



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2020-0070560
(43) 공개일자 2020년06월18일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C02F 1/469 (2006.01)

(52) CPC특허분류
C02F 1/4691 (2013.01)
C02F 2201/46105 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2018-0157809

(22) 출원일자 2018년12월10일

심사청구일자 2018년12월10일

(71) 출원인

충남대학교산학협력단

대전광역시 유성구 대학로 99 (궁동, 충남대학교)

(72) 발명자

이영석

대전광역시 유성구 엑스포로 488, 503-1101

김경훈

대전광역시 유성구 궁동로18번길 13, 401호

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

특허법인 플러스

전체 청구항 수 : 총 12 항

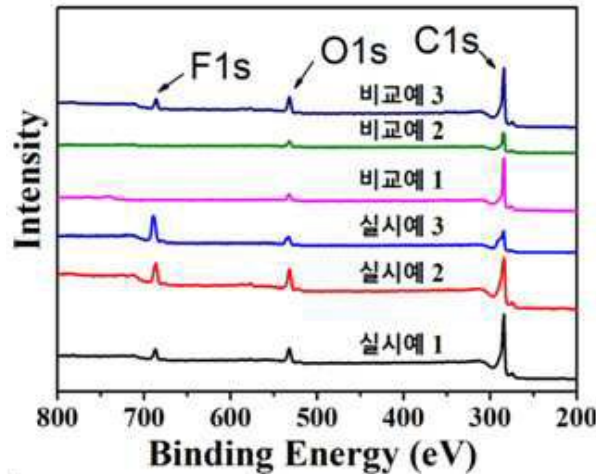
(54) 발명의 명칭 고용량, 고효율 축전식 탈염전극용 다공성탄소재 및 그 제조방법

(57) 요약

본 발명은 축전식 탈염전극용 다공성탄소재 및 그 제조방법을 제공한다. 보다 상세하게는 초음파를 처리하는 활성화 단계를 통해 보다 높은 함량으로 불소관능기가 도입된 축전식 탈염전극용 다공성탄소재 및 그 제조방법을 제공한다.

또한, 본 발명에 따른 축전식 탈염전극은 상기 불소관능기가 도입된 축전식 탈염전극용 다공성탄소재를 포함하는데, 이는 탈염공정의 재생단계에서 음이온이 반대전극에 재흡착되는 것을 방지하는 역할을 하며, 이에 의해 본 발명의 축전식 탈염전극은 고용량 및 고효율의 탈염성능을 갖는 특징이 있다.

대표도 - 도1



(72) 발명자

김민지

대전광역시 유성구 대학로 45, 508호

최예지

대전광역시 유성구 진잠로149번길 30 미메이드아파트 205-1202

강다희

대전광역시 유성구 상대남로 26, 908-1204

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 20164010201070

부처명 산업통상자원부

연구관리전문기관 한국에너지기술평가원

연구사업명 에너지인력양성사업-연구개발고급인력지원

연구과제명 미래시장 선점을 위한 LIB 음극 기술리더 양성 고급트랙

기 여 율 1/1

주관기관 충남대학교 산학협력단

연구기간 2016.06.01 ~ 2021.06.30

명세서

청구범위

청구항 1

다공성탄소재에 초음파를 처리하여 다공성탄소재 표면의 활성부위를 증가시키는 활성화 단계; 및
상기 활성화된 다공성탄소재와 불소 및 산소가스의 혼합가스를 반응시켜 다공성탄소재에 불소관능기를 도입하는 단계; 를 포함하는 축전식 탈염전극용 다공성탄소재의 제조방법.

청구항 2

제 1항에 있어서,

상기 활성화 단계의 다공성탄소재의 비표면적은 $1500\text{m}^2/\text{g}$ 이상인 것을 특징으로 하는 축전식 탈염전극용 다공성탄소재의 제조방법.

