

(12) 특허협력조약에 의하여 공개된 국제출원

(19) 세계지식재산권기구
국제사무국

(43) 국제공개일

2025 년 7 월 10 일 (10.07.2025)



WIPO | PCT



(10) 국제공개번호

WO 2025/146862 A1

(51) 국제특허분류:

C02F 1/469 (2006.01)

C02F 1/461 (2006.01)

(21) 국제출원번호:

PCT/KR2024/001500

(22) 국제출원일:

2024 년 2 월 1 일 (01.02.2024)

(25) 출원언어:

한국어

(26) 공개언어:

한국어

(30) 우선권정보:

10-2024-0001810 2024 년 1 월 4 일 (04.01.2024) KR

(71) 출원인: 삼성전자주식회사 (SAMSUNG ELECTRONICS CO., LTD.) [KR/KR]; 16677 경기도 수원시 영통구 삼성로 129 (KR). 고려대학교 산학협력단 (KOREA UNIVERSITY RESEARCH AND BUSINESS FOUNDATION) [KR/KR]; 02841 서울특별시 성북구 안암로 145 (KR).

(72) 발명자: 김성원 (KIM, Sungwon); 16677 경기도 수원시 영통구 삼성로 129 (KR). 윤영수 (YUN, Youngsoo); 06509 서울특별시 서초구 반포대로 310-6, 101-2805 (KR). 김지연 (KIM, Jeeyeon); 16677 경기도 수원시 영통구 삼성로 129 (KR). 박희진 (PARK, Heejin); 16677 경기도 수원시 영통구 삼성로 129 (KR). 정원지 (JUNG, Wonji); 16677 경기도 수원시 영통구 삼성로 129 (KR). 홍성필 (HONG, Sungpil); 16677 경기도 수원시 영통구 삼성로 129 (KR). 이은지 (LEE, Eunji); 02853 서울특별시 성북구 고려대로 44, 503 (KR). 김찬열 (KIM, Chanyeol); 02858 서울특별시 성북구 고려대로 12길 58, B-503 (KR). 현종찬 (HYUN, Jongchan); 11461 경기도 양주시 덕계로 100, 1707-1601 (KR).

(74) 대리인: 특허법인 세림 (SELIM INTELLECTUAL PROPERTY LAW FIRM); 06729 서울특별시 서초구 강남대로 285 태우빌딩 10층,11층 (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.

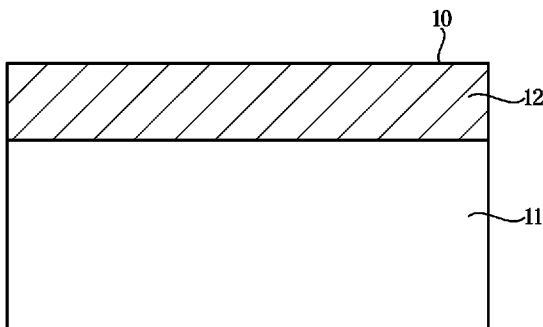
(84) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 역내 권리의 보호를 위하여): ARIPO (BW, CV, GH, GM, KE, LR, LS, MW, MZ, NA, RW, SC, SD, SL, ST, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 유라시아 (AM, AZ, BY, KG, KZ, RU, TJ, TM), 유럽 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, ME, MK, MT, NL, NO, PL, 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))

(54) Title: CAPACITIVE DEIONIZATION ELECTRODE AND CAPACITIVE DEIONIZATION MODULE INCLUDING SAME

(54) 발명의 명칭: 축전식 탈염 전극 및 이를 포함하는 축전식 탈염 모듈



(57) Abstract: This capacitive deionization (CDI) electrode comprises a current collector and an active material layer formed on one surface of the current collector, the active material layer comprising: a binder; and an activated carbon composite in which crystalline carbon is formed on the surface of activated carbon, wherein the specific surface area of the activated carbon exceeds 2000 m²/g and the volume of pores having a diameter of 2-5 nm in the activated carbon is at least 70 percent.

(57) 요약서: 축전식 탈염(capacitive deionization, CDI) 전극 은, 집전체 및 상기 집전체의 일면 상에 형성된 활물질층을 포함하고, 상기 활물질층은 바인더, 및 비표면적이 2000m²/g 를 초과하고, 직경이 2~5nm인 기공의 체적이 70% 이상인 활성탄 표면에 결정성 탄소가 형성된 활성탄 복합체를 포함할 수 있다.

WO 2025/146862 A1

명세서

발명의 명칭: 축전식 탈염 전극 및 이를 포함하는 축전식 탈염 모듈 기술분야

[1] 본 발명은 축전식 탈염 전극 및 이를 포함하는 축전식 탈염 모듈에 관한 것이다.

배경기술

[2] 축전식 탈염(capacitive deionization, CDI) 공정은 전기이중층(electric double layer)에 기초하여 탄소 전극을 사용하여 전기적으로 이온을 흡착시키는 것으로, 두 개의 다공성 탄소 전극에 전압을 걸어주고 그 사이로 이온이 함유된 물을 흘려주면 양이온은 음극에 음이온은 양극에 흡착되어 이온을 제거하는 원리이다.

[3] 축전식 탈염 공정에 사용하는 전극으로는 다공성 탄소 전극이 유리하다. 다공성 탄소전극은 넓은 표면적을 가지고 반응성이 적기 때문에 다양한 용도로 사용되고 있다. 특히, 다공성 탄소재료 중 활성탄(activated carbon)은 우수한 세공 용적, 높은 비표면적, 높은 탈흡착 성능과 오랜 수명을 가진다.

[4] 축전식 탈염 공정에서 주된 메카니즘은 이온들과 전극 사이의 정전기적 인력 때문에 발생하는 전기이중층에서의 흡착이라 할 수 있다. 상기 축전식 탈염 시스템은 전기이중층의 원리를 이용하는데, 다공성 활성탄으로 전극을 제조하였을 때 다양한 이온을 포함한 용액에서 생기는 이온의 제거효율을 향상시킬 수 있도록 다공성 활성탄에 대한 개선이 요구된다.

발명의 상세한 설명

기술적 과제

[5] 본 개시의 일 측면은 비표면적이 $2000\text{m}^2/\text{g}$ 를 초과하고, 직경 $2\sim 5\text{nm}$ 인 기공의 체적이 70% 이상인 활성탄을 이용하여 2가 이온의 탈착 및 흡착 효율을 증가시켜 용액에서의 2가 이온 제거효율이 우수하며, 활성탄 표면의 결함을 기핵 자리로 이용하여 결정성 탄소를 형성함으로써 축전식 탈염 전극의 전기전도도를 향상시킨 축전식 탈염 전극 및 이를 포함하는 축전식 탈염 모듈을 제공한다.

[6] 본 문서에서 이루고자 하는 기술적 과제는 이상에서 언급한 기술적 과제로 제한하지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 기술적 과제들은 아래의 기재로부터 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제 해결 수단

[7] 본 개시의 일 실시예에 따른 축전식 탈염(capacitive deionization, CDI) 전극은 집전체, 및 상기 집전체의 일면 상에 형성된 활물질층을 포함하고, 상기 활물질층은 바인더, 및 비표면적이 $2000\text{m}^2/\text{g}$ 를 초과하고, 직경이 $2\sim 5\text{nm}$ 인 기공의 체적이 70% 이상인 활성탄 표면에 결정성 탄소가 형성된 활성탄 복합체를 포함할 수 있다.

