

(12) 특허협력조약에 의하여 공개된 국제출원

(19) 세계지식재산권기구  
국제사무국

(43) 국제공개일  
2024년 6월 20일 (20.06.2024)

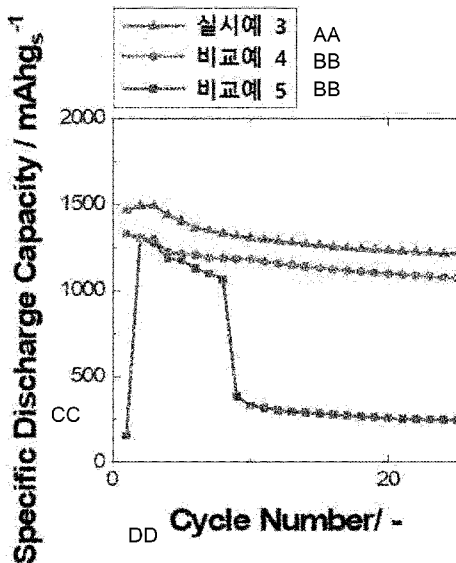


(10) 국제공개번호  
WO 2024/128821 A1

- (51) 국제특허분류: C01B 32/312 (2017.01) H01M 4/58 (2010.01)  
C01B 32/336 (2017.01) H01M 10/0525 (2010.01)  
H01M 4/583 (2010.01) H01M 4/02 (2006.01)
- (21) 국제출원번호: PCT/KR2023/020616
- (22) 국제출원일: 2023년 12월 14일 (14.12.2023)
- (25) 출원언어: 한국어
- (26) 공개언어: 한국어
- (30) 우선권정보: 10-2022-0176685 2022년 12월 16일 (16.12.2022)KR
- (71) 출원인: 주식회사 엘지에너지솔루션 (LG ENERGY SOLUTION, LTD.) [KR/KR]; 07335 서울특별시 영등포구 여의대로 108, 타워1, Seoul (KR).
- (72) 발명자: 송명준 (SONG, Myeongjun); 34122 대전광역시 유성구 문지로 188, LG에너지솔루션 기술연구원, Daejeon (KR). 박인태 (PARK, Intae); 34122 대전광역시 유성구 문지로 188, LG에너지솔루션 기술연구원, Daejeon (KR). 김일토 (KIM, Ilto); 34122 대전광역시 유성구 문지로 188, LG에너지솔루션 기술연구원, Daejeon (KR). 양승보 (YANG, Seungbo); 34122 대전광역시 유성구 문지로 188, LG에너지솔루션 기술연구원, Daejeon (KR).
- (74) 대리인: 김성호 (KIM, Sung Ho); 06221 서울특별시 강남구 언주로85길 24, 3층(역삼동, PNM타워) (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, CV, CZ, DE, DJ, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IQ, IR, IS, IT, JM, JO, JP, KE, KG, KH, KN, KP, KW, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LU, LY, MA, MD, MG, MK, MN, MU, 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, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, 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,

(54) Title: POROUS CARBON MATERIAL, METHOD FOR MANUFACTURING SAME, POSITIVE ELECTRODE FOR LITHIUM SECONDARY BATTERY COMPRISING SAME CARBON MATERIAL AS POSITIVE ELECTRODE ACTIVE MATERIAL, AND LITHIUM SECONDARY BATTERY

(54) 발명의 명칭: 다공성 탄소재, 이의 제조방법, 상기 탄소재를 양극 활물질로 포함하는 리튬 이차전지용 양극 및 리튬 이차전지



(57) Abstract: Disclosed are a porous carbon material, a method for manufacturing same, a positive electrode for a lithium secondary battery comprising the carbon material as a positive electrode active material, and a lithium secondary battery, wherein the porous carbon material can improve the performance of a sparingly solvating electrolyte (SSE)-based lithium secondary battery by applying a porous carbon material with increased pore volume and specific surface area to a positive electrode through an activation process. The porous carbon material is characterized by a specific surface area of 1,700 m<sup>2</sup>/g or more and a pore volume of 5 cm<sup>3</sup>/g or more.

(57) 요약서: 활성화 공정을 통해 기공부피 및 비표면적이 증대된 다공성의 탄소재를 양극에 적용함으로써 SSE 계(sparingly solvating electrolyte based) 리튬 이차전지의 성능을 개선시킬 수 있는, 다공성 탄소재, 이의 제조방법, 상기 탄소재를 양극 활물질로 포함하는 리튬 이차전지용 양극 및 리튬 이차전지가 개시된다. 상기 다공성 탄소재는, 비표면적이 1,700 m<sup>2</sup>/g 이상이고, 기공부피가 5 cm<sup>3</sup>/g 이상인 것을 특징으로 한다.

AA ... Example  
BB ... Comparative example  
CC ... Specific Discharge Capacity / mAhg-1  
DD ... Cycle Number/ -

WO 2024/128821 A1

ME, 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: 다공성 탄소재, 이의 제조방법, 상기 탄소재를 양극 활물질로 포함하는 리튬 이차전지용 양극 및 리튬 이차전지 기술분야

- [1] 본 출원은 2022년 12월 16일자 한국 특허 출원 제10-2022-0176685호에 기초한 우선권의 이익을 주장하며, 해당 한국 특허 출원의 문헌에 개시된 모든 내용은 본 명세서의 일부로서 포함된다.
- [2] 본 발명은 다공성 탄소재, 이의 제조방법, 상기 탄소재를 양극 활물질로 포함하는 리튬 이차전지용 양극 및 리튬 이차전지에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는, 활성화 공정을 통해 기공부피 및 비표면적이 증대된 다공성의 탄소재를 양극에 적용함으로써 SSE계(sparingly solvating electrolyte based) 리튬 이차전지의 성능을 개선시킬 수 있는, 다공성 탄소재, 이의 제조방법, 상기 탄소재를 양극 활물질로 포함하는 리튬 이차전지용 양극 및 리튬 이차전지에 관한 것이다.

### 배경기술

- [3] 에너지 저장 기술에 대한 관심이 갈수록 높아짐에 따라, 휴대폰, 태블릿(tablet), 랩탑(laptop) 및 캠코더, 나아가서는 전기 자동차(EV) 및 하이브리드 전기 자동차(HEV)의 에너지까지 적용분야가 확대되면서, 전기화학소자에 대한 연구 및 개발이 점차 증대되고 있다. 전기화학소자는 이러한 측면에서 가장 주목을 받고 있는 분야이고, 그 중에서도 충방전이 가능한 리튬-황 전지와 같은 리튬계 이차전지의 개발은 관심의 초점이 되고 있으며, 최근에는 이러한 전지를 개발함에 있어서 용량 밀도 및 비 에너지를 향상시키기 위하여, 새로운 전극과 전지의 설계에 대한 연구개발로 이어지고 있다.
- [4] 이와 같은 리튬계 이차전지, 그 중 리튬-황 전지(Lithium-Sulfur battery)는 높은 에너지 밀도(또는, 이론 용량)를 가져, 리튬 이온전지를 대체할 수 있는 차세대 이차전지로 각광받고 있다. 이와 같은 리튬-황 전지 내에서는, 방전 시 황의 환원 반응과 리튬 메탈의 산화반응이 일어나며, 이 때 황은 고리 구조의  $S_8$ 로부터 선형 구조의 리튬 폴리설파이드(Lithium Polysulfide, LiPS)를 형성하게 되는데, 이러한 리튬-황 전지는 폴리설파이드가  $Li_2S$ 로 완전히 환원되기까지 단계적 방전 전압을 나타내는 것이 특징이다.
- [5] 하지만, 리튬-황 전지의 상업화에 있어서 가장 큰 걸림돌은 수명으로서, 충방전 과정 중 충전/방전 효율(Efficiency)이 줄어들며 전지의 수명이 퇴화하게 된다. 이와 같은 리튬-황 전지의 수명이 퇴화하는 원인으로는, 전해질의 부반응(전해질의 분해에 따른 부산물의 퇴적), 리튬 메탈의 불안정성(리튬 음극 상에 덴드라이트가 성장하여 쇼트 발생) 및 양극 부산물의 퇴적(양극으로부터의 리튬 폴리설파이드 용출) 등으로 다양하다.

- [6] 즉, 황 계열의 화합물을 양극 활물질로 사용하고 리튬과 같은 알칼리 금속을 음극 활물질로 사용하는 전지에서, 충방전 시 리튬 폴리설파이드의 용출 및 서틀현상이 발생하고, 리튬 폴리설파이드가 음극으로 전달되어 리튬-황 전지의 용량이 감소되며, 이에 따라 전지의 수명이 감소되고 반응성이 감소하는 커다란 문제점을 가지고 있다. 즉, 양극에서 용출된 폴리설파이드는 유기 전해액으로의 용해도가 높기 때문에, 전해질을 통해 음극 쪽으로 원치 않는 이동(PS shuttling)이 일어날 수 있으며, 그 결과, 양극 활물질의 비가역적 손실로 인한 용량의 감소 및 부반응에 의한 리튬 메탈 표면에의 황 입자 증착으로 인한 전지 수명의 감소가 발생하게 되는 것이다.
- [7] 한편, 리튬-황 전지가 약 400 Wh/kg 이상 또는 600 Wh/L 이상의 높은 에너지 밀도를 구축하기 위해서는 고 로딩(약 4.0 mAh/cm<sup>2</sup> 이상), 저 기공도(약 60 % 이하) 조건에서도 구동 가능한 전해질 및 양극 활물질 시스템이 필요하다. 즉, 이와 같은 리튬-황 전지의 거동은 전해질에 따라 크게 바뀔 수 있는데, 양극의 황(sulfur)이 전해질에 리튬 폴리설파이드(LIPS)의 형태로 용출되어 나오는 경우의 전해질을 Catholyte라 하고, 황이 리튬 폴리설파이드의 형태로 거의 용출되어 나오지 않는 경우의 전해질을 SSE(sparingly solvating electrolyte)라 한다. 기존의 Catholyte 시스템을 활용하는 리튬-황 전지는, Li<sub>2</sub>S<sub>x</sub> 형태를 가지는 중간 생성물(intermediate polysulfide)의 생성을 통한 액상 반응에 의존하기 때문에(catholyte type), 황의 높은 이론 방전용량(1,675 mAh/g)을 충분히 활용하지 못하며, 오히려 폴리설파이드의 용출로 인한 전지 퇴화로 전지의 수명이 급격히 감소하는 문제점을 가지고 있다.
- [8] 반면, 최근 들어 폴리설파이드의 용출을 억제시킬 수 있는 SSE(sparingly solvating electrolyte) 전해질 시스템이 개발되어, 고 비표면적(BET Specific surface area)을 가지는 탄소재를 황의 담지체로 적용할 시 황의 이론 방전용량의 80 % 이상을 활용할 수 있음을 확인하였다. 하지만, 황의 담지체로 사용되는 탄소재의 비표면적이 크다고 하여 무조건적으로 높은 방전용량을 나타낼 수 있는 것은 아니다. 특히, 고 황 함량(예를 들어, >70wt%) 조건의 경우, 탄소재의 비표면적 이외에 탄소재의 기공부피도 황의 활용도에 큰 영향을 미친다. 고 에너지 밀도(예를 들어, >400Wh/kg)의 셀 구현을 위해서는, 고 황 함량의 양극 활물질을 적용하여 고로딩 전극의 사용이 필수적이기 때문에, 탄소재의 비표면적 및 기공도의 조절을 통한 최적화가 필수적이다.
- [9] 따라서, 기본적으로 SSE 전해질 시스템을 이용하면서도, 기존보다 비표면적 및 기공부피가 증대된 양극 활물질용 탄소재를 적용하여, 고 황 함량 조건에서도 높은 황 이용률을 갖는 전지의 모색이 요구된다.

