(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2012-0085212
(43) 공개일자 2012년07월31일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B01D 35/06 (2006.01) *B01D 15/00* (2006.01)
(21) 출원번호 10-2012-0006979
(22) 출원일자 2012년01월20일
심사청구일자 없음
(30) 우선권주장
1020110006534 2011년01월21일 대한민국(KR)

(71) 출원인
삼성전자주식회사
경기도 수원시 영통구 삼성로 129 (매탄동)
(72) 발명자
김현석
서울 광진구 구의3동 590-7 나크빌라트 702호
김창현
서울 강남구 삼성2동 34-5 모던하우스 102호
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
팬코리아특허법인

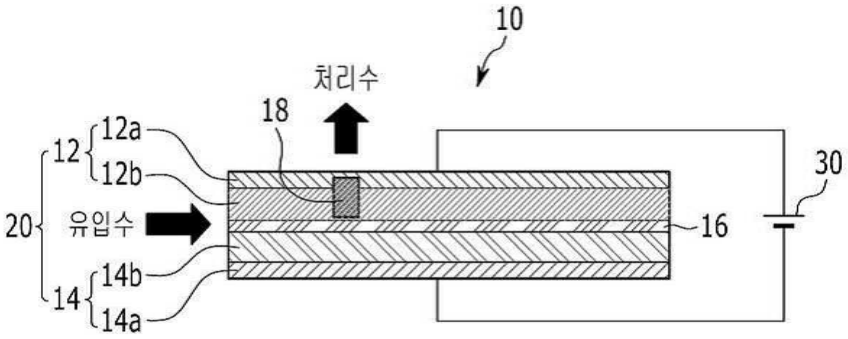
전체 청구항 수 : 총 23 항

(54) 발명의 명칭 **재생가능한 필터 장치 및 이의 구동방법**

(57) 요 약

서로 이격하여 대향 배치된 제1 전극과 제2 전극을 포함하고, 상기 제1 전극과 제2 전극 중 적어도 하나는 금속 흡착제를 포함하는 필터 유닛; 및 상기 필터 유닛의 가동 후 소정의 조건에 따라 상기 제1 전극과 제2 전극에 전압을 인가하기 위한 전압 인가 수단을 포함하는 필터 장치 및 이의 구동방법이 제공된다.

대 표 도 - 도1



(72) 발명자

강효랑

경기 안양시 동안구 귀인동 꿈마을라이프아파트 105동 403호

김재은

경기 화성시 능동 푸른마을포스코더샵아파트 911동 904호

양호정

경기 수원시 영통구 영통2동 신나무실6단지아파트 건영 666동 601호

이주욱

서울 서초구 반포2동 래미안퍼스티지아파트 120동 402호

특허청구의 범위

청구항 1

서로 이격하여 대향 배치된 제1 전극과 제2 전극을 포함하고,

상기 제1 전극과 제2 전극 중 적어도 하나는 전기 전도성을 가진 전극 물질층을 포함하고,

상기 전극 물질층은금속 흡착제를 포함하는 필터 유닛; 및

상기 필터 유닛의 가동 후 소정의 조건에 따라 상기 제1 전극과 제2 전극에 일정 시간 동안 전압을 인가하기 위한 전압 인가 수단을 포함하는 필터 장치.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 금속 흡착제는 금속에 선택적으로 결합하는 염기성(basic) 관능기를 표면에 포함하는 것인 필터 장치.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 금속 흡착제는 활성탄, 고비표면적 흑연, 카본 나노튜브(CNT), 메조포러스 카본(mesoporous carbon), 활성탄소 섬유, 양이온 교환수지, 제올라이트, 스멕타이트(smectite), 버미큘라이트(vermiculite) 및 이들의 조합에서 선택되는 필터 장치.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 제1 전극과 제2 전극중 어느 하나는 금속 이온에 선택적으로 결합하는 염기성 관능기를 표면에 포함하는 탄소재를 포함하고 다른 하나는 물분해 촉매를 포함하는 촉매 담지 전극이거나 비촉매 물질을 포함하는 비활성 전극인 필터 장치.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 물분해 촉매 또는 비촉매 물질은 금속, 금속 산화물, 스텐레스 강, 유리질 카본, 흑연, 카본 블랙(carbon black) 및 이들의 조합에서 선택되는 필터 장치.

청구항 6

제4항에 있어서,

상기 물분해 촉매 또는 비촉매 물질은 백금(Pt), 티타늄(Ti), 루테늄(Ru), 은(Ag), 금(Au), 이리듐(Ir), 팔라듐(Pd), 코발트(Co), 바나듐(V), 철(Fe), PtO_2, IrO_2, TiO_2, $CaTiO_3$, $NaWO_3$, MnO_2, RuO_2, PbO_2 및 이들의 조합에서 선택되는 필터 장치.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 전압 인가 수단은 인가된 전압에 의하여 금속 흡착제를 인 시츄(*in-situ*) 재생시키는 수단인 필터 장치.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 전압 인가 수단은 제1 전극과 제2 전극 사이에 물을 분해할 수 있는 크기의 전압을 인가하는 것인 필터 장치.

청구항 9

제1항에 있어서,

상기 제1 전극과 제2 전극 사이에 투수성 세퍼레이터를 더 포함하는 필터 장치.

청구항 10

제9항에 있어서,

상기 제1 전극과 제2 전극은 나사선으로 감아 도는 구조를 가지는 필터 장치.

청구항 11

제1항에 있어서,

상기 소정의 조건은 일정 시간, 금속 이온의 농도, 미네랄 성분의 농도 및 이들의 조합에서 선택되는 필터 장치.

청구항 12

서로 이격하여 대향 배치된 제1 전극과 제2 전극을 포함하고,

상기 적어도 하나의 제1 전극과 적어도 하나의 제2 전극 중 적어도 하나는 전기 전도성을 가진 복수의 전극 물질층을 포함하고,

상기 전극 물질층은 금속 흡착제를 포함하는 필터 유닛; 및

상기 필터 유닛의 가동 후 소정의 조건에 따라 상기 제1 전극과 제2 전극에 일정 시간 동안 전압을 인가하기 위한 전압 인가 수단을 포함하는 필터 장치.

청구항 13

제12항에 있어서,

상기 제 1 전극과 제 2 전극 사이에 복수의 투수성 세퍼레이터를 더 포함하고,

상기의 제 1 전극, 제 2 전극 및 복수의 전극 물질층은 전기적으로 직렬 연결되어 있는 필터 장치.