- [8] 또한 상기 활성탄은 표면에 결함(defect) 자리(sites)를 포함하고, 상기 활성탄의 결함 자리에 선택적으로 결정성 탄소를 포함할 수 있다.
- [9] 또한 상기 결정성 탄소는 sp^2 결합을 기초로 하는 탄소 동소체를 포함할 수 있다.
- [10] 또한 상기 결정성 탄소는 상기 활성탄 중량 대비 1~70중량%로 포함될 수 있다.
- [11] 또한 상기 바인더는 SBR(styrene butadiene rubber), CMC(carboxy methyl cellulose), PTFE(polytetrafluoroethylene) PDVF(polyvinylidene fluoride), PDMS(polydimethylsiloxane), PVA(polyvinyl alcohol), PVB(polyvinyl butyral) 또는 PAA(poly(acrylic acid)) 중 하나 이상을 포함할 수 있다.
- [12] 또한 상기 활성탄 복합체는 상기 활물질층에 1~20중량%로 포함될 수 있다.
- [13] 또한 상기 활물질층은 비표면적이 $2000\text{m}^2/\text{g}$ 를 초과하고, 직경이 2~5nm인 기공의 체적이 70% 이상인 활성탄을 더 포함하고, 상기 활성탄은 활물질층에 60~96중량%로 포함될 수 있다.
- [14] 또한 상기 활물질층은 두께가 100~400 μm 일 수 있다.
- [15] 본 개시의 일 실시예에 따른 축전식 탈염 전극의 제조방법은, 비표면적이 $2000\text{m}^2/\text{g}$ 를 초과하고, 직경이 2~5nm인 기공의 체적이 70% 이상인 활성탄 표면에 결정성 탄소가 형성된 활성탄 복합체, 비표면적이 $2000\text{m}^2/\text{g}$ 를 초과하고, 2~5nm의 직경을 갖는 기공의 체적이 70% 이상인 활성탄, 바인더, 및 용매를 포함하는 전극 슬러리를 제조하는 것, 상기 전극슬러리를 집전체 상에 코팅하여 활물질층을 형성하는 것, 및 상기 활물질층으로부터 용매를 제거하는 것,을 포함할 수 있다.
- [16] 또한 상기 활성탄 복합체는 활성탄에 탄화수소 가스를 화학기상증착(chemical vapor deposition, CVD)하여 활성탄 표면에 형성되는 결정성 탄소를 포함할 수 있다.
- [17] 또한 상기 탄화수소 가스는 폴리프로필렌(polypropylene), 폴리에틸렌(polyethylene) 또는 이들의 혼합물 중 하나를 포함할 수 있다.
- [18] 또한 상기 탄화수소 가스는 플라스틱 전구체 열분해 시 발생하는 탄화수소 가스를 포함할 수 있다.
- [19] 또한 상기 플라스틱 전구체는 상용 플라스틱 또는 폐플라스틱을 포함할 수 있다.
- [20] 또한 상기 플라스틱 전구체 열분해 시 발생하는 탄화수소 가스는 폴리프로필렌(polypropylene), 폴리에틸렌(polyethylene), 폴리스티렌(polystyrene), 폴리에틸렌 테레프탈레이트(polyethylene terephthalate), 폴리비닐 클로라이드(Polyvinyl chloride), 폴리우레탄(polyurethane) 또는 이들의 혼합물 중 하나를 포함할 수 있다.
- [21] 또한 상기 폴리에틸렌은 고밀도 폴리에틸렌(high density polyethylene, HDPE), 저밀도 폴리에틸렌 폴리에틸렌(low density polyethylene, LDPE) 또는 선형 저밀도 폴리에틸렌(linear low density polyethylene, LLDPE) 중 하나를 포함할 수 있다.

[22] 또한 상기 화학기상증착은 500~1500°C의 온도에서, 1~10°C/min의 승온속도로, 0.5~6시간 동안 유지하여 수행될 수 있다.

[23] 본 개시의 일 실시예에 따른 축전식 탈염 모듈은, 상기 축전식 탈염 전극을 포함할 수 있다.

발명의 효과

[24] 본 개시의 사상에 따르면, 비표면적이 2000m²/g를 초과하고, 직경 2~5nm인 기공의 체적이 70% 이상인 활성탄을 이용하여 2가 이온의 탈착 및 흡착 효율을 증가시켜 용액에서의 2가 이온의 제거효율을 향상시킬 수 있고, 상기 활성탄 표면의 결함을 기핵 자리로 이용하여 결정성 탄소를 형성함으로써 축전식 탈염 전극의 전기전도도가 향상된 축전식 탈염 전극 및 이를 포함하는 축전식 탈염 모듈을 제공할 수 있다.

[25] 본 개시에서 얻을 수 있는 효과는 이상에서 언급한 효과들로 제한되지 않으며, 언급하지 않은 또 다른 효과들은 아래의 기재로부터 본 개시가 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

도면의 간단한 설명

[26] 도 1은 본 개시의 일 실시예에 따른 축전식 탈염 전극의 모식도이다.

[27] 도 2는 본 개시의 일 실시예에 따른 축전식 탈염 전극의 제조방법을 나타내는 블록도이다.

[28] 도 3은 본 개시의 일 실시예에 따른 축전식 탈염 모듈의 모식도이다.

[29] 도 4는 본 개시의 일 실시예에 따른 직경이 2~5nm인 기공의 체적이 80%인 활성탄과 종래 마이크로 기공 위주의 활성탄의 2가 이온 흡착 성능을 비교한 모식도이다.

[30] 도 5는 본 개시의 일 실시예에 따른 직경이 2~5nm인 기공의 체적이 80%인 활성탄의 비표면적(BET) 측정 결과를 나타낸 도이다.

[31] 도 6은 비표면적이 2000m²/g를 초과하고, 직경이 2~5nm인 기공의 체적이 70% 이상인 활성탄 표면의 결함을 기핵 자리로 하여 결정성 탄소가 형성된 활성탄 복합체와 결정성 탄소가 형성되기 전 활성탄을 나타낸 모식도이다.

발명의 실시를 위한 형태

[32] 이하에서는 본 발명의 바람직한 실시형태들을 설명한다. 그러나, 본 발명의 실시형태는 여러 가지 다른 형태로 변형될 수 있으며, 본 발명의 기술사상이 이하에서 설명하는 실시형태로 한정되는 것은 아니다. 또한, 본 발명의 실시형태는 당해 기술분야에서 평균적인 지식을 가진 자에게 본 발명을 더욱 완전하게 설명하기 위해서 제공되는 것이다.

[33] 본 출원에서 사용하는 용어는 단지 특정한 예시를 설명하기 위하여 사용되는 것이다. 때문에 가령 단수의 표현은 문맥상 명백하게 단수여야만 하는 것이 아닌, 복수의 표현을 포함한다. 덧붙여, 본 출원에서 사용되는 "포함하다" 또는 "구비하다" 등의 용어는 명세서 상에 기재된 특징, 단계, 기능, 구성요소 또는 이들을

조합한 것이 존재함을 명확히 지칭하기 위하여 사용되는 것이지, 다른 특징들이나 단계, 기능, 구성요소 또는 이들을 조합한 것의 존재를 예비적으로 배제하고자 사용되는 것이 아님에 유의해야 한다.

- [34] 한편, 다르게 정의되지 않는 한, 본 명세서에서 사용되는 모든 용어들은 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 일반적으로 이해되는 것과 동일한 의미를 가진 것으로 보아야 한다. 따라서, 본 명세서에서 명확하게 정의하지 않는 한, 특정 용어가 과도하게 이상적이거나 형식적인 의미로 해석되어서는 안 된다. 가령, 본 명세서에서 단수의 표현은 문맥상 명백하게 예외가 있지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다.
- [35] 또한, 본 명세서의 "약", "실질적으로" 등은 언급한 의미에 고유한 제조 및 물질 허용오차가 제시될 때 그 수치에서 또는 그 수치에 근접한 의미로 사용되고, 본 발명의 이해를 돕기 위해 정확하거나 절대적인 수치가 언급된 개시 내용을 비양심적인 침해자가 부당하게 이용하는 것을 방지하기 위해 사용된다.
- [36] 본 개시의 일 실시예에 따른 축전식 탈염(capacitive deionization, CDI) 전극은, 집전체, 및 상기 집전체의 일면 상에 형성된 활물질층을 포함하고, 상기 활물질층은 바인더, 및 비표면적이 $2000\text{m}^2/\text{g}$ 를 초과하고, 직경이 $2\sim 5\text{nm}$ 인 기공의 체적이 70% 이상인 활성탄 표면에 결정성 탄소가 형성된 활성탄 복합체를 포함할 수 있다.
- [37] 본 개시의 축전식 탈염 전극에 포함되는 상기 집전체는 전원공급 장치로 상기 제조한 이온선택성 축전식 탈염 전극에 전류를 공급했을 때 전기장이 이온 선택성 축전식 탈염 전극표면에 균일하게 분포될 수 있는 것이 바람직하며, 또한 전도성이 우수한 것을 사용 하는 것이 바람직하다. 이러한 예로는 알루미늄, 니켈, 구리, 티타늄, 백금 철, 스테인레스 스틸, 흑연(Graphite) 등을 포함하는 시트, 박막, 망 형태일 수 있으며, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [38] 본 개시의 축전식 탈염 전극에 포함되는 활물질층은 상기 집전체의 일면 상에 형성된다.
- [39] 상기 활물질층은 바인더 및 활성탄 복합체를 포함할 수 있으며, 상기 활성탄 복합체는 비표면적이 $2000\text{m}^2/\text{g}$ 를 초과하고, 직경 $2\sim 5\text{nm}$ 인 기공의 체적이 70% 이상인 활성탄 표면에 형성된 결정성 탄소를 포함할 수 있다.
- [40] Ca^{2+} , Mg^{2+} 등의 2가 이온은 이온쌍(ion pairing)이 잘되는 성질을 가져 2nm 이하의 기공 통과가 어려우며, 종래 축전식 탈염 전극에 적용되는 활성탄의 경우 직경 2nm 미만의 기공을 체적 70~80% 수준으로 포함하여 2가 이상의 다가 이온 흡착용 전극으로 사용하기에 적합하지 않았다.
- [41] 이에 본 개시에서는 2가 이온이 잘 통과하면서도 2가 이온의 흡착 성능을 높이기 위해 비표면적이 $2000\text{m}^2/\text{g}$ 를 초과하고, 직경 $2\sim 5\text{nm}$ 인 기공의 체적이 70% 이상으로 포함하는 활성탄을 사용하는 것이 바람직하다.

