



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2015년06월09일

(11) 등록번호 10-1526246

(24) 등록일자 2015년06월01일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
 C25B 11/04 (2006.01) C02F 1/469 (2006.01)  
 C25B 11/12 (2006.01)  
 (21) 출원번호 10-2013-0071347  
 (22) 출원일자 2013년06월21일  
 심사청구일자 2013년06월21일  
 (65) 공개번호 10-2014-0148016  
 (43) 공개일자 2014년12월31일  
 (56) 선행기술조사문헌  
 KR100004873 B1  
 KR1020050075811 A  
 KR101020729 B1  
 Jeong-Wom Lee et al. Journal of the Korean  
 Electrochemical Society. 2009, Vol. 12, pp.  
 287-294.

(73) 특허권자  
 서울대학교산학협력단  
 서울특별시 관악구 관악로 1 (신림동)  
 (72) 발명자  
 윤제용  
 서울특별시 서초구 명달로6길 31, 101동 1004호  
 (서초동, 서초1차 e-편한세상)  
 김춘수  
 서울특별시 도봉구 해동로 307, 103동 1001호 (방  
 학동, 우성2차아파트)  
 (뒷면에 계속)  
 (74) 대리인  
 박영우

전체 청구항 수 : 총 13 항

심사관 : 정승두

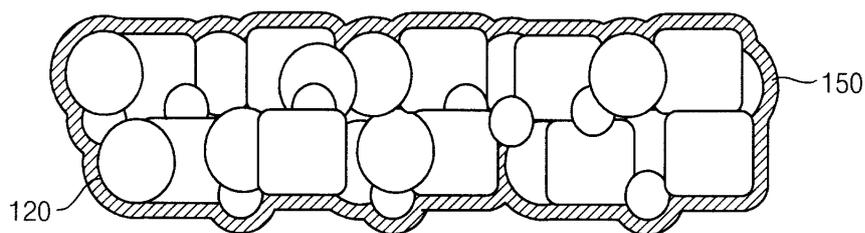
(54) 발명의 명칭 수처리용 복합전극 및 이의 제조방법, 이를 포함하는 수 처리장치

(57) 요약

전기화학적 탄소전극의 특성과 표면특성이 개질된 수처리용 복합전극이 개시되어 있다. 상기 제올라이트 복합전극은 활물질 65 내지 88 중량%, 탄소를 포함하는 전도성 물질 10 내지 25 중량% 및 바인더 2 내지 10중량%를 포함하는 탄소전극과 상기 탄소전극의 표면에 코팅된 금속산화물 박막을 포함한다. 상술한 구성을 갖는 복합 전극이 적용되는 수처리 장치는 전기화학적 특성의 변화없이 이온의 제거효율이 증가되는 고효율의 수처리 시스템을 구축할 수 있다.

대표도 - 도1

100



(72) 발명자

**이재한**

서울특별시 종로구 통일로 246-10, 111동 1802호  
(무악동, 무악현대아파트)

**김태영**

서울특별시 송파구 송파대로32길 33, 101동 1102호  
(가락동, 가락동부센터빌)

**박희진**

경상남도 거제시 능포로2길 38, 101동 1504호 (능포동, 옥명대우아파트)

---

**명세서**

**청구범위**

**청구항 1**

수처리 공정시 양이온을 제거하기 위한 적용되는 수처리용 전극에 있어서,  
 활물질, 탄소를 포함하는 전도성 물질 및 상기 활물질과 전도성 물질을 결합시키는 바인더를 포함하는 탄소전극; 및  
 상기 탄소전극의 표면에 코팅된 금속산화물 박막을 포함하는 수처리용 복합전극.

**청구항 2**

제 1항에 있어서, 상기 금속산화물 박막은 20 내지 150 $\mu$ m의 두께를 갖는 것을 특징으로 하는 수처리용 복합전극.

**청구항 3**

제 1항에 있어서, 상기 탄소전극은 활물질 65 내지 85 중량부, 전도성 물질 10 내지 25 중량부, 바인더 2 내지 10 중량부를 포함하는 것을 특징으로 하는 수처리용 복합전극.

**청구항 4**

제 1항에 있어서, 상기 탄소를 포함하는 전도성 물질은 나노 크기 갖는 탄소 입자인 것을 특징으로 하는 수처리용 복합전극.

**청구항 5**

제 1항에 있어서, 상기 바인더는 폴리테트라플루오르에틸렌(PTFE), 폴리플루오린화비닐리덴(PVDF), 및 폴리플루오린화비닐(PVF)로 이루어진 군에서 선택된 어느 하나의 불소수지인 것을 특징으로 하는 수처리용 복합전극.

**청구항 6**

활물질, 탄소를 포함하는 전도성 물질 및 상기 활물질과 전도성 물질을 결합시키는 바인더가 혼합된 탄소전극 형성용 페이스트를 마련하는 단계;  
 상기 탄소전극 형성용 페이스트를 전극 형상을 갖도록 성형하는 단계;  
 성형된 탄소전극 형성용 페이스트를 건조시켜 수처리용 탄소전극을 형성하는 단계; 및  
 수처리용 탄소전극의 표면에 금속산화물 박막을 형성하는 단계를 포함하는 수처리용 복합전극의 제조방법.

**청구항 7**

제 6항에 있어서, 상기 금속산화물 박막은 금속전구체를 졸겔 코팅 방법으로 형성하는 것을 특징으로 하는 수처리용 복합전극의 제조방법.

**청구항 8**

제 7항에 있어서, 상기 금속전구체는 티타늄 전구체, 알루미늄 전구체, 마그네슘전구체 및 실리콘 전구체로 이루어진 군에서 선택된 어느 하나를 사용하는 것을 특징으로 하는 수처리용 복합전극의 제조방법.

**청구항 9**

제 6항에 있어서, 상기 금속산화물 박막은 20 내지 150 $\mu$ m의 두께를 갖도록 형성하는 것을 특징으로 하는 수처리용 복합전극의 제조방법.

