

(12) 특허협력조약에 의하여 공개된 국제출원

(19) 세계지식재산권기구  
국제사무국

(43) 국제공개일  
2021년 9월 30일 (30.09.2021)

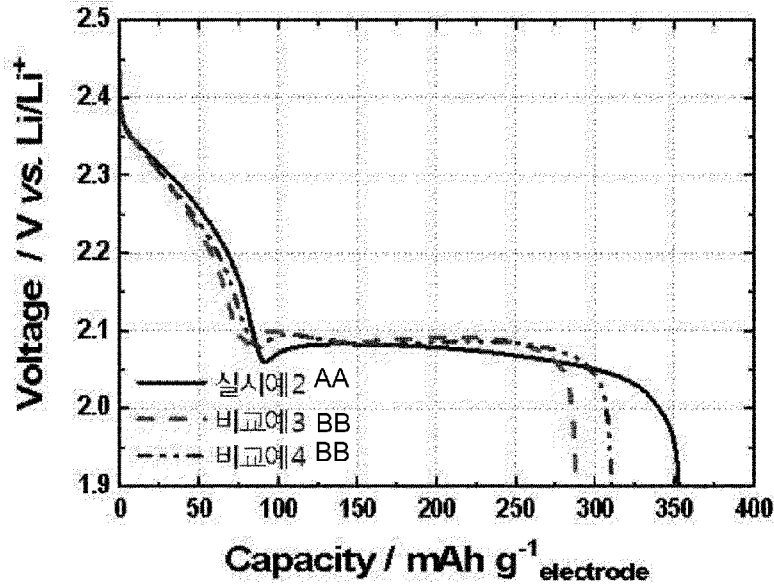


(10) 국제공개번호  
**WO 2021/194230 A1**

- (51) 국제특허분류:  
*H01M 4/13* (2010.01)      *H01M 4/36* (2006.01)  
*H01M 4/74* (2006.01)      *H01M 4/139* (2010.01)  
*H01M 4/66* (2006.01)      *H01M 4/04* (2006.01)  
*H01M 4/38* (2006.01)      *H01M 10/52* (2010.01)
- (21) 국제출원번호: PCT/KR2021/003592
- (22) 국제출원일: 2021년 3월 23일 (23.03.2021)
- (25) 출원언어: 한국어
- (26) 공개언어: 한국어
- (30) 우선권정보:  
 10-2020-0037717 2020년 3월 27일 (27.03.2020) KR  
 10-2020-0104338 2020년 8월 20일 (20.08.2020) KR
- (71) 출원인: 주식회사 엘지에너지솔루션 (LG ENERGY SOLUTION, LTD.) [KR/KR]; 07335 서울시 영등포구 여의대로 108, 타워1, Seoul (KR).
- (72) 발명자: 홍경식 (HONG, Kyungsik); 34122 대전시 유성구 문지로 188, LG화학 기술연구원, Daejeon (KR). 김민수 (KIM, Minsu); 34122 대전시 유성구 문지로 188, LG화학 기술연구원, Daejeon (KR).
- (74) 대리인: 김성호 (KIM, Sung Ho); 06233 서울시 강남구 테헤란로8길 8, 5층 (역삼동, 흥은빌딩) (위너비특허법률사무소), 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, IT, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KW,

(54) Title: LITHIUM SECONDARY BATTERY ELECTRODE COMPRISING PERFORATED CURRENT COLLECTOR, MANUFACTURING METHOD THEREFOR, AND LITHIUM SECONDARY BATTERY COMPRISING ELECTRODE

(54) 발명의 명칭: 천공된 집전체를 포함하는 리튬 이차전지용 전극, 그 제조 방법 및 상기 전극을 포함하는 리튬 이차전지



AA ... Example  
BB ... Comparative example

(57) Abstract: Disclosed are a lithium secondary battery electrode comprising a perforated current collector, a manufacturing method therefor, and a lithium secondary battery comprising the electrode, the electrode allowing active materials to be coupled to each other through the perforated part of the perforated current collector and, simultaneously, enabling an increase in the energy density of a battery according to a decrease in weight even if a conductive material and a binder, which are the essential elements of a conventional electrode mixture, and a wetting process are excluded. The lithium secondary battery electrode comprises: a first electrode active material layer; a second electrode active material layer; and a perforated current collector interposed between the first electrode active material layer and the second electrode active material layer, wherein the first electrode active material layer and the second electrode active material



WO 2021/194230 A1

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, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, WS, 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, 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))

---

layer are coupled to each other through the perforated part of the current collector.

(57) 요약서: 천공된 집전체의 천공부를 통하여 활물질 간 결합이 이루어지도록 하는 동시에, 습식 공정과 기존 전극 합제의 필수 구성요소인 도전제와 바인더를 배제하더라도, 무게 저감에 따라 전지의 에너지 밀도를 향상시킬 수 있는, 천공된 집전체를 포함하는 리튬 이차전지용 전극, 그 제조 방법 및 상기 전극을 포함하는 리튬 이차전지가 개시된다. 상기 리튬 이차전지용 전극은, 제1 전극 활물질층; 제2 전극 활물질층; 및 상기 제1 전극 활물질층과 제2 전극 활물질층의 사이에 개재된 천공된 집전체;를 포함하며, 상기 제1 전극 활물질층 및 제2 전극 활물질층은 상기 집전체의 천공부를 통하여 결합된 것을 특징으로 한다.

## 명세서

### 발명의 명칭: 천공된 집전체를 포함하는 리튬 이차전지용 전극, 그 제조 방법 및 상기 전극을 포함하는 리튬 이차전지

#### 기술분야

- [1] 본 출원은 2020년 03월 27일자 한국 특허 출원 제10-2020-0037717호 및 2020년 08월 20일자 한국 특허 출원 제10-2020-0104338호에 기초한 우선권의 이익을 주장하며, 해당 한국 특허 출원의 문헌에 개시된 모든 내용은 본 명세서의 일부로서 포함된다.
- [2] 본 발명은 천공된 집전체를 포함하는 리튬 이차전지용 전극, 그 제조 방법 및 상기 전극을 포함하는 리튬 이차전지에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는, 천공된 집전체의 천공부를 통하여 활물질 간 결합이 이루어지도록 하는 동시에, 습식 공정과 기존 전극 합제의 필수 구성요소인 도전재와 바인더를 배제하더라도, 무게 저감에 따라 전지의 에너지 밀도를 향상시킬 수 있는, 천공된 집전체를 포함하는 리튬 이차전지용 전극, 그 제조 방법 및 상기 전극을 포함하는 리튬 이차전지에 관한 것이다.

#### 배경기술

- [3] 최근, 에너지 저장 기술에 대한 관심이 높아지고 있으며, 휴대폰, 캠코더 및 노트북 PC, 더 나아가 전기 자동차의 에너지까지 적용분야가 확대되면서, 전기화학소자의 연구 개발에 대한 노력이 구체화되고 있다. 전기화학소자는 이러한 측면에서 가장 주목을 받고 있는 분야이고, 그 중에서도 충방전이 가능한 리튬-황 전지와 같은 이차전지의 개발은 관심의 초점이 되고 있으며, 최근에는 이러한 전지를 개발함에 있어서 용량 밀도 및 비에너지를 향상시키기 위하여, 새로운 전극과 전지의 설계에 대한 연구개발로 이어지고 있다.
- [4] 이와 같은 전기화학소자, 그 중 리튬 이차전지 중에서도 황(S)을 양극으로 적용하는 리튬-황(Li-S) 전지는 높은 에너지 밀도를 가져, 리튬 이온전지를 대체할 수 있는 차세대 이차전지로 각광 받고 있다. 하지만, 이와 같은 리튬-황 전지 등의 리튬 이차전지는, 양극에 도전재 및 바인더를 포함하고 있고, 또한, 활물질, 도전재 및 바인더를 포함한 양극 합제가 도포되는 금속 집전체까지 포함하고 있어 불가피하게 중량이 증가할 수밖에 없으며, 이와 같은 무게의 증가는 전지의 에너지 밀도 감소로 이어지게 된다.
- [5] 당업계에서는 이러한 문제점을 해결하기 위한 방안으로, 양극 구성 중 집전체의 무게를 줄이려는 노력이 이어지고 있다. 즉, 집전체의 무게 저감을 위해, 기존 대비 얇은 집전체를 양극에 적용하고자 하는 연구가 진행되었으나, 괄목할만한 무게 저감이 가능할 정도로 두께를 줄이는 데에는 한계가 있다는 점이 지적되었다. 또한, 천공된 금속 포일(foil) 집전체나 메쉬(mesh) 형태의 집전체를 제작하여 양극 또는 전지의 무게를 저감시키려는 사례도 보고되고

있으나, 이것만으로는 전지의 에너지 밀도를 증가시키는 데에 어려움이 있는 것으로 파악되었다. 또한, 천공된 집전체를 사용하여 슬러리 코팅(즉, 습식 공정)으로 전극을 제조할 경우, 공극을 통해 슬러리가 하부로 유동하는 문제가 있어, 개구율이나 슬러리 점도 조절에 제약이 생기는 문제도 발생하게 된다. 뿐만 아니라, 슬러리 코팅, 즉, 습식 공정으로 전극 공정을 진행할 경우, 전극 내 잔존하는 수분으로 인한 문제와, 믹싱, 코팅 및 건조 공정에 따른 비용 발생의 문제도 있다.