청구항 14

제12항에 있어서,

상기 제 1 전극과 제 2 전극 사이에 복수의 투수성 세퍼레이터를 더 포함하고,

상기의 제 1 전극, 제 2 전극 및 복수의 전극 물질층은 전기적으로 병렬 연결되어 있는 필터 장치.

청구항 15

전압 인가 없이, 필터 유닛에 유입수를 통과시켜 금속 흡착제에 금속을 흡착시키는 단계; 및

상기 제1 전극과 제2 전극에 전압을 인가하여 금속 흡착제에 흡착된 금속 이온을 탈착시킴으로써 금속 흡착제를 재생시키는 단계

를 포함하고,

상기 필터 유닛은 서로 이격하여 대향 배치된 제1 전극과 제2 전극을 포함하고, 상기 제1 전극과 제2 전극 중 적어도 하나는 전기 전도성을 가지는 전극 물질층을 포함하고, 상기 전극 물질층은 금속 흡착제를 포함하는 필터 장치의 구동방법.

청구항 16

제15항에 있어서,

상기 금속 흡착제는 금속에 선택적으로 결합하는 염기성(basic) 관능기를 표면에 포함하는 것인 필터 장치의 구동방법.

청구항 17

제15항에 있어서,

상기 금속 흡착제는 활성탄, 고비표면적 흑연, 카본 나노튜브(CNT), 메조포러스 카본(mesoporous carbon), 활성탄소 섬유, 양이온 교환수지, 제올라이트, 스멕타이트(smectite), 버미큘라이트(vermiculite) 및 이들의 조합에서 선택되는 필터 장치의 구동방법.

청구항 18

제15항에 있어서,

상기 제1 전극과 제2 전극중 어느 하나는 금속 이온에 선택적으로 결합하는 염기성 관능기를 표면에 포함하는 탄소재를 포함하고 다른 하나는 물분해 촉매를 포함하는 필터 장치의 구동방법.

청구항 19

제15항에 있어서,

상기 전압 인가 수단에 의해 인가된 전압에 의하여 상기 금속 흡착제가 재생되는 것인 필터 장치의 구동방법.

청구항 20

제15항에 있어서,

별도의 전해질 도입 없이 유입수 조건하에서 상기 전압 인가 수단에 의해 인가된 전압에 의하여 상기 금속 흡착제가 재생되는 것인 필터 장치의 구동방법.

청구항 21

제15항에 있어서,

상기 전압 인가 수단은 제1 전극과 제2 전극 사이에 물을 분해할 수 있는 크기의 전압을 인가하는 것인 필터 장치의 구동방법.

청구항 22

제15항에 있어서,

상기 전압 인가 수단에 의해 인가된 전압에 의하여 상기 제1 전극, 제2 전극 또는 이들 모두의 표면의 pH를 국부적으로 5 이하로 조절함으로써 금속 흡착제에 흡착된 금속 이온의 탈착을 유도하는 필터 장치의 구동방법.

청구항 23

제15항에 있어서,

상기 전압 인가 수단에 의해 인가된 전압에 의하여 상기 제1 전극, 제2 전극 또는 이들 모두의 표면을 산화시킴으로써 염기성 관능기의 생성을 유도하는 필터 장치의 구동방법.

명 세 서

기 술 분 야

[0001] 재생가능한 필터 장치 및 이의 구동방법에 관한 것이며, 상기 필터 장치는 다양한 금속의 제거에 유용하게 사용할 수 있다.

배 경 기 술

[0002] 경제성장과 더불어 급변하는 산업화로 인해 중금속의 수요량은 하루가 다르게 증가하고 있다. 이들 대부분은 유독성으로 인해 인체 및 생태계에 광범위하게 영향을 미칠 뿐만 아니라 하천 및 토양 등의 환경에 심각한 오염원으로 작용하고 있다.

[0003] 무분별한 중금속 배출에 의한 수질 오염은 지난 수십 년간 전세계적인 문제를 야기해왔다. 인간과 생태계에 특히 악영향을 미치는 독성 금속 원소로는 크롬(Cr), 구리(Cu), 납(Pb), 수은(Pb), 망간(Mn), 카드뮴(Cd), 니켈(Ni) 등이 있다. 이들의 발생원으로는 주로 도금공장, 제련공장, 피혁공장, 페인트 제조공장 등이 있으며 음료수, 아이스크림 등의 제조 시에도 상당량이 배출된다. 또한 광산에서는 대부분 철(Fe), 아연(Zn), 구리(Cu), 니켈(Ni), 망간(Mn) 등이 배출된다.

[0004] 중금속에 의한 수질 오염 문제는 일반 시민들에게도 그대로 노출되어 있다. 일반적으로 도시 및 가정에 공급되는 상수도에서는 정수처리장에서 처리된 음용수 기준을 만족하는 깨끗한 물이 공급된다. 하지만 상수가 사용자에게 공급되는 도중에 노후된 수도관 등에서 부식/용출된 구리(Cu), 납(Pb), 아연(Zn), 카드뮴(Cd) 등의 중금속이 상수에 포함될 가능성이 있다. 이들 중 납(Pb), 수은(Hg), 카드뮴(Cd) 등은 체내에 축적되면 치명적인 독성을 가지고 있는 것으로 알려져 있다. 따라서, 가정에서 사용 편의성이 높으면서도 효과적으로 이들 중금속을 제거할 수 있는 정수 기술의 필요성이 점차 높아지고 있다.

[0005] 일반적으로 사용되는 중금속 처리방법으로는 침전법(precipitaion), 흡착법(adsorption), 이온교환법(ion exchange), 역삼투압법(reverse osmosis), 생물학적 처리방법 등이 있다. 이들 중 침전법/흡착법은 산업 및 공공 정수 용도로 많이 적용되고 있고, 일부는 생물학적 처리방법도 사용되고 있으나 장치의 소형화 및 사용 편의

성 문제로 인하여 이들 방법은 가정용 정수 기술로는 부적합하다. 따라서, 가정용 정수기에는 역삼투압법 및 이온교환법이 일반적으로 사용되고 있다.