청구항 3

제 1항에 있어서,

상기 활성화 단계의 초음파 처리는 상온에서 20 내지 40kHz의 진동수 범위에서 10분 내지 30분간 이루어지는 것을 특징으로 하는 축전식 탈염전극용 다공성탄소재의 제조방법.

청구항 4

제 1항에 있어서,

상기 불소관능기를 도입하는 단계 이전에 전처리로서 반응기에 비활성가스를 주입하고 배기하는 과정을 1회 이상 실시하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 축전식 탈염전극용 다공성탄소재의 제조방법.

청구항 5

제 1항에 있어서,

상기 불소관능기를 도입하는 단계의 혼합가스의 주입은 반응기의 압력이 0.05 내지 0.1bar/min의 속도로 증가되도록 이루어지는 것을 특징으로 하는 축전식 탈염전극용 다공성탄소재의 제조방법.

청구항 6

제 1항에 있어서,

상기 불소관능기를 도입하는 단계의 반응기 내의 불소가스의 분압은 0.1 내지 0.3bar인 것을 특징으로 하는 축전식 탈염전극용 다공성탄소재의 제조방법.

청구항 7

제 1항에 있어서,

상기 불소관능기를 도입하는 단계는 상온에서 10 내지 60분간 이루어지는 것을 특징으로 하는 축전식 탈염전극용 다공성탄소재의 제조방법.

청구항 8

제 1항에 있어서,

상기 불소관능기가 도입된 다공성탄소재 표면의 불소 원소의 비율은 탄소, 산소 및 불소 원소 100At%에 대하여 5 내지 21At%인 것을 특징으로 하는 축전식 탈염전극용 다공성탄소재의 제조방법.

청구항 9

제 1항 내지 제 8항 중 어느 한 항에 따라 제조된 축전식 탈염전극용 다공성탄소재.

청구항 10

제 9항에 따른 축전식 탈염전극용 다공성탄소재, 바인더 및 도전재를 포함하는 축전식 탈염전극.

청구항 11

제 10항에 있어서, 상기 바인더는 상기 다공성탄소재, 바인더 및 도전재 총 100wt%에 대하여 5 내지 15wt% 함량인 것을 특징으로 하는 축전식 탈염전극.

청구항 12

제 10항에 있어서, 상기 도전재는 상기 다공성탄소재, 바인더 및 도전재 총 100wt%에 대하여 5 내지 15wt% 함량인 것을 특징으로 하는 축전식 탈염전극.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 축전식 탈염전극용 다공성탄소재의 제조방법 및 이에 의해 제조된 축전식 탈염전극용 다공성탄소재에 관한 것이다.

[0002] 또한 본 발명은 상기 축전식 탈염전극용 다공성탄소재를 포함하는 고용량, 고효율의 축전식 탈염전극에 관한 것이다.

배경 기술

[0003] 물의 수요는 지속적으로 증가하고 있는데 반하여, 물의 공급은 대부분 강수량에 의존하고 있고, 환경문제로 인한 수질악화는 심화되고 있어 사용 가능한 물의 양은 감소하고 있는 추세이다.

[0004] 이와 같은 물 부족 현상을 해결하기 위한 여러 가지 방안이 연구되어 왔고, 그 중에서도 바닷물을 이용하여 이를 극복하려는 연구가 활발하게 진행되어 왔다. 이러한 바닷물을 이용한 연구는 지역의 특성과 상황에 따라 다양한 방법이 연구되어 왔는데, 그 예로 이온교환법, 증발법, 전기투석법, 역삼투막법 등의 연구가 있다.