**청구항 10**

활물질, 탄소를 포함하는 전도성 물질 및 상기 활물질과 전도성 물질을 결합시키는 바인더를 포함하는 수처리용 탄소 복합 전극 및 상기 수처리용 탄소복합 전극의 표면에 형성된 금속산화물 박막을 포함하는 수처리용 복합 전극;

상기 수처리용 복합 전극체와 마주하는 상대전극; 및

상기 수처리용 복합 전극체와 상대전극에 전원을 인가하는 전원 제공부를 포함하는 것을 특징으로 하는 수처리 장치.

**청구항 11**

제 10항에 있어서, 상기 금속산화물 박막은 금속산화물 전구체를 졸겔 코팅 방법으로 20 내지 150 $\mu$ m의 두께를 갖도록 형성된 것을 특징으로 하는 수처리 장치.

**청구항 12**

제 10항에 있어서, 상기 수처리용 복합전극과 상기 상대전극 사이에 위치하는 분리막을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 수처리 장치.

**청구항 13**

제 10항에 있어서, 상기 상대전극으로 탄소를 포함하는 탄소전극 또는 금속을 포함하는 금속전극을 적용되는 것을 특징으로 하는 수처리 장치.

**발명의 설명**

**기술 분야**

[0001] 본 발명은 수 처리용 복합전극과 이의 제조방법 및 수 처리용 복합전극을 포함하는 수 처리장치에 관한 것으로, 보다 구체적으로는 금속산화물 박막으로 표면이 개질화된 수처리용 복합전극과 이의 제조방법 및 이를 포함하는 수 처리장치에 관한 것이다.

**배경 기술**

[0002] 세계적으로 지구 온난화에 의한 가뭄 현상 심화, 지하수 고갈, 사막화 진행과, 인구 증가, 산업화에 의한 생활 및 산업 용수 사용 증가로 인하여 물의 자원으로서의 가치가 증대되고 있어, 해수의 담수화나 생활 및 산업 폐수의 재활용화 등이 새로운 이슈로 등장하고 있다. 또한 산업용 초순수의 제조에 대한 관심이 높아지고, 생활면에서는 먹고, 씻을 맑은 물의 수요가 증가함에 따라 고효율의 이온 제거 장치의 개발에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다.

[0003] 또한, 경수(hard water)를 공업용수 및 생활용수로 사용할 경우 세제가 잘 풀리지 않을 뿐만 아니라 이가 양이온( $Ca^{2+}$ ,  $Mg^{2+}$  등)에 의한 스케일의 형성으로 공업적, 위생적 문제를 야기한다. 따라서 경수의 사용으로 인한 피해를 줄이기 위해서는 연수화 공정이 필수적이며, 이에 대한 기술력 개발이 활발히 진행되고 있다. 또한, 수중에 존재하는 방사성  $Cs^+$  이온의 제거 및  $Li^+$  이온 등의 회수는 환경 및 공업 분야에서 중요하게 인식되고 있다

[0004] 현재 이온물질을 제거하는 기술은 주로 증발법, 역삼투막법 및 이온교환수지법을 이용하고 있으며, 증발법과 역삼투막법은 높은 에너지 소비에 따른 운전비용 및 운전상의 문제점 등을 가지고 있고 가장 폭 넓게 사용하는 이온교환수지법은 재생할 때 산(Acid)이나 소금(NaCl)을 과량 사용하므로 2차 오염물질을 만드는 단점을 가지고 있다.

[0005] 기존의 용존 이온 제거기술들이 가진 단점들을 보완하고 저 에너지 소비형의 새로운 이온 제거기술을 개발하고자 세계 여러 나라에서 연구들이 진행 중이며, 이러한 신 개념의 이온 제거기술에는 미국 LLNL, Sabrex of Texas 등에서 개발 중에 있는 전기 흡착식 이온제거(CDI ; Capacitive Deionization) 기술이 있다.

[0006] 전기 흡착식 이온 제거기술인 CDI기술은 다른 방법들에 비해 에너지 소비량이 적으며 기존의 이온 제거기술에서와 달리 화학약품에 의한 세정이 필요 없어 2차 오염이 없는 환경 친화적인 새로운 이온 제거기술이며 유지보수

가 간편하다는 장점이 있어 차세대 용존 이온 제거기술로 연구가 활발히 진행되고 있다.

[0007] 최초의 CDI 공정연구는 1960년대 미국 오클라호마대학 연구진이 다공성 활성탄 전극을 사용하여 해수의 담수화 연구를 하였고 이후 Johnson 등은 활성탄소를 이용하여 CDI 실험을 수행한 바 있다. 그러나 핵심 요소인 전극의 성능저하로 인하여 지속적인 공정의 어려움으로 개발하지 못하였으나 미국의 LLNL(Lawrence Livermore National Laboratory)에서 90년대 중반에 탄소에어로겔 전극을 이용한 CDI 공정을 개발하는 등의 연구가 진행되었고 그 밖에 활성 탄소 섬유, 탄소나노튜브 등을 전극 활물질로 사용한 CDI 공정 개발에 대한 연구도 진행된 바 있다.

[0008] 또한, 대한민국 출원특허 제2010-0119911호에는 탄소복합체로서, 지지체인 탄소체에 활전극물질을 적층함으로써 전극의 흡착용량을 높이면서 공정상의 운전과정에서 이온들의 흡탈착 능력이 우수하고 탄소복합체를 제조하는 기술이 개시되어 있다. 상기 탄소복합체를 전극으로 이용하여 수처리 공정시 그 표면의 젖음 특성이 상대적으로 좋지 않아 이온의 접근성이 낮아 CDI의 탈염 성능을 개선하기는 다소 무리가 있다.

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

[0009] 따라서 본 발명은 상술한 문제점을 해결하기 위해 착안된 기술로서 금속산화물박막의 형성으로 인해 표면이 개질시켜 수처리 공정시 전극의 젖음 현상(wettability)을 극대화 시켜 전극표면으로 이온의 접근성을 향상시켜 CDI의 탈염 성능이 향상되는 수처리용 탄소 복합 전극을 제공하는데 그 목적이 있다.

[0010] 또한, 본 발명은 금속산화물 박막의 형성으로 인해 표면이 개질되어 수처리 공정시 전극표면으로 이온의 접근성을 향상되어 CDI의 탈염 성능이 향상된 수처리용 탄소 복합 전극의 제조 방법을 제공하는데 그 목적을 갖는다.