[0006] 정수기에 사용되는 역삼투압 필터의 경우 대부분의 불순물을 완전히 제거한다는 장점이 있으나, 물 속에 존재하는 건강에 좋은 미네랄 성분들(Ca, Mg 등)도 함께 제거하는 단점이 있어 정수된 물에 일부러 미네랄을 첨가하는 등의 후처리가 필요하다. 또, 미량 중금속 제거를 목적으로 에너지 소비가 높은 역삼투압법을 이용하는 것은 에너지 효율 면에서도 불리하다. 이온교환수지 필터를 사용하는 경우, 중금속을 선택적으로 제거할 수 있고 에너지 효율 면에서도 장점이 있으나 유입수의 오염도에 따라 교체 시기 이내라도 필터 성능이 저하되어 중금속에 오염된 물을 섭취할 가능성이 증대된다. 무엇보다 이들 필터는 소모성 부품으로 주기적인 교체가 필요하여 비용과 사용자의 번거로움이 발생한다는 문제점을 가지고 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 본 발명의 일 구현예는 물속에 존재하는 미네랄을 보존하면서도 물속에 존재하는 유해 금속 이온을 선택적으로 흡착/제거하여 식용에 적합한 맛있는 물을 제공할 수 있는 필터 장치를 제공한다.

[0008] 또한 주기적인 교체가 필요 없는 인 시츄(*in-situ*) 재생 가능한 필터 장치를 제공한다.

[0009] 본 발명의 다른 구현예는 상기 재생 가능한 필터 장치의 구동방법을 제공한다.

[0010] 또한 필터 장치를 해체하지 않고 또한 별도의 전해질을 사용하지 않으면서 전기화학적 재생방법에 의하여 금속 흡착제를 재생할 수 있는 재생 가능한 필터 장치의 구동방법을 제공한다.

과제의 해결 수단

[0011] 본 발명의 일 구현예에 따르면, 서로 이격하여 대향 배치된 제1 전극과 제2 전극을 포함하고, 상기 제1 전극과 제2 전극 중 적어도 하나는 전기 전도성을 가지는 전극 물질층을 포함하고, 상기 전극 물질층은 금속 흡착제를 포함하는 필터 유닛; 및 상기 필터 유닛의 가동 후 소정의 조건에 따라 상기 제1 전극과 제2 전극에 일정 시간 동안 전압을 인가하기 위한 전압 인가 수단을 포함하는 필터 장치를 제공한다.

[0012] 다른 구현예에서, 서로 이격하여 대향 배치된 제1 전극과 제2 전극을 포함하고, 상기 적어도 하나의 제1 전극과 적어도 하나의 제2 전극 중 적어도 하나는 전기 전도성을 가진 복수의 전극 물질층을 포함하고, 상기 전극 물질층은 금속 흡착제를 포함하는 필터 유닛; 및

[0013] 상기 필터 유닛의 가동 후 소정의 조건에 따라 상기 제1 전극과 제2 전극에 일정 시간 동안 전압을 인가하기 위한 전압 인가 수단을 포함하는 필터 장치를 제공할 수 있다.

[0014] 상기 제 1 전극과 제 2 전극 사이에 복수의 투수성 세퍼레이터를 더 포함하고, 상기의 제 1 전극, 제 2 전극 및 복수의 전극 물질층은 전기적으로 직렬 연결 또는 병렬 연결되어 있을 수 있다.

[0015] 본 발명의 다른 구현예에 따르면, 전압 인가 없이, 필터 유닛에 유입수를 통과시켜 금속 흡착제에 금속 이온을 흡착시키는 단계; 및 상기 제1 전극과 제2 전극에 일정 시간 동안 전압을 인가하여 흡착된 금속 이온을 탈착시킴으로써 금속 흡착제를 재생시키는 단계를 포함하는 필터 장치의 구동방법을 제공한다. 상기 필터 유닛은 서로 이격하여 대향 배치된 제1 전극과 제2 전극을 포함하고, 상기 제1 전극과 제2 전극 중 적어도 하나는 전기 전도성을 가지는 전극 물질층을 포함하고, 상기 전극 물질층은 금속 흡착제를 포함한다.

[0016] 상기 금속 흡착제는 금속 이온에 선택적으로 결합하는 염기성(basic) 관능기를 표면에 포함할 수 있다.

[0017] 상기 금속 흡착제는 활성탄, 고비표면적 흑연(HSAG), 카본 나노튜브(CNT), 메조포러스 카본(mesoporous carbon), 활성탄소 섬유, 양이온 교환수지, 제올라이트, 스멕타이트(smectite), 버미큘라이트(vermiculite) 및 이들의 조합에서 선택될 수 있다.

[0018] 상기 제1 전극과 제2 전극중 어느 하나는 금속 이온에 선택적으로 결합하는 염기성 관능기를 표면에 포함하는 탄소재를 포함하고 다른 하나는 물분해 촉매를 포함하는 촉매 담지 전극이거나 비촉매 물질을 포함하는 비활성

전극일 수 있다.

[0019] 상기 물분해 촉매 또는 비촉매 물질은 금속, 금속 산화물, 스텐레스 강, 유리질 카본, 흑연, 카본 블랙(carbon black) 또는 이들의 조합을 포함할 수 있다. 상기 금속은 백금(Pt), 티타늄(Ti), 루테늄(Ru), 은(Ag), 금(Au), 이리듐(Ir), 팔라듐(Pd), 코발트(Co), 바나듐(V), 철(Fe) 또는 이들의 조합에서 선택될 수 있고, 상기 금속 산화물의 예로는 PtO_2, IrO_2, TiO_2, $CaTiO_3$, $NaWO_3$, MnO_2, RuO_2, PbO_2 및 이들의 조합에서 선택될 수 있다.

[0020] 상기 전압 인가 수단에 의해 인가된 전압은 금속 흡착제를 인 시츄(*in-situ*) 재생시킬 수 있다. 상기 전압 인가 수단은 제1 전극과 제2 전극 사이에 물을 분해할 수 있는 크기의 전압을 인가할 수 있다.

[0021] 상기 제1 전극과 제2 전극 사이에 투수성 세퍼레이터를 더 포함할 수 있고, 상기 제 1 전극과 제 2 전극은 나사선으로 감아 도는 구조를 가질 수 있다.

[0022] 상기 소정의 조건은 일정 시간, 금속 이온의 농도, 미네랄 성분의 농도 및 이들의 조합에서 선택될 수 있다.상기 전압 인가 수단에 의해 인가된 전압에 의하여 상기 제1 전극 및/또는 제2 전극의 표면의 pH를 국부적으로 5 이하로 조절함으로써 금속 흡착제에 흡착된 금속 이온의 탈착을 유도할 수 있다.

[0023] 또한 상기 전압 인가 수단에 의해 인가된 전압에 의하여 상기 제1 전극 및/또는 제2 전극의 표면을 산화시킴으로써 염기성 관능기의 생성을 유도할 수 있다.