- [42] 상기 활성탄의 비표면적이 $2000\text{m}^2/\text{g}$ 미만일 경우에는 경수 성분인 Ca^{2+} , Mg^{2+} 등의 2가 이온을 흡착하는 성능이 열위할 수 있으므로, 상기 활성탄의 비표면적은 $2000\text{m}^2/\text{g}$ 를 초과하는 것이 바람직하다.
- [43] 또한 활성탄의 기공 직경이 2nm 미만일 경우에는 2가 이온의 통과가 어려워 2가 이온 흡착용 전극으로 사용하기에 적절치 않으며, 직경 5nm 를 초과할 경우에는 2가 이온이 통과하는 통로 역할만 할 뿐 축전식 탈염 전극의 활물질로의 역할을 하지 못할 수 있다. 또한 상기 활성탄은 직경이 $2\sim 5\text{nm}$ 인 기공을 체적 70% 이상으로 포함하는 것이 바람직한데, 기공의 체적이 70% 미만일 경우에는 본 발명에서 목적하는 2가 이온의 흡착 성능을 얻기 어려울 수 있어, 2가 이온 흡착용 전극으로 사용하지 적절치 않을 수 있다.
- [44] 상기 활성탄은 상용화되는 비표면적이 $2000\text{m}^2/\text{g}$ 를 초과하고, 직경 $2\sim 5\text{nm}$ 인 기공의 체적이 70% 이상인 활성탄을 구매하여 사용할 수도 있고, 하기와 같은 통상의 방법에 따라 제조하여 사용할 수도 있다.
- [45] 통상의 활성탄 제조방법을 예를 들어 설명하면, 활성탄 전구체를 열처리하여 탄화하고, 상기 탄화된 활성탄 전구체와 활성화제를 혼합한 혼합물을 열처리하여 활성탄을 제조할 수 있다.
- [46] 상기 활성탄 전구체는 코코넛피, 석탄, 녹말, 꾀피, 오렌지피, 커피찌꺼기, 대나무줄기, 우드칩, 피치, 폴리비닐리덴 고분자, 페놀 고분자, 우레탄 고분자, 폴리아크릴로니트릴 고분자 등이 사용될 수 있다.
- [47] 상기 활성탄 전구체는 $500\sim 1500^\circ\text{C}$ 에서 승온속도 $1\sim 20^\circ\text{C}/\text{min}$ 으로 $0.5\sim 6$ 시간 유지하면서 열처리하여 탄화할 수 있다.
- [48] 상기 탄화된 활성탄 전구체는 이후 활성화제와 혼합하고 열처리하여 활성탄으로 제조될 수 있다.
- [49] 상기 활성화제는 통상 활성탄의 제조에 사용되는 활성화제를 사용할 수 있음은 물론이며, 예를 들어 KOH , NaOH , K_2CO_3 , $\text{C}_2\text{H}_3\text{O}_2\text{K}$ 등이 사용될 수 있다.
- [50] 상기 탄화된 활성탄 전구체와 활성화제는 1:5 이상의 비율로 혼합될 수 있다. 특히, 상기 활성탄 전구체와 활성화제는 1:6의 비율로 혼합되는 것이 바람직하며, 이 경우 비표면적이 $2000\text{m}^2/\text{g}$ 를 초과하고, 직경 $2\sim 5\text{nm}$ 인 기공의 체적이 70% 이상인 활성탄을 제조하는데 있어 더욱 바람직하다.
- [51] 상기 혼합된 활성탄 전구체와 활성화제는 $500\sim 1500^\circ\text{C}$ 에서 승온속도 $1\sim 20^\circ\text{C}/\text{min}$ 으로 $0.5\sim 6$ 시간 유지하면서 열처리하여 비표면적이 $2000\text{m}^2/\text{g}$ 를 초과하고, 직경 $2\sim 5\text{nm}$ 인 기공의 체적이 70% 이상인 활성탄을 제조할 수 있다.
- [52] 일반적으로 활성탄은 공극(vacancy), 기공(hole) 등과 같은 결함(defect) 자리(sites)가 많고, 결정성과 비결정성이 공존하는 형태로 전기전도도가 낮다는 문제가 있다. 또한 종래에는 결정성 탄소의 형성을 위한 기핵 자리로 전이금속, 고분자 템플레이트(template) 등을 사용하였으나, 이를 제거하기 위해서 강산, 유기용매 등을 이용한 후처리의 실시가 필요하며, 이로 인해 환경오염 문제의 이슈가 있었다. 뿐만 아니라, 종래에는 활성탄의 전기전도도 개선을 위해 별도의 도전제

를 첨가했으나, 상기 도전재를 첨가할 경우 전극의 전기전도도 향상에는 효과가 있으나, 비표면적이 낮아 전극의 성능에 악영향을 미친다는 문제가 있다.

[53] 이에 본 개시의 활물질층은 비표면적이 $2000\text{m}^2/\text{g}$ 를 초과하고, 직경 $2\sim 5\text{nm}$ 인 기공의 체적이 70% 이상인 활성탄을 이용하여 2가 이온의 탈착 및 흡착 효율을 증가시켜 용액에서의 2가 이온의 제거효율을 향상시킬 수 있고, 상기 활성탄 표면의 결함을 기핵 자리로 이용하여 결정성 탄소를 형성함으로써 전극의 전기전도도 향상을 추구함과 동시에 환경오염의 이슈 또한 해결할 수 있다.

[54] 구체적으로, 상기 활성탄 복합체는 상술한 바와 같은 비표면적이 $2000\text{m}^2/\text{g}$ 를 초과하고, 직경 $2\sim 5\text{nm}$ 인 기공의 체적이 70% 이상인 활성탄에 탄화수소 가스를 화학기상증착(chemical vapor deposition, CVD)하여 활성탄 표면에 형성된 결정성 탄소를 포함할 수 있다.

[55] 즉, 활성탄에 탄화수소 가스를 화학기상증착하게 되면, 불안정하고 에너지가 높은 활성탄 표면의 결함이 기핵 자리(site)로 작용하여, 상기 기핵 자리에 선택적으로 결정성 탄소가 형성되게 된다.

[56] 상기 탄화수소 가스는 프로필렌(polypropylene), 에틸렌(polyethylene) 등이 사용될 수 있다.

[57] 또한 상기 탄화수소 가스로는 플라스틱 전구체 열분해 시 발생하는 탄화수소 가스가 사용될 수도 있다.

[58] 상기 플라스틱 전구체는 통상의 플라스틱이면 그 종류가 제한되지 않으며, 예를 들어 상용 플라스틱 또는 폐플라스틱 등을 포함할 수 있다.

[59] 특히, 본 발명에서는 플라스틱 전구체로 폐플라스틱을 사용함으로써 자연 환경으로 유출되어 다양한 문제를 발생시키는 폐플라스틱을 화학적으로 재활용할 수 있어 환경친화적이라 할 수 있다.

[60] 상기 플라스틱 전구체 열분해시 발생하는 탄화수소 가스로는 폴리프로필렌(polypropylene), 폴리에틸렌(polyethylene), 폴리스티렌(polystyrene), 폴리에틸렌 테레프탈레이트(polyethylene terephthalate), 폴리비닐 클로라이드(Polyvinyl chloride), 폴리우레탄(polyurethane) 등이 포함될 수 있다. 또한 상기 폴리에틸렌은 고밀도 폴리에틸렌(high density polyethylene, HDPE), 저밀도 폴리에틸렌 폴리에틸렌(low density polyethylene, LDPE) 또는 선형 저밀도 폴리에틸렌(linear low density polyethylene, LLDPE) 등이 포함될 수 있다.

[61] 상기 화학기상증착은 $500\sim 1500^\circ\text{C}$ 에서 승온속도 $1\sim 10^\circ\text{C}/\text{min}$ 으로 0.5~6시간 동안 수행될 수 있으며, 이때 열처리 시간은 탄화수소 가스의 종류, 결정성 탄소의 형성 정도, 화학기상증착 시 온도 및 승온속도 등에 따라 0.5시간에서 최대 6시간 이내에서 적절히 조절할 수 있다.