## 발명의 상세한 설명

### 기술적 과제

- [10] 따라서, 본 발명의 목적은, 활성화 공정을 통해 기공부피 및 비표면적이 증대된 다공성의 탄소재를 양극에 적용함으로써 SSE계(sparingly solvating electrolyte based) 리튬 이차전지의 성능을 개선시킬 수 있는, 다공성 탄소재, 이의 제조방법, 상기 탄소재를 양극 활물질로 포함하는 리튬 이차전지용 양극 및 리튬 이차전지를 제공하는 것이다.

### 과제 해결 수단

- [11] 상기 목적을 달성하기 위하여, 본 발명은, 비표면적이  $1,700 \text{ m}^2/\text{g}$  이상이고, 기공부피가  $5 \text{ cm}^3/\text{g}$  이상인 다공성 탄소재를 제공한다.
- [12] 또한, 본 발명은, 상기 다공성 탄소재를 제조하는 방법으로, 탄소재를 가스 활성화제로 물리적 활성화(physical activation)시키거나, 약품 활성화제로 화학적 활성화(chemical activation)시키는 단계를 포함하는 다공성 탄소재의 제조방법을 제공한다.
- [13] 또한, 본 발명은, 상기 다공성 탄소재에 황이 담지된 황-탄소 복합체를 양극 활물질로 포함하는 리튬 이차전지용 양극을 제공한다.
- [14] 또한, 본 발명은, 상기 리튬 이차전지용 양극; 음극; 이들의 사이에 개재되는 분리막; 및 불소계 에테르 화합물을 포함하는 제1 용매, 글라임계 화합물을 포함하는 제2 용매 및 리튬염을 포함하는 전해질;을 포함하는 리튬 이차전지를 제공한다.

### 발명의 효과

- [15] 본 발명에 따른 다공성 탄소재, 이의 제조방법, 상기 탄소재를 양극 활물질로 포함하는 리튬 이차전지용 양극 및 리튬 이차전지에 의하면, 활성화 공정을 통해 기공부피 및 비표면적이 증대된 다공성의 탄소재를 양극에 적용함으로써 SSE계(sparingly solvating electrolyte based) 리튬 이차전지의 성능을 개선시킬 수 있는 장점을 가진다.

### 도면의 간단한 설명

- [16] 도 1은 본 발명의 일 실시예 및 비교예에 따른 다공성 탄소재의 비표면적을 확인하는 데에 이용된 질소 흡착/탈착 등온선이다.
- [17] 도 2는 본 발명의 일 실시예 및 비교예에 따른 다공성 탄소재의 기공 크기를 확인하는 데에 이용된 기공 크기 분포도(BJH plot, mesopore/macropore 분석)이다.
- [18] 도 3은 본 발명의 일 실시예 및 비교예에 따른 다공성 탄소재의 기공 크기를 확인하는 데에 이용된 기공 크기 분포도(HK plot, micropore 분석)이다.
- [19] 도 4는 본 발명의 일 실시예 및 비교예에 따른 황-탄소 복합체의 열 중량 분석(TGA) 그래프이다.
- [20] 도 5는 본 발명의 일 실시예 및 비교예에 따른 리튬 이차전지의 방전용량을 보여주는 그래프이다.
- [21] 도 6은 본 발명의 일 실시예 및 비교예에 따른 리튬 이차전지의 방전용량과 수명특성을 보여주는 그래프이다.

### 발명의 실시를 위한 최선의 형태

- [22] 이하, 본 발명을 상세히 설명한다.
- [23] 본 발명에 따른 다공성 탄소재는, 비표면적이  $1,700 \text{ m}^2/\text{g}$  이상이고, 기공부피가  $5 \text{ cm}^3/\text{g}$  이상인 것을 특징으로 한다.
- [24] 리튬-황 전지가 약  $400 \text{ Wh/kg}$  이상 또는  $600 \text{ Wh/L}$  이상의 높은 에너지 밀도를 구축하기 위해서는 고 로딩(약  $4.0 \text{ mAh/cm}^2$  이상), 저 기공도(약 60 % 이하) 조건에서도 구동 가능한 전해질 및 양극 활물질 시스템이 필요하다. 그리고, 이러한 전해질 시스템으로서, 양극의 황(sulfur)이 전해질에 리튬 폴리설파이드(LiPS)의 형태로 용출되어 나오는 경우의 전해질(Catholyte)이 가지는 문제점을 보완한(즉, 폴리설파이드의 용출을 억제시킬 수 있는) SSE(sparingly solvating electrolyte) 전해질 시스템이 개발되었다. 그리고, 고 비표면적(BET Specific surface area)을 가지는 탄소재를 황의 담지체로서 양극 활물질로 적용하고 이를 SSE 전해질 시스템에 접목시키면, 황의 이론 방전용량의 80 % 이상을 활용할 수 있음을 확인하였다(즉, 황 이용률이 80 % 이상이라는 것으로서, 상기 '황 이용률'이란 구체적으로 황의 무게당 이론용량인  $1,675 \text{ mAh/g}$  대비 해당 전지의 양극에 포함되는 황 원소의 무게(gram)당 방전용량(mAh)의 비율로서, 예를 들어, 리튬-황 전지의 양극 내에 존재하는 황 원소의 무게당 방전용량이  $1,600 \text{ mAh/g}$ 인 경우의 황 이용률은 95.5 %( $1,600/1,675$ )이다).
- [25] 하지만, 황의 담지체로 사용되는 탄소재의 비표면적이 크다고 하여 무조건적으로 높은 방전용량을 나타낼 수 있는 것은 아니다. 특히, 고 황 함량(예를 들어, >70wt%) 조건의 경우, 탄소재의 비표면적 이외에 탄소재의 기공부피도 황의 활용도에 큰 영향을 미친다. 따라서, 탄소재의 비표면적이 크더라도 기공부피가 작으면, 황을 담지할만한 기공이 부족하여 황 담지 효율이 낮아지고, 이로 인하여 비 전도성인 황의 전자 수용도가 낮아져 반응에 참여하는 황의 비율이 높아지며, 이에 따라 전지의 방전용량 및 수명특성이 크게 감소하는 문제가 발생한다. 즉, 다시 말해, 고 에너지 밀도(예를 들어, > $400 \text{ Wh/kg}$ )의 셀 구현을 위해서는, 고 황 함량의 양극 활물질을 적용하여 고로딩 전극의 사용이 필수적이기 때문에, 탄소재의 비표면적 및 기공도의 조절을 통한 최적화가 필수적이다. 이에 본 출원인은, 기존보다 비표면적 및 기공부피가 증대된 양극 활물질용 탄소재를 발명해 내었으며, SSE 전해질 시스템까지 접목시켜 전지의 성능을 개선시켰다.
- [26] 비표면적이  $1,700 \text{ m}^2/\text{g}$  이상이고, 기공부피가  $5 \text{ cm}^3/\text{g}$  이상인 본 발명의 다공성 탄소재는, 활성화제로 활성화(activation) 처리된 다공성 탄소재인 것과, SSE(sparingly solvating electrolyte) 전해질 시스템이 적용된 리튬 이차전지의 양극 활물질로 사용되는 것에 특징이 있다.
- [27] 즉, 기존에는 탄화 처리된 다공성 탄소재를 사용하고 있는데, 이와 같이 탄소재를 탄화시키게 되면 탄소(C)를 제외한 다른 유기물들만이 제거되기 때문에, 다공성의 탄소재에 미세 기공을 추가로 형성시키는 것에 어려움이 있다. 하지만, 본

발명은 다공성 탄소재를 가스 활성화제로 물리적 활성화(physical activation)시키거나, 약품 활성화제로 화학적 활성화(chemical activation)시켜, 탄소가 가스 또는 약품과 반응하면서 고체상의 탄소가 가스화되는 과정을 통해 미세 기공을 형성하도록 한 것이다. 다만, 상기 물리적 활성화 또는 화학적 활성화 중에는 추가적인 탄화 공정이 수행되지 않는 것을 특징으로 한다. 따라서, 본 발명의 다공성 탄소재는, 활성화제로 활성화(activation) 처리된 것이되, 활성화 공정(또는, 처리) 중에는 추가적인 탄화 공정(또는, 처리)이 수행되지 않은 것이어야만 한다.

[28] 그리고, 본 발명의 다공성 탄소재는 SSE(sparingly solvating electrolyte) 전해질 시스템이 적용된 리튬 이차전지의 양극 활물질로 사용될 때 가장 큰 효과를 나타낼 수 있으며, 황의 이론 방전용량의 80% 이상을 활용할 수 있다. 따라서, 본 발명의 다공성 탄소재는, 통상의 전해질(Catholyte)이 적용된 리튬 이차전지의 양극 활물질이 아닌, SSE 전해질 시스템이 적용된 리튬 이차전지의 양극 활물질로 사용될 때 전지의 성능을 극대화시킬 수 있다. 즉, 다시 말해, 상기 다공성 탄소재는, 불소계 에테르 화합물을 포함하는 제1 용매, 글라임계 화합물을 포함하는 제2 용매 및 리튬염을 포함하는 전해질을 포함하는 리튬 이차전지의 양극 활물질 용인 것을 특징으로 한다.

[29] 이러한 본 발명의 다공성 탄소재는,  $1,700 \text{ m}^2/\text{g}$  이상의 비표면적을 가진다. 만약, 상기 다공성 탄소재가  $1,700 \text{ m}^2/\text{g}$  미만의 비표면적을 가지면, 황 담지 효율이 낮고 이로 인하여 전극 부반응이 커져 충전 과전압 현상이 발생함으로써 전지의 방전용량 및 수명특성이 크게 감소하는 문제가 발생한다.

[30] 또한, 본 발명의 다공성 탄소재는,  $5 \text{ cm}^3/\text{g}$  이상, 바람직하게는  $7 \text{ cm}^3/\text{g}$  이상, 더욱 바람직하게는 7 내지  $10 \text{ cm}^3/\text{g}$ 의 기공부피를 가진다. 만약, 상기 다공성 탄소재가  $5 \text{ cm}^3/\text{g}$  미만의 기공부피를 가지면, 황 담지 효율이 낮아지고(즉, 황 담지량 감소), 이로 인하여 비 전도성인 황의 전자 수용도가 낮아져 반응에 참여하는 황의 비율이 높아지고, 이에 따라 전지의 방전용량 및 수명특성이 크게 감소하는 문제가 발생할 수 있다. 그리고, 다공성 탄소재가  $7 \text{ cm}^3/\text{g}$  이상의 기공부피를 가지면,  $7 \text{ cm}^3/\text{g}$  미만의 기공부피를 가지는 다공성 탄소재에 비하여 전지의 성능을 보다 개선시킬 수 있다. 한편, 본 발명이 다공성 탄소재를 전지에 적용하는 경우를 핵심적으로 다루고는 있으나, 전지 분야가 아닌 다공성의 탄소재를 필요로 하는 다른 분야에도 사용 가능함은 자명하다 할 것이다.