발명의 효과

[0024] 상기 필터 장치는 물 속에 미네랄을 보존하면서도 물 속에 존재하는 금속 이온(특히 중금속 이온)을 선택적으로 흡착/제거하여 식용에 적합한 맛있는 물을 제공할 수 있다. 또한 필터 장치를 해체하지 않고 또한 별도의 전해질을 사용하지 않으면서 전기화학적 재생방법에 의하여 금속 흡착제를 재생할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0025] 도 1은 본 발명의 일 구현예에 따른 필터 장치의 개략도이다.

도 2는 필터 장치의 금속 이온 제거 메커니즘을 도시한 도면이다.

도 3은 본 발명의 다른 구현예에 따른 필터 장치의 개략도이다.

도 4는 본 발명의 또 다른 구현예에 따른 필터 장치의 개략도이다.

도 5는 본 발명의 또 다른 구현예에 따른 필터 장치의 개략도이다.

도 6은 실시예 1에 따른 필터 장치의 시간에 따른 TDS(Total Dissolved Solids)와 Pb 잔류량을 보인 그래프이다.

도 7은 실시예 1 및 실시예 2에 따른 필터 장치의 전압 인가 사이클에 따른 Pb 제거율을 도시한 그래프이다.

도 8은 실시예 1에 따른 필터 장치의 전압 인가 후의 전극 표면 관능기를 X-선 광전자 분광법(XPS)으로 분석한 결과를 보인 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0026] 이하, 첨부한 도면을 참조하여 본 발명의 구현예에 대하여 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 상세히 설명한다. 그러나 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 구현예에 한정되지 않는다.

[0027] 도면에서 여러 층 및 영역을 명확하게 표현하기 위하여 두께를 확대하여 나타내었다. 명세서 전체를 통하여 유사한 부분에 대해서는 동일한 도면 부호를 붙였다. 층, 막, 영역, 판 등의 부분이 다른 부분 "위에" 있다고 할 때, 이는 다른 부분 "바로 위에" 있는 경우 뿐만 아니라 그 중간에 또 다른 부분이 있는 경우도 포함한다. 반대로 어떤 부분이 다른 부분 "바로 위에" 있다고 할 때에는 중간에 다른 부분이 없는 것을 뜻한다.

[0028] 이하 본 발명의 일 구현예에 따른 필터 장치에 대하여 도 1과 도 2를 참조하여 설명한다.

[0029] 도 1은 본 발명의 일 구현예에 따른 필터 장치의 개략도이고, 도 2는 필터 장치의 금속 이온 제거 메커니즘을 도시한 도면이다. 도 1을 참조하면, 상기 필터 장치(10)는 서로 이격하여 대향 배치된 제1 전극(12)과 제2 전극(14)을 포함하고, 상기 제1 전극(12)과 제2 전극(14) 중 적어도 하나는 전기 전도성을 가지는 전극 물질층을 포함하고 상기 전극 물질층은 금속 흡착제를 포함하는 필터 유닛(20); 및 상기 필터 유닛(20)의 가동 후 소정 조건에 따라 상기 제1 전극(12)과 제2 전극(14)에 일정 시간 동안 전압을 인가하기 위한 전압 인가 수단(30)을 포함한다.

[0030] 상기 제1 전극(12)과 제2 전극(14)은 각각 집전체(12a, 14a)와 상기 집전체(12a, 14a) 위에 위치하는 전극 물질층(12b, 14b)을 포함할 수 있다. 상기 집전체(12a, 14a)로는 흑연 포일(foil), 티타늄 포일 등이 사용될 수 있으며, 전극 물질의 종류에 따라 생략될 수도 있다.

[0031] 이러한 집전체(12a, 14a)는 금속 이온 흡착 후 실시하는 후술하는 전압 인가 공정에서 전극 전체에 균일하게 전압을 인가시키는 역할을 할 수 있다. 상기 전극 물질층(12b, 14b)중 적어도 하나는 금속 흡착제를 포함할 수 있다. 이러한 금속 흡착제의 예로는 활성탄, 고비표면적 흑연(HSAG), 카본 나노튜브(CNT), 메조포러스 카본(mesoporous carbon), 활성탄소 섬유, 양이온 교환수지, 제올라이트, 스멕타이트(smectite), 버미큘라이트(vermiculite) 등을 들 수 있다. 상기 고비표면적 흑연은 약 100 내지 300 m^2/g의 비표면적을 가질 수 있다.

[0032] 상기 금속 흡착제는 중금속 이온에 선택적으로 결합하는 염기성(basic) 관능기(산소(O)-함유 관능기)를 표면에 포함할 수 있다. 상기 염기성 관능기는 산성(acidic) 계열인 금속 이온, 특히 중금속 이온에 선택적으로 강한 흡착성을 보인다. 예를 들어 염기성 관능기, 예를 들어 $-COO^-$ 또는 $-O^-$ (이들은 카르복실기, 히드록실기 등과 같은 작용기에서 유도됨)이 중금속 이온 Pb^{2+}를 흡착하는 반응은 하기 반응식 1에서와 같다.

[0033] [반응식 1]

[0034] $-COOH + Pb^{2+} + H_2O \rightarrow -COOPb^{+} + H_3O^{+}$

[0035] $C^{*}-OH + Pb^{2+} + H_2O \rightarrow C^{*}-OPb^{+} + H_3O^{+}$

[0036] $(-COOH)_2 + Pb^{2+} + 2H_2O \rightarrow (-COO)_2Pb + 2H_3O^{+}$

[0037] $C^{*}-O-C^{*} + 2H_2O \rightarrow C_2OH_2^{2+} + 2OH^{-}$

[0038] $2(C_2OH_2^{2+}) + Pb^{2+} \rightarrow (C_2O)_2Pb^{2+} + 4H^{+}$

[0039] 상기 제1 전극(12)과 제2 전극(14)중 어느 하나는 금속 이온에 선택적으로 결합하는 염기성 관능기를 표면에 포함하는 탄소재를 포함하고 다른 하나는 물분해 촉매를 포함하는 촉매 담지 전극이거나 비촉매 물질을 포함하는 비활성 전극일 수 있다. 상기 물분해 촉매는 물 분해 과전압(water hydrolysis overvoltage)을 낮춰 금속 이온 흡착 후 실시하는 후술하는 전압 인가 공정에서, 동일 전압 하에서 고전류 구동이 가능하도록 할 수 있다.