- [6] 반면, 건식 공정으로 전극을 제조하는 경우에는, 바인더의 종류와 함량 변경에 제약이 있고, 양면 전극의 제조를 위해서는, 라미네이션(Lamination) 공정과 집전체 접착력 부여를 위한 코팅이 수반되어야 하는 등 공정이 복잡해지는 문제가 발생한다. 아울러, 전극의 전도성 향상과 접착력 부여를 위해 일반적으로 사용되는 도전재와 바인더 또한, 전지의 에너지 밀도를 감소시키는 주 요인 중 하나이고, 특히, 바인더는 저항 요소로도 작용하기 때문에, 도전재와 바인더는 물성을 저하시키지 않는 범위 내에서 최소한으로 사용되는 것이 바람직하다.
- [7] 이상을 종합하여 볼 때, 집전체의 무게 저감이 가능한 천공된 집전체를 사용하면서도, 습식 공정은 배제하고, 또한, 전지의 에너지 밀도를 감소시키는 도전재와 바인더를 최소한으로 사용하는 방안이 강구되어야 할 것이다.

## 발명의 상세한 설명

### 기술적 과제

- [8] 본 발명의 목적은, 천공된 집전체의 천공부를 통하여 활물질 간 결합이 이루어지도록 하는 동시에, 습식 공정과 기존 전극 합제의 필수 구성요소인 도전재와 바인더를 배제하더라도, 무게 저감에 따라 전지의 에너지 밀도를 향상시킬 수 있는, 천공된 집전체를 포함하는 리튬 이차전지용 전극, 그 제조 방법 및 상기 전극을 포함하는 리튬 이차전지를 제공하는 것이다.

### 과제 해결 수단

- [9] 상기 목적을 달성하기 위하여, 본 발명은, 제1 전극 활물질층; 제2 전극 활물질층; 및 상기 제1 전극 활물질층과 제2 전극 활물질층의 사이에 개재된 천공된 집전체;를 포함하며, 상기 제1 전극 활물질층 및 제2 전극 활물질층은 상기 집전체의 천공부를 통하여 결합된 것을 특징으로 하는 리튬 이차전지용 전극을 제공한다.
- [10] 또한, 본 발명은, (a) 금형에 전극 활물질을 적당량 충전시킨 후 그 상부에 천공된 집전체를 위치시키고, 그 상부에 다시 전극 활물질을 충전시키는 단계; (b) 상기 금형에 충전된 전극 활물질과 집전체의 복합물에 압력을 가하는 단계; 및 (c) 상기 압력이 인가된 복합물을 상기 금형으로부터 분리하는 단계;를 포함하는 리튬 이차전지용 전극의 제조방법을 제공한다.
- [11] 또한, 본 발명은, 상기 리튬 이차전지용 전극을 하나 이상 포함하는 리튬 이차전지를 제공한다.

## 발명의 효과

- [12] 본 발명에 따른 천공된 집전체를 포함하는 리튬 이차전지용 전극, 그 제조 방법 및 상기 전극을 포함하는 리튬 이차전지에 의하면, 통상적인 집전체에 비하여 무게가 저감된 천공된 집전체의 천공부를 통하여 활물질 간 결합이 이루어지도록 하는 동시에, 습식 공정 대신 건식 공정을 적용하여 습식 공정 시 수행되던 믹싱, 코팅 및 건조 과정이 생략되었으며, 이에 따라, 건식 공정을 통한 전극 제조 시, 전극 내 잔존하는 수분으로 인한 문제와, 믹싱, 코팅 및 건조 공정에 따른 비용 발생의 문제 같이, 기존 습식 공정으로 인해 발생하던 문제점이 제거되는 장점을 가진다.
- [13] 또한, 본 발명에 따른 천공된 집전체를 포함하는 리튬 이차전지용 전극, 그 제조 방법 및 상기 전극을 포함하는 리튬 이차전지에 의하면, 천공된 집전체를 사용함과 동시에 기존 전극 합제의 필수 구성요소인 도전재와 바인더를 배제하더라도, 무게 저감에 따른 전지의 에너지 밀도 향상이 가능하다는 장점도 가진다. 또한, 풋프린트(footprint)에 따른 전극 형상의 금형(mold)을 통해 전극을 독립적으로 간단히 제조할 수 있어(즉, 단일 공정으로 제조하여 전극 타발 과정이 불필요함), 기존 롤투롤(Roll to Roll) 방식으로 전극을 타발함으로써 발생하던 전극의 손실(loss)도 감소시킬 수 있다는 장점이 있다.

## 도면의 간단한 설명

- [14] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 천공된 집전체를 포함하는 리튬 이차전지용 전극의 측단면 모식도이다.
- [15] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 천공된 집전체를 포함하는 리튬 이차전지용 전극에서 활물질 간 접촉면을 형성한 모습을 보여주는 이미지이다.
- [16] 도 3은 본 발명에 따라 금형 및 프레스를 이용하여 리튬 이차전지용 전극이 제조되는 모습을 보여주는 이미지이다.
- [17] 도 4의 a는 금형 몰드의 실물 이미지이고, 도 4의 b는 천공된 알루미늄 포일 집전체의 실물 이미지이며, 도 4의 c는 금형을 통해 제조된 전극의 실물 이미지이다.
- [18] 도 5는 본 발명의 일 실시예 및 비교예에 따른 리튬-황 전지의 방전용량을 비교 대조한 그래프이다.
- [19]

## 발명의 실시를 위한 최선의 형태

- [20] 이하, 첨부된 도면을 참조하여, 본 발명을 상세히 설명한다.
- [21] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 천공된 집전체를 포함하는 리튬 이차전지용 전극의 측단면 모식도로서, 본 발명에 따른 천공된 집전체를 포함하는 리튬 이차전지용 전극은, 도 1에 도시된 바와 같이, 제1 전극 활물질층, 제2 전극 활물질층 및 상기 제1 전극 활물질층과 제2 전극 활물질층의 사이에 개재된 천공된 집전체를 포함하며, 상기 제1 전극 활물질층 및 제2 전극 활물질층은

상기 집전체의 천공부를 통하여 결합된 것을 특징으로 한다.

- [22] 리튬 이차전지는, 전극에 활물질, 도전재 및 바인더는 물론, 금속 집전체까지 포함하고 있어 불가피하게 중량이 증가할 수밖에 없으며, 이와 같은 무게의 증가는 전지의 에너지 밀도 감소로 이어지게 된다. 이에, 당업계에서는, 집전체의 두께를 줄이거나 집전체를 천공 형태로 제작하는 등 리튬 이차전지의 에너지 밀도를 향상시키기 위한 노력을 이어 가고 있으나, 아직까지 뚜렷한 해결 방안을 제시하지 못하고 있는 실정이다. 뿐만 아니라, 전극 제조 시 일반적으로 적용하는 습식 공정에 의하게 되면, 전극 내 잔존 수분으로 인한 문제와, 믹싱, 코팅 및 건조 공정에 따른 비용 발생의 문제가 발생하며, 도전재와 바인더 또한 전지의 에너지 밀도를 감소시키는 주 요인 중 하나이기 때문에(특히, 바인더는 저항 요소로도 작용), 습식 공정을 배제하고, 도전재와 바인더는 물성을 저하시키지 않는 범위 내에서 최소한으로 사용되는 것이 바람직하다.
- [23] 이에 본 출원인은, 상기와 같은 문제점을 해소하기 위하여 다각도로 연구를 거듭하였으며, 그 결과, 집전체의 무게 저감이 가능한 천공된 집전체를 사용하면, 습식 공정을 건식 공정으로 대체하고, 또한, 전지의 에너지 밀도를 감소시키는 도전재와 바인더를 배제하거나 선택적으로 사용하는 기술을 완성하였으며, 이와 같은 본 발명은 지금까지 찾아볼 수 없었던 본 출원인 고유의 발명이라 할 수 있다. 이하, 본 발명에 대해 보다 구체적으로 설명하도록 한다.
- [24] 먼저, 상기 천공된 집전체(또는, 천공 집전체)는, 그 자체의 무게 저감(더 나아가서는, 전극 및 전지의 무게 저감) 및 활물질 간의 유연한 결합(또는, 접착)을 위하여 사용되는 것으로서, 도 1에 도시된 바와 같이, 금속 포일(foil, 박)을 천공시킨 것이거나, 전도성 필름 또는 전도성 시트를 천공시킨 것일 수 있다. 천공을 통해 형성되는 홀(hole)의 개수에는 특별한 제한이 없고, 다만, 집전체의 무게 저감 정도, 그리고, 집전체의 표면(또는, 외부 표면)과 천공부(또는, 내부 표면)에 코팅되는 전극 활물질 간의 결합되는 정도를 고려하여, 목적에 맞게 적절히 형성시키는 것이 바람직하다. 예를 들어, 상기 홀이 차지하는 면적은, 전체 면적의 25 내지 90 %, 바람직하게는 40 내지 70 %일 수 있다.
- [25] 상기 천공을 통해 형성되는 홀의 크기 또한 특별한 제한이 없고, 마찬가지로 집전체의 무게 저감 정도, 그리고, 집전체의 표면과 천공부에 코팅되는 전극 활물질 간의 접착되는 정도를 고려하여, 목적에 맞게 적절한 크기로 형성시키는 것이 바람직하다. 다만, 활물질 간 결합력을 일정 수준 이상으로 유지시키기 위하여, 100  $\mu\text{m}$  내지 1 cm, 바람직하게는 100 내지 1,000  $\mu\text{m}$ , 더욱 바람직하게는 100 내지 500  $\mu\text{m}$ 의 크기로 형성시킬 수 있다. 그밖에, 상기 천공된 집전체의 두께 또한 특별한 제한은 없으며, 당업계에서 통용되는 일반 집전체의 두께를 준용할 수 있다.
- [26] 상기 천공된 집전체는, 전술한 바와 같이 금속 포일(foil, 박), 필름 또는 시트를