[62] 상기 화학기상증착 시 온도가 500°C 미만일 경우에는 결정성 탄소가 형성되기에 충분하지 못한 활성화 에너지로 인해 탄화수소 가스의 확산이 잘 이루어지지 않아 결정성 탄소의 형성이 원활하지 않을 수 있으며, 1500°C 를 초과할 경우에는

높은 에너지로 결정성 탄소 성장 속도 등의 조절이 어려워 안정적인 결정성 탄소 형성이 이루어지지 않으며, 양질의 결정성 탄소를 형성하기 어려울 수 있다.

- [63] 또한 상기 화학기상증착 시 승온속도가 1°C/min 미만일 경우에는 주요 성장온도 외 온도에서 머무는 시간이 길어져서 목표로 하는 결정성 탄소 형성이 잘 이루어지지 않을 수 있으며, 10°C/min를 초과할 경우에는 열처리 기기(퍼니스)의 열선 근처의 온도만 더 빠르게 상승하며, 내부 온도가 균일하지 못하게 상승하게 되어 목표하는 결정성 탄소 형성이 어려울 수 있다.
- [64] 상기와 같이 비표면적이 2000m²/g를 초과하고, 직경 2~5nm인 기공의 체적이 70% 이상인 활성탄 표면에 형성된 결정성 탄소는 sp² 결합을 기초로 하는 탄소 동소체를 포함할 수 있으며, 이로써 상기 결정성 탄소는 결정구조가 sp² 구조일 수 있다.
- [65] 상기와 같은 결정성 탄소는 활성탄 중량 대비 1~70중량%로 포함되는 것이 바람직하며, 더욱 바람직하게는 5~60중량%로 포함되는 것이다. 그 함량이 1중량% 미만일 경우에는 소재의 전도성 향상이 미미하여 전극 제조 시 도전재를 사용하는 것 대비 성능이 하락할 수 있으며, 70중량%를 초과할 경우에는 활성탄 복합체의 비표면적 감소폭이 커서 일반적인 도전재와 비슷한 수준의 성능을 나타낼 수 있다.
- [66] 상기와 같은 비표면적이 2000m²/g를 초과하고, 직경 2~5nm인 기공의 체적이 70% 이상인 활성탄 표면에 형성된 결정성 탄소를 포함하는 활성탄 복합체는 활물질층에 1~20중량%로 포함되는 것이 바람직하며, 더욱 바람직하게는 1~10중량%로 포함되는 것이다. 그 함량이 1중량% 미만일 경우에는 전기전도도가 낮아 효율적인 이온의 흡탈착이 어려울 수 있으며, 20중량%를 초과할 경우에는 비표면적 감소로 인해 충분한 이온 흡착량을 확보하기 어려울 수 있다.
- [67] 또한 본 개시의 축전식 탈염 전극의 활물질층은 바인더, 및 상술한 바와 같은 비표면적이 2000m²/g를 초과하고, 직경 2~5nm인 기공의 체적이 70% 이상인 활성탄 표면에 형성된 결정성 탄소를 포함하는 활성탄 복합체를 포함한다.
- [68] 상기 바인더는 통상의 축전식 탈염 전극의 제조에 사용되는 수계바인더 또는 유기바인더라면 그 종류가 특별히 제한되지 않으며, 예를 들어 SBR(styrene butadiene rubber), CMC(carboxy methyl cellulose), PTFE(polytetrafluoroethylene) PDVF(polyvinylidene fluoride), PDMS(polydimethylsiloxane), PVA(polyvinyl alcohol), PVB(polyvinyl butyral), PAA(poly(acrylic acid)) 등이 사용될 수 있다.
- [69] 상기 바인더는 활물질층에 5~20중량%로 포함되는 것이 바람직하다. 그 함량이 5중량% 미만일 경우에는 전극의 형상이 유지되지 않고, 부서지거나 활성탄 가루가 녹아나올 수 있으며, 20중량%를 초과할 경우에는 바인더에 의해 활성탄 기공이 막혀 전극의 성능이 크게 저하될 수 있다.
- [70] 또한 본 개시의 축전식 탈염 전극의 활물질층은 비표면적이 2000m²/g를 초과하고, 직경이 2~5nm인 기공의 체적이 70% 이상인 활성탄을 더 포함할 수 있다. 이때, 상기 활성탄은 활물질층에 60~96중량%로 포함되는 것이 바람직하며, 더욱

바람직하게는 70~90중량%로 포함되는 것이다. 그 함량이 60중량% 미만일 경우에는 전극 비표면적 감소로 전극 성능이 저하될 수 있으며, 96중량%를 초과할 경우에는 전도도 감소, 전극의 기계적 안정성 감소로 인해 성능 및 내구성이 저하될 수 있다.

- [71] 바람직하게, 상기 활성탄 복합체, 바인더 및 활성탄은 0.5~2:0.1~2:5~8의 중량비로 혼합되는 것이며, 더욱 바람직하게는 1:1:8의 중량비로 혼합되는 것이다. 상기 활성탄 복합체, 바인더 및 활성탄의 혼합비가 전술한 범위 내일 경우 Ca^{2+} , Mg^{2+} 등의 2가 이온의 흡착 성능의 향상에 있어 더욱 바람직하다.
- [72] 이하 본 개시의 일 실시예에 따른 축전식 탈염 전극, 축전식 탈염 전극의 제조방법 및 축전식 탈염 모듈을 도면을 참조하여 설명하도록 한다.
- [73] 도 1은 본 개시의 일 실시예에 따른 축전식 탈염 전극의 모식도이고, 도 2는 본 개시의 일 실시예에 따른 축전식 탈염 전극의 제조방법을 나타내는 블록도이고, 도 3은 본 개시의 일 실시예에 따른 축전식 탈염 모듈의 모식도이다.
- [74] 도 1을 참조하여 설명하면, 본 개시의 일 실시예에 따른 축전식 탈염(capacitive deionization, CDI) 전극은 집전체, 및 상기 집전체의 일면 상에 형성된 활물질층을 포함한다. 또한 상기 활물질층은 바인더, 상술한 바와 같은 비표면적이 $2000 \text{ m}^2/\text{g}$ 를 초과하고, 직경이 2~5nm인 기공의 체적이 70% 이상인 활성탄 표면에 결정성 탄소가 형성된 활성탄 복합체와, 필요에 따라 비표면적이 $2000 \text{ m}^2/\text{g}$ 를 초과하고, 직경이 2~5nm인 기공의 체적이 70% 이상인 활성탄을 포함할 수 있다.
- [75] 상기 활물질층은 집전체의 일면 상에 100~400 μm 의 두께로 형성되는 것이 바람직하다. 활물질층의 두께가 100 μm 미만일 경우에는 단위 면적 당 활물질의 양이 충분치 않아 충분한 이온흡착 용량을 확보할 수 없으며, 400 μm 를 초과할 경우에는 집전체 표면에서 활물질층이 불안정하게 부착되어 탈리가 발생하여 전극의 기계적 안정성이 저하될 수 있다.
- [76] 다음으로, 본 개시의 일 실시예에 따른 축전식 탈염 전극의 제조방법에 대해 설명한다.
- [77] 도 2를 참조하여 설명하면, 본 개시의 일 실시예에 따른 축전식 탈염 전극의 제조방법은, 활성탄 복합체, 활성탄, 바인더 및 용매를 포함하는 전극슬러리를 제조하는 것(S10), 상기 전극슬러리를 집전체 상에 코팅하여 활물질층을 형성하는 것(S20) 및 상기 활물질층으로부터 용매를 제거하는 것(S30)을 포함할 수 있다.
- [78] 상기 전극슬러리를 제조하는 것(S10)에 있어, 상기 활성탄 복합체는 비표면적이 $2000 \text{ m}^2/\text{g}$ 를 초과하고, 직경이 2~5nm인 기공의 체적이 70% 이상인 활성탄에, 탄화수소 가스를 화학기상증착하여 활성탄 표면의 결함(defect)을 기핵 자리(site)로 하여 결정성 탄소를 형성할 수 있다.
- [79] 즉, 상기 활성탄 복합체는 비표면적이 $2000 \text{ m}^2/\text{g}$ 를 초과하고, 직경 2~5nm인 기공의 체적이 70% 이상인 활성탄을 이용하여 비표면적이 높으면서도 2가 이온의 흡착능을 높일 수 있고, 상기 활성탄 표면의 결함 자리를 기핵 자리로 이용하여 결정성 탄소를 형성함으로써 전극의 전기전도도 향상을 추구함과 동시에 종래 결

정성 탄소의 형성을 위해 사용한 전이금속, 고분자 템플레이트 등의 제거를 위한 후처리 약품의 필요가 없어 환경오염의 이슈 또한 해결할 수 있다.