[0040] 상기 물분해 촉매 또는 비촉매 물질은 금속, 금속 산화물, 스텐레스 강, 유리질 카본, 흑연, 카본 블랙(carbon black) 또는 이들의 조합을 포함할 수 있다. 여기서 조합이란 둘 이상의 성분의 혼합물, 적층 구조 등을 의미한다. 상기 금속은 백금(Pt), 티타늄(Ti), 루테늄(Ru), 은(Ag), 금(Au), 이리듐(Ir), 팔라듐(Pd), 코발트(Co), 바나듐(V), 철(Fe) 또는 이들의 조합에서 선택될 수 있다. 여기서 조합이란, 둘 이상의 금속의 혼합물, 합금, 적층 구조 등을 의미한다. 상기 금속 산화물의 예로는 PtO_2, IrO_2, TiO_2, $CaTiO_3$, $NaWO_3$, MnO_2, RuO_2, PbO_2 및 이들의 조합에서 선택될 수 있다. 여기서 조합이란 둘 이상의 금속산화물의 혼합물, 적층 구조 등을 의미한다.

[0041] 상기 제1 전극(12)과 제2 전극(14)에 사용되는 전극 물질은 나노 입자로 코팅될 수도 있고, 박막 형태로 증착되어 형성될 수도 있다.

[0042] 도 1에 도시된 바와 같이 전압이 인가되지 않은 상태에서 유입수가 전극의 금속 흡착제와 접촉하면서 금속이 금속 흡착제에 흡착되고 처리수는 전극의 홀(18)을 통하여 배출된다. 예를 들어 유입수에 포함된 Pb^{2+} 등의 중금속 이온은 제1 전극(12)의 전극 물질층(12b)의 표면에 존재하는 염기성 관능기(L)에 배위 결합되어 흡착된다.

[0043] 도 2에 도시된 바와 같이, 염기성 관능기에 금속 이온이 흡착하여 이온 제거 속도가 떨어지면 제1 전극(12)과 제2 전극(14) 사이에 전압을 인가하여 금속 이온이 금속 흡착제로부터 탈착되도록 한다. 즉 상기 제1 전극(12)과 제2 전극(14) 사이에 인가된 전압에 의하여 금속 흡착제가 인 시츄(*in-situ*) 재생된다.

[0044] 상기 제1 전극(12)에는 양(+) 전압이 인가되고 제2 전극(14)에는 음(-) 전압이 인가되어 제1 전극(12)과 제2 전극(14) 표면에서 물의 분해 반응이 유도된다. 이때 제1 전극(12)의 표면에서 H^+ 이온이 생성되어 전극 표면의 pH를 국부적으로 5이하로 낮춘다. 이렇게 되면 염기성 관능기에 흡착되어 있던 금속 이온이 경쟁반응에 의해 탈착되어 배출된다. 또한 필터 장치를 단락시켜 금속 이온 배출을 용이하게 할 수도 있다.

[0045] 상기 제1 전극(12)의 표면에서는 물의 분해 반응과 더불어 표면 산화반응이 동시에 진행된다. 이러한 표면 산화반응에 의하여 제1 전극(12)의 표면에 염기성 관능기가 더 많이 도입될 수 있다. 즉, 제1 전극(12)의 금속 이온을 흡착할 수 있는 염기성 관능기의 생성이 전기화학적인 방법에 의하여 유도된다. 제1 전극(12)에 사용되는 금속 흡착제가 활성탄, 고비표면적 흑연(HSAG), 카본 나노튜브(CNT), 메조포러스 카본(mesoporous carbon), 활성탄소 섬유 등의 탄소계 물질인 경우 XPS 표면분석 시 0.02 이상의 산소/탄소(O/C) 원자비(atomic ratio)를 가지도록 염기성 관능기가 도입될 수 있다. 일 구현예에서는 0.03 내지 0.2의 O/C 원자비를 가지도록 염기성 관능기가 도입될 수 있다.

[0046] 상기 전압 인가 수단(30)의 전압 인가는 금속 흡착 반응이 진행된 후 소정의 조건(일 예로, 일정시간 경과 후, 소정의 금속 이온 농도 또는 미네랄 성분의 농도)에 따라 실시할 수 있으며, 전압 인가 시기의 소정 조건은 흡착제의 양, 유입수 내의 금속 이온 조성, 처리수의 유량 및 유속 등을 감안하여 설정할 수 있다. 상기 필터 장치(10)는 처리수의 유체학적 특성을 감지할 수 있는 센서(또는 모니터링 시스템)를 더 포함할 수 있다. 상기 전압 인가는 약 0.1 초 이상 내지 약 5분 정도 간격으로 펄스 전압을 인가하여 실시할 수도 있다.

[0047] 또한 처리수의 금속 이온(예를 들어 중금속 이온)의 농도를 측정(또는 모니터링)하여 상기 금속 이온의 농도가 음용수 기준 이상이 되면 전압을 인가하도록 설정할 수 있으며, 또한 처리수의 금속 이온의 농도가 미네랄 성분의 농도가 음용수 기준에 적합하지 않은 경우 그 농도를 벗어나면 전압이 인가되도록 설정할 수 있다. 상기 필터 장치(10)는 금속 이온(또는 미네랄 성분)의 농도를 감지할 수 있는 센서(또는 모니터링 시스템)를 더 포함할 수 있다.

[0048] 상기 전압 인가 수단(30)은 제1 전극(12)과 제2 전극(14) 사이에 물을 분해할 수 있는 크기의 전압을 인가할 수 있도록 구비될 수 있다. 상기 물을 분해할 수 있는 크기의 전압은 약 1.23V 이상의 전압일 수 있으며, 예를 들어 약 2V 내지 약 30V의 범위에 있을 수 있다.

[0049] 상기 필터 장치(10)는 장치의 해체 없이 제1 전극(12)과 제2 전극(14) 사이에 전압을 인가하는 전기화학적 방법에 의하여 금속 흡착제의 성능을 재생시킬 수 있다. 또한 별도의 전해질을 사용하지 않고도 유입수 조건하에서 금속 흡착제의 성능을 재생시킬 수 있다. 이와 같이 금속 흡착공정과 금속 흡착용 염기성 관능기의 재생공정이 인 시츄(*in-situ*) 공정으로 실시될 수 있으므로 간편한 방법으로 금속 이온(특히 중금속 이온)을 선택적으로 제거할 수 있다. 이와 같은 방법으로 금속 이온을 제거하는 경우 필터 장치를 반영구적으로 사용할 수 있으며 필터의 유지비를 저감시킬 수 있는 필터 장치를 제공할 수 있다.