천공시킨 것으로서, 상기 금속의 예로는, 알루미늄(Al), 니켈(Ni), 스테인리스스틸(SUS; Steel Use Stainless), 구리(Cu), 철(Fe), 티타늄(Ti), 바나듐(V) 및 이들의 혼합물 등 통상적인 금속 집전체로 사용되는 금속을 들 수 있으며, 밀도가 낮고 전기화학적 안정성이 높은 측면을 고려하여, 상기 예시된 금속들 가운데 알루미늄을 사용하는 것이 바람직할 수 있다.

- [27] 다음으로, 상기 집전체의 표면 및 천공부에 코팅되는 전극 활물질(제1 전극 활물질 및 제2 전극 활물질) 또한 당업계에서 통용되는 것들을 특별한 제한 없이 사용할 수 있으나, 황(S)에 압력 인가 시 황 자체가 압축 및 성형되는 특성(pelletizing)이 있기 때문에, 금형(즉, 압력 인가 조건을 만족하는 수단)을 이용하는 본 발명의 특성상, 활물질로서 황을 기본적으로 포함하는 것이 바람직하다. 또한, 본 발명은 바인더를 사용하지 않거나 사용하더라도 미량 사용하기 때문에(즉, 배제 또는 선택적 사용), 상기 천공 집전체의 천공부를 통해 활물질 간 접촉이 이루어져야 하는 본 발명의 다른 특성을 고려하더라도, 압력 인가 시 압축 및 성형되는 황을 활물질로 적용하는 것이 바람직할 수 있다.
- [28] 이에 따라, 본 발명의 전극 활물질은 양극 활물질인 것이 바람직할 수 있고, 따라서, 제1 전극 활물질은 제1 양극 활물질, 제2 전극 활물질은 제2 양극 활물질인 것이 바람직할 수 있다.
- [29] 한편, 리튬 이차전지의 충방전 용량 및 수명 개선에 효과적인 황-탄소 복합체를 활물질에 포함하는 것이 더욱 바람직할 수 있다. 상기 다공성 탄소재는 다공성 및 도전성을 갖는 탄소계 물질로 당업계에서 통상적으로 사용되는 것이라면 어느 것이든 무방하다. 예를 들어, 상기 다공성 탄소재로는 그래파이트(graphite); 그래핀(graphene); 덴카 블랙, 아세틸렌 블랙, 케첸 블랙, 채널 블랙, 퍼네이스 블랙, 램프 블랙, 서머 블랙 등의 카본 블랙; 단일벽 탄소나노튜브(SWCNT), 다중벽 탄소나노튜브(MWCNT) 등의 탄소나노튜브(CNT); 그라파이트 나노파이버(GNF), 카본 나노파이버(CNF), 활성화 탄소 파이버(ACF) 등의 탄소 섬유; 천연 흑연, 인조 흑연, 팽창 흑연 등의 흑연; 탄소나노리본; 탄소나노벨트, 탄소나노막대 및 활성화탄소로 이루어진 군으로부터 선택된 1종 이상을 포함할 수 있다. 바람직하기로, 상기 다공성 탄소재는 단일벽 탄소나노튜브, 다중벽 탄소나노튜브 및 카본 나노파이버로 이루어진 군으로부터 선택된 1종 이상을 포함할 수 있다.
- [30] 상기 황은 무기 황,  $\text{Li}_2\text{S}_n$ ( $n \geq 1$ ), 디설파이드 화합물, 유기황 화합물 및 탄소-황 폴리머로 이루어진 군에서 선택되는 1종 이상을 포함할 수 있다. 상기 황은 상기 다공성 탄소재의 내부 및 외부 표면 중 적어도 어느 한 곳에 위치하며, 이때, 상기 다공성 탄소재의 내부 및 외부 전체 표면의 100% 미만, 바람직하게는 1 내지 95%, 더욱 바람직하게는 60 내지 90% 영역에 존재할 수 있다. 상기 황이 다공성 탄소재의 내부 및 외부 표면에 상기 범위 내로 존재할 때, 전자 전달 면적 및 전해질과의 젖음성 면에서 최대 효과를 나타낼 수 있다. 구체적으로, 상기 범위 영역에서 황이 다공성 탄소재의 내부 및 외부 표면에 얇고 고르게 함침되므로

충방전 과정에서 전자 전달 접촉 면적을 증가시킬 수 있다. 만약, 상기 황이 다공성 탄소재의 내부 및 외부 전체 표면의 100 % 영역에 위치하는 경우, 상기 탄소재가 완전히 황으로 덮여 전해질에 대한 젖음성이 떨어지는 문제가 발생할 수 있다.

- [31] 본 발명에 있어서, 상기 황은 평균 직경이 1 nm 내지 1  $\mu$ m, 바람직하기로 1 nm 내지 100 nm일 수 있고, 이에 따라, 상기 다공성 탄소재의 내부 및 표면에 1 내지 10 nm의 두께 등으로 코팅될 수 있다. 상기 다공성 탄소재는 상기 황-탄소 복합체 총 중량에 대하여 10 내지 50 중량%, 바람직하게는 20 내지 40 중량%로 포함될 수 있다. 따라서, 상기 황은 상기 황-탄소 복합체 전체 중량을 기준으로 50 내지 90 중량%, 바람직하게는 60 내지 80 중량%로 포함될 수 있다. 즉, 황-탄소 복합체에서 다공성 탄소재와 황의 중량비는 60:40 내지 80:20, 바람직하게는 65:35 내지 75:25일 수 있다. 다만, 이는 어디까지나 일 예시로서, 양극 또는 전지의 성능 향상을 가능하게 한다면, 그 범위에는 특별한 제한이 없을 수 있다.
- [32] 한편, 상기 황-탄소 복합체는, 바람직하게는 황이 탄소나노튜브 또는 그래핀 등의 다공성 탄소재에 담지된 형태일 수 있다. 또한, 상기 황-탄소 복합체는, 황이 탄소나노튜브에 담지되고, 황이 담지된 탄소나노튜브의 외벽에 그래핀이 추가로 부착된 형태일 수도 있다. 여기서, 상기 황은 입자상의 원소 황(elemental sulfur)인 것이 바람직하고, 본 발명에서 황이 탄소나노튜브 상에 담지되어 있다고 함은, 탄소나노튜브의 표면에 황이 부착 또는 코팅된 상태, 탄소나노튜브의 내부에 황이 부착, 충전 또는 코팅된 상태 및 탄소나노튜브들의 사이에 황이 침투되어 부착된 상태 등을 포괄하는 것일 수 있다.
- [33] 본 발명의 일 구현예에 따르면, 상기 황이 탄소나노튜브 번들 상에 담지되는 양상은, 전극 활물질(바람직하게는 양극 활물질)의 제조 방법에 따라 달라질 수 있다. 비 제한적인 예로, 황이 입자 상태로 적용될 경우, 황은 탄소나노튜브 번들의 외부 벽면에 부착된 상태로 포함될 수 있다. 또한, 비 제한적인 예로, 황을 용매에 녹인 액체 상태로 적용할 경우, 황이 탄소나노튜브 번들에 모세관 현상을 통해 빨려 들어가 탄소나노튜브 번들의 내부를 채우거나, 내부 벽면과 외부 벽면에 코팅층을 형성시킨 상태로 포함될 수 있다.
- [34] 본 발명에 따른 천공된 집전체를 포함하는 리튬 이차전지용 전극은, 이상 설명한 천공된 집전체와, 상기 천공된 집전체의 표면 및 천공부에 코팅되는 전극 활물질만을 주로 포함하는 것으로서, 도전재와 바인더를 배제하거나 선택적으로 사용하는 것에 가장 큰 특징을 두고 있다(즉, 전도성 향상이나 활물질 간 결합력을 보다 향상시키기 위하여, 도전재 및 바인더 중 어느 하나 이상을 미량 포함시킬 수도 있다). 즉, 본 발명은, 전극 활물질이 천공 집전체의 천공부를 통해 결합면(접착면)을 형성하며 활물질 간 결합(접착)이 가능하기 때문에, 바인더를 사용하지 않거나 사용하더라도 미량 첨가하여 집전체와 활물질 간 접착 없이 높은 전극 접착력을 확보할 수 있다(접착력은 전극 기공도(인가 압력)와 천공 집전체의 개구율을 조정함으로써 조절 가능함). 도

2는 본 발명의 일 실시예에 따른 천공된 집전체를 포함하는 리튬 이차전지용 전극에서 활물질 간 접촉면을 형성한 모습을 보여주는 이미지로서, 도 2에 도시된 바와 같이, 전극 활물질이 천공 집전체의 천공부를 통해 결합면(접촉면)을 형성하며 활물질 간 결합이 가능한 것을 확인할 수 있다.