[0011] 또한, 본 발명은 금속산화물 박막의 형성으로 인해 표면이 개질된 수처리 용 복합전극이 적용된 수처리 장치를 제공하는데 그 목적을 갖는다.

**과제의 해결 수단**

[0012] 본 발명의 목적을 달성하기 위한 일 실시예에 따른 수처리용 복합전극은 수처리 공정시 양이온을 제거하기 위한 적용되는 수처리용 전극으로서 활물질, 탄소를 포함하는 전도성 물질 및 상기 활물질과 전도성 물질을 결합시키는 바인더를 포함하는 탄소전극; 및 상기 탄소전극의 표면에 코팅된 금속산화물 박막을 포함하는 구성을 갖는다.

[0013] 또한, 본 발명의 다른 목적을 달성하기 위한 일 실시예에 따른 수처리용 제올라이트 복합전극을 제조하기 위해서는 활물질 65 내지 85 중량부, 전도성 물질 10 내지 25 중량부, 바인더 2 내지 10중량부 및 알콜성 용매 3 내지 10 중량부가 혼합된 제올라이트 복합전극 형성용 페이스트를 마련하는 단계; 상기 제올라이트 복합전극 형성용 페이스트를 전극 형상을 갖도록 성형하는 단계; 및 성형된 제올라이트 복합전극 형성용 페이스트를 건조시키는 단계를 수행함으로써 이루어 질 수 있다.

[0014] 일 실시예에 따른 수처리용 제올라이트 복합전극 및 이의 제조방법에 있어서, 상기 전극은 제올라이트 입자 65 내지 88 중량%, 전도성 물질 10 내지 25 중량% 및 바인더 2 내지 10중량%를 포함할 수 있다.

[0015] 일 실시예에 따른 수처리용 복합전극 및 이의 제조방법에 있어서, 상기 활물질은 그래파이트, 탄소나노튜브, 탄소섬유, 탄소과우더, 카본블랙, 탄소와 금속의 혼합물 및 탄소와 금속의 화합물을 포함할 수 있다.

[0016] 일 실시예에 따른 수처리용 복합전극 및 이의 제조방법에 있어서, 상기 바인더는 폴리테트라플루오르에틸렌(PTFE), 폴리플루오린화비닐리덴(PVDF), 및 폴리플루오린화비닐(PVF)을 포함할 수 있다.

[0017] 또한, 본 발명의 또 다른 목적을 달성하기 위한 일 실시예에 따른 수처리 장치는 제올라이트 입자들과 탄소를 포함하는 전도성 물질 및 상기 제올라이트 입자와 전도성 물질을 결합시키는 바인더를 포함하는 조성을 갖는 제올라이트 복합전극과, 상기 제올라이트 복합전극과 마주하는 상대전극 및 상기 복합전극과 상대 전극에 전원을 인가하는 전원 제공부를 포함하는 구성을 갖는다.

[0018] 일 실시예에 따른 수처리 장치에 있어서, 상기 복합전극은 제올라이트 입자 65 내지 88 중량%, 전도성 물질 10 내지 25 중량% 및 바인더 2 내지 10중량%를 포함할 수 있다.

[0019] 일 실시예에 따른 수처리 장치에 있어서, 상기 제올라이트 복합전극과 상대 전극 사이에 위치하는 분리막을 더 포함할 수 있다.

[0020] 일 실시예에 따른 수처리 장치에 있어서, 상기 상대전극으로 제올라이트 복합전극이 적용될 수 있고, 상기 상대전극으로 탄소를 포함하는 탄소전극 또는 금속을 포함하는 금속전극이 적용될 수 있다.

**발명의 효과**

[0021] 언급한 본 발명의 수처리 복합전극의 경우, 무기물인 금속산화물 박막이 탄소전극 표면에 형성된 구조를 가짐으로서 안정적으로 전기화학적 탈염공정을 수행 수 있다. 또한, 금속산화물박막의 형성으로 인해 표면이 개질시켜 수처리 공정시 전극의 젖음 현상(wettability)을 극대화 시켜 전극표면으로 이온의 접근성을 향상시켜 CDI의 탈염 성능이 향상시킬 수 있다는 장점을 갖고 있다.

**도면의 간단한 설명**

[0022] 도 1은 본 발명에 일 실시예에 따른 수처리용 복합전극을 개략적으로 나타내는 개략도이다.  
 도 2는 본 발명에 일 실시예에 따른 수처리용 복합전극의 제조방법을 나타내는 공정흐름도이다.  
 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 수처리용 복합전극이 적용된 수처리 장치를 개략적으로 나타내는 도이다.  
 도 4a는 본 발명의 실시예 1에 따라 제조된 수처리용 복합전극의 표면을 나타내는 SEM 사진이다.  
 도 4b는 본 발명의 비교예 1에 따라 제조된 수처리용 탄소전극의 표면을 나타내는 SEM 사진이다.  
 도 4c는 본 발명의 실시예 1에 따라 제조된 수처리용 복합전극의 단면을 나타내는 SEM 사진이다.  
 도 4d는 본 발명의 비교예 1에 따라 제조된 수처리용 탄소전극의 단면을 나타내는 SEM 사진이다.  
 도 5는 본 발명의 수처리용 복합전극과 비교예의 탄소전극의 순환전압전류 나타내는 그래프이다.  
 도 6는 본 발명의 수처리용 복합전극과 비교예의 탄소전극의 전기 전도도를 나타내는 그래프이다.  
 도 7은 본 발명의 수처리용 복합전극과 비교예의 탄소전극의 이온 제거량을 나타내는 그래프이다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

[0023] 이하, 첨부한 도면들을 참조하여 본 발명의 실시예에 대하여 설명하기로 한다. 본 발명은 다양한 변경을 가할 수 있고 여러 가지 형태를 가질 수 있는 바, 특정 실시예들을 도면에 예시하고 본문에 상세하게 설명하고자 한다. 그러나 이는 본 발명을 특정한 개시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다. 각 도면을 설명하면서 유사한 참조 부호를 유사한 구성 요소에 대해 사용하였다. 첨부된 도면에 있어서, 구조물들의 치수는 발명의 명확성을 기하기 위해 실제보다 확대하거나, 개략적인 구성을 설명하기 위하여 실제보다 축소하여 도시한 것이다. 제1, 제2 등의 용어는 다양한 구성 요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 상기 구성 요소들은 상기 용어들에 의해 한정되어서는 안 된다. 상기 용어들은 하나의 구성 요소를 다른 구성 요소로부터 구별하는 목적으로만 사용된다. 예를 들어, 본 발명의 권리 범위를 벗어나지 않으면서 제1 구성 요소는 제2 구성 요소로 명명될 수 있고, 유사하게 제2 구성 요소도 제1 구성 요소로 명명될 수 있다.

