(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2023-0028986
(43) 공개일자 2023년03월03일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01M 8/22 (2016.01) *C02F 1/469* (2006.01)
H01M 14/00 (2023.01)
(52) CPC특허분류
H01M 8/227 (2013.01)
C02F 1/4695 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2021-0110931
(22) 출원일자 2021년08월23일
심사청구일자 2021년08월23일

(71) 출원인
울산과학기술원
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
(72) 발명자
김영식
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50 울산과학기술원
정성우
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50 울산과학기술원
김남혁
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50 울산과학기술원
(74) 대리인
특허법인지원

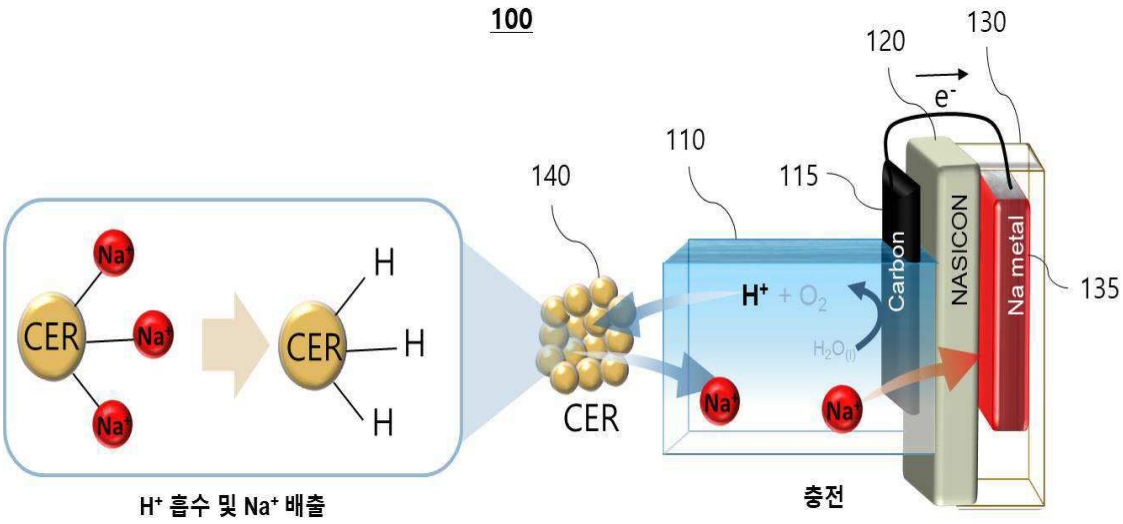
전체 청구항 수 : 총 15 항

(54) 발명의 명칭 **이온 교환 배터리 및 이온 교환 담수 배터리**

(57) 요 약

본 발명은 이온 교환 배터리 및 이온 교환 담수 배터리에 관한 것이다. 본 발명의 일 실시예에 따른 이온 교환 배터리는, 나트륨 함유 용액에 함침되는 캐소드(cathode)를 포함하는 양극부; 유기 전해질에 함침되는 애노드(anode)를 포함하는 음극부; 상기 양극부와 음극부 사이에 위치하는 고체 전해질; 및 충전 또는 방전에 따라, 상기 나트륨 함유 용액에 포함된 나트륨 이온을 방출 또는 흡수하는 양이온 교환수지;를 포함할 수 있다.

대 표 도 - 도1a



(52) CPC특허분류
H01M 14/00 (2013.01)
H01M 2300/0082 (2013.01)
Y02A 20/124 (2020.08)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711135149
과제번호	2020R1A4A1019568
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	기초연구실지원
연구과제명	해수전지기술과 태양광에너지 활용한 에너지 자립형 해수담수화 기술
기 여 율	1/1
과제수행기관명	울산과학기술원
연구기간	2021.06.01 ~ 2022.02.28

명 세 서

청구범위

청구항 1

나트륨 함유 용액에 함침되는 캐소드(cathode)를 포함하는 양극부;

유기 전해질에 함침되는 애노드(anode)를 포함하는 음극부;

상기 양극부와 음극부 사이에 위치하는 고체 전해질; 및

충전 또는 방전에 따라, 상기 나트륨 함유 용액에 포함된 나트륨 이온을 방출 또는 흡수하는 양이온 교환수지;

를 포함하는,

이온 교환 배터리.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 양이온 교환수지는,

상기 이온 교환 배터리의 충전 시, 상기 나트륨 함유 용액에 상기 나트륨 이온(Na^+)을 방출하고, 상기 나트륨 함유 용액에 포함된 물(H_2O)로부터 생성된 수소 이온(H^+)을 흡수하며,

상기 이온 교환 배터리의 방전 시, 상기 나트륨 함유 용액으로부터 상기 나트륨 이온(Na^+)을 흡수하고, 상기 나트륨 함유 용액에 상기 흡수한 수소 이온(H^+)을 방출하는,

이온 교환 배터리.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 양극부는,

상기 나트륨 함유 용액을 상기 양이온 교환수지에 통과시키기 위한 배출부 및 상기 양이온 교환수지를 통과한 나트륨 함유 용액을 상기 양극부로 주입시키기 위한 주입부를 포함하는,

이온 교환 배터리.

청구항 4

염수(saline water)에 함침되는 캐소드(cathode)를 포함하는 양극부;

유기 전해질에 함침되는 애노드(anode)를 포함하는 음극부;

상기 양극부와 음극부 사이에 위치하는 고체 전해질; 및

충전 또는 방전에 따라, 상기 염수에 포함된 염소 이온을 방출 또는 흡수하는 음이온 교환수지;

를 포함하는,

이온 교환 담수 배터리.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 음이온 교환수지는,

상기 이온 교환 담수 배터리의 충전 시, 상기 염수에 포함된 염소 이온(Cl^-)으로부터 생성된 염화수소(HCl)를 흡수하고,

상기 이온 교환 담수 배터리의 방전 시, 상기 염수에 상기 흡수한 염화수소를 방출하는,

이온 교환 담수 배터리.

청구항 6

제4항에 있어서,

상기 이온 교환 담수 배터리의 충전 시, 상기 염수에 포함된 나트륨 이온(Na^+)은, 상기 양극부로부터 상기 고체 전해질을 통해 상기 음극부로 이동되고,

상기 이온 교환 담수 배터리의 방전 시, 상기 음극부로부터 상기 고체 전해질을 통해 상기 양극부로 이동되는,

이온 교환 담수 배터리.

청구항 7

제4항에 있어서,

상기 양극부는,

상기 염수를 상기 음이온 교환수지에 통과시키기 위한 배출부 및 상기 음이온 교환수지를 통과한 염수를 상기 양극부로 주입시키기 위한 주입부를 포함하는,

이온 교환 담수 배터리.

청구항 8

유기 전해질에 함침되는 애노드(anode)를 포함하는 음극부;

상기 음극부의 일측에 위치하고, 염수(saline water)를 포함하는 제1 탈염부;

상기 제1 탈염부의 일측에 위치하고, 물(H_2O)을 포함하는 제2 탈염부;

상기 제2 탈염부의 일측에 위치하고, 염수에 함침된 제1 캐소드(cathode)를 포함하는 제1 양극부;

충전에 따라 상기 제2 탈염부로부터 전달받은 염화나트륨(NaOH)에 포함된 나트륨 이온(Na^+)을 흡수하여 물을 생성하는 양이온 교환수지; 및

상기 충전에 따라 상기 제1 탈염부 및 제1 양극부로부터 전달받은 염화수소(HCl)에 포함된 염소 이온(Cl^-)을 흡수하여 물을 생성하는 음이온 교환수지;

를 포함하는,

적층형 이온 교환 배터리.

청구항 9

제8항에 있어서,

상기 음극부와 제1 탈염부 사이에 위치하는 제1 고체 전해질;

상기 제1 탈염부와 제2 탈염부 사이에 위치하고, 제1 양이온 교환막(Cation Exchange Membrane, CEM) 및 제1 음이온 교환막(Anion Exchange Membrane, AEM); 및

상기 제2 탈염부와 제1 양극부 사이에 위치하는 제2 양이온 교환막;

을 더 포함하고,

상기 제1 양이온 교환막과 제1 음이온 교환막은 서로 접해 있는,

적층형 이온 교환 배터리.