[35] 즉, 본 발명은, 천공된 집전체를 사용함과 동시에, 기존 전극 합제의 필수 구성요소인 도전제와 바인더를 배제하거나 선택적으로 사용하여, 양극의 무게를 획기적으로 저감시킨 것이며, 이에 따라, 전지의 에너지 밀도 또한 현저하게 향상시켰다는 데에 큰 의미를 둘 수 있는 것이다. 뿐만 아니라, 본 발명의 천공된 집전체를 포함하는 리튬 이차전지용 전극은, 습식 공정이 아닌 건식 공정을 통해 제조된 것이어서, 전극 내에 수분이 잔존하지 않는다는 장점 또한 가진다.

[36] 다음으로, 도 3 및 4를 참조하여, 천공된 집전체를 포함하는 리튬 이차전지용 전극의 제조방법에 대하여 설명한다. 도 3은 본 발명에 따라 금형 및 프레스를 이용하여 리튬 이차전지용 전극이 제조되는 모습을 보여주는 이미지이고, 도 4의 a는 금형 몰드의 실물 이미지, 도 4의 b는 천공된 알루미늄 포일 집전체의 실물 이미지, 도 4의 c는 금형을 통해 제조된 전극의 실물 이미지이다. 본 발명에 따른 천공된 집전체를 포함하는 리튬 이차전지용 전극의 제조방법은, (a) 금형에 전극 활물질을 적당량 충전시킨 후 그 상부에 천공된 집전체를 위치시키고, 그 상부에 다시 전극 활물질을 충전시키는 단계, (b) 상기 금형에 충전된 전극 활물질과 집전체의 복합물에 압력을 가하는 단계 및 (c) 상기 압력이 인가된 복합물을 상기 금형으로부터 분리하는 단계를 포함한다.

[37] 상기 금형(mold)은 오목부에 전극 활물질을 수용할 수 있고, 압력이 인가되더라도 변형을 일으키지 않는 소재로 이루어진 일반적인 금형일 수 있으며, 본 발명에서는, 목적으로 하는 전극의 규격에 맞춘 오목부(또는, 활물질 수용부)가 형성된 것일 수 있다. 상기 (a) 단계는 금형에 전극 활물질을 적당량 충전시킨 후(제1 충전), 그 상부에 천공된 집전체를 위치시키고, 그 상부에 다시 전극 활물질을 충전시키는(제2 충전) 공정으로서, 상기 제1 충전 시의 적당량이란, 천공 집전체가 전극 내에서 위치하는 부분을 고려하여, 금형 내 오목부 높이의 절반 가량 채워지는 양을 의미하는 것일 수 있다.

[38] 다만, 천공 집전체를 전극의 높이 방향 기준으로 어느 한 쪽 방향에 치우치게 위치시키고자 하는 경우에는, 상기 전극 활물질을 금형 내 오목부 높이의 절반 미만으로 충전시키거나 또는 초과하게 충전시킬 수 있다. 따라서, 상기 제2 충전은, 추가의 전극 활물질이 금형 내 오목부의 최상단 또는 최상단에 근접하도록 하는 것일 수 있다. 다만, 천공 집전체의 천공부를 통한 전극 활물질 간의 안정적인 접촉을 고려하였을 때, 상기 천공 집전체는 높이 방향으로 전극의 중심부에 위치하는 것이 바람직하며, 따라서, 이 경우에는, 상기 제1 충전되는 전극 활물질의 양과 제2 충전되는 전극 활물질의 양을 동일하게 설정하는 것이 바람직하다(즉, 제1 충전되는 전극 활물질과 제2 충전되는 전극 활물질을 동일한

양으로 각각 충전).

- [39] 상기 (b) 단계는 금형에 충전된 전극 활물질과 천공 집전체의 복합물에 일정 압력을 가하는 공정으로서, 압력을 가하는 시간은 수 초 내지 수십 초, 바람직하게는 1 내지 10초, 더욱 바람직하게는 3 내지 7초일 수 있다. 또한, 상기 복합물에 가하는 압력에 따라 전극의 기공도가 결정되기 때문에, 제작하고자 하는 전극 기공도에 따라 압력이 상이해질 수 있으며, 예를 들어, 5 내지 50 MPa일 수 있다. 또한, 상기 (b) 단계의 가압 시에는 가열도 함께 수행될 수 있다. 그밖에, 상기 천공 집전체와 전극 활물질에 대한 설명은, 앞서 리튬 이차전지용 전극 항목에서 언급한 바로 대체한다.
- [40] 이상과 같이, 본 발명에 따른 (천공된 집전체를 포함하는) 리튬 이차전지용 전극의 제조방법은, 건식 공정을 이용하되 롤투롤 공정은 이용하지 않고, 또한, 도전제와 바인더를 배제하거나 선택적으로 사용하기 때문에, 천공 집전체를 사용하면서도 매우 간단하고도 쉽게 전극을 제조할 수 있는 것이다.
- [41] 이와 관련하여, 종래에는 습식/롤투롤 공정 또는 건식/롤투롤 공정을 통해 양극을 제조하였다. 보다 구체적으로, 습식/롤투롤 공정을 통한 전극 제조는, 활물질, 도전제, 바인더 및 용매를 혼합하여 슬러리를 제조하고, 이를 집전체 상에 롤투롤 코팅시키고 건조한 후, 설계된 두께에 맞게 압연하고 타발하는 공정을 통해 이루어진다. 또한, 건식/롤투롤 공정을 통한 전극 제조는, 활물질, 도전제 및 바인더를 프리 믹싱(pre-mixing 또는 건식 믹싱)하고, 롤(roll)을 통해 압출과 유사한 방식으로 스탠딩 프리 전극을 제조한 후, 접착력 부여를 위해 집전체 상에 열가소성 수지를 코팅시키고 양면에 상기 제조된 스탠딩 프리 전극을 라미네이트시켜 양면 전극을 제조하고 타발하는 공정을 통해 이루어진다.
- [42] 이와 같이, 종래의 전극 제조는 매우 번거로운 과정을 거쳐야만 했고, 특히, 본 발명과 같이 천공된 집전체를 사용하는 경우, 습식 공정 적용 시에는 천공부를 통해 슬러리가 아래로 흘러 개구율이나 슬러리 점도 조절에 제약이 있었고, 건식 공정 적용 시에는 전극 구조 유지를 위해 바인더를 필수적으로 사용하여야만 하는 등 많은 제약이 있었다.
- [43] 하지만, 본 발명에 따른 리튬 이차전지용 전극의 제조방법은, 습식 공정 대신 건식 공정이 적용됨으로써, 습식 공정 시 수행되던 믹싱, 코팅 및 건조 과정이 생략되었으며, 이에 따라, 전극 내 잔존하는 수분으로 인한 문제와, 믹싱, 코팅 및 건조 공정에 따른 비용 발생의 문제 같이, 기존 습식 공정으로 인해 발생하던 문제점이 제거되었다. 또한, 풋프린트(footprint)에 따른 전극 형상의 금형(mold)을 통해, 파우치셀 등에 들어가는 전극을 독립적으로 간단히 제조할 수 있어(즉, 압연까지 단일 공정으로 수행하여 전극 타발 과정이 불필요함), 기존 롤투롤(Roll to Roll) 방식으로 전극을 타발함으로써 발생하던 전극의 손실(loss)도 감소시킬 수 있다는 장점이 있다.
- [44] 마지막으로, 본 발명에 따른 리튬 이차전지에 대하여 설명하면, 상기 리튬

이차전지는, 이상에서 설명한 리튬 이차전지용 전극을 하나 이상 포함하며, 상기 리튬 이차전지는 리튬-황 전지, 리튬 메탈 전지 및 리튬 공기 전지 등의 리튬계 이차전지일 수 있으나, 리튬-황 전지가 가장 바람직할 수 있다. 한편, 상기 리튬 이차전지용 전극은 양극일수도 음극일수도 있으나, 활물질 간 결합력을 고려한다면 양극인 것이 바람직할 수 있다. 한편, 전극 사이에 개재되는 분리막 및 전해질은 당업계에서 사용하는 통상의 것일 수 있으며, 이하, 이들에 대한 구체적인 설명을 하도록 한다.

