

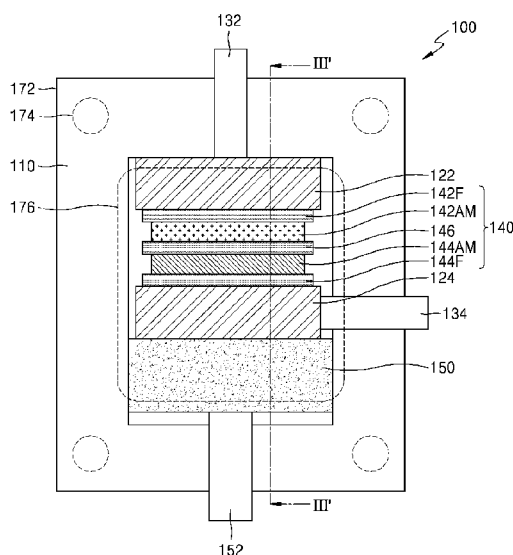


- (51) 국제특허분류: *G01N 21/47* (2006.01) *G01R 31/36* (2006.01)
G01N 21/84 (2006.01) *H01M 10/42* (2006.01)
- (21) 국제출원번호: PCT/KR2018/016377
- (22) 국제출원일: 2018 년 12 월 20 일 (20.12.2018)
- (25) 출원언어: 한국어
- (26) 공개언어: 한국어
- (30) 우선권정보: 10-2018-0165534 2018 년 12 월 19 일 (19.12.2018)KR
- (71) 출원인: 한국기초과학지원연구원 (**KOREA BASIC SCIENCE INSTITUTE**) [KR/KR]; 34133 대전시 유성구 과학로 169-148, Daejeon (KR). 충남대학교 산학협력단 (**THE INDUSTRY & ACADEMIC COOPERATION IN CHUNGNAM NATIONAL UNIVERSITY (IAC)**) [KR/KR]; 34134 대전시 유성구 대학로 99, Daejeon (KR). 한국표준과학연구원 (**KOREA RESEARCH INSTITUTE OF STANDARDS AND SCIENCE**) [KR/KR]; 34113 대전시 유성구 가경로 267, Daejeon (KR).
- (72) 발명자: 문준희 (**MOON, Joonhee**): 34178 대전시 유성구 계룡로52번길 11, 435호, Daejeon (KR). 전철호 (**JEON, Cheolho**): 30150 세종시 남세종로 469, Sejong (KR). 이주한 (**LEE, Jouhahn**): 34198 대전시 유성구 상대로 17, 303동 1204호, Daejeon (KR). 최경순 (**CHOI, Kyoung Soon**): 35383 대전시 서구 구룡산북로 165, 301

- 동 904호, Daejeon (KR). 김천중 (KIM, Chunjoong): 34134 대전시 유성구 대학로 99, 공학 1호관 241호, Daejeon (KR). 송재용 (SONG, Jae Yong): 34061 대전시 유성구 송림로 20, 206동 1802호, Daejeon (KR). 신호선 (SHIN, Hosun): 34065 대전시 유성구 반석로 142번길 15-37, Daejeon (KR). 박선화 (PARK, Sun Hwa): 04414 서울시 용산구 우사단로 2길 30, Seoul (KR).
- (74) 대리인: 리앤목 특허법인 (Y.P.LEE, MOCK & PARTNERS); 06292 서울시 강남구 언주로 30길 13 대림아크로텔 12층, 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, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IR, IS, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, 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, SA, 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, ST, 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,

(54) Title: IN-SITU OPTICAL AND ELECTROCHEMICAL ANALYSIS METHOD AND BATTERY CELL SECTION MEASUREMENT MODULE THEREFOR

(54) 발명의 명칭: 인시츄 광학 및 전기화학 분석 방법 및 이를 위한 전지 셀 단면측정 모듈



(57) Abstract: A battery cell measurement module for in-situ optical and electromechanical analysis includes: a lower housing including a battery cell receiving space therein; an upper cover detachably attached to the lower housing and including a transparent window; and a battery cell block disposed inside the battery cell receiving space, and including a first electrode base portion, a second electrode base portion, and a battery stack disposed between the first electrode base portion and the second electrode base portion. The first electrode base portion, the battery stack, and the second electrode base portion are sequentially disposed along a first direction parallel to the top surface of the transparent window such that a thickness direction of the battery stack is arranged parallel to the top surface of the transparent window.

(57) **요약서:** 인시슈 광학 및 전기화학 분석용 전지 셀 측정 모듈은, 내부에 전지 셀 수용 공간을 포함하는 하부 하우징; 상기 하부 하우징에 착탈 가능하게 부착되며 투명창이 구비된 상부 커버; 및 상기 전지 셀 수용 공간 내에 배치되며, 제1 전극 베이스부, 제2 전극 베이스부, 및 상기 제1 전극 베이스부와 상기 제2 전극 베이스부 사이에 배치되는 전지 적층체를 포함하는 전지 셀 블록을 포함하고, 상기 전지 적층체의 두께 방향이 상기 투명창의 상면과 평행하게 배치되도록 상기 제1 전극 베이스부, 상기 전지 적층체 및 상기 제2 전극 베이스부가 상기 투명창의 상면에 평행한 제1 방향을 따라 순차적으로 배치된다.

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, KM, ML,
MR, NE, SN, TD, TG).

공개:

— 국제조사보고서와 함께 (조약 제21조(3))

명세서

발명의 명칭: 인시츄 광학 및 전기화학 분석 방법 및 이를 위한 전지 셀 단면측정 모듈

기술분야

- [1] 본 발명의 기술적 사상은 인시츄 광학 및 전기화학 분석 방법 및 이를 위한 전지 셀 측정 모듈에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는, 충전 및 방전이 수행되는 동안의 전지 셀 내부의 단면을 통한 전기화학적 거동 분석이 가능한 전지 셀 측정 모듈과 이를 이용한 인시츄 광학 및 전기화학 분석 방법에 관한 것이다.

배경기술

- [2] 최근 소형 모바일 기기, 전기 자동차 등 다양한 응용 분야에 리튬 이온 전지를 사용하기 위한 요구가 증가함에 따라, 다양한 응용 분야를 위한 다양한 요구 조건에 따라 리튬 이온 전지의 성능을 최적화할 필요성이 대두되고 있다. 특히 대용량을 가지며 저가인 새로운 양극 활물질 후보 물질 및 음극 활물질 후보 물질에 대한 전기화학적 특성 연구가 활발하게 진행되고 있다. 그러나, 새로운 양극 활물질 및 음극 활물질 일부는 충전 및 방전에 따른 상전이 특성과 전기화학적 성능과의 관계가 명확하게 규명된 바 없어 이러한 후보 물질들의 성능 개선 및 상용화가 어려운 문제가 있다.

발명의 상세한 설명

기술적 과제

- [3] 본 발명의 기술적 사상이 이루고자 하는 기술적 과제는 충전 및 방전이 수행되는 동안의 전지 셀 내부의 단면을 통한 전기화학적 거동의 정밀한 분석이 가능한 전지 셀 측정 모듈을 제공하는 것이다.
- [4] 본 발명의 기술적 사상이 이루고자 하는 기술적 과제는 상기 전지 셀 측정 모듈을 이용하여 충전 및 방전이 수행되는 동안의 전지 셀 내부의 단면을 통한 전기화학적 거동의 정밀한 분석이 가능한 인시츄 광학 및 전기화학 분석 방법을 제공하는 것이다.

과제 해결 수단

- [5] 상기 기술적 과제를 달성하기 위한 본 발명의 기술적 사상에 따른 인시츄 광학 및 전기화학 분석용 전지 셀 측정 모듈은, 내부에 전지 셀 수용 공간을 포함하는 하부 하우징; 상기 하부 하우징에 착탈 가능하게 부착되며 투명창이 구비된 상부 커버; 및 상기 전지 셀 수용 공간 내에 배치되며, 제1 전극 베이스부, 제2 전극 베이스부, 및 상기 제1 전극 베이스부와 상기 제2 전극 베이스부 사이에 배치되는 전지 적층체를 포함하는 전지 셀 블록을 포함하고, 상기 전지 적층체의 두께 방향이 상기 투명창의 상면과 평행하게 배치되도록 상기 제1 전극 베이스부, 상기 전지 적층체 및 상기 제2 전극 베이스부가 상기 투명창의 상면에 평행한 제1 방향을 따라 순차적으로 배치된다.

- [6] 예시적인 실시예들에서, 상기 전지 적층체는, 양극 활물질이 부착된 양극 집전부, 음극 활물질이 부착된 음극 집전부, 및 상기 양극 활물질과 상기 음극 활물질 사이에 배치되는 분리막(separator)을 포함하고, 상기 전지 셀 블록은, 상기 양극 집전부, 상기 양극 활물질, 상기 분리막, 상기 음극 활물질, 및 상기 음극 집전부 모두가 상기 투명창에 대면하도록(face) 배치될 수 있다.
- [7] 예시적인 실시예들에서, 상기 양극 활물질은 상기 양극 집전부의 상면에 수직한 방향으로 제1 두께를 가지며, 상기 음극 활물질은 상기 음극 집전부의 상면에 수직한 방향으로 제2 두께를 가지며, 상기 전지 셀 블록은, 상기 양극 활물질의 상기 제1 두께 전체와 상기 음극 활물질의 상기 제2 두께 전체가 상기 투명창에 의해 관찰되도록 배치될 수 있다.
- [8] 예시적인 실시예들에서, 상기 전지 셀 수용 공간 내에 배치되며, 상기 제1 전극 베이스부, 상기 전지 적층체 및 상기 제2 전극 베이스부 모두와 인접하게 위치하도록 상기 제1 전극 베이스부, 상기 전지 적층체 및 상기 제2 전극 베이스부의 일 측부에 배치되는 제3 전극 베이스부를 더 포함하고, 상기 제3 전극 베이스부는 상기 양극 활물질 및 상기 음극 활물질에 대한 기준 전압을 제공하는 기준 전극으로 기능할 수 있다.
- [9] 예시적인 실시예들에서, 상기 하부 하우징은 외부 공급 부재로부터 상기 전지 셀 수용 공간 내부로 전해액을 공급받도록 구성되는 공급 라인 개구부를 더 포함하고, 상기 제1 전극 베이스부는, 상기 제1 전극 베이스부를 관통하는 복수의 개구부; 및 상기 제1 전극 베이스부의 상면에 평행한 방향으로, 상기 제1 전극 베이스부의 전체 길이를 통해 연장되는 트렌치(trench); 중 적어도 하나를 포함하고, 상기 복수의 개구부 및 상기 트렌치 중 적어도 하나를 통해 상기 전해액이 상기 전지 적층체까지 도달하도록 구성될 수 있다.
- [10] 상기 기술적 과제를 달성하기 위한 본 발명의 기술적 사상에 따른 전지 셀 측정 모듈을 사용한 인시츄 광학 및 전기화학 분석 방법에서, 상기 전지 셀 측정 모듈은, 내부에 전지 셀 수용 공간을 포함하는 하부 하우징; 상기 하부 하우징에 착탈 가능하게 부착되며 투명창이 구비된 상부 커버; 및 상기 전지 셀 수용 공간 내에 배치되는 전지 셀 블록을 포함하고, 상기 전지 셀 블록 내에 포함되는 제1 전극 베이스부, 전지 적층체, 및 제2 전극 베이스부가 상기 투명창의 상면에 평행한 제1 방향을 따라 순차적으로 배치되고, 상기 전지 셀 측정 모듈에 충전 및 방전 동작을 수행하는 단계; 및 상기 전지 셀 측정 모듈에 광 측정 사이클을 복수 회 수행하는 단계를 포함하며, 상기 광 측정 사이클은, 상기 투명창을 통해 관찰되는 상기 전지 적층체의 제1 부분에 제1 광을 조사하는 단계; 상기 전지 적층체로부터 산란되는 제1 광을 검출하는 단계; 상기 투명창을 통해 관찰되는 상기 전지 적층체의 상기 제1 부분에 상기 제1 광과는 다른 파장을 갖는 제2 광을 조사하는 단계; 및 상기 전지 적층체로부터 산란되는 제2 광을 검출하는 단계를 포함한다.
- [11] 예시적인 실시예들에서, 상기 제2 광을 조사하는 단계는, 상기 투명창을 통해

관찰되는 상기 전지 적층체의 두께 방향을 따라 제1 스캔 폭만큼 연속적으로 상기 제2 광을 조사하는 단계를 포함할 수 있다.

- [12] 예시적인 실시예들에서, 상기 전지 적층체는, 양극 활물질이 부착된 양극 집전부, 음극 활물질이 부착된 음극 집전부, 및 상기 양극 활물질과 상기 음극 활물질 사이에 배치되는 분리막을 포함하고, 상기 전지 셀 블록은, 상기 양극 집전부, 상기 양극 활물질, 상기 분리막, 상기 음극 활물질, 및 상기 음극 집전부 모두가 상기 투명창에 대면하도록 배치되며, 상기 제2 광을 조사하는 단계는, 상기 투명창을 통해 관찰되는 상기 양극 활물질의 두께 방향을 따라 상기 제1 스캔 폭만큼 연속적으로 상기 제2 광을 조사하는 단계, 및 상기 투명창을 통해 관찰되는 상기 음극 활물질의 두께 방향을 따라 상기 제1 스캔 폭만큼 연속적으로 상기 제2 광을 조사하는 단계, 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.

발명의 효과

- [13] 본 발명에 따른 전지 셀 측정 모듈은, 하부 하우징의 전지 셀 수용 공간 내에 배치되는 전지 적층체의 두께 방향이 상부 커버의 투명창의 상면과 평행하게 배치되도록 제1 전극 베이스부, 전지 적층체 및 제2 전극 베이스부가 투명창의 상면에 평행한 제1 방향을 따라 순차적으로 배치될 수 있다. 상기 전지 셀 측정 모듈에 대한 충전 및 방전을 수행하면서, 전지 적층체 내의 양극 활물질, 분리막, 음극 활물질의 두께 방향 단면의 광학 이미지를 측정하는 한편, 상기 두께 방향 단면의 라만 분광기를 통한 조성 분석이 수행될 수 있다. 예를 들어, 양극 활물질 또는 음극 활물질의 충전 스텝 및 방전 스텝 중 각각의 전위에서의 계면 이동, 활물질의 석출 및 용해, 활물질의 두께 변화를 광학 이미지를 통해 관찰할 수 있다. 광학 이미지 관찰과 동시에, 라만 분광기를 통해 활물질 내부의 적어도 하나의 고정된 위치에서, 또는 연속적으로 연장되는 제1 스캔 폭에 해당하는 고정된 위치들에서 활물질 내부의 물질 에너지 분석, 결정 구조 분석, 상전이 분석, 및/또는 조성 분석이 수행될 수 있다. 따라서 전기화학적 거동이 명확하게 규명되지 않은 새로운 양극 활물질, 및 새로운 음극 활물질에 대한 전기화학적 거동 및 반응 속도에 대한 정밀한 관찰 및 분석이 가능할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [14] 도 1은 예시적인 실시예들에 따른 인시츄 광학 측정 시스템을 나타내는 개략도이다.
- [15] 도 2는 예시적인 실시예들에 따른 전지 셀 측정 모듈을 나타내는 평면도이다.
- [16] 도 3은 도 2의 III-III' 선을 따른 단면도이다.
- [17] 도 4는 예시적인 실시예들에 따른 전지 셀 측정 모듈을 나타내는 평면도이다.
- [18] 도 5는 예시적인 실시예들에 따른 전지 셀 측정 모듈을 나타내는 평면도이다.
- [19] 도 6은 예시적인 실시예들에 따른 전지 셀 측정 모듈을 나타내는 평면도이다.
- [20] 도 7은 전지 셀 측정 모듈 내에 포함되는 제1 전극 베이스부를 나타내는 사시도이다.