[0050] 상기 제1 전극(12)과 제2 전극(14) 사이에는 투수성 세퍼레이터(16)가 더 삽입될 수 있다. 상기 세퍼레이터(16)는 유입수의 흐름을 원활하게 해주는 한편, 상기 전압 인가 수단(30)에 의한 전압 인가 시에는 절연체 역할을 할 수 있다. 이러한 세퍼레이터(16)로는 폴리에틸렌, 폴리프로필렌 등의 폴리올레핀이 사용될 수 있다.

[0051] 도 3은 본 발명의 다른 구현예에 따른 필터 장치(100)의 개략도이고, 도 4는 본 발명의 또 다른 구현예에 따른 필터 장치(200)의 개략도이다. 도 3은 제1 전극 집전체(12a), 복수의 제1 전극 물질층(12b), 복수의 세퍼레이터(16) 및 복수의 제2 전극 물질층(14b)을 포함하는 필터 유닛이 전기적으로 직렬 연결된 필터 장치를 도시한 것이고, 도 4는 복수의 제1 전극 집전체(12a), 복수의 제1 전극 물질층(12b), 복수의 세퍼레이터(16) 및 복수의 제2 전극 물질층(14b)을 포함하는 필터 유닛이 전기적으로 병렬 연결된 필터 장치를 도시한 것이다.

[0052] 또한 필터 유닛을 나사선으로 감아 도 5에 도시된 바와 같이 제조한 후 케이스에 넣은 후 전압 인가 수단을 연결할 수도 있으며, 이에 한정되는 것은 아니다,

[0053] 이하 실시예를 통해서 본 발명을 보다 상세하게 설명한다. 다만 하기의 실시예는 단지 설명의 목적을 위한 것

이며 본 발명의 범위를 제한하는 것은 아니다.

[0054] **실시예 1**

[0055] 1) 전극 제작

[0056] 교반 용기에 고비표면적 흑연(HSAG, 평균 비표면적: 204 m^2/g) 40g, 카본블랙 10g, 폴리테트라플루오로에틸렌(PTFE) 현탁액(suspension)(60 중량%) 4.17g 및 프로필렌 글리콜 100g을 첨가한 후 니딩(kneading)한 뒤 성형한다. 80℃, 120℃ 및 200℃에서 각각 1시간 동안 고온건조 하여 면적이 10x10cm^2이고 무게가 각각 약 2.5g인 시트상 제1 전극 물질층을 제조한다.

[0057]

[0058] 2) 필터 장치 제조

[0059] 흑연 포일을 집전체로 사용하고, 세퍼레이터로는 오픈 메쉬 형태의 폴리에스테르(opening 크기: 100 micrometer)을 사용한다. 흑연 포일/제1 전극 물질층/세퍼레이터/IrO_2 상대전극/흑연 포일 순서로 적층한 후 수나사로 체결하여 필터 유닛을 제조한다. 여기에 전압 인가 수단을 연결하여 필터 장치를 제조한다.

[0060] **실시예 2**

[0061] 교반 용기에 활성탄(평균 비표면적: 1518 m^2/g) 40g, 카본블랙 10g, 폴리테트라플루오로에틸렌(PTFE) 현탁액(suspension)(60 중량%) 4.17g 및 프로필렌 글리콜 100g을 첨가한 후 니딩한 뒤 성형한다. 80℃, 120℃ 및 200℃에서 각각 1시간 동안 고온건조 하여 면적이 10x10cm^2이고 무게가 각각 약 2.5g인 시트상 제1 전극 물질층을 제조한다.

[0062] 상기 제1 전극 물질층을 사용하여 실시예 1과 동일한 방법으로 필터 장치를 제조한다.

[0063] **Pb 제거 성능 평가**

[0064] 증류수에 $CaCl_2$, $MgSO_4$ 및 $NaHCO_3$를 각각 48.6 ppm, 18.2 ppm 및 66.0ppm의 농도가 되도록 첨가하여 여기에 Pb^{2+}의 농도가 300ppb가 되도록 $Pb(NO_3)^2$를 첨가하여 전도도가 약 210uS/cm의 유입수를 조제한다. 유입수는 10mL/min의 속도로 실시예 1에 따른 필터 장치에 공급된다.

[0065] 시간에 따라 처리수의 TDS(Total Dissolved Solids)와 잔류 Pb 농도를 측정하여 Pb 제거성능 변화를 확인하고 Pb 제거성능이 현저히 감소하면 유입수 조건 하에서 전압을 4.9V/0V로 각각 10분간 유지하여 탈이온/재생을 진행한다. 재생 이후 시간에 따른 TDS와 Pb 잔류량을 측정하여 도 6에 도시한다.

[0066] 도 6을 참조하면 처리수의 TDS가 유입수의 TDS와 동일하게 유지되는 것으로부터 유입수에서 과량 이온인 Ca, Mg, Na 등의 농도가 처리수에서도 그대로 유지됨을 알 수 있다. 이러한 결과는 처리수의 전도도가 유입수의 전도도 수준으로 유지되는 것을 보이는 것이다. 도 6에서 300ppb의 Pb의 거의 90% 이상이 제거되고 전압 인가 후 Pb 제거성능은 초기 수준으로 회복됨을 알 수 있다.

[0067] **가속 조건하에서의 Pb 제거 성능 평가**

[0068] 증류수에 $CaCl_2$, $MgSO_4$ 및 $NaHCO_3$를 각각 48.6 ppm, 18.2 ppm 및 66.0ppm의 농도가 되도록 첨가하여 여기에 Pb^{2+}의 농도가 3ppm가 되도록 $Pb(NO_3)_2$를 첨가하여 유입수를 조제한다. 유입수는 10mL/min의 속도로 실시예 1 및 실시예 2에 따른 필터 장치에 각각 공급된다. 실시예 1 및 실시예 2에 따른 필터 장치의 전압 인가 사이클 횟수에 따른 Pb^{2+} 제거율을 도 7에 도시한다. 도 7에서 보는 바와 같이 실시예 1에 따른 필터 장치의 Pb 제거율은 전압 인가 후에 약간 상승하였고 실시예 2에 따른 필터 장치의 Pb 제거율은 거의 동일 수준으로 유지됨을 알 수

있다.