[31] 이상에서와 같이, 비표면적이  $1,700 \text{ m}^2/\text{g}$  이상이고, 기공부피가  $5 \text{ cm}^3/\text{g}$  이상인 본 발명의 다공성 탄소재는, 예를 들어, 탄소나노튜브; 그래핀(특히, multilayer graphene flake, MGF); 그래파이트; 카본 블랙, 아세틸렌 블랙, 케첸 블랙, 덴카 블랙, 씨멀 블랙, 채널 블랙, 퍼네이스 블랙, 램프 블랙 등의 카본 블랙; 탄소 섬유; 또는 이들 중 2종 이상이 포함된 혼합물;일 수 있다. 그리고, 이 중에서도 비표면적이  $1,700 \text{ m}^2/\text{g}$  이상이고, 기공부피가  $5 \text{ cm}^3/\text{g}$  이상인 케첸 블랙이, 전지의 성능을 향상시키는 측면에서 가장 유리할 수 있다.

- [32] 다음으로, 이상에서 설명한 다공성 탄소재의 제조방법에 대하여 설명한다. 상기 다공성 탄소재의 제조방법은, 상기 다공성 탄소재를 제조하는 방법으로, 탄소재를 가스 활성화제로 물리적 활성화(physical activation)시키거나, 약품 활성화제로 화학적 활성화(chemical activation)시키는 단계를 포함한다. 그리고, 상기 물리적 활성화 또는 화학적 활성화 중에는 추가적인 탄화 공정이 수행되지 않는 것을 특징으로 한다.
- [33] 상기 탄소재로는 탄소나노튜브; 그래핀(특히, multilayer graphene flake, MGF); 그래파이트; 카본 블랙, 아세틸렌 블랙, 케첸 블랙, 덴카 블랙, 써멀 블랙, 채널 블랙, 퍼네이스 블랙, 램프 블랙 등의 카본 블랙; 탄소 섬유; 및 이들 중 2종 이상이 포함된 혼합물; 중 어느 하나일 수 있다. 그리고, 상기 활성화된 탄소재는 활성화 처리를 제외하고는 그 어떠한 탄화 처리도 이루어지지 않은 상태의 탄소재일 수 있다. 즉, 상기 물리적 활성화 또는 화학적 활성화 중에는 추가적인 탄화 공정이 수행되지 않는 것은 물론이고, 활성화 이전이나 이후에도 탄화 공정이 수행되지 않을 수 있다.
- [34] 기존에는 탄화 처리만 된 탄소재를 사용하고 있는데, 이와 같이 탄소재를 탄화시키게 되면 탄소(C)를 제외한 다른 유기물들만이 제거되기 때문에, 탄소재에 미세 기공을 추가로 형성시키는 것에 어려움이 있다. 하지만, 탄소재를 가스 활성화제로 물리적 활성화시키거나, 약품 활성화제로 화학적 활성화시키게 되면, 탄소재가 가스 또는 약품과 반응하면서 고체상의 탄소가 가스화되는 과정을 통해 탄소재에 미세 기공을 추가로 형성시킬 수 있다.
- [35] 따라서, 본 발명의 다공성 탄소재를 제조하는 방법은, 활성화제를 이용하여 탄소재를 활성화(activation) 처리하는 단계를 포함하되, 상기 물리적 활성화 또는 화학적 활성화 중에는 추가적인 탄화 공정이 수행되지 않는 것을 특징으로 하며, 활성화 처리(물리적 활성화 또는 화학적 활성화) 이전이나 이후에도 탄화 공정을 수행하지 않는 것일 수 있다.
- [36] 이하, 탄소재를 물리적으로 활성화시키는 방식과 화학적으로 활성화시키는 방식에 대해 구체적으로 설명하도록 한다. 먼저, 물리적 활성화(physical activation) 방식은, 가스 활성화제(또는, 활성화 가스)를 이용하여 고온 하에서 활성화시키는 방식이다. 상기 가스 활성화제로는 수증기(steam), 일산화탄소(CO), 이산화탄소(CO<sub>2</sub>) 및 산소(O<sub>2</sub>)를 예로 들 수 있다. 상기 물리적 활성화 방식에 의하는 경우, 활성화 온도는 500 내지 1,000 °C, 바람직하게는 800 내지 1,000 °C일 수 있다. 그리고 이때의 활성화 시간은 1 내지 10 시간, 바람직하게는 3 내지 10 시간일 수 있다. 만약, 상기 활성화 온도 및 시간 범위를 벗어나는 경우에는, 탄소재에 미세 기공이 정상적으로 형성되지 않을 수 있다.
- [37] 상기 화학적 활성화(chemical activation) 방식은, 약품 활성화제를 이용하여 고온 하에서 활성화시키는 방식으로서, 약품 활성화제를 탄소재에 침적시켜 가열하면 약품의 탈수 및 산화반응이 이루어지면서 다공성 탄소재에 미세 기공을 형성시킬 수 있다. 상기 약품 활성화제로는 탈수성 및 산화성이 강한 화합물인

KOH,  $K_2CO_3$ , NaOH,  $Na_2CO_3$ ,  $AlCl_3$ ,  $MgCl_3$  및  $H_3PO_4$  등을 예로 들 수 있다. 그리고, 상기 화학적 활성화를 진행하기 이전에 질소( $N_2$ ), 아르곤 등의 불활성 가스로 퍼징시킬 수 있고, 불활성 가스의 주입 조건에는 특별한 제한이 없다. 그리고, 상기 화학적 활성화에는 밀폐 용기가 사용될 수 있고, 이러한 밀폐 용기로는 유리 용기(glass jar) 등 불활성 가스를 주입하더라도 밀폐가 되어 퍼징이 가능한 통상의 용기를 예시할 수 있다.

- [38] 상기 활성화되기 이전의 탄소재와 약품 활성화제의 침적 비율은 중량비로서 1:8 내지 1:1일 수 있다. 상기 화학적 활성화 방식에 의하는 경우, 활성화 온도는 400 내지 1,000 °C, 바람직하게는 500 내지 900 °C일 수 있다. 그리고 이때의 활성화 시간은 1 내지 10 시간, 바람직하게는 1 내지 5 시간일 수 있다. 만약, 상기 활성화 온도 및 시간 범위를 벗어나는 경우에는, 다공성 탄소재에 미세 기공이 정상적으로 형성되지 않을 수 있다.
- [39] 계속해서, 본 발명에 따른 리튬 이차전지용 양극에 대하여 설명한다. 상기 리튬 이차전지용 양극은, 앞서 설명한 다공성 탄소재에 황이 담지된 황-탄소 복합체 ( $(C_2S_x)_n$ ;  $x=2.5 \sim 50$ ,  $n \geq 2$ )를 양극 활물질로 포함한다. 그리고, 상기 리튬 이차전지용 양극은, 양극 활물질 이외에 바인더 및 도전재 등을 더 포함한다. 상기 황은 황 원소(Elemental sulfur,  $S_8$ ), 황 계열 화합물 또는 이들의 혼합물일 수 있으며, 상기 황 계열 화합물은 구체적으로,  $Li_2S_n$  ( $n \geq 1$ ) 또는 유기황 화합물 등일 수 있다.
- [40] 상기 황-탄소 복합체는 그 입자의 크기가 1 내지 100  $\mu m$ 일 수 있다. 상기 황-탄소 복합체의 입자 크기가 1  $\mu m$  미만인 경우, 입자간 저항이 늘어나 리튬-황 전지의 전극에 과전압이 발생할 수 있고, 100  $\mu m$ 을 초과하는 경우에는 단위 중량당 표면적이 작아져 전극 내 전해질과의 웨팅(wetting) 면적 및 리튬 이온과의 반응 사이트(site)가 감소하게 되고, 복합체 크기 대비 전자의 전달 양이 적어져서 반응이 늦어지게 되어 전지의 방전 용량이 감소될 수 있다.
- [41] 상기 양극에 포함된 황(S)은 양극 총 중량에 대해 60 내지 90 중량%, 바람직하게는 65 내지 85 중량%, 더욱 바람직하게는 70 내지 80 중량%의 함량으로 포함될 수 있다. 상기 황이 양극 총 중량에 대해 60 중량% 미만으로 사용되면, 전지의 에너지 밀도가 감소하는 문제가 발생할 수 있고, 90 중량%를 초과하는 함량으로 사용되는 경우에는, 전극 내 도전성이 저하되고 전극의 안정성이 떨어지는 문제점이 발생할 수 있다.
- [42] 이상의 황과 탄소재를 포함하는 양극 활물질은, 양극 총 중량 100 중량부에 대하여 80 내지 99 중량부, 바람직하게는 90 내지 95 중량부로 포함될 수 있다. 상기 양극 활물질의 함량이 양극 총 중량 100 중량부에 대해 80 중량부 미만이면 전지의 에너지 밀도가 감소하는 문제가 발생할 수 있고, 99 중량부를 초과하는 경우에는 전극 내 도전성이 저하되고 전극의 안정성이 떨어지는 문제가 발생할 수 있다.

- [43] 상기 양극에 포함되는 바인더는 양극 활물질과 도전재 등의 결합 및 집전체에 대한 결합에 조력하는 성분으로서, 예컨대, 폴리비닐리덴플루오라이드(PVdF), 폴리비닐리덴플루오라이드-폴리헥사플루오로프로필렌 공중합체(PVdF/HFP), 폴리비닐아세테이트, 폴리비닐알코올, 폴리비닐에테르, 폴리에틸렌, 폴리에틸렌옥사이드, 알킬화 폴리에틸렌옥사이드, 폴리프로필렌, 폴리메틸(메트)아크릴레이트, 폴리에틸(메트)아크릴레이트, 폴리테트라플루오로에틸렌(PTFE), 폴리비닐클로라이드, 폴리아크릴로니트릴, 폴리비닐피리딘, 폴리비닐피롤리돈, 스티렌-부타디엔 고무, 아크릴로니트릴-부타디엔 고무, 에틸렌-프로필렌-디엔 모노머(EPDM) 고무, 술폰화 EPDM 고무, 스티렌-부틸렌 고무, 불소 고무, 카르복시메틸셀룰로오즈(CMC), 전분, 히드록시프로필셀룰로오즈, 재생 셀룰로오즈, 및 이들의 혼합물로 이루어진 군에서 선택되는 1종 이상을 사용할 수 있으나, 반드시 이에 한정되는 것은 아니다.
- [44] 상기 바인더는 통상적으로 양극 총 중량 100 중량부를 기준으로 1 내지 50 중량부, 바람직하게는 3 내지 15 중량부 첨가된다. 상기 바인더의 함량이 1 중량부 미만이면 양극 활물질과 집전체와의 접착력이 불충분해질 수 있고, 50 중량부를 초과하면 접착력은 향상되지만 그만큼 양극 활물질의 함량이 감소하여 전지 용량이 낮아질 수 있다.
- [45] 상기 양극에 포함되는 도전재는, 전지의 내부 환경에서 부반응을 유발하지 않고 당해 전지에 화학적 변화를 유발하지 않으면서 우수한 전기전도성을 가지는 것이라면 특별히 제한되지 않으며, 대표적으로는 흑연 또는 도전성 탄소를 사용할 수 있으며, 예컨대, 천연 흑연, 인조 흑연 등의 흑연; 카본 블랙, 아세틸렌 블랙, 케첸 블랙, 덴카 블랙, 씨멀 블랙, 채널 블랙, 퍼네이스 블랙, 램프 블랙 등의 카본 블랙; 결정구조가 그래핀이나 그래파이트인 탄소계 물질; 탄소 나노 튜브; 탄소 섬유, 금속 섬유 등의 도전성 섬유; 불화 카본; 알루미늄 분말, 니켈 분말 등의 금속 분말; 산화 아연, 티탄산 칼륨 등의 도전성 위스키; 산화 티탄 등의 도전성 산화물; 및 폴리페닐렌 유도체 등의 도전성 고분자;를 단독으로 또는 2종 이상 혼합하여 사용할 수 있으나, 반드시 이에 한정되는 것은 아니다.
- [46] 상기 도전재는 양극 전체 중량 100 중량부를 기준으로 0.5 내지 10 중량부, 바람직하게는 0.5 내지 5 중량부로 첨가될 수 있으나, 본 발명의 양극에는 포함되지 않을 수도 있다. 상기 도전재의 함량이 양극 전체 중량 100 중량부를 기준으로 10 중량부를 초과하여 너무 많으면 상대적으로 양극 활물질의 양이 적어져 용량 및 에너지 밀도가 저하될 수 있다. 양극에 도전재를 포함시키는 방법은 크게 제한되지 않으며, 양극 활물질에의 코팅 등 당분야에 공지된 통상적인 방법을 사용할 수 있다. 또한, 필요에 따라, 양극 활물질에 도전성의 제2 피복층이 부가됨으로 인해 상기와 같은 도전재의 첨가를 대신할 수도 있다.
- [47] 또한, 본 발명의 양극에는, 그 팽창을 억제하는 성분으로서 충진제가 선택적으로 첨가될 수 있다. 이러한 충진제는 당해 전지에 화학적 변화를 유발하지 않으면서 전극의 팽창을 억제할 수 있는 것이라면 특별히 제한되는 것은 아니며, 예