- [80] 상기 탄화수소 가스로는 프로필렌(propylene), 에틸렌(ethylene) 등이 사용될 수도 있고, 플라스틱 전구체 열분해 시 발생하는 탄화수소 가스가 사용될 수도 있다.
- [81] 이때, 상기 플라스틱 전구체로는 상용 플라스틱 또는 폐플라스틱이 사용될 수 있으며, 상기 플라스틱 전구체 열분해 시 발생하는 탄화수소 가스는 고밀도 폴리에틸렌(high density polyethylene, HDPE), 저밀도 폴리에틸렌 폴리에틸렌(low density polyethylene, LDPE) 또는 선형 저밀도 폴리에틸렌(linear low density polyethylene, LLDPE) 등의 폴리에틸렌(polyethylene)과 폴리프로필렌(polypropylene), 폴리스티렌(polystyrene), 폴리에틸렌 테레프탈레이트(polyethylene terephthalate), 폴리비닐 클로라이드(Polyvinyl chloride), 폴리우레탄(polyurethane) 등이 사용될 수 있다.
- [82] 활성탄을 포함하는 반응기 내에 탄화수소 가스를 도입하여 500~1500°C의 온도에서, 1~10°C/min의 승온속도로, 0.5~6시간 동안 유지하면서 화학기상증착을 통해 활성탄 표면에 결정성 탄소를 형성할 수 있다.
- [83] 상기 활성탄은 비표면적이 2000m²/g를 초과하고, 직경이 2~5 nm인 기공의 체적이 70% 이상인 활성탄을 사용할 수 있으며, 상기 바인더는 SBR(styrene butadiene rubber), CMC(carboxy methyl cellulose), PTFE(polytetrafluoroethylene), PDVF(polyvinylidene fluoride), PDMS(polydimethylsiloxane), PDMS(polydimethylsiloxane), PVA(polyvinyl alcohol), PVB(polyvinyl butyral), PAA(poly(acrylic acid)) 등의 수계 또는 유기계 바인더를 사용할 수 있다. 또한 상기 용매로는 수계 용매나 물과 잘 섞일 수 있어 물속에서도 용출되는 극성 유기용매를 사용하는 것이 좋다. 예를 들어, 상기 극성 유기용매로는 디메틸포름아마이드, 디메틸아세트아마이드, N-메틸-2-피롤리돈, 아세톤, 클로로포름, 디클로로메탄, 트리클로로에틸렌, 에탄올, 메탄올, 노르말헥산 등을 사용할 수 있다.
- [84] 상기와 같은 활성탄 복합체 및 활성탄을 고르게 혼합한 후, 바인더 및 용매를 첨가하여 균일하게 혼합하여 전극슬러리를 제조한다.
- [85] 상기 활물질층을 형성하는 것(S20)에 있어, 상기 집전체는 축전식 탈염 전극에 전류를 공급했을 때 전기장이 축전식 탈염 전극 표면에 균일하게 분포될 수 있으며, 전도성이 우수한 알루미늄, 니켈, 구리, 티타늄, 철, 스테인레스, 흑연(graphite) 등을 사용할 수 있다.
- [86] 상기 집전체에 전극슬러리를 코팅하는 방법은, 나이프 캐스팅, 닥터블레이드, 스펀코팅, 딥 코팅, 스프레이, 실크스크린 등을 사용할 수 있으며, 활물질층의 코팅두께가 100~400μm가 되도록 하는 것이 축전식 탈염 전극에 적용하는데 있어 가장 바람직하다.

- [87] 상기 활물질층은 경화되기 전의 활물질층을 의미하는 것으로, 후술하는 용매 제거 단계(S30)에서 활물질층이 경화되어 최종 축전식 탈염 전극이 제조되는 것이다.
- [88] 상기 용매를 제거하는 것(S30)에 있어, 상기 용매는 60°C 이상의 열풍건조 또는 오븐건조를 이용하여 제거함으로써 활물질층에서 활성탄 복합체, 활성탄 및 바인더가 결합되도록 할 수 있다. 이렇게 제조되는 축전식 탈염 전극은 건조과정만으로 전극이 제조됨으로써 공정이 단순하고, 별도의 접착공정에 의해 발생될 수 있는 계면저항을 줄일 수 있다.
- [89] 또한 본 개시의 일 실시예에 따른 축전식 탈염 모듈에 대하여 설명한다.
- [90] 도 3을 참조하여 설명하면, 본 개시의 일 실시예에 따른 축전식 탈염 모듈은 상기 축전식 탈염 모듈은 유입된 경수가 흐르는 유로(20), 상기 유로(20)의 일측면에 배치된 양극 전극(10a) 및 상기 유로의 타측면에 배치된 음극 전극(10b)을 포함하며, 상기 양극 전극(10a)은 양극 집전체(11a)와, 상기 양극 집전체(11a) 상에 형성된 양극 활물질층(12a)을 포함하며, 상기 음극 전극(10b)은 음극 집전체(11b)와, 상기 음극 집전체(11b) 상에 형성된 음극 활물질층(12b)을 포함할 수 있다.
- [91] 상기 유로(20)는 연수화 처리가 필요한 경수가 유입되어 유통하는 통로이다.
- [92] 상기 양극 집전체(11a) 및 음극 집전체(11b)는 본 개시의 축전식 탈염 모듈의 외부에 구비된 전원에 전기적으로 연결되어 축전식 탈염 전극(10a, 10b)에 전압을 인가하는 역할을 수행할 수 있다.
- [93] 상기 양극 활물질층(12a) 및 음극 활물질층(12b)는 전술한 바와 같이 비표면적이 2000m²/g를 초과하고, 직경이 2~5nm인 기공의 체적이 70% 이상인 활성탄 표면에 결정성 탄소가 형성된 활성탄 복합체, 비표면적이 2000m²/g를 초과하고, 직경이 2~5nm인 기공의 체적이 70% 이상인 활성탄 및 바인더를 포함할 수 있다.
- [94] 또한 본 개시의 축전식 탈염 전극은 상기에서 언급한 구성 부재 이외에 유입된 경수 내의 이온을 선택적으로 투과시키기 위해 음이온 교환막 또는 양이온 교환막이나, 상기 유로(20)를 형성하기 위해 설치되는 스페이서를 필요에 따라 추가로 구비할 수 있다.
- [95] 이하, 본 발명을 하기 실시예에 의하여 더욱 상세하게 설명한다. 단 하기 실시예는 본 발명을 예시하기 위한 것일 뿐, 본 발명의 범위가 이들만으로 한정되는 것은 아니다.
- [96] 실시예 1. 축전식 탈염 전극용 활성탄 복합체 제조
- [97] (활성탄 제조)
- [98] 활성탄 전구체인 코코넛 피를 800°C에서 5°C의 승온속도로 2시간 동안 유지하면서 탄화시켰다. 상기 탄화된 활성탄 전구체와 KOH를 1:6의 비율로 혼합하고, 800°C에서 5°C의 승온속도로 2시간 동안 유지하면서 열처리하여 비표면적이 3212m²/g이고, 직경이 2~5nm인 기공의 체적이 80%인 활성탄을 제조하였다.
- [99] 상기 제조한 직경이 2~5nm인 기공의 체적이 80%인 활성탄의 2가 이온 흡착 성능 모식도를 종래 마이크로 기공 위주의 활성탄과 비교하여 도 4에 나타내었다.

또한 상기 제조한 기공의 직경이 2~5nm인 활성탄 비표면적(BET) 측정 결과를 도 5에 나타내었다.

[100] 도 4에 나타낸 바와 같이, 종래 마이크로 기공 위주의 활성탄의 경우 기공의 직경이 2nm 미만으로 Ca^{2+} , Mg^{2+} 등의 2가 이온이 활성탄의 기공을 통과하기 어려우며, 2가 이온의 흡착 또한 현저히 적음을 확인할 수 있다. 반면, 본 개시에 따른 활성탄의 경우 직경이 2~5nm인 기공의 체적이 80%로, 2가 이온이 통과하는 통로의 역할을 제공함과 동시에 2가 이온을 효율적으로 흡착함을 확인할 수 있다.

[101] 또한 도 5에 나타낸 바와 같이, 본 개시에 따른 활성탄의 경우 2~5nm의 직경을 가지는 기공의 부피가 높아, 낮은 상대압 구간에서 미세기공 흡착이 끝난 후 상대압에 따라 선형으로 흡착량이 증가하는 형상을 나타냈으며, 높은 압력에서 히스테리시스(hysteresis)가 매우 작거나 나타나지 않음을 확인할 수 있었다.