[0005] 하지만, 이온교환법의 경우 대부분의 이온성 물질들을 효과적이면서도 경제적으로 분리할 수 있다는 장점을 갖고 있지만 이온교환이 완료된 수지를 재생하는 과정에서 다량의 산, 염기, 또는 고농도의 염 폐액이 발생한다는 단점을 가지고 있다. 또한 증발법의 경우 원리 및 장치가 단순하고 고순도의 담수를 얻을 수 있는 장점이 있으나, 다른 방법들에 비해 월등히 많은 에너지 비용을 요구하는 단점이 있다. 전기투석법과 역삼투막법은 분리막 기술이 적용되는데, 이는 막의 주기적인 교체, 막 오염으로 인한 처리수의 급격한 감소, 운전과정에서 에너지 소모가 증가하는 문제점을 가지고 있다.

[0006] 이러한 종래방법의 문제점을 해결할 수 있는 새로운 탈염기술로서 전기화학적 방법을 이용한 축전식 탈염(capacitive deionization, CDI)기술에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다. 이러한 축전식 탈염공정의 기본 원리는 전기가중층에 기초하여 탄소 전극을 사용하여 전기적으로 이온을 흡착시키는 것으로, 두 개의 다공성 탄소 전극에 1 내지 2V의 전압을 걸어주고 그 사이로 이온이 함유된 물을 흘려주면 양이온은 음극에, 음이온은 양극에 흡착되어 이온이 제거되는 원리이다. 포화된 전극은 단락시키거나, 역전위를 가하여 흡착된 이온을 탈착함으로써 재생할 수 있다. 이렇게 축전식 탈염기술은 전위를 인가했을 때 전극표면의 전기가중층에서의 전기적인 인력에 의한 이온들의 흡착 반응을 이용하기 때문에 낮은 전위에서 작동하고 그 결과 에너지 소비량이 다른 분리 공정에 비해 월등히 낮다는 장점이 있다.

[0007] 다만, 이러한 축전식 탈염공정은 상대적으로 낮은 제거효율을 갖는 문제점이 있다. 이러한 문제를 해결하기 위한 방안으로 탈염공정의 재생단계에서 탈착되는 이온이 반대전극에 재흡착되는 것을 방지하는 방안이 있다. 이를 위해 일반적으로 전극 사이에 이온교환막을 삽입하여 이온선택성을 갖도록 함으로써 탈염공정을 진행하고 있다. 하지만 이온교환막은 높은 비용과 반복사용효율이 낮다는 단점을 가지고 있어, 이에 대한 연구가 필요하였다.

선행기술문헌

특허문헌

[0008] (특허문헌 0001) 대한민국 등록특허공보 제 10-0461735호

발명의 내용

해결하려는 과제

[0009] 본 발명의 목적은 축전식 탈염전극용 다공성탄소재의 제조방법 및 이에 의해 제조된 축전식 탈염전극용 다공성탄소재를 제공하는 것이다.

[0010] 또한 본 발명은 상기 목적을 구현하면서, 탈염공정의 재생단계에서 음이온이 반대전극에 재흡착되는 것을 방지함으로써 고용량, 고효율을 갖는 축전식 탈염전극을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0011] 상술한 목적을 달성하기 위하여 본 발명은,

[0012] 다공성탄소재에 초음파를 처리하여 다공성탄소재 표면의 활성부위를 증가시키는 활성화 단계; 및

[0013] 상기 활성화된 다공성탄소재와 불소 및 산소가스의 혼합가스를 반응시켜 다공성탄소재에 불소관능기를 도입하는 단계; 를 포함하는 축전식 탈염전극용 다공성탄소재의 제조방법을 제공한다.

[0014] 또한 본 발명은, 상기 제조방법에 의해 제조된 축전식 탈염전극용 다공성탄소재를 제공한다.

[0015] 또한 본 발명은, 상기 축전식 탈염전극용 다공성탄소재를 포함하는 고용량, 고효율의 축전식 탈염전극을 제공한다.

발명의 효과

[0016] 본 발명에 의할 경우, 축전식 탈염전극용 다공성탄소재를 제조할 수 있다.

[0017] 보다 상세하게는 초음파 처리를 통해 보다 높은 함량으로 불소관능기가 도입된 축전식 탈염전극용 다공성탄소재를 제조할 수 있다.