- 컨대, 폴리에틸렌, 폴리프로필렌 등의 올리핀계 중합체; 유리섬유, 탄소 섬유 등의 섬유상 물질; 등을 사용할 수 있다.
- [48] 상기 양극은 양극 활물질, 바인더 및 도전재 등을 분산매(용매)에 분산, 혼합시켜 슬러리를 만들고, 이를 양극 집전체 상에 도포한 후 건조 및 압연함으로써 제조될 수 있다. 상기 분산매로는 NMP(N-methyl-2-pyrrolidone), DMF(Dimethyl formamide), DMSO(Dimethyl sulfoxide), 에탄올, 이소프로판올, 물 및 이들의 혼합물을 사용할 수 있으나, 반드시 이에 한정되는 것은 아니다.
- [49] 상기 양극 집전체로는 백금(Pt), 금(Au), 팔라듐(Pd), 이리듐(Ir), 은(Ag), 루테튬(Ru), 니켈(Ni), 스테인리스스틸(STS), 알루미늄(Al), 몰리브덴(Mo), 크롬(Cr), 카본(C), 티타늄(Ti), 텅스텐(W), ITO(In doped SnO<sub>2</sub>), FTO(F doped SnO<sub>2</sub>), 및 이들의 합금과, 알루미늄(Al) 또는 스테인리스스틸의 표면에 카본(C), 니켈(Ni), 티타늄(Ti) 또는 은(Ag)을 표면 처리한 것 등을 사용할 수 있으나, 반드시 이에 한정되는 것은 아니다. 양극 집전체의 형태는 호일, 필름, 시트, 펀칭된 것, 다공질체, 발포체 등의 형태일 수 있다.
- [50] 마지막으로, 본 발명에 따른 리튬 이차전지에 대하여 설명한다. 상기 리튬 이차전지는, 이상에서 설명한 리튬 이차전지용 양극, 음극, 이들의 사이에 개재되는 분리막 및 불소계 에테르 화합물을 포함하는 제1 용매, 글라임계 화합물을 포함하는 제2 용매 및 리튬염을 포함하는 전해질을 포함한다. 그리고, 상기 리튬 이차전지용 양극에 황이 포함되는 경우, 상기 리튬 이차전지는 리튬-황 전지이다.
- [51] 본 발명의 리튬 이차전지는, SSE(sparingly solvating electrolyte)를 포함하고, 비표면적이 1,700 m<sup>2</sup>/g 이상이고 기공부피가 5 cm<sup>3</sup>/g 이상인 다공성 탄소재를 양극 활물질로 포함하는 것으로서, 황의 이용률이 이론 방전용량의 80 % 이상, 바람직하게는 85 % 이상을 활용할 수 있는 동시에, 약 400 Wh/kg 이상 또는 600 Wh/L 이상의 높은 에너지 밀도를 가진다.
- [52] 이하, 본 발명에 따른 리튬 이차전지의 전해질에 포함되는 불소계 에테르 화합물을 포함하는 제1 용매, 글라임계 화합물을 포함하는 제2 용매 및 리튬염 각각에 대하여 구체적으로 설명한다.
- [53] 상기 제1 용매는 불소계 에테르 화합물을 포함하는 전해질 용매로서, 폴리설파이드의 용해 및 용매 분해 억제 효과를 가짐에 따라, 전지의 쿨롱 효율(coulombic efficiency; C.E.) 등을 향상시켜 궁극적으로는 전지의 수명을 향상시키는 역할을 한다. 보다 구체적으로, 상기 불소계 에테르 화합물을 포함하는 제1 용매는, 불소 치환으로 인하여 알케인을 포함하는 일반적인 유기 용매에 비해 용매의 구조 안정성이 우수하여 안정성이 매우 높다. 이에 따라, 이를 리튬 이차전지의 전해액에 사용하면 전해액의 안정성을 크게 향상시킬 수 있으며, 그로 인하여, 리튬 이차전지의 수명 성능을 향상시킬 수 있다.
- [54] 상기 불소계 에테르 화합물의 예로는, 1,1,2,2-테트라플루오로에틸 2,2,3,3-테트라플루오로프로필에테르(1,1,2,2-tetrafluoroethyl 2,2,3,3-tetrafluoropropyl ether, TTE), 비스(플루오로메틸)에테르, 2-플루오로메틸에테르, 비스(2,2,2-트리플

루오로에틸)에테르, 프로필 1,1,2,2-테트라플루오로에틸에테르, 이소프로필 1,1,2,2-테트라플루오로에틸에테르, 1,1,2,2-테트라플루오로에틸이소부틸에테르, 1,1,2,3,3,3-헥사플루오로프로필에틸에테르, 1H,1H,2'H,3H-데카플루오로디프로필에테르 및 1H,1H,2'H-퍼플루오로디프로필에테르로 이루어진 군으로부터 선택되는 1종 이상의 하이드로플루오로 에테르계(HFE type) 화합물을 들 수 있다.

[55] 상기 제2 용매는, 글라임계 화합물을 포함하는(단, 불소는 포함하지 않는) 전해질 용매로서, 리튬염을 용해하여 전해액이 리튬 이온 전도도를 갖게 할뿐만 아니라, 양극 활물질인 황을 용출시켜 리튬과 전기화학적 반응을 원활하게 진행할 수 있도록 하는 역할을 한다.

[56] 상기 글라임계 화합물의 구체적인 예로는, 디메톡시에탄, 디에톡시에탄, 메톡시에톡시에탄, 디에틸렌글리콜 디메틸에테르, 디에틸렌글리콜 디에틸에테르, 디에틸렌글리콜 메틸에틸에테르, 트리에틸렌글리콜 디메틸에테르, 트리에틸렌글리콜 디에틸에테르, 트리에틸렌글리콜 메틸에틸에테르, 테트라에틸렌글리콜 디메틸에테르, 테트라에틸렌글리콜 디에틸에테르, 테트라에틸렌글리콜 메틸에틸에테르, 폴리에틸렌글리콜 디메틸에테르, 폴리에틸렌글리콜 디에틸에테르 및 폴리에틸렌글리콜 메틸에틸에테르로 이루어진 군으로부터 선택되는 1종 이상을 들 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니며, 이 중 디메톡시에탄의 사용이 바람직할 수 있다.

[57] 상기 리튬염은, 이온 전도성을 증가시키기 위하여 사용되는 전해질염으로서, 당업계에서 통상적으로 사용하는 것이라면 제한없이 사용될 수 있다. 상기 리튬염의 구체적인 예로는 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>, LiC<sub>4</sub>BO<sub>8</sub>, LiAsF<sub>6</sub>, LiSbF<sub>6</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, (C<sub>2</sub>F<sub>5</sub>SO<sub>2</sub>)<sub>2</sub>NLi, (SO<sub>2</sub>F)<sub>2</sub>NLi, (CF<sub>3</sub>SO<sub>2</sub>)<sub>3</sub>CLi, 클로로보란 리튬, 탄소수 4 이하의 저급 지방족 카르보산 리튬, 테트라 페닐 붕산 리튬 및 리튬 이미드로 이루어진 군으로부터 선택되는 1종 이상을 예시할 수 있다.

[58] 상기 리튬염의 농도는 이온 전도도 등을 고려하여 결정될 수 있으며, 예를 들어 0.1 내지 2 M, 바람직하게는 0.5 내지 1 M, 더욱 바람직하게는 0.5 내지 0.75 M일 수 있다. 상기 리튬염의 농도가 상기 범위 미만인 경우 전지 구동에 적합한 이온 전도도의 확보가 어려울 수 있고, 상기 범위를 초과하는 경우에는 전해질의 점도가 증가하여 리튬 이온의 이동성이 저하되거나, 리튬염 자체의 분해 반응이 증가하여 전지의 성능이 저하될 수 있다.

[59] 이상과 같은 제1 용매, 제2 용매 및 리튬염을 포함하는 전해질에 있어, 상기 리튬염, 제2 용매 및 제1 용매의 몰비는 1 : 0.5 ~ 3 : 4.1 ~ 15일 수 있다. 또한, 본 발명의 일 실시 형태로, 상기 리튬염, 제2 용매 및 제1 용매의 몰비는, 1 : 2 : 4 ~ 13 또는 1 : 3 : 3 ~ 10 또는 1 : 4 : 5 ~ 10일 수 있는 등, 본 발명의 리튬 이차전지에 포함되는 전해질에는, 불소계 에테르 화합물을 포함하는 제1 용매가, 글라임계 화합물을 포함하는 제2 용매에 비해 높은 함량비로 포함될 수 있다. 이와 같이, 불소계 에테르 화합물을 포함하는 제1 용매가 글라임계 화합물을 포함하는 제2 용매

에 비해 높은 함량비로 포함되는 경우, 폴리설파이드의 생성을 억제하여 황의 이론용량에 가까운 전지용량의 구현을 가능하게 하고, 전지 사용에 따른 전지 용량의 감소를 억제하는 측면에서 이점이 있으므로, 가급적 불소계 에테르 화합물을 포함하는 제1 용매가, 글라임계 화합물을 포함하는 제2 용매에 비해 높은 함량비로 포함되도록 하는 것이 바람직하다.

