이차 전지가 방전되다가 무 부하 상태가 되었을 때 양극재들 사이에서 전압 이완이 일어나는 현상이 개시된다.

[74] 도 1에 도시된 바와 같이, 리튬 이차 전지가 방전되고 있는 동안에는 리튬 이온이 제1양극재(10) 및 제2양극재(20)와 전기 화학적 반응을 한다. 상기 전기 화학적 반응은 리튬 이온이 상기 제1 및 제2양극재(10, 20)의 내부로 삽입(intercalation)되거나 그 반대로 내부로부터 탈리(de-intercalation)되는 것을 의미한다. 상기 전기 화학적 반응은 리튬 이차 전지의 작동 메커니즘에 따라 달라질 수 있다.

[75] 상기 제1 및 제2양극재(10, 20)는 전압이 변화함에 따라 이들과 반응하는 리튬 이온의 반응 농도가 서로 다르다는 특성을 갖는다. 즉, 상기 제1 및 제2양극재(10, 20)는 동작 전압 범위가 서로 다르다. 일 예로, 이차 전지가 방전되는 조건에서 어느 전압 대역에서는 상기 제2양극재(20)보다 상기 제1양극재(10)에 리튬 이온이 우선적으로 삽입되고 다른 전압 대역에서는 그 반대가 될 수 있다. 다른 예로, 리튬 이차 전지가 충전되는 조건에서 어느 전압 대역에서는 상기 제1양극재(10)보다 상기 제2양극재(20)로부터 작동 이온이 우선적으로 탈리되고 다른 전압 대역에서는 그 반대가 될 수 있다.

[76] 도 1에는, 리튬 이차 전지가 방전될 때 상기 제2양극재(20)와 반응을 하는 리튬 이온의 농도보다 제1양극재(10)와 반응을 하는 리튬 이온의 농도가 큰 상태가 도시되어 있다. 물론, 리튬 이차 전지의 전압이 달라지면 상기 제1 및 제2양극재(10, 20)에 대한 리튬 이온의 반응 농도가 역전될 수 있다.

[77] 상기 제1 및 제2양극재(10, 20)에 삽입된 리튬 이온은 양극재들의 내부로 확산되어 들어가며, 이 과정에서 양극재들의 표면 근처와 내부에는 리튬 이온의 농도 편차가 생긴다. 검은색 실선들은 양극재들의 표면 근처와 내부의 리튬 농도

변화를 나타내는데, 상기 제1 및 제2양극재(10, 20) 모두 표면 근처가 내부 보다 리튬 농도가 크고 표면 근처에서 내부로 갈수록 리튬 이온의 농도가 감소하는 것을 알 수 있다.

- [78] 리튬 이차 전지가 방전되는 동안 측정되는 이차 전지의 전압은 주로 양극재의 표면 근처에 존재하는 리튬 이온의 농도에 의해 결정된다. 그리고 전위(electric potential)의 관점에서 리튬 이차 전지가 방전 상태에 있는 동안에는 상기 제1 및 제2양극재(10, 20)의 표면 전위(V_1 , V_2)는 큰 차이가 없다. 당업계에서, 리튬 이차 전지가 방전 중일 때 측정한 전압은 동적 전압(dynamic voltage)이라고 부른다.
- [79] 반면, 리튬 이차 전지가 무 부하 상태가 되면 상기 제1 및 제2양극재(10, 20)와 리튬 이온의 반응이 중단되면서, 상기 제1 및 제2양극재(10, 20)의 내부에서는 리튬 이온의 농도 편차로 인해 리튬 이온의 확산이 생긴다. 따라서 무 부하 상태가 일정 시간 동안 유지되면 리튬 이차 전지의 전압은 상기 제1 및 제2양극재(10, 20)의 내부에 존재하는 리튬 이온의 평균 농도에 의해 결정된다. 그리고 전위의 관점에서 점선으로 표시된 상기 제1양극재(10)의 전위 V_{OCV1} 가 점선으로 표시된 상기 제2양극재(10)의 전위 V_{OCV2} 보다 커지고 전위 V_{OCV1} 과 V_{OCV2} 의 차이는 무 부하 상태가 지속되는 시간이 경과할수록 서서히 커지게 된다. 이하에서는, 이차 전지가 무 부하 상태가 되었을 때 측정한 전압을 무 부하 전압(no-load Voltage)라고 명명한다.
- [80] 본 출원에 있어서, 상기 무 부하 상태는 이차 전지의 충전 또는 방전이 중단되어 이차 전지의 용량 변화가 실질적으로 없거나 무시할만한 수준으로 작은 상태를 의미한다. 일 예로, 전기 에너지로 구동이 가능한 자동차가 운행 중에 교통 신호 대기를 위해 잠시 멈추거나 정보 통신 기기의 사용이 전원의 턴 오프 없이 일정 시간 이상 중단된 경우 전기 자동차나 정보 통신 기기에 포함되어 있는 이차 전지는 무 부하 상태가 되었다고 볼 수 있다.
- [81] 상기 무 부하 상태에 관한 예시들에 있어서, 이차 전지가 탑재된 장치에 포함된 메인 부하 이외의 다른 전자 부품, 예컨대 마이크로프로세서 등이 필요로 하는 최소한의 전력을 제공하기 위해 상기 이차 전지로부터 미세한 전류(예: 0.5c-rate 미만)가 흘러 나갈 수 있다. 여기서, 상기 메인 부하는 모터나 전력 변환 회로 등을 의미한다. 상기 무 부하 상태는 실질적으로 이차 전지가 탑재된 장치의 메인 부하 측으로 전류로 흐르지 않는 상태를 의미한다. 따라서, 이차 전지로부터 메인 부하 이외의 다른 전자 부품 측으로 미세한 전류가 흘러 나가는 상태도 무 부하 상태로서 간주할 수 있음을 이해하여야 할 것이다.
- [82] 위와 같이, 리튬 이차 전지가 무 부하 상태가 된 조건에서 상기 제1 및 제2양극재(10, 20)의 전위 V_{OCV1} 과 V_{OCV2} 가 차이를 보이면 상기 제1 및 제2양극재(10, 20) 사이에 전위차가 생기며, 상기 전위차의 크기가 리튬 이온의 이동을 유발할 수 있는 정도로 커지면, 리튬 이온이 상기 제2양극재(20)로부터 상기 제1양극재(10)로 이동을 하기 시작한다. 리튬 이온이 양극재들 사이에서 이동하면 리튬 이온을 제공하는 제2양극재(20)의 전위는 올라가고 리튬 이온을

제공 받는 제1양극재(10)의 전위는 내려간다. 상기 제2양극재(20)의 관점에서는 리튬 이온이 빠져나가면서 충전(전위 상승)이 되고, 제1양극재(10)의 관점에서는 리튬 이온이 삽입되면서 방전(전위 하강)이 되는 것이기 때문이다. 이처럼 상기 제1 및 제2양극재(10, 20) 사이에서 리튬 이온이 이동하면, 상기 제1 및 제2양극재(10, 20) 사이에 생겼던 전위차가 서서히 해소되며, 리튬 이온이 더 이상 이동하지 않는 평형 상태가 되면 상기 제1 및 제2양극재(10, 20)의 전위는 서로 동일하게 된다.

[83] 본 출원에 있어서, '전압 이완'이라는 개념은 상기와 같은 혼합 양극재의 독특한 전기 화학적 거동으로부터 정의될 수 있다. 즉, '전압 이완'이라 함은, 리튬 이차 전지가 방전 상태에서 무 부하 상태가 되었을 때 혼합 양극재에 포함되어 있는 제1 및 제2양극재(10, 20)의 내부에서 리튬 이온이 확산됨에 따라 상기 제1 및 제2양극재(10, 20) 사이에 전위차가 생기고 이렇게 생긴 전위차가 양극재들 사이에서 리튬 이온의 이동을 유발시켜 전위차가 서서히 해소되는 현상이라고 정의할 수 있는 것이다.

[84] 그런데, 상기 전압 이완 현상은 혼합 양극재가 포함된 리튬 이차 전지가 방전되는 모든 전압 대역에서 생기는 것이 아니고 일부 전압 대역에서 생긴다. 즉, 상기 일부 전압 대역에서 리튬 이차 전지가 방전되다가 무 부하 상태가 되었을 때 상기 전압 이완 현상이 발생하는 것이다. 상기 일부 전압 대역은 상기 제1 및 제2양극재(10, 20)의 종류와 브랜딩 비율, 방전 전류의 크기, 이차 전지가 무 부하 상태가 되었을 때의 충전 상태(SOC) 등을 포함한 다양한 요인에 의해 변동될 수 있지만, 혼합 양극재의 관점에서는 혼합 양극재마다 고유하게 존재하는 전압 대역에 해당한다. 따라서 이하에서는 전압 이완 현상이 생기는 일부 전압 대역을 '고유 전압 대역'이라고 명명하기로 한다.

[85] 리튬 이차 전지가 고유 전압 대역에서 방전 상태에 있게 되면, 상기 제1 및 제2양극재(10, 20) 중에서 리튬 이온과 반응을 잘하는 제1양극재(10)는 리튬 이온과의 반응이 대부분 완료된 상태가 된다. 따라서 리튬 이온의 입장에서는 상기 제1양극재(10)과 반응하는 것이 어려워진다. 즉, 리튬 이차 전지가 방전되는 동안 동적 전압이 고유 전압 대역으로 들어가게 되면 제1양극재(10)의 저항이 급격하게 상승하게 되고, 그 결과로서 제2양극재(20)의 저항이 제1양극재(10)보다 상대적으로 낮아진다. 따라서 리튬 이온은 저항이 상대적으로 낮은 제2양극재(20)와 반응을 하여 제2양극재(20)의 내부로 삽입되기 시작한다. 이러한 상태가 일정 시간 유지되어 제2양극재(20)의 표면 근처에 존재하는 리튬 이온의 농도가 어느 정도 증가한 상태에서 리튬 이차 전지가 무 부하 상태로 전환되면, 상술한 전압 이완 현상이 발생하게 되는 것이다. 즉, 전압 이완 현상은 제1양극재(10)에 리튬 이온이 삽입될 수 있는 용량이 얼마 남아 있지 않고 제2양극재(20)가 리튬 이온과 반응을 하기 시작한 초기에 리튬 이차 전지가 무 부하 상태가 되면 생긴다고 볼 수 있다.

[86]

- [87] 도 2는 제1양극재로서 층상 구조를 가지는 리튬 전이금속 산화물인 $\text{LiNi}_a\text{Co}_b\text{Mn}_{1-a-b}\text{O}_2$ ($a = b = c = 1/3$; 이하 NMC 양극재로 약칭함)와 제2양극재로서 감람석 구조를 가지는 LiFePO_4 (LFP 양극재로 약칭함)가 7:3(중량비)으로 브랜딩된 혼합 양극재가 양극에 포함되어 있고 탄소재가 음극에 포함되어 있는 리튬 이차 전지가 고유 전압 대역에 속하는 3.2V(SOC 32%)에서 3V 근처까지 방전을 하다가 무 부하 상태가 되었을 때 리튬 이차 전지의 무 부하 전압이 변화하는 패턴을 시간 경과에 따라 도시한 그래프이다.
- [88] 도 2를 참조하면, 리튬 이차 전지의 무 부하 전압이 변화하는 패턴은 크게 제1 내지 제3구간(I, II 및 III)으로 구분될 수 있다.
- [89] 상기 제1구간(I)은 3.2V(SOC 32%)의 전압을 가진 리튬 이차 전지가 3V 근처까지 방전을 하면서 리튬 이차 전지의 동적 전압이 서서히 감소하는 구간이다. 리튬 이차 전지의 동적 전압이 3.2V이면 제1양극재에 리튬 이온이 삽입될 수 있는 용량이 충분하지 않은 상태이다. 따라서 리튬 이차 전지가 3.2V에서 3.0V까지 방전되면 제1양극재보다는 제2양극재가 주로 리튬 이온과 반응을 하게 되므로 제2양극재의 표면 근처에서 리튬 이온의 농도가 증가한다.
- [90] 상기 제2구간(II)은 리튬 이차 전지의 방전이 3.0V 근처에서 중단되면서 무 부하 상태가 개시되고 혼합 양극재를 구성하는 제1 및 제2양극재의 내부에서 리튬 이온이 확산되면서 리튬 이차 전지의 무 부하 전압이 서서히 상승하는 구간이다.
- [91] 한편, 상기 제1구간(I)과 제2구간(II)의 경계에서 리튬 이차 전지의 무 부하 전압이 갑자기 상승하는 것은 리튬 이차 전지의 방전이 중단되면서 IR 드롭(drop) 전압이 실질적으로 0 이 되기 때문이다. 즉, 리튬 이차 전지의 방전이 중단되면 IR 드롭 현상에 의해 유발되었던 전압 강하가 없어지면서 리튬 이차 전지의 무 부하 전압이 상기 전압 강하 분 만큼 급격히 상승하게 되는 것이다.
- [92] 상기 제3구간(III)은 상기 제1 및 제2양극재의 내부에서 리튬 이온이 확산됨에 따라 양극재들 사이에 전위차가 생기고 이렇게 생긴 전위차에 의해 양극재들 사이에서 작동 이온이 전달되면서 전압 이완 현상이 생기고, 양극재들의 전압 이완이 진행됨에 따라 리튬 이차 전지의 무 부하 전압이 평형 상태 전압에 해당하는 3.5V 근처까지 서서히 증가하는 구간이다. 여기서, 평형 상태 전압이라 함은 전압 이완 현상에 의한 전압 변동이 실질적으로 마무리되었을 때의 전압을 의미하고 실질적으로 이차 전지의 개방 전압에 해당한다.
- [93] 한편, 상기 제2구간(II)과 상기 제3구간(III)을 중첩되게 표시한 것은 양극재 내부에서 이루어지는 리튬 이온의 확산이 '완전히' 끝나기 전(즉, 제2구간이 끝나기 전에)에 양극재들 사이에서 전압 이완을 일으키는 작동 이온의 전달이 시작되므로 상기 제2구간(II)과 상기 제3구간(III)의 경계를 명확하게 구분할 수 없기 때문이다.
- [94] 도 2에서, 주목할 것은 제2구간(II)과 제3구간(III) 사이에 변곡점(점선 원으로 표시된 부분)이 존재한다는 사실이다. 이것은 리튬 이차 전지의 방전이 중단된

후 무 부하 전압이 평형 상태 전압에 해당하는 3.5V까지 상승하는 과정에서 무 부하 전압의 증가를 일으키는 지배적인 전기 화학적 메커니즘이 변곡점의 출현 시점을 전후로 하여 달라진다는 것을 뒷받침한다. 여기서, '지배적'이라는 의미는 어떤 전기 화학적 메커니즘이 다른 전기 화학적 메커니즘보다는 우세하다는 것을 의미한다. 즉, 변곡점이 출현하기 전에는 주로 양극재 내부에서 일어나는 리튬 이온의 확산에 의해 리튬 이차 전지의 무 부하 전압이 상승하고, 변곡점이 출현한 이후에는 주로 양극재들 사이에서 일어나는 작동 이온의 전달을 통해 양극재들의 전압 이완이 이루어지는 과정에서 리튬 이차 전지의 무 부하 전압이 상승한다고 볼 수 있는 것이다.

[95]

[96] 도 3은 NMC 양극재와 LFP 양극재가 7:3(중량비)으로 브랜딩된 혼합 양극재가 양극에 포함되어 있고 탄소재가 음극에 포함되어 있는 리튬 이차 전지의 충전 상태(z_{cell})를 0.90, 0.80, 0.40, 0.30, 0.20 및 0.10으로 다양하게 변화시키면서 짧은 시간 동안 9c-rate의 펄스 방전을 한 후 방전을 중단하였을 때 각 충전 상태 조건에서 리튬 이차 전지의 무 부하 전압이 어떻게 변화하는지를 보여주는 그래프이다.

[97] 도면에서, z_{cell} 은 리튬 이차 전지의 충전 상태를 나타낸다. 그리고 각 전압 프로파일에서 점선은 펄스 방전 구간에서 측정한 동적 전압을, 실선은 무 부하 상태 구간에서 측정한 무 부하 전압을 나타낸다.

[98] 도 3을 참조하면, 전압 이완의 발생을 뒷받침하는 변곡점은 리튬 이차 전지의 충전 상태가 0.40 정도까지 감소하였을 때 나타나기 시작하여 상기 충전 상태가 0.20 정도가 될 때까지 계속 나타나는 것을 알 수 있다. 즉, 전압 이완 현상은 리튬 이차 전지의 충전 상태가 0.2 내지 0.4의 범위(사각으로 표시한 부분)에 속할 때 나타난다.