[0018] 또한, 본 발명에 따른 축전식 탈염전극은 상기 불소관능기가 도입된 축전식 탈염전극용 다공성탄소재를 포함하는데, 이는 탈염공정의 재생단계에서 음이온이 반대전극에 재흡착되는 것을 방지하는 역할을 함으로써 탈염전극이 고용량 및 고효율의 탈염성을 갖도록 해준다.

도면의 간단한 설명

[0019] 도 1은 실시예 1 내지 3 및 비교예 1 내지 3의 XPS 분석 결과이다.

도 2는 실시예 1 내지 3 및 비교예 1 내지 3의 질소 흡착등온선이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0020] 이하에서 본 발명에 대하여 구체적으로 설명한다.

[0021] 본 명세서에서 사용되는 모든 용어(기술 및 과학적 용어를 포함)는 다른 정의가 없다면 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 공통적으로 이해될 수 있는 의미로 사용될 수 있을 것이다. 명세서 전체에서 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함"한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미한다. 또한 단수형은 문구에서 특별히 언급하지 않는 한 복수형도 포함한다.

[0022] 본 발명은 축전식 탈염전극용 다공성탄소재의 제조방법을 제공하는데, 그 제조방법은, 다공성탄소재에 초음파를 처리하여 다공성탄소재 표면의 활성부위를 증가시키는 활성화 단계; 및 상기 활성화된 다공성탄소재와 불소 및 산소가스의 혼합가스를 반응시켜 다공성탄소재에 불소관능기를 도입하는 단계; 를 포함한다.

[0023] 상기 활성화 단계는 후속단계에서 불소관능기를 보다 높은 함량으로 다공성탄소재에 도입하기 위함이며, 상기

불소관능기를 도입하는 단계는 본 발명의 목적 중의 하나인 고용량, 고효율의 축전식 탈염전극용 다공성탄소재를 제조하기 위함이다.