[0024] 본 발명에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시예를 설명하기 위해 사용된 것으로, 본 발명을 한정하려는 의도가 아니다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 출원에서, "포함하다" 또는 "가지다" 등의 용어는 명세서 상에 기재된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.

[0025] 한편, 다르게 정의되지 않는 한, 기술적이거나 과학적인 용어를 포함해서 여기서 사용되는 모든 용어들은 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 일반적으로 이해되는 것과 동일한 의미를 가지고 있다. 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 것과 같은 용어들은 관련 기술의 문맥 상 가지는 의미와 일치하는 의미를 가지는 것으로 해석되어야 하며, 본 출원에서 명백하게 정의하지 않는 한, 이상적이거나 과도하게 형식적인 의미로 해석되지 않는다.

[0026] 수처리용 복합전극 및 이의 제조방법

- [0027] 도 1은 본 발명에 일 실시예에 따른 수처리용 복합전극을 개략적으로 나타내는 개략도이다.
- [0028] 도 1을 참조하면, 본 실시예에 따른 수처리용 복합전극(100)은 탄소전극(120)의 표면에 전기화학적 탄소전극의 특성과 표면에 물에 대한 젖음 특성이 우수한 금속산화물(무기물) 박막(150)이 형성된 복합의 수처리용 전극이다.
- [0029] 본 실시예의 수처리용 복합전극(100)은 활물질과, 탄소를 포함하는 전도성 물질 및 바인더를 적용하여 형성된 탄소전극(120)에 상기 탄소전극의 표면의 특성을 개선시키기 위하여 그 표면에 미세 두께의 금속산화물 박막(150)을 형성함으로써 형성될 수 있다.
- [0030] 일 예로서, 상기 수처리용 복합 전극(100)에 포함된 탄소전극을 형성하는데 적용되는 활물질의 예로서는 그래파이트, 탄소나노튜브, 탄소섬유, 탄소과우더, 카본블랙, 탄소와 금속의 혼합물 및 탄소와 금속의 화합물 등을 들 수 있다. 이들은 단독 또는 둘 이상을 혼합하여 사용할 수 있다.
- [0031] 상기 탄소전극에 포함된 활물질의 함유량이 65 중량% 이하일 경우 수처리용 복합전극(100)을 이용한 수처리 공정시 활물질의 양이 부족하여 정전용량이 매우 감소하여 탈염능력이 저하 되는 문제점이 발생하며, 상기 탄소전극에 포함된 활물질의 함유량이 88 중량%를 초과할 경우, 즉 전도성 물질의 약의 감소, 전극의 전도성의 감소로 저항이 증가하는 문제를 갖게 된다. 이에 따라, 상기 탄소전극은 활물질을 65 내지 88 중량% 포함되는 것이 바람직하고, 67 내지 81 중량%가 포함되는 것이 보다 바람직하다.
- [0032] 상기 수처리용 복합 전극(100)에 포함된 탄소전극을 형성하는데 적용되는 전도성 물질은 탄소전극의 기능과 전기장 생성 기능을 복합전극에 부여하는 물질이다. 상기 탄소를 포함하는 전도성 물질의 예로서는 나노크기 크기 갖는 탄소 입자를 사용할 수 있다. 일 예로서, 나노 탄소섬유, 나노 탄소과우더 등이 사용되며, 단독 또는 둘 이상을 혼합하여 사용할 수 있다.
- [0033] 상기 탄소전극에서 탄소를 포함하는 전도성 물질의 함유량이 10 중량% 이하일 경우 수처리용 복합전극을 이용한 수처리 공정시 전도성 물질의 양이 부족하여 전극의 전도성 감소로 인해 전극의 저항이 증가하는 문제점이 발생되며, 상기 탄소를 포함하는 전도성 물질의 함유량이 25 중량%를 초과할 경우 수처리 공정시 활물질의 양이 부족하여 정전용량이 매우 감소하여 탈염능력이 저하 되는 문제점이 발생한다. 이에 따라, 상기 탄소전극에서는 탄소를 포함하는 전도성 물질은 10 내지 25 중량%가 포함되는 것이 바람직하고, 12 내지 18 중량%가 포함되는 것이 보다 바람직하다.
- [0034] 상기 탄소전극에 적용되는 바인더는 복합전극을 구성하는 활물질과 탄소를 포함하는 전도성 물질을 서로 단단하게 결합 또는 부착시키는 결합제로 사용된다. 상기 바인더의 예로서는 폴리테트라플루오르에틸렌(PTFE), 폴리플루오린화비닐리덴(PVDF), 및 폴리플루오린화비닐(PVF)등의 불소수지를 들 수 있다. 이들은 단독 또는 둘 이상을 혼합하여 사용할 수 있다.
- [0035] 상기 탄소전극에서 바인더의 함유량이 2 중량% 이하일 경우 수처리용 복합전극을 구성하는 활물질과 전도성 물질의 결합이 약해지는 문제점이 초래된다. 상기 바인더의 함유량이 10 중량%를 초과할 경우 복합전극 내부에서 비전도성을 갖는 바인더 함량의 증가로 인해 복합전극의 전기 전도성이 낮아지는 문제점이 있다. 이에 따라, 상기 탄소전극에서 바인더는 2 내지 10 중량%가 포함되는 것이 바람직하고, 4 내지 8 중량%가 포함되는 것이 보다 바람직하다.
- [0036] 상기 금속산화물 박막(150)은 상기 탄소전극의 표면에 졸-겔 스프레이 증착 공정에 의해 형성된다. 구체적으로 본 실시예의 금속산화물 박막은 금속산화물 전구체를 알코올 용매에 용해시켜 졸-겔 상태로 형성한 후 졸-겔 스프레이 증착방법을 통해 1회 내지 수회 상기 탄소전극 표면에 코팅함으로써 형성된다. 상기 금속산화물 박막은 상기 탄소전극 표면 전체에 약 20 내지 150 $\mu\text{m}$ 의 두께를 균일한 두께로 형성되고, 바람직하게는 약 40 내지 100  $\mu\text{m}$ 의 두께로 형성된다.
- [0037] 일 예로서, 고효율 축전식 탈염공정용 복합전극 개발시 무기물 및 이온교환 수지를 첨가하는 기술이 대표적이다. 무기물 첨가를 통한 복합전극의 개발은 무기물의 높은 친수성 특성을 활용하여 이온의 접근성을 향상시키는 방향으로 진행되고 있다. 이 경우, 전극 표면에 노출된 무기물이 전극 표면의 친수성을 높여 물 분자 및 이온의 전극으로의 접촉을 향상시켜 속도적 측면에서 탈염 성능을 향상시키게 된다.
- [0038] 하지만, 무기물을 첨가할 경우 상대적으로 활물질(ex. 활성탄소)의 양이 감소하기 때문에 전극의 최대 탈염 성능이 감소하게 되므로 실제 공정에 적용하기에는 한계를 갖는다. 이에 본 발명에서는 가격이 높은 이온교환수지를 사용하지 않고, 전극 표면에 금속 산화물을 코팅할 경우에는 전극표면에 이온의 농도 분극을 극대화할 수 있