- [60] 본 발명의 리튬 이차전지에 포함되는 음극은 리튬계 금속이며, 리튬계 금속의 일 측에 음극 집전체를 더 포함할 수 있다. 상기 음극 집전체는 전지에 화학적 변화를 유발하지 않으면서 높은 도전성을 가지는 것이라면 특히 제한하지 않으며, 구리, 알루미늄, 스테인리스 스틸, 아연, 티타늄, 은, 팔라듐, 니켈, 철, 크롬, 이들의 합금 및 이들의 조합으로 이루어진 군으로부터 선택될 수 있다. 상기 스테인리스 스틸은 카본, 니켈, 티탄 또는 은으로 표면 처리될 수 있으며, 상기 합금으로는 알루미늄-카드뮴 합금을 사용할 수 있고, 그 외에도 소성 탄소, 도전체로 표면 처리된 비전도성 고분자 또는 전도성 고분자 등을 사용할 수도 있다. 일반적으로 음극 집전체로는 구리 박판을 적용한다.
- [61] 또한, 그 형태는 표면에 미세한 요철이 형성된/미형성된 필름, 시트, 호일, 네트, 다공질체, 발포체, 부직포체 등 다양한 형태가 사용될 수 있다. 또한, 상기 음극 집전체는 3 내지 50  $\mu\text{m}$ 의 두께 범위인 것을 적용한다. 상기 음극 집전체의 두께가 3  $\mu\text{m}$  미만이면 집전 효과가 떨어지며, 반면 두께가 50  $\mu\text{m}$ 를 초과하면 셀을 폴딩(folding)하여 조립하는 경우 가공성이 저하되는 문제점이 있다.
- [62] 상기 리튬계 금속은 리튬 또는 리튬 합금일 수 있다. 이때 리튬 합금은 리튬과 합금화가 가능한 원소를 포함하고, 구체적으로 리튬과 Si, Sn, C, Pt, Ir, Ni, Cu, Ti, Na, K, Rb, Cs, Fr, Be, Mg, Ca, Sr, Sb, Pb, In, Zn, Ba, Ra, Ge 및 Al로 이루어진 군으로부터 선택되는 1종 이상과의 합금일 수 있다.
- [63] 상기 리튬계 금속은 시트 또는 호일의 형태일 수 있으며, 경우에 따라 집전체 상에 리튬 또는 리튬 합금이 건식 공정에 의해 증착 또는 코팅된 형태이거나, 입자상의 금속 및 합금이 습식 공정 등에 의해 증착 또는 코팅된 형태일 수 있다.
- [64] 상기 양극과 음극의 사이에는 통상적인 분리막이 개재될 수 있다. 상기 분리막은 전극을 물리적으로 분리하는 기능을 갖는 물리적인 분리막으로서, 통상의 분리막으로 사용되는 것이라면 특별한 제한 없이 사용 가능하며, 특히 전해액의 이온 이동에 대하여 저 저항이면서 전해액 흡습 능력이 우수한 것이 바람직하다.
- [65] 또한, 상기 분리막은 양극과 음극을 서로 분리 또는 절연시키면서 양극과 음극 사이에 리튬 이온의 수송을 가능하게 한다. 이러한 분리막은 다공성이고 비전도성 또는 절연성인 물질로 이루어질 수 있다. 상기 분리막은 필름과 같은 독립적인 부재이거나, 또는 양극 및/또는 음극에 부가된 코팅층일 수 있다.
- [66] 상기 분리막으로 사용될 수 있는 폴리올레핀계 다공성 막의 예로는, 고밀도 폴리에틸렌, 선형 저밀도 폴리에틸렌, 저밀도 폴리에틸렌, 초고분자량 폴리에틸렌과 같은 폴리에틸렌, 폴리프로필렌, 폴리부틸렌, 폴리펜텐 등의 폴리올레핀계 고분자를 각각 단독으로 또는 이들을 혼합한 고분자로 형성한 막을 들 수

있다. 상기 분리막으로 사용될 수 있는 부직포의 예로는, 폴리페닐렌옥사이드(polyphenyleneoxide), 폴리이미드(polyimide), 폴리아미드(polyamide), 폴리카보네이트(polycarbonate), 폴리에틸렌테레프탈레이트(polyethyleneterephthalate), 폴리에틸렌나프탈레이트(polyethylenenaphthalate), 폴리부틸렌테레프탈레이트(polybutyleneterephthalate), 폴리페닐렌설파이드(polyphenylenesulfide), 폴리아세탈(polyacetal), 폴리에테르설폰(polyethersulfone), 폴리에테르에테르케톤(polyetheretherketone), 폴리에스테르(polyester) 등을 각각 단독으로 또는 이들을 혼합한 고분자로 형성한 부직포가 가능하며, 이러한 부직포는 다공성 웹(web)을 형성하는 섬유 형태로서, 장섬유로 구성된 스펠본드(spunbond) 또는 멜트블로운(meltblown) 형태를 포함한다.

- [67] 상기 분리막의 두께는 특별히 제한되지는 않으나, 1 내지 100  $\mu\text{m}$  범위가 바람직하며, 더욱 바람직하게는 5 내지 50  $\mu\text{m}$  범위이다. 상기 분리막의 두께가 1  $\mu\text{m}$  미만인 경우에는 기계적 물성을 유지할 수 없으며, 100  $\mu\text{m}$ 를 초과하는 경우에는 상기 분리막이 저항층으로 작용하게 되어 전지의 성능이 저하된다. 상기 분리막의 기공 크기 및 기공도는 특별히 제한되지는 않으나, 기공 크기는 0.1 내지 50  $\mu\text{m}$ 이고, 기공도는 10 내지 95 %인 것이 바람직하다. 상기 분리막의 기공 크기가 0.1  $\mu\text{m}$  미만이거나 기공도가 10 % 미만이면 분리막이 저항층으로 작용하게 되며, 기공 크기가 50  $\mu\text{m}$ 를 초과하거나 기공도가 95 %를 초과하는 경우에는 기계적 물성을 유지할 수 없다.
- [68] 이상과 같은 양극, 음극, 분리막 및 전해질을 포함하는 본 발명의 리튬 이차전지는, 양극을 음극과 대면시키고 그 사이에 분리막을 개재한 후, 전해액을 주입하는 공정을 통하여 제조될 수 있다.
- [69] 한편, 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 2개 이상의 리튬 이차전지가 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. 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. 다만, 본 발명의 리튬 이차전지는 도심 항공 운송수단(Urban Air Mobility, UAM)으로 이용되는 항공기용 배터리인 것이 바람직할 수 있다.

**발명의 실시를 위한 형태**

[70] 이하 본 발명의 이해를 돕기 위하여 바람직한 실시예를 제시하나, 하기 실시예는 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.

[71] [실시예 1] 다공성 탄소재의 제조

[72] 케첸 블랙 20 g을 유동층 반응기를 이용하여 퀴츠 튜브에 넣고 질소 가스를 주입하여 1분간 퍼징시킨 후, 900 °C의 온도로 CO<sub>2</sub> 가스를 주입하며 5시간 동안 활성화를 진행하였다.

[73] [비교예 1] 다공성 탄소재

[74] 상기 실시예 1에서 사용된 것과 동일한 케첸 블랙을 준비하였으며, 다만 활성화 처리는 하지 않았다.

[75] [실험예 1] 다공성 탄소재의 비표면적 및 기공부피 평가

[76] 상기 실시예 1 및 비교예 1의 다공성 탄소재 각각에 대해 비표면적과 기공부피를 측정하였으며, 그 결과를 하기 표 1에 나타내었다. 측정에는 기공도 분석장비(모델명: Belsorp-max, 제조사: Bel Japan)가 사용되었으며, 77K에서의 질소 흡착/탈착 등온선 등을 통해 비표면적 값과 기공부피 값을 도출하였다.

[77] [표1]

	BET 비표면적(m <sup>2</sup> /g)	기공부피(cm <sup>3</sup> /g)
실시예 1	1,771	7.0864
비교예 1	1,350	3.7219

[78] 도 1은 본 발명의 일 실시예 및 비교예에 따른 다공성 탄소재의 비표면적을 확인하는 데에 이용된 질소 흡착/탈착 등온선이고, 도 2는 본 발명의 일 실시예 및 비교예에 따른 다공성 탄소재의 기공 크기를 확인하는 데에 이용된 기공 크기 분포도(BJH plot, mesopore/macropore 분석)이며, 도 3은 본 발명의 일 실시예 및 비교예에 따른 다공성 탄소재의 기공 크기를 확인하는 데에 이용된 기공 크기 분포도(HK plot, micropore 분석)이다. 상기와 같이, 실시예 1 및 비교예 1의 다공성 탄소재 각각에 대해 비표면적 및 기공부피를 측정한 결과, 표 1에 나타낸 바, 그리고 도 1 내지 3에 도시된 바와 같이, 활성화 처리된 실시예 1의 다공성 탄소재는, 활성화 처리하지 않은 비교예 1의 다공성 탄소재에 비하여 비표면적 및 기공부피 모두 크게 증대된 것을 확인할 수 있었다.

[79] [실험예 2] 다공성 탄소재의 탭 밀도(Tap density) 측정

[80] 상기 실시예 1 및 비교예 1의 다공성 탄소재 각각에 대해 탭 밀도(Tap density)를 측정하였으며, 그 결과를 하기 표 2에 나타내었다. 측정에는 탭 밀도 측정기(모델명: KYT-5000K, 제조사: SEISHIN)가 사용되었으며, 이를 이용하여 100 ml 샘플 1,000회 탭핑(tapping)한 결과를 아래에 나타낸 것이다.

[81] [표2]

	Tap density (g/cc)
--	--------------------

실시예 1	0.044
비교예 1	0.062

- [82] 상기와 같이, 실시예 1 및 비교예 1의 다공성 탄소재 각각에 대해 탭 밀도를 측정한 결과, 표 2에 나타낸 바와 같이, 활성화 처리된 실시예 1의 다공성 탄소재는, 활성화 처리하지 않은 비교예 1의 다공성 탄소재에 비하여 낮은 탭 밀도를 나타내었다. 따라서, 이를 통해서도 탄소재를 활성화 처리하는 경우의 이점을 확인할 수 있다.
- [83] [실시예 2, 비교예 2] 황-탄소 복합체의 제조
- [84] 상기 실시예 1 및 비교예 1의 다공성 탄소재 각각에 황이 담지되도록, 황과 다공성 탄소재를 70 : 30의 중량비로 혼합한 후 가열하여 황-탄소 복합체를 제조하였다.
- [85] [비교예 3] 황-탄소 복합체의 제조
- [86] 상기 비교예 1의 다공성 탄소재에 황이 담지되도록, 황과 다공성 탄소재를 60 : 40의 중량비로 혼합한 후 가열하여 황-탄소 복합체를 제조하였다.
- [87] [실험예 2] 황-탄소 복합체에 대한 열 중량 분석(TGA)
- [88] 상기 실시예 2, 비교예 2 및 비교예 3에서 제조된 황-탄소 복합체 각각에 대하여 열 중량 분석(10 °C/min 승온조건(20°C~900°C), Air 분위기)을 실시하였으며, 각각의 질량 변화를 관찰한 결과를 도 4에 도시하였다. 한편, 열 중량 분석에는 열 중량 분석기(제조사: Mettler Toledo)가 사용되었다.
- [89] 도 4는 본 발명의 일 실시예 및 비교예에 따른 황-탄소 복합체의 열 중량 분석(TGA) 그래프이다. 상기 실시예 2, 비교예 2 및 비교예 3에서 제조된 황-탄소 복합체 각각에 대하여 열 중량 분석을 실시한 결과, 도 4에 도시된 바와 같이, 상기 실시예 2는 탄소재 기공 내부로의 황 담지로 인해, 상기 비교예 2 및 비교예 3에 비하여 상대적으로 더 높은 온도에서 황의 휘발이 일어나는 것을 확인할 수 있었다. 이를 통해, 탄소재를 활성화 처리하면 황 담지 효율이 증가함을 알 수 있다.
- [90] [실시예 3] 리튬 이차전지의 제조
- [91] 양극 제조
- [92] 양극 활물질로 상기 실시예 2에서 제조된 황-탄소 복합체 90 중량부(황 단독 함량은 양극 총 중량에 대해 63 중량%), 도전재로 덴카블랙 5 중량부, 바인더로 스티렌 부타디엔 고무/카르복시메틸 셀룰로오스(SBR : CMC = 7 : 3) 5 중량부를 혼합하여 양극 슬러리 조성물을 제조한 후, 상기 제조된 슬러리 조성물을 집전체(Al Foil) 상에 코팅하고 50 °C에서 12 시간 동안 건조하고 롤프레스(roll press) 기기로 압착하여 양극을 제조하였다(이때, 황의 로딩량은 3.0 mAh/cm<sup>2</sup>로 하였다).
- [93] 전해질 제조
- [94] 먼저, LiTFSI(농도: 0.65 M), 디메톡시에탄(제2 용매) 및 1,1,2,2-테트라플루오로에틸 2,2,3,3-테트라플루오로프로필에테르(TTE, 제1 용매)를 상온 하에서 1 : 2 : 9의 몰비로 혼합하여 전해질(SSE)을 제조하였다.