- [21] 도 8은 전지 셀 측정 모듈 내에 포함되는 제1 전극 베이스부를 나타내는 사시도이다.
- [22] 도 9는 예시적인 실시예들에 따른 인시츄 광학 및 전기화학 분석 방법을 나타내는 플로우 차트이다.
- [23] 도 10은 DMPZ 양극 활물질의 1회 충전 및 1회 방전에서의 전압 프로파일을 나타내는 그래프이다.
- [24] 도 11은 양극 활물질의 1회 충전 동안의 서로 다른 전압에서의 광학 이미지이다.
- [25] 도 12a와 도 12b는 양극 활물질의 제1 부분과 제2 부분에서의 1회 충전 및 1회 방전 동안의 서로 다른 전압에서의 라만 시프트 그래프이다.
- [26] 도 13a은 각각 제1 충전 및 방전 사이클에서의 전압에 따른 양극 활물질의 광학 이미지이고, 도 13b는 제2 충전 사이클에서의 전압에 따른 양극 활물질의 광학 이미지이다.

발명의 실시를 위한 형태

- [27] 본 발명의 구성 및 효과를 충분히 이해하기 위하여, 첨부한 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예들을 설명한다. 그러나 본 발명은 이하에서 개시되는 실시예들에 한정되는 것이 아니라, 여러 가지 형태로 구현될 수 있고 다양한 변경을 가할 수 있다. 단지, 본 실시예들에 대한 설명은 본 발명의 개시가 완전하도록 하며, 본 발명이 속하는 기술 분야의 통상의 지식을 가진 자에게 발명의 범주를 완전하게 알려주기 위하여 제공되는 것이다. 첨부된 도면에서 구성 요소들은 설명의 편의를 위하여 그 크기를 실제보다 확대하여 도시한 것이며, 각 구성 요소의 비율은 과장되거나 축소될 수 있다.
- [28] 어떤 구성 요소가 다른 구성 요소에 "상에" 있다거나 "접하여" 있다고 기재된 경우, 다른 구성 요소에 상에 직접 맞닿아 있거나 또는 연결되어 있을 수 있지만, 중간에 또 다른 구성 요소가 존재할 수 있다고 이해되어야 할 것이다. 반면, 어떤 구성 요소가 다른 구성 요소의 "바로 위에" 있다거나 "직접 접하여" 있다고 기재된 경우에는, 중간에 또 다른 구성 요소가 존재하지 않는 것으로 이해될 수 있다. 구성 요소들 간의 관계를 설명하는 다른 표현들, 예를 들면, "∼사이에"와 "직접 ∼사이에" 등도 마찬가지로 해석될 수 있다.
- [29] 제1, 제2 등의 용어는 다양한 구성요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 상기 구성요소들은 상기 용어들에 의해 한정되어서는 안된다. 상기 용어들은 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만 사용될 수 있다. 예를 들어, 본 발명의 권리 범위를 벗어나지 않으면서 제1 구성요소는 제2 구성요소로 명명될 수 있고, 유사하게 제2 구성요소도 제1 구성요소로 명명될 수 있다.
- [30] 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 표현하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. "포함한다" 또는 "가진다" 등의 용어는 명세서 상에 기재된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하기 위한

- 것으로, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것들이 부가될 수 있는 것으로 해석될 수 있다.
- [31] 본 발명의 실시예들에서 사용되는 용어들은 다르게 정의되지 않는 한, 해당 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 통상적으로 알려진 의미로 해석될 수 있다.
- [32] 이하, 첨부한 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예를 설명함으로써 본 발명을 상세히 설명한다.
- [33] 도 1은 예시적인 실시예들에 따른 인시츄 광학 측정 시스템(1)을 나타내는 개략도이다. 도 2는 예시적인 실시예들에 따른 전지 셀 측정 모듈(100)을 나타내는 평면도이고, 도 3은 도 2의 III-III' 선을 따른 단면도이다.
- [34] 도 1 내지 도 3을 참조하면, 인시츄 광학 측정 시스템(1)은 광학 분석 유닛(OMU)(10), 전기화학 분석 유닛(ECU)(20), 및 전지 셀 측정 모듈(100)을 포함할 수 있다.
- [35] 광학 분석 유닛(10)은 전지 셀 측정 모듈(100) 내에 포함되는 전지 적층체(140)에 대하여 광학 특성을 분석할 수 있는 측정 장치로 구성될 수 있다. 예시적인 실시예들에서, 광학 분석 유닛(10)은 광학 이미지 분석 및 라만 시프트 분석을 수행하도록 구성될 수 있다. 다른 실시예들에서, 광학 분석 유닛(10)은 각각 광학 이미지 분석, 라만 시프트 분석, PL(photoluminescence) 특성 분석이 가능한 복수의 분석 유닛으로 구성될 수 있다.
- [36] 예를 들어, 광학 분석 유닛(10)은 레이저를 광원으로 하여 전지 적층체(140)에 광을 조사하고, 전지 적층체(140)을 통해 반사되는 광을 수광하여 감지할 수 있는 라만 분광기를 포함할 수 있다. 또한 광학 분석 유닛(10)은 광학 현미경을 더 포함할 수 있다. 광학 현미경은 전지 적층체(140)에 광을 조사하고, 전지 적층체(140)을 통해 반사되는 광을 수광하여 CCD 카메라(도시 생략)를 통해 전지 적층체(140)의 이미지 정보를 저장할 수 있다.
- [37] 예를 들어, 광학 분석 유닛(10)은 광원(12), 광 스플리터(14), 렌즈(16), 및 검출기(18)를 포함할 수 있다. 예를 들어, 광원(12)은 레이저 소스를 포함할 수 있고, 광원(12)으로부터 레이저가 방출될 수 있다. 광 스플리터(14)는 광원(12)으로부터 방출된 광을 반사시켜 렌즈(16)로 입사시킬 수 있다. 렌즈(16)로 입사한 광이 전지 셀 측정 모듈(100) 내의 전지 적층체(140)로 입사될 수 있다. 전지 적층체(140)로부터 산란되는 광이 렌즈(16) 및 광 스플리터(14)를 통과하여 검출기(18)에서 수광될 수 있다. 검출기(18)는 카메라 또는 분광계를 포함할 수 있다.
- [38] 예시적인 실시예들에서, 광학 현미경이 전지 셀 측정 모듈(100)의 측정 영역(즉, 도 3의 SCAN WIDTH로 표시된 영역)에 광을 조사하여 상기 측정 영역의 이미지를 저장할 수 있고, 라만 분광기가 상기 측정 영역 내의 복수의 고정된 측정 위치에 광을 조사하여 복수의 고정된 측정 위치로부터의 라만 시프트 측정 결과를 획득할 수 있다. 또한, 라만 분광기는 상기 측정 영역 내의 제1 스캔 폭을

갖는 측정 라인을 따라 연속적으로 배치되는 측정 위치에 광을 조사하여 상기 측정 라인으로부터의 라만 시프트 측정 결과를 획득할 수도 있다.

[39] 전기화학 분석 유닛(20)은 전지 셀 측정 모듈(100) 내에 포함되는 전지 적층체(140)(도 2 참조)에 대한 전기화학적 성능을 분석할 수 있는 측정 장치로 구성될 수 있다. 예를 들어, 전기화학 분석 유닛(20)은 전지 적층체(140)에 전기적으로 연결되어, 전지 적층체(140)의 전압 및 전류를 조절하거나, 전지 적층체(140)의 전압 정보 및 전류 정보를 기록하도록 구성될 수 있다.

[40] 예를 들어, 전기화학 분석 유닛(20)은 전지 적층체(140)에 대한 충전 및 방전을 포함하는 전기화학 사이클을 복수 회 구동하도록 구성될 수 있다. 전지 적층체(140)에 대한 충전 사이클에서, 전지 적층체(140)에 미리 결정된 전류 속도로 전류를 인가할 수 있고, 전류 인가에 따른 전지 적층체(140)의 전압을 측정하여 기록할 수 있다. 전지 적층체(140)의 전압이 미리 결정된 오프 전압에 도달할 때, 전지 적층체(140)에 대한 방전 사이클이 개시될 수 있고, 미리 결정된 전류 속도로 방전 전류가 흐를 때의 전지 적층체(140)의 전압을 측정하여 기록할 수 있다.

[41] 전지 셀 측정 모듈(100)은 투명창(176)을 포함하며, 투명창(176)을 통해 전지 적층체(140)에 광을 조사하고 전지 적층체(140)로부터 반사되는 광을 감지하도록 구성될 수 있다. 전지 셀 측정 모듈(100)은 투명창(176)을 통해 관찰 가능한 측정 영역(즉, SCAN WIDTH로 표시된 영역) 내에서, 투명창(176)에 평행한 제1 방향(Y 방향)으로 전지 적층체(140)의 양극 집전부(142F), 양극 활물질(142AM), 분리막(146), 음극 활물질(144AM), 및 음극 집전부(144F)가 순차적으로 배치되도록 구성될 수 있다. 즉, 전지 적층체(140)의 적층 방향이 투명창(176)에 평행하게 배치될 수 있고, 이에 따라 전지 적층체(140)의 양극 집전부(142F), 양극 활물질(142AM), 분리막(146), 음극 활물질(144AM), 및 음극 집전부(144F) 중 관심 있는 영역에 대하여 광학 이미지 분석 및 라만 분석을 용이하게 할 수 있다. 또한 전지 적층체(140)의 적층 방향이 투명창(176)에 평행하게 배치될 수 있고, 이에 따라 전지 적층체(140)의 양극 집전부(142F), 양극 활물질(142AM), 분리막(146), 음극 활물질(144AM), 및 음극 집전부(144F) 중 일부분의 영역을 연속적으로 스캔함에 의해, 측정 영역 내의 복수의 고정된 위치 또는 연속적인 측정 라인에서의 광학 이미지 분석 및 라만 분석을 용이하게 할 수 있다.

[42] 예시적인 실시예들에 따르면, 전기화학 분석 유닛(20)을 통해 전지 적층체(140)에 대한 전기화학 특성 분석을 수행하는 동안, 광학 분석 유닛(10)을 통해 전지 적층체(140)의 부분에 대한 이미지 및 라만 분석을 동시에 수행할 수 있다. 이에 따라 관심의 대상인 양극 활물질(142AM) 또는 음극 활물질(144AM)에 대하여 충전 및 방전 동안에 발생하는 상기 활물질의 전기화학적 반응의 규명, 결정상(crystalline phase) 또는 결정 구조 변화 관찰, 국부적 영역의 반응 속도 분석, 활물질의 계면 이동 관찰, 활물질의 국부적 두께

변화 관찰, 등 전지 적층체(140)의 전기화학적 거동에 대한 종합적인 분석이 가능하다.

- [43] 종래의 인시츄 전기화학 셀에서는, 상면에 개구부가 형성된 코인 타입의 셀 내에 양극 활물질과 음극 활물질이 분리막을 사이에 두고 적층된 구조를 배치하고, 상기 개구부를 통해 상기 양극 활물질의 표면만을 관찰하거나, 또는 음극 활물질의 표면만을 관찰할 수 있었다. 특히 개구부를 통해 관찰 가능한 상기 표면은 코인 타입의 셀의 최상부에 배치되는 표면이거나, 대응되는 양극 부분이 제거된 음극 부분의 표면(또는 대응되는 음극 부분이 제거된 양극 부분의 표면)일 수 있다. 따라서, 개구부를 통해 관찰 가능한 상기 표면에서의 활물질의 전기화학적 거동은 코인 타입 셀의 내부 영역에서 발생하는 전기화학적 거동과는 차이가 클 수 있고 이에 따라 전기화학적 거동에 대한 정밀한 분석이 어려울 수 있다.
- [44] 그러나 본 발명에 따르면, 전지 셀 측정 모듈(100) 내에 전지 적층체(140)의 양극 집전부(142F), 양극 활물질(142AM), 분리막(146), 음극 활물질(144AM), 및 음극 집전부(144F)가 투명창(176)에 평행한 방향으로 적층됨에 따라, 양극 집전부(142F), 양극 활물질(142AM), 분리막(146), 음극 활물질(144AM), 및 음극 집전부(144F)를 동시에 관찰하거나 측정할 수 있다. 특히 양극 활물질(142AM)의 두께 방향 또는 음극 활물질(144AM)의 두께 방향으로 고정된 위치에서의 물질의 조성 또는 이미지의 연속적인 관찰이 가능하고, 양극 활물질(142AM)과 이에 인접한 양극 집전부(142F) 사이의 계면, 또는 음극 활물질(144AM)과 이에 인접한 음극 집전부(144F) 사이의 계면의 이동 등이 동시에 관찰될 수 있다. 따라서 전지 적층체(140)의 충전 및 방전 단계에서 발생하는 전지 적층체(140)의 전기화학적 거동에 대하여 정밀하게 측정하거나 분석할 수 있다.
- [45] 이하에서는 도 2 및 도 3을 참조하여 전지 셀 측정 모듈(100)의 세부 구조를 상세하게 설명한다.
- [46] 전지 셀 측정 모듈(100)은 하부 하우징(110)과, 하부 하우징(110)에 탈착 가능하도록 부착되는 상부 커버(172)를 포함할 수 있다. 하부 하우징(110)은 내부에 전지 적층체(140)를 수용할 수 있는 전지 셀 수용 공간(110S)이 구비될 수 있다. 상부 커버(172)는 전지 적층체(140)의 단면이 관찰될 수 있는 투명창(176)을 구비할 수 있고, 커버 고정부(174)를 통해 하부 하우징(110)에 부착될 수 있다. 도 2에서는 이해의 편의를 위하여 상부 커버(172), 커버 고정부(174)와 투명창(176)이 점선으로 도시되었다.
- [47] 하부 하우징(110)은 내부에 전지 셀 수용 공간(110S)이 구비될 수 있고, 전지 셀 수용 공간(110S) 내에 전지 적층체(140)를 포함하는 전지 셀 블록이 배치될 수 있다. 하부 하우징(110)은 강성을 갖는 금속 또는 절연 물질을 포함할 수 있다. 예를 들어, 하부 하우징(110)은 부식이 발생하지 않도록 SUS 재질로 형성될 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다.
- [48] 상기 전지 셀 블록은 제1 전극 베이스부(122), 제2 전극 베이스부(124)와, 제1

전극 베이스부(122) 및 제2 전극 베이스부(124) 사이에 배치되는 전지 적층체(140)를 포함할 수 있다. 제1 전극 베이스부(122), 전지 적층체(140), 및 제2 전극 베이스부(124)는 투명창(176)의 상면에 평행한 제1 방향(Y 방향)을 따라 순차적으로 배치될 수 있다. 즉, 투명창(176)에 의해 제1 전극 베이스부(122)의 적어도 일부분, 전지 적층체(140)의 적어도 일부분, 및 제2 전극 베이스부(124)의 적어도 일부분이 동시에 관찰될 수 있다.