어 이온의 접근성을 향상시켜 전극 자체의 전기화학적 특성에 변화 없이 높은 탈염성능을 가질 수 있는 효과를 갖는다. 즉, 상기 졸겔 방법으로 형성된 금속산화물 박막은 탄소전극의 전기화학적 성능에 영향을 주지 않고도 이온접근성을 향상시켜 고효율의 탈염공정을 구현가능 도록한 효과를 가질 수 있다.

[0039] 일 예로서, 상기 금속산화물 박막은 알루미늄 산화물, 마그네슘 산화물, 티타늄 산화물, 실리콘 산화물 등과 같은 금속산화물이 코팅됨으로서 형성될 수 있다. 본 실시예에 금속산화물 박막은 독성을 갖지 않는 금속 전구체를 사용하여 형성하는 것이 바람직하다.

[0040] 도 2는 본 발명에 일 실시예에 따른 수처리용 복합전극의 제조방법을 나타내는 공정흐름도이다.

[0041] 도 2를 참조하면, 활물질, 탄소를 포함하는 전도성 물질, 바인더 및 알콜성 용매가 균일하게 분산되어 혼합된 상태를 갖는 탄소전극 형성용 페이스트를 마련한다.(S110)

[0042] S110 단계에 있어서, 상기 탄소전극 형성용 페이스트는 활물질 65 내지 85중량부, 전도성 물질 10 내지 25 중량부를 혼합하여 단일상의 상태를 갖도록 분산시킨 뒤에 바인더 2 내지 10중량부 및 알콜성 용매 3 내지 10 중량부를 투입 혼합함으로써 제조될 수 있다.

[0043] 일 예로서, 상기 활물질로 그래파이트, 탄소나노튜브, 탄소섬유, 탄소과우더, 카본블랙, 탄소와 금속의 혼합물 및 탄소와 금속의 화합물 이루어진 군에서 선택된 어느 하나를 사용하고, 전도성 물질로 나노크기 크기 갖는 탄소 입자를 사용하며, 상기 바인더로 폴리테트라플루오르에틸렌(PTFE), 폴리플루오린화비닐리덴(PVDF), 및 폴리플루오린화비닐(PVF)로 이루어진 군에서 선택된 어느 하나의 불소수지를 사용한다.

[0044] 이때, 상기 알콜성 용매는 휘발성으로써 혼합물의 증량에 영향을 미치지 않는 것이기 때문에 제올라이트 입자, 전도성 물질, 바인더(접착제) 간의 혼합비만을 고려한다. 알콜성 용매로는 바인더를 용해시킬 수 있는 에탄올을 사용하는 것이 바람직하다.

[0045] 이어서, 상기 제올라이트 탄소전극 형성용 페이스트를 전극 형상을 갖도록 성형한다.(S120)

[0046] S120 단계에 있어서, 전극의 성형은 완성하고자 하는 탄소전극의 크기 및 두께를 갖는 성형틀 또는 성형판에 상기 페이스트를 제공하여 이루어지거나, 상기 페이스트를 박판 형태로 가공하는 것을 포함할 수 있다.

[0047] 이어서, 성형된 탄소전극 형성용 페이스트를 건조 및 압착하여 수처리용 탄소전극을 형성한다.(S130)

[0048] 이어서, 상기 탄소전극의 표면에 금속산화물 박막을 함으로서 수처리용 복합전극을 완성한다.(S140)

[0049] S140 단계에 있어서, 상기 금속산화물 박막은 알콜 용매에 용해된 금속산화물 형성용 전구체를 탄소전극의 표면에 졸-겔 스프레이 증착 공정을 수행하여 형성된다. 일 예로서, 상기 금속산화물 형성용 전구체로 티타늄 전구체, 실리콘 전구체, 알루미늄 전구체, 마그네슘 전구체 등이 적용될 수 있다. 이때, 상기 금속산화물 박막은 상기 탄소전극 표면 전체에 약 20 내지 150 $\mu\text{m}$ 의 두께를 균일한 두께로 형성되고, 바람직하게는 약 40 내지 100  $\mu\text{m}$ 의 두께로 형성된다.

[0050] 상술한 방법으로 제조된 수처리용 복합전극은 금속산화물 박막의 이온교환 기능과 탄소전극의 전기화학적 특성을 복합적으로 포함하며 보다 효과적 및 보다 안정적으로 연수 또는 수처리 기능을 수행할 수 있다. 또한, 전극 표면에 금속산화물 박막이 존재함으로써 전극 표면의 친수성이 크게 증가하여 물 분자 및 이온의 전극으로의 접촉을 향상시켜 속도적 측면에서 탈염 성능이 향상된다.

[0051] 수처리용 복합전극이 적용된 수처리 장치

[0052] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 수처리용 복합전극이 적용된 수처리 장치를 개략적으로 나타내는 도이다.