[102] (활성탄 복합체 제조)

[103] 상기 제조한 비표면적이 $3212\text{m}^2/\text{g}$ 이고, 직경이 2~5nm인 기공의 체적이 80%인 활성탄을 이용하여 다음과 같이 활성탄 복합체를 제조하였다.

[104] 먼저, 상기 제조한 활성탄을 포함하는 챔버 내 탄화수소 가스로 저밀도 폴리에틸렌 폴리에틸렌(low density polyethylene, LDPE)을 도입하면서 800°C 에서 $10^\circ\text{C}/\text{min}$ 의 승온속도로 2시간 동안 화학기상증착법에 의해 활성탄 표면의 결함 자리에 결정성 탄소를 형성시켰다. 상기 활성탄 표면에 결정성 탄소가 형성된 활성탄 복합체의 모식도를 도 6에 나타내었다.

[105] 도 6에 나타낸 바와 같이, 결정성 탄소를 형성하기 전 활성탄의 경우 활성탄 표면에 공극(vacancy), 기공(hole) 등과 같은 결함(defect) 자리가 존재함을 확인할 수 있다. 그러나, 본 개시에 따라 활성탄 표면에 결정성 탄소를 형성시킨 결과 활성탄 표면의 결함을 기핵 자리로 하여 결정성 탄소가 형성되어 활성탄 표면의 결함이 현저히 감소함을 확인할 수 있다. 즉, 본 개시에 따라 비표면적이 $2000\text{m}^2/\text{g}$ 을 초과하고, 직경이 2~5nm인 기공의 체적이 70% 이상인 활성탄의 표면에 결정성 탄소를 형성할 경우 활성탄 표면의 결함을 줄일 수 있어 전극의 전기전도도를 향상시킬 수 있음과 동시에 2가 이온의 흡착 성능을 높일 수 있다.

[106] 실시예 2. 축전식 탈염 전극 제조

[107] 상기 실시예 1에서 제조한 비표면적이 $3212\text{m}^2/\text{g}$ 이고, 직경이 2~5nm인 기공의 체적이 80%인 활성탄 표면에 결정성 탄소를 형성시킨 활성탄 복합체를 SBR(styrene butadiene rubber) 바인더 및 물과 혼합기(mixing)를 이용하여 균일하게 혼합하여 전극슬러리를 제조하였다. 상기 제조한 전극 슬러리를 나이프 코팅(knife coating)기를 이용하여 집전체인 흑연면(graphite sheet) 상에 일정한 속도로 코팅하여 $300\mu\text{m}$ 두께의 활물질층을 형성하였다. 이때, 집전체는 롤러(roller)를 이용하여 롤투롤(roll to roll) 형태로 형성하도록 하였다. 이어서, 80°C 이상의 열풍으로 2분 이상 건조하여 최종 축전식 탈염 전극을 제조하였다.

[108] 실시예 3. 축전식 탈염 전극 제조

- [109] 상기 실시예 1에서 제조한 비표면적이 $3212\text{m}^2/\text{g}$ 이고, 직경이 $2\sim 5\text{nm}$ 인 기공의 체적이 80%인 활성탄 표면에 결정성 탄소를 형성시킨 활성탄 복합체와 비표면적이 $3212\text{m}^2/\text{g}$ 이고, 직경이 $2\sim 5\text{nm}$ 인 기공의 체적이 80%인 활성탄을 균일하게 혼합하였다. 상기 혼합물에 SBR(styrene butadiene rubber) 바인더 및 물과 혼합기(mixing)를 이용하여 균일하게 혼합하여 전극슬러리를 제조하였다. 상기 제조한 전극 슬러리를 나이프 코팅기(knife coating)를 이용하여 집전체인 흑연면(graphite sheet) 상에 일정한 속도로 코팅하여 $250\mu\text{m}$ 두께의 활물질층을 형성하였다. 이때, 집전체는 롤러(roller)를 이용하여 롤투롤(roll to roll) 형태로 형성하도록 하였다. 이어서, 80°C 이상의 열풍으로 2분 이상 건조하여 최종 축전식 탈염 전극을 제조하였다.
- [110] 실시예 4. 축전식 탈염 모듈 제조
- [111] 상기 실시예 3에서 제조한 축전식 탈염 전극을 이용하여, 상기 유로를 형성하기 위한 스페이서에 의해 유로의 일측면과 타측면에 이격되어 설치되는 음극 전극 및 양극 전극을 포함하는 축전식 탈염 모듈을 제조하였다.
- [112] 이상으로 개시된 발명의 실시예에 대하여 도시하고 설명하였지만, 개시된 발명은 상술한 특징의 실시예에 한정되지 아니하며 청구범위에서 청구하는 요지를 벗어남 없이 개시된 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 다양한 변형실시가 가능할 수 있다.

청구범위

- [청구항 1] 집전체, 및 상기 집전체의 일면 또는 양면 상에 형성된 활물질층을 포함하고,
상기 활물질층은 바인더, 및 비표면적이 $2000\text{m}^2/\text{g}$ 를 초과하고, 직경이 2~5 nm인 기공의 체적이 70% 이상인 활성탄 표면에 결정성 탄소가 형성된 활성탄 복합체를 포함하는 축전식 탈염(capacitive deionization, CDI) 전극.
- [청구항 2] 제1항에 있어서,
상기 활성탄은 표면에 결함(defect) 자리(sites)를 포함하고, 상기 활성탄의 결함 자리에 선택적으로 결정성 탄소를 포함하는 축전식 탈염 전극.
- [청구항 3] 제1항에 있어서,
상기 결정성 탄소는 sp^2 결합을 기초로 하는 탄소 동소체를 포함하는 축전식 탈염 전극.
- [청구항 4] 제1항에 있어서,
상기 결정성 탄소는 상기 활성탄 중량 대비 1~70중량%로 포함되는 축전식 탈염 전극.
- [청구항 5] 제1항에 있어서,
상기 활성탄 복합체는 상기 활물질층에 1~20중량%로 포함되는 축전식 탈염 전극.
- [청구항 6] 제1항에 있어서,
상기 활물질층은 비표면적이 $2000\text{m}^2/\text{g}$ 를 초과하고, 직경이 2~5nm인 기공의 체적이 70% 이상인 활성탄을 더 포함하고, 상기 활성탄은 활물질층에 60~96중량%로 포함되는 축전식 탈염 전극.
- [청구항 7] 제1항에 있어서,
상기 활물질층은 두께가 100~400 μm 인 축전식 탈염 전극.
- [청구항 8] 비표면적이 $2000\text{m}^2/\text{g}$ 를 초과하고, 직경이 2~5nm인 기공의 체적이 70% 이상인 활성탄 표면에 결정성 탄소가 형성된 활성탄 복합체, 비표면적이 $2000\text{m}^2/\text{g}$ 를 초과하고, 2~5nm의 직경을 갖는 기공의 체적이 70% 이상인 활성탄, 바인더, 및 용매를 포함하는 전극슬러리를 제조하는 것,
상기 전극슬러리를 집전체 상에 코팅하여 활물질층을 형성하는 것, 및
상기 활물질층으로부터 용매를 제거하는 것,을 포함하는 축전식 탈염 전극의 제조방법.
- [청구항 9] 제8항에 있어서,
상기 활성탄 복합체는 활성탄에 탄화수소 가스를 화학기상증착(chemical vapor deposition, CVD)하여 활성탄 표면에 형성되는 결정성 탄소를 포함하는 축전식 탈염 전극의 제조방법.
- [청구항 10] 제9항에 있어서,

상기 탄화수소 가스는 플라스틱 전구체 열분해 시 발생하는 탄화수소 가스를 포함하는 축전식 탈염 전극의 제조방법.

[청구항 11] 제10항에 있어서,
상기 플라스틱 전구체는 상용 플라스틱 또는 폐플라스틱을 포함하는 축전식 탈염 전극의 제조방법.

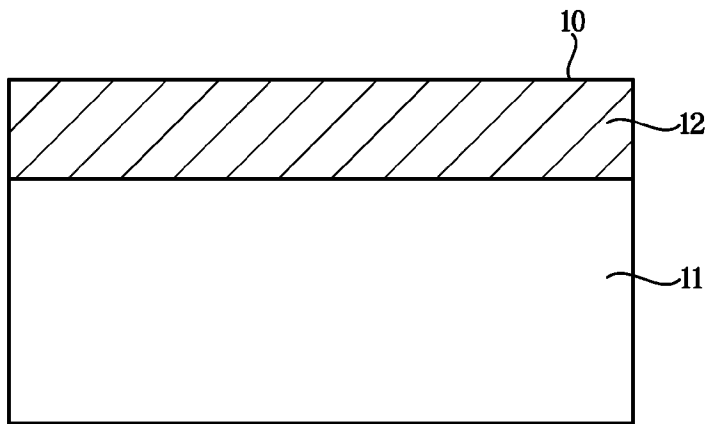
[청구항 12] 제10항에 있어서,
상기 플라스틱 전구체 열분해 시 발생하는 탄화수소 가스는 폴리프로필렌(polypropylene), 폴리에틸렌(polyethylene), 폴리스티렌(polystyrene), 폴리에틸렌 테레프탈레이트(polyethylene terephthalate), 폴리비닐 클로라이드(Polyvinyl chloride), 폴리우레탄(polyurethane) 또는 이들의 혼합물 중 하나를 포함하는 축전식 탈염 전극의 제조방법.