[49] 제1 전극 접속부(132)는 하부 하우징(110)을 관통하여 제1 전극 베이스부(122)에 전기적으로 연결될 수 있다. 제1 전극 접속부(132)는 제1 전극 베이스부(122)를 통해 전지 적층체(140)에 전기화학 분석 유닛(20)으로부터 전류를 공급할 수 있는 접속 단자일 수 있다. 제2 전극 접속부(134)는 하부 하우징(110)을 관통하여 제2 전극 베이스부(124)에 전기적으로 연결될 수 있다. 제2 전극 접속부(134)는 제2 전극 베이스부(124)를 통해 전지 적층체(140)에 전기화학 분석 유닛(20)으로부터 전류를 공급할 수 있는 접속 단자일 수 있다.

[50] 전지 적층체(140)는 양극 집전부(142F), 양극 활물질(142AM), 분리막(146), 음극 활물질(144AM), 및 음극 집전부(144F)를 포함할 수 있다. 양극 집전부(142F)는 제1 전극 베이스부(122)와 접촉하고, 음극 집전부(144F)가 제2 전극 베이스부(124)와 접촉하도록 배치될 수 있다.

[51] 도시되지는 않았지만 양극 활물질(142AM), 분리막(146), 및 음극 활물질(144AM)은 전해액에 의해 적셔진 상태일 수 있다. 선택적으로, 충전 및 방전 단계를 반복함에 따른 전해액 소모를 보충하기 위하여 도 6 내지 도 8에서 이후에 설명되는 바와 같이, 외부의 공급 라인(190L1, 190L2)으로부터 전해액을 공급받을 수 있도록 하부 하우징(110)에 공급 라인 개구부(110SH1, 110SH2)가 더 형성될 수 있고, 제1 전극 베이스부(122) 및 제2 전극 베이스부(124) 중 적어도 하나는 전해액이 통과할 수 있는 복수의 개구부(122SH) 또는 트렌치(122SL)를 더 포함할 수 있다.

[52] 양극 집전부(142F)는 전도성 물질을 포함할 수 있고, 얇은 전도성 호일 또는 얇은 전도성 메쉬(mesh)일 수 있다. 예를 들어, 양극 집전부(142F)는 알루미늄, 니켈, 구리, 금, 또는 이들의 합금을 포함할 수 있다. 양극 활물질(142AM)은 리튬 이온을 가역적으로 삽입/탈리할 수 있는 물질을 포함할 수 있다. 양극 활물질(142AM)은 광학 분석 유닛(10) 및 전기화학 분석 유닛(20)에 의해 충전 및 방전에 따른 상전이 특성을 분석하기 요구되는 활물질일 수 있다. 예시적인 실시예들에서, 양극 활물질(43M)은 카보오가닉계(carboorganic-based) 양극 활물질, 올리빈(olivine) 구조의 리튬 인산화물계 양극 활물질, 바나듐 산화물계 양극 활물질, 층상 구조의 리튬 금속 산화물들, 스핀넬(spinel) 구조의 리튬 망간 산화물계 양극 활물질, 설퍼계 양극 활물질 등을 포함할 수 있다. 예를 들어, 디메틸페나진(dimethyl phenazine)을 양극 활물질(142AM)로 사용한 전지 적층체(140)에 대하여 인시츄 광학 측정 시스템(1)을 통해 전기화학 성능 및 상전이 특성을 분석한 결과를 도 10 내지 도 13b를 통해 상세히 설명하도록 한다.

- [53] 도시되지는 않았지만, 양극 활물질(142AM) 내부에는 바인더 또는 도전제가 더 포함될 수 있다. 바인더는 양극 활물질(142AM)의 입자들을 서로 부착시키고 양극 활물질(142AM)을 양극 집전부(142F)에 부착시키는 역할을 할 수 있다. 도전제는 양극 활물질(142AM)에 전기 전도성을 제공할 수 있다.
- [54] 음극 집전부(144F)는 전도성 물질을 포함할 수 있고, 얇은 전도성 호일 또는 얇은 전도성 메쉬일 수 있다. 예를 들어, 음극 집전부(144F)는 구리, 니켈, 알루미늄, 금, 또는 이들의 합금을 포함할 수 있다. 음극 활물질(144AM)은 리튬 이온을 가역적으로 삽입/탈리할 수 있는 물질을 포함할 수 있다. 음극 활물질(144AM)은 광학 분석 유닛(10) 및 전기화학 분석 유닛(20)에 의해 충전 및 방전에 따른 상전이 특성을 분석하기 요구되는 활물질일 수 있다. 예시적인 실시예들에서, 음극 활물질(144AM)은 카본계 음극 활물질, 흑연계 음극 활물질, 실리콘계 음극 활물질, 주석계 음극 활물질, 복합재 음극 활물질, 리튬 금속 음극 활물질 등을 포함할 수 있다.
- [55] 도시되지는 않았지만, 음극 활물질(144AM) 내부에는 바인더 또는 도전제가 더 포함될 수 있다. 바인더는 음극 활물질(144AM)의 입자들을 서로 부착시키고 음극 활물질(144AM)을 음극 집전부(144F)에 부착시키는 역할을 할 수 있다. 도전제는 음극 활물질(144AM)에 전기 전도성을 제공할 수 있다.
- [56] 분리막(146)은 다공성을 가질 수 있고, 단일막 또는 2층 이상의 다중막으로 구성될 수 있다. 분리막(146)은 폴리머 물질을 포함할 수 있고, 예를 들어 폴리에틸렌계, 폴리프로필렌계, 폴리비닐리덴 플루오라이드계, 폴리올레핀계 폴리머 등의 적어도 하나를 포함할 수 있다.
- [57] 전지 셀 측정 모듈(100)은 전지 셀 수용 공간(110S) 내에서 제2 전극 베이스부(124)와 접촉하도록 배치되는 고정 플레이트(150)를 더 포함할 수 있다. 가압 고정부(152)가 하부 하우징(110) 외부로부터 고정 플레이트(150) 내부까지 연장되며 결합될 수 있다. 예를 들어, 가압 고정부(152)는 나사 방식에 의해 고정 플레이트(150)를 제1 방향(투명창(176)의 상면에 평행한 방향)을 따라 이동시킬 수 있고, 고정 플레이트(150)를 통해 제1 전극 베이스부(122), 전지 적층체(140), 및 제2 전극 베이스부(124)가 소정의 압축 힘에 의해 서로 부착될 수 있다.
- [58] 일반적으로, 원통형 또는 직사각형 금속 케이스 내에 전지 적층체가 배치되는 상용 전지 셀들 또는 코인 타입의 금속 용기 내에 전지 적층체가 배치되는 코인 셀의 경우에, 전지 적층체 내의 양극 활물질, 분리막, 음극 활물질이 밀착 배치될 수 있고, 상용 전지 셀 또는 코인 셀의 총 저항이 상대적으로 작을 수 있다. 만약 집전부와 활물질 사이의 저항, 또는 집전부와 외부 접속 부재와의 저항 등의 전지 셀 또는 코인 셀의 부수적 저항이 크다면 전지 셀 또는 코인 셀의 총 저항이 증가될 수 있고, 이러한 경우에 양극 활물질과 음극 활물질 사이에 인가되는 전위 차(전압)와 전지 셀의 양극 단자 및 음극 단자 사이에 인가되는 전위 차(전압) 사이의 편차가 커질 수 있다.
- [59] 본 발명에 따르면, 고정 플레이트(150)와 가압 고정부(152)에 의해 제1 전극

베이스부(122), 전지 적층체(140), 및 제2 전극 베이스부(124)가 밀착 고정될 수 있고, 전지 셀 측정 모듈(100)의 저항이 감소될 수 있다. 전지 셀 측정 모듈(100)의 저항이 감소됨에 따라 다양한 전류 조건(예를 들어 높은 전류 속도에서의 충전 및 방전)에서 원하는 전기화학 테스트를 수행할 수 있거나, 상용 전지 셀 내에서의 전기화학적 거동과 전지 셀 측정 모듈(100) 내에서의 전기화학적 거동 사이의 편차가 감소될 수 있다(즉, 상용 전지 셀에서의 전기화학적 거동을 정밀하게 모사할(simulate) 수 있다).

- [60] 상부 커버(172)는 강성을 갖는 금속 또는 절연 물질을 포함할 수 있다. 예를 들어, 상부 커버(172)는 부식이 발생하지 않도록 SUS 재질로 형성될 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다. 커버 고정부(174)는 나사 결합 가능한 고정 부재일 수 있으나 이에 한정되는 것은 아니다. 투명창(176)은 투명한 절연 물질로 형성될 수 있다. 예를 들어 투명창(176)은 퀴즈 또는 베릴륨 글래스를 포함할 수 있다. 도시되지 않았지만, 투명창(176)의 에지 부분에는 오링(o-ring) 등의 실링 부재(sealing member)가 더 형성될 수 있다.
- [61] 도 3에 예시적으로 도시된 바와 같이, 양극 집전부(142F), 양극 활물질(142AM), 분리막(146), 음극 활물질(144AM), 및 음극 집전부(144F) 모두가 투명창(176)에 대면하도록 배치될 수 있다. 예를 들어, 양극 활물질(142AM)이 양극 집전부(142F)의 상면에 수직한 방향(예를 들어, 제1 방향(Y 방향))으로 제1 두께를 가지고, 음극 활물질(144AM)이 음극 집전부(144F)의 상면에 수직한 방향(예를 들어, 제1 방향(Y 방향))으로 제2 두께를 가지며, 투명창(176)에 의해 양극 활물질(142AM)의 제1 두께 전체와 음극 활물질(144AM)의 제2 두께 전체가 관찰될 수 있다.
- [62] 전술한 예시적인 실시예들에 따르면, 전지 셀 측정 모듈(100) 내에 전지 적층체(140)의 양극 집전부(142F), 양극 활물질(142AM), 분리막(146), 음극 활물질(144AM), 및 음극 집전부(144F)가 투명창(176)에 평행한 방향으로 적층됨에 따라, 양극 집전부(142F), 양극 활물질(142AM), 분리막(146), 음극 활물질(144AM), 및 음극 집전부(144F)를 동시에 관찰하거나 측정할 수 있다. 특히 양극 활물질(142AM)의 두께 방향 또는 음극 활물질(144AM)의 두께 방향으로 고정된 위치에서의 물질의 조성 또는 이미지의 연속적인 관찰이 가능하고, 양극 활물질(142AM)과 이에 인접한 양극 집전부(142F) 사이의 계면, 또는 음극 활물질(144AM)과 이에 인접한 음극 집전부(144F) 사이의 계면의 이동 등이 동시에 관찰될 수 있다. 따라서 전지 적층체(140)의 충전 및 방전 단계에서 발생하는 전지 적층체(140)의 전기화학적 거동에 대하여 정밀하게 측정하거나 분석할 수 있다.
- [63] 도 4는 예시적인 실시예들에 따른 전지 셀 측정 모듈(100A)을 나타내는 평면도이다. 도 4에서, 도 1 내지 도 3에서와 동일한 참조부호는 동일한 구성요소를 의미한다.
- [64] 도 4를 참조하면, 전지 셀 측정 모듈(100A)은 전지 셀 수용 공간(110S) 내에

배치되는 제3 전극 베이스부(126)를 더 포함할 수 있다, 제3 전극 베이스부(126)는 제1 전극 베이스부(122), 전지 적층체(140), 및 제2 전극 베이스부(124)의 일 측부에 배치될 수 있고, 제3 전극 베이스부(126)는 제1 전극 베이스부(122), 전지 적층체(140), 및 제2 전극 베이스부(124) 모두와 인접하게 배치될 수 있다. 제3 전극 접속부(136)는 하부 하우징(110)을 관통하여 제3 전극 베이스부(126)에 전기적으로 연결될 수 있다. 전지 셀 측정 모듈(100A)은 3 전극 시스템의 전지 셀에 해당할 수 있다.

[65] 제3 전극 베이스부(126) 상에는 제3 전극(도시 생략)이 더 배치될 수 있고, 상기 제3 전극은 양극 활물질(142AM) 및 음극 활물질(144AM)에 대한 기준 전압을 제공하는 기준 전극으로 기능할 수 있다. 예를 들어, 양극 활물질(142AM)이 디메틸페나진을 포함하고, 음극 활물질(144AM)이 카본을 포함하며, 상기 제3 전극은 리튬 메탈을 포함할 수 있다. 이러한 경우에, 제1 전극 베이스부(122)와 제3 전극 베이스부(126) 사이의 전압을 측정함에 의해 기준 전압에 대한 양극 활물질(142AM)의 전압 데이터를 획득하고, 제2 전극 베이스부(124)와 제3 전극 베이스부(126) 사이의 전압을 측정함에 의해 기준 전압에 대한 음극 활물질(144AM)의 전압 데이터를 획득할 수 있다. 따라서 양극 활물질(142AM)과 음극 활물질(144AM) 각각에 대한 전기화학적 거동을 종합적으로 분석할 수 있다.

[66] 전술한 예시적인 실시예들에 따르면, 양극 활물질(142AM)의 두께 방향 또는 음극 활물질(144AM)의 두께 방향으로 고정된 위치에서의 물질의 조성 또는 이미지의 연속적인 관찰이 가능하고, 양극 활물질(142AM)과 이에 인접한 양극 집전부(142F) 사이의 계면, 또는 음극 활물질(144AM)과 이에 인접한 음극 집전부(144F) 사이의 계면의 이동 등이 동시에 관찰될 수 있다. 따라서 전지 적층체(140)의 충전 및 방전 단계에서 발생하는 전지 적층체(140)의 전기화학적 거동에 대하여 정밀하게 측정하거나 분석할 수 있다. 또한 기준 전극으로 작용하는 제3 전극 베이스부(136)를 더 포함함에 따라 양극 활물질(142AM)과 음극 활물질(144AM) 각각에 대한 전기화학적 거동을 종합적으로 분석할 수 있다.

[67] 도 5는 예시적인 실시예들에 따른 전지 셀 측정 모듈(100B)을 나타내는 평면도이다. 도 5에서, 도 1 내지 도 4에서와 동일한 참조부호는 동일한 구성요소를 의미한다.

[68] 도 5를 참조하면, 전지 셀 측정 모듈(100B)은 복수 개의 가압 고정부(152A, 152B)를 포함할 수 있다. 복수 개의 가압 고정부(152A, 152B)가 고정 플레이트(150)에 고정 플레이트(150)를 제1 방향(투명창(176)에 평행한 방향)을 따라 이동시킬 수 있고, 복수 개의 가압 고정부(152A, 152B)에 이동되는 고정 플레이트(150)를 통해 제1 전극 베이스부(122), 전지 적층체(140), 및 제2 전극 베이스부(124)가 소정의 압축 힘에 의해 서로 부착될 수 있다.

[69] 복수 개의 가압 고정부(152A, 152B)가 서로 이격되어 고정 플레이트(150)를

이동시킬 수 있고, 이에 따라 고정 플레이트(150)에 밀림 힘이 고르게 분산되어 인가될 수 있다. 따라서 전지 적층체(140)의 국부적인 영역에 밀림 힘이 인가되는 경우 발생할 수 있는 양극 활물질(142AM) 또는 음극 활물질(144AM)의 벗겨짐, 뚫림(puncture), 단락(short-circuit) 등 전지 적층체(140)의 손상이 방지될 수 있다.

[70] 도 5에는 2 개의 가압 고정부(152A, 152B)가 이격되어 배치된 것이 예시적으로 도시되었으나, 가압 고정부(152A, 152B)의 개수 및 배치가 이에 한정되는 것은 아니다.