[0053] 도 3을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 수처리 장치는(200) 적어도 하나의 수처리용 복합전극을 포함하는 작동전극(210), 상기 작동전극과 마주하는 상대전극(250) 및 상기 작동전극과 상대전극에 전위를 인가하는 전원 제공부(290) 및 분리막(미도시)을 포함하는 구성을 갖는다.

[0054] 상기 구성을 갖는 수처리 장치(200)는 전기화학적 수처리 시스템으로서 전위 인가의 특성에 따라서 상기 전기화학 수처리 시스템을 대칭형 구조와 비대칭형 구조로 구분할 수 있다. 본 실시예에서는 상기 작동 전극에 동일한 전위(+, +/ -, -) 를 인가할 수 있는 경우를 대칭형 구조로 정의하였고, 그 이외의 경우를 비대칭형 구조라고 정의하여 다양한 전기화학적 수처리 시스템을 구성할 수 있다.

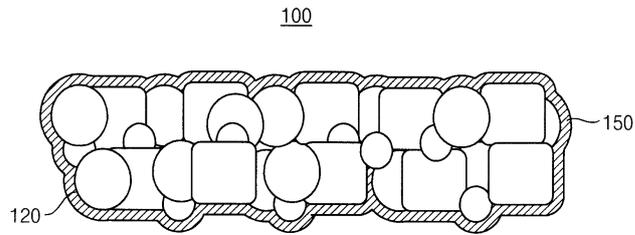
- [0055] 본 실시예에서는 수처리 복합전극을 작동전극(210)으로 사용하고, 상대전극(250)으로는 및 전기화학적으로 안정한 전도성 물질(ex. 그래파이트, Pt/Ti 등)로 이루어진 전극을 사용할 수 있다. 이때, 상기 상대전극과 상기 작동전극은 수처리 조(270) 내에서 서로 가깝게 위치시키며 유로의 형성 및 수처리 복합전극인 작동전극과 상대전극 간의 저항을 최소화하기 위하여 상기 전극들 사이에 분리막(미 도시)을 위치한 구조를 갖는다. 또한 다른 예로서, 상기 수처리 장치는 상기 작동전극과 상대전극(250)으로 모두 수처리 복합전극을 사용할 수 있다.
- [0056] 상기 분리막은 상기 수처리 조(270) 내에서 구비되고, 상기 상대전극(210)과 작동전극(250) 사이에 위치하며, 이온 및 물이 통과할 수 있는 기공을 갖는 비전도성 분리막으로 이온교환막 또는 부직포 등이 사용될 수 있다.
- [0057] 상기 수처리 장치(200)는 상기 수처리 조(270) 내부로 용수를 제공하거나 및 상기 수처리 조 내에서 상기 전극들의 반응으로 인해 수처리된 용수를 배출시키는 펌프를 더 포함할 수 있다.
- [0058] 상술한 구성을 갖는 수처리 장치(200)는 이온화 특성 및 전기화학적 특성을 융합함으로써 기존 공정이 갖고 있던 전기화학적 특성을 향상시켜 고효율의 수처리 시스템을 구축할 수 있다.
- [0059] 이하, 본 발명의 이해를 돕기 위하여 실시예 및 평가예를 들어 보다 상세하게 설명하기로 한다. 그러나, 본 발명에 따른 하기 실시예들은 여러 가지 다른 형태로 변형될 수 있으며, 본 발명의 범위가 하기 실시예들에 한정되는 것으로 해석되지는 안 된다. 본 발명의 실시예들은 당업계에서 평균적인 지식을 가진 자에게 본 발명을 더욱 완전하게 설명하기 위해 제공되는 것이다.
- [0060] 실시예 1
- [0061] 복합전극 형성용 페이스트는 그래파이트 78 중량부, 나노입자를 갖는 탄소나노 튜브 15 중량부를 혼합하여 단일상의 상태를 갖도록 분산시킨 뒤에 바인더인 폴리테트라플루오르에틸렌 수지 7 중량부 및 에탄올 4 중량부 투입 혼합하여 도전성 페이스트를 마련하였다. 이후, 상기 도전성 페이스트를 이용하여 탄소 전극으로 성형하는 동시에 건조 및 압착하여 탄소전극을 마련하였다. 이후 탄소전극의 표면에 이소프로필 알코올(isopropyl alcohol)에 용해된 티타늄 전구체(Titanium butoxide)를 줄-겔 스프레이 코팅하여 티타늄 산화물 박막이 약 60 내지 70 $\mu\text{m}$ 의 두께로 형성된 수처리용 복합전극을 마련하였다.
- [0062] 비교예 1
- [0063] 그래파이트 78 중량부, 나노입자를 갖는 탄소나노 튜브 15 중량부를 혼합하여 단일상의 상태를 갖도록 분산시킨 뒤에 바인더인 폴리테트라플루오르에틸렌 수지 7 중량부 및 에탄올 4 중량부 투입 혼합하여 도전성 페이스트를 마련하였다. 이후, 상기 도전성 페이스트를 이용하여 탄소 전극으로 성형하는 동시에 건조 및 압착하여 탄소전극을 마련하였다.
- [0064] 수처리 전극의 평가 1
- [0065] 실시예 1에서 제조된 수처리용 복합전극과, 비교예 1에서 제조된 수처리용 탄소전극의 구성을 확인하기 위해 그 표면 및 단면을 주사전자현미경을 이용하여 표면 분석하였다. 그 결과가 도 4a 내지 4d의 SEM 사진에 개시되어 있다. 여기서, 도 4a는 본 발명의 실시예 1에 따라 제조된 수처리용 복합전극의 표면을 나타내는 SEM 사진이고, 도 4b는 본 발명의 비교예 1에 따라 제조된 수처리용 탄소전극의 표면을 나타내는 SEM 사진이고, 도 4c는 본 발명의 실시예 1에 따라 제조된 수처리용 복합전극의 단면을 나타내는 SEM 사진이고, 도 4d는 본 발명의 비교예 1에 따라 제조된 수처리용 탄소전극의 단면을 나타내는 SEM 사진이다.
- [0066] 상기 도 4a 내지 4d의 SEM 사진들에서 알 수 있듯이, 실시예 1에 따라 제조된 수처리용 복합전극의 표면(도 4a)은 비교예 1의 탄소전극(도 4b)의 표면과 달리 다각형 구조를 갖는 금속산화물(티타늄 산화물)이 그 표면에 골고루 분포하고 있음을 확인 할 수 있어, 탄소 전극과 큰 표면 차이를 갖는 것이 확인되었다.
- [0067] 또한, 전극의 단면의 관찰 결과를 통해서도 상기 실시예 1에 따라 제조된 수처리용 복합전극의 단면(도 4c)은 비교예 1의 탄소전극의 단면(도 4d)과 달리 탄소전극 표면에 약 60 내지 70 $\mu\text{m}$ 의 두께로 티타늄 산화물 박막이 형성된 것이 확인되었다.