- [0024] 상기 활성화 단계의 다공성탄소재는 다공성 특성이 있는 탄소재라면 어느 것을 사용하여도 무방하다. 즉, 본 발명의 다공성탄소재는 통상의 다공성을 갖는 탄소재는 물론 폴리아크릴로나이트릴, 폐놀계, 석유계, 셀룰로오스계 등의 탄소전구체로부터 제조된 다공성탄소재 등도 사용이 가능하다. 또한, 본 발명의 다공성탄소재의 형상은 분말상, 섬유상 등 어느 형상이든 사용 가능하며, 일 예로 미세하게 분쇄된 것을 사용할 수 있다.
- [0025] 상기 활성화 단계의 다공성탄소재의 비표면적은 특별히 제한되는 것은 아니나, 1500m²/g 이상인 것이 바람직하다. 이는 다공성탄소재의 비표면적이 클수록 흡착할 수 있는 이온의 양이 증가하고 이에 따라 이를 포함하는 탈염전극의 탈염량도 증가되기 때문이다. 따라서 축전식 탈염전극용 다공성탄소재를 제조하기 위해서는 비표면적이 1500m²/g 이상인 다공성탄소재를 사용하는 것이 바람직하나, 반드시 이에 한정되는 것은 아니다.
- [0026] 상기 활성화 단계의 초음파의 처리는 초음파 발생기를 통하여 이루어질 수 있다. 이때 특별히 제한되는 것은 아니지만, 초음파 처리는 상온에서 20 내지 40kHz의 진동수 범위에서 10분 내지 30분간 이루어지는 것이 바람직하다. 이는 후속단계에서 적정 수준으로 불소관능기를 도입하면서도, 과불소화가 진행되는 것을 방지할 수 있기 때문이다.
- [0027] 상기 불소관능기를 도입하는 단계 이전에 전처리로서 반응기에 비활성가스를 주입하고 배기하는 과정을 1회 이상 실시하는 것이 바람직하다. 이는 불소관능기의 도입 과정에서 원치 않는 부반응이 발생하는 것을 방지하기 위함이며, 상기 비활성가스는 아르곤, 질소가스 등 비활성 가스로 알려진 어느 것을 사용하여도 무방하다.
- [0028] 상기 불소관능기를 도입하는 단계는 상기 활성화된 다공성탄소재를 반응기에 넣고 불소 및 산소가스의 혼합가스를 주입하여 이루어진다. 이때 혼합가스의 주입은 특별히 제한되는 것은 아니나, 반응기의 압력이 0.05 내지 0.1bar/min의 속도로 증가되도록 이루어지는 것이 바람직하다. 이는 불필요하게 공정시간이 길어지거나 불소관능기가 도입된 다공성탄소재의 수거가 어려워지는 것을 방지할 수 있기 때문이다.
- [0029] 상기 불소관능기를 도입하는 단계의 반응기 내의 불소가스의 분압은 특별히 제한되는 것은 아니지만, 0.1 내지 0.3bar인 것이 바람직하다. 이는 다공성탄소재에 적정 수준의 불소관능기를 도입하면서도, 과불소화가 진행되어 기공 구조의 변형이 지나치게 이루어지는 것을 방지할 수 있기 때문이다.
- [0030] 상기 불소관능기를 도입하는 단계는 상온에서 10 내지 60분간 이루어지는 것이 바람직한데, 이는 상술한 바와 같이 다공성탄소재에 적정 수준의 불소관능기를 도입하면서도, 과불소화가 진행되어 기공 구조의 변형이 지나치게 이루어지는 것을 방지할 수 있기 때문이며, 반드시 이에 한정되는 것은 아니다.
- [0031] 상기 불소관능기가 도입된 다공성탄소재 표면의 불소 원소의 비율은 특별히 제한되는 것은 아니나, 탄소, 산소 및 불소 원소 100At%에 대하여 5 내지 21At%인 것이 바람직하다. 다공성탄소재에 도입된 적정 수준의 불소관능기는 탈염공정의 재생단계에서 음이온이 반대전극에 재흡착되는 것을 방지함으로써 탈염전극의 탈염량을 증가시킬 수 있기 때문이다. 또한, 과도한 불소관능기의 도입으로 발생하는 다공성탄소재의 비표면적 감소 및 이에 따른 탈염전극의 탈염량 감소를 방지할 수 있다.
- [0032] 또한 본 발명은 상술한 제조방법에 따른 축전식 탈염전극용 다공성탄소재를 제공하고, 이는 고용량, 고효율을 갖는 축전식 탈염전극을 제조하는데 사용될 수 있다.
- [0033] 본 발명의 고용량, 고효율의 축전식 탈염전극은 상기 축전식 탈염전극용 다공성탄소재와 바인더 및 도전재를 포함할 수 있다.
- [0034] 본 발명의 축전식 탈염전극은 상기 축전식 탈염전극용 다공성탄소재, 바인더 및 도전재를 용매에 용해시켜 슬러리를 제조하고, 이를 집전체 위에 코팅하고 건조하는 과정을 통해 제조할 수 있다.
- [0035] 바인더란 일정량 첨가되어 전극을 안정화 시키는 것으로서, 본 발명의 바인더는 통상의 축전식 탈염전극의 제조 방법에서 사용되는 바인더를 사용할 수 있으며, 일 예로 폴리비닐리덴플로라이드(PVDF), 폴리스타이렌트라이엔리버(SBR), 폴리테트라플로라이드에틸렌(PTFE), 폴리우레탄(PU) 등을 사용할 수 있다.
- [0036] 상기 바인더는 특별히 제한되는 것은 아니나, 상기 다공성탄소재, 바인더 및 도전재 총 100wt%에 대하여 5 내지 15wt%의 함량을 갖는 것이 바람직하다. 이는 바인더가 과량 첨가되는 경우 발생할 수 있는 다공성탄소재 계면에서의 과도한 저항 증가를 방지할 수 있기 때문이다.
- [0037] 도전재란 도전성능을 향상시키는 것으로서, 본 발명의 도전재는 통상의 축전식 탈염전극의 제조방법에서 사용되

는 도전재를 사용할 수 있으며, 일 예로 아세틸렌블랙, 케첸블랙, XCF 카본, SRF 카본, 전도성 고분자 (conducting polymer)분말, 무기염(LiCl, NaCl, KCl) 등을 사용할 수 있다.