[71] 예시적인 실시예들에 따르면, 고정 플레이트(150)와 복수의 가압 고정부(152A, 152B)에 의해 제1 전극 베이스부(122), 전지 적층체(140), 및 제2 전극 베이스부(124)가 밀착 고정될 수 있고, 전지 셀 측정 모듈(100B)의 저항이 감소될 수 있다. 전지 셀 측정 모듈(100B)의 저항이 감소됨에 따라 다양한 전류 조건에서 원하는 전기화학 테스트를 수행할 수 있거나, 상용 전지 셀에서의 전기화학적 거동을 정밀하게 모사할 수 있다. 또한 전지 적층체(140)의 국부적인 영역에 밀림 힘이 인가되는 경우 발생할 수 있는 양극 활물질(142AM) 또는 음극 활물질(144AM)의 벗겨짐, 뚫림, 단락 등 전지 적층체(140)의 손상이 방지될 수 있다.

[72] 도 6은 예시적인 실시예들에 따른 전지 셀 측정 모듈(100C)을 나타내는 평면도이다. 도 7은 전지 셀 측정 모듈(100C) 내에 포함되는 제1 전극 베이스부(122) 대신 채용될 수 있는 제1 전극 베이스부(122A)를 나타내는 사시도이다. 도 8은 전지 셀 측정 모듈(100C) 내에 포함되는 제1 전극 베이스부(122) 대신 채용될 수 있는 제1 전극 베이스부(122B)를 나타내는 사시도이다. 도 6 내지 도 8에서, 도 1 내지 도 5에서와 동일한 참조부호는 동일한 구성요소를 의미한다.

[73] 도 6 내지 도 8을 참조하면, 하부 하우징(110)은 전지 셀 수용 공간(110S)과 연통되는 공급 라인 개구부(110SH1, 110SH2)를 포함할 수 있다. 예를 들어, 제1 공급 라인 개구부(110SH1)는 하부 하우징(110)의 좌측면을 관통하고, 제2 공급 라인 개구부(110SH2)는 하부 하우징(110)의 우측면을 관통하도록 배치될 수 있다. 도 6에 도시된 것과 달리, 제1 공급 라인 개구부(110SH1) 및 제2 공급 라인 개구부(110SH2) 모두가 하부 하우징(110)의 일 측면(예를 들어, 좌측면 또는 우측면)을 관통하도록 서로 이격되어 배치될 수 있다.

[74] 공급 라인 개구부(110SH1, 110SH2)에는 각각 공급 라인(190L1, 190L2)이 연결될 수 있다. 외부의 전해액 공급 소스(도시되지 않음)로부터 공급 라인(190L1, 190L2)을 경유하여 공급 라인 개구부(110SH1, 110SH2)를 전지 셀 수용 공간(110S) 내로 전해액이 보충될 수 있다. 예를 들어, 도 6의 화살표로 표시된 것과 같이, 제1 공급 라인(190SL1)으로부터 전지 셀 수용 공간(110S) 내부로 전해액이 공급되고, 전지 셀 수용 공간(110S) 내부로부터 제2 공급 라인(190SL2)을 통해 전해액이 방출될 수 있다.

[75] 도 7에 도시된 바와 같이, 제1 전극 베이스부(122A)는 전해액이 통과할 수 있는

복수의 개구부(122SH)를 포함할 수 있다. 복수의 개구부(122SH)는 제1 전극 베이스부(122A)를 관통하며, 전지 셀 수용 공간(110S) 내부에 보충된 전해액이 제1 전극 베이스부(122A)를 통해 양극 활물질(142AM), 분리막(146), 및 음극 활물질(144AM)까지 충분히 확산될 수 있도록 적절한 개수 및 간격으로 배치될 수 있다.

- [76] 도 8에 도시된 바와 같이, 제1 전극 베이스부(122B)는 전해액이 통과할 수 있는 트렌치(122SL)를 포함할 수 있다. 트렌치(122SL)는 제1 전극 베이스부(122B)의 상면에 평행한 방향(예를 들어, X 방향)으로 제1 전극 베이스부(122B)의 전체 길이를 통해 연장될 수 있다. 트렌치(122SL)는 전지 셀 수용 공간(110S) 내부에 보충된 전해액이 제1 전극 베이스부(122B)를 통해 양극 활물질(142AM), 분리막(146), 및 음극 활물질(144AM)까지 충분히 확산될 수 있도록 적절한 폭, 개수 및 간격으로 배치될 수 있다.
- [77] 한편, 도시되지는 않았지만 제1 전극 베이스부(122A, 122B)와 함께 제2 전극 베이스부(122) 역시 복수의 개구부(122SH) 또는 트렌치(122SL)를 포함하도록 형성될 수도 있다.
- [78] 도 9는 예시적인 실시예들에 따른 인시츄 광학 및 전기화학 분석 방법을 나타내는 플로우 차트이다.
- [79] 도 9를 참조하면, 양극 전극, 분리막, 및 음극 전극을 포함하는 전지 적층체를 준비한다(S210 단계).
- [80] 전지 적층체(140)는 양극 집전부(142F) 상에 양극 활물질(142AM)을 코팅 및 건조하여 형성된 양극 전극과, 음극 집전부(144F) 상에 음극 활물질(144AM)을 코팅 및 건조하여 형성된 음극 전극과, 상기 양극 전극과 상기 음극 전극 사이에 개재된 분리막을 포함할 수 있다. 전지 적층체(140)는 전해액에 소정 시간 동안 적셔질 수 있다.
- [81] 이후, 투명창에 평행한 방향으로 양극 전극, 분리막, 및 음극 전극의 단면이 배치되도록 전지 적층체를 전지 셀 측정 모듈 내에 수용할 수 있다(S220 단계).
- [82] 전지 적층체(140)는 제1 전극 베이스부(122)와 제2 전극 베이스부(124) 사이에 임시 고정될 수 있고, 이러한 상태의 전지 적층체(140), 제1 전극 베이스부(122)와 제2 전극 베이스부(124)를 전지 셀 블록으로 지칭할 수 있다. 상기 전지 셀 블록은 전지 셀 수용 공간(110S) 내에, 제1 방향(Y 방향)을 따라 제1 전극 베이스부(122), 전지 적층체(140), 및 제2 전극 베이스부(124)가 순차적으로 배치되도록 수용될 수 있다.
- [83] 이후, 고정 플레이트(150)와 가압 고정부(152)를 통해 상기 전지 셀 블록을 하부 하우징(110)의 내벽에 고정할 수 있다. 투명창(176)이 전지 적층체(140)의 측면과 오버랩되어 투명창(176)에 의해 전지 적층체(140)의 측면, 즉 양극 집전부(142F), 양극 활물질(142AM), 분리막(146), 음극 활물질(144AM), 및 음극 집전부(144F)의 측면들을 동시에 관찰할 수 있도록 상부 커버(172)를 하부 하우징(110) 상에 고정하여 전지 셀 측정 모듈(100)을 조립할 수 있다.

- [84] 이후, 전지 셀 측정 모듈 내의 전지 적층체에 대한 충전 및 방전 동작을 수행할 수 있다(S230 단계).
- [85] 전지 셀 측정 모듈(100)에 연결된 전기화학 분석 유닛(20)에 의해 전지 적층체(140)의 용량, 전압, 전류 및 시간에 대한 정보를 얻을 수 있다. 예를 들어, 전기화학 분석 유닛(20)을 통해 전지 적층체(140)에 미리 설정된 전류 밀도를 사용한 단위 충전 스텝 또는 단위 방전 스텝이 수행될 수 있다.
- [86] 투명창을 통해 전지 셀 측정 모듈 내의 전지 적층체의 단면에 제1 광을 조사할 수 있다(S240 단계).
- [87] 전지 셀 측정 모듈로부터 반사되는 광(또는 산란되는 광)을 감지하여 광학 이미지를 획득할 수 있다(S250 단계).
- [88] 투명창을 통해 전지 셀 측정 모듈 내의 전지 적층체의 단면에 제2 광을 조사할 수 있다(S260 단계). 제2 광은 제1 광과는 다른 파장을 갖는 광일 수 있다.
- [89] 전지 셀 측정 모듈로부터 반사되는 광(또는 산란되는 광)을 감지하여 분석할 수 있다(S270 단계).
- [90] 예를 들어, 전지 적층체(140)의 전압이 미리 설정된 제1 측정 전압에 도달할 때, 제1 광을 조사하는 S240 단계, 제1 광의 산란 광을 감지하여 광학 이미지를 획득하는 S250 단계, 제2 광을 조사하는 S260 단계, 제2 광의 산란 광을 감지하여 분석하는 S270 단계가 순차적으로 수행될 수 있다. S240 단계 내지 S270 단계를 하나의 광 측정 사이클로 지칭할 수 있다. 광 측정 사이클 동안 전지 적층체(140)에 일정한 전압이 유지되거나 또는 전류의 흐름이 중단되도록 전기화학 분석 유닛(20)이 프로그래밍될 수 있다.
- [91] 예를 들어, 제2 광을 조사하는 S260 단계와, 제2 광의 산란 광을 감지하여 분석하는 S270 단계는 라만 시프트 특성 또는 PL 특성을 획득하는 단계일 수 있다.
- [92] 예시적인 실시예들에서, 제2 광을 조사하는 S260 단계에서 투명창(176)을 통해 관찰되는 전지 적층체(140)의 두께 방향을 따라 제1 스캔 폭만큼 연속적으로 제2 광을 조사할 수 있다. 예를 들어, 상기 제1 스캔 폭은 양극 활물질(142AM)의 일부분과, 이에 인접한 분리막, 및 음극 활물질(144AM)의 일부분 모두와 오버랩되도록 배치될 수 있다.
- [93] 다른 실시예들에서, 제2 광을 조사하는 S260 단계에서 투명창(176)을 통해 관찰되는 전지 적층체(140)의 측면에 대하여 복수의 측정 위치에 제2 광을 순차적으로 조사할 수 있다. 예를 들어, 상기 복수의 측정 위치는 양극 활물질(142AM)의 일부분과, 이에 인접한 분리막, 및 음극 활물질(144AM)의 일부분 모두와 오버랩되도록 배치될 수 있다.
- [94] 이후, S210 단계 내지 S270 단계를 반복할 수 있다.
- [95] 구체적으로, 하나의 광 측정 사이클이 수행된 이후, 다시 전기화학 분석 유닛(20)을 통해 전지 적층체(140)에 미리 설정된 전류 밀도를 사용한 단위 충전 스텝 또는 단위 방전 스텝이 수행될 수 있다. 제2 회의 광 측정 사이클에서는, 제1

회의 광 측정 사이클에서 제2 광을 조사한 측정 위치와 동일한 측정 위치에 제2 광을 조사할 수 있다. 이에 따라 동일한 측정 위치에 배치되는 양극 활물질(142AM), 및/또는 음극 활물질(144AM)의 시간에 따른, 또는 전압 변화에 따른 라만 시프트 정보를 제공할 수 있고, 이에 따라 양극 활물질(142AM), 및/또는 음극 활물질(144AM)의 상전이 특성, 계면 특성, 및/또는 결정 구조에 대한 정밀한 분석이 수행될 수 있다.

- [96] 예를 들어, S210 단계 내지 S270 단계를 순차적으로 수행하는 것이 단위 충전 스텝 또는 단위 방전 스텝을 구성할 수 있다. 예시적인 실시예들에 따른 인시츄 광학 및 전기화학 분석 방법은 총 5회 내지 총 수십회의 단위 충전 스텝 및/또는 총 5회 내지 총 수십회의 단위 방전 스텝을 포함할 수 있다.
- [97] 일반적으로, 종래의 인시츄 전기화학 셀에서는, 상면에 개구부가 형성된 코인 타입의 셀 내에 양극 활물질과 음극 활물질이 분리막을 사이에 두고 적층된 구조를 배치하고, 상기 개구부를 통해 상기 양극 활물질의 표면만을 관찰하거나, 또는 음극 활물질의 표면만을 관찰할 수 있었다. 특히 개구부를 통해 관찰 가능한 상기 표면은 코인 타입의 셀의 최상부에 배치되는 표면이거나, 대응되는 양극 부분이 제거된 음극 부분의 표면(또는 대응되는 음극 부분이 제거된 양극 부분의 표면)일 수 있다. 따라서, 개구부를 통해 관찰 가능한 상기 표면에서의 활물질의 전기화학적 거동은 코인 타입 셀의 내부 영역에서 발생하는 전기화학적 거동과는 차이가 클 수 있고 이에 따라 전기화학적 거동에 대한 정밀한 분석이 어려울 수 있다.
- [98] 그러나 본 발명에 따르면, 전지 적층체(140)의 양극 집전부(142F), 양극 활물질(142AM), 분리막(146), 음극 활물질(144AM), 및 음극 집전부(144F)가 투명창(176)에 평행한 방향으로 적층됨에 따라, 양극 집전부(142F), 양극 활물질(142AM), 분리막(146), 음극 활물질(144AM), 및 음극 집전부(144F)를 동시에 관찰하거나 측정할 수 있다. 특히 양극 활물질(142AM)의 두께 방향 또는 음극 활물질(144AM)의 두께 방향으로 고정된 위치에서의 물질의 조성 또는 이미지의 연속적인 관찰이 가능하고, 양극 활물질(142AM)과 이에 인접한 양극 집전부(142F) 사이의 계면, 또는 음극 활물질(144AM)과 이에 인접한 음극 집전부(144F) 사이의 계면의 이동 등이 동시에 관찰될 수 있다. 따라서 전지 적층체(140)의 충전 및 방전 단계에서 발생하는 전지 적층체(140)의 전기화학적 거동에 대하여 정밀하게 측정하거나 분석할 수 있다.
- [99] 이하에서는 도 10 내지 도 13b를 통해, 예시적인 실시예들에 따른 전지 셀 측정 모듈을 사용하여 예시적인 실시예들에 따른 인시츄 광학 및 전기화학 분석 방법을 수행하여 획득한 분석 결과를 설명하도록 한다. 도 10 내지 도 13b에서는 양극 활물질로서 카보오가닉 양극 물질 중 하나인 디메틸페나진(DMPZ)을 사용하고, 음극 활물질로서 리튬 메탈을 사용한 전지 적층체에 대하여 인시츄 광학 및 전기화학 분석 방법을 수행하였다.
- [100] 도 10은 DMPZ 양극 활물질의 1회 충전 및 1회 방전에서의 전압 프로파일을

나타내는 그래프이다. 도 10에서는 일정 전류 모드에서 얻어지는 양극 활물질의 전압이 도시된다.