청구항 10

제8항에 있어서,

상기 음극부의 타측에 위치하고, 염수를 포함하는 제1 농축부;

상기 제1 농축부의 일측에 위치하고, 염수를 포함하는 제2 농축부;

상기 제2 농축부의 일측에 위치하고, 염수에 함침된 제2 캐소드를 포함하는 제2 양극부;

를 더 포함하고,

상기 양이온 교환수지는, 방전에 따라, 상기 제2 농축부로부터 전달받은 염수 및 염화수소에 포함된 수소 이온(H^+)을 흡수하여 농축 염수(brine)를 생성하고,

상기 음이온 교환수지는, 상기 방전에 따라, 상기 제1 농축부 및 제2 양극부로부터 전달받은 염수 및 염화나트륨(NaOH)에 포함된 수산화 이온(OH^-)을 흡수하여 농축 염수를 생성하는,

적층형 이온 교환 배터리.

청구항 11

제10항에 있어서,

상기 음극부와 제1 농축부 사이에 위치하는 제2 고체 전해질;

상기 제1 농축부와 제2 농축부 사이에 위치하는 제2 음이온 교환막(Anion Exchange Membrane, AEM) 및 제3 양이온 교환막(Cation Exchange Membrane, CEM); 및

상기 제2 탈염부와 제2 양극부 사이에 위치하는 제4 양이온 교환막;

을 더 포함하고,

상기 제2 음이온 교환막과 제3 양이온 교환막은 서로 접해 있는,

적층형 이온 교환 배터리.

청구항 12

제8항에 있어서,

상기 양이온 교환수지는, 상기 충전에 따라 상기 나트륨 이온을 흡수하고 수소 이온(H^+)을 방출하여 상기 물을 생성하는,

상기 음이온 교환 수지는, 상기 충전에 따라 상기 염소 이온을 흡수하고 수산화 이온(OH^-)을 방출하여 상기 물을 생성하는,

적층형 이온 교환 배터리.

청구항 13

제10항에 있어서,

상기 양이온 교환수지는, 상기 방전에 따라 상기 수소 이온을 흡수하고 나트륨 이온을 방출하여 상기 농축 염수를 생성하고,

상기 음이온 교환수지는, 상기 방전에 따라 상기 수산화 이온을 흡수하고 염소 이온을 방출하여 상기 농축 염수를 생성하는,

적층형 이온 교환 배터리.

청구항 14

제8항에 있어서,

상기 충전에 따라 상기 양이온 교환수지로부터 생성된 물은 상기 제2 탈염부로 전달되고,

상기 충전에 따라 상기 음이온 교환수지로부터 생성된 물은 상기 제1 탈염부 및 제1 양극부로 전달되는,

적층형 이온 교환 배터리.

청구항 15

제10항에 있어서,

상기 방전에 따라, 상기 양이온 교환수지로부터 생성된 농축 염수는 상기 제2 농축부로 전달되고,

상기 방전에 따라, 상기 음이온 교환수지로부터 생성된 농축 염수는 상기 제1 농축부 및 제2 양극부로 전달되는,

적층형 이온 교환 배터리.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 이온 교환 배터리 및 이온 교환 담수 배터리에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 양이온 교환수지 및 음이온 교환수지를 이용한 이온 교환 배터리 및 이온 교환 담수 배터리에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0003] 이온 교환 수지는 기존 수처리 장비에서 염분 및 이물질 제거 목적으로 사용되고 있다. 해수의 담수 생성 목적으로 사용하기엔 낮은 이온 교환 용량과 포화(saturation) 문제가 있다는 문제점이 있다.

[0004] 또한, 기존의 담수 배터리의 경우, 음이온 교환막 사용으로 인한 담수 손실이 발생하고, 전극 재생이 어려우며,

산성화 문제점이 발생하였다.

[0005] 또한, 기존의 전기투석 장치(Electrodialysis)에서는 음이온 교환막과 양이온 교환막이 번갈아 적층될 수 있다. 이러한 방법으로 적층 시, 농축수부와 담수부가 번갈아 나열될 수 있으며, 이 경우, 탈염과정에서 물분자도 함께 담수부에서 농축수부로 이동할 수 있다.

[0006] 이와 같은 전기 삼투 유동(Electro-osmosis)과 삼투 두 가지 원인으로 인해 담수부에서 상당한 물 손실이 발생할 수 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0008] (특허문헌 0001) [특허문헌 1] 한국등록특허 제10-2224401호

발명의 내용

해결하려는 과제

[0009] 본 발명은 전술한 문제점을 해결하기 위하여 창출된 것으로, 이온 교환 배터리 및 이온 교환 담수 배터리를 제공하는 것을 그 목적으로 한다.

[0010] 본 발명의 목적들은 이상에서 언급한 목적들로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 목적들은 아래의 기재로부터 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

[0012] 상기한 목적들을 달성하기 위하여, 본 발명의 일 실시예에 따른 이온 교환 배터리는, 나트륨 함유 용액에 함침되는 캐소드(cathode)를 포함하는 양극부; 유기 전해질에 함침되는 애노드(anode)를 포함하는 음극부; 상기 양극부와 음극부 사이에 위치하는 고체 전해질; 및 충전 또는 방전에 따라, 상기 나트륨 함유 용액에 포함된 나트륨 이온을 방출 또는 흡수하는 양이온 교환수지;를 포함할 수 있다.

[0013] 실시예에서, 상기 양이온 교환수지는, 상기 이온 교환 배터리의 충전 시, 상기 나트륨 함유 용액에 상기 나트륨 이온(Na^+)을 방출하고, 상기 나트륨 함유 용액에 포함된 물(H_2O)로부터 생성된 수소 이온(H^+)을 흡수하며, 상기 이온 교환 배터리의 방전 시, 상기 나트륨 함유 용액으로부터 상기 나트륨 이온(Na^+)을 흡수하고, 상기 나트륨 함유 용액에 상기 흡수한 수소 이온(H^+)을 방출할 수 있다.

[0014] 실시예에서, 상기 양극부는, 상기 나트륨 함유 용액을 상기 양이온 교환수지에 통과시키기 위한 배출부 및 상기 양이온 교환수지를 통과한 나트륨 함유 용액을 상기 양극부로 주입시키기 위한 주입부를 포함할 수 있다.

[0015] 실시예에서, 이온 교환 담수 배터리는, 염수(saline water)에 함침되는 캐소드(cathode)를 포함하는 양극부; 유기 전해질에 함침되는 애노드(anode)를 포함하는 음극부; 상기 양극부와 음극부 사이에 위치하는 고체 전해질; 및 충전 또는 방전에 따라, 상기 염수에 포함된 염소 이온을 방출 또는 흡수하는 음이온 교환수지;를 포함할 수 있다.

[0016] 실시예에서, 상기 음이온 교환수지는, 상기 이온 교환 담수 배터리의 충전 시, 상기 염수에 포함된 염소 이온(Cl^-)으로부터 생성된 염화수소(HCl)를 흡수하고, 상기 이온 교환 담수 배터리의 방전 시, 상기 염수에 상기 흡1수한 염화수소를 방출할 수 있다.

[0017] 실시예에서, 상기 이온 교환 담수 배터리의 충전 시, 상기 염수에 포함된 나트륨 이온(Na^+)은, 상기 양극부로부터 상기 고체 전해질을 통해 상기 음극부로 이동되고, 상기 이온 교환 담수 배터리의 방전 시, 상기 음극부로부터 상기 고체 전해질을 통해 상기 양극부로 이동될 수 있다.

[0018] 실시예에서, 상기 양극부는, 상기 염수를 상기 음이온 교환수지에 통과시키기 위한 배출부 및 상기 음이온 교환수지를 통과한 염수를 상기 양극부로 주입시키기 위한 주입부를 포함할 수 있다.

[0019] 실시예에서, 적층형 이온 교환 배터리는, 유기 전해질에 함침되는 애노드(anode)를 포함하는 음극부; 상기 음극부의 일측에 위치하고, 염수(saline water)를 포함하는 제1 탈염부; 상기 제1 탈염부의 일측에 위치하고, 물(H_2O)을 포함하는 제2 탈염부; 상기 제2 탈염부의 일측에 위치하고, 염수에 함침된 제1 캐소드(cathode)를 포함하는 제1 양극부; 충전에 따라 상기 제2 탈염부로부터 전달받은 염화나트륨(NaOH)에 포함된 나트륨 이온(Na+)을 흡수하여 물을 생성하는 양이온 교환수지; 및 상기 충전에 따라 상기 제1 탈염부 및 제1 양극부로부터 전달받은 염화수소(HCl)에 포함된 염소 이온(Cl-)을 흡수하여 물을 생성하는 음이온 교환수지;를 포함할 수 있다.

[0020] 실시예에서, 상기 적층형 이온 교환 배터리는, 상기 음극부와 제1 탈염부 사이에 위치하는 제1 고체 전해질; 상기 제1 탈염부와 제2 탈염부 사이에 위치하고, 제1 양이온 교환막(Cation Exchange Membrane, CEM) 및 제1 음이온 교환막(Anion Exchange Membrane, AEM); 및 상기 제2 탈염부와 제1 양극부 사이에 위치하는 제2 양이온 교환막;을 더 포함하고, 상기 제1 양이온 교환막과 제1 음이온 교환막은 서로 접해 있을 수 있다.