[99] 리튬 이차 전지의 충전 상태는 리튬 이차 전지의 동적 전압에 비례한다. 즉, 동적 전압이 증가하면 충전 상태도 증가하고 동적 전압이 감소하면 충전 상태도 감소한다. 따라서 전압 이완 현상이 생기는 고유 전압 대역은 리튬 이차 전지의 충전 상태 대역으로 얼마든지 환산이 가능하다. 이러한 이유로, 고유 전압 대역을 이차 전지의 충전 상태 범위로 바꾸어 나타내더라도 그 충전 상태 범위는 고유 전압 대역과 균등한 것으로 볼 수 있으며, 이러한 맥락에서 상기 0.2 내지 0.4의 충전 상태 범위는 고유 전압 대역에 대한 다른 수치적 표현에 불과하다는 것을 이해하여야 한다. 따라서 상기 0.2 내지 0.4의 충전 상태 범위는 고유 전압 범위에 대응하는 고유 충전 상태 범위라고 볼 수 있다.

[100] 한편, 리튬 이차 전지의 충전 상태가 0.20에 가까울수록 변곡점이 나타날 때까지 걸리는 시간 또는 리튬 이차 전지의 전압이 평형 상태 전압에 도달할 때까지 걸리는 시간이 증가하는 것을 알 수 있다. 이처럼 시간이 증가하는 이유는, 다음과 같다. 즉, 리튬 이차 전지의 충전 상태가 0.20에 가까워질수록 NMC 양극재의 대부분이 리튬 이온과 반응하여 NMC 양극재의 저항이 더욱

높아지게 된다. 또한, LFP 양극재에 삽입되는 리튬 이온의 양도 더욱 증가한다. 따라서 전압 이완 현상에 의해 LFP 양극재에 삽입된 리튬 이온이 NMC 양극재로 전달되려면 NMC 양극재의 저항 증가와 LFP 양극재에 삽입된 리튬 이온 양의 증가에 비례하여 더 많은 시간이 필요하게 되는 것이다.

[101]

[102] 도 4는 방전 전류의 세기가 전압 이완 현상에 어떤 영향을 미치는지 평가한 실험 결과를 나타낸 그래프이다. 본 실험에서 사용된 이차 전지는 전술한 실험에서 사용된 것과 동일하다.

[103] 도면에 개시된 전압 프로파일들은, 전압 이완 현상이 생길 수 있는 다양한 충전 상태(0.190~0.333) 및 방전 조건(2c, 5c, 9c)에서 앞선 실시예와 동일한 혼합 양극재가 포함된 리튬 이차 전지를 10초 동안 펄스 방전을 하다가 펄스 방전을 중단하였을 때 시간이 경과함에 따라 리튬 이차 전지의 무 부하 전압이 어떠한 변화를 보이는지 보여주고 있다.

[104] 도면에서, 좌측, 중앙 및 우측 그래프는 각각 2c, 5c 및 9c의 조건에서 펄스 방전을 하다가 $t=0$ 에서 펄스 방전을 중단하였을 때의 전압 프로파일들이다

[105] 도 4를 참조하면, 방전 전류가 동일할 때는 이차 전지의 상태가 낮아질수록 전압 프로파일에서 전압 이완의 발생을 뒷받침하는 변곡점이 늦게 출현한다. 변곡점의 출현시점이 지연되면 리튬 이차 전지의 무 부하 전압이 평형 상태 전압에 이르는 시점도 함께 지연된다.

[106] 또한, 이차 전지의 상태가 동일할 때에는 방전 전류가 클수록 전압 프로파일에서 변곡점이 늦게 출현한다. 일 예로, 상태가 0.262일 때 얻은 3개의 전압 프로파일들을 비교하면, 방전 전류의 세기가 2c일 때는 전압 변화가 빠르게 생겨서 펄스 방전이 종료된 직후에 바로 변곡점이 나타났다가 짧은 시간 안에 전압이 평형 상태에 도달한다. 반면, 방전 전류의 세기가 5c 및 9c일 때는 전압 변화가 완만해 지면서 변곡점이 늦게 출현하고, 방전 전류의 세기가 9c인 경우가 5c인 경우에 비해 변곡점이 출현할 때까지 걸리는 시간이 더 길다는 것을 알 수 있다. 이러한 사실들은 다음과 같은 점들을 확인시켜 준다.

[107] 먼저, 방전 전류가 동일할 때에는 이차 전지의 상태가 낮을수록 LFP 양극재와 반응하는 리튬 이온의 양(반응 농도)이 증가한다. 상태가 낮다는 것은 NMC 양극재의 저항이 그 만큼 증가하여 방전 전류에 의해 공급된 리튬 이온이 LFP 양극재와 반응할 가능성이 더 증가한 것을 의미하기 때문이다. LFP 양극재와 반응한 리튬 이온 양의 증가는 전압 이완 과정에서 리튬 이온이 전달되는데 걸리는 시간을 증가시킨다. 이러한 시간의 증가는 도 4에 개시된 전압 프로파일들에서 이차 전지의 상태가 낮아질수록 변곡점이 출현하는 시점과 리튬 이차 전지의 무 부하 전압이 평형 상태 전압에 이르는 시점이 지연되는 현상으로부터 확인이 가능하다.

[108] 또한, 이차 전지의 충전 상태가 동일한 조건에서 방전 전류가 증가하면 NMC 양극재와 반응하는 리튬 이온의 농도가 증가하여 NMC 양극재의 저항 증가

속도가 그 만큼 빨라진다. 따라서 이차 전지의 충전 상태가 동일한 조건에서 방전 전류가 증가하면 리튬 이온이 LFP 양극재와 반응하기 시작하는 시점이 앞당겨져서 LFP 양극재에 삽입되는 리튬 이온의 양이 더 증가한다. 따라서 전압 이완 현상이 발생되면 LFP 양극재와 반응한 리튬 이온량의 증가에 비례하여 LFP 양극재에 삽입되어 있는 리튬 이온이 NMC 양극재로 전달되는데 소요되는 시간이 길어진다. 이러한 시간의 증가는 전압 프로파일 상에서 변곡점이 출현하는 시점과 리튬 이차 전지의 무 부하 전압이 평형 상태 전압에 도달하는 시점이 지연되는 것으로부터 확인이 가능하다.

[109] 또한, 방전 전류가 낮아지면 전압 이완이 생기기 시작하는 이차 전지의 충전 상태가 낮아진다. 즉, 전압 이완이 발생하는 고유 전압 대역 근처에서 방전 전류가 낮아지면 NMC 양극재의 저항 증가가 완화되기 때문에 리튬 이온이 NMC 양극재와 추가로 반응할 확률이 증가한다. 따라서 방전 전류가 클 때 전압 이완이 발생하기 시작하는 충전 상태 조건에서도 리튬 이온이 여전히 NMC 양극재와 반응을 하기 때문에 방전 전류가 작은 조건에서는 충전 상태가 더 낮아져야만 전압 이완이 발생되기 위해 필요한 리튬 이온과 LFP 양극재의 반응이 실질적으로 개시될 수 있는 것이다.

[110]

[111] 다음으로, 상기 제1 및 제2양극재를 포함하는 혼합 양극재가 고유 전압 대역에서 전압 이완을 일으키기 위해 필요한 조건에는 무엇이 있는지 구체적으로 살펴보기로 한다.

[112] 일 실시예에서, 상기 전압 이완은 상기 제1 및 제2양극재에 대해 dQ/dV 분포를 측정하였을 때 각 양극재의 dQ/dV 분포에서 나타나는 메인 피크의 위치 및/또는 상기 메인 피크의 강도가 차이를 보일 때 발생될 수 있다.

[113] 여기서, dQ/dV 분포는 양극재에 대한 작동 이온의 전압 별 용량 특성을 의미한다. 상기 메인 피크에 대한 위치 및/또는 강도 차이는 상기 제1 및 제2양극재의 종류에 따라 달라질 수 있다.

[114] 도 5는 NMC 양극재와 LFP 양극재가 7:3(중량비)으로 브랜딩된 혼합 양극재를 양극에 포함하고 있고 탄소재를 음극에 포함하고 있는 리튬 이차 전지에 대해 1c-rate의 방전 조건을 적용하여 dQ/dV 분포를 측정한 결과를 나타낸 그래프이다.

[115] 도 5를 참조하면, dQ/dV 분포에는 2개의 메인 피크가 존재하는데, 좌측의 피크는 LFP 양극재의 메인 피크에 해당하고 우측의 피크는 NMC 양극재의 메인 피크에 해당한다. 또한, LFP 양극재의 메인 피크 주변에 표시된 프로파일은 LFP 양극재와 리튬 이온이 반응하면서 생긴 것이고, NMC 양극재의 메인 피크 주변에 표시된 프로파일은 NMC 양극재와 리튬 이온이 반응하면서 생긴 것이다.

[116] 도시된 바와 같이, NMC 양극재와 LFP 양극재의 dQ/dV 분포 상에 나타난 메인 피크의 위치는 약 0.4V의 차이를 보이며, 메인 피크의 강도 또한 LFP 양극재가 NMC 양극재에 비해 2배 정도 크다는 것을 알 수 있다. 이러한 dQ/dV 특성을

찾는 NMC 양극재와 LFP 양극재는 고유 전압 대역에서 전압 이완 현상을 나타낸다는 것은 이미 도 2를 참조하여 살펴보았다. 따라서, 제1 및 제2양극재의 dQ/dV 분포에 나타난 메인 피크의 위치 및/또는 상기 메인 피크의 강도가 차이를 보인다면 상기 제1 및 제2양극재로 브랜딩된 혼합 양극재는 상기 제1 및 제2양극재의 종류와 상관 없이 고유 전압 대역에서 전압 이완 현상을 일으킬 수 있는 조건을 충족한다고 말할 수 있다.

- [117] 다른 실시예에서, 상기 전압 이완은 상기 혼합 양극재가 포함된 리튬 이차 전지에 대해 충전 상태(SOC) 별로 방전 저항을 측정해 보았을 때 방전 저항 프로파일이 Convex 패턴을 가질 때 또는 방전 저항 프로파일이 상기 Convex 패턴의 정점을 전후로 하여 2개의 변곡점을 가질 때 발생할 수 있다.
- [118] 도 6은 NMC 양극재와 LFP 양극재가 7:3(중량비)으로 브랜딩된 혼합 양극재를 양극에 포함하고 있고 탄소재를 음극에 포함하고 있는 리튬 이차 전지에 대해, 충전 상태의 변화에 따라 방전 저항을 측정한 결과를 나타낸 방전 저항 프로파일이다.
- [119] 도 6을 참조하면, 혼합 양극재를 포함하는 리튬 이차 전지의 방전 저항 프로파일이 SOC가 약 20~40% 범위일 때 Convex 패턴을 가지는 것을 알 수 있다. 또한, 방전 저항 프로파일에서 SOC가 20~30% 범위일 때와 30~40% 범위일 때 2번에 걸쳐 변곡점(점선 원으로 표시된 부분)이 생기는 것을 알 수 있다. 또한, SOC가 30~40% 일 때 리튬 이차 전지의 방전 저항이 빠르게 증가하는 것을 알 수 있는데, 이는 NMC 양극재에 리튬 이온이 삽입될 수 있는 용량이 상당 부분 소진되면서 NMC 양극재의 저항이 급격하게 증가하였기 때문이다. 상기 NMC 양극재와 LFP 양극재가 브랜딩된 혼합 양극재가 포함된 리튬 이차 전지는 고유 전압 대역에서 전압 이완 현상을 나타낸다는 것은 이미 도 2를 참조하여 살펴보았다. 따라서, 리튬 이차 전지의 방전 저항 프로파일이 Convex 패턴을 가질 때 또는 방전 저항 프로파일이 상기 convex 패턴의 정점을 전후로 하여 2개의 변곡점 가질 때, 상기 제1 및 제2양극재로 브랜딩된 혼합 양극재는 상기 제1 및 제2양극재의 종류에 상관 없이 고유 전압 대역에서 전압 이완 현상을 일으킬 수 있는 조건을 충족한다고 말할 수 있다.
- [120] 또 다른 실시예로, 상기 전압 이완은 상기 혼합 양극재가 포함된 리튬 이차 전지가 적어도 1번의 전압 평탄 영역이 포함된 개방 전압 프로파일을 가질 때 발생할 수 있다.
- [121] 도 7은 NMC 양극재와 LFP 양극재가 7:3(중량비)으로 브랜딩된 혼합 양극재를 양극에 포함하고 있고 탄소재를 음극에 포함하고 있는 리튬 이차 전지에 대해 방전을 수행하면서 충전 상태(SOC) 별로 개방 전압을 측정한 결과를 나타낸 개방 전압 프로파일이다.
- [122] 도 7을 참조하면, 상기 혼합 양극재를 포함하는 리튬 이차 전지의 개방 전압 프로파일이 개방 전압이 대략 3.2V일 때 전압 변화가 거의 없는 전압 평탄 영역(Plateau)을 가진다는 것을 확인할 수 있다. 여기서, 전압 평탄 영역은

변곡점을 포함하고 굴곡(Curvature)이 변화되는 영역으로서, 상기 전압 평탄 영역에서는 개방 전압이 조금만 변화하여도 충전 상태의 변화폭이 크다. 상기 NMC 양극재와 LFP 양극재가 브랜딩된 혼합 양극재가 포함된 리튬 이차 전지는 고유 전압 대역에서 전압 이완 현상을 나타낸다는 것은 이미 도 2를 참조하여 살펴보았다. 이러한 사실로부터, 리튬 이차 전지의 개방 전압 프로파일이 적어도 하나의 전압 평탄 영역을 가질 때, 상기 제1 및 제2양극재로 브랜딩된 혼합 양극재는 상기 제1 및 제2양극재의 종류나 블렌딩 비율에 상관 없이 고유 전압 대역에서 전압 이완 현상을 일으킬 수 있는 조건을 충족한다고 말할 수 있다.

- [123] 도 8은 NMC 양극재 및 리튬 금속을 각각 양극 및 음극으로 하는 하프 셀과, LFP 양극재 및 리튬 금속을 각각 양극 및 음극으로 하는 하프 셀을 제조한 후 각 하프 셀의 충전 상태 별로 전압 변화 프로파일을 측정하여 그 결과를 도시한 그래프이다.
- [124] 도 8에서, 그래프 ①은 NMC 양극재가 포함된 하프 셀의 전압 프로파일이고, 그래프 ②는 LFP 양극재가 포함된 하프 셀의 전압 프로파일이다.
- [125] 도 8을 참조하면, LFP 양극재의 전압 프로파일에서 전압 평탄 영역(plateau) 구간이 관찰된다.
- [126] 이러한 측정 결과는, NMC 양극재와 LFP 양극재를 포함하는 혼합 양극재가 사용된 이차 전지에서는, 충전 상태가 100%부터 감소하기 시작하는 초기에는 NMC 양극재가 활성화되어 NMC 양극재에 리튬 이온이 주로 삽입된다는 점, 이차 전지의 전압이 고유 전압 대역 수준까지 감소하도록 충전 상태가 저하되면 LFP 양극재가 활성화되어 LFP 양극재에 리튬 이온이 삽입되기 시작한다는 점, 그리고 이차 전지의 충전 상태가 0%가 되면 NMC 양극재와 LFP 양극재의 충전 상태도 0%가 되어 각각의 양극재가 리튬 이온을 수용할 수 있는 용량이 모두 소진될 것이라는 점을 뒷받침한다.
- [127] 일 측면에 따르면, 도 8의 그래프는, 혼합 양극재에 포함된 제1 및 제2양극재 중 적어도 하나가 하프 셀 조건 하에서 전압 평탄 영역이 포함된 전압 프로파일을 가질 때, 혼합 양극재가 포함된 이차 전지가 고유 전압 대역에서 전압 이완 현상을 나타낸다는 사실을 뒷받침한다.
- [128] 다른 측면에 따르면, 도 8의 그래프는, 혼합 양극재에 포함된 제1 및 제2양극재 중 어느 하나는 하프 셀 조건 하에서 전압 평탄 영역이 포함된 전압 프로파일을 가지고, 다른 하나는 하프 셀 조건 하에서 충전 상태 전체 구간의 적어도 일부 구간에서 상기 전압 평탄 영역이 포함된 전압 프로파일보다 전압이 높고 전압 평간 구간이 없는 전압 프로파일을 가질 때, 혼합 양극재가 포함된 이차 전지가 고유 전압 대역에서 전압 이완 현상을 나타낸다는 사실을 뒷받침한다.
- [129] 본 출원에 있어서, 상기 제1 및 제2양극재로서 사용될 수 있는 물질은 고유 전압 대역에서 전압 이완을 일으킬 수 있는 것이라면 그 종류에 특별한 제한이 없다. 따라서 NMC 양극재 및 LFP 양극재 이외에도 상술하였던 조건들 중에서 적어도 하나 이상을 충족하는 양극재들의 조합이 제1 및 제2양극재로서 고려될 수

있음은 이 분야에서 통상의 지식을 지닌 자라면 알 수 있을 것이다.