- [101] 도 10을 참조하면, 카보오가닉 양극 물질인 DMPZ는 2개의 플레토 영역(plateau region)(R2, R4)을 나타낼 수 있다. 구체적으로, 충전 개시 이후에 전압이 상승하는 제1 영역(R1), 대략 3.0 내지 3.1V에서 일정한 전압 구간을 갖는 제2 영역(R2), 전압이 상승하는 제3 영역(R3), 대략 3.75 내지 3.85V에서 일정한 전압 구간을 갖는 제4 영역(R4), 및 전압이 상승하는 제5 영역(R5)이 나타남을 확인할 수 있다.
- [102] 도 11은 양극 활물질의 1회 충전 동안의 서로 다른 전압에서의 광학 이미지이다. 도 11에서는 DMPZ 양극 활물질의 개방 전압(OCV), 3.3 V, 3.7 V, 3.9 V, 및 4.3 V에서 제1 광의 산란으로부터 얻은 광학 이미지들이 도시된다.
- [103] 도 11을 참조하면, 개방 전압(OCV)에서(즉, 도 9의 제1 영역(R1)에 대응되는 전압 영역에서) DMPZ 입자들이 국부적으로 모여 배치되는 DMPZ-리치 영역이 관찰된다. 이후, 제1 플레토를 지난 후 3.3 V(즉, 도 9의 제3 영역(R3)의 시작 지점에 대응되는 전압 영역에서)에서 DMPZ-리치 영역에 배치되는 DMPZ 입자들의 양이 많아지고, 이는 DMPZ 입자들이 표면에 석출되기 때문으로 생각될 수 있다. 3.7 V(즉, 도 9의 제3 영역(R3)의 종료 지점에 대응되는 전압 영역)에서 DMPZ-리치 영역의 모폴로지에 큰 변화는 없으며, 제2 플레토를 지난 후 3.9 V(도 9의 제5 영역(R5)에 대응되는 전압 영역)에서 DMPZ-리치 영역의 DMPZ 입자들의 양이 작게 관찰된다. 이는 두번째의 플레토 단계에서 DMPZ가 전해액에 용출되기 때문으로 생각될 수 있다.
- [104] 도 12a와 도 12b는 양극 활물질의 제1 부분과 제2 부분에서의 1회 충전 및 1회 방전 동안의 서로 다른 전압에서의 라만 시프트 그래프이다.
- [105] 도 12a를 참조하면, 제1 부분에서는 충전 초기에 개방 전압(OCV)으로부터 3.1 V에 도달할 때까지 DMPZ로부터 유래하는 제1 피크(●) 및 제2 피크(○)와, 카본으로부터 유래하는 제3 피크(▲) 및 제4 피크(△)를 포함하는 네 개의 피크가 관찰된다. 3.45V부터 제1 피크(●) 및 제2 피크(○)는 관찰되지 않으며, 3.72 V부터 제3 피크(▲) 및 제4 피크(△)의 강도는 크게 감소된다. 방전 단계가 시작되면, 제3 피크(▲) 및 제4 피크(△)는 다시 관찰되기 시작하나 제1 피크(●) 및 제2 피크(○)는 관찰되지 않는다. 이는 충전 초기에 DMPZ 입자가 배치되던 제1 부분으로부터 제1 플레토 구간인 3.1 V 영역에서 DMPZ가 전해액에 용출되어 전극 상의 다른 부분으로 이동했기 때문으로 추측할 수 있다.
- [106] 도 12b를 참조하면, 제2 부분에서는 충전 초기에 개방 전압(OCV)으로부터 3.2 V에 도달할 때까지 카본으로부터 유래하는 제3 피크(▲) 및 제4 피크(△)만이 관찰된다. 3.3 V부터 3.7 V까지의 영역에서, 즉 제1 플레토 구간을 지난 이후의 전압 상승 구간(도 9의 제3 영역(R3)에 대응되는 전압 영역)에서 DMPZ로부터 유래하는 제1 피크(●), 제2 피크(○), 제5 피크(■), 및 제6 피크(□)가 관찰된다. 이는 충전 초기에 제2 부분 내에 DMPZ가 배치되지 않았으나, 제1 플레토 구간인

3.1 V을 거치면서 전해액에 용출되었던 DMPZ 입자들이 제2 부분으로 이동하고 흡착되었기 때문으로 추측할 수 있다.

- [107] 도 13a은 각각 제1 충전 및 방전 사이클에서의 전압에 따른 양극 활물질의 광학 이미지이고, 도 13b는 제2 충전 사이클에서의 전압에 따른 양극 활물질의 광학 이미지이다.
- [108] 도 13a를 참조하면, 제1 충전 사이클에서는, 충전 초기로부터 3.3 V을 거쳐 3.76 V까지 충전 단계가 수행될 때 DMPZ 양극 활물질과 전해액(또는 분리막) 사이의 계면에서 DMPZ의 표면 석출이 발생함을 알 수 있다. 즉 DMPZ 리치 영역으로부터 전해액에 용출된 DMPZ가 양극 활물질과 전해액 사이의 계면에서 석출되는 것을 확인할 수 있다. 이후 제2 플래토를 지난 구간인 3.9 V에서 DMPZ가 다시 용해되어 양극 활물질과 전해액 사이의 계면이 양극 활물질 방향으로 후퇴한 것이 관찰된다. 4.3 V에서는 DMPZ의 재석출에 의해 양극 활물질 계면에서 새로운 층이 형성되며, 양극 활물질의 두께 역시 증가되었음을 확인할 수 있다.
- [109] 제1 방전 사이클에서는, 3.6 V, 3.43V, 2.8 V, 및 2.5 V로 전압이 감소됨에 따라 양극 활물질과 전해액 사이의 계면이 점진적으로 양극 활물질 방향으로 후퇴하는 것과 형성된 층의 두께가 감소되는 것이 관찰되며, 이는 DMPZ의 용해가 지속적으로 발생하기 때문으로 추측할 수 있다.
- [110] 도 13b를 참조하면, 제2 충전 사이클에서는 3.3 V에서 DMPZ의 전해액으로의 용해에 의해 형성된 층이 사라지는 것이 관찰되었으며 4.1 V에서 DMPZ 재석출에 의해 양극 활물질 계면에 새로운 층이 다시 형성되는 것이 관찰된다. 그러나 제1 충전 사이클과 비교할 때 DMPZ의 용해에 의한 계면 이동의 정도가 미미하며, DMPZ의 재석출에 의해 형성되는 새로운 층의 두께 역시 크지 않음을 알 수 있다.
- [111] 도 10 내지 도 13b를 참조로 상세히 설명한 바와 같이, 본 발명에 따른 전지 셀 측정 모듈 및 인시츄 광학 및 전기화학 분석 방법을 통해 DMPZ를 포함하는 카보오가닉계 양극 활물질의 전기화학 거동 및 계면 특성이 명확하게 관찰될 수 있고, 이에 따라 카보오가닉계 양극 활물질의 성능 개선 및 상용화를 위한 다양한 접근법들이 도출될 수 있다. 본 발명은 카보오가닉계 양극 활물질 뿐만 아니라 다른 양극 활물질 및 음극 활물질의 전기화학적 반응의 규명, 결정상 또는 결정 구조 변화 관찰, 국부적 영역의 반응 속도 분석, 활물질의 계면 이동 관찰, 활물질의 국부적 두께 변화 관찰 등 전기화학적 거동에 대한 종합적인 분석에 적용할 수 있다.
- [112] 이상, 본 발명을 바람직한 실시예를 들어 상세하게 설명하였으나, 본 발명은 상기 실시예에 한정되지 않고, 본 발명의 기술적 사상 및 범위 내에서 당 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의하여 여러가지 변형 및 변경이 가능하다.

[113] **Acknowledgement**

- [114] This research was supported by the Basic Science Research Program through the

National Research Foundation of Korea funded by the Ministry of Science and ICT (NRF-2017M3A7B4049176).

- [115] This work was supported by the Korea Basic Science Institute (KBSI) grant No. T38606.
- [116] This work was supported by the National Research Foundation of Korea (NRF) grant funded by Korea government (MSIT)(2018R1A5A 1025224).
- [117] This research was supported by Creative Materials Discovery Program through the National Research Foundation of Korea (NRF) funded by the Ministry of Science, ICT and Future Planning (NRF-2017M3D1A1039561).

청구범위

- [청구항 1] 인시츄 광학 및 전기화학 분석용 전지 셀 측정 모듈로서,
내부에 전지 셀 수용 공간을 포함하는 하부 하우징;
상기 하부 하우징에 착탈 가능하게 부착되며 투명창이 구비된 상부 커버;
및
상기 전지 셀 수용 공간 내에 배치되며,
제1 전극 베이스부,
제2 전극 베이스부, 및
상기 제1 전극 베이스부와 상기 제2 전극 베이스부 사이에 배치되는 전지 적층체를 포함하는 전지 셀 블록을 포함하고,
상기 전지 적층체의 두께 방향이 상기 투명창의 상면과 평행하게
배치되도록 상기 제1 전극 베이스부, 상기 전지 적층체 및 상기 제2 전극 베이스부가 상기 투명창의 상면에 평행한 제1 방향을 따라 순차적으로
배치되는 것을 특징으로 하는 전지 셀 측정 모듈.
- [청구항 2] 제1항에 있어서,
상기 전지 적층체는,
양극 활물질이 부착된 양극 집전부,
음극 활물질이 부착된 음극 집전부, 및
상기 양극 활물질과 상기 음극 활물질 사이에 배치되는
분리막(separator)을 포함하고,
상기 전지 셀 블록은, 상기 양극 집전부, 상기 양극 활물질, 상기 분리막,
상기 음극 활물질, 및 상기 음극 집전부 모두가 상기 투명창에
대면하도록(face) 배치되는 것을 특징으로 하는 전지 셀 측정 모듈.
- [청구항 3] 제2항에 있어서,
상기 양극 활물질은 상기 양극 집전부의 상면에 수직한 방향으로 제1
두께를 가지며,
상기 음극 활물질은 상기 음극 집전부의 상면에 수직한 방향으로 제2
두께를 가지며,
상기 전지 셀 블록은, 상기 양극 활물질의 상기 제1 두께 전체와 상기 음극
활물질의 상기 제2 두께 전체가 상기 투명창에 의해 관찰되도록 배치되는
것을 특징으로 하는 전지 셀 측정 모듈.
- [청구항 4] 제2항에 있어서,
상기 전지 셀 수용 공간 내에 배치되며,
상기 제1 전극 베이스부, 상기 전지 적층체 및 상기 제2 전극 베이스부
모두와 인접하게 위치하도록 상기 제1 전극 베이스부, 상기 전지 적층체
및 상기 제2 전극 베이스부의 일 측부에 배치되는 제3 전극 베이스부를 더
포함하고,

상기 제3 전극 베이스부는 상기 양극 활물질 및 상기 음극 활물질에 대한 기준 전압을 제공하는 기준 전극으로 기능하는 전지 셀 측정 모듈.

[청구항 5]

제1항에 있어서,

상기 하부 하우징은 외부 공급 부재로부터 상기 전지 셀 수용 공간 내부로 전해액을 공급받도록 구성되는 공급 라인 개구부를 더 포함하고,

상기 제1 전극 베이스부는,

상기 제1 전극 베이스부를 관통하는 복수의 개구부; 및

상기 제1 전극 베이스부의 상면에 평행한 방향으로, 상기 제1 전극

베이스부의 전체 길이를 통해 연장되는 트렌치(trench);

중 적어도 하나를 포함하고,

상기 복수의 개구부 및 상기 트렌치 중 적어도 하나를 통해 상기 전해액이 상기 전지 적층체까지 도달하도록 구성되는 것을 특징으로 하는 전지 셀 측정 모듈.

[청구항 6]

전지 셀 측정 모듈을 사용한 인시츄 광학 및 전기화학 분석 방법으로서,

상기 전지 셀 측정 모듈은,

내부에 전지 셀 수용 공간을 포함하는 하부 하우징;

상기 하부 하우징에 착탈 가능하게 부착되며 투명창이 구비된 상부 커버; 및

상기 전지 셀 수용 공간 내에 배치되는 전지 셀 블록을 포함하고,

상기 전지 셀 블록 내에 포함되는 제1 전극 베이스부, 전지 적층체, 및 제2 전극 베이스부가 상기 투명창의 상면에 평행한 제1 방향을 따라

순차적으로 배치되고,

상기 전지 셀 측정 모듈에 충전 및 방전 동작을 수행하는 단계; 및

상기 전지 셀 측정 모듈에 광 측정 사이클을 복수 회 수행하는 단계를 포함하며,

상기 광 측정 사이클은,

상기 투명창을 통해 관찰되는 상기 전지 적층체의 제1 부분에 제1 광을 조사하는 단계;

상기 전지 적층체로부터 산란되는 제1 광을 검출하는 단계;

상기 투명창을 통해 관찰되는 상기 전지 적층체의 상기 제1 부분에 상기 제1 광과는 다른 파장을 갖는 제2 광을 조사하는 단계; 및

상기 전지 적층체로부터 산란되는 제2 광을 검출하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 인시츄 광학 및 전기화학 분석 방법.

[청구항 7]