[0021] 실시예에서, 상기 적층형 이온 교환 배터리는, 상기 음극부의 타측에 위치하고, 염수를 포함하는 제1 농축부; 상기 제1 농축부의 일측에 위치하고, 염수를 포함하는 제2 농축부; 상기 제2 농축부의 일측에 위치하고, 염수에 함침된 제2 캐소드를 포함하는 제2 양극부;를 더 포함하고, 상기 양이온 교환수지는, 방전에 따라, 상기 제2 농축부로부터 전달받은 염수 및 염화수소에 포함된 수소 이온(H^+)을 흡수하여 농축 염수(brine)를 생성하고, 상기 음이온 교환수지는, 상기 방전에 따라, 상기 제1 농축부 및 제2 양극부로부터 전달받은 염수 및 염화나트륨(NaOH)에 포함된 수산화 이온(OH^-)을 흡수하여 농축 염수를 생성할 수 있다.

[0022] 실시예에서, 상기 적층형 이온 교환 배터리는, 상기 음극부와 제1 농축부 사이에 위치하는 제2 고체 전해질; 상기 제1 농축부와 제2 농축부 사이에 위치하는 제2 음이온 교환막(Anion Exchange Membrane, AEM) 및 제3 양이온 교환막(Cation Exchange Membrane, CEM); 및 상기 제2 탈염부와 제2 양극부 사이에 위치하는 제4 양이온 교환막;을 더 포함하고, 상기 제2 음이온 교환막과 제3 양이온 교환막은 서로 접해 있을 수 있다.

[0023] 실시예에서, 상기 양이온 교환수지는, 상기 충전에 따라 상기 나트륨 이온을 흡수하고 수소 이온(H^+)을 방출하여 상기 물을 생성하는, 상기 음이온 교환 수지는, 상기 충전에 따라 상기 염소 이온을 흡수하고 수산화 이온(OH^-)을 방출하여 상기 물을 생성할 수 있다.

[0024] 실시예에서, 상기 양이온 교환수지는, 상기 방전에 따라 상기 수소 이온을 흡수하고 나트륨 이온을 방출하여 상기 농축 염수를 생성하고, 상기 음이온 교환수지는, 상기 방전에 따라 상기 수산화 이온을 흡수하고 염소 이온을 방출하여 상기 농축 염수를 생성할 수 있다.

[0025] 실시예에서, 상기 충전에 따라 상기 양이온 교환수지로부터 생성된 물은 상기 제2 탈염부로 전달되고, 상기 충전에 따라 상기 음이온 교환수지로부터 생성된 물은 상기 제1 탈염부 및 제1 양극부로 전달될 수 있다.

[0026] 실시에에서, 상기 방전에 따라, 상기 양이온 교환수지로부터 생성된 농축 염수는 상기 제2 농축부로 전달되고, 상기 방전에 따라, 상기 음이온 교환수지로부터 생성된 농축 염수는 상기 제1 농축부 및 제2 양극부로 전달될 수 있다.

[0027] 상기한 목적들을 달성하기 위한 구체적인 사항들은 첨부된 도면과 함께 상세하게 후술될 실시예들을 참조하면 명확해질 것이다.

[0028] 그러나, 본 발명은 이하에서 개시되는 실시예들에 한정되는 것이 아니라, 서로 다른 다양한 형태로 구성될 수 있으며, 본 발명의 개시가 완전하도록 하고 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자(이하, "통상의 기술자")에게 발명의 범주를 완전하게 알려주기 위해서 제공되는 것이다.

발명의 효과

[0030] 본 발명의 일 실시예에 의하면, 이온 교환수지를 이차 전지에 결합하여 이차전지 구동이나 담수화 기능을 보다 효율적으로 수행할 수 있다.

[0031] 본 발명의 효과들은 상술된 효과들로 제한되지 않으며, 본 발명의 기술적 특징들에 의하여 기대되는 잠정적인

효과들은 아래의 기재로부터 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

도면의 간단한 설명

[0033] 도 1a는 본 발명의 일 실시예에 따른 충전 시 이온 교환 배터리를 도시한 도면이다.

도 1b는 본 발명의 일 실시예에 따른 방전 시 이온 교환 배터리를 도시한 도면이다.

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 양이온 교환 수지를 도시한 도면이다.

도 3a는 본 발명의 일 실시예에 따른 충전 시 이온 교환 담수 배터리를 도시한 도면이다.

도 3b는 본 발명의 일 실시예에 따른 방전 시 이온 교환 담수 배터리를 도시한 도면이다.

도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 음이온 교환 수지를 도시한 도면이다.

도 5a는 본 발명의 일 실시예에 따른 이온 교환 담수 배터리의 분할 사이클 구동 과정을 도시한 도면이다.

도 5b는 본 발명의 일 실시예에 따른 분할 사이클 구동 과정의 탈염 성능 그래프를 도시한 도면이다.

도 6a는 본 발명의 일 실시예에 따른 충전 시 적층형 이온 교환 배터리를 도시한 도면이다.

도 6b는 본 발명의 일 실시예에 따른 방전 시 적층형 이온 교환 배터리를 도시한 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0034] 본 발명은 다양한 변경을 가할 수 있고, 여러 가지 실시예들을 가질 수 있는 바, 특정 실시예들을 도면에 예시하고 이를 상세히 설명하고자 한다.

[0035] 청구범위에 개시된 발명의 다양한 특징들은 도면 및 상세한 설명을 고려하여 더 잘 이해될 수 있을 것이다. 명세서에 개시된 장치, 방법, 제법 및 다양한 실시예들은 예시를 위해서 제공되는 것이다. 개시된 구조 및 기능상의 특징들은 통상의 기술자로 하여금 다양한 실시예들을 구체적으로 실시할 수 있도록 하기 위한 것이고, 발명의 범위를 제한하기 위한 것이 아니다. 개시된 용어 및 문장들은 개시된 발명의 다양한 특징들을 이해하기 쉽게 설명하기 위한 것이고, 발명의 범위를 제한하기 위한 것이 아니다.

[0036] 본 발명을 설명함에 있어서, 관련된 공지기술에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우, 그 상세한 설명을 생략한다.

[0037] 이하, 본 발명의 일 실시예에 따른 이온 교환 배터리 및 이온 교환 담수 배터리를 설명한다.

[0039] 도 1a는 본 발명의 일 실시예에 따른 충전 시 이온 교환 배터리(100)를 도시한 도면이다. 도 1b는 본 발명의 일 실시예에 따른 방전 시 이온 교환 배터리(100)를 도시한 도면이다. 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 양이온 교환수지(140)를 도시한 도면이다.

[0040] 도 1a 및 1b와 도 2를 참고하면, 이온 교환 배터리(100)는 양극부(110), 고체 전해질(120), 음극부(130) 및 양이온 교환수지(140)를 포함할 수 있다.

[0041] 양극부(110)는 나트륨 함유 용액에 함침되는 캐소드(cathode)(115)를 포함할 수 있다. 예를 들어, 나트륨 함유 용액은 해수(seawater) 및 염수를 포함할 수 있다.

[0042] 음극부(130)는 유기 전해질에 함침되는 애노드(anode)(135)를 포함할 수 있다.

[0043] 고체 전해질(120)은 양극부(110)와 음극부(130) 사이에 위치할 수 있다.

[0044] 양이온 교환수지(140)는 충전 또는 방전에 따라, 나트륨 함유 용액에 포함된 나트륨 이온을 방출 또는 흡수할 수 있다.

[0045] 일 실시예에서, 양이온 교환수지(140)는, 이온 교환 배터리(100)의 충전 시, 나트륨 함유 용액에 나트륨 이온(Na^+)을 방출하고, 나트륨 함유 용액에 포함된 물(H20)로부터 생성된 수소 이온(H^+)을 흡수할 수 있다.

[0046] 예를 들어, 이온 교환 배터리(100)가 충전되는 경우, 양극부(110)의 양극 전해액 내 Na^+은 감소하고, H^+은 증가할 수 있다.

[0047] 이 경우, Na^+이 감소하며, 음극 반응($Na^+ + e^- \rightarrow Na$)에서 반응물 감소로 인해 충전 셀 전압이 증가하고, H^+이 증가하며, 양극 반응($2H_2O \rightarrow O_2 + 4H^+$)에서 생성물 농도 증가로 인한 충전 셀 전압이 증가하고, H^+이 많아지고, Na^+이 적은 환경이 되는데, 이 때, 양이온 교환수지(140)는 H^+를 흡수하고, 가지고 있던 Na^+을 방출할 수 있다.