[청구항 13] 제12항에 있어서,
상기 폴리에틸렌은 고밀도 폴리에틸렌(high density polyethylene, HDPE), 저밀도 폴리에틸렌 폴리에틸렌(low density polyethylene, LDPE) 또는 선형 저밀도 폴리에틸렌(linear low density polyethylene, LLDPE) 중 하나를 포함하는 축전식 탈염 전극의 제조방법.

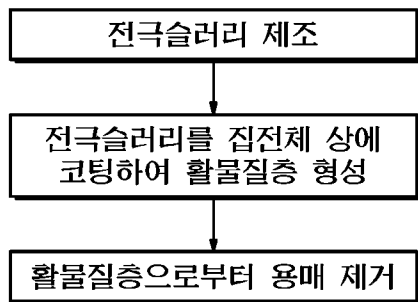
[청구항 14] 제9항에 있어서,
상기 화학기상증착은 500~1500°C의 온도에서, 1~10°C/min의 승온속도로, 0.5~6시간 동안 유지하여 수행되는 축전식 탈염 전극의 제조방법.

[청구항 15] 제1항 기재의 축전식 탈염 전극을 포함하는 축전식 탈염 모듈.

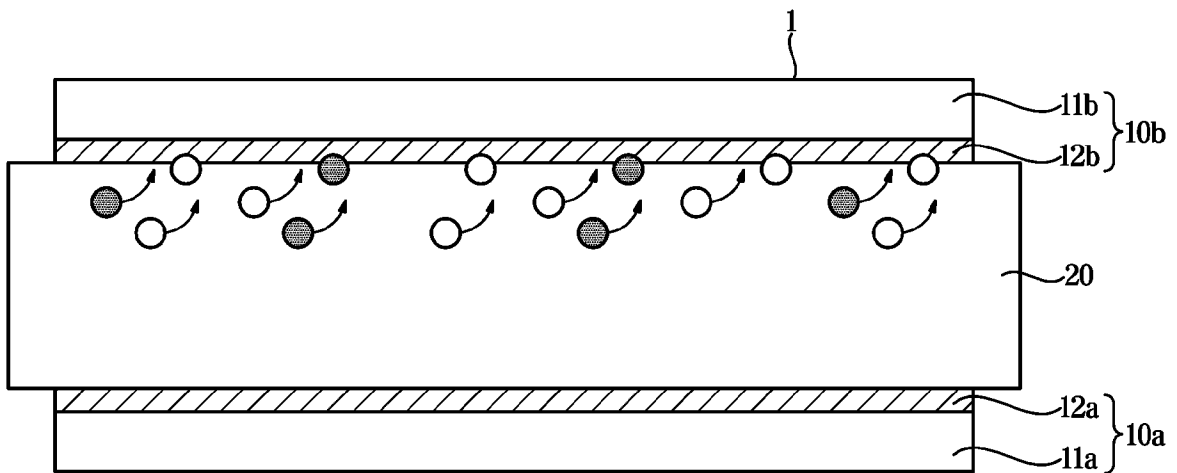
[도1]



[도2]

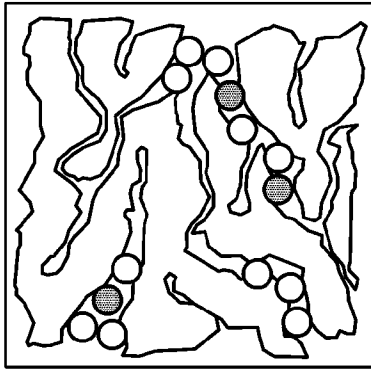


[도3]

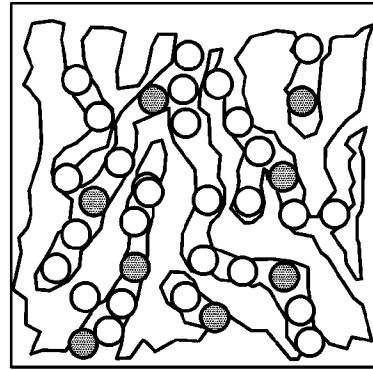


[도4]

[종래 마이크로 기공 위주 활성탄]

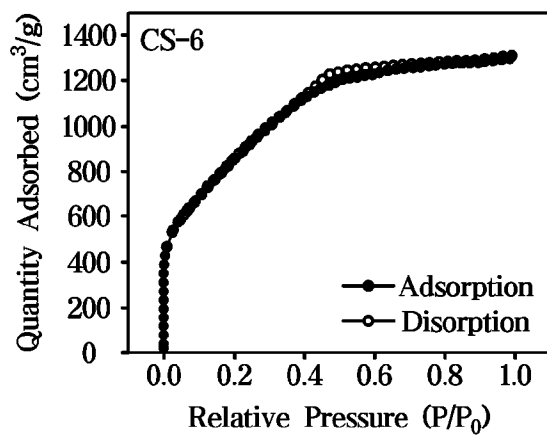
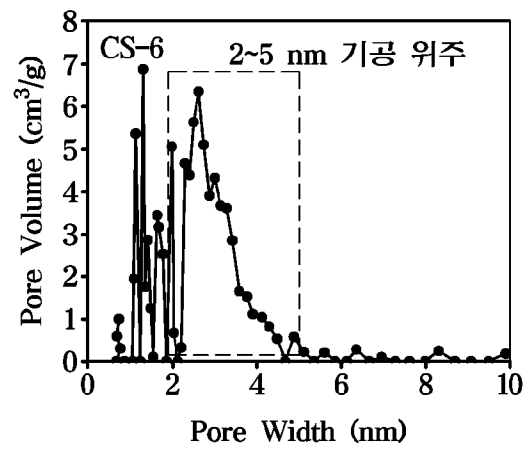


[본 개시의 기공의 직경이 2~5nm인 활성탄]

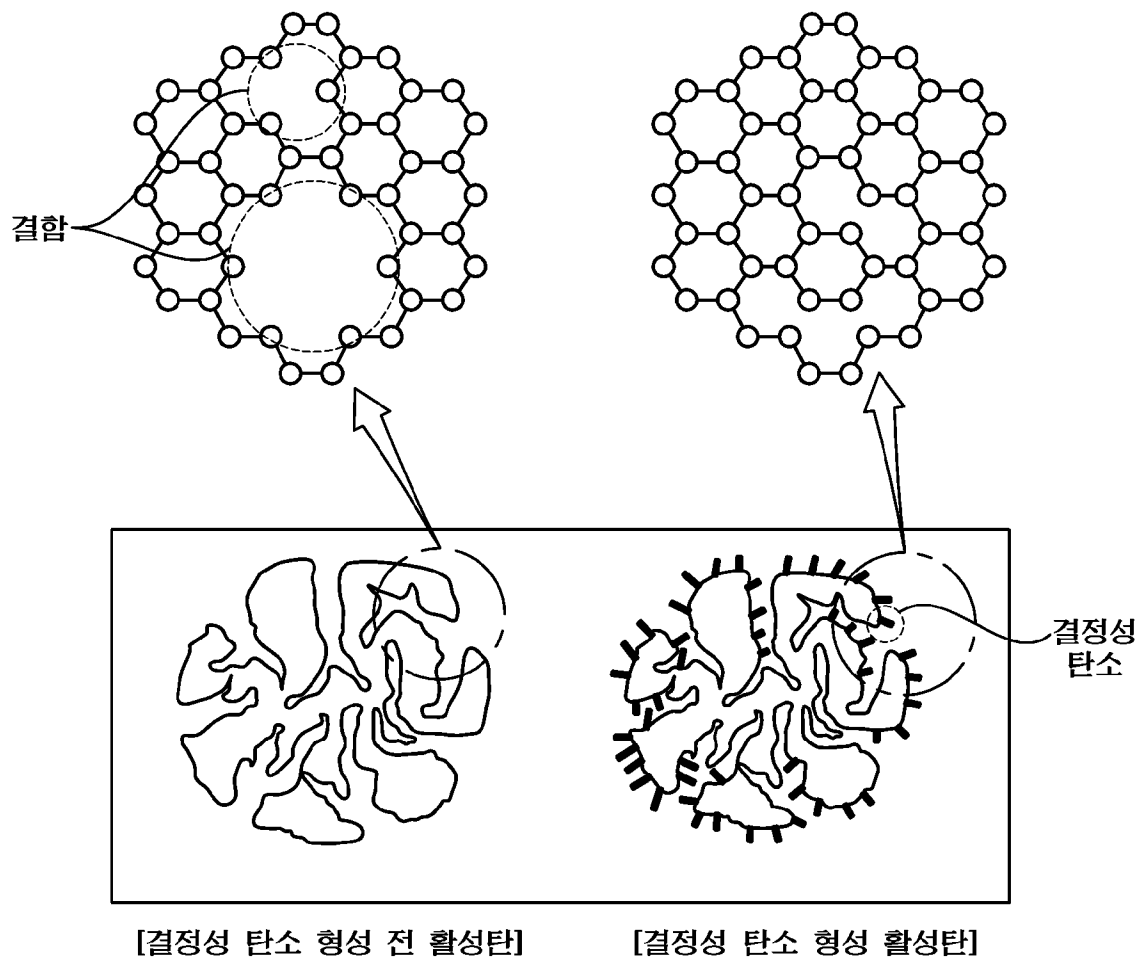


○ Ca^{2+}
 ● Mg^{2+}

[도5]