[0038] 상기 도전재는 특별히 제한되는 것은 아니나, 상기 다공성탄소재, 바인더 및 도전재 총 100wt%에 대하여 5 내지 15wt%의 함량을 갖는 것이 바람직하다. 이는 도전재가 과량으로 첨가되어 발생할 수 있는 축전능의 저하를 방지할 수 있기 때문이다.

[0039] 집전체란 전극에서 전기를 모아 외부로 전달하거나 전달받고자 쓰는 얇은 막으로서, 본 발명의 집전체는 통상의 축전식 탈염전극의 제조방법에서 사용되는 집전체를 사용할 수 있으며, 일 예로 알루미늄, 니켈, 구리, 티타늄, 철, 스테인레스 스틸 및 흑연 등의 성분 중에서 선택된 어느 하나 또는 둘 이상을 포함하는 시트, 박막 또는 평직 금망 형태 등을 사용할 수 있다.

[0040] 상기 용매는 통상의 전극 슬러리 제조용 용매를 사용할 수 있으며, 일 예로 N-메틸-2-피롤리돈(NMP), 트리클로로에틸렌(TCE), 디메틸포름아마이드(DMF), 디메틸아세트아마이드(DMAc) 등을 사용할 수 있다.

[0041] 이하 본 발명의 바람직한 실시예 및 비교예를 기재한다. 그러나 하기 실시예는 본 발명의 바람직한 일 실시예일 뿐 본 발명이 하기 실시예에 한정되는 것은 아니다.

실시예 1

[0042] 증류수와 다공성탄소재(입자 크기: <75 μ m)가 혼합된 비이커를 20kHz의 진동수를 갖는 초음파 발생기를 사용하여 상온에서 10분 동안 활성화 처리한 후, 100℃의 오븐에서 건조하였다.

[0043] 상기 활성화 후 건조된 다공성탄소재를 반응기에 넣고, 전처리 공정으로서 산소가스를 주입 하고 감압하여 배기하는 과정을 3회 수행하였다.

[0044] 다음으로 반응기 압력이 0.9bar가 될 때까지 산소가스를 주입 후, 최종적으로 반응기 압력이 1.0bar가 될 때까지 불소가스를 주입하였다. 상온에서 10분간 반응시켜 활성화된 다공성탄소재에 불소관능기를 도입하였다. 이때 불소 및 산소가스의 주입은 반응기 압력이 0.1bar/min의 속도로 증가되도록 하였다.

[0045] 다음으로 상기 불소관능기가 도입된 다공성탄소재와 폴리비닐리덴플로라이드(PVDF; polyvinylidene fluoride), 전도성 카본블랙을 8:1:1의 중량비로 1-메틸-2-피롤리돈(NMP; 1-Methyl-2-pyrrolidinone) 용매에 용해시켜 슬러리를 제조한 후, 그라파이트 시트(두께 200 μ m) 위에 두께 100 μ m로 코팅하고 건조하여 축전식 탈염전극을 제조하였다. 최종적으로 상기 전극을 90x90mm의 크기로 절단한 후, 중앙에 직경 1cm의 구멍을 뚫어 용액이 전극의 사면에서 중앙으로 빠져 나갈 수 있도록 구성하였다. 이때, 유로를 확보하기 위하여 양 전극 사이에 스페이서(나일론6, 200mesh)를 넣어 셀을 구성하였다.