[0048] 따라서, 양극 전해액은 H^+가 적고, Na^+는 많은 환경이 되어 양쪽 전극의 충전 셀 전압 증가가 방지될 수 있다. 이에 따라, 더 낮은 전압으로 이온 교환 배터리(100)를 충전할 수 있다.

[0049] 일 실시예에서, 양이온 교환수지(140)는, 이온 교환 배터리(100)의 방전 시, 나트륨 함유 용액으로부터 나트륨 이온(Na^+)을 흡수하고, 나트륨 함유 용액에 상기 흡수한 수소 이온(H^+)을 방출할 수 있다.

[0050] 예를 들어, 이온 교환 배터리(100)를 완전히 충전하면 양극 전해액은 나트륨 함유 용액 기반의 HCl 용액을 포함할 수 있다.

[0051] 이온 교환 배터리(100)를 방전하면 양극 전해액 내 Na^+은 많아지고, OH^-는 많아질 수 있다.

[0052] 이 경우, Na^+이 많아지며, 음극 반응($Na \rightarrow Na^+ + e^-$)에서 생성물 농도 증가로 인한 방전 셀 전압이 감소하고, OH^-는 많아 지며, 양극 반응($2H_2O + O_2 \rightarrow 4OH^-$)에서 생성물 증가로 인한 방전 셀 전압이 감소하며, H^+은 적지만 Na^+이 많은 환경이 되는데, 이 때, 양이온 교환수지(140)는 Na^+를 흡수하고, 가지고 있던 H^+을 방출할 수 있다.

[0053] 따라서 양극 전해액은 H^+가 많고, Na^+는 적은 환경이 되어 방전 셀 전압 감소를 방지할 수 있다.

[0054] 이에 따라, 더 높은 전압으로 이온 교환 배터리(100)를 방전할 수 있다.

[0055] 이에 따라, 에너지 효율이 더 높아질 수 있다(에너지 효율=방전 에너지($\int V_{방전} Idt$)/충전 에너지($\int V_{충전} Idt$)). 또한, 이온 교환 배터리(100)는 담수 배터리로도 활용될 수 있다.

[0056] 일 실시예에서, 양극부(110)는, 나트륨 함유 용액을 양이온 교환수지(140)에 통과시키기 위한 배출부 및 양이온 교환수지(140)를 통과한 나트륨 함유 용액을 양극부(110)로 주입시키기 위한 주입부를 포함할 수 있다.

[0057] 양이온 교환수지(Cation Exchange Resin, CER)(140)는 외부 환경에 따라 H^+ 또는 Na^+를 포집할 수 있다.

[0058] 예를 들어, 외부에 H^+ 농도가 임계값보다 큰 경우(pH가 특정값보다 작은 경우), 약산성 양이온 교환수지는 H^+를 포집하고, 이미 포집하고 있던 Na^+는 외부로 방출할 수 있다.

[0059] 반대로, 외부 H^+ 농도가 임계값보다 낮은 경우(pH가 특정값보다 큰 경우), 약산성 양이온 교환수지는 포집한 H^+을 내어놓고 외부 Na^+을 포집할 수 있다.

[0060] pH와 마찬가지로 외부의 Na^+ 농도 역시 양이온 교환수지의 거동에 영향을 미칠 수 있다.

[0061] 예를 들어, 양이온 교환수지(140)는 하기 <표 1>와 같은 특성을 가질 수 있다.

표 1

[0062]

	양이온 교환수지(CER)	
종류	강산성(Strong Acid CER, SAC)	약산성 (Weak Acid CER, WAC)
작용기	Sulfonic acid (SO_3^-)	Carboxyl acid ($COOH^-$)
기본형	Na^+	H^+
특징	- 중성염 (NaCl) 흡수 가능 - 재생시 강산 필요	- 중성염 흡수 불가 - 염기성염 (NaOH) 흡수 가능 - 약산으로 재생 가능

[0063] 본 발명에 따른 이온 교환 배터리(100)는 양이온 교환수지(140)를 이차 전지에 결합하여 이차 전지 구동이나 부가기능을 더 잘 수행할 수 있도록 할 수 있다. 일 실시예에서, 이차 전지는 양극부(110), 고체 전해질(120) 및 음극부(130)를 포함할 수 있다.

[0064] 일 실시예에서, 둘 중 한쪽 전극이 충/방전 간 해당 전극 쪽 전해액을 산성화 혹은 염기성화시킬 수 있으면 될 수 있다. 예를 들어, 캐소드(115)를 탄소 집전체만 사용하여 충/방전간 물분해 반응을 일으켜 H^+/OH^- 를 생성할 수 있다.

[0065] 본 발명의 다양한 실시 예들에서 이온 교환 배터리(100)는 도 1a 및 1b에 설명된 구성들이 필수적인 것은 아니어서, 도 1a 및 1b에 설명된 구성들보다 많은 구성들을 가지거나, 또는 그보다 적은 구성들을 가지는 것으로 구현될 수 있다.

[0067] 기존의 담수 배터리의 경우, 음이온 교환막 사용으로 인한 담수 손실이 발생하고, 전극 재생이 어려우며, 산성화 문제점이 발생하였다.

[0068] 이에, 본 발명에 따르면, 이온 교환 수지(Ion Exchange Resin)를 이차 전지에 적용한 이온 교환 담수 배터리가 사용될 수 있다.

[0070] 도 3a는 본 발명의 일 실시예에 따른 충전 시 이온 교환 담수 배터리(300)를 도시한 도면이다. 도 3b는 본 발명의 일 실시예에 따른 방전 시 이온 교환 담수 배터리(300)를 도시한 도면이다. 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 음이온 교환수지(150)를 도시한 도면이다.

[0071] 도 3a 및 3b와 도 4를 참고하면, 이온 교환 담수 배터리(300)는 양극부(110), 고체 전해질(120), 음극부(130) 및 음이온 교환수지(150)를 포함할 수 있다.

[0072] 양극부(110)는 염수(saline water)에 함침되는 캐소드(cathode)(115)를 포함할 수 있다. 예를 들어, 염수는 나트륨 이온(Na^+)과 염소 이온(Cl^-)을 포함할 수 있으며, 해수를 포함할 수 있다.

[0073] 음극부(130)는 유기 전해질에 함침되는 애노드(anode)(135)를 포함할 수 있다.

[0074] 고체 전해질(120)은 양극부(110)와 음극부(130) 사이에 위치할 수 있다.

[0075] 음이온 교환수지(150)는 충전 또는 방전에 따라, 염수에 포함된 염소 이온을 방출 또는 흡수할 수 있다.

[0076] 일 실시예에서, 음이온 교환수지(150)는, 이온 교환 담수 배터리(300)의 충전 시, 염수에 포함된 염소 이온(Cl^-)으로부터 생성된 염화수소(HCl)를 흡수할 수 있다.

[0077] 예를 들어, 충전 시 전자는 캐소드(115)에서 애노드(135)로 이동할 수 있다. 이 때, 애노드(135)의 경우, $Na^+ + e^- \rightarrow Na$ 반응이 발생하며, 캐소드(115)의 경우 $2H_2O \rightarrow O_2 + 4H^+$ 반응이 발생할 수 있다.

[0078] 이로 인해, 양극부(110)의 양극 전해액이 NaCl에서 HCl로 변해가게 되는데, 음이온 교환수지(150)가 HCl을 흡수함에 따라 양극부(110)의 양극 전해액은 담수화가 진행될 수 있다. 즉, 이온 교환 및 탈염 과정에서도 중성의 pH 유지가 가능할 수 있다.

[0079] 일 실시예에서, 음이온 교환수지(150)는, 이온 교환 담수 배터리(300)의 방전 시, 염수에 상기 흡수한 염화수소를 방출할 수 있다.

[0080] 예를 들어, 충전 시 생성된 담수를 양극부(110)에서 제거하고 양극부(110)에 다시 염수로 채워질 수 있다.

[0081] 방전 시 양극부(110)가 염수 기반의 NaOH 수용액이 되어, 음이온 교환수지(150)가 재생되고 Cl^-이 양극부(110)로 배출될 수 있다. 즉, 본 발명에 따르면, 음이온 교환수지(150)의 재생을 위해 화학적 처리를 별도로 할 필요 없다.

[0082] 방전을 통해 양극부(110)의 양극 전해액은 농축 염수로 변화할 수 있다. 여기서, 농축 염수는 농축수 또는 이와

동등한 기술적 의미를 갖는 용어로 지칭될 수 있다. 이후, 양극부(110)에서 농축 염수를 비우고 염수를 채워 담수 과정을 다시 시작할 수 있다.