[95] 리튬 이차전지 제조

[96] 상기 제조된 양극과 150  $\mu\text{m}$  두께의 리튬 금속 음극을 대면하도록 위치시키고, 그 사이에 폴리에틸렌(PE) 분리막을 개재한 후, 상기 제조된 전해질(SSE)을 주입하여 코인 셀 타입의 리튬 이차전지를 제조하였다. 한편, 상기 전지의 제조에 있어서, 상기 양극은 14phi 원형 전극으로 타발하여 사용하였으며, 상기 폴리에틸렌 분리막은 19phi로, 상기 리튬 금속은 16phi로 타발하여 사용하였다.

[97] [비교예 4] 리튬 이차전지의 제조

[98] 상기 실시예 2에서 제조된 황-탄소 복합체를 상기 비교예 2에서 제조된 황-탄소 복합체로 변경한 것을 제외하고는, 상기 실시예 3과 동일하게 수행하여 코인 셀 타입의 리튬 이차전지를 제조하였다(황 단독 함량은 양극 총 중량에 대해 63 중량%).

[99] [비교예 5] 리튬 이차전지의 제조

[100] 상기 실시예 2에서 제조된 황-탄소 복합체를 상기 비교예 3에서 제조된 황-탄소 복합체로 변경한 것을 제외하고는, 상기 실시예 3과 동일하게 수행하여 코인 셀 타입의 리튬 이차전지를 제조하였다(황 단독 함량은 양극 총 중량에 대해 54 중량%).

[101] [실험예 3] 리튬 이차전지의 방전용량 및 수명특성 평가

[102] 상기 실시예 3, 비교예 4 및 비교예 5에서 제조된 리튬 이차전지를 0.1C 충전/0.1C 방전을 3회 진행 후 0.2C 충전/0.3C 방전시키며 전지의 방전용량 및 수명특성을 평가하였으며, 방전용량 평가 결과를 하기 표 3에 나타내었다. 이때, 사용된 전압(Voltage) 범위는 1.2 ~ 3.6 V로, 평가 온도는 상온으로 하였다. 도 5는 본 발명의 일 실시예 및 비교예에 따른 리튬 이차전지의 방전용량을 보여주는 그래프이고, 도 6은 본 발명의 일 실시예 및 비교예에 따른 리튬 이차전지의 방전용량과 수명특성을 보여주는 그래프이다.

[103] [표3]

	양극 총 중량 기준 황의 함량(wt%)	0.1C 3번째 방전용량(mAh/g <sub>sulfur</sub> )
실시예 3	63	1,439
비교예 4	63	1,220
비교예 5	54	1,272

[104] 상기 실시예 3, 비교예 4 및 비교예 5에서 제조된 리튬 이차전지의 방전용량 및 수명을 측정한 결과, SSE 전해질을 적용하는 동시에 비표면적이 1,700  $\text{m}^2/\text{g}$  이상이고 기공부피가 5  $\text{cm}^3/\text{g}$  이상인 탄소재를 황-탄소 복합체에 포함시킨 실시예 3의 전지는, 상기 표 3에 나타낸 바, 그리고 도 5 및 6에 도시된 바와 같이, 황의 함량이 양극 총 중량 기준 63%로 높음에도 방전용량이 이론 용량의 80% 이상 발현되었고, 수명특성 또한 높음을 확인할 수 있었다.

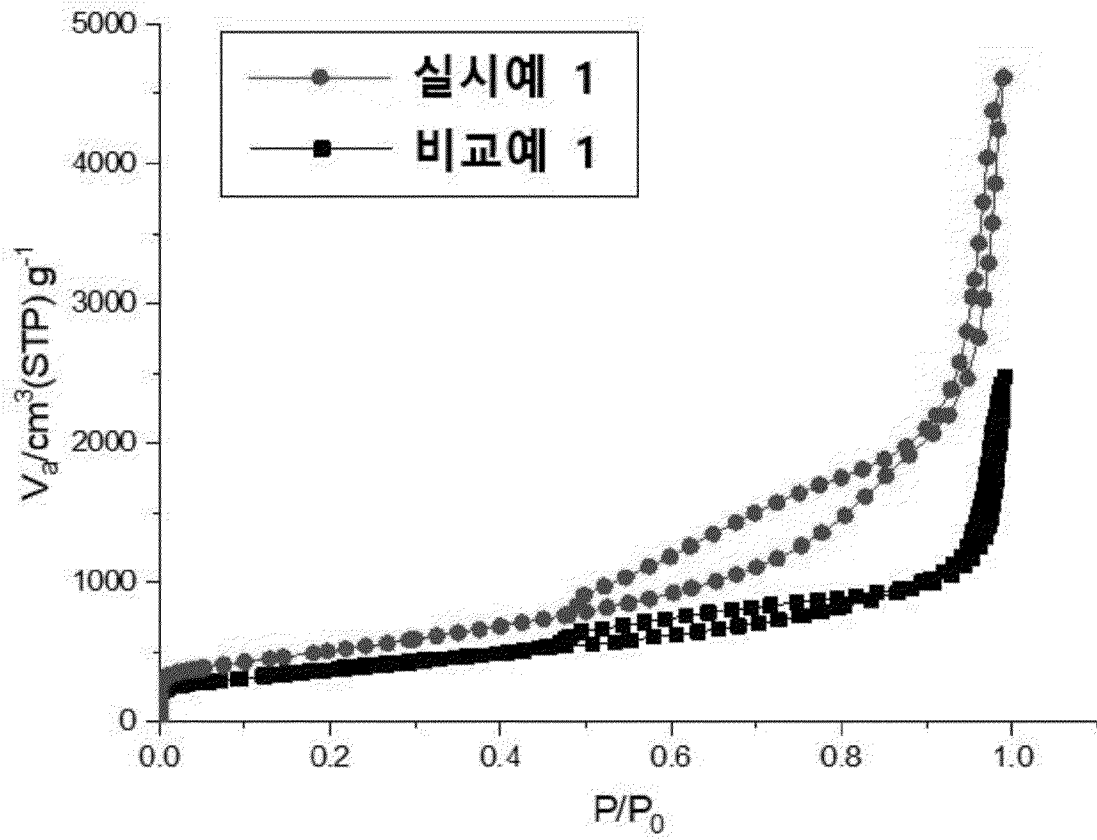
[105] 반면, SSE 전해질을 적용하기는 하였지만 비표면적이  $1,700 \text{ m}^2/\text{g}$  미만이고 기공부피가  $5 \text{ cm}^3/\text{g}$  미만인 탄소재를 황-탄소 복합체에 포함시킨 비교예 4 및 5의 전지는, 상기 표 3에 나타낸 바, 그리고 도 5 및 6에 도시된 바와 같이, 방전용량 및 수명특성 모두 상기 실시예 3에 비하여 열위에 있음을 확인할 수 있었다. 특히, 비교예 4의 경우, 실시예 3과 동일하게 황의 함량이 양극 총 중량 기준 63%로 높았지만, 오히려 높은 황 함량이 좋지 않은 영향을 미쳐 셀의 과전압이 크게 걸렸고, 이로 인해 방전용량 및 공칭전압(nominal voltage)이 감소하고 수명특성 또한 감소한 것을 확인할 수 있었다.

## 청구범위

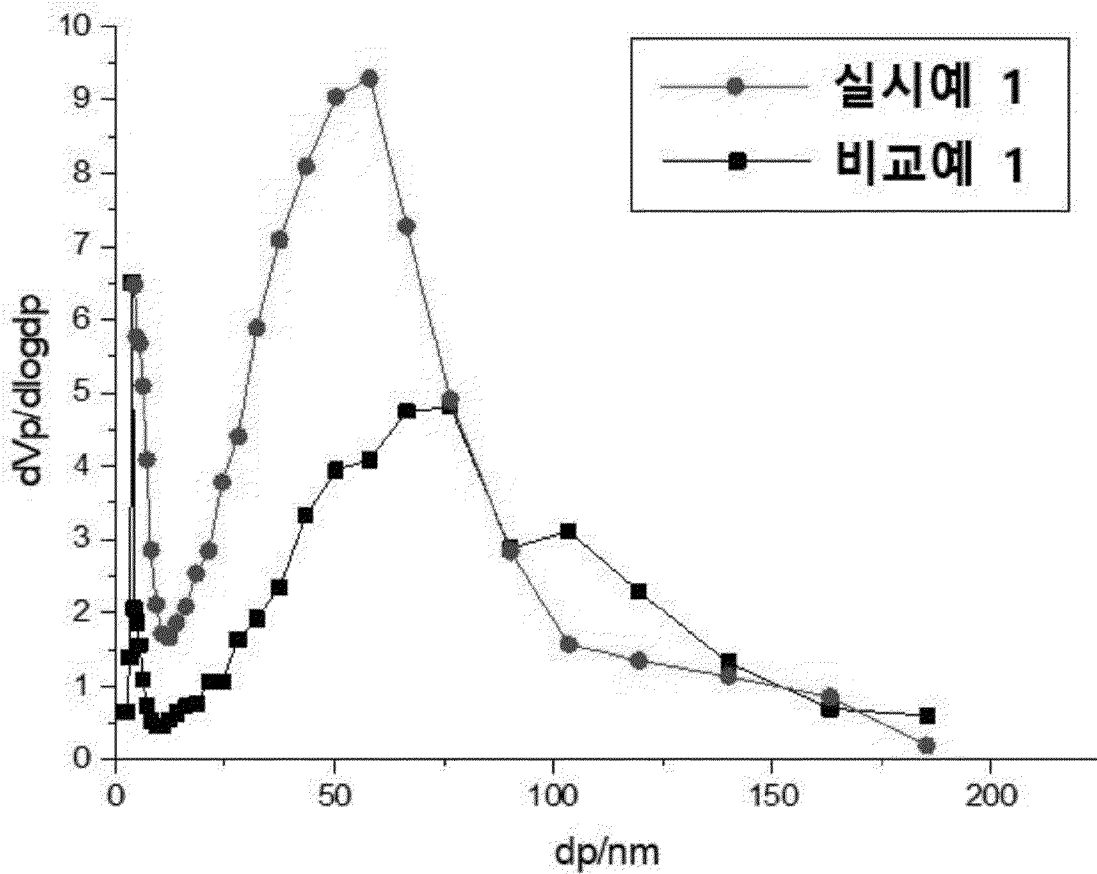
- [청구항 1] 비표면적이  $1,700 \text{ m}^2/\text{g}$  이상이고, 기공부피가  $5 \text{ cm}^3/\text{g}$  이상인 다공성 탄소재.
- [청구항 2] 청구항 1에 있어서, 상기 다공성 탄소재의 기공부피가  $7 \text{ cm}^3/\text{g}$  이상인 것을 특징으로 하는, 다공성 탄소재.
- [청구항 3] 청구항 1에 있어서, 상기 다공성 탄소재는 탄소나노튜브; 그래핀 (multilayer graphene flake, MGF); 그래파이트; 카본 블랙, 아세틸렌 블랙, 케첸 블랙, 덴카 블랙, 씨멀 블랙, 채널 블랙, 퍼네이스 블랙 및 램프 블랙으로 이루어진 군으로부터 선택되는 카본 블랙; 탄소 섬유; 및 이들 중 2종 이상이 포함된 혼합물;로 이루어진 군으로부터 선택되는 것을 특징으로 하는, 다공성 탄소재.
- [청구항 4] 청구항 3에 있어서, 상기 다공성 탄소재는 케첸 블랙인 것을 특징으로 하는, 다공성 탄소재.
- [청구항 5] 청구항 1에 있어서, 상기 다공성 탄소재는 활성화(activation) 처리된 것을 특징으로 하는, 다공성 탄소재.
- [청구항 6] 청구항 1에 있어서, 상기 다공성 탄소재는, 불소계 에테르 화합물을 포함하는 제1 용매, 글라임계 화합물을 포함하는 제2 용매 및 리튬염을 포함하는 전해질을 포함하는 리튬 이차전지의 양극 활물질용인 것을 특징으로 하는, 다공성 탄소재.
- [청구항 7] 청구항 1의 다공성 탄소재를 제조하는 방법으로, 탄소재를 가스 활성화제로 물리적 활성화(physical activation)시키거나, 약품 활성화제로 화학적 활성화(chemical activation)시키는 단계를 포함하는 다공성 탄소재의 제조방법.
- [청구항 8] 청구항 7에 있어서, 상기 활성화되기 이전의 탄소재가 가스 또는 약품과 반응하여 고체상의 탄소가 가스화되면서 탄소재에 미세 기공이 형성되는 것을 특징으로 하는, 다공성 탄소재의 제조방법.
- [청구항 9] 청구항 7에 있어서, 상기 물리적 활성화 또는 화학적 활성화 중에는 탄화 공정이 수행되지 않는 것을 특징으로 하는, 다공성 탄소재의 제조방법.
- [청구항 10] 청구항 7에 있어서, 상기 물리적 활성화 또는 화학적 활성화 이전이나 이후에는 탄화 공정이 수행되지 않는 것을 특징으로 하는, 다공성 탄소재의 제조방법.
- [청구항 11] 청구항 7에 있어서, 상기 가스 활성화제는 수증기, 일산화탄소, 이산화탄소 및 산소로 이루어진 군으로부터 선택되고, 상기 가스 활성화제를 이용한 물리적 활성화는  $500$  내지  $1,000 \text{ }^\circ\text{C}$ 의 온도에서  $1$  내지  $10$  시간 동안 수행되는 것을 특징으로 하는, 다공성 탄소재의 제조방법.
- [청구항 12] 청구항 7에 있어서, 상기 약품 활성화제는 KOH,  $\text{K}_2\text{CO}_3$ , NaOH,  $\text{Na}_2\text{CO}_3$ ,  $\text{AlCl}_3$ ,  $\text{MgCl}_3$  및  $\text{H}_3\text{PO}_4$ 로 이루어진 군으로부터 선택되고, 상기 약품 활성화