제6항에 있어서,

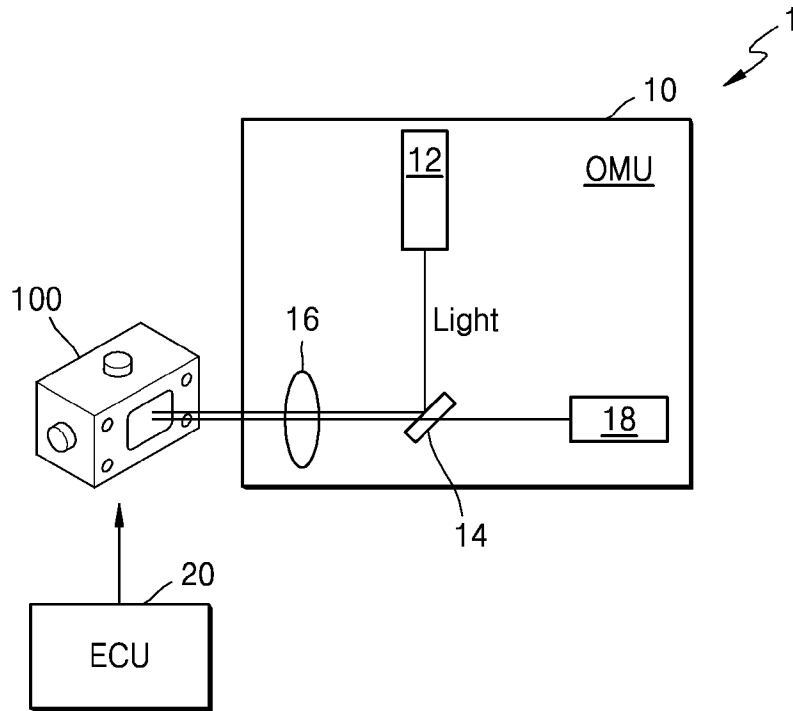
상기 제2 광을 조사하는 단계는,

상기 투명창을 통해 관찰되는 상기 전지 적층체의 두께 방향을 따라 제1

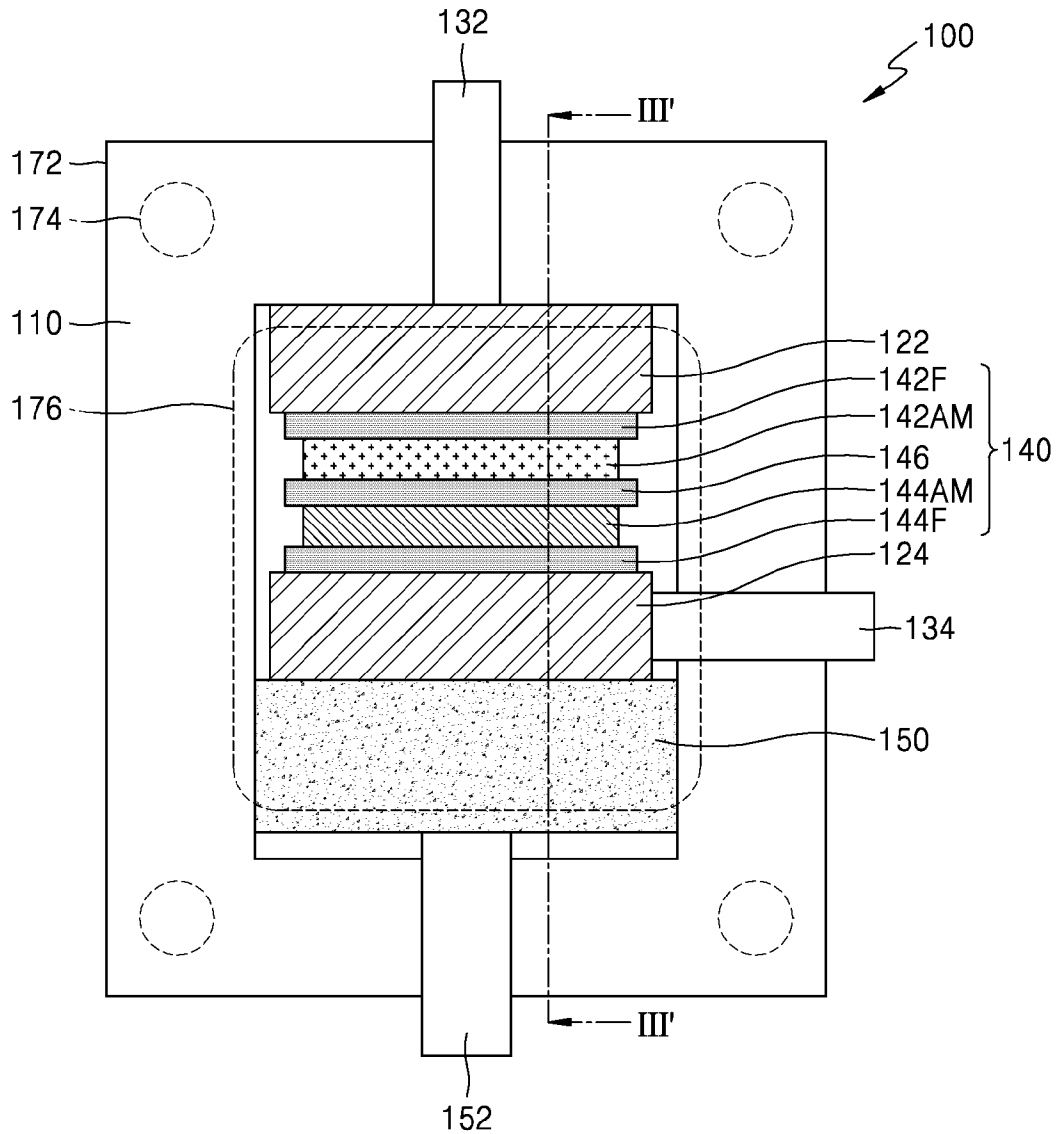
스캔 폭만큼 연속적으로 상기 제2 광을 조사하는 단계를 포함하는 인시츄 광학 및 전기화학 분석 방법.

[청구항 8] 제7항에 있어서,
상기 전지 적층체는,
양극 활물질이 부착된 양극 집전부,
음극 활물질이 부착된 음극 집전부, 및
상기 양극 활물질과 상기 음극 활물질 사이에 배치되는 분리막을
포함하고,
상기 전지 셀 블록은, 상기 양극 집전부, 상기 양극 활물질, 상기 분리막,
상기 음극 활물질, 및 상기 음극 집전부 모두가 상기 투명창에 대면하도록
배치되며,
상기 제2 광을 조사하는 단계는,
상기 투명창을 통해 관찰되는 상기 양극 활물질의 두께 방향을 따라 상기
제1 스캔 폭만큼 연속적으로 상기 제2 광을 조사하는 단계, 및
상기 투명창을 통해 관찰되는 상기 음극 활물질의 두께 방향을 따라 상기
제1 스캔 폭만큼 연속적으로 상기 제2 광을 조사하는 단계,
중 적어도 하나를 포함하는 것을 특징으로 하는 전지 셀 측정 모듈.

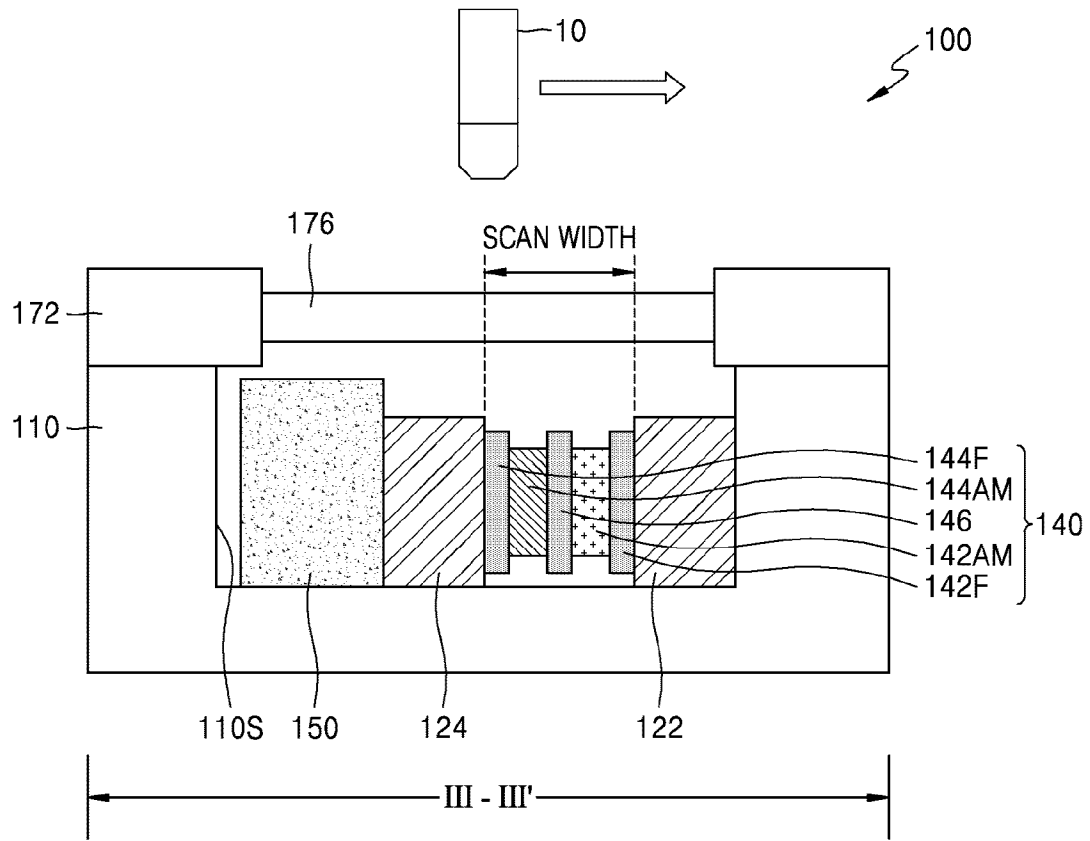
[도1]



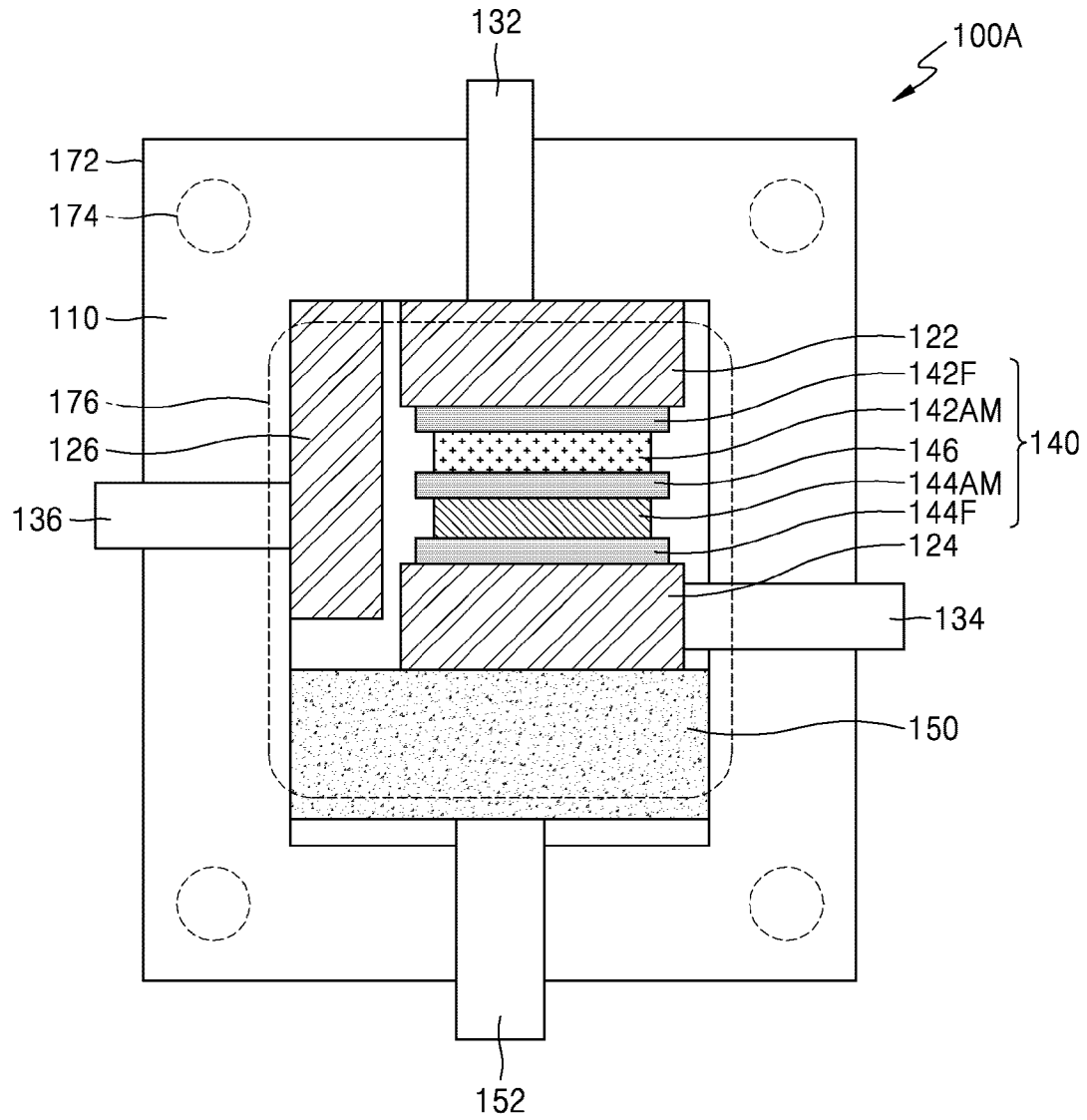
[도2]



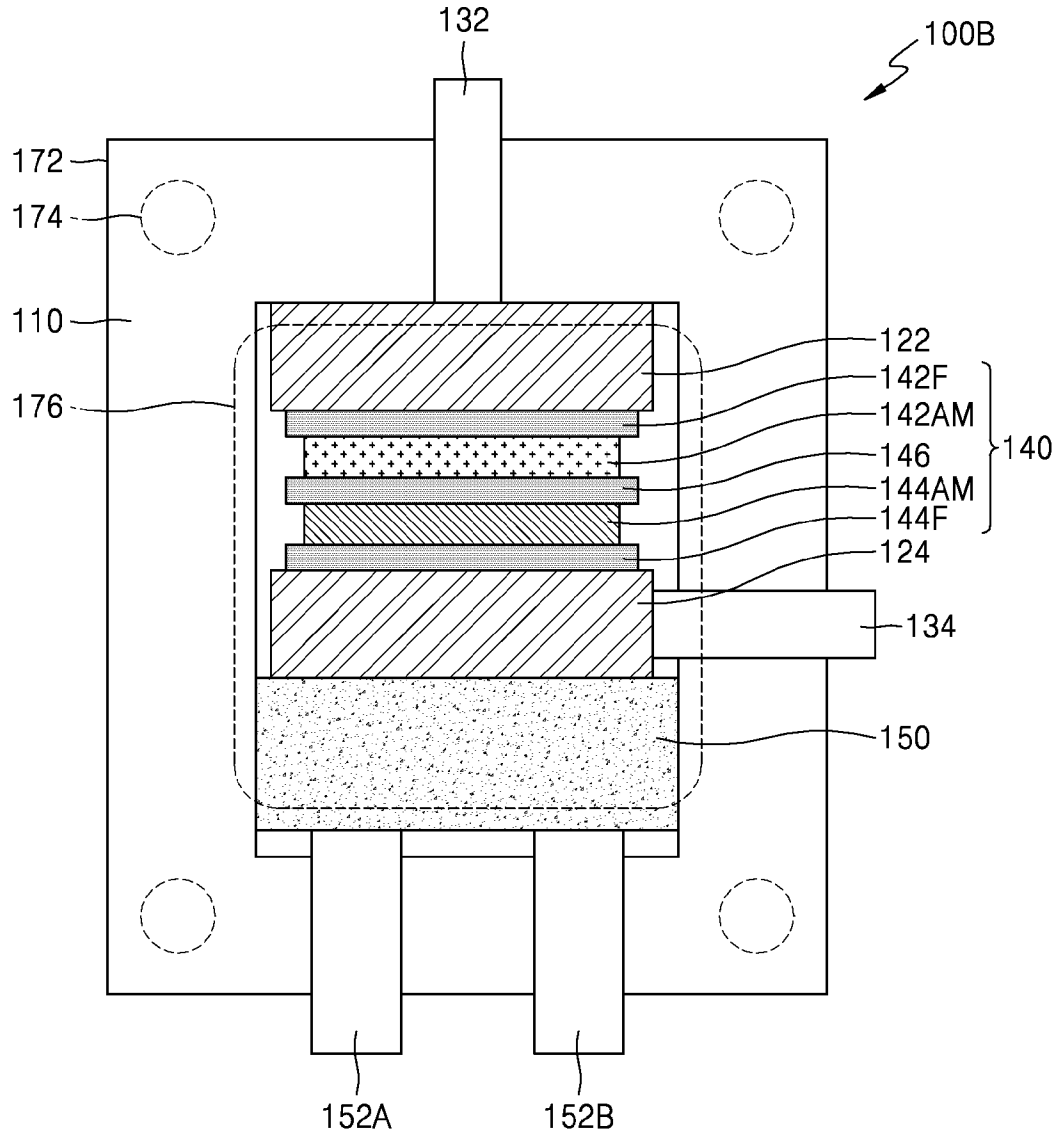
[도3]