[45] **분리막**

[46] 상기 분리막은 양극과 음극 사이에 개재되어 이들 사이의 단락을 방지하고 리튬 이온의 이동 통로를 제공하는 역할을 한다. 상기 분리막으로는 폴리에틸렌, 폴리프로필렌과 같은 올레핀계 폴리머, 유리섬유 등을 시트, 다중막, 미세다공성 필름, 직포 및 부직포 등의 형태로 사용할 수 있으나, 반드시 이에 한정되는 것은 아니다. 한편 전해질로서 폴리머 등의 고체 전해질(예컨대, 유기 고체 전해질, 무기 고체 전해질 등)이 사용되는 경우에는 상기 고체 전해질이 분리막을 겸할 수도 있다. 구체적으로는, 높은 이온 투과도와 기계적 강도를 가지는 절연성의 얇은 박막을 사용한다. 분리막의 기공 직경은 일반적으로 0.01 내지 10  $\mu\text{m}$ , 두께는 일반적으로 5 내지 300  $\mu\text{m}$  범위일 수 있다.

[47] **전해질**

[48] 상기 전해질 또는 전해액으로는 비수계 전해액(비수계 유기 용매)으로서 카보네이트, 에스테르, 에테르 또는 케톤을 단독으로 또는 2종 이상 혼합하여 사용할 수 있으나, 반드시 이에 한정되는 것은 아니다. 예를 들어, 디메틸 카보네이트, 디에틸 카보네이트, 디프로필 카보네이트, 메틸프로필 카보네이트, 에틸프로필 카보네이트, 메틸에틸 카보네이트, 에틸렌 카보네이트, 프로필렌 카보네이트, 부틸렌 카보네이트,  $\gamma$ -부틸로락톤, n-메틸 아세테이트, n-에틸 아세테이트, n-프로필 아세테이트, 인산 트리에스테르, 디부틸 에테르, N-메틸-2-피롤리디논, 1,2-디메톡시 에탄, 테트라히드록시 프랑(Franc), 2-메틸 테트라하이드로푸란과 같은 테트라하이드로푸란 유도체, 디메틸설폭시드, 포름아미드, 디메틸포름아미드, 디옥소런 및 그 유도체, 아세토니트릴, 니트로메탄, 포름산 메틸, 초산 메틸, 트리메톡시 메탄, 설포란, 메틸 설포란, 1,3-디메틸-2-이미다졸리디논, 프로피온산 메틸, 프로피온산 에틸 등의 비양자성 유기 용매가 사용될 수 있으나, 반드시 이에 한정되는 것은 아니다.

[49] 상기 전해액에는 리튬염을 더 첨가하여 사용할 수 있으며(이른바, 리튬염 함유 비수계 전해액), 상기 리튬염으로는 비수계 전해액에 용해되기 좋은 공지의 것, 예를 들어 LiCl, LiBr, LiI, LiClO<sub>4</sub>, LiBF<sub>4</sub>, LiB<sub>10</sub>Cl<sub>10</sub>, LiPF<sub>6</sub>, LiCF<sub>3</sub>SO<sub>3</sub>, LiCF<sub>3</sub>CO<sub>2</sub>, LiAsF<sub>6</sub>, LiSbF<sub>6</sub>, LiPF<sub>3</sub>(CF<sub>2</sub>CF<sub>3</sub>)<sub>3</sub>, LiAlCl<sub>4</sub>, CH<sub>3</sub>SO<sub>3</sub>Li, CF<sub>3</sub>SO<sub>3</sub>Li, (CF<sub>3</sub>SO<sub>2</sub>)<sub>2</sub>NLi, 클로로 보란 리튬, 저급 지방족 카르보산 리튬, 4 페닐 붕산 리튬, 리튬 이미드 등을 들 수 있으나, 반드시 이에 한정되는 것은 아니다. 상기 (비수계) 전해액에는 충방전 특성, 난연성 등의 개선을 목적으로, 예를 들어 피리딘,

트리에틸포스파이트, 트리에탄올아민, 환상 에테르, 에틸렌 디아민, n-글라이머(glyme), 헥사 인산 트리 아미드, 니트로벤젠 유도체, 유황, 퀴논 이민 염료, N-치환 옥사졸리디논, N,N-치환 이미다졸리딘, 에틸렌글리콜 디알킬 에테르, 암모늄염, 피롤, 2-메톡시 에탄올, 삼염화 알루미늄 등이 첨가될 수도 있다. 필요에 따라서는, 불연성을 부여하기 위해 사염화탄소, 삼불화에틸렌 등의 할로젠 함유 용매를 더 포함시킬 수도 있고, 고온보존 특성을 향상시키기 위해 이산화탄산 가스를 더 포함시킬 수도 있다.

[50] 한편, 본 발명의 리튬 이차전지는 당 분야의 통상적인 방법에 따라 제조될 수 있다. 예를 들어, 양극과 음극 사이에 다공성의 분리막을 넣고, 비수 전해액을 투입함으로써 제조할 수 있다. 본 발명에 따른 리튬 이차전지는 소형 디바이스의 전원으로 사용되는 전지 셀에 적용됨은 물론, 중대형 디바이스의 전원인 전지모듈의 단위전지로 특히 적합하게 사용될 수 있다. 이러한 측면에서, 본 발명은 또한 상기 리튬 이차전지 2개 이상이 전기적으로 연결(직렬 또는 병렬)되어 포함된 전지모듈을 제공한다. 상기 전지모듈에 포함되는 리튬 이차전지의 수량은, 전지모듈의 용도 및 용량 등을 고려하여 다양하게 조절될 수 있음은 물론이다.

[51] 나아가, 본 발명은 당 분야의 통상적인 기술에 따라 상기 전지모듈을 전기적으로 연결한 전지팩을 제공한다. 상기 전지모듈 및 전지팩은 파워 툴(Power Tool); 전기차(Electric Vehicle, EV), 하이브리드 전기차(Hybrid Electric Vehicle, HEV), 및 플러그인 하이브리드 전기차(Plug-in Hybrid Electric Vehicle, PHEV)를 포함하는 전기차; 전기 트럭; 전기 상용차; 또는 전력 저장용 시스템 중 어느 하나 이상의 중대형 디바이스 전원으로 이용 가능하나, 반드시 이에 한정되는 것은 아니다.

[52]

### 발명의 실시를 위한 형태

[53] 이하 본 발명의 이해를 돕기 위하여 바람직한 실시예를 제시하나, 이는 본 발명을 예시하는 것일 뿐, 본 발명의 범주 및 기술사상 범위 내에서 다양한 변경 및 수정이 가능함은 당업자에게 있어서 명백한 것이며, 이러한 변경 및 수정이 첨부된 특허청구범위에 속하는 것도 당연한 것이다.

[54]

[55] [실시예 1] 천공된 집전체를 이용한 리튬 이차전지용 양극의 제조

[56] 먼저, 양극 형상으로 팻프린트 된 금형의 오목부에, 황과 탄소나노튜브가 70 : 30의 중량비로 혼합된 황-탄소나노튜브 복합체(양극 활물질, Cnano Technology사, 중국)를 약 절반 정도 충전시킨 후, 그 상부에 천공된 알루미늄 포일 집전체(Dexmet사, 미국)를 위치시키고, 그 상부에 다시 상기 양극 활물질과 동일한 조성의 황-탄소나노튜브 복합체를 가득 충전시켰다. 이어서, 프레스(Qmesys, 한국)를 이용하여 상기 금형에 충전된 양극 활물질과 집전체의

복합물에 5 초간 10 MPa의 압력을 가하였으며, 상기 압력이 인가된 복합물을 상기 금형으로부터 분리하여, 리튬 이차전지용 양극을 제조하였다.

[57]

[58]     [비교예 1] 통상의 금속 집전체를 이용한 리튬 이차전지용 양극의 제조

[59]     황과 탄소나노튜브가 70 : 30의 중량비로 혼합된 황-탄소나노튜브 복합체(양극 활물질, Cnano Technology사, 중국) 87 중량%, 도전재로 탄소섬유(VGCF, 쇼와 덴코(showa denko)사 제조) 5 중량%, 바인더로 폴리아크릴산리튬 7 중량% 및 폴리비닐알코올 1 중량%를 혼합하여 양극 슬러리 조성물을 제조하였다. 이어서, 상기 제조된 슬러리 조성물을 알루미늄 집전체의 양면에 도포하고 50 °C에서 12시간 동안 건조하여 리튬 이차전지용 양극을 제조하였다.