[0083] 일 실시예에서, 이온 교환 담수 배터리(300)의 충전 시, 염수에 포함된 나트륨 이온(Na^+)은, 양극부(110)로부터 고체 전해질(120)을 통해 음극부(130)로 이동될 수 있다.

[0084] 일 실시예에서, 이온 교환 담수 배터리(300)의 방전 시, 음극부(130)로부터 고체 전해질(120)을 통해 양극부(110)로 이동될 수 있다.

[0085] 일 실시예에서, 양극부(110)는, 염수를 음이온 교환수지(150)에 통과시키기 위한 배출부 및 음이온 교환수지(150)를 통과한 염수를 양극부(110)로 주입시키기 위한 주입부를 포함할 수 있다.

[0086] 예를 들어, 음이온 교환수지(150)는 하기 <표 2>와 같은 특성을 가질 수 있다.

표 2

[0087]

	음이온 교환수지(AER)	
종류	강염기성(Strong Base CER, SBC)	약염기성 (Weak Base CER, WBC)
작용기	Trimethyl/ Dimethylethanol Ammonium ($CH_2N(CH_3)_3OH$-)	Primary-ternary Amino (NH_3-)
기본형	Cl^-	Free
특징	- 중성염 (NaCl) 흡수 가능 - 재생시 강염기 필요	- 중성염 흡수 불가 - 산성염 (HCl) 흡수 가능 - 약염기로 재생 가능

[0088] 본 발명의 다양한 실시 예들에서 이온 교환 담수 배터리(300)는 도 3a 및 3b에 설명된 구성들이 필수적인 것은 아니어서, 도 3a 및 3b에 설명된 구성들보다 많은 구성들을 가지거나, 또는 그보다 적은 구성들을 가지는 것으로 구현될 수 있다.

[0090] 도 5a는 본 발명의 일 실시예에 따른 이온 교환 담수 배터리(300)의 분할 사이클 구동 과정을 도시한 도면이다. 도 5b는 본 발명의 일 실시예에 따른 분할 사이클 구동 과정의 탈염 성능 그래프를 도시한 도면이다.

[0091] 도 5a를 참고하면, 충전 과정(510)에서, 이온 교환 담수 배터리(300)의 양극부(110)의 양극 전해액으로 염수가 주입될 수 있다. 이 경우, 음이온 교환수지(150)는 충전 시 염수로부터 발생된 HCl을 흡수하고, 염수에 포함된 나트륨 이온은 음극부(130)로 이동하여, 양극부(110)의 염수는 담수로 전환될 수 있다.

[0092] 담수 분리 과정(520)에서, 충전을 통해 전환된 담수는 양극부(110)에서 외부로 배출될 수 있다.

[0093] 방전 과정(530)에서, 양극부(110)의 양극 전해액으로 염수가 다시 주입될 수 있다. 이 경우, 음이온 교환수지(150)는 이전 충전 시 흡수하였던 HCl을 염수로 배출하고, 음극부(130)의 나트륨 이온이 양극부(110)의 염수로 이동하여, 양극부(110)의 염수는 농축 염수로 전환될 수 있다.

[0094] 농축수 분리 과정(540)에서, 방전을 통해 전환된 농축 염수는 양극부(110)에서 외부로 배출될 수 있다.

[0095] 일 실시예에서, 충전 과정(510), 담수 분리 과정(520), 방전 과정(530) 및 농축수 분리 과정(540)이 반복되면서 연속적인 담수 구동이 가능할 수 있다.

[0096] 일 실시예에서, 생성된 담수와 농축수를 구분하여 저장하였다가 충전 및 방전 시 재사용할 수 있다.

[0097] 일 실시예에서, 염소 이온의 분할 탈염 과정은 하기 <표 3>과 같이 나타낼 수 있다.

표 3

[0098]

Cycle	1		2		3	
Process	충전	방전	충전	방전	충전	방전
이차 전지	Na^+ 흡수	Na^+ 방출	Na^+ 흡수	Na^+ 방출	Na^+ 흡수	Na^+ 방출
음이온 교환수지	Cl^- 흡수	Cl^- 방출	Cl^- 흡수	Cl^- 방출	Cl^- 흡수	Cl^- 방출

염수A	1/3탈염		2/3탈염		3/3탈염	
염수B		1/3농축		2/3농축		3/3농축

[0099] 예를 들어, 3Ah만큼 충전 시 186mL의 염수를 담수화할 수 있으며, (26.8Ah / 1mol ion), 약 93mL의 음이온 교환수지(140)가 필요할 수 있다.186mL의 담수 생성 시 한번에 3Ah를 충전하는 대신, 여러 번 나누어 충전 시(예시: 1Ah x 3번), 3Ah 충전 시에 비해 3분의 1 수준의 음이온 교환수지(140)와 이차전지 용량만 필요할 수 있다.

[0100] 즉, 1Ah의 이차 전지와 31mL의 음이온 교환수지(140)만 있어도 186mL의 담수 생성이 가능할 수 있다.

[0101] 도 5b를 참고하면, 염수량이 3.4mL이고, 음이온 교환수지(140)의 양이1.7mL인 경우, 30%, 60%, 90% 충전 시, 용액 조성을 모사하여 음이온 교환수지(140)에 연속적으로 플로우(flow)할 수 있다.

[0102] 1분할 100% 충전 시, Cl-는 49% 탈염에 그쳤지만, 3분할 충전 시 83% 탈염될 수 있다. 음이온 교환수지(140)의 사용량 대비 Cl- 탈염양의 경우, 1분할시 0.588 mol/L이고, 3분할시 0.996 mol/L일 수 있다. 이를 통해 음이온 교환수지(140)의 포화(saturation) 문제를 해결할 수 있다.

[0104] 도 6a는 본 발명의 일 실시예에 따른 충전 시 적층형 이온 교환 배터리(600)를 도시한 도면이다. 도 6b는 본 발명의 일 실시예에 따른 방전 시 적층형 이온 교환 배터리(600)를 도시한 도면이다.

[0105] 도 6a 및 6b를 참고하면, 적층형 이온 교환 배터리(600)는 음극부(609), 제1 고체 전해질(608), 제1 탈염부(607), 제1 양이온 교환막(Cation Exchange Membrane, CEM)(606) 및 제1 음이온 교환막(Anion Exchange Membrane, AEM)(605), 제2 탈염부(604), 제2 양이온 교환막(603), 제1 양극부(602), 제2 고체 전해질(610), 제1 농축부(611), 제2 음이온 교환막(612), 제3 양이온 교환막(613), 제2 농축부(614), 제4 양이온 교환막(615) 및 제2 양극부(616)를 포함할 수 있다.

[0106] 음극부(609)는 유기 전해질에 함침되는 애노드(anode)를 포함할 수 있다.

[0107] 제1 탈염부(607)는 음극부(609)의 일측에 위치하고, 염수(saline water)를 포함할 수 있다.

[0108] 제1 고체 전해질(608)은 음극부(609)와 제1 탈염부(607) 사이에 위치할 수 있다.

[0109] 제2 탈염부(604)는 제1 탈염부(607)의 일측에 위치하고, 물(H_2O)을 포함할 수 있다.

[0110] 제1 양이온 교환막(Cation Exchange Membrane, CEM)(606) 및 제1 음이온 교환막(Anion Exchange Membrane, AEM)(605)은 제1 탈염부(607)와 제2 탈염부(604) 사이에 위치할 수 있다.

[0111] 일 실시예에서, 제1 양이온 교환막(606)과 제1 음이온 교환막(605)은 서로 접해 있을 수 있다.

[0112] 제1 양극부(602)는 제2 탈염부(604)의 일측에 위치하고, 염수에 함침된 제1 캐소드(cathode)(601)를 포함할 수 있다.

[0113] 제2 양이온 교환막(603)은 제2 탈염부(604)와 제1 양극부(602) 사이에 위치할 수 있다.

[0114] 양이온 교환수지(620)는 적층형 이온 교환 배터리(600)의 충전에 따라 제2 탈염부(604)로부터 전달받은 염화나트륨(NaOH)에 포함된 나트륨 이온(Na+)을 흡수하여 물을 생성할 수 있다.

[0115] 음이온 교환수지(630)는 적층형 이온 교환 배터리(600)의 충전에 따라 제1 탈염부(607) 및 제1 양극부(602)로부터 전달받은 염화수소(HCl)에 포함된 염소 이온(Cl-)을 흡수하여 물을 생성할 수 있다.

[0116] 제1 농축부(611)는 음극부(609)의 타측에 위치하고, 염수를 포함할 수 있다.

[0117] 제2 고체 전해질(610)은 음극부(609)와 제1 농축부(611) 사이에 위치할 수 있다.