- [130] 일 측면에 따르면, 상기 제1양극재는, 일반 화학식 $A[A_xM_y]O_{2+z}$ (A 는 Li, Na 및 K 중 적어도 하나 이상의 원소를 포함; M 은 Ni, Co, Mn, Ca, Mg, Al, Ti, Si, Fe, Mo, V, Zr, Zn, Cu, Al, Mo, Sc, Zr, Ru, 및 Cr에서 선택된 적어도 하나 이상의 원소를 포함; $x \geq 0$, $1 \leq x+y \leq 2$, $-0.1 \leq z \leq 2$; x , y , z 및 M 에 포함된 성분의 화학량론적 계수는 화합물이 전기적 중성을 유지하도록 선택됨)로 표시되는 알칼리 금속 화합물일 수 있다.
- [131] 선택적으로, 상기 제1양극재는, US6,677,082, US6,680,143 등에 개시된 알칼리 금속 화합물 $xLiM^1O_2-(1-x)Li_2M^2O_3$ (M^1 은 평균 산화 상태 3을 갖는 적어도 하나 이상의 원소를 포함; M^2 는 평균 산화 상태 4를 갖는 적어도 하나 이상의 원소를 포함; $0 \leq x \leq 1$)일 수 있다.
- [132] 다른 측면에 따르면, 상기 제2양극재는, 일반 화학식 $Li_aM^1_xFe_{1-x}M^2_yP_{1-y}M^3_zO_{4+z}$ (M^1 은 Ti, Si, Mn, Co, Fe, V, Cr, Mo, Ni, Nd, Al, Mg 및 Al에서 선택된 적어도 하나 이상의 원소를 포함; M^2 는 Ti, Si, Mn, Co, Fe, V, Cr, Mo, Ni, Nd, Al, Mg, Al, As, Sb, Si, Ge, V 및 S에서 선택된 적어도 하나 이상의 원소를 포함; M^3 는 F를 선택적으로 포함하는 할로젠족 원소를 포함; $0 < a \leq 2$, $0 \leq x \leq 1$, $0 \leq y < 1$, $0 \leq z < 1$; a , x , y , z , M^1 , M^2 , 및 M^3 에 포함된 성분의 화학량론적 계수는 화합물이 전기적 중성을 유지하도록 선택됨), 또는 $Li_3M_2(PO_4)_3$ (M 은 Ti, Si, Mn, Fe, Co, V, Cr, Mo, Ni, Al, Mg 및 Al에서 선택된 적어도 하나의 원소를 포함)로 표시되는 리튬 금속 포스페이트일 수 있다.
- [133] 또 다른 측면에 따르면, 상기 제1양극재는 $Li[Li_aNi_bCo_cMn_dO_{2+z}]$ ($a \geq 0$; $a+b+c+d=1$; b , c 및 d 중 적어도 하나는 0이 아님; $-0.1 \leq z \leq 2$)일 수 있다. 또한, 상기 제2양극재는, $LiFePO_4$, $LiMn_xFe_yPO_4$ ($0 < x+y \leq 1$), 및 $Li_3Fe_2(PO_4)_3$ 로 이루어진 군에서 선택된 하나 이상일 수 있다.
- [134] 또 다른 측면에 따르면, 상기 제1양극재 및/또는 상기 제2양극재는, 코팅층을 포함할 수 있다. 상기 코팅층은 탄소층을 포함하거나, Ti, Si, Mn, Co, Fe, V, Cr, Mo, Ni, Nd, Al, Mg, Al, As, Sb, Si, Ge, V 및 S로 이루어진 군에서 선택된 적어도 하나 이상의 원소를 포함하는 산화물층 또는 불화물층을 포함할 수 있다.
- [135] 본 출원에 있어서, 상기 제1 및 제2양극재의 종류와 혼합 비율의 선택은, 제조하고자 하는 이차 전지의 용도, 이차 전지에 대한 전기 화학적 설계 조건, 양극재들 사이에서 전압 이완을 일으키기 위해 필요한 양극재들의 전기 화학적 특성, 전압 이완을 일으키는 고유 전압 대역의 범위 등을 고려하여 적절하게 조절할 수 있다.
- [136] 일 실시예에서, 방전 출력이 좋은 이차 전지를 소망하는 경우 리튬 이온과의 반응 속도가 빠른 양극재를 상기 제1 및 제2양극재 중 어느 하나로 선택하고 해당 양극재의 혼합 비율을 가능한 크게 설정할 수 있다. 일 예로, $Li[Ni_{1/3}Mn_{1/3}Co_{1/3}]O_2$ 와 $LiFePO_4$ 를 각각 제1양극재와 제2양극재로 선택하고, 제1양극재와 제2양극재의 혼합 비율을 9:1로 설정할 수 있다.

- [137] 다른 실시예에서, 고온 안전성이 좋은 이차 전지를 소망하는 경우 고온 안전성이 우수한 양극재를 상기 제1 및 제2양극재 중 어느 하나로 선택하고 해당 양극재의 혼합 비율을 가능한 크게 설정할 수 있다. 일 예로, $\text{Li}[\text{Ni}_{1/3}\text{Mn}_{1/3}\text{Co}_{1/3}]\text{O}_2$ 와 LiFePO_4 를 각각 제1양극재와 제2양극재로 선택하고, 제1양극재와 제2양극재의 혼합 비율을 2:8로 설정할 수 있다.
- [138] 또 다른 실시예에서, 제조 비용이 저렴한 이차 전지를 소망하는 경우 재료의 원가가 저렴한 양극재를 상기 제1 및 제2양극재 중 어느 하나로 선택하고 해당 양극재의 혼합 비율을 가능한 크게 설정할 수 있다. 일 예로, $\text{Li}[\text{Ni}_{1/3}\text{Mn}_{1/3}\text{Co}_{1/3}]\text{O}_2$ 와 LiFePO_4 를 각각 제1양극재와 제2양극재로 선택하고, 제1양극재와 제2양극재의 혼합 비율을 1:9로 설정할 수 있다.
- [139] 또 다른 실시예에서, 방전 출력이 좋고 고온 안전성이 우수한 이차 전지를 소망하는 경우 작동 이온과의 반응 속도가 빠른 양극재와 고온 안전성이 우수한 양극재를 각각 제1 및 제2양극재로 선택하고 상기 방전 출력과 상기 고온 안전성의 밸런싱 정도를 고려하여 양극재들의 혼합 비율을 설정할 수 있다. 일 예로, $\text{Li}[\text{Ni}_{1/3}\text{Mn}_{1/3}\text{Co}_{1/3}]\text{O}_2$ 와 LiFePO_4 를 각각 제1양극재와 제2양극재로 선택하고, 제1양극재와 제2양극재의 혼합 비율을 4:6으로 설정할 수 있다.
- [140] 또 다른 실시예에서, 무게당 용량이 큰 이차 전지를 소망하는 경우 무게당 용량이 큰 양극재를 제1 및 제2양극재 중 어느 하나로 선택하고 해당 양극재의 혼합 비율을 크게 설정할 수 있다. 일 예로, $\text{Li}[\text{Ni}_{0.5}\text{Mn}_{0.3}\text{Co}_{0.2}]\text{O}_2$ 와 LiFePO_4 를 각각 제1양극재와 제2양극재로 선택하고, 제1양극재와 제2양극재의 혼합 비율을 9:1로 설정할 수 있다.
- [141] 상술한 상기 제1 및 제2양극재의 선택과 혼합 비율의 조절 방식은 일 예시에 지나지 않는다. 따라서 전압 이완을 일으킬 수 있는 조건 하에서 혼합 양극재에 부여하고자 하는 전기화학적 물성들의 상대적 가중치와 밸런스를 고려하여 상기 제1 및 제2양극재를 적절하게 선택하고 각 양극재의 혼합 비율을 적절하게 설정할 수 있음은 당업자에게 자명하다.
- [142] 따라서, 상기 혼합 양극재에 포함될 수 있는 양극재들의 수는 2가지로 한정되지 않는다. 또한, 상기 혼합 양극재의 물성 개선을 위해 다른 첨가물들, 예컨대 도전재, 바인더 등이 혼합 양극재에 첨가되는 것을 특별히 제한하지 않는다.
- [143] 일 실시예로서, 상기 혼합 양극재는 3가지의 서로 다른 양극재들을 포함할 수 있으며, 그 예로는 LiMn_2O_4 , $\text{Li}[\text{Li}_a\text{Ni}_x\text{Co}_y\text{Mn}_z\text{O}_2]$ [$a \geq 0$; $a+x+y+z=1$; x, y 및 z 중 적어도 하나 이상은 0이 아님] 및 LiFePO_4 가 포함된 혼합 양극재를 들 수 있다.
- [144] 다른 실시예로서, 상기 혼합 양극재는 4가지의 서로 다른 양극재들을 포함할 수 있으며, 그 예로는 LiNiO_2 , LiMn_2O_4 , $\text{Li}[\text{Li}_a\text{Ni}_x\text{Co}_y\text{Mn}_z\text{O}_2]$ [$a \geq 0$; $a+x+y+z=1$; x, y 및 z 중 적어도 하나 이상은 0이 아님] 및 LiFePO_4 가 포함된 혼합 양극재를 들 수 있다.
- [145] 본 출원에 있어서, 적어도 상기 제1 및 제2양극재를 포함하는 혼합 양극재는 상기 전압 이완 현상을 활용하기 위해 상기 고유 전압 대역을 포함하는 전압 범위에서 충전 또는 방전을 하는 이차 전지의 양극재로서 사용될 수 있다.

- [146] 상기 이차 전지는 전기 에너지로 동작이 가능한 다양한 종류의 전기구동 장치에 탑재될 수 있고, 상기 전기구동 장치는 그 종류에 특별한 제한이 없다.
- [147] 일 실시예에서, 상기 전기구동 장치는, 휴대폰, 랩탑 컴퓨터, 태블릿 컴퓨터 등의 모바일 컴퓨터 장치, 또는 디지털 카메라, 비디오 카메라, 오디오/비디오 재생 장치 등을 포함한 핸드 헬드 멀티미디어 장치일 수 있다.
- [148] 다른 실시예에서, 상기 전기구동 장치는, 전기 자동차, 하이브리드 자동차, 전기 자전거, 전기 오토바이, 전기 열차, 전기 배, 전기 비행기 등과 같이 전기에 의해 이동이 가능한 전기 동력 장치, 또는 전기 드릴, 전기 그라인더 등과 같이 모터가 포함된 파워 툴일 수 있다.
- [149] 또 다른 실시예에서, 상기 전기구동 장치는, 전력 그리드에 설치되어 신재생 에너지나 잉여 발전 전력을 저장하는 대용량 전력 저장 장치, 또는 정전 등의 비상 상황에서 서버 컴퓨터나 이동 통신 장비 등을 포함한 각종 정보 통신 장치의 전원을 공급하는 무정전 전원 공급 장치일 수 있다.
- [150] 한편, 최근에는 화석 연료의 사용으로 인한 환경 오염 문제가 심각해 지면서 이차 전지에 의해 구동되는 전기 자동차, 하이브리드 자동차(이하, 전기 구동 자동차라고 통칭함) 등에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다.
- [151] 전기 구동 자동차는 가격이 비싸기 때문에 제조 회사의 입장에서는 가격이 저렴하고 용량과 출력이 높고 수명이 길며 안전성이 우수한 이차 전지를 필요로 한다. 이러한 조건을 충족하는 이차 전지를 제조하기 위해서는 양극재의 선택이 매우 중요하다. 하지만 대부분의 상용화된 양극재들은 시장에서 요구하는 조건들을 모두 충족할 수 없기 때문에 2개 이상의 양극재들을 브랜딩한 혼합 양극재가 적절한 대안이 될 수 있다.
- [152] 그런데 혼합 양극재를 포함하는 이차 전지를 전기 구동 자동차에 적용할 경우는 전압 이완 현상으로 인해서 다음과 같은 예기치 못한 문제가 생긴다.
- [153] 구체적으로, 혼합 양극재를 포함하는 이차 전지는, 고유 전압 대역에서 방전이 되다가 무 부하 상태로 전환되면, 전압 이완 현상을 일으킨다.
- [154] 상기 무 부하 상태의 대표적인 예시로는 전기 구동 자동차가 키 오프(Key off) 상태가 되는 경우를 들 수 있다. 여기서, 키 오프 상태란 전기 구동 자동차의 시동이 꺼진 상태를 말하며, 일 예로 키 박스로부터 시동 키가 이탈된 경우가 그에 해당한다.
- [155] 그런데 상기 전기 구동 자동차가 고유 전압 대역에서 방전이 되다가 키 오프 상태가 되면, 이차 전지의 무 부하 전압은 전압 이완 현상에 따른 전압 변화 패턴을 보이면서 평형 상태 전압까지 상승하게 된다.
- [156] 한편, 전기 구동 자동차는 키 온(Key on)이 되었을 때 측정된 이차 전지의 전압(이하, 키온 전압)을 이용하여 이차 전지의 충전 상태를 추정하는 기능을 포함한다. 이차 전지의 충전 상태는 개방 전압에 따라 고유하게 결정될 수 있는데, 만약 이차 전지의 키 오프 상태가 충분한 시간(전압이 평형 상태 전압에 도달할 수 있는 시간) 동안 유지되었다면, 상기 키온 전압은 이차 전지의 개방

전압과 실질적으로 동일하다고 볼 수 있다. 따라서 개방 전압과 충전 상태 간의 대응 관계를 미리 정의한 룩업 테이블을 이용하여 상기 키 온 전압에 대응하는 충전 상태를 맵핑하면 이차 전지의 충전 상태를 쉽게 추정할 수 있다. 하지만, 전압 이완 현상이 완전히 끝나기도 전에 전기 구동 자동차가 키 온이 되면, 상기한 방법으로는 이차 전지의 충전 상태를 정확하게 추정할 수 없다.

- [157] 도 9는 전압 이완 현상이 일어나고 있는 중에 측정된 키 온 전압을 이용하여 이차 전지의 충전 상태를 추정할 경우 예기치 못한 오차가 생기는 원인을 설명하기 위한 도면이다.
- [158] 먼저, 도 9의 전압 프로파일은 혼합 양극재를 포함하는 이차 전지가 고유 전압 대역에서 방전 상태에 있다가 키 오프에 의해 무 부하 상태가 되었을 때 나타나는 전압 이완 프로파일을 나타낸다. 전압 이완 프로파일 상에는 3개의 포인트가 표시되어 있는데, 각 포인트는 서로 다른 키 온 시점에 해당한다. 각 포인트에 표시된 좌표에 있어서, T_1 , T_2 및 T_3 는 각 키 온 시점의 시간이고, V_1 , V_2 및 V_3 는 각 키 온 시점에서 측정된 키 온 전압이다. 상기 3개의 키 온 시점은 이차 전지의 전압이 평형 상태 전압($3.5V$)에 도달할 때까지 걸리는 시간(T_{equil})보다 앞선다. 상기 평형 상태 전압은 실질적으로 이차 전지의 개방 전압(V_{ocv})에 해당하므로, 상기 V_1 , V_2 및 V_3 는 V_{ocv} 와 오차를 가진다. 또한, 상기 오차는 키 온 시점과 T_{equil} 시점의 차이에 비례하기 때문에, V_{ocv} 에 대응하는 실제 충전 상태를 SOC_{true} , 상기 V_1 , V_2 및 V_3 으로부터 추정된 충전 상태를 각각 SOC_1 , SOC_2 및 SOC_3 라고 하면, SOC_1 의 오차가 가장 크고 SOC_3 의 오차가 가장 작다. 이처럼, 키 온 전압은 키 온 시점에 따라 개방 전압과 오차가 있으므로 키 온 전압을 이용하여 이차 전지의 충전 상태를 추정하면 신뢰성이 떨어지는 문제가 있다. 따라서 이러한 문제를 해결하기 위해서는 키 온 단계에서 이차 전지의 충전 상태를 정확하게 추정할 수 있는 새로운 접근법이 필요하다.
- [159] 먼저, 도 3 및 도 4에서 살펴본 바와 같이, 이차 전지에서 전압 이완 현상이 생겼을 때 측정되는 전압 이완 프로파일은 이차 전지의 충전 상태에 따라 고유하게 변동된다. 따라서 키 온 전압이 어떠한 전압 이완 프로파일 상에 위치하는지 특정할 수만 있다면 이차 전지의 충전 상태를 신뢰성 있게 추정할 수 있다.
- [160] 도 10은 NMC 양극재와 LFP 양극재가 7:3(중량비)으로 브랜딩된 혼합 양극재가 양극에 포함되어 있고 탄소재가 음극에 포함되어 있는 이차 전지에 대해서 전압 이완 현상이 생기는 4개의 다른 충전 상태에서 얻은 전압 이완 프로파일들을 나타낸 그래프이다.
- [161] 도 10을 참조하면, 전압 이완 시간은 충전 상태가 낮을수록 길어지므로 전압 이완 프로파일이 오른쪽에 있을수록 이차 전지의 충전 상태는 더 낮다(도 3 및 도 4 참조). 따라서, 이차 전지의 충전 상태는 SOC_a , SOC_b , SOC_c 및 SOC_d 순으로 낮아진다.
- [162] 도 10에 있어서, V_{ko} 는 키 온 전압을 나타내는데, V_{ko} 전압은 서로 다른 4개의

전압 이완 프로파일과 교차한다. 따라서 V_{KO} 전압은 4개의 서로 다른 전압 이완 프로파일 상에 위치할 가능성이 있다. 이차 전지의 충전 상태를 정확하게 추정하기 위해서는 V_{KO} 전압이 실제 어느 전압 이완 프로파일 상에 위치하는지 정확하게 특정해야 한다. 이를 위해, 본 출원에서는, 키온 전압 이외에 추가 파라미터를 더 고려할 수 있다. 상기 추가 파라미터로는, 이차 전지가 탑재된 장치가 키온 되고 나서 이차 전지가 짧은 시간 동안 방전된 후 측정한 전압을 고려할 수 있다. 이하에서는, 상기 추가 파라미터로서 고려할 수 있는 전압을 키온 방전 전압(V_{KOD})이라고 명명한다. 그리고, 상기 짧은 시간 동안에 이차 전지가 방전되는 것을 키온 방전이라고 명명한다.