[0069] **전극 표면 관능기 평가**

[0070] 실시예 1 에 따른 필터 장치의 전압 인가 후의 전극 표면 관능기를 X-선 광전자 분광법(XPS)으로 측정하여 도 8 에 도시한다. 도 8에서 보는 바와 같이 전압 인가 후 재생 프로세스를 거친 전극의 C-O 결합과 C=O 결합이 증가한 사실로부터 전극 표면의 이들 결합을 포함하는 관능기가 증가하였음을 알 수 있다.

[0071] 이상에서 본 발명의 바람직한 실시예들에 대하여 상세하게 설명하였지만 본 발명의 권리 범위는 이에 한정되는 것은 아니고 다음의 청구 범위에서 정의하고 있는 본 발명의 기본 개념을 이용한 당업자의 여러 변형 및 개량 형태 또한 본 발명의 권리 범위에 속하는 것이다.

부호의 설명

[0072] 12: 제1 전극 12a: 제1 전극 집전체

12b: 제1 전극 물질층 14: 제2 전극

14a: 제2 전극 집전체 14b: 제2 전극 물질층

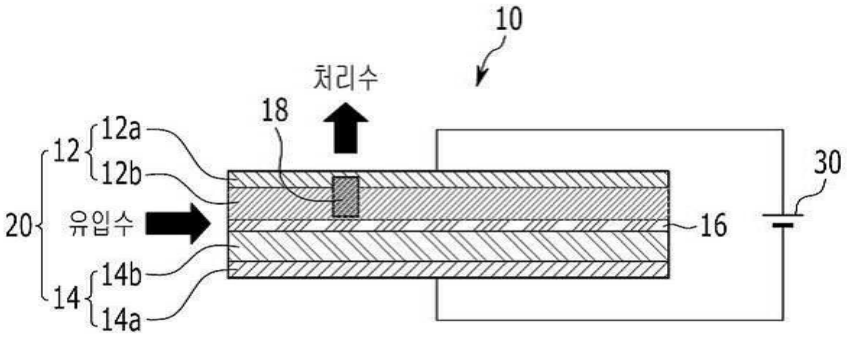
16: 투수성 세퍼레이터 18: 홀

20: 필터 유닛 30: 전압 인가 수단

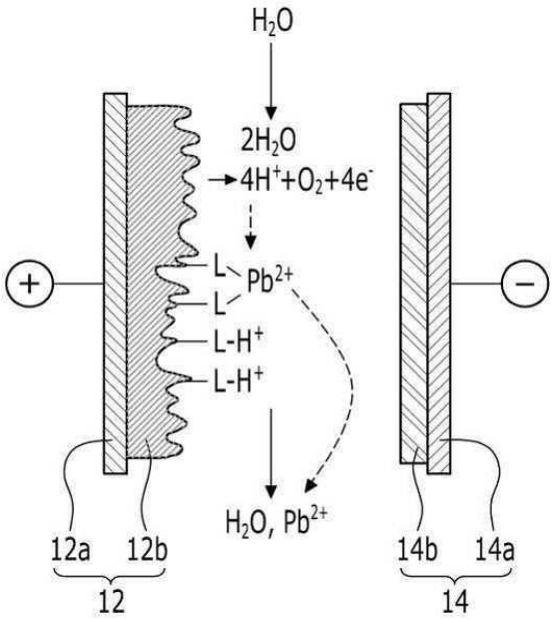
10, 100, 200: 필터 장치

도면

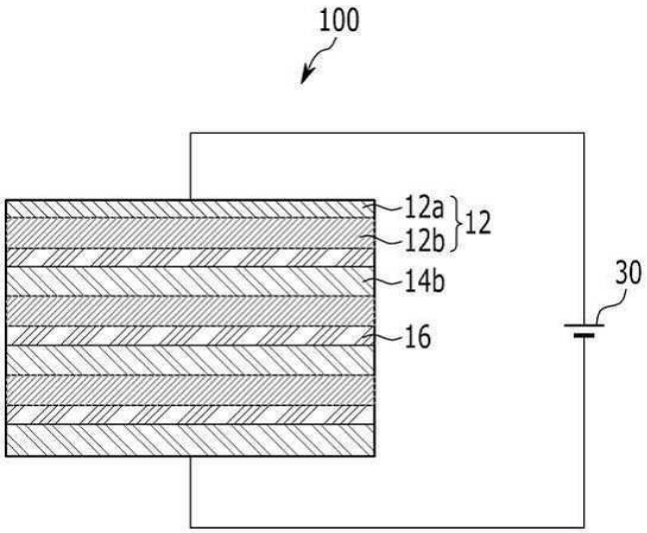
도면1



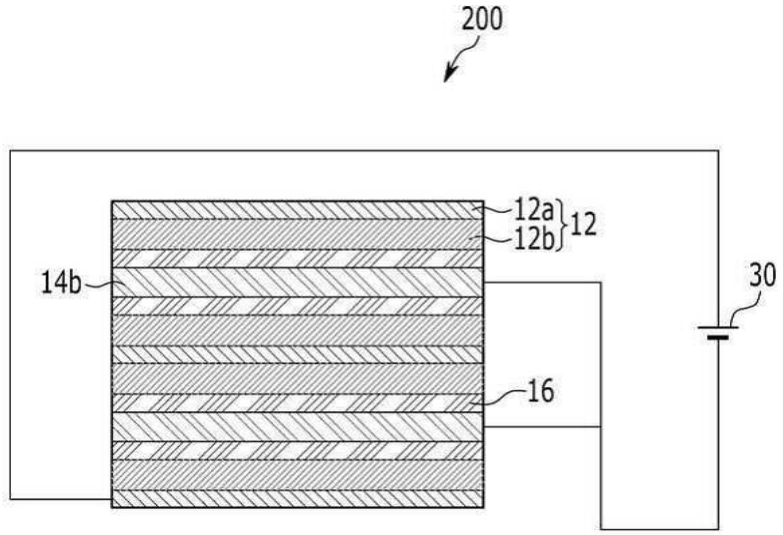
도면2


H_2O
$2H_2O$
$4H^+ + O_2 + 4e^-$
L
L
Pb^{2+}
L-H^+
L-H^+
H_2O, Pb^{2+}
12a
12b
12
14b
14a
14