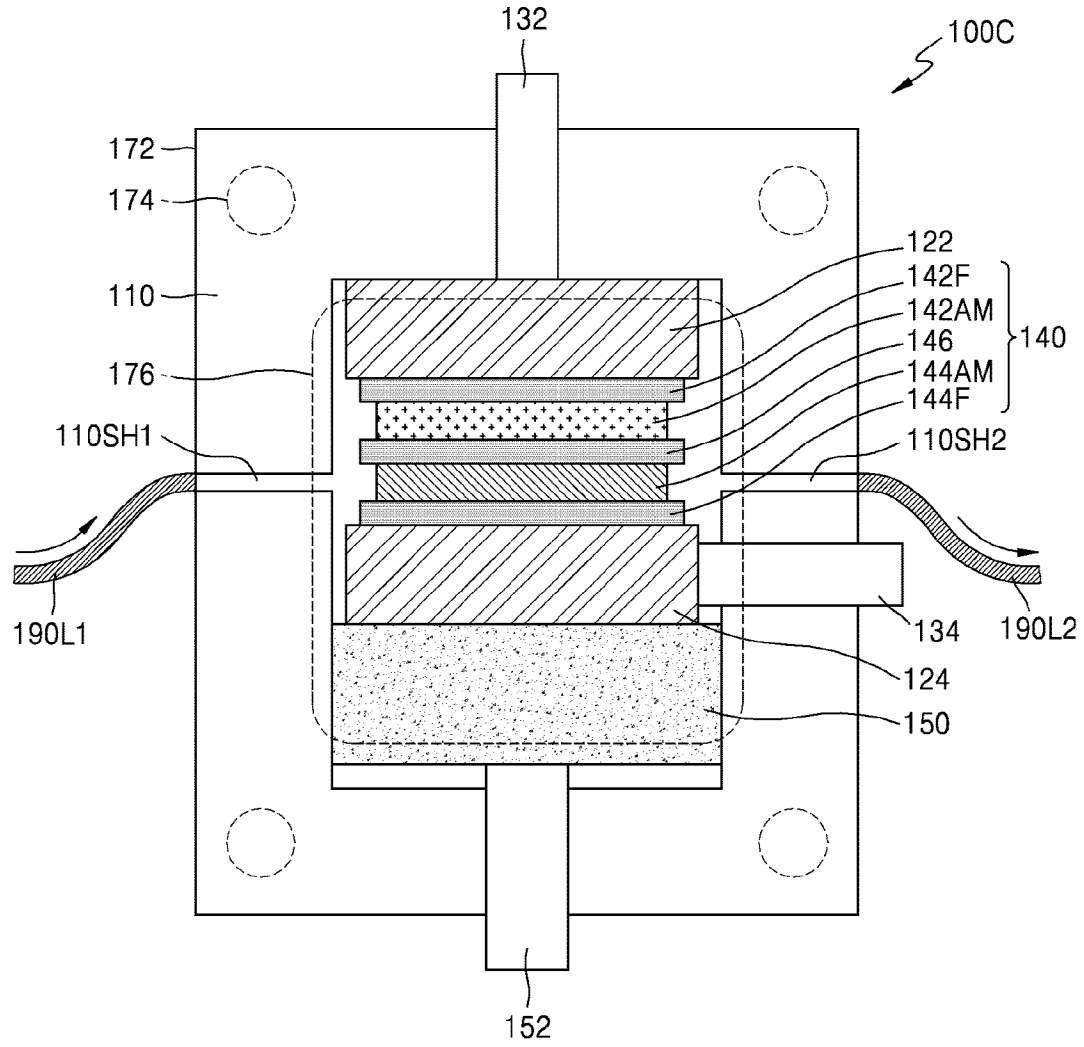
[도4]



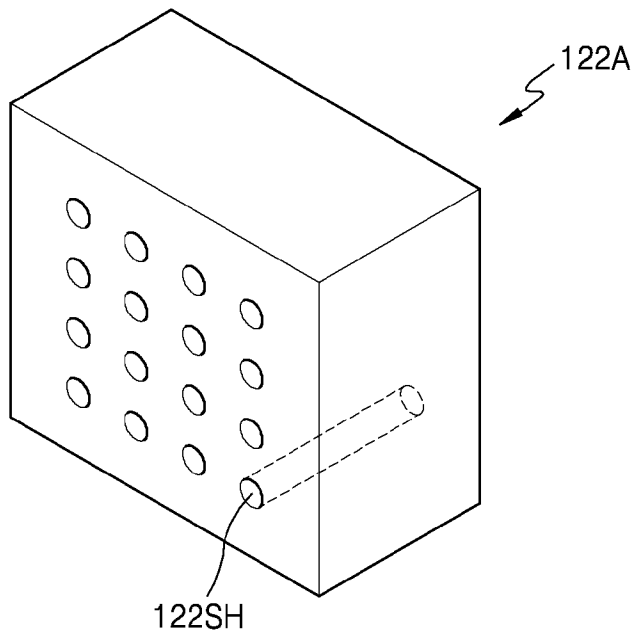
[도5]



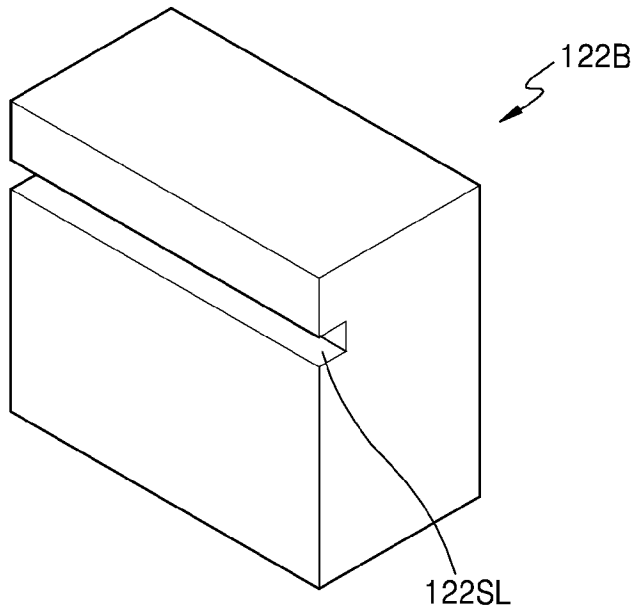
[도6]



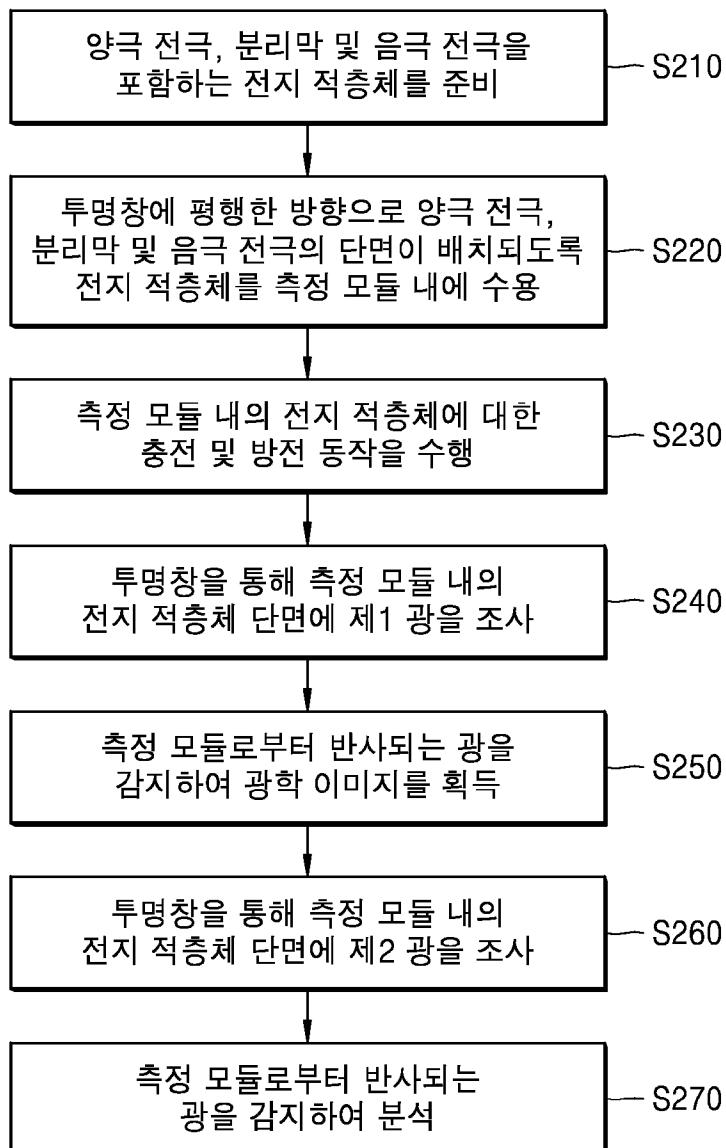
[도7]



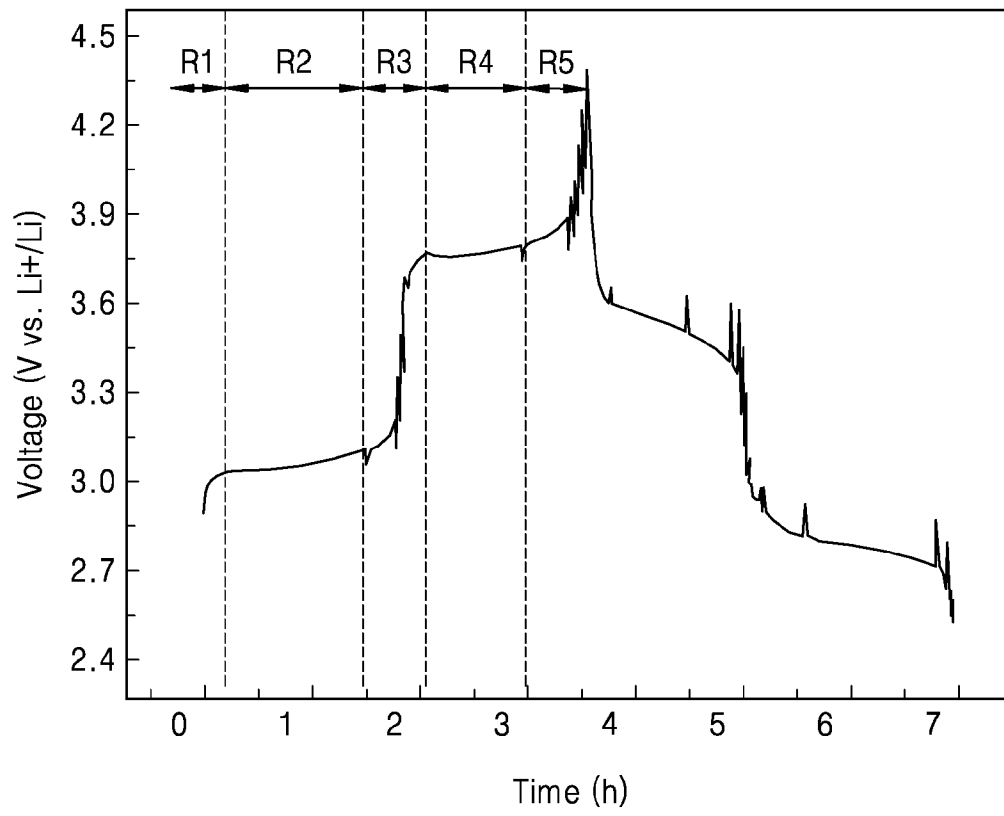
[도8]



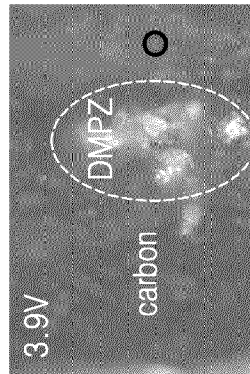
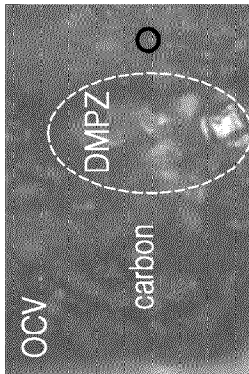
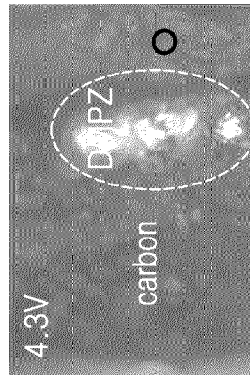
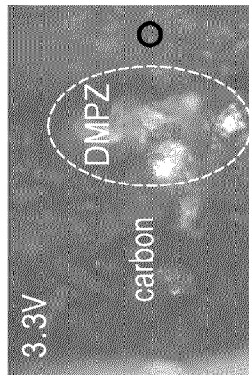
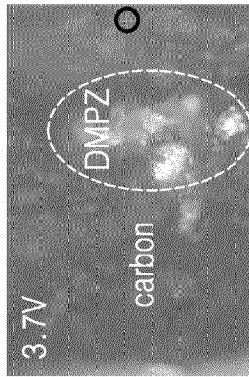
[도9]



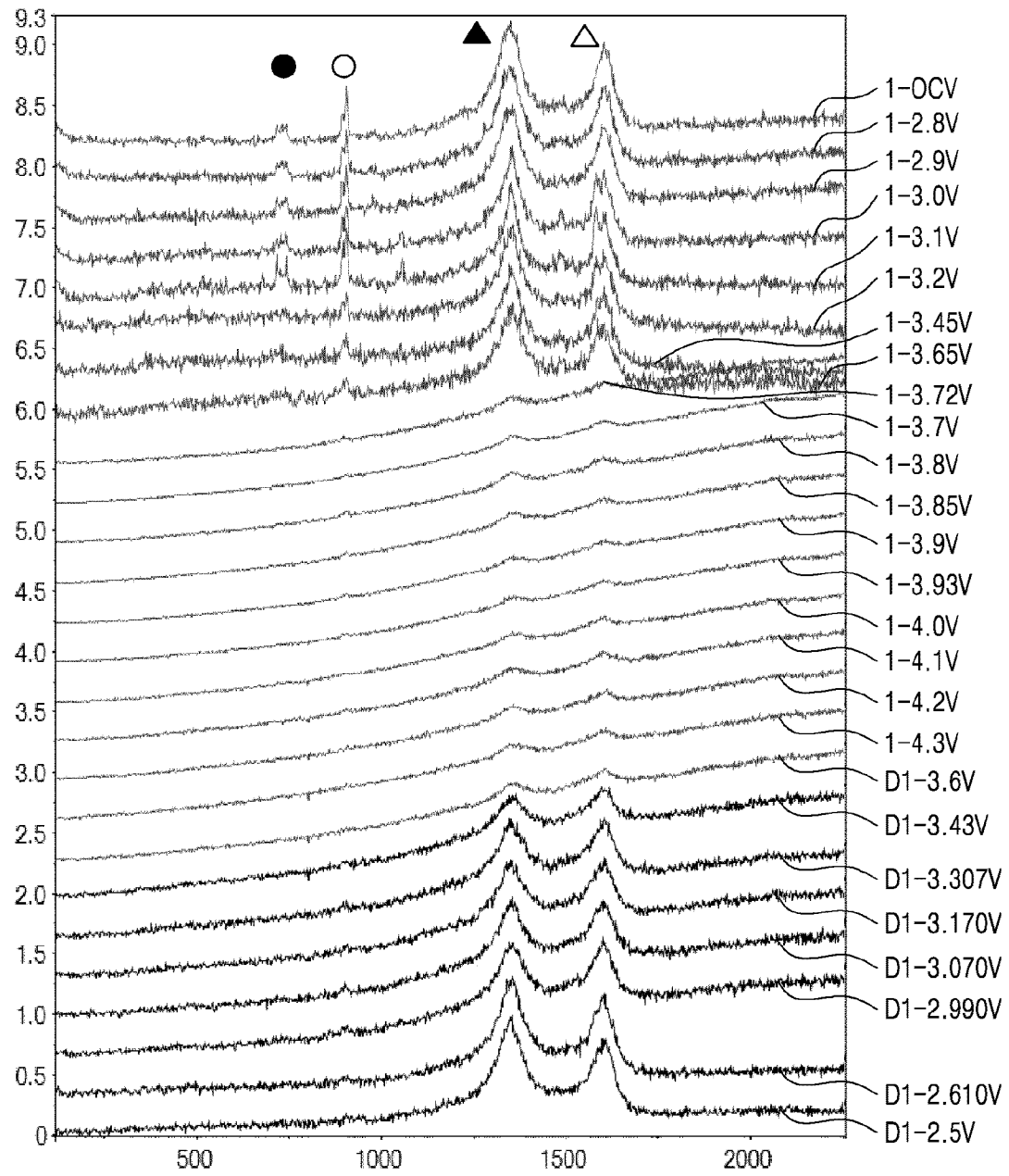
[도10]