- [163] 상기 추가 파라미터로서 키온 방전 전압(V_{KOD})을 고려하는 이유는 다음과 같다. 첫째, 이차 전지가 탑재된 장치가 키온 상태가 되면, 이차 전지와 부하가 전기적으로 연결되는 과정에서 이차 전지가 키온 방전을 한다. 따라서 키 온 방전 전압에 관한 정보를 쉽게 얻을 수 있다. 상기 키온 방전은 이차 전지가 부하 측으로 전력을 공급하는 방전이 아니고 이차 전지와 부하가 전기적으로 연결되는 과정에서 자동적으로 생기는 미소한 방전이다. 따라서 키온 방전을 통해 이차 전지로부터 방출되는 에너지는 작으며, 상기 키온 방전은 짧은 시간, 예컨대 수 초 내지 수십 초 이내의 시간 동안 유지된다. 둘째, 키온 전압이 동일하더라도 이차 전지가 일단 방전되면 이차 전지의 충전 상태에 따라 전압 강하 폭이 상이하여 키온 방전 전압(V_{KOD})이 달라진다. 참고로, 이차 전지의 충전 상태가 낮을수록 키온 방전 과정에서 생기는 전압 강하 폭이 커지는데, 이는 도 10을 참조하면 확인이 가능하다. 도 10의 전압 이완 프로파일에 밸리(valley) 모양의 전압 변화 패턴이 생긴 것은 키온 방전으로부터 비롯된 것이다. 따라서 키온 전압과 키온 방전 전압을 함께 고려하면, 키온 전압이 어떠한 전압 이완 프로파일 상에 위치할 수 있는지 정확하게 결정할 수 있으므로 신뢰성 있는 충전 상태의 추정이 가능해 진다.
- [164] 참고로, 전기 구동 자동차가 키 온 상태가 되면 이차 전지와 모터가 전기적으로 연결되는데, 이 때 키온 방전이 유발되면서 이차 전지로부터 프리 차지 릴레이 측으로 짧은 시간 동안 방전 전류가 흐른다. 여기서, 상기 프리 차지 릴레이는 모터와 이차 전지를 전기적으로 연결할 때 사용하는 스위치 부품으로서, 이차 전지와 모터가 전기적으로 연결될 때 이차 전지로부터 모터 측으로 돌입 전류(rush current)가 흐르는 것을 방지하는 역할을 한다. 상기 키온 방전 과정에서, 상기 프리 차지 릴레이 측으로 흐르는 전류의 크기는 1c-rate 미만의 크기를 갖는다. 상기 프리 차지 릴레이는 부하와 이차 전지를 연결할 때 사용되는 공지의 전기 부품으로써 본 출원인의 미국 특허 US7,688,023에 개시되어 있다.
- [165] 도 11과 도 11의 점선 사각형 부분을 확대한 도 12는, 키온 전압과 키온 방전 전압이 혼합 양극재를 포함하는 이차 전지의 충전 상태를 추정하는데 유용하게 사용될 수 있는 파라미터임을 뒷받침하는 실험 결과를 보여준다.

- [166] 도 11과 도 12에는, 4개의 프로파일이 도시되어 있는데, 그래프 ①을 기준으로 프로파일을 얻는 과정을 설명하면 다음과 같다. 먼저, NMC 양극제와 LFP 양극제가 7:3(중량비)으로 브랜딩된 혼합 양극제가 양극에 포함되고 있고 탄소제가 음극에 포함되어 있는 이차 전지를 준비한 후 이차 전지의 충전 상태가 전압 이완 현상을 일으키는 수준인 23%까지 감소할 때까지 방전을 시킨 다음 이차 전지를 무 부하 상태로 전환시켰다. 그런 다음, 시간 간격을 두고 짧은 시간 동안 이차 전지를 0.1c로 방전시켰다가 방전을 중단하는 과정을 5회에 걸쳐 반복하였다. 여기서, 상기 방전 전류의 크기와 상기 방전 전류가 흐르는 시간은 이차 전지가 탑재된 장치가 키 온 상태가 되었을 때 생기는 키온 방전에 의해 이차 전지로부터 부하 측으로 흐르는 방전 전류의 크기와 방전 전류가 흐르는 시간과 동일하게 설정하였다. 그리고 각각의 방전이 이루어질 때, 방전이 시작되기 전의 전압(V_{initial})과 방전이 끝났을 때의 전압(V_{final})을 측정하였다. 그런 다음, 그래프 ①과 같은 프로파일을 얻기 위해, V_{initial} 및 V_{final} 를 각각 x 및 y 좌표로 사용하여 그래프로 도시하였다. 그래프 ②, ③ 및 ④의 경우도 위와 동일한 방법을 사용하여 얻었는데, 이차 전지의 충전 상태는 그래프 ①을 얻을 때와 달리 각각 21%, 19%, 및 17%로 조절하였다.
- [167] 도 11 및 도 12를 참조하면, 이차 전지의 충전 상태가 동일하면, 서로 다른 방전 시점에서 측정된 V_{initial} 및 V_{final} 이더라도 하나의 프로파일 상에 위치하는 것을 확인할 수 있다. 또한, V_{initial} 이 동일하더라도 이차 전지의 충전 상태가 낮아지면 V_{final} 또한 낮아진다는 것을 확인할 수 있다. 이러한 두 가지 사실은, V_{initial} 및 V_{final} 이 이차 전지의 충전 상태를 신뢰성 있게 추정하는데 사용될 수 있는 파라미터임을 뒷받침한다. 한편, V_{initial} 및 V_{final} 은 이차 전지가 무 부하 상태로 전환된 이후에 짧은 시간 동안 이차 전지를 방전시키는 과정에서 얻은 것이다. 또한, V_{initial} 및 V_{final} 을 측정할 때 적용한 방전 조건(전류의 크기 및 방전 시간)은 이차 전지가 탑재된 장치가 키 온 상태가 되었을 때 유발되는 키온 방전 시의 방전 조건과 동일하다. 따라서 V_{initial} 및 V_{final} 은 각각 키온 전압(V_{KO}) 및 키 온 방전 전압(V_{KOD})에 해당한다고 볼 수 있다.
- [168] 상기 실험에서 얻은 다수의 V_{initial} 및 V_{final} 의 프로파일들은 이차 전지의 충전 상태 추정을 위해 룩업 테이블 또는 룩업 함수로 변환될 수 있다. 또한, 충전 상태를 보다 정확하게 추정하기 위해서는, 프로파일들을 얻는 충전 상태의 간격을 더 조밀하게 함으로써 룩업 테이블 또는 룩업 함수로 변환될 V_{initial} 및 V_{final} 의 프로파일들의 수를 더 증가시키는 것이 바람직하다. 예를 들어, 1% 간격으로 충전 상태를 변화시키면서 V_{initial} 및 V_{final} 의 프로파일들을 얻을 수 있다.
- [169] 상기 룩업 테이블은 충전 상태 별로 V_{initial} 및 V_{final} 의 프로파일을 구성하는 다수의 데이터들을 포함할 수 있다. 그리고 상기 룩업 함수는 V_{initial} 및 V_{final} 을 입력 변수로 사용하고, 충전 상태를 출력 변수로 사용하는 함수일 수 있다. 이러한 함수는 실험을 통해 얻은 다수의 프로파일들을 수치 해석하여 얻을 수 있다.

- [170] 상기 룩업 테이블 또는 상기 룩업 함수를 이용하면, 이차 전지가 탑재된 장치가 무 부하 상태에서 키 온 상태가 되었을 때, 키 온 전압(V_{KO}) 및 키 온 방전 전압(V_{KOD})을 측정하고 측정된 전압 값으로부터 이차 전지의 충전 상태를 신뢰성 있게 추정할 수 있다.
- [171] 여기서, 상기 키 온 전압(V_{KO}) 및 키 온 방전 전압(V_{KOD})을 측정할 때의 키 온 방전 조건은, $V_{initial}$ 및 V_{final} 을 측정할 때의 방전 조건과 동일한 것이 바람직하다.
- [172] 일 예시로서, 상기 룩업 테이블이 이용되는 경우, 상기 키 온 전압(V_{KO}) 및 키 온 방전 전압(V_{KOD})과 매칭되는 $V_{initial}$ 및 V_{final} 데이터를 룩업 테이블에서 식별하고 식별된 $V_{initial}$ 및 V_{final} 에 대응되는 충전 상태를 식별하는 것에 의해 이차 전지의 충전 상태를 추정할 수 있다.
- [173] 다른 예시로서, 상기 룩업 함수가 이용되는 경우, 상기 키 온 전압(V_{KO})과 상기 키 온 방전 전압(V_{KOD})을 룩업 함수의 입력 값으로 대입하여 출력 값으로서 충전 상태를 얻음으로써 이차 전지의 충전 상태를 추정할 수 있다.
- [174]
- [175] 그러면, 이하에서는 상술한 설명을 바탕으로 본 출원에 따른 혼합 양극재를 포함하는 이차 전지의 충전 상태 추정 장치 및 방법에 관한 실시예를 구체적으로 설명하기로 한다.
- [176] 도 13은 본 출원의 실시예에 따른 혼합 양극재를 포함하는 이차 전지의 충전 상태 추정 장치의 구성을 개략적으로 도시한 블록도이다.
- [177] 도면에 도시된 바와 같이, 상기 충전 상태 추정 장치(100)는, 센서(120)과 제어 유닛(130)을 포함하고, 혼합 양극재가 포함된 이차 전지(110)와 전기적으로 연결되어 이차 전지(110)의 충전 상태를 추정한다.
- [178] 상기 충전 상태 추정 장치(100)는 부하(140)와 전기적으로 연결된다. 상기 부하(140)는 상술한 각종 전기구동 장치에 포함된 것으로서, 상기 이차 전지(110)가 방전될 때 공급되는 전기 에너지에 의해 작동되는 상기 전기 구동 장치 내에 포함된 에너지 소모 장치를 의미한다. 상기 부하는 비제한적인 예시로서 모터와 같은 회전 동력 장치, 인버터와 같은 전력 변환 장치 등이 될 수 있는데, 본 출원이 부하의 종류에 의해 한정되는 것은 아니다.
- [179] 상기 충전 상태 추정 장치(100)는, 또한 저장 유닛(160)을 선택적으로 더 포함할 수 있다. 상기 저장 유닛(160)은 이차 전지(110)의 키 온 전압(V_{KO}) 및 키 온 방전 전압(V_{KOD})과 충전 상태 사이의 미리 정의된 상관 관계에 관한 데이터를 저장하고 있다.
- [180] 상기 상관 관계에 관한 데이터는 미리 실험을 통하여 얻을 수 있다. 상기 상관 관계에 관한 데이터는 비제한적인 예시로서 룩업 테이블 또는 룩업 함수일 수 있다. 상기 룩업 테이블 또는 상기 룩업 함수에 대해서는 상술하였으므로 반복적인 설명은 생략한다. 상기 룩업 테이블 또는 상기 룩업 함수는 이진 데이터 또는 프로그램 코드의 일부로서 상기 저장 유닛(160)에 저장될 수 있다.
- [181] 상기 저장 유닛(160)은 정보를 기록하고 소거할 수 있는 저장 매체라면 그

종류에 특별한 제한이 없다. 일 예시로서, 상기 저장 유닛(160)은 RAM, ROM, 레지스터, 하드디스크, 광기록 매체 또는 자기기록 매체일 수 있다. 상기 저장 유닛(160)은 또한 상기 제어 유닛(130)에 의해 접근이 가능하도록 예컨대 데이터 버스 등을 통해 상기 제어 유닛(130)과 연결될 수 있다. 상기 저장 유닛(160)은 또한 상기 제어 유닛(130)이 수행하는 각종 제어 로직을 포함하는 프로그램, 및/또는 상기 제어 로직이 실행될 때 발생하는 데이터를 저장 및/또는 갱신 및/또는 소거 및/또는 전송한다. 상기 저장 유닛(160)은 논리적으로 2개 이상으로 분할 가능하고, 상기 제어 유닛(130) 내에 포함되는 것을 제한하지 않는다.

[182] 상기 충전 상태 추정 장치(100)는, 또한 표시 유닛(150)을 선택적으로 더 포함할 수 있다. 상기 표시 유닛(150)은 상기 제어 유닛(130)이 계산한 이차 전지(110)의 충전 상태를 그래픽 인터페이스로 표시할 수 있는 것이라면 그 종류에 특별한 제한이 없다. 여기서, 그래픽 인터페이스라 함은 이차 전지의 충전 상태를 숫자로 직접 표시하거나 막대 그래프와 같은 그래픽 요소를 이용하여 상대적인 레벨로 충전 상태를 표시하는 인터페이스를 의미한다. 일 예시로서, 상기 표시 유닛(150)은 액정 디스플레이, LED 디스플레이, OLED 디스플레이, E-INK 디스플레이, 플렉서블 디스플레이 등일 수 있다.

[183] 상기 표시 유닛(150)은 상기 제어 유닛(130)과 직접 또는 간접적으로 연결될 수 있다. 후자의 방식이 채택될 때, 상기 표시 유닛(150)은 상기 제어 유닛(130)이 위치하는 영역과 물리적으로 분리된 영역에 위치할 수 있다. 그리고 상기 표시 유닛(150)과 상기 제어 유닛(130) 사이에 제3의 제어 유닛(미도시)이 개재되어 상기 제3의 제어 유닛이 상기 제어 유닛(130)으로부터 표시 유닛(150)에 표출할 정보를 제공 받아 표시 유닛(150)에 표출할 수 있다. 이를 위해, 상기 제3의 제어 유닛과 상기 제어 유닛(130)이 통신 선로에 의해 연결될 수 있다.

[184] 상기 센서(120)은, 이차 전지(110)가 탑재된 장치가 무 부하 상태에서 키 온 상태가 되었을 때, 키온 전압(V_{KO})과 키온 방전 전압(V_{KOD})을 측정한다. 즉, 이차 전지(110)가 탑재된 장치가 키 온 상태가 되면, 키온 방전이 유발되면서 이차 전지(110)로부터 부하 측으로 짧은 시간 동안 약한 방전 전류가 흐르면서 이차 전지(110)의 전압이 변화하게 되는데, 상기 센서(120)은 이차 전지(110)가 키 온 된 직후의 전압과 키온 방전에 의해 크기가 변화된 전압을 각각 키온 전압(V_{KO})과 키온 방전 전압(V_{KOD})으로서 측정할 수 있다. 그리고, 상기 센서(120)은 상기 측정된 키온 전압(V_{KO})과 키온 방전 전압(V_{KOD})을 제어 유닛(130)으로 제공할 수 있다.

[185] 상기 센서(120)은, 또한 키온 방전 과정에서 이차 전지(110)로부터 출력되는 방전 전류를 측정하고 측정된 방전전류를 제어 유닛(130)으로 제공할 수 있다.

[186] 상기 제어 유닛(130)은, 상기 측정된 키온 전압(V_{KO})과 키온 방전 전압(V_{KOD})을 이용하여 이차 전지(110)의 충전 상태를 추정하는데 필요한 적어도 하나 이상의 제어 로직을 실행한다.

[187] 상기 제어 로직은, 적어도 센서(120)에 의해 측정되는 키온 전압(V_{KO})과 키온

방전 전압(V_{KOD})을 저장 유닛(160)에 저장하는 로직을 포함할 수 있다.

[188] 상기 제어 로직은, 또한 상기 저장 유닛(160)에 저장된 룩업 테이블 또는 룩업 함수를 참조하여 상기 측정된 키온 전압(V_{KO})과 키온 방전 전압(V_{KOD})으로부터 이차 전지의 충전 상태를 추정하는 로직을 포함할 수 있다.

[189] 일 예시로, 상기 제어 로직은, 상기 측정된 키온 전압(V_{KO}) 및 키온 방전 전압(V_{KOD})과 매칭되는 $V_{initial}$ 및 V_{final} 데이터를 룩업 테이블에서 식별하고 식별된 $V_{initial}$ 및 V_{final} 에 대응되는 충전 상태를 식별하는 것에 의해 이차 전지의 충전 상태를 추정하는 로직을 포함할 수 있다.