[도6]



INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/KR2024/001500

A. CLASSIFICATION OF SUBJECT MATTER**C02F 1/469**(2006.01)i; **C02F 1/461**(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)

C02F 1/469(2006.01); B82B 1/00(2006.01); C01B 31/02(2006.01); C02F 1/461(2006.01); C25B 1/04(2006.01);
C25B 11/06(2006.01); C25B 11/12(2006.01); H01M 8/1004(2016.01)

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: 전극(electrode), 축전식 탈염(capacitive deionization), 활성탄(activated carbon), 탄소(carbon), 탄화수소(hydrocarbon), 비표면적(specific surface area), 기공(pore)

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
Y	KR 10-2015-0019712 A (KOREA INSTITUTE OF ENERGY RESEARCH) 25 February 2015 (2015-02-25) See claims 1 and 8-11; and paragraphs [0043]-[0062].	1-15
Y	KR 10-2017-0114032 A (KOREA INSTITUTE OF ENERGY RESEARCH) 13 October 2017 (2017-10-13) See claims 1 and 15; and paragraph [0028].	1-15
A	KR 10-2004-0080868 A (NEXEN NANOTEC CO., LTD.) 20 September 2004 (2004-09-20) See abstract; and claims 1-7.	1-15
A	KR 10-2022-0012643 A (MOKPO NATIONAL UNIVERSITY INDUSTRY-ACADEMIA COOPERATION GROUP) 04 February 2022 (2022-02-04) See abstract; and claims 1-2.	1-15



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

“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

25 September 2024

Date of mailing of the international search report

26 September 2024

Name and mailing address of the ISA/KR

Korean Intellectual Property Office
Government Complex-Daejeon Building 4, 189 Cheongsaro, Seo-gu, Daejeon 35208

Facsimile No. +82-42-481-8578

Authorized officer

Telephone No.

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

International application No.

PCT/KR2024/001500

C. DOCUMENTS CONSIDERED TO BE RELEVANT

Category*	Citation of document, with indication, where appropriate, of the relevant passages	Relevant to claim No.
A	<p>KR 10-1963964 B1 (DOOSAN HEAVY INDUSTRIES & CONSTRUCTION CO., LTD.) 29 March 2019 (2019-03-29)</p> <p>See abstract; and claims 1-3.</p>	1-15

INTERNATIONAL SEARCH REPORT

Information on patent family members

International application No.

PCT/KR2024/001500

Patent document cited in search report			Publication date (day/month/year)	Patent family member(s)			Publication date (day/month/year)
KR	10-2015-0019712	A	25 February 2015	WO	2015-023072	A1	19 February 2015
KR	10-2017-0114032	A	13 October 2017	KR	10-1945884	B1	12 February 2019
KR	10-2004-0080868	A	20 September 2004	KR	10-0514186	B1	13 September 2005
KR	10-2022-0012643	A	04 February 2022	None			
KR	10-1963964	B1	29 March 2019	EP	3450402	A1	06 March 2019
				EP	3450402	B1	01 April 2020
				KR	10-2019-0023586	A	08 March 2019
				US	10867755	B2	15 December 2020
				US	2019-0066936	A1	28 February 2019

A. 발명이 속하는 기술분류(국제특허분류(IPC)) C02F 1/469(2006.01)i; C02F 1/461(2006.01)i		
B. 조사된 분야 조사된 최소문헌(국제특허분류를 기재) C02F 1/469(2006.01); B82B 1/00(2006.01); C01B 31/02(2006.01); C02F 1/461(2006.01); C25B 1/04(2006.01); C25B 11/06(2006.01); C25B 11/12(2006.01); H01M 8/1004(2016.01) 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: 전극(electrode), 축전식 탈염(capacitive deionization), 활성탄(activated carbon), 탄소(carbon), 탄화수소(hydrocarbon), 비표면적(specific surface area), 기공(pore)		
C. 관련 문헌		
카테고리*	인용문헌명 및 관련 구절(해당하는 경우)의 기재	관련 청구항
Y	KR 10-2015-0019712 A (한국에너지기술연구원) 2015.02.25 청구항 1, 8-11; 단락 [0043]-[0062]	1-15
Y	KR 10-2017-0114032 A (한국에너지기술연구원) 2017.10.13 청구항 1, 15; 단락 [0028]	1-15
A	KR 10-2004-0080868 A ((주)텍셀나노텍) 2004.09.20 요약; 청구항 1-7	1-15
A	KR 10-2022-0012643 A (목포대학교산학협력단) 2022.02.04 요약; 청구항 1-2	1-15
A	KR 10-1963964 B1 (두산중공업 주식회사) 2019.03.29 요약; 청구항 1-3	1-15
☐ 추가 문헌이 C(계속)에 기재되어 있습니다. ☒ 대응특허에 관한 별지를 참조하십시오.		
<p>* 인용된 문헌의 특별 카테고리:</p> <p>“A” 특별히 관련이 없는 것으로 보이는 일반적인 기술수준을 정의한 문헌</p> <p>“D” 본 국제출원에서 출원인이 인용한 문헌</p> <p>“E” 국제출원일보다 빠른 출원일 또는 우선일을 가지나 국제출원일 이후에 공개된 선출원 또는 특허 문헌</p> <p>“L” 우선권 주장에 의문을 제기하는 문헌 또는 다른 인용문헌의 공개일 또는 다른 특별한 이유(이유를 명시)를 밝히기 위하여 인용된 문헌</p> <p>“O” 구두 개시, 사용, 전시 또는 기타 수단을 언급하고 있는 문헌</p> <p>“P” 우선일 이후에 공개되었으나 국제출원일 이전에 공개된 문헌</p> <p>“T” 국제출원일 또는 우선일 후에 공개된 문헌으로, 출원과 상충하지 않으며 발명의 기초가 되는 원리나 이론을 이해하기 위해 인용된 문헌</p> <p>“X” 특별한 관련이 있는 문헌. 해당 문헌 하나만으로 청구된 발명의 신규성 또는 진보성이 없는 것으로 본다.</p> <p>“Y” 특별한 관련이 있는 문헌. 해당 문헌이 하나 이상의 다른 문헌과 조합하는 경우로 그 조합이 당업자에게 자명한 경우 청구된 발명은 진보성이 없는 것으로 본다.</p> <p>“&” 동일한 대응특허문헌에 속하는 문헌</p>		
국제조사의 실제 완료일 2024년09월25일 (25.09.2024)	국제조사보고서 발송일 2024년09월26일 (26.09.2024)	
ISA/KR의 명칭 및 우편주소 대한민국 특허청 (35208) 대전광역시 서구 청사로 189, 4동 (둔산동, 정부대전청사) 팩스 번호 +82-42-481-8578	심사관 허주형 전화번호 +82-42-481-5373	

국제조사보고서에서 인용된 특허문헌	공개일	대응특허문헌	공개일
KR 10-2015-0019712 A	2015/02/25	WO 2015-023072 A1	2015/02/19
KR 10-2017-0114032 A	2017/10/13	KR 10-1945884 B1	2019/02/12
KR 10-2004-0080868 A	2004/09/20	KR 10-0514186 B1	2005/09/13
KR 10-2022-0012643 A	2022/02/04	없음	
KR 10-1963964 B1	2019/03/29	EP 3450402 A1	2019/03/06
		EP 3450402 B1	2020/04/01
		KR 10-2019-0023586 A	2019/03/08
		US 10867755 B2	2020/12/15
		US 2019-0066936 A1	2019/02/28