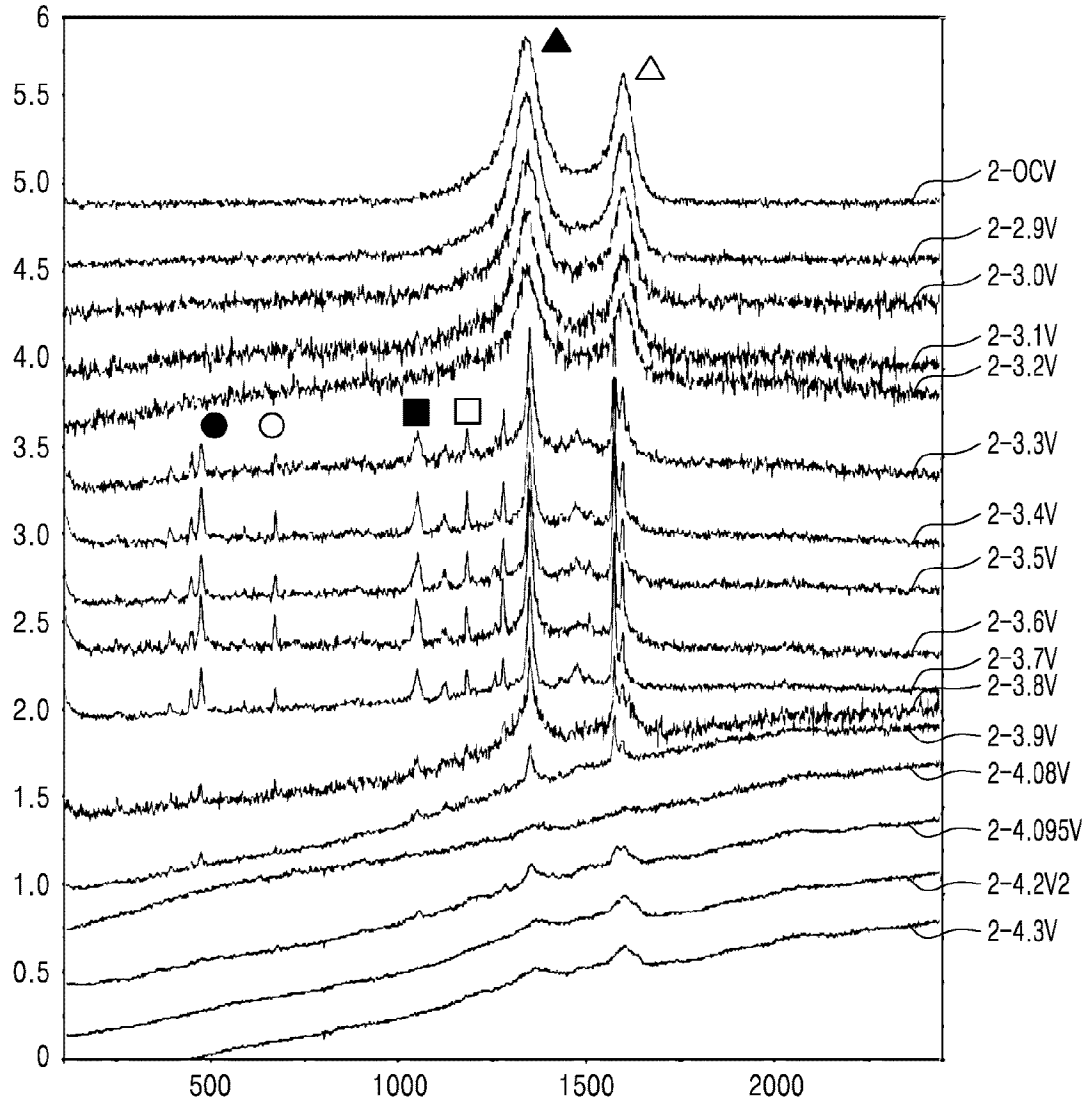
[도11]



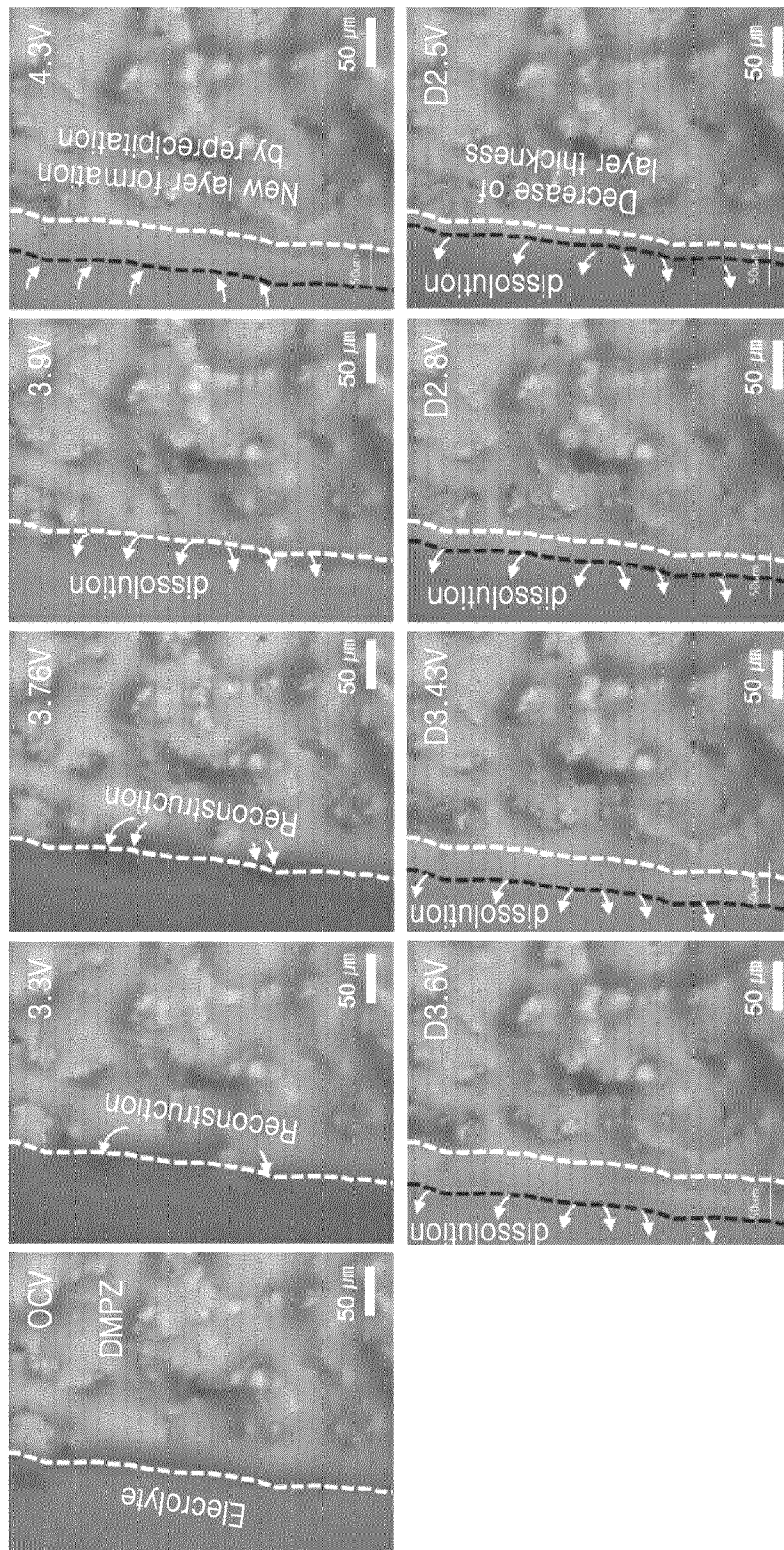
[도 12a]



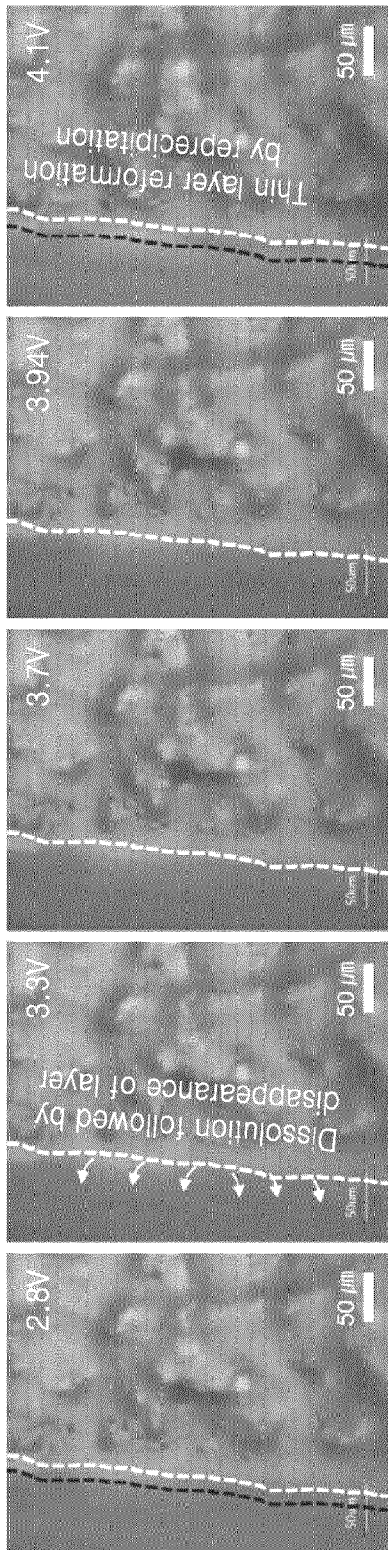
[도 12b]



[도 13a]



[도 13b]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/KR2018/016377

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER

G01N 21/47(2006.01)i, G01N 21/84(2006.01)i, G01R 31/36(2006.01)i, H01M 10/42(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)

G01N 21/47; C01G 53/00; G01N 21/27; G01N 23/20; H01M 10/00; H01M 10/04; H01M 10/42; H01M 10/48; H01M 2/02; G01N 21/84; G01R 31/36

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: battery cell, in-situ, electrode, separator, transparent window, hole

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	KR 10-1705703 B1 (KOREA I.T.S. CO., LTD.) 10 February 2017 See paragraphs [0033]-[0050] and figures 1-5.	1-3
A		4-8
Y	KR 10-2015-0099896 A (LG CHEM, LTD.) 02 September 2015 See paragraphs [0079]-[0082] and figure 3.	1-3
A	KR 10-1274730 B1 (INDUSTRY-ACADEMIC COOPERATION FOUNDATION, KUNSAN NATIONAL UNIVERSITY) 17 June 2013 See paragraphs [0023]-[0040] and figures 1-3.	1-8
A	KR 10-2015-0047796 A (INDUSTRY-ACADEMIC COOPERATION FOUNDATION, KUNSAN NATIONAL UNIVERSITY) 06 May 2015 See claims 8-10 and figures 4, 5.	1-8
A	JP 2010-019813 A (NISSAN MOTOR CO., LTD.) 28 January 2010 See claim 1 and figures 1-5.	1-8



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

06 SEPTEMBER 2019 (06.09.2019)

Date of mailing of the international search report

09 SEPTEMBER 2019 (09.09.2019)

Name and mailing address of the ISA/KR

Korean Intellectual Property Office
Government Complex Daejeon Building 4, 189, Cheongsu-ro, Seo-gu,
Daejeon, 35208, Republic of Korea
Facsimile No. +82-42-481-8578

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT
Information on patent family members

International application No.

PCT/KR2018/016377

Patent document cited in search report	Publication date	Patent family member	Publication date
KR 10-1705703 B1	10/02/2017	None	
KR 10-2015-0099896 A	02/09/2015	CN 106062996 A CN 106062996 B EP 3093907 A1 JP 2017-510940 A US 10319953 B2 US 2017-0047559 A1 WO 2015-126074 A1	26/10/2016 15/02/2019 16/11/2016 13/04/2017 11/06/2019 16/02/2017 27/08/2015
KR 10-1274730 B1	17/06/2013	None	
KR 10-2015-0047796 A	06/05/2015	KR 10-1550754 B1	08/09/2015
JP 2010-019813 A	28/01/2010	JP 5206186 B2	12/06/2013

A. 발명이 속하는 기술분류(국제특허분류(IPC))

G01N 21/47(2006.01)i, G01N 21/84(2006.01)i, G01R 31/36(2006.01)i, H01M 10/42(2006.01)i

B. 조사된 분야

조사된 최소문헌(국제특허분류를 기재)

G01N 21/47; C01G 53/00; G01N 21/27; G01N 23/20; H01M 10/00; H01M 10/04; H01M 10/42; H01M 10/48; H01M 2/02; G01N 21/84; G01R 31/36

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: 전지 셀(battery cell), 인시츄(in-situ), 전극(electrode), 분리막(separator), 투명창(transparent window), 홀(hole)

C. 관련 문헌

카테고리*	인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재	관련 청구항
Y	KR 10-1705703 B1 ((주)한국아이티에스) 2017.02.10 단락 [0033]-[0050] 및 도면 1-5 참조.	1-3
A		4-8
Y	KR 10-2015-0099896 A (주식회사 엘지화학) 2015.09.02 단락 [0079]-[0082] 및 도면 3 참조.	1-3
A	KR 10-1274730 B1 (군산대학교산학협력단) 2013.06.17 단락 [0023]-[0040] 및 도면 1-3 참조.	1-8
A	KR 10-2015-0047796 A (군산대학교산학협력단) 2015.05.06 청구항 8-10 및 도면 4, 5 참조.	1-8
A	JP 2010-019813 A (NISSAN MOTOR CO., LTD.) 2010.01.28 청구항 1 및 도면 1-5 참조.	1-8

☐ 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

2019년 09월 06일 (06.09.2019)

국제조사보고서 발송일

2019년 09월 09일 (09.09.2019)

ISA/KR의 명칭 및 우편주소

대한민국 특허청
(35208) 대전광역시 서구 청사로 189,
4동 (둔산동, 정부대전청사)

팩스 번호 +82-42-481-8578

심사관

이현길

전화번호 +82-42-481-8525



국제조사보고서에서 인용된 특허문헌	공개일	대응특허문헌	공개일
KR 10-1705703 B1	2017/02/10	없음	
KR 10-2015-0099896 A	2015/09/02	CN 106062996 A CN 106062996 B EP 3093907 A1 JP 2017-510940 A US 10319953 B2 US 2017-0047559 A1 WO 2015-126074 A1	2016/10/26 2019/02/15 2016/11/16 2017/04/13 2019/06/11 2017/02/16 2015/08/27
KR 10-1274730 B1	2013/06/17	없음	
KR 10-2015-0047796 A	2015/05/06	KR 10-1550754 B1	2015/09/08
JP 2010-019813 A	2010/01/28	JP 5206186 B2	2013/06/12