[190] 다른 예시로서, 상기 제어 로직은, 상기 측정된 키온 전압(V_{KO})과 키온 방전 전압(V_{KOD})을 룩업 함수의 입력 값으로 대입하여 출력 값으로 충전 상태를 얻는 것에 의해 이차 전지의 충전 상태를 추정할 수 있다.

[191] 상기 제어 로직은, 또한 키온 전압(V_{KO})이 전압 이완 현상이 생기는 이차 전지의 고유 전압 범위에 속하는지 여부를 판별하고, 상기 키온 전압(V_{KO})이 고유 전압 범위에 속하는 조건이 성립될 때, 상술한 로직들을 이용하여 이차 전지의 충전 상태를 추정할 수 있다.

[192] 상기 제어 로직은, 또한 상기 추정된 충전 상태를 저장 유닛(160)에 저장하는 로직 및/또는 상기 추정된 충전 상태를 표시 유닛(150)을 통해 출력하는 로직 및/또는 상기 추정된 충전 상태를 외부의 다른 제어 장치로 출력하는 로직을 더 포함할 수 있다. 상기 다른 제어 장치는, 이차 전지(110)가 전기 구동 자동차에 사용될 때, 엔진 등 자동차에 탑재된 부품을 전자적으로 제어하는 중앙 컴퓨터 장치일 수 있다.

[193] 상기 제어 유닛(130)은, 상술한 다양한 제어 로직들을 실행하기 위해 당업계에 알려진 프로세서, ASIC(application-specific integrated circuit), 다른 칩셋, 논리 회로, 레지스터, 통신 모듈, 데이터 처리 장치 등을 선택적으로 포함할 수 있다. 또한, 상기 제어 로직이 소프트웨어로 구현될 때, 상기 제어 유닛(130)은 프로그램 모듈의 집합으로 구현될 수 있다. 이 때, 프로그램 모듈은 메모리에 저장되고, 프로세서에 의해 실행될 수 있다. 상기 메모리는 프로세서 내부 또는 외부에 있을 수 있고, 잘 알려진 다양한 유닛으로 프로세서와 연결될 수 있다. 또한, 상기 메모리는 본 출원의 저장 유닛(160)에 포함될 수 있다. 또한, 상기 메모리는 디바이스의 종류에 상관 없이 정보가 저장되는 디바이스를 총칭하는 것으로서 특정 메모리 디바이스를 지칭하는 것은 아니다.

[194] 또한, 상기 제어 유닛(130)의 상술한 제어 로직들은 적어도 하나 이상이 조합되고, 조합된 제어 로직들은 컴퓨터가 읽을 수 있는 코드 체계로 작성되어 컴퓨터가 읽을 수 있는 기록매체에 수록될 수 있다. 상기 기록매체는 컴퓨터에 포함된 프로세서에 의해 접근이 가능한 것이라면 그 종류에 특별한 제한이 없다. 일 예시로서, 상기 기록매체는 ROM, RAM, 레지스터, CD-ROM, 자기 테이프, 하드 디스크, 플로피디스크 및 광 데이터 기록장치를 포함하는 군에서 선택된 적어도 하나 이상을 포함한다. 또한, 상기 코드 체계는 캐리어 신호로 변조되어

특정한 시점에 통신 캐리어에 포함될 수 있고, 네트워크로 연결된 컴퓨터에 분산되어 저장되고 실행될 수 있다. 또한, 상기 조합된 제어 로직들을 구현하기 위한 기능적인 프로그램, 코드 및 코드 세그먼트들은 본 출원이 속하는 기술분야의 프로그래머들에 의해 용이하게 추론될 수 있다.

- [195] 이하에서는, 상술한 장치를 이용하여 혼합 양극재가 포함된 이차 전지의 충전 상태를 추정하는 방법을 구체적으로 설명하기로 한다.
- [196] 도 14는, 본 출원의 실시예에 따른 혼합 양극재를 포함하는 이차 전지의 충전 상태 추정 방법을 도시한 순서도이다.
- [197] 도 13과 도 14를 함께 참조하면, 상기 제어 유닛(130)은, 일정한 시간 간격으로 이차 전지(110)가 탑재된 장치가 키 온 상태가 되었는지 판단한다(S10). 이러한 판단을 위해, 상기 제어 유닛(130)은, 이차 전지(110)가 탑재된 장치의 중앙 컴퓨터 장치로부터 키 온 상태를 나타내는 전기적 신호를 수신할 수 있고, 상기 전기적 신호의 수신 여부에 따라 단계 S10의 로직을 실행할 수 있다.
- [198] 상기 제어 유닛(130)은, 이차 전지(110)가 탑재된 장치가 키 온 상태가 되었다고 판단되면, 센서(120)을 이용하여 이차 전지(110)의 키온 전압(V_{KO})을 측정하여 저장 유닛(160)에 저장한다(S20). 여기서, 키온 전압(V_{KO})이 측정되는 시점은 적어도 키온 방전에 의해 방전 전류가 흐르기 시작하는 시점보다 빠르다. 그리고, 키온 전압(V_{KO})이 측정된 이후에는 키온 방전에 의해 짧은 시간 동안 작은 크기의 전류가 이차 전지(110)로부터 부하(140) 측으로 흐른다.
- [199] 다음으로, 상기 제어 유닛(130)은, 키온 전압(V_{KO})을 측정한 직후에 센서(120)을 이용하여 이차 전지(110)로부터 부하(140) 측으로 흐르는 방전 전류의 크기를 모니터링하고 방전 전류의 크기가 실질적으로 0이 되는지 판단한다(S30).
- [200] 상기 제어 유닛(130)은, 방전 전류의 크기가 실질적으로 0이 되었다고 판단되면, 센서(120)을 통해 이차 전지(110)의 키온 방전 전압(V_{KOD})을 측정하여 저장 유닛(160)에 저장한다(S40).
- [201] 상기 제어 유닛(130)은, 상기 키온 방전 전압(V_{KOD})의 측정이 완료되면, 상기 저장 유닛(160)에 저장된 키온 전압(V_{KO}) 및 키온 방전 전압(V_{KOD})을 읽는다(S50).
- [202] 이어서, 상기 제어 유닛(130)은, 상기 저장 유닛(160)에 미리 저장되어 있는 키온 전압(V_{KO}) 및 키온 방전 전압(V_{KOD})과 충전 상태 사이의 미리 정의된 상관 관계에 관한 데이터를 이용하여 상기 측정된 키온 전압(V_{KO}) 및 키온 방전 전압(V_{KOD})에 대응하는 이차 전지의 충전 상태를 추정한다(S60). 여기서, 상기 상관 관계에 관한 데이터는 룩업 테이블 또는 룩업 함수일 수 있다.
- [203] 일 예시로, 상기 제어 유닛(130)은, 상기 측정된 키온 전압(V_{KO}) 및 키온 방전 전압(V_{KOD})과 매칭되는 $V_{initial}$ 및 V_{final} 데이터를 룩업 테이블에서 식별하고 식별된 $V_{initial}$ 및 V_{final} 에 대응되는 충전 상태를 식별하는 것에 의해 이차 전지의 충전 상태를 추정할 수 있다.
- [204] 다른 예시로서, 상기 제어 로직은, 상기 측정된 키온 전압(V_{KO})과 상기 측정된 키온 방전 전압(V_{KOD})을 룩업 함수의 입력 값으로 대입하여 출력 값으로서 충전

상태를 얻는 것에 의해 충전 상태를 추정할 수 있다.

- [205] 도면에 도시하지 않았지만, 상기 제어 유닛(130)은, 상기 추정된 충전 상태를 저장 유닛(160)에 저장하는 로직 및/또는 상기 추정된 충전 상태를 표시 유닛(150)을 통해 그래픽 인터페이스로 출력하는 로직 및/또는 상기 추정된 충전 상태를 외부의 다른 제어 장치로 출력하는 로직을 더 실행할 수 있다.
- [206] 기 제어 유닛(130)은 가장 최근에 추정된 이차 전지의 충전 상태를 새롭게 추정된 충전 상태로 갱신할 수 있다. 상기 가장 최근에 추정된 이차 전지의 충전 상태는 저장 유닛(160)에 저장되어 있음은 자명하다.
- [207] 상기와 같이 충전 상태가 갱신되면, 충전 상태가 갱신되기 전까지 충전 상태를 반복적으로 계산하면서 누적된 오차가 모두 제거될 수 있다.
- [208] 한편, 상기 제어 유닛(130)은, 단계 S60을 진행하기 전에, 상기 측정된 키온 전압(V_{KO})이 이차 전지가 전압 이완 현상을 일으키는 고유 전압 대역에 속하는지 여부를 판별할 수 있다. 그리고, 상기 제어 유닛(130)은 상기 측정된 키온 전압(V_{KO})이 이차 전지가 전압 이완 현상을 일으키는 고유 전압 대역에 속하는 조건이 성립될 때, 단계 S60을 실행할 수 있다.
- [209] 상술한 실시 예에서, 이차 전지(110)가 탑재된 장치가 키 온 상태가 되었을 때 유발되는 키온 방전은 이차 전지(110)와 부하(140)가 전기적으로 연결되는 과정에서 자연적으로 유발되는 것으로 설명하였다. 하지만, 상기 키온 방전이 반드시 자연적으로 유발되는 방전에 한정되는 것은 아니다. 따라서 상기 키온 방전은 의도적으로도 유발될 수 있다. 이를 위해, 상기 충전 상태 추정 장치(100)는 방전 유닛(예: 저항)을 더 포함할 수 있다. 그리고, 상기 제어 유닛(130)은 키온 방전 전압(V_{KOD})을 측정하기 위해 키온 방전과 실질적으로 동일한 방전 조건으로 이차 전지(110)가 방전될 수 있도록 상기 방전 유닛과 이차 전지(110)를 짧은 시간 동안 연결할 수 있다. 상기 방전 유닛과 이차 전지(110)가 연결되는 시점은 이차 전지(110)가 탑재된 장치가 키 온 상태가 된 이후에 적절하게 선택될 수 있다.
- [210] 한편, 키온 방전 전압(V_{KOD})과 V_{final} 은 키온 방전이 실질적으로 종료되었을 때 측정한 이차 전지(110)의 전압으로만 한정되지 않는다. 상기 키온 방전 전압은, 상기 키온 방전이 이루어지는 동안 이차 전지의 전압이 떨어졌다가 전압 이완 프로파일로 회귀할 때까지 나타나는 전압 변화 패턴 중에서 미리 정의된 시점에서 측정된 전압이라면 특별히 제한되지 않기 때문이다. 따라서 키온 방전 전압(V_{KOD})과 V_{final} 이 측정되는 조건은 여러 가지 변형이 가능하다.
- [211] 일 예로, 키온 방전이 개시된 후 미리 정한 시간(예: 10초)이 경과된 이후에 측정한 전압을 키온 방전 전압(V_{KOD})과 V_{final} 로서 사용할 수 있다. 다른 예로, 키온 방전이 완료된 후 미리 정한 시간(예: 5초)이 경과된 이후에 측정한 전압을 키온 방전 전압(V_{KOD})과 V_{final} 로서 사용할 수 있다. 또 다른 예로, 키온 방전에 의해 생긴 이차 전지(110)의 전압 변화가 끝났을 때(즉, 이차 전지의 전압이 전압 이완 프로파일로 회귀하였을 때) 측정한 전압을 키온 방전 전압(V_{KOD})과 V_{final} 로서

사용할 수 있다. 또 다른 예로, 키온 방전에 의해 생긴 이차 전지(110)의 전압 변화 패턴에서 극소점이 형성될 때 측정된 전압을 키온 방전 전압(V_{KOD})과 V_{final} 로서 사용할 수 있다. 또 다른 예로, 키온 방전에 의해 생긴 이차 전지(110)의 전압 변화 패턴에서 단위 시간 당 전압 변화가 가장 클 때 측정된 전압을 키온 방전 전압(V_{KOD})과 V_{final} 로서 사용할 수 있다.

- [212] 본 발명은, 양극에 단일 양극재를 포함하고 있는 이차 전지의 충전 상태를 추정하는 데에도 적용이 가능하다. 즉, 단일 양극재를 포함하는 이차 전지가 방전을 하다가 무 부하 상태로 전환되면, 도 10에 도시된 것과 유사하게 이차 전지의 전압이 평형 전압까지 서서히 상승한다. 그리고, 이차 전지의 전압이 평형 전압까지 상승하는 패턴은 이차 전지의 상태에 따라서 달라진다. 따라서, 단일 양극재를 포함하는 이차 전지에 대해서도 이차 전지가 무 부하 상태에서 짧은 시간 동안 방전(예컨대, 키온 방전)을 하는 과정에서 측정된 방전 시작 전압($V_{initial}$)과 방전 종료 전압(V_{final})을 측정하면, 상기 방전 시작 전압($V_{initial}$) 및 상기 방전 종료 전압(V_{final})과 충전 상태 사이의 미리 정의된 대응 관계로부터 상기 측정된 방전 시작 전압($V_{initial}$) 및 방전 종료 전압(V_{final})에 대응하는 충전 상태를 추정할 수 있다. 여기서, 상기 미리 정의된 대응 관계는 전술한 바와 같이 룩업 테이블 또는 룩업 함수일 수 있다.
- [213] 본 출원에 있어서, 상기 이차 전지는 혼합 양극재가 포함된 양극, 음극재가 포함된 음극 및 분리막을 포함할 수 있다.
- [214] 일 실시예에서, 상기 양극은, 전도성 물질로 이루어진 얇은 판상의 금속 집전체와, 상기 혼합 양극재가 함유되고 상기 금속 집전체의 적어도 일 면에 코팅된 양극재 코팅층을 포함할 수 있다.
- [215] 상기 금속 집전체는 화학적인 안정성이 있고 전도성이 높은 재질로 이루어진다. 일 예로, 상기 금속 집전체는, 알루미늄, 스테인레스 스틸, 니켈, 티탄, 소성 탄소 등으로 이루어질 수 있다. 다른 예로, 상기 금속 집전체는, 표면에 카본, 니켈, 티탄, 은 등이 코팅된 알루미늄 또는 스테인레스 스틸로 이루어질 수 있다.
- [216] 상기 양극재 코팅층은 상기 혼합 양극재 이외에 도전제와 바인더 등의 첨가물을 더 포함할 수 있다.
- [217] 상기 도전제는 혼합 양극재의 전기 전도도를 향상시킬 수 있는 물질이라면 그 종류가 특별히 제한되지 않는데, 비제한적인 예시로서 흑연, 카본블랙, 아세틸렌 블랙, 케첸 블랙, 수퍼-P, 탄소 나노 튜브 등 다양한 도전성 탄소재가 사용될 수 있다.
- [218] 상기 바인더는 혼합 양극재를 구성하는 입자들 상호 간의 긴밀한 물리적 접합과 혼합 양극재와 금속 집전체의 긴밀한 계면 접합을 가능하게 하는 물질이라면 그 종류가 특별히 제한되지 않는다. 비제한적인 예시로서, 비닐리덴플루오라이드-헥사 플루오로프로 필렌코폴리머(PVDF-co-HFP), 폴리비닐리덴 플루오라이드(polyvinylidenefluoride),

폴리아크릴로니트릴(polyacrylonitrile), 폴리메틸 메타크릴레이트(polymethylmethacrylate) 등의 다양한 종류의 고분자가 바인더로서 사용될 수 있다.