[60]

[61]     [비교예 2] 리튬 이차전지용 양극의 제조

[62]     천공된 알루미늄 포일 집전체(Dexmet사, 미국)의 상부 및 하부 각각에, 양극 활물질(황과 탄소나노튜브가 70 : 30의 중량비로 혼합된 황-탄소나노튜브 복합체, Cnano Technology사, 중국) 이외에 도전재(탄소섬유(VGCF), 쇼와 덴코(showa denko)사 제조)와 바인더(폴리아크릴산리튬 및 폴리비닐알코올)까지 포함한 것을 제외하고는, 상기 실시예 1과 동일하게 수행하여 리튬 이차전지용 양극을 제조하였다. 이때, 상기 천공된 알루미늄 포일 집전체의 상부에 포함된 양극 활물질, 도전재, 폴리아크릴산리튬 및 폴리비닐알코올의 함량은 각각 87 중량%, 5 중량%, 7 중량% 및 1 중량%이고, 상기 천공된 알루미늄 포일 집전체의 하부에 포함된 양극 활물질, 도전재, 폴리아크릴산리튬 및 폴리비닐알코올의 함량 또한 각각 87 중량%, 5 중량%, 7 중량% 및 1 중량%이다.

[63]

[64]     [실험예 1] 양극의 중량 측정 및 평가[65]     상기 실시예 1 및 비교예 1에서 제조된 양극을 전자저울로 측정하여 각각의 중량을 확인하였다. 그 결과, 일반 금속 집전체, 도전재 및 바인더를 사용한 비교예 3의 양극 무게는 약 15 mg/cm<sup>2</sup>까지 도달하여, 집전체의 천공 여부에 따라 무게에 차이가 발생함을 확인하였다. 반면, 천공 집전체를 사용하고, 또한, 도전재와 바인더는 사용하지 않은 실시예 1의 양극은 무게가 약 10 mg/cm<sup>2</sup>에 불과하였으며, 이상의 결과를 토대로, 천공된 집전체의 사용 여부의 차이는 물론, 도전재/바인더의 첨가 유무 차이에 의해서도 양극 중량이 적지 않게 변화함을 확인할 수 있었다.

[66]

[67]     [실시예 2, 비교예 3-4] 리튬 이차전지의 제조

[68]     상기 실시예 1, 비교예 1 및 2에서 제조된 양극을 음극(Li metal foil)과 대면하도록 위치시킨 후, 그 사이에 폴리에틸렌 분리막을 개재시켰고, 이어서, 디메틸에테르 용매에 1 M 농도로 LiFSI가 용해된 전해액을 주입하여 30 Wh의 에너지를 갖는 파우치셀 형태의 리튬-황 전지를 제조하였다.

[69]

[70]     [실험예 2] 전지의 에너지 밀도 평가

[71]     상기 실시예 2 및 비교예 3에서 제조된 리튬 이차전지의 에너지 밀도를 평가하였다. 평가 결과, 무게가 가장 가벼웠을 뿐만 아니라, 에너지 밀도의 감소 요인으로 알려진 도전재와 바인더를 사용하지 않은 실시예 2의 전지는, 그렇지 않은 비교예 3의 전지에 비하여 상대적으로 우수한 에너지 밀도값을 나타내었으며, 이를 통하여, 천공된 집전체의 사용과 도전재/바인더의 미 첨가는 상당한 시너지 효과를 나타냄을 확인할 수 있었다.

[72]

[73]     [실험예 3] 전지의 방전용량 평가

[74]     상기 실시예 2, 비교예 3 및 4에서 제조된 리튬-황 전지에 대하여, 충전전류 0.1C, 전압 1.9 V에서 2.5 V까지의 방전용량을 평가하였으며, 그 결과를 도 5에 도시하였다. 도 5는 본 발명의 일 실시예 및 비교예에 따른 리튬-황 전지의 방전용량을 비교 대조한 그래프이다.

[75]

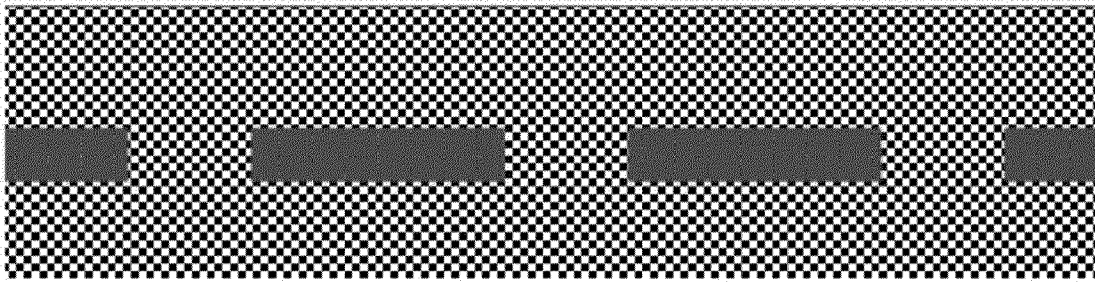
[76]     상기와 같이 리튬-황 전지의 방전용량을 평가한 결과, 도 5에 도시된 바와 같이, 천공된 집전체를 사용하되 도전재와 바인더는 사용하지 않은 실시예 2의 리튬-황 전지는, 통상의 금속 집전체를 이용한 비교예 3의 리튬-황 전지와, 천공된 집전체를 이용하면서 도전재와 바인더까지 포함한 비교예 4의 리튬-황 전지에 비해 셀 성능이 우수한 것을 확인할 수 있었다. 이를 통해서도, 천공된 집전체의 사용과 도전재/바인더의 미 첨가는 상당한 시너지 효과를 나타냄을 알 수 있다.



## 청구범위

- [청구항 1] 제1 전극 활물질층;  
제2 전극 활물질층; 및  
상기 제1 전극 활물질층과 제2 전극 활물질층의 사이에 개재된 천공된 집전체;를 포함하며,  
상기 제1 전극 활물질층 및 제2 전극 활물질층은 상기 집전체의 천공부를 통하여 결합된 것을 특징으로 하는 리튬 이차전지용 전극.
- [청구항 2] 청구항 1에 있어서, 상기 리튬 이차전지용 전극은 도전재 및 바인더를 포함하지 않는 것을 특징으로 하는, 리튬 이차전지용 전극.
- [청구항 3] 청구항 1에 있어서, 상기 제1 및 제2 전극 활물질층은 황(S)을 포함하는 것을 특징으로 하는, 리튬 이차전지용 전극.
- [청구항 4] 청구항 1에 있어서, 상기 제1 및 제2 전극 활물질층은 황-탄소 복합체를 포함하는 것을 특징으로 하는, 리튬 이차전지용 전극.
- [청구항 5] 청구항 1에 있어서, 상기 리튬 이차전지용 전극은 수분을 포함하지 않는 것을 특징으로 하는, 리튬 이차전지용 전극.
- [청구항 6] 청구항 1에 있어서, 상기 천공된 집전체는 금속 포일(foil), 전도성 필름 또는 전도성 시트를 천공시킨 것을 특징으로 하는, 리튬 이차전지용 전극.
- [청구항 7] 청구항 6에 있어서, 상기 금속은 알루미늄(Al), 니켈(Ni), 스테인리스스틸(SUS), 구리(Cu), 철(Fe), 티타늄(Ti), 바나듐(V) 및 이들의 혼합물로 이루어진 군으로부터 선택되는 것을 특징으로 하는, 리튬 이차전지용 전극.
- [청구항 8] 청구항 1에 있어서, 상기 리튬 이차전지용 전극은 도전재 및 바인더 중 어느 하나 이상을 더 포함하는 것을 특징으로 하는, 리튬 이차전지용 전극.
- [청구항 9] 청구항 1에 있어서, 상기 리튬 이차전지용 전극은 리튬 이차전지용 양극이고, 상기 제1 전극 활물질층은 제1 양극 활물질층이며, 상기 제2 전극 활물질층은 제2 양극 활물질층인 것을 특징으로 하는, 리튬 이차전지용 전극.
- [청구항 10] (a) 금형에 전극 활물질을 적당량 충전시킨 후(제1 충전) 그 상부에 천공된 집전체를 위치시키고, 그 상부에 다시 전극 활물질을 충전시키는(제2 충전) 단계;  
(b) 상기 금형에 충전된 전극 활물질과 집전체의 복합물에 압력을 가하는 단계; 및  
(c) 상기 압력이 인가된 복합물을 상기 금형으로부터 분리하는 단계;를 포함하는 리튬 이차전지용 전극의 제조방법.
- [청구항 11] 청구항 10에 있어서, 상기 (a) 단계의 제1 충전 전극 활물질과 제2 충전 전극 활물질은, 상기 천공 집전체가 높이 방향으로 전극의 중심부에