[0046] 상기 불소관능기가 도입된 다공성탄소재에 대한 XPS(X-ray photoelectron spectroscopy)분석을 수행하여 도 1에 기재하였다. Thermo Fisher Scientific사의 VG Multilab 2000모델을 사용하여 측정하였으며, 이때 탄소(C)1s 영역, 산소(O)1s 영역, 불소(F)1s 영역의 적분 값의 비율로부터 다공성탄소재 표면의 탄소, 산소 및 불소 원소비율을 하기 표 1에 나타내었다.

[0047] 상기 불소관능기가 도입된 다공성탄소재에 대한 비표면적 및 기공특성의 평가를 77K 질소 흡착법을 이용하여 그 결과를 표 2에 나타내었고, 흡착등온선은 도 2에 기재하였다. Micromeritics의 ASAP 2020을 사용하여 수행하였다. 시료는 0.2g을 사용 하였고, 진공상태, 150℃에서 1시간 전처리 후 분석하였다.

[0048] 상기 제조된 탈염전극을 (-)극, 후술하는 비교예 1의 전극을 (+)극으로 셀을 구성하고, 축전식 탈염 셀에 농도 500mg/L의 염화나트륨(NaCl) 수용액을 20ml/min의 속도로 공급하였다. 전극 전위를 1.2V로 일정하게 인가하여 5분 동안 흡착시킨 후, 전극 전위를 5분 동안 단락시켜 재생(탈착)하는 방식으로 운전하였다. 상기 방식으로 10회 수행한 후 다음 회에 측정할 총 용존 고형물(Total dissolved solid; TDS)의 변화량과 사용된 전극의 무게로부터 단위질량당 탈염량(mg/g)을 계산하였으며, 그 결과를 하기 표 3에 나타내었다.

실시예 2

[0049] 상기 실시예 1의 불소관능기를 도입하는 단계에서, 산소가스를 0.8bar, 불소가스를 0.2bar 주입한 것을 제외하고 상기 실시예 1과 동일하게 수행하여 전극을 제조하였다.

실시예 3

[0050] 상기 실시예 1의 불소관능기를 도입하는 단계에서, 산소가스를 0.7bar, 불소가스를 0.3bar 주입한 것을 제외하고 상기 실시예 1과 동일하게 수행하여 전극을 제조하였다.

[0051] <비교예 1>

[0052] 상기 실시예 1에서, 활성화 단계 및 불소관능기를 도입하는 단계를 실시하지 않은 것을 제외하고 상기 실시예 1과 동일하게 수행하여 전극을 제조하였다.

[0053] <비교예 2>

[0054] 상기 실시예 1에서, 불소관능기를 도입하는 단계를 실시하지 않은 것을 제외하고 상기 실시예 1과 동일하게 수행하여 전극을 제조하였다.

[0055] <비교예 3>

[0056] 상기 실시예 1에서, 활성화 단계를 실시하지 않은 것을 제외하고 상기 실시예 1과 동일하게 수행하여 전극을 제조하였다.

표 1

[0057]

구 분	Elemental content (At%)		
	C1s	O1s	F1s
실시예1	83.83	10.74	5.43
실시예2	77.66	9.7	12.64
실시예3	69.68	10.11	20.21
비교예1	92.5	7.5	-
비교예2	90.15	9.85	-
비교예3	87.06	8.77	4.17