- [219] 일 실시예에서, 상기 음극은, 전도성 물질로 이루어진 얇은 판상의 금속 집전체와, 음극재가 함유되고 상기 금속 집전체의 적어도 일 면에 코팅된 음극재 코팅층을 포함할 수 있다.
- [220] 상기 금속 집전체는 화학적인 안정성이 있고 전도성이 높은 재질로 이루어진다. 일 예로, 상기 금속 집전체는, 구리, 알루미늄, 스테인레스 스틸, 니켈, 티탄, 소성 탄소 등으로 이루어질 수 있다. 다른 예로, 상기 금속 집전체는, 표면에 카본, 니켈, 티탄, 은 등이 코팅된 구리 또는 스테인레스 스틸이나 알루미늄-카드뮴 합금으로 이루어질 수 있다.
- [221] 상기 음극재는 상기 혼합 양극재와 산화 환원 전위(Redox potential)가 다르고 충전 과정에서는 작동 이온이 삽입되고 방전 과정에서는 작동 이온을 탈리시키는 작용을 할 수 있는 것이라면 그 종류에 특별한 제한이 없다.
- [222] 상기 음극재의 비제한적인 예시로는, 탄소재, 리튬금속, 규소 또는 주석 등을 사용할 수 있으며, 전위가 2V 미만인 TiO_2 , SnO_2 와 같은 금속 산화물도 사용 가능하다. 바람직하게는 탄소재를 사용할 수 있는데, 탄소재로는 저결정 탄소, 고결정성 탄소 등이 모두 사용될 수 있다. 저결정성 탄소로는 연화탄소(soft carbon) 및 경화탄소(hard carbon)가 대표적이며, 고결정성 탄소로는 천연 흑연, 인조 흑연, 키시흑연(Kish graphite), 열분해 탄소(pyrolytic carbon), 액정 피치계 탄소섬유(mesophase pitch based carbon fiber), 탄소 미소구체(meso-carbon microbeads), 액정피치(Mesophase pitches), 석유계 코크스(petroleum derived cokes), 및 석탄계 코크스(tar pitch derived cokes) 등의 고온 소성탄소가 대표적이다.
- [223] 상기 음극재 코팅층은 음극재 이외에 도전제와 바인더 등의 첨가물을 더 포함할 수 있다. 상기 도전제와 바인더로는, 양극재 코팅층에 포함되는 도전제와 바인더로 사용될 수 있는 물질이 사용될 수 있다.
- [224] 상기 분리막은 상기 양극과 음극을 전기적으로 분리하고 작동 이온의 이동을 매개하기 위한 기공 구조를 가진 것이라면 그 종류에 특별한 제한이 없다.
- [225] 일 예시로서, 상기 분리막은 다공성 고분자 필름, 예를 들어 에틸렌 단독중합체, 프로필렌 단독중합체, 에틸렌/부텐 공중합체, 에틸렌/헥센 공중합체, 에틸렌/메타크릴레이트 공중합체 등과 같은 폴리올레핀계 고분자로 제조한 다공성 고분자 필름을 단독으로 또는 이들을 적층하여 사용할 수 있다. 다른 예시로서, 상기 분리막은 통상적인 다공성 부직포, 예를 들어 고융점의 유리 섬유, 폴리에틸렌테레프탈레이트 섬유 등으로 된 부직포를 사용할 수 있다.
- [226] 한편, 상기 분리막의 적어도 한 쪽 표면에는 무기물 입자의 코팅층을 포함할 수 있다. 또한 상기 분리막 자체가 무기물 입자의 코팅층으로 이루어지는 것도 가능하다. 상기 코팅층을 구성하는 입자들은 인접하는 입자 사이 사이에

인터스티셜 볼륨(interstitial volume)이 존재하도록 바인더와 결합된 구조를 가질 수 있다. 이러한 구조는 PCT 공개 공보 WO/2006/025662에 개시되어 있고, 상기 PCT 공개 공보는 본 명세서의 일부로서 통합될 수 있다. 상기 무기물 입자는 유전율이 5이상인 무기물로 이루어질 수 있다. 비제한적인 예시로서, 상기 무기물 입자는 $\text{Pb}(\text{Zr}, \text{Ti})\text{O}_3$ (PZT), $\text{Pb}_{1-x}\text{La}_x\text{Zr}_{1-y}\text{Ti}_y\text{O}_3$ (PLZT), $\text{PB}(\text{Mg}_3\text{Nb}_{2/3})\text{O}_3\text{-PbTiO}_3$ (PMN-PT), BaTiO_3 , hafnia (HfO_2), SrTiO_3 , TiO_2 , Al_2O_3 , ZrO_2 , SnO_2 , CeO_2 , MgO , CaO , ZnO 및 Y_2O_3 로 이루어진 군에서 선택된 적어도 하나 이상의 물질을 포함할 수 있다.

- [227] 상기 이차 전지는 또한 작동 이온이 포함된 전해질을 더 포함할 수 있다. 상기 전해질은 작동 이온을 포함하여 작동 이온을 매개로 양극과 음극에서 전기 화학적인 산화 또는 환원 반응을 일으킬 수 있는 것이라면 그 종류에 특별한 제한이 없다.
- [228] 비제한적인 예시로서, 상기 전해질은 A^+B^- 와 같은 구조를 갖는 염일 수 있다. 여기서, 상기 A^+ 는 Li^+ , Na^+ , K^+ 와 같은 알칼리 금속 양이온이나 이들의 조합으로 이루어진 이온을 포함한다. 그리고 B^- 는 F^- , Cl^- , Br^- , I^- , NO_3^- , $\text{N}(\text{CN})_2^-$, BF_4^- , ClO_4^- , AlO_4^- , AlCl_4^- , PF_6^- , SbF_6^- , AsF_6^- , $\text{BF}_2\text{C}_2\text{O}_4^-$, BC_4O_8^- , $(\text{CF}_3)_2\text{PF}_4^-$, $(\text{CF}_3)_3\text{PF}_3^-$, $(\text{CF}_3)_4\text{PF}_2^-$, $(\text{CF}_3)_5\text{PF}^-$, $(\text{CF}_3)_6\text{P}^+$, CF_3SO_3^- , $\text{C}_4\text{F}_9\text{SO}_3^-$, $\text{CF}_3\text{CF}_2\text{SO}_3^-$, $(\text{CF}_3\text{SO}_2)_2\text{N}^-$, $(\text{FSO}_2)_2\text{N}^-$, $\text{CF}_3\text{CF}_2(\text{CF}_3)_2\text{CO}^-$, $(\text{CF}_3\text{SO}_2)_2\text{CH}^-$, $(\text{SF}_5)_3\text{C}^-$, $(\text{CF}_3\text{SO}_2)_3\text{C}^-$, $\text{CF}_3(\text{CF}_2)_7\text{SO}_3^-$, CF_3CO_2^- , CH_3CO_2^- , SCN^- 및 $(\text{CF}_3\text{CF}_2\text{SO}_2)_2\text{N}^-$ 로 이루어진 군에서 선택된 어느 하나 이상의 음이온을 포함한다.
- [229] 상기 전해질은 또한 유기 용매에 용해시켜 사용할 수 있다. 상기 유기 용매로는, 프로필렌 카보네이트(propylene carbonate, PC), 에틸렌 카보네이트(ethylenecarbonate, EC), 디에틸카보네이트(diethyl carbonate, DEC), 디메틸카보네이트(dimethyl carbonate, DMC), 디프로필카보네이트(dipropyl carbonate, DPC), 디메틸설프옥사이드(dimethyl sulfoxide), 아세토니트릴(acetonitrile), 디메톡시에탄(dimethoxyethane), 디에톡시에탄(diethoxyethane), 테트라하이드로퓨란(tetrahydrofuran), N-메틸-2-피롤리돈(N-methyl-2-pyrrolidone, NMP), 에틸메틸카보네이트(ethyl methyl carbonate, EMC), 감마 부티로락톤(γ -butyrolactone) 또는 이들의 혼합물이 사용될 수 있다.
- [230] 일 실시예에서, 상기 이차 전지는 상기 양극, 음극 및 분리막을 밀봉하는 포장재를 더 포함할 수 있다. 상기 양극, 음극 및 분리막이 포장재에 의해 밀봉될 경우 상기 양극 및 음극은 각각 양극 단자 및 음극 단자와 접합될 수 있고 상기 양극 단자 및 음극 단자는 포장재 외부로 인출될 수 있다. 경우에 따라, 포장재가 전극 단자로 기능하는 경우, 상기 양극 단자 및 음극 단자 중 어느 하나를 포장재로 대체 가능하다. 일 예로, 상기 음극을 포장재의 내면과 전기적으로 연결하면, 포장재의 외면이 음극으로 기능할 수 있다. 상기 포장재는 화학적으로 안전성을 갖는 것이라면 그 재질에 특별한 제한이 없는데, 비제한적인 예시로서 금속, 폴리머, 연성 파우치 필름 등으로 이루어질 수 있다. 상기 연성 파우치

필름은 대표적으로 열융착 층, 알루미늄 층 및 외부 보호층이 적층된 구조를 가진 알루미늄 파우치 필름일 수 있다.

- [231] 상기 이차 전지의 외형은 포장재의 구조에 의해 결정된다. 포장재의 구조는 당업계에서 사용되는 것이 채택될 수 있고, 전지의 용도에 따른 외형에 특별한 제한이 없다. 비제한적인 예시로서, 상기 포장재의 외형은 캔을 사용한 원통형, 각형, 파우치형, 코인형 등의 구조를 가질 수 있다.
- [232] 상기 이차 전지는 적어도 양극/분리막/음극의 적층 구조를 포함하는 단위 셀이 조립된 전극 조립체를 포함한다. 상기 단위 셀은 당업계에 공지된 다양한 구조를 가질 수 있는데, 일 예시로서, 최 외곽 전극의 극성이 동일한 바이 셀 또는 최 외곽 전극의 극성이 서로 반대인 풀 셀 구조를 가질 수 있다. 상기 바이 셀은, 일 예시로서, 양극/분리막/음극/분리막/양극의 구조를 가질 수 있다. 상기 풀 셀은, 일 예시로서, 양극/분리막/음극/분리막/양극/분리막/음극의 구조를 가질 수 있다.
- [233] 상기 전극 조립체는 당업계에 공지된 다양한 구조를 가질 수 있는데, 일 예시로서 상기 단위 셀과 분리 필름을 하부에서 상부로 가면서 반복 적층한 단순 스택 구조를 가질 수 있다. 또한, 상기 전극 조립체는, 다른 예시로서, 단위 셀을 분리 필름 위에 일정한 간격으로 배치한 후 분리 필름을 단위 셀들과 함께 일정한 방향으로 말아서 형성한 스택 폴딩 구조를 가질 수 있다. 또한, 상기 전극 조립체는, 또 다른 예시로서, 일 방향으로 연장된 시트 형상으로 제조된 단위 셀을 분리 필름 위에 놓은 후 단위 셀과 분리 필름을 롤 모양으로 말아서 형성한 쉘리 롤 구조를 가질 수 있다.
- [234]
- [235] 본 출원의 다양한 실시 양태를 설명함에 있어서, '유닛'이라고 명명된 구성 요소들은 물리적으로 구분되는 요소들이라고 하기 보다 기능적으로 구분되는 요소들로 이해되어야 한다. 따라서 각각의 구성요소는 다른 구성요소와 선택적으로 통합되거나 각각의 구성요소가 제어 로직(들)의 효율적인 실행을 위해 서브 구성요소들로 분할될 수 있다. 하지만 구성요소들이 통합 또는 분할되더라도 기능의 동일성이 인정될 수 있다면 통합 또는 분할된 구성요소들도 본 출원의 범위 내에 있다고 해석되어야 함은 당업자에게 자명하다.
- [236] 이상에서 본 출원은 비록 한정된 실시예와 도면에 의해 설명되었으나, 본 출원은 이것에 의해 한정되지 않으며 본 출원이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 본 출원의 기술사상과 아래에 기재될 특허청구범위의 균등범위 내에서 다양한 수정 및 변형이 가능함은 물론이다.

청구범위

- [청구항 1] 서로 다른 동작 전압 범위를 갖는 제1양극재 및 제2양극재를 포함하는 혼합 양극재가 포함되어 있는 양극, 음극재를 포함하는 음극 및 상기 양극과 음극을 분리시키는 분리막을 포함하는 이차 전지의 충전 상태를 추정하는 장치로서, 상기 이차 전지가 소정 시간 동안 방전될 때 방전 시작 전압과 방전 종료 전압을 측정하는 센서; 및 상기 방전 시작 전압 및 상기 방전 종료 전압과 충전 상태 사이의 미리 정의된 상관 관계를 이용하여 상기 측정된 방전 시작 전압 및 상기 방전 종료 전압에 대응되는 이차 전지의 충전 상태를 추정하는 제어 유닛을 포함하는 것인, 이차 전지의 충전 상태 추정 장치.
- [청구항 2] 제1항에 있어서, 상기 방전 시작 전압은, 상기 이차 전지가 무 부하 상태에서 키온 상태가 된 직후에 측정한 키온 전압이고, 상기 방전 종료 전압은, 상기 키 온 상태에서 이차 전지가 소정 시간 동안 키온 방전되고 나서 측정한 키온 방전 전압인 것인, 이차 전지의 충전 상태 추정 장치.
- [청구항 3] 제2항에 있어서, 상기 미리 정의된 상관 관계는, 상기 키온 전압 및 상기 키온 방전 전압과 상기 충전 상태 사이의 대응 관계를 정의한 룩업 테이블인 것인, 이차 전지의 충전 상태 추정 장치.
- [청구항 4] 제2항에 있어서, 상기 미리 정의된 상관 관계는, 상기 키온 전압 및 상기 키온 방전 전압을 입력 변수로 하고, 상기 충전 상태를 출력 변수로 하는 룩업 함수인 것인, 이차 전지의 충전 상태 추정 장치.
- [청구항 5] 제3항에 있어서, 상기 룩업 테이블이 저장된 저장 유닛을 더 포함하는 것인, 이차 전지의 충전 상태 추정 장치.
- [청구항 6] 제4항에 있어서, 상기 룩업 함수가 저장된 저장 유닛을 더 포함하는 것인, 이차 전지의 충전 상태 추정 장치.
- [청구항 7] 제2항에 있어서, 상기 상관관계는 상기 키온 방전과 동일한 방전 조건을 적용하여 미리 정의된 것인, 이차 전지의 충전 상태 추정 장치.
- [청구항 8] 제2항에 있어서, 상기 키온 방전은 정전류 방전인 것인, 이차 전지의 충전 상태 추정

- 장치.
- [청구항 9] 제1항에 있어서,
상기 이차 전지와 선택적으로 연결될 수 있는 방전 유닛을 더 포함하고,
상기 제어 유닛은, 상기 이차 전지를 소정시간 동안 방전시키기 위해, 상기 방전 유닛과 상기 이차 전지를 연결하는 것인, 이차 전지의 충전 상태 추정 장치.
- [청구항 10] 제2항에 있어서,
상기 키온 방전은, 이차 전지가 키 온 상태가 되었을 때, 자동적으로 이루어지는 것인, 이차 전지의 충전 상태 추정 장치.
- [청구항 11] 제2항에 있어서,
상기 이차 전지가 무 부하 상태에 있을 때의 충전 상태는, 상기 제1양극재 및 상기 제2양극재 사이의 작동 이온 전달을 통해 전압 이완 현상을 일으키는 충전 상태 범위에 속하는 것인, 이차 전지의 충전 상태 추정 장치.
- [청구항 12] 제11항에 있어서,
상기 이차 전지가 무 부하 상태에 있는 동안, 상기 이차 전지의 전압은 상기 전압 이완 현상에서 비롯된 전압 이완 프로파일을 추종하면서 변화되는 것인, 이차 전지의 충전 상태 추정 장치.
- [청구항 13] 제12항에 있어서,
상기 키온 방전 전압은, 상기 키온 방전이 이루어지는 동안 상기 이차 전지의 전압이 떨어졌다가 전압 이완 프로파일로 회귀할 때까지 나타나는 전압 변화 패턴으로부터 선택된 전압인 것인, 이차 전지의 충전 상태 추정 장치.
- [청구항 14] 제13항에 있어서,
상기 키온 방전 전압은, 상기 키온 방전이 완료되었을 때 측정된 전압, 키온 방전이 개시된 후 미리 정한 시간이 경과되었을 때 측정된 전압, 키온 방전이 완료된 후 미리 정한 시간이 경과되었을 때 측정된 전압, 이차 전지의 전압이 상기 전압 이완 프로파일로 회귀하였을 때 측정된 전압, 키온 방전에 의해 생긴 이차 전지의 전압 변화 패턴에서 극소점이 형성될 때 측정된 전압, 또는 키온 방전에 의해 생긴 이차 전지의 전압 변화 패턴에서 단위 시간 당 전압 변화가 가장 클 때 측정된 전압인 것인, 이차 전지의 충전 상태 추정 장치.
- [청구항 15] 제1항에 있어서,
상기 추정된 충전 상태를 그래픽 인터페이스로 표시하는 표시 유닛을 더 포함하고,
상기 제어 유닛은, 추정된 충전 상태를 상기 표시 유닛으로

- 출력하는 것인, 이차 전지의 충전 상태 추정 장치.
- [청구항 16] 제1항에 있어서,
상기 추정된 충전 상태가 저장되는 저장 유닛을 더 포함하고,
상기 제어 유닛은 상기 추정된 충전 상태를 상기 저장 유닛에 저장하는 것인, 이차 전지의 충전 상태 추정 장치.
- [청구항 17] 제1항에 있어서,
상기 제어 유닛은, 상기 추정된 충전 상태를 외부로 출력하는 것인,
이차 전지의 충전 상태 추정 장치.
- [청구항 18] 서로 다른 동작 전압 범위를 갖는 제1양극재 및 제2양극재를 포함하는 혼합 양극재가 포함되어 있는 양극, 음극재를 포함하는 음극 및 상기 양극과 음극을 분리시키는 분리막을 포함하는 이차 전지의 충전 상태를 추정하는 장치로서,
상기 이차 전지의 전압이 무 부하 상태에서 평형 상태 전압에 도달되기 전에 소정 시간 동안 방전될 때 방전 시작 전압과 방전 종료 전압을 측정하는 센서; 및
상기 방전 시작 전압 및 상기 방전 종료 전압과 충전 상태 사이의 미리 정의된 상관 관계를 이용하여 상기 측정된 방전 시작 전압 및 상기 방전 종료 전압에 대응되는 이차 전지의 충전 상태를 추정하는 제어 유닛을 포함하는 것인, 이차 전지의 충전 상태 추정 장치.
- [청구항 19] 이차 전지의 충전 상태를 추정하는 장치에 있어서,
상기 이차 전지의 전압이 무 부하 상태에서 평형 상태 전압에 도달되기 전에 소정 시간 동안 방전될 때 상기 이차 전지의 방전 시작 전압과 방전 종료 전압을 측정하는 센서; 및
상기 방전 시작 전압 및 상기 방전 종료 전압과 충전 상태 사이의 미리 정의된 상관 관계를 이용하여 상기 측정된 방전 시작 전압 및 상기 방전 종료 전압에 대응되는 이차 전지의 충전 상태를 추정하는 제어 유닛을 포함하는 것인, 이차 전지의 충전 상태 추정 장치.
- [청구항 20] 제1항 내지 제19항 중 어느 한 항에 따른 이차 전지의 충전 상태 추정 장치를 포함하는 전기 구동 장치.
- [청구항 21] 서로 다른 동작 전압 범위를 갖는 제1양극재 및 제2양극재를 포함하는 혼합 양극재가 포함되어 있는 양극, 음극재를 포함하는 음극 및 상기 양극과 음극을 분리시키는 분리막을 포함하는 이차 전지의 충전 상태를 추정하는 방법으로서,
상기 이차 전지가 소정 시간 동안 방전될 때 방전 시작 전압과 방전 종료 전압을 측정하는 단계; 및
상기 방전 시작 전압 및 상기 방전 종료 전압과 충전 상태 사이의

미리 정의된 상관 관계를 이용하여 상기 측정된 방전 시작 전압 및 상기 방전 종료 전압에 대응되는 이차 전지의 충전 상태를 추정하는 단계;를 포함하는 것인, 이차 전지의 충전 상태 추정 방법.