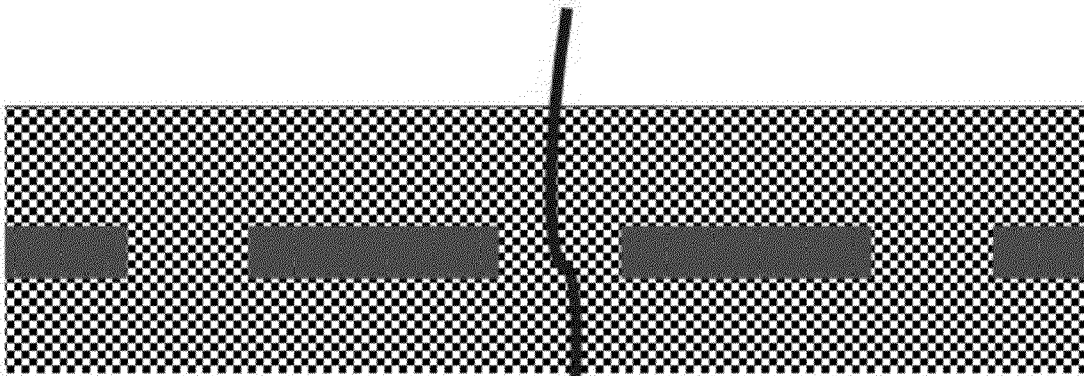
- 위치하도록 동일한 양으로 각각 충전되는 것을 특징으로 하는, 리튬 이차전지용 전극의 제조방법.
- [청구항 12] 청구항 10에 있어서, 상기 (b) 단계의 압력은 1 내지 10초 동안 복합물에 가해지는 것을 특징으로 하는, 리튬 이차전지용 전극의 제조방법.
- [청구항 13] 청구항 10에 있어서, 상기 (c) 단계의 복합물은 도전제 및 바인더를 포함하지 않는 것을 특징으로 하는, 리튬 이차전지용 전극의 제조방법.
- [청구항 14] 청구항 10에 있어서, 상기 리튬 이차전지용 전극의 제조방법은 믹싱, 코팅, 건조 및 전극 타발 공정을 포함하지 않는 것을 특징으로 하는, 리튬 이차전지용 전극의 제조방법.
- [청구항 15] 청구항 10에 있어서, 상기 전극 활물질은 황-탄소 복합체를 포함하는 것을 특징으로 하는, 리튬 이차전지용 전극의 제조방법.
- [청구항 16] 청구항 10에 있어서, 상기 (b) 단계의 가압 시에는 가열도 함께 수행되는 것을 특징으로 하는, 리튬 이차전지용 전극의 제조방법.
- [청구항 17] 청구항 1의 리튬 이차전지용 전극을 하나 이상 포함하는 리튬 이차전지.
- [청구항 18] 청구항 17에 있어서, 상기 리튬 이차전지는 리튬-황 전지인 것을 특징으로 하는, 리튬 이차전지.

[도1]





	양극 활물질
	천공 집전체

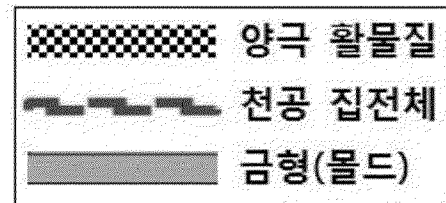
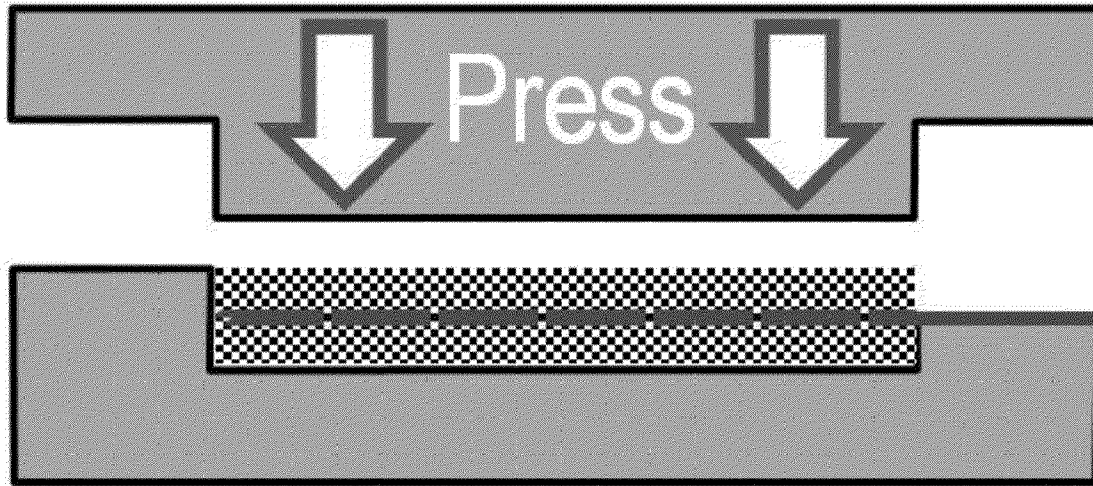
[도2]



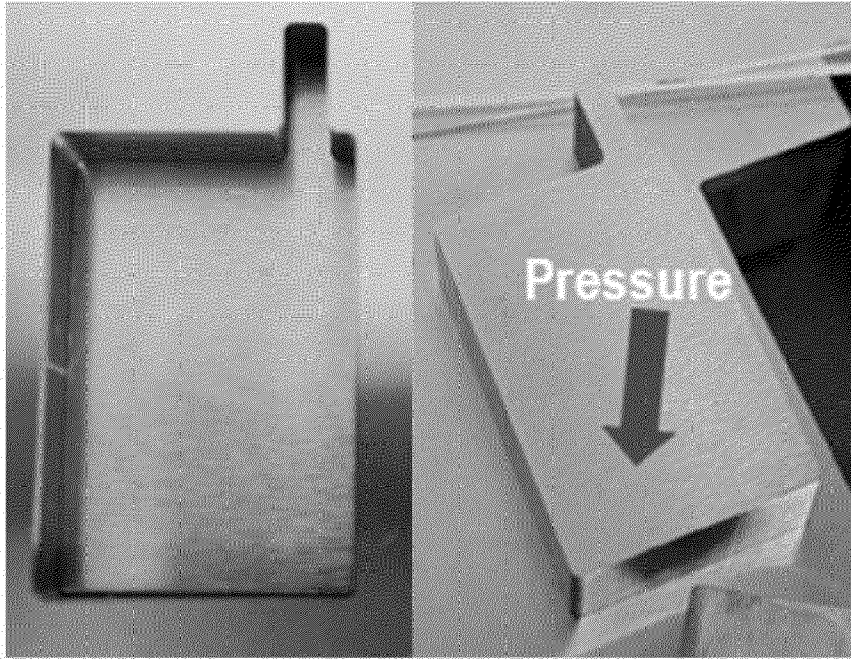
접착면 형성

	양극 활물질
	천공 집전체

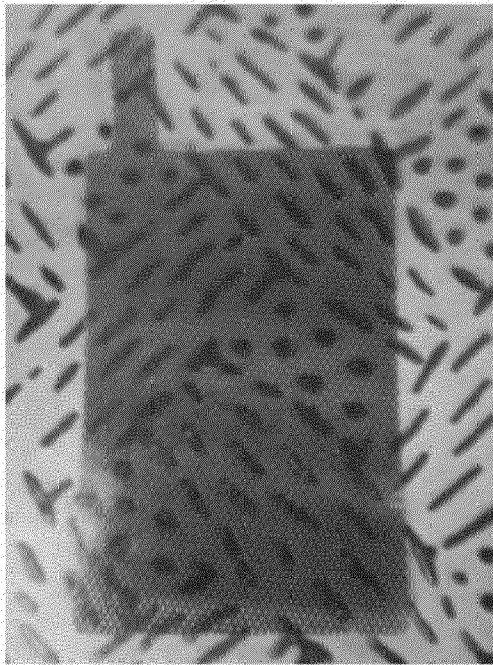
[도3]



[도4]



(a)