- 화제를 이용한 화학적 활성화는 400 내지 1,000 °C의 온도에서 1 내지 10 시간 동안 수행되는 것을 특징으로 하는, 다공성 탄소재의 제조방법.
- [청구항 13] 청구항 7에 있어서, 상기 활성화되기 이전의 탄소재와 약품 활성화제의 침적 비율은 중량비로서 1:8 내지 1:1인 것을 특징으로 하는, 다공성 탄소재의 제조방법.
- [청구항 14] 청구항 1의 다공성 탄소재에 황이 담지된 황-탄소 복합체를 양극 활물질로 포함하는 리튬 이차전지용 양극.
- [청구항 15] 청구항 14의 리튬 이차전지용 양극; 음극; 이들의 사이에 개재되는 분리막; 및 불소계 에테르 화합물을 포함하는 제1 용매, 글라임계 화합물을 포함하는 제2 용매 및 리튬염을 포함하는 전해질;을 포함하는 리튬 이차전지.
- [청구항 16] 청구항 15에 있어서, 상기 양극에 포함된 황은 양극 총 중량에 대해 60 내지 90 중량%의 함량으로 포함되는 것을 특징으로 하는, 리튬 이차전지.
- [청구항 17] 청구항 15에 있어서, 상기 양극에 포함된 황의 이용률이 이론 방전용량의 80 % 이상인 것을 특징으로 하는, 리튬 이차전지.

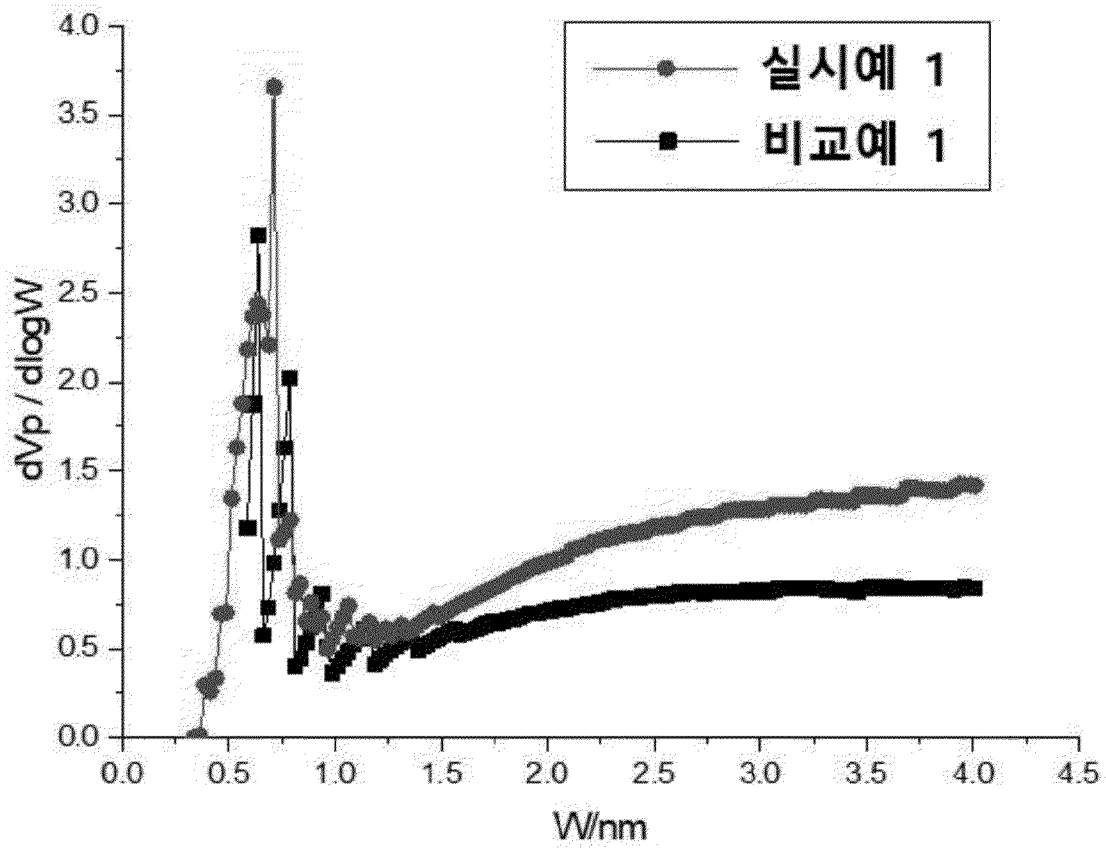
[도1]



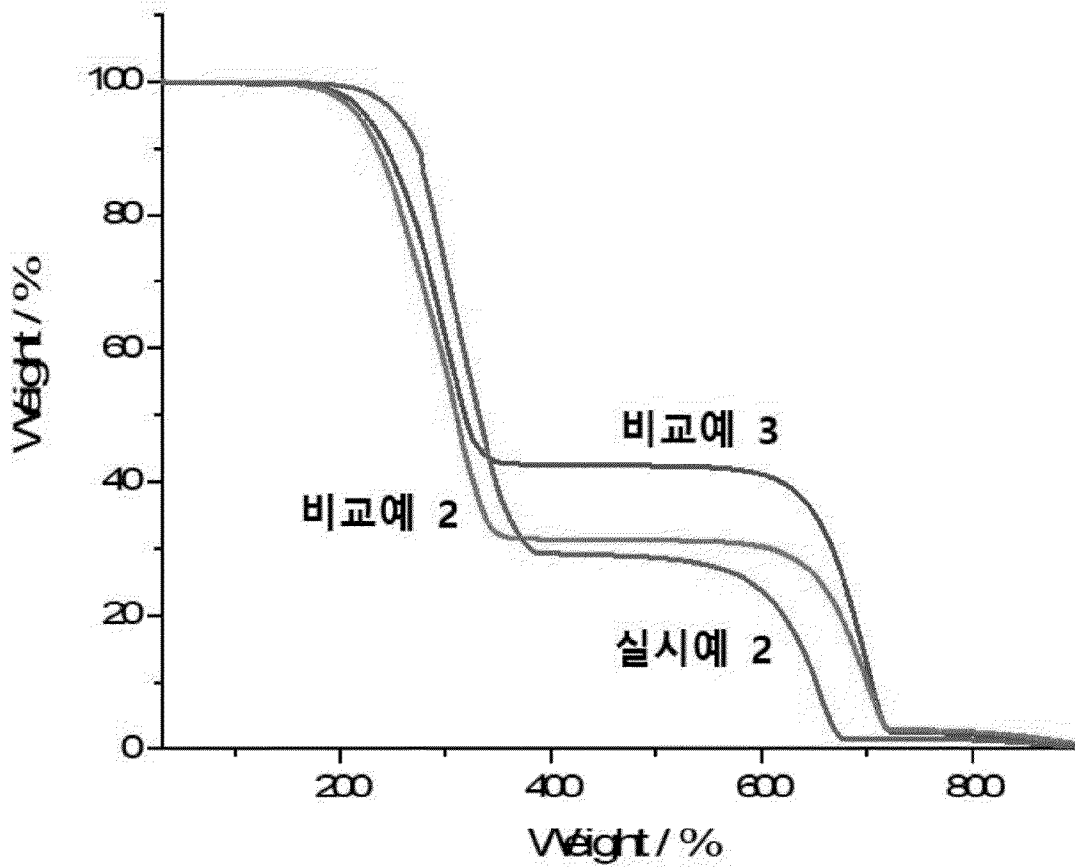
[도2]