[청구항 22]

제21항에 있어서,
상기 방전 시작 전압은, 상기 이차 전지가 무 부하 상태에서 키 온 상태가 된 직후에 측정한 키 온 전압이고,
상기 방전 종료 전압은, 상기 키 온 상태에서 이차 전지가 소정 시간 동안 키 온 방전되고 나서 측정한 키 온 방전 전압인 것인, 이차 전지의 충전 상태 추정 방법.

[청구항 23]

제22항에 있어서, 상기 충전 상태를 추정하는 단계는,
상기 키 온 전압 및 상기 키 온 방전 전압과 상기 충전 상태 사이의 대응 관계를 미리 정의한 룩업 테이블을 사용하여 이차 전지의 충전 상태를 추정하는 것인, 이차 전지의 충전 상태 추정 방법.

[청구항 24]

제22항에 있어서, 상기 충전 상태를 추정하는 단계는,
상기 키 온 전압 및 상기 키 온 방전 전압을 입력 변수로 하고, 상기 충전 상태를 출력 변수로 하는 룩업 함수를 이용하여 이차 전지의 충전 상태를 추정하는 것인, 이차 전지의 충전 상태 추정 방법.

[청구항 25]

제21항에 있어서,
상기 상관관계는 상기 이차 전지가 소정 시간 동안 방전될 때의 방전 조건을 적용하여 미리 정의된 것인, 이차 전지의 충전 상태 추정 방법.

[청구항 26]

제22항에 있어서,
상기 키 온 방전을 위해, 상기 이차 전지를 방전 유닛과 연결하는 단계를 더 포함하는 것인, 이차 전지의 충전 상태 추정 방법.

[청구항 27]

제22항에 있어서,
상기 키 온 방전은, 이차 전지가 키 온 상태가 되었을 때, 자동적으로 이루어지는 것인, 이차 전지의 충전 상태 추정 방법.

[청구항 28]

제22항에 있어서,
상기 이차 전지가 무 부하 상태에 있는 동안, 상기 이차 전지의 전압이 전압 이완 프로파일을 추종하면서 변화되는 단계;를 더 포함하는 것인, 이차 전지의 충전 상태 추정 방법.

[청구항 29]

제28항에 있어서,
상기 키 온 방전 전압은, 상기 키 온 방전이 이루어지는 동안 상기 이차 전지의 전압이 떨어졌다가 전압 이완 프로파일로 회귀할 때까지의 시간 구간에서 측정하는 것인, 이차 전지의 충전 상태 추정 방법.

[청구항 30]

제29항에 있어서,

상기 키온 방전 전압은, 상기 키온 방전이 완료되었을 때 측정된 전압, 키온 방전이 개시된 후 미리 정한 시간이 경과되었을 때 측정된 전압, 키온 방전이 완료된 후 미리 정한 시간이 경과되었을 때 측정된 전압, 이차 전지의 전압이 상기 전압 이완 프로파일로 회귀하였을 때 측정된 전압, 키온 방전에 의해 생긴 이차 전지의 전압 변화 패턴에서 극소점이 형성될 때 측정된 전압, 또는 키온 방전에 의해 생긴 이차 전지의 전압 변화 패턴에서 단위 시간 당 전압 변화가 가장 클 때 측정된 전압인 것인, 이차 전지의 충전 상태 추정 방법.

[청구항 31]

제21항에 있어서,
상기 추정된 충전 상태를 그래픽 인터페이스로 표시하는 단계를 더 포함하는 것인, 이차 전지의 충전 상태 추정 방법.

[청구항 32]

제21항에 있어서,
상기 추정된 충전 상태를 저장되는 단계를 더 포함하는 것인, 이차 전지의 충전 상태 추정 방법.

[청구항 33]

제21항에 있어서,
상기 추정된 충전 상태를 외부로 출력하는 단계를 더 포함하는 것인, 이차 전지의 충전 상태 추정 방법.

[청구항 34]

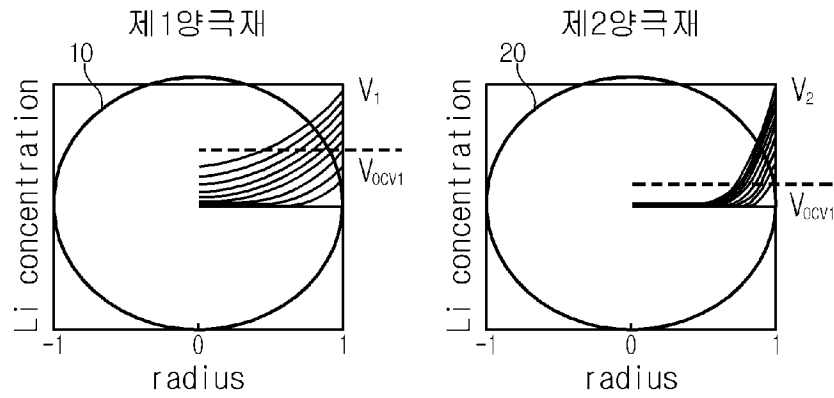
서로 다른 동작 전압 범위를 갖는 제1양극재 및 제2양극재를 포함하는 혼합 양극재가 포함되어 있는 양극, 음극재를 포함하는 음극 및 상기 양극과 음극을 분리시키는 분리막을 포함하는 이차 전지의 충전 상태를 추정하는 방법으로서,
상기 이차 전지의 전압이 무 부하 상태에서 평형 상태 전압에 도달되기 전에 소정 시간 동안 방전될 때 방전 시작 전압과 방전 종료 전압을 측정하는 단계; 및
상기 방전 시작 전압 및 상기 방전 종료 전압과 충전 상태 사이의 미리 정의된 상관 관계를 이용하여 상기 측정된 방전 시작 전압 및 상기 방전 종료 전압에 대응되는 이차 전지의 충전 상태를 추정하는 단계;를 포함하는 것인, 이차 전지의 충전 상태 추정 방법.

[청구항 35]

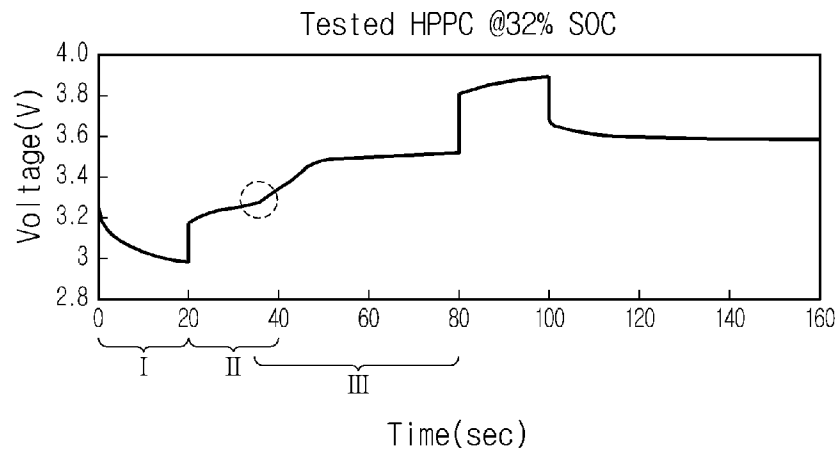
이차 전지의 충전 상태를 추정하는 방법에 있어서,
상기 이차 전지의 전압이 무 부하 상태에서 평형 상태 전압에 도달되기 전에 소정 시간 동안 방전될 때 방전 시작 전압과 방전 종료 전압을 측정하는 단계; 및
상기 방전 시작 전압 및 상기 방전 종료 전압과 충전 상태 사이의 미리 정의된 상관 관계를 이용하여 상기 측정된 방전 시작 전압 및 상기 방전 종료 전압에 대응되는 이차 전지의 충전 상태를 추정하는 단계;를 포함하는 것인, 이차 전지의 충전 상태 추정

[청구항 36] 방법.
제21항 내지 제35항 중 어느 한 항에 따른 이차 전지의 전압 추정 방법을 프로그램화하여 수록한 컴퓨터로 읽을 수 있는 기록 매체.

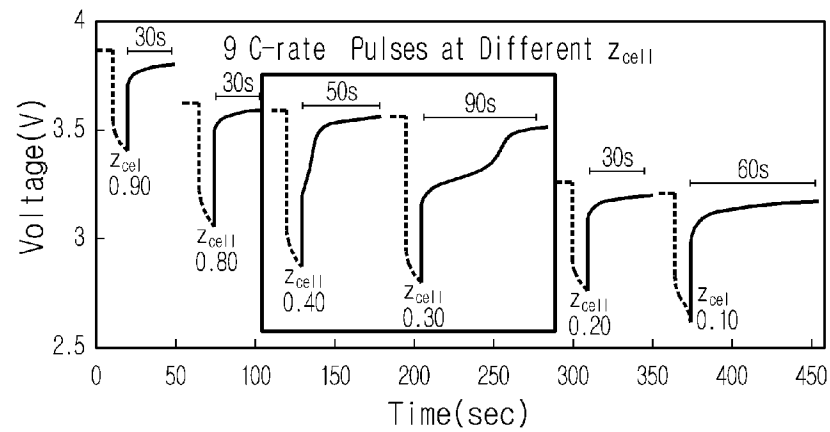
[Fig. 1]



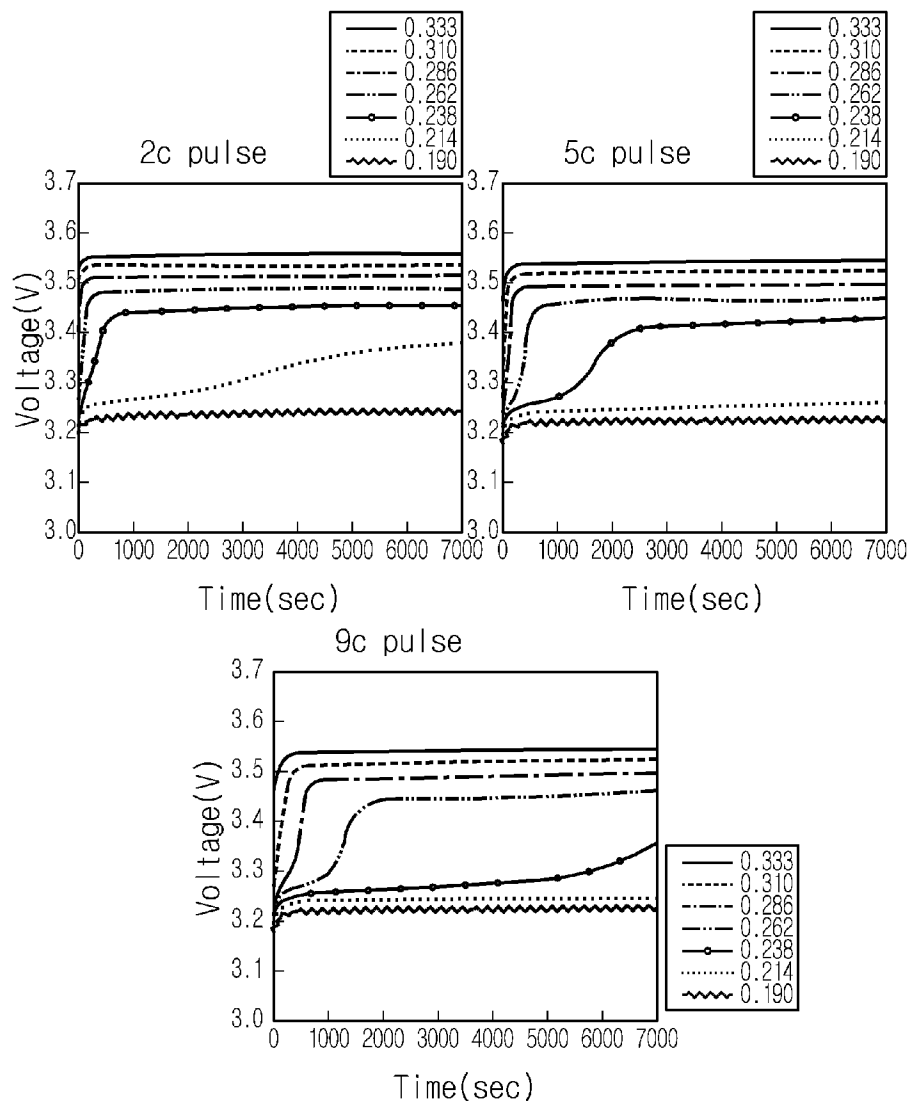
[Fig. 2]



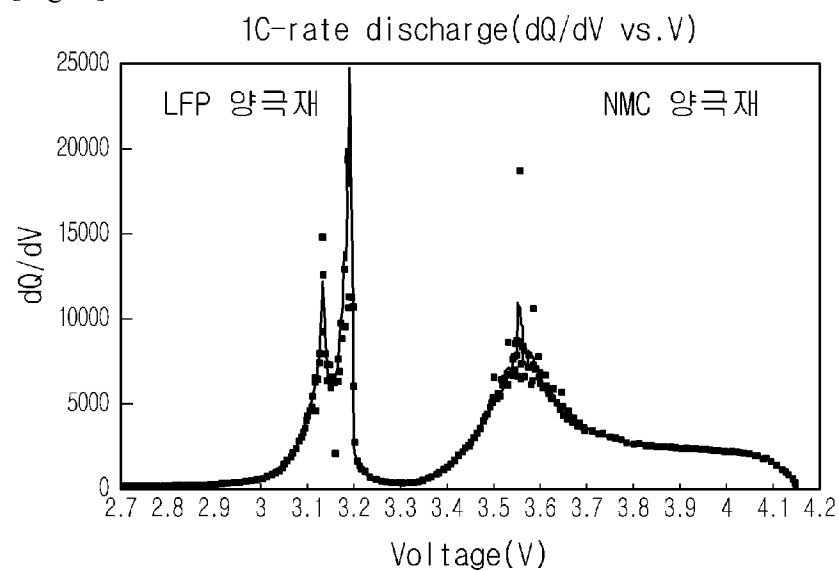
[Fig. 3]



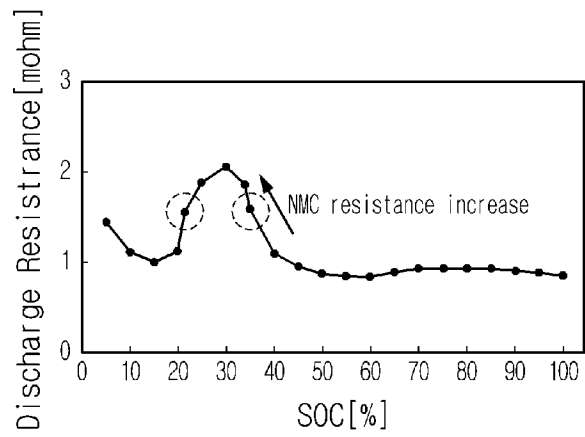
[Fig. 4]