- [0068] 수처리 전극의 평가 2
- [0069] 실시예 1에서 제조된 복합전극의 전기화학적 특성을 확인하기 위하여 NaCl(1000mg/L)의 용액에서 작동전극(working electrode)과 상대전극(counter electrode)으로 실시예1의 복합 전극이 사용되고, 기준전극(reference electrode)으로 Ag/AgCl 전극(KCl sat)이 적용된 사용전위차계(Potentiostat) 장치를 활용하여 순환전압전류법(Cyclic voltammetry) 실험을 수행하였다. 또한, 비교예 1에서 제조된 탄소전극의 전기화학적 특성을 확인하기 위하여 NaCl(1000mg/L)의 용액에서 작동전극(working electrode)과 상대전극(counter electrode)으로 비교예1의 탄소전극이 사용되고, 기준전극(reference electrode)으로 Ag/AgCl 전극(KCl sat)이 적용된 사용전위차계(Potentiostat) 장치를 활용하여 순환전압전류법(Cyclic voltammetry) 실험을 수행하였다. 상기 순환전압전류법은 전위를 시간에 따라 변화시키면서 전류를 측정하는 전기화학적 실험 방법으로 순환전압전류 결과를 통해 전기화학 반응의 특성 및 충-방전 전류의 특성을 확인할 수 있으며, 본 실험 조건에서는(0 ~0.6 V 전위 조건) 전기화학 반응이 형성되지 않는 조건으로 충·방전 전류의 특성을 확인하였다. 그 결과가 하기 도 5의 그래프에 개시되어 있다.
- [0070] 도 5는 본 발명의 수처리용 복합전극과 비교예의 탄소전극의 순환전압전류 나타내는 그래프이다.
- [0071] 도 5를 참조하면, 순환전압전류 결과에서 면적은 정전용량(capacitance)을 나타내는데 정전용량은 전기화학 시스템의 충-방전시 전극 표면에 형성되는 전기이중층(electrical double layer)과 관련이 있으며 전극 표면의 전하 농도 및 전위에 영향을 받는 인자이다. 도 5의 그래프에서 볼 수 있듯이, 티타늄 산화물 박막이 형성된 복합전극에서 형성된 전위·전류 곡선의 면적이 탄소 전극 매우 흡사하게 형성되는 것을 확인할 수 있다. 이는 티타늄 산화물 박막 형성 후에도 탄소전극에 전기화학적 특성에는 영향을 주지 않는 것으로 티타늄 산화물 박막이 전기이중층의 형성에 큰 영향을 주지 않았기 때문이다. 본 결과를 통하여 복합전극은 티타늄 산화물 박막 형성 후에도 코팅 전의 전기화학적 성질을 유지하고 있음을 확인할 수 있었다.
- [0072] 수처리 전극의 평가 3
- [0073] 전위 인가 시 수처리 전극의 탈염 특성을 확인하기 위하여 전해질이 수용된 반응기 내에 실시예 1의 복합전극 및 비교예 1의 탄소전극을 작동전극(working electrode)을 각각 적용하여 전기화학적 시스템을 각각 구성하여 전기 전도도 및 탈염 특성의 변화를 평가하였다. 이때, 작동 전극에 전위를 1.2 V를 인가하였고 반응기로의 전해질의 유량을 10 ml/min으로 유지하면서 10 분씩 충·방전을 통한 전기 전도도 및 탈염 능력을 측정하여 도 6 및 도 7에 도시하였다.
- [0074] 도 6는 본 발명의 수처리용 복합전극과 비교예의 탄소전극의 전기 전도도를 나타내는 그래프이다.
- [0075] 도 6을 참조하면, 티타늄 산화물 박막이 형성된 복합전극은 탄소전극에 비해 전기 전도도 값이 높은 것을 확인할 수 있었다. 이러한 값은 상기 복합전극이 탈염 속도 측면에서뿐만 아니라 총량에서도 탄소전극 보다 높은 성능을 나타내는 것으로 전극 표면에 무기물 코팅을 통하여 축전식 탈염고정의 효율이 높아 질 수 있음을 보여주는 결과라 할 수 있다.
- [0076] 도 7은 본 발명의 수처리용 복합전극과 비교예의 탄소전극의 이온 제거량을 나타내는 그래프이다. 도 7의 그래프는 탈염 성능의 정량적 접근을 위해서 전기 전도도를 이온 제거량으로 전환하여 나타낸 그래프이다. 도 7을 참조하면, 10 분의 탈염 공정에서 티타늄 산화물 박막이 형성된 복합전극은 약 8.9%의 높은 탈염 성능을 보였다. 두 전극의 최대 이온 제거량은 약 7.3 분에서 나타났으며 이 때의 복합전극에서 탈염 성능은 약 20% 정도의 향상을 가져왔다.(이온 제거량: 복합전극- 약 17.2 mg/L, 탄소전극- 약 15.8 mg/L)
- [0077] 위의 결과들을 종합해 볼 때, 티타늄 산화물 박막이 형성된 복합전극은 전기화학적 특성에 변화가 없었지만, 전극 표면으로의 이온 접근성을 높여 탄소전극에 비해 탈염성능에서는 높은 효율을 갖는 것을 확인되었다.
- 산업상 이용가능성**
- [0078] 본 발명은 수처리용 복합전극은 금속산화물 박막의 이온교환 기능과 탄소전극의 전기화학적 특성을 복합적으로 포함하며 보다 효과적 및 보다 안정적으로 연수 또는 수처리 장치에 적용될 수 있다. 또한, 전극 표면에 금속산화물 박막이 존재함으로써 인해 전극 표면의 친수성이 크게 증가하여 물 분자 및 이온의 전극으로의 접촉을 향상시켜 속도적 측면에서 탈염 성능이 향상된 수처리 장치를 제공할 수 있다.
- [0079] 상술한 바와 같이, 본 발명의 바람직한 실시예를 참조하여 설명하였지만 해당 기술 분야에서 통상의 지식을 가