[0118] 제2 농축부(614)는 제1 농축부(611)의 일측에 위치하고, 염수를 포함할 수 있다.

[0119] 제2 음이온 교환막(612) 및 제3 양이온 교환막(613)은 제1 농축부(611)와 제2 농축부(614) 사이에 위치할 수 있다.

[0120] 제2 양극부(616)는 제2 농축부(614)의 일측에 위치하고, 염수에 함침된 제2 캐소드(617)를 포함할 수 있다.

[0121] 제4 양이온 교환막(615)은 제2 탈염부(614)와 제2 양극부(616) 사이에 위치할 수 있다.

[0122] 양이온 교환수지(620)는, 적층형 이온 교환 배터리(600)의 방전에 따라, 제2 농축부(614)로부터 전달받은 염수 및 염화수소에 포함된 수소 이온(H+)을 흡수하여 농축 염수(brine)를 생성할 수 있다.

[0123] 음이온 교환수지(630)는, 적층형 이온 교환 배터리(600)의 방전에 따라, 제1 농축부(611) 및 제2 양극부(614)로부터 전달받은 염수 및 염화나트륨(NaOH)에 포함된 수산화 이온(OH^-)을 흡수하여 농축 염수를 생성할 수 있다.

[0124] 양이온 교환수지(620)는, 적층형 이온 교환 배터리(600)의 충전에 따라 나트륨 이온을 흡수하고 수소 이온(H^+)을 방출하여 물을 생성할 수 있다. 충전에 따라 양이온 교환수지(620)로부터 생성된 물은 제2 탈염부(604)로 전달될 수 있다.

[0125] 음이온 교환수지(630)는, 적층형 이온 교환 배터리(600)의 충전에 따라 염소 이온을 흡수하고 수산화 이온(OH^-)을 방출하여 물을 생성할 수 있다. 충전에 따라 음이온 교환수지(630)로부터 생성된 물은 제1 탈염부(607) 및 제1 양극부(602)로 전달될 수 있다.

[0126] 양이온 교환수지(620)는, 적층형 이온 교환 배터리(600)의 방전에 따라 수소 이온을 흡수하고 나트륨 이온을 방출하여 농축 염수를 생성할 수 있다. 방전에 따라, 양이온 교환수지(620)로부터 생성된 농축 염수는 제2 농축부(614)로 전달될 수 있다.

[0127] 음이온 교환수지(630)는, 적층형 이온 교환 배터리(600)의 방전에 따라 수산화 이온을 흡수하고 염소 이온을 방출하여 농축 염수를 생성할 수 있다. 방전에 따라, 음이온 교환수지(630)로부터 생성된 농축 염수는 제1 농축부(611) 및 제2 양극부(616)로 전달될 수 있다.

[0128] 즉, 충전간 흡수했던 이온을 방출하며 양이온 교환수지(620)와 음이온 교환수지(630)가 재생될 수 있다.

[0129] 본 발명에 따른, 적층형 이온 교환 배터리(600)의 경우, 농축수부와 담수부가 맞닿지 않으므로, 전기 삼투 유동(Electro-osmosis) 혹은 삼투에 의한 물 손실이 발생하지 않을 수 있다.

[0130] 또한, 본 발명에 따른, 적층형 이온 교환 배터리(600)의 경우, 1 쌍(pair)의 멤브레인만 사용하여도, 3군데에서 담수생산이 가능할 수 있다. 예를 들어, 기존 전기투석법(Electrodiaysis)의 2 페어 멤브레인(pair membrane) 적층을 통해 16Ah 용량을 사용하여 2L의 해수를 탈염하는 경우, 전기 삼투 유동에 의한 손실이 86.4mL만큼 발생할 수 있다.

[0131] 하지만 본 발명에 따른 적층형 이온 교환 배터리(600)를 이용하여 16Ah 용량을 사용하여 2L의 해수를 탈염하는 경우, OER 반응으로 인한 손실 뿐이며, 그 양은 5.4mL이다.

[0132] 본 발명의 다양한 실시 예들에서 적층형 이온 교환 배터리(600)는 도 6a 및 6b에 설명된 구성들이 필수적인 것은 아니어서, 도 6a 및 6b에 설명된 구성들보다 많은 구성들을 가지거나, 또는 그보다 적은 구성들을 가지는 것으로 구현될 수 있다.

[0134] 이상의 설명은 본 발명의 기술적 사상을 예시적으로 설명한 것에 불과한 것으로, 통상의 기술자라면 본 발명의 본질적인 특성이 벗어나지 않는 범위에서 다양한 변경 및 수정이 가능할 것이다.

[0135] 본 명세서에 개시된 다양한 실시예들은 순서에 관계없이 수행될 수 있으며, 동시에 또는 별도로 수행될 수 있다.

[0136] 일 실시예에서, 본 명세서에서 설명되는 각 도면에서 적어도 하나의 단계가 생략되거나 추가될 수 있고, 역순으로 수행될 수도 있으며, 동시에 수행될 수도 있다.

[0137] 본 명세서에 개시된 실시예들은 본 발명의 기술적 사상을 한정하기 위한 것이 아니라, 설명하기 위한 것이고, 이러한 실시예들에 의하여 본 발명의 범위가 한정되는 것은 아니다.

[0138] 본 발명의 보호범위는 청구범위에 의하여 해석되어야 하며, 그와 동등한 범위 내에 있는 모든 기술 사상은 본 발명의 권리범위에 포함되는 것으로 이해되어야 한다.