[0058] 도 1로부터 상기 불소관능기를 도입하는 단계를 실시하지 않은 다공성탄소재(비교예 1 및 2)에서는 불소피크가 관찰되지 않는 것을 확인할 수 있다. 반면 상기 불소관능기를 도입하는 단계를 실시한 다공성탄소재(실시예 1 내지 3 및 비교예 3)에서는 불소피크가 관찰되는 것을 확인할 수 있다. 이것으로 보아 불소관능기를 도입하는 단계를 통해 다공성탄소재에 불소관능기가 도입되는 것을 확인할 수 있으며, 피크의 세기를 통해 불소 분압에 따라 도입되는 불소관능기의 양을 조절할 수 있는 것도 확인할 수 있다. 또한, 활성화 단계 후 불소관능기를 도입한 실시예 1 내지 3의 경우, 활성화 단계 없이 불소관능기를 도입한 비교예 3 보다 불소피크의 세기가 강한 것을 관찰할 수 있으며, 이로부터 활성화 단계를 실시한 후 불소관능기를 도입하는 경우 도입되는 불소관능기의 양이 증가하는 것을 확인할 수 있다. 표 1을 통해 수치적으로도 상술한 내용을 확인할 수 있다.

표 2

[0059]

구분	비표면적	기공 부피	마이크로 세공 부피	메소 세공 부피
	(m ² /g)	(cm ³ /g)	(cm ³ /g)	(cm ³ /g)
실시예1	2286	0.97	0.75	0.22
실시예2	2036	0.94	0.74	0.20
실시예3	1975	0.88	0.80	0.08
비교예1	2338	1.27	0.97	0.30
비교예2	2319	1.21	0.89	0.32
비교예3	2294	1.01	0.79	0.22

[0060] 상기 표 2에서 알 수 있듯이, 불소관능기가 도입된 실시예 1 내지 3의 경우 불소관능기가 도입되지 않은 비교예 1 내지 2에 비하여 불소가스에 의한 기공의 식각으로 인하여 비표면적이 감소된 것을 확인할 수 있다. 또한, 활성화 단계 후 불소관능기를 도입한 실시예 1의 경우 활성화 단계 없이 불소관능기를 도입한 비교예 3에 비하여 비표면적의 감소가 있으나 그 양은 매우 적다는 것을 확인할 수 있다.

표 3

구분	실시예 1	실시예 2	실시예 3	비교예 1	비교예 2	비교예 3
탈염량 (mg/g)	12.8	15.1	17.4	10.7	10.3	12.1

[0061]

[0062]

상기 표 3에서 확인할 수 있듯이, 활성화 단계 후 불소관능기를 도입한 다공성탄소재를 포함한 실시예 1 내지 3의 전극의 경우, 불소관능기가 도입되지 않은 다공성탄소재를 포함한 비교예 1 내지 2의 전극에 비하여 최대 62.6%의 높은 탈염량의 증가를 보였다. 이로부터 불소관능기가 도입된 경우 비표면적의 감소에도 불구하고 탈염량이 현저히 증가하는 것을 확인할 수 있다.

[0063]

또한, 실시예 1 내지 3으로부터 불소관능기의 비율이 증가할수록 탈염량이 증가하는 것을 확인할 수 있다.

[0064]

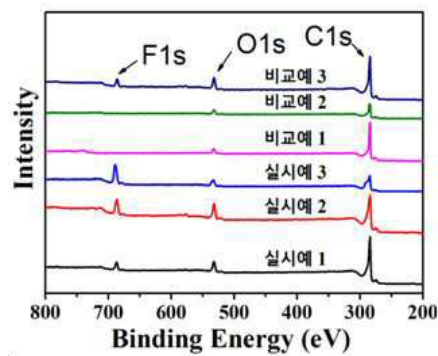
또한, 실시예 1 및 비교예 3으로부터 활성화 단계 후 불소관능기를 도입한 경우, 활성화 단계 없이 불소관능기를 도입한 경우보다 도입된 불소관능기의 양이 증가함으로써 탈염량 또한 증가하는 것을 확인할 수 있다.

[0065]

상기의 결과로부터 불소관능기가 도입된 다공성탄소재를 포함한 탈염전극은 음전하를 띄게 되어 탈염공정의 재생단계에서 음이온이 반대전극에 재흡착되는 것을 방지함으로써 탈염량을 증가시킬 수 있음을 확인할 수 있다.

도면

도면1



도면2