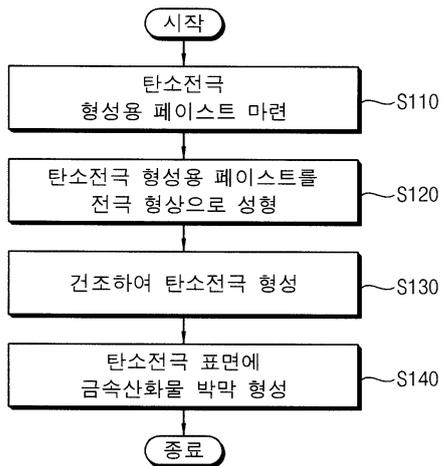
진 자라면 하기의 특허청구범위에 기재된 본 발명의 사상 및 영역으로부터 벗어나지 않는 범위 내에서 본 발명을 다양하게 수정 및 변경시킬 수 있음을 이해할 수 있을 것이다.

도면

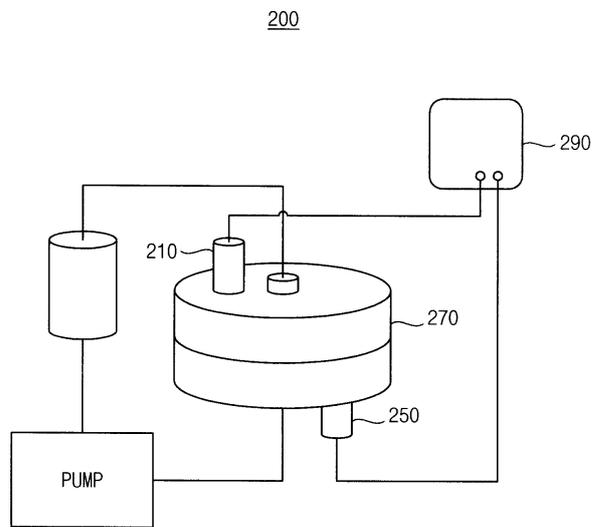
도면1



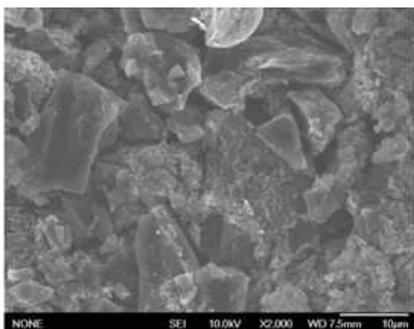
도면2



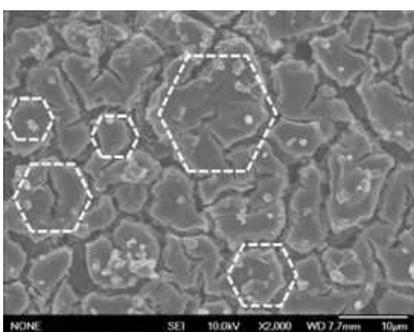
도면3



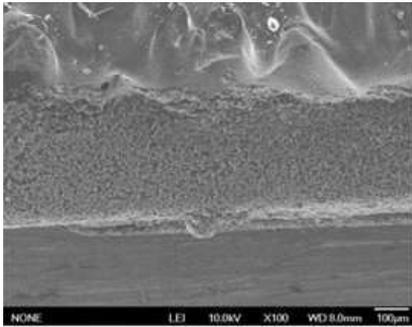
도면4a



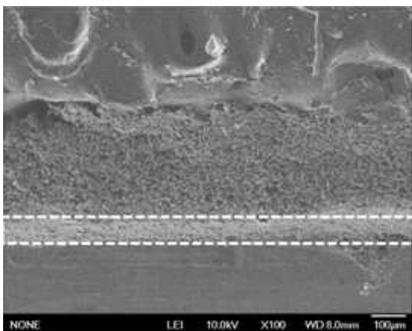
도면4b



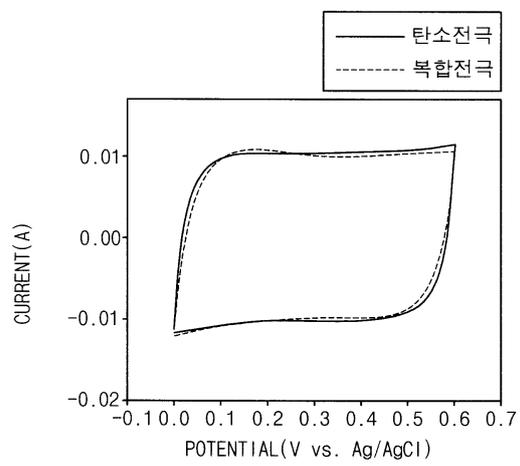
도면4c



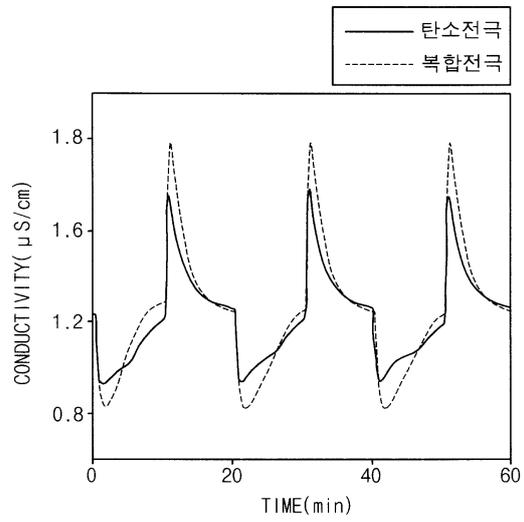
도면4d



도면5



도면6



도면7