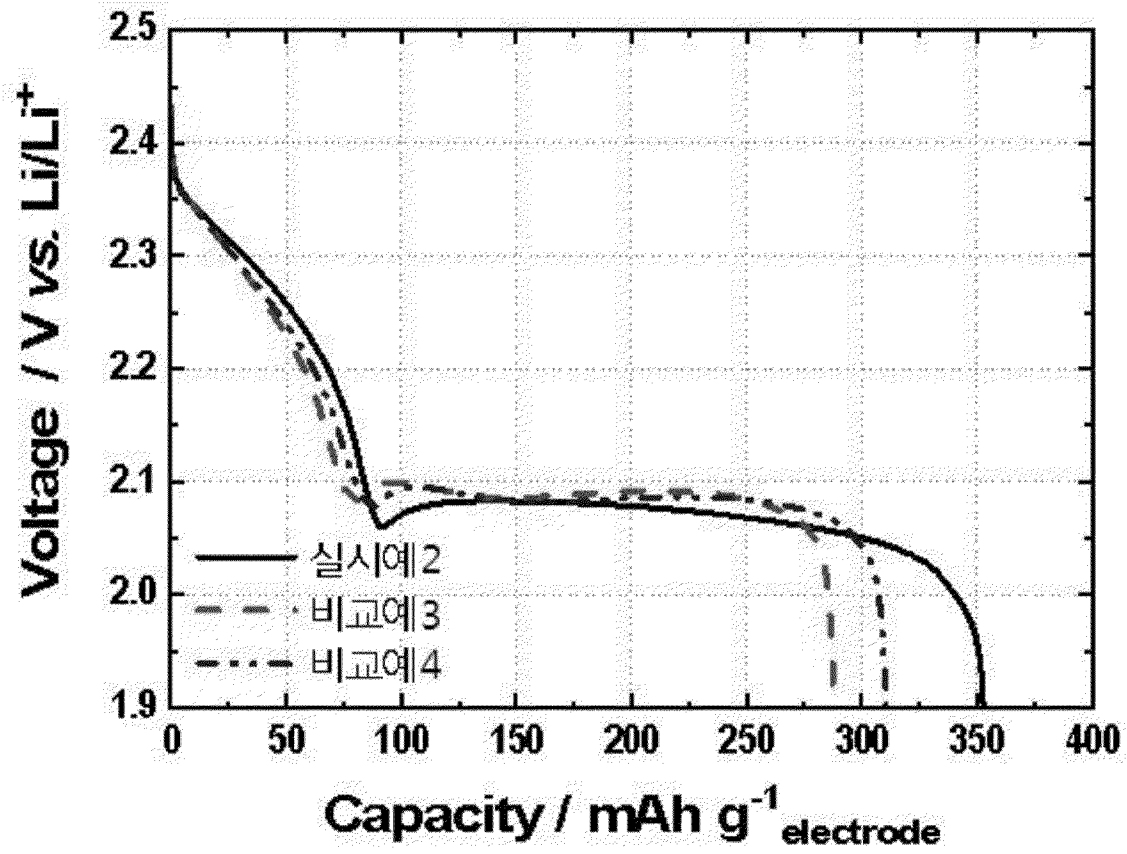


(b)



(c)

[도5]



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

**PCT/KR2021/003592**

<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b>		
<b>H01M 4/13(2010.01)i; H01M 4/74(2006.01)i; H01M 4/66(2006.01)i; H01M 4/38(2006.01)i; H01M 4/36(2006.01)i; H01M 4/139(2010.01)i; H01M 4/04(2006.01)i; H01M 10/052(2010.01)i</b>		
According to International Patent Classification (IPC) or to both national classification and IPC		
<b>B. FIELDS SEARCHED</b>		
Minimum documentation searched (classification system followed by classification symbols) H01M 4/13(2010.01); H01M 10/052(2010.01); H01M 10/058(2010.01); H01M 4/139(2010.01); H01M 4/64(2006.01); H01M 4/70(2006.01)		
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: 천공(perforate), 집전체(current collector), 건식(dry process), 금형(mold), 황(sulfur), 도전재(conductive additive), 바인더(binder)		
<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
X	KR 10-2013-0125919 A (LG CHEM, LTD.) 20 November 2013 (2013-11-20) See claims 1, 6 and 7; paragraphs [0016], [0021], [0023], [0030] and [0056]; and figure 2(b).	1,6-9,17
Y		2-5,10-16,18
Y	KR 10-1745974 B1 (INDUSTRY-ACADEMIC COOPERATION FOUNDATION GYEONGSANG NATIONAL UNIVERSITY) 27 June 2017 (2017-06-27) See claims 1 and 5.	2,13
Y	KR 10-2016-0144756 A (LG CHEM, LTD.) 19 December 2016 (2016-12-19) See claim 1; and paragraph [0057].	3,4,15,18
Y	JP 5293383 B2 (NIPPON ZEON CO., LTD.) 18 September 2013 (2013-09-18) See claims 1 and 7; and paragraph [0045].	5
<input checked="" type="checkbox"/> Further documents are listed in the continuation of Box C. <input checked="" type="checkbox"/> 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 "D" document cited by the applicant in the international application "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 <b>02 July 2021</b>		Date of mailing of the international search report <b>02 July 2021</b>
Name and mailing address of the ISA/KR <b>Korean Intellectual Property Office Government Complex-Daejeon Building 4, 189 Cheongsaro, Seo-gu, Daejeon 35208</b> Facsimile No. +82-42-481-8578		Authorized officer  Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

**PCT/KR2021/003592**

<b>C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT</b>		
Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	JP 2012-146395 A (SUMITOMO ELECTRIC IND., LTD.) 02 August 2012 (2012-08-02) See claim 6; and paragraphs [0024] and [0087].	10-16
.....		

**INTERNATIONAL SEARCH REPORT**  
**Information on patent family members**

International application No. <b>PCT/KR2021/003592</b>
---

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
KR	10-2013-0125919	A	20 November 2013	None			
KR	10-1745974	B1	27 June 2017	None			
KR	10-2016-0144756	A	19 December 2016	KR	10-1976169	B1	09 May 2019
JP	5293383	B2	18 September 2013	JP	2010-171366	A	05 August 2010
JP	2012-146395	A	02 August 2012	None			

<b>A. 발명이 속하는 기술분류(국제특허분류(IPC))</b> <b>H01M 4/13(2010.01)i; H01M 4/74(2006.01)i; H01M 4/66(2006.01)i; H01M 4/38(2006.01)i; H01M 4/36(2006.01)i;</b> <b>H01M 4/139(2010.01)i; H01M 4/04(2006.01)i; H01M 10/052(2010.01)i</b>		
<b>B. 조사된 분야</b> 조사된 최소문헌(국제특허분류를 기재) H01M 4/13(2010.01); H01M 10/052(2010.01); H01M 10/058(2010.01); H01M 4/139(2010.01); H01M 4/64(2006.01); H01M 4/70(2006.01) 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: 천공(perforate), 집전체(current collector), 건식(dry process), 금형(mold), 황(sulfur), 도전제(conductive additive), 바인더(binder)		
<b>C. 관련 문헌</b>		
카테고리*	인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재	관련 청구항
X	KR 10-2013-0125919 A (주식회사 엔지화학) 2013.11.20 청구항 1, 6, 7; 단락 [0016], [0021], [0023], [0030], [0056]; 도면 2(b)	1,6-9,17
Y		2-5,10-16,18
Y	KR 10-1745974 B1 (경상대학교산학협력단) 2017.06.27 청구항 1, 5	2,13
Y	KR 10-2016-0144756 A (주식회사 엔지화학) 2016.12.19 청구항 1; 단락 [0057]	3,4,15,18
Y	JP 5293383 B2 (NIPPON ZEON CO., LTD.) 2013.09.18 청구항 1, 7; 단락 [0045]	5
Y	JP 2012-146395 A (SUMITOMO ELECTRIC IND., LTD.) 2012.08.02 청구항 6; 단락 [0024], [0087]	10-16
<input type="checkbox"/> 추가 문헌이 C(계속)에 기재되어 있습니다. <input checked="" type="checkbox"/> 대응특허에 관한 별지를 참조하십시오.		
* 인용된 문헌의 특별 카테고리: "A" 특별히 관련이 없는 것으로 보이는 일반적인 기술수준을 정의한 문헌 "D" 본 국제출원에서 출원인이 인용한 문헌 "E" 국제출원일보다 빠른 출원일 또는 우선일을 가지나 국제출원일 이후에 공개된 선출원 또는 특허 문헌 "L" 우선권 주장에 의문을 제기하는 문헌 또는 다른 인용문헌의 공개일 또는 다른 특별한 이유(이유를 명시)를 밝히기 위하여 인용된 문헌 "O" 구두 개시, 사용, 전시 또는 기타 수단을 언급하고 있는 문헌 "P" 우선일 이후에 공개되었으나 국제출원일 이전에 공개된 문헌 "T" 국제출원일 또는 우선일 후에 공개된 문헌으로, 출원과 상충하지 않으며 발명의 기초가 되는 원리나 이론을 이해하기 위해 인용된 문헌 "X" 특별한 관련이 있는 문헌. 해당 문헌 하나만으로 청구된 발명의 신규성 또는 진보성이 없는 것으로 본다. "Y" 특별한 관련이 있는 문헌. 해당 문헌이 하나 이상의 다른 문헌과 조합하는 경우로 그 조합이 당업자에게 자명한 경우 청구된 발명은 진보성이 없는 것으로 본다. "&" 동일한 대응특허문헌에 속하는 문헌		
국제조사의 실제 완료일	국제조사보고서 발송일	
2021년07월02일(02.07.2021)	2021년07월02일(02.07.2021)	
ISA/KR의 명칭 및 우편주소	심사관	
대한민국 특허청 (35208) 대전광역시 서구 청사로 189, 4동 (둔산동, 정부대전청사)	정다원	
팩스 번호 +82-42-481-8578	전화번호 +82-42-481-5373	

국제조사보고서에서 인용된 특허문헌	공개일	대응특허문헌	공개일
KR 10-2013-0125919 A	2013/11/20	없음	
KR 10-1745974 B1	2017/06/27	없음	
KR 10-2016-0144756 A	2016/12/19	KR 10-1976169 B1	2019/05/09
JP 5293383 B2	2013/09/18	JP 2010-171366 A	2010/08/05
JP 2012-146395 A	2012/08/02	없음	