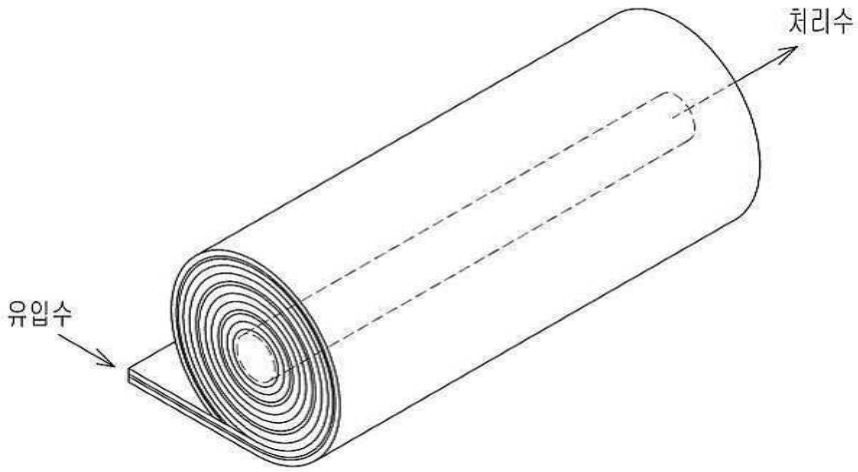
도면3


100
12a
12b
12
14b
16
30

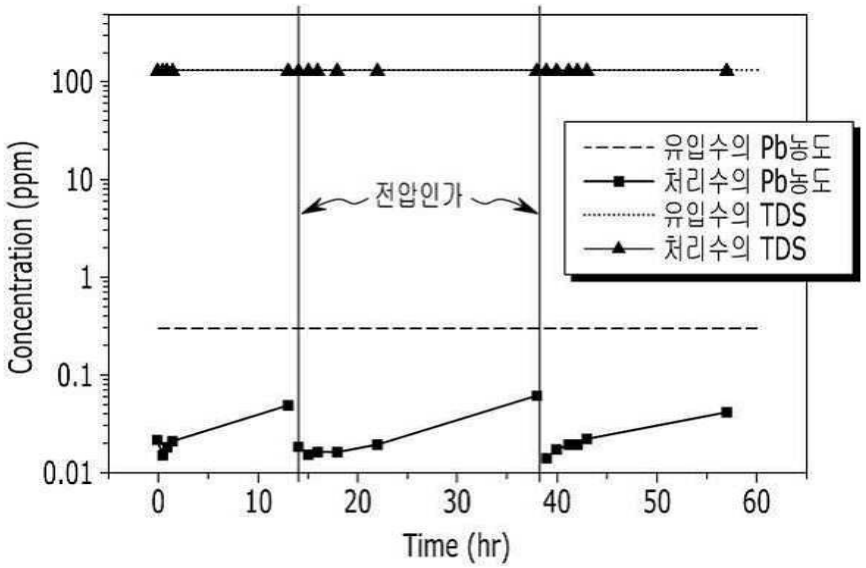
도면4



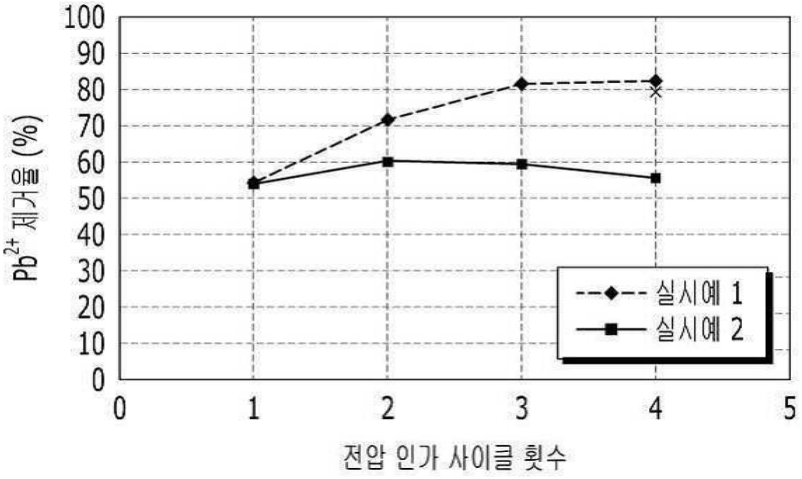
도면5



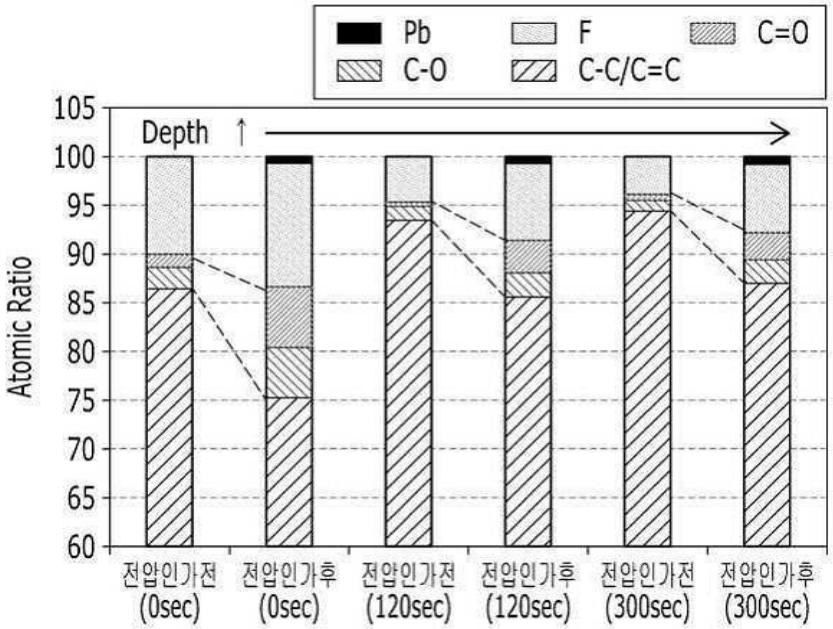
도면6


Concentration (ppm)
100
10
1
0.1
0.01
0
10
20
30
40
50
60
Time (hr)
전압인가
유입수의 Pb농도
처리수의 Pb농도
유입수의 TDS
처리수의 TDS

도면7


Pb2+ 제거율 (%)
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
0
1
2
3
4
5
전압 인가 사이클 횟수
실시예 1
실시예 2

도면8


Pb
F
C=O
C-O
C-C/C=C
Depth
Atomic Ratio
105
100
95
90
85
80
75
70
65
60
전압인가전 (0sec)
전압인가후 (0sec)
전압인가전 (120sec)
전압인가후 (120sec)
전압인가전 (300sec)
전압인가후 (300sec)