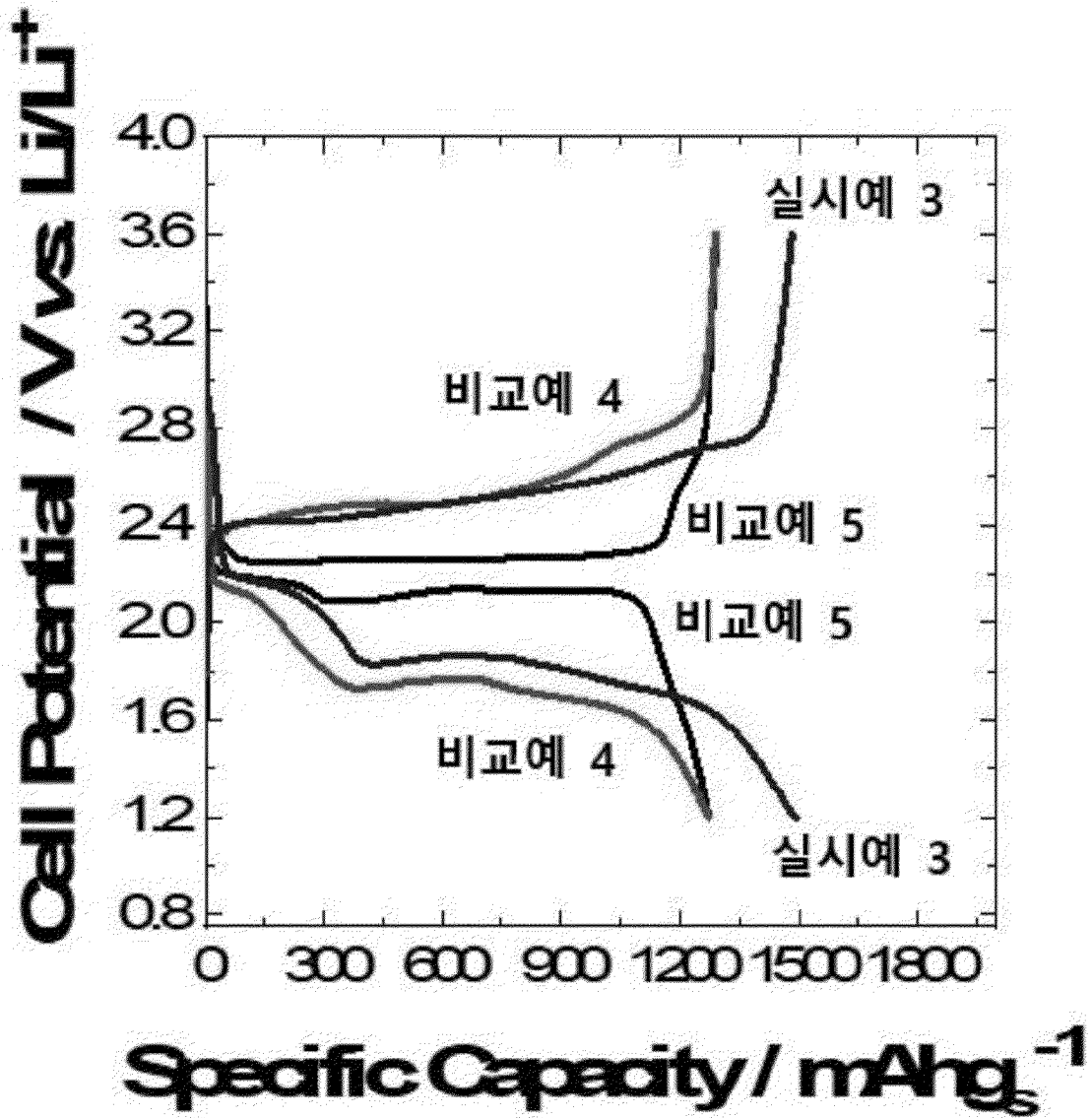
[도3]



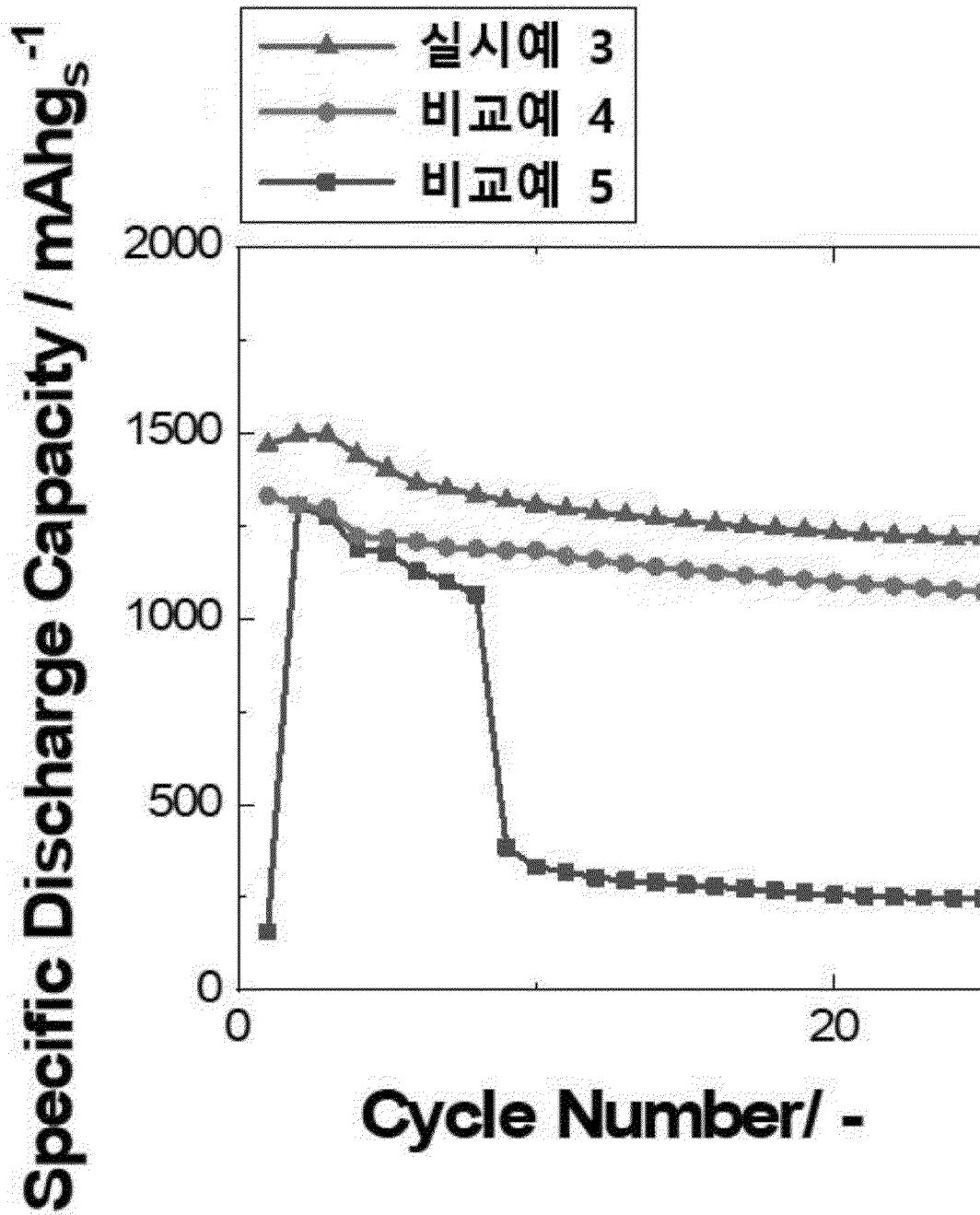
[도4]



[도5]



[도6]



## INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

**PCT/KR2023/020616**

<b>A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER</b>		
<b>C01B 32/312(2017.01)i; C01B 32/336(2017.01)i; H01M 4/583(2010.01)i; H01M 4/58(2010.01)i; H01M 10/0525(2010.01)i; H01M 4/02(2006.01)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) C01B 32/312(2017.01); C01B 32/16(2017.01); C01B 32/178(2017.01); H01M 4/58(2010.01); H01M 4/587(2010.01); H01M 4/62(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: 다공성 (porosity), 탄소재 (carbon material), 활성화 (activation), 비표면적 (specific surface area), 기공부피 (pore volume), 케첸 블랙 (ketjen black), 양극 (cathode), 리튬 이차전지 (lithium secondary battery)		
<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 10-2019-0098401 A (LG CHEM, LTD.) 22 August 2019 (2019-08-22) See paragraphs [0002]-[0074]; and claims 1-9.	1-5,7-11,14
Y		6,12-13,15-17
Y	KR 10-2020-0060258 A (LG CHEM, LTD.) 29 May 2020 (2020-05-29) See paragraph [0023]; and claim 8.	6,15-17
Y	KR 10-2019-0073710 A (TOKAI CARBON KOREA CO., LTD.) 27 June 2019 (2019-06-27) See paragraphs [0042]-[0079]; and claims 3-4.	12-13
A	KR 10-2017-0079718 A (INSTITUTE FOR BASIC SCIENCE et al.) 10 July 2017 (2017-07-10) See entire document.	1-17
A	CN 103236542 A (ZHEJIANG UNIVERSITY) 07 August 2013 (2013-08-07) See entire document.	1-17
<input 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>21 March 2024</b>		Date of mailing of the international search report <b>22 March 2024</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**  
**Information on patent family members**

International application No. <b>PCT/KR2023/020616</b>
---

Patent document cited in search report	Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)	Publication date (day/month/year)
KR 10-2019-0098401 A	22 August 2019	KR 10-2448075 B1	26 September 2022
KR 10-2020-0060258 A	29 May 2020	None	
KR 10-2019-0073710 A	27 June 2019	KR 10-2040379 B1	05 November 2019
KR 10-2017-0079718 A	10 July 2017	KR 10-1799359 B1	22 November 2017
CN 103236542 A	07 August 2013	None	

<b>A. 발명이 속하는 기술분류(국제특허분류(IPC))</b> <b>C01B 32/312(2017.01)i; C01B 32/336(2017.01)i; H01M 4/583(2010.01)i; H01M 4/58(2010.01)i; H01M 10/0525(2010.01)i; H01M 4/02(2006.01)i</b>		
<b>B. 조사된 분야</b> 조사된 최소문헌(국제특허분류를 기재) C01B 32/312(2017.01); C01B 32/16(2017.01); C01B 32/178(2017.01); H01M 4/58(2010.01); H01M 4/587(2010.01); H01M 4/62(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: 다공성(porosity), 탄소재(carbon material), 활성화(activation), 비표면적(specific surface area), 기공부피(pore volume), 케첸 블랙(ketjen black), 양극(cathode), 리튬 이차전지(lithium secondary battery)		
<b>C. 관련 문헌</b>		
카테고리*	인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재	관련 청구항
X Y	KR 10-2019-0098401 A (주식회사 엔지화학) 2019.08.22 단락 [0002]-[0074]; 청구항 1-9	1-5,7-11,14 6,12-13,15-17
Y	KR 10-2020-0060258 A (주식회사 엔지화학) 2020.05.29 단락 [0023]; 청구항 8	6,15-17
Y	KR 10-2019-0073710 A (주식회사 티씨케이) 2019.06.27 단락 [0042]-[0079]; 청구항 3-4	12-13
A	KR 10-2017-0079718 A (기초과학연구원 등) 2017.07.10 전체문헌	1-17
A	CN 103236542 A (ZHEJIANG UNIVERSITY) 2013.08.07 전체문헌	1-17
<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	
2024년03월21일 (21.03.2024)	2024년03월22일 (22.03.2024)	
ISA/KR의 명칭 및 우편주소	심사관	
대한민국 특허청 (35208) 대전광역시 서구 청사로 189, 4동 (둔산동, 정부대전청사) 팩스 번호 +82-42-481-8578	허주형 전화번호 +82-42-481-5373	

국제조사보고서에서 인용된 특허문헌	공개일	대응특허문헌	공개일
KR 10-2019-0098401 A	2019/08/22	KR 10-2448075 B1	2022/09/26
KR 10-2020-0060258 A	2020/05/29	없음	
KR 10-2019-0073710 A	2019/06/27	KR 10-2040379 B1	2019/11/05
KR 10-2017-0079718 A	2017/07/10	KR 10-1799359 B1	2017/11/22
CN 103236542 A	2013/08/07	없음	