부호의 설명

[0140] 100: 이온 교환 배터리

110: 양극부

115: 캐소드

120: 고체 전해질

130: 음극부

135: 애노드

140: 양이온 교환수지

150: 음이온 교환수지

300: 이온 교환 담수 배터리

510: 충전 과정

520: 담수 분리 과정

530: 방전 과정

540: 농축수 분리 과정

600: 적층형 이온 교환 배터리

601: 제1 캐소드

602: 제1 양극부

603: 제2 양이온 교환막

604: 제2 탈염부

605: 제1 음이온 교환막

606: 제1 양이온 교환막

607: 제1 탈염부

608: 제1 고체 전해질

609: 음극부

610: 제2 고체 전해질

611: 제1 농축부

612: 제2 음이온 교환막

613: 제3 양이온 교환막

614: 제2 농축부

615: 제4 양이온 교환막

616: 제2 양극부

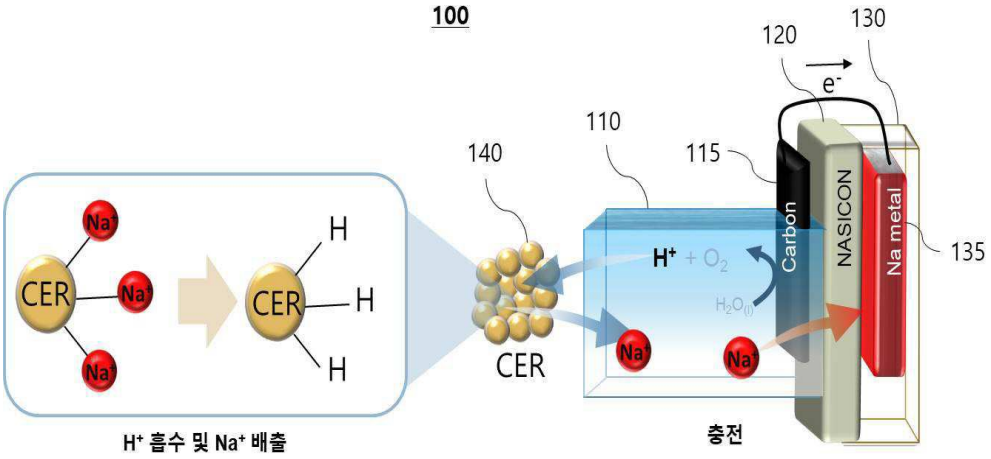
617: 제2 캐소드

620: 양이온 교환수지

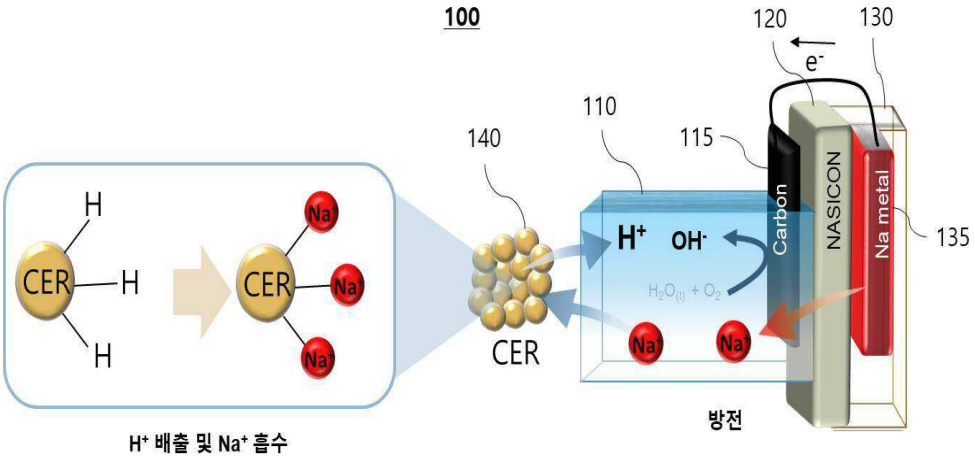
630: 음이온 교환수지

도면

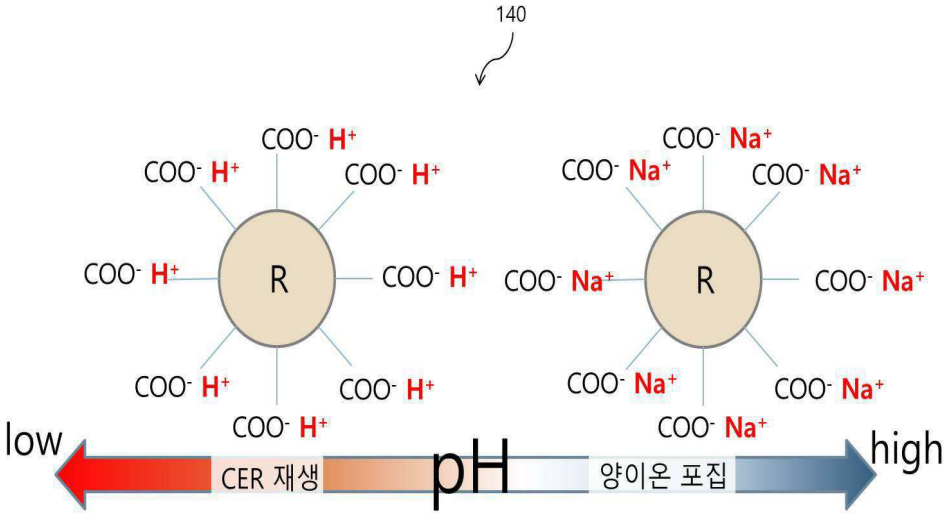
도면1a


100
120
130
e-
110
140
115
CER
H+ + O2
H2O(l)
Carbon
NASICON
Na metal
135
Na+
CER
H
H
H
충전
H+ 흡수 및 Na+ 배출

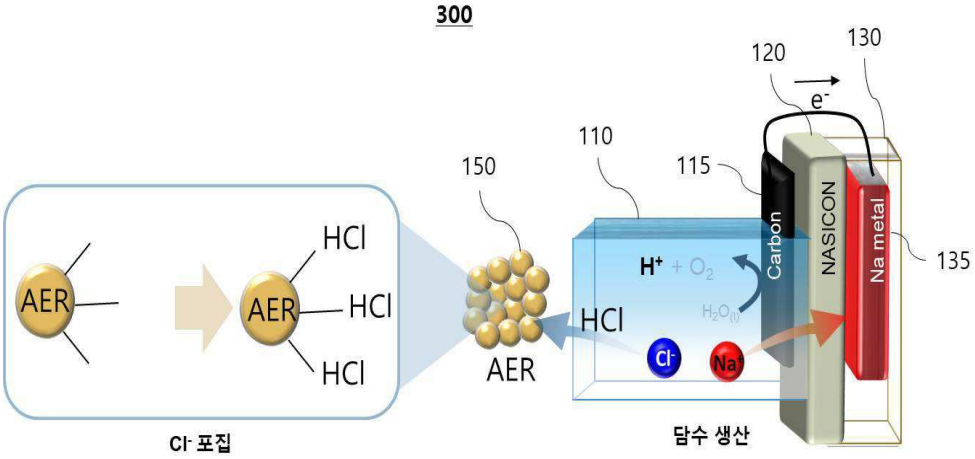
도면1b


100
120
130
e-
110
140
115
CER
H+
OH-
H2O(l) + O2
Carbon
NASICON
Na metal
135
Na+
CER
H
H
H
방전
H+ 배출 및 Na+ 흡수

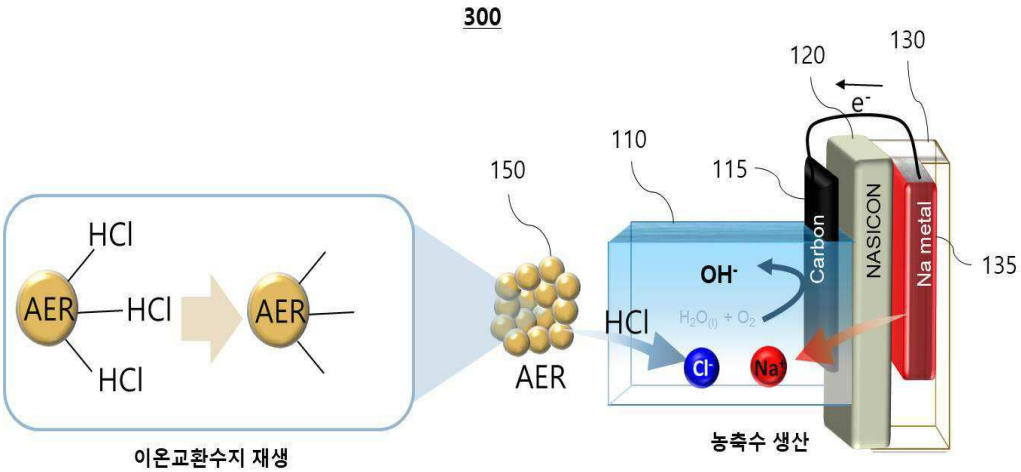
도면2



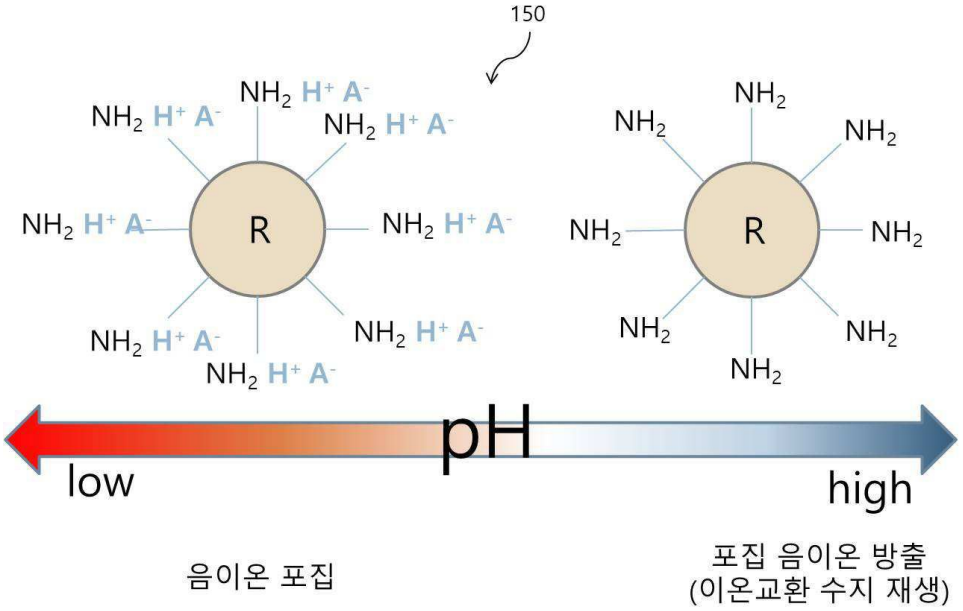
도면3a



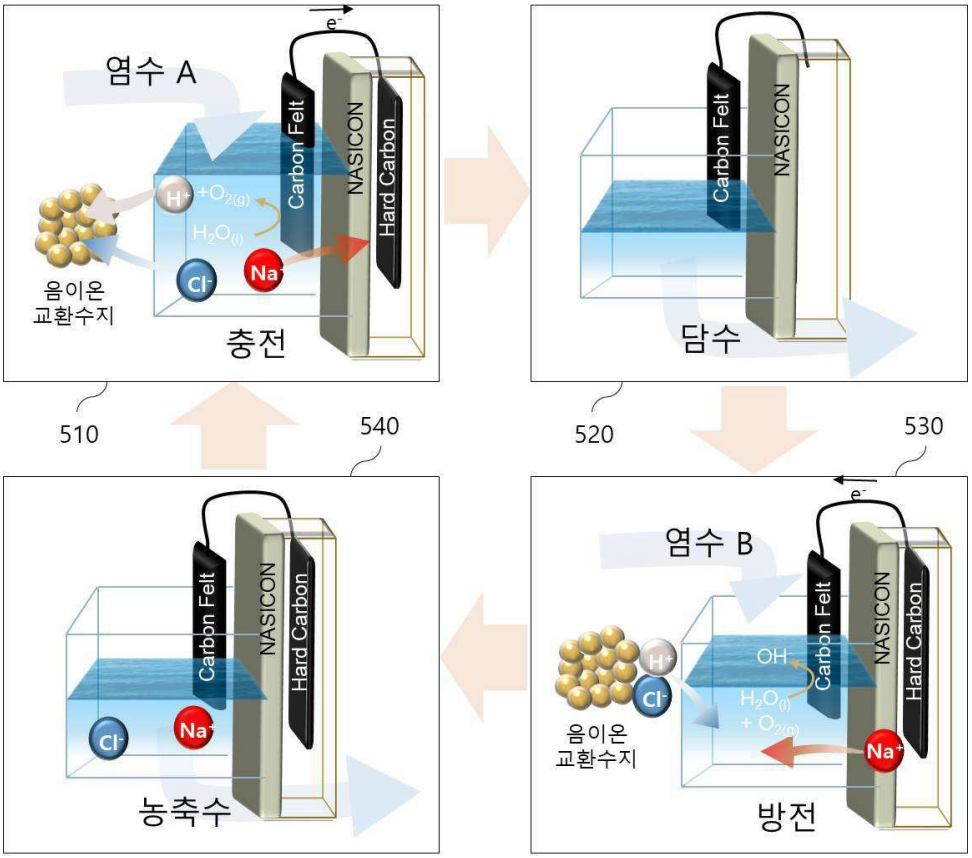
도면3b



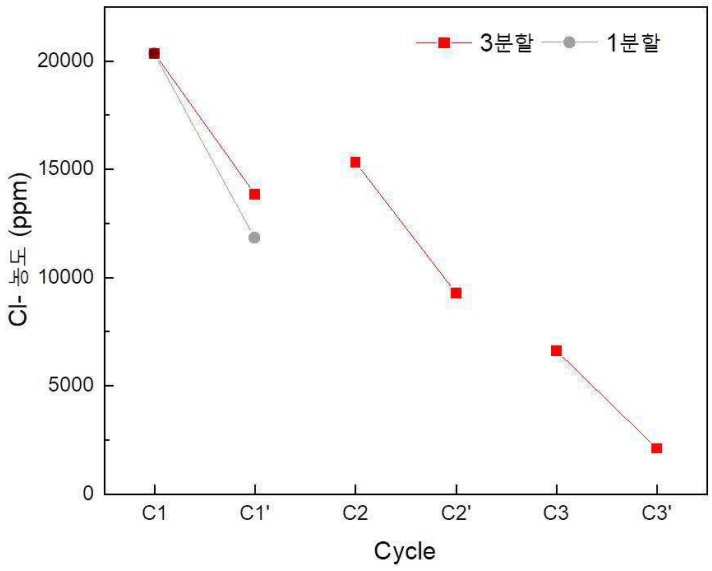
도면4


150
NH2 H+ A-
R
NH2
pH
low
high
음이온 포집
포집 음이온 방출
(이온교환 수지 재생)

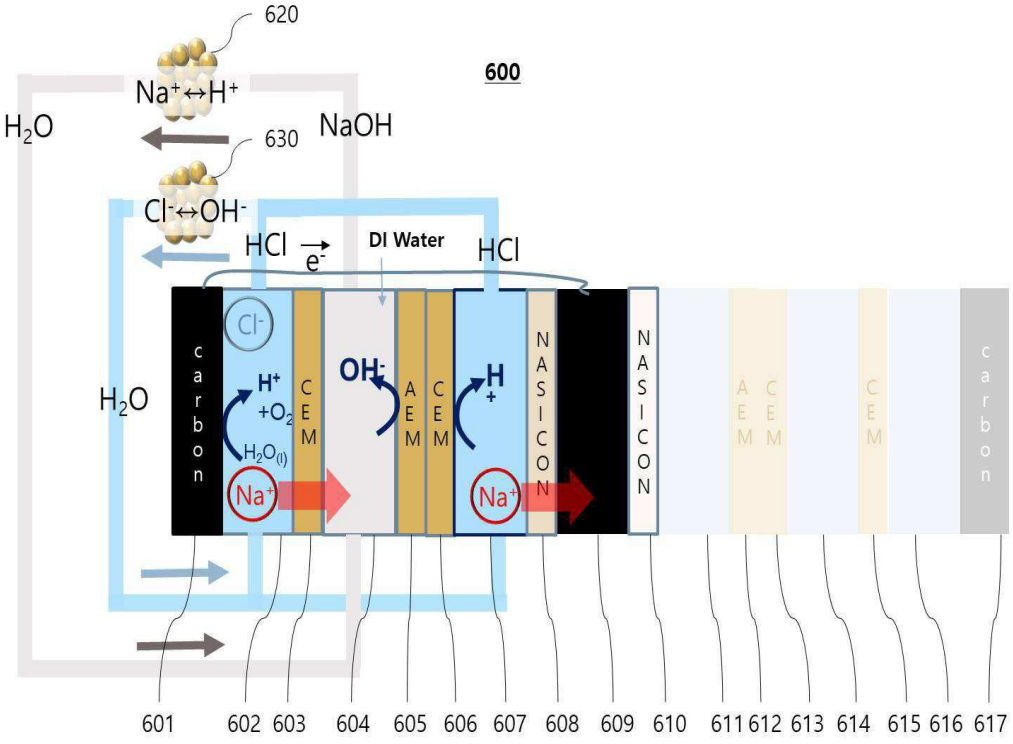
도면5a


염수 A
Carbon Felt
NASICON
Hard Carbon
음이온
교환수지
충전
510
담수
520
530
농축수
540
염수 B
방전

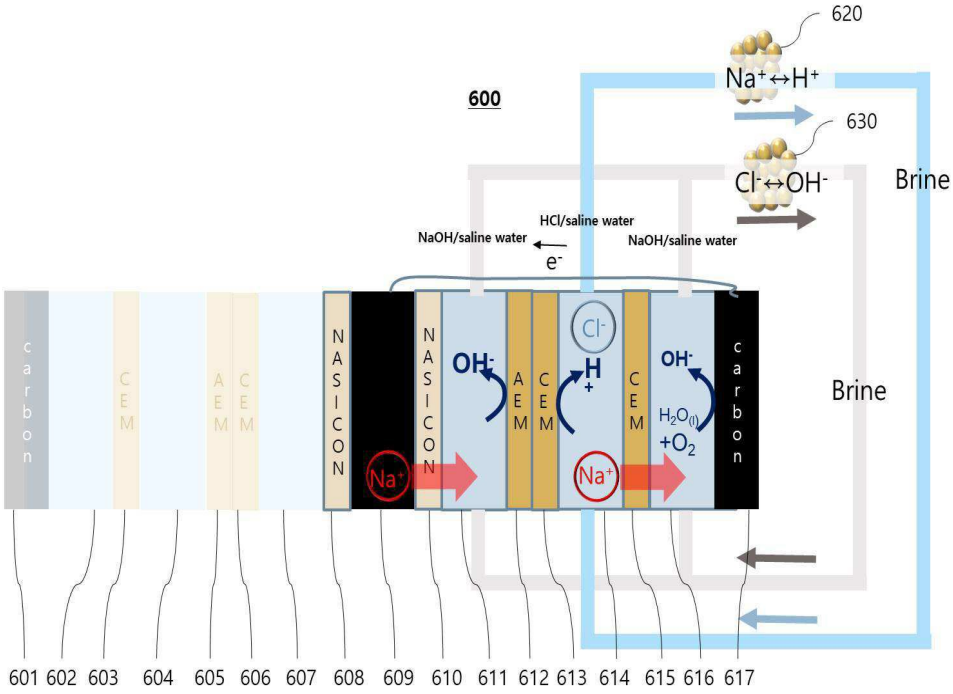
도면5b


3분할
1분할
Cl- 농도 (ppm)
20000
15000
10000
5000
0
C1
C1'
C2
C2'
C3
C3'
Cycle

도면6a


620
600
Na⁺↔H⁺
H2O
NaOH
630
Cl⁻↔OH⁻
HCl
e⁻
DI Water
HCl
carbon
Cl⁻
H⁺ +O2
H2O(l)
CEM
OH⁻
AEM
CEM
H⁺
NASICON
Na⁺
Na⁺
NASICON
AEM
CEM
CEM