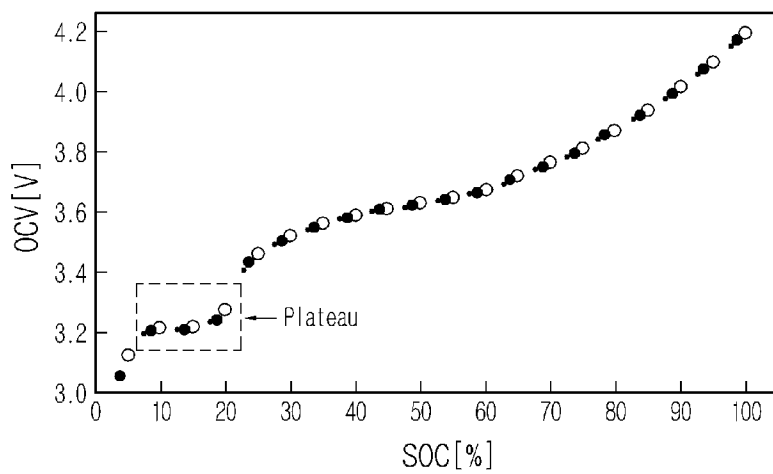
[Fig. 5]



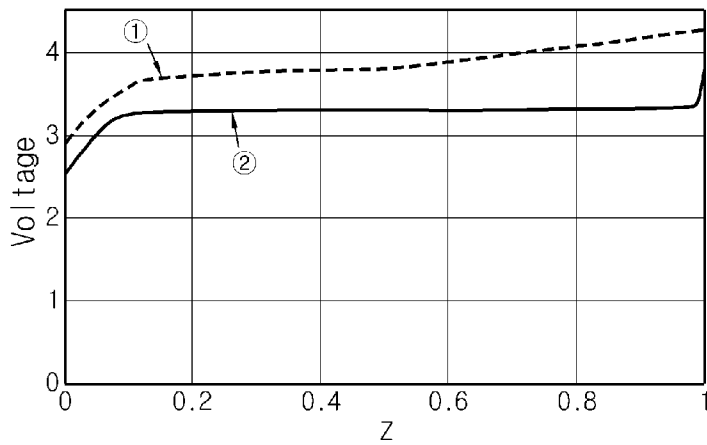
[Fig. 6]



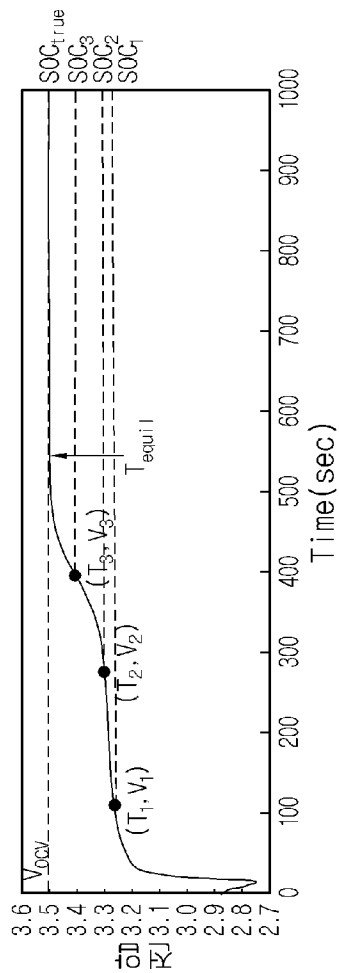
[Fig. 7]



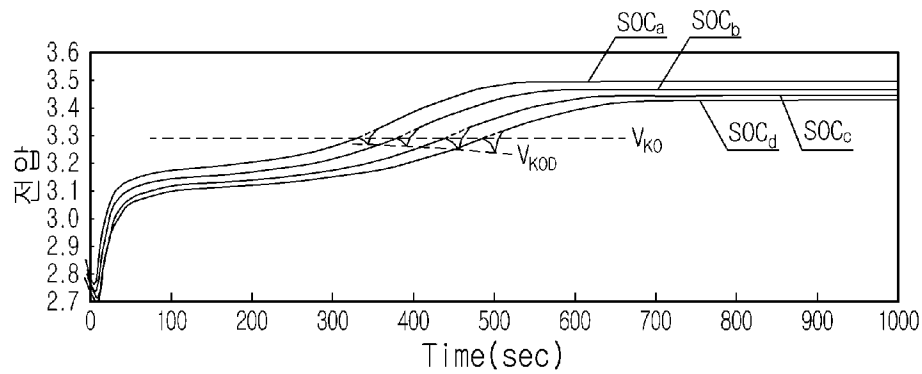
[Fig. 8]



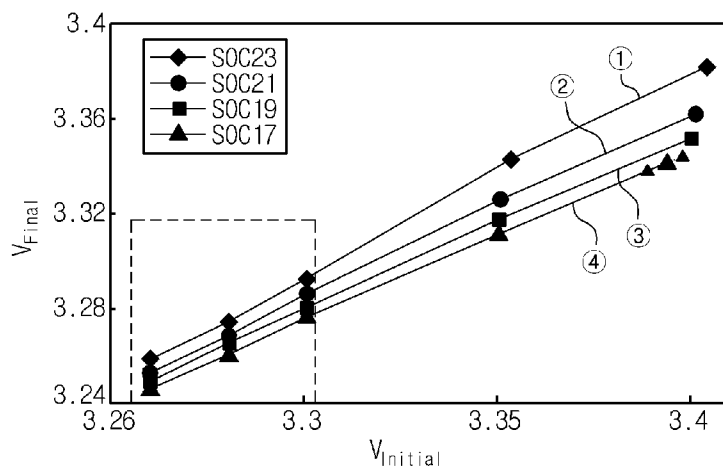
[Fig. 9]



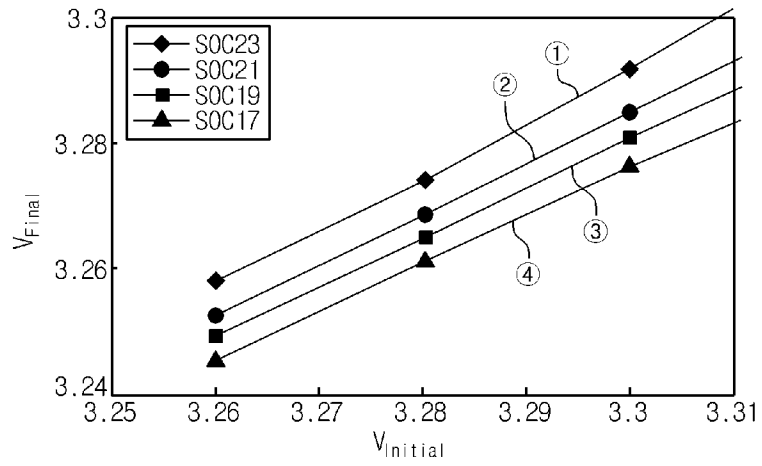
[Fig. 10]



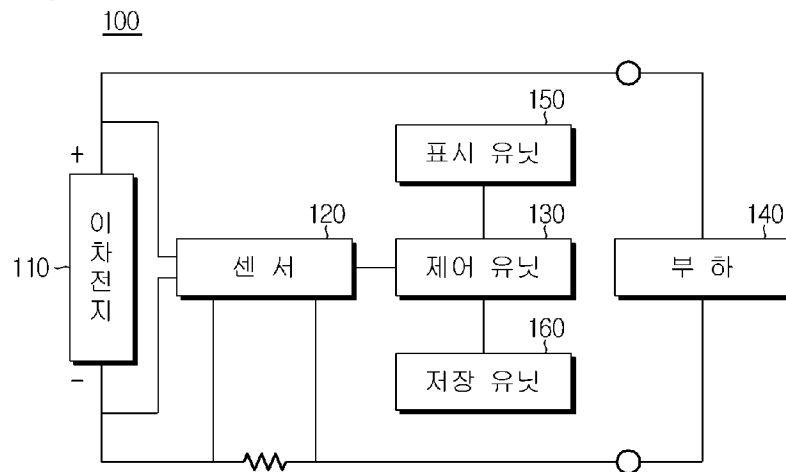
[Fig. 11]



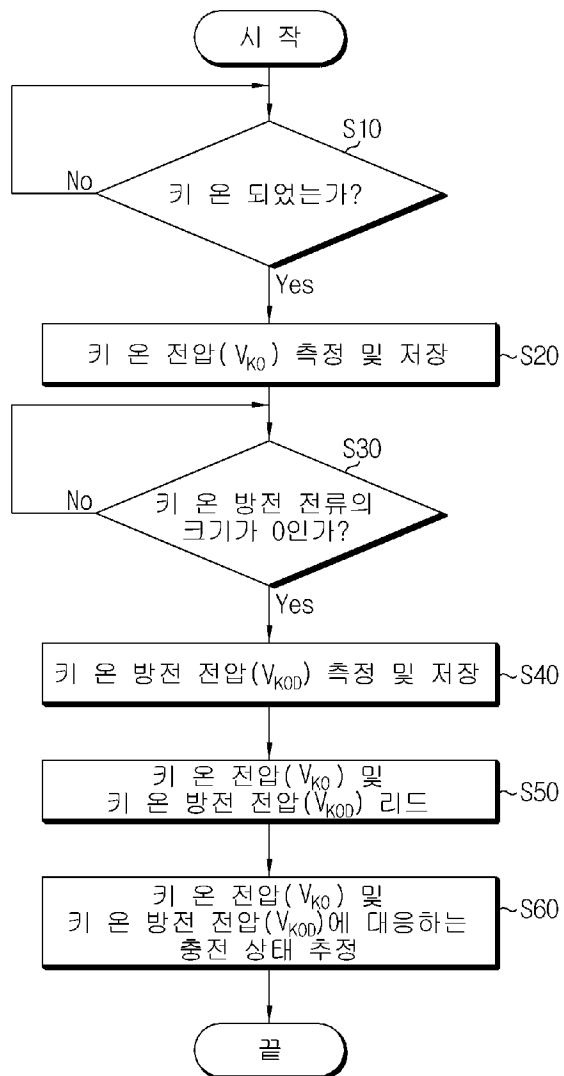
[Fig. 12]



[Fig. 13]



[Fig. 14]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/KR2013/002143**A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER****G01R 31/36(2006.01)i, H01M 10/48(2006.01)i**

According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC

B. FIELDS SEARCHED

Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols)

G01R 31/36; H01M 10/48; H01M 10/0525; H02J 7/00; H01M 4/485

Documentation searched other than minimum documentation to the extent that such documents are included in the fields searched

Korean Utility models and applications for Utility models: IPC as above

Japanese Utility models and applications for Utility models: IPC as above

Electronic data base consulted during the international search (name of data base and, where practicable, search terms used)

eKOMPASS (KIPO internal) & Keywords: secondary battery, mixing positive electrode, discharge, voltage, charge, estimation

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	KR 10-1147602 B1 (LG CHEM. LTD.) 21 May 2012 See paragraphs [0012]-[0013].	1-36
A	JP 2007-166789 A (TOYOTA MOTOR CORP. et al.) 28 June 2007 See paragraphs [0006], [0012]-[0014], [0016] and [0025].	1-36
A	JP 2003-307557 A (FURUKAWA BATTERY CO., LTD.) 31 October 2003 See claim 1; paragraphs [0006], [0010] and [0017].	1-36
A	JP 2003-151645 A (FUJITSU TEN LTD.) 23 May 2003 See claims 1, 3; paragraphs [0007], [0013], [0037] and [0043].	1-36
A	KR 10-2010-0019660 A (LG CHEM. LTD.) 19 February 2010 See claim 1; paragraphs [0016], [0018].	1-36



Further documents are listed in the continuation of Box C.



See patent family annex.

* Special categories of cited documents:

"A" document defining the general state of the art which is not considered to be of particular relevance

"E" earlier application or patent but published on or after the international filing date

"L" document which may throw doubts on priority claim(s) or which is cited to establish the publication date of another citation or other special reason (as specified)

"O" document referring to an oral disclosure, use, exhibition or other means

"P" document published prior to the international filing date but later than the priority date claimed

"T" later document published after the international filing date or priority date and not in conflict with the application but cited to understand the principle or theory underlying the invention

"X" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered novel or cannot be considered to involve an inventive step when the document is taken alone

"Y" document of particular relevance; the claimed invention cannot be considered to involve an inventive step when the document is combined with one or more other such documents, such combination being obvious to a person skilled in the art

"&" document member of the same patent family

Date of the actual completion of the international search

26 JUNE 2013 (26.06.2013)

Date of mailing of the international search report

27 JUNE 2013 (27.06.2013)

Name and mailing address of the ISA/KR

Korean Intellectual Property Office
Government Complex-Daejeon, 189 Seonsa-ro, Daejeon 302-701,
Republic of Korea

Facsimile No. 82-42-472-7140

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/KR2013/002143

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member	Publication date
KR 10-1147602 B1	21.05.2012	CN 102341939 A EP 2405510 A2 US 2012-0219840 A1 WO 2010-101395 A2	01.02.2012 11.01.2012 30.08.2012 10.09.2010
JP 2007-166789 A	28.06.2007	NONE	
JP 2003-307557 A	31.10.2003	NONE	
JP 2003-151645 A	23.05.2003	NONE	
KR 10-2010-0019660 A	19.02.2010	NONE	

A. 발명이 속하는 기술분류(국제특허분류(IPC))

G01R 31/36(2006.01)i, H01M 10/48(2006.01)i

B. 조사된 분야

조사된 최소문헌(국제특허분류를 기재)

G01R 31/36; H01M 10/48; H01M 10/0525; H02J 7/00; H01M 4/485

조사된 기술분야에 속하는 최소문헌 이외의 문헌

한국등록실용신안공보 및 한국공개실용신안공보: 조사된 최소문헌란에 기재된 IPC
일본등록실용신안공보 및 일본공개실용신안공보: 조사된 최소문헌란에 기재된 IPC

국제조사에 이용된 전산 데이터베이스(데이터베이스의 명칭 및 검색어(해당하는 경우))

eKOMPASS(특허청 내부 검색시스템) & 키워드: 이차전지, 혼합 양극재, 방전, 전압, 충전, 추정

C. 관련 문헌

카테고리*	인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재	관련 청구항
A	KR 10-1147602 B1 (주식회사 엘지화학) 2012.05.21 단락 [0012]-[0013] 참조.	1-36
A	JP 2007-166789 A (TOYOTA MOTOR CORP. et al.) 2007.06.28 단락 [0006], [0012]-[0014], [0016], [0025] 참조.	1-36
A	JP 2003-307557 A (FURUKAWA BATTERY CO., LTD.) 2003.10.31 청구항 1; 단락 [0006], [0010], [0017] 참조.	1-36
A	JP 2003-151645 A (FUJITSU TEN LTD.) 2003.05.23 청구항 1, 3; 단락 [0007], [0013], [0037], [0043] 참조.	1-36
A	KR 10-2010-0019660 A (주식회사 엘지화학) 2010.02.19 청구항 1; 단락 [0016], [0018] 참조.	1-36

☐ 추가 문헌이 C(계속)에 기재되어 있습니다.

☒ 대응특허에 관한 별지를 참조하십시오.

* 인용된 문헌의 특별 카테고리:

“A” 특별히 관련이 없는 것으로 보이는 일반적인 기술수준을 정의한 문헌

“T” 국제출원일 또는 우선일 후에 공개된 문헌으로, 출원과 상충하지 않으며 발명의 기초가 되는 원리나 이론을 이해하기 위해 인용된 문헌

“E” 국제출원일보다 빠른 출원일 또는 우선일을 가지나 국제출원일 이후에 공개된 선출원 또는 특허 문헌

“X” 특별한 관련이 있는 문헌. 해당 문헌 하나만으로 청구된 발명의 신규성 또는 진보성이 없는 것으로 본다.

“L” 우선권 주장에 의문을 제기하는 문헌 또는 다른 인용문헌의 공개일 또는 다른 특별한 이유(이유를 명시)를 밝히기 위하여 인용된 문헌

“Y” 특별한 관련이 있는 문헌. 해당 문헌이 하나 이상의 다른 문헌과 조합하는 경우로 그 조합이 당업자에게 자명한 경우 청구된 발명은 진보성이 없는 것으로 본다.

“O” 구두 개시, 사용, 전시 또는 기타 수단을 언급하고 있는 문헌

“&” 동일한 대응특허문헌에 속하는 문헌

“P” 우선일 이후에 공개되었으나 국제출원일 이전에 공개된 문헌

국제조사의 실제 완료일

2013년 06월 26일 (26.06.2013)

국제조사보고서 발송일

2013년 06월 27일 (27.06.2013)

ISA/KR의 명칭 및 우편주소

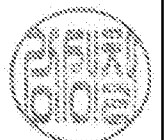
 대한민국 특허청
(302-701) 대전광역시 서구 청사로 189,
4동 (둔산동, 정부대전청사)

팩스 번호 82-42-472-7140

심사관

강성철

전화번호 82-42-481-8405



국제조사보고서에서 인용된 특허문헌	공개일	대응특허문헌	공개일
KR 10-1147602 B1	2012.05.21	CN 102341939 A EP 2405510 A2 US 2012-0219840 A1 WO 2010-101395 A2	2012.02.01 2012.01.11 2012.08.30 2010.09.10
JP 2007-166789 A	2007.06.28	없음	
JP 2003-307557 A	2003.10.31	없음	
JP 2003-151645 A	2003.05.23	없음	
KR 10-2010-0019660 A	2010.02.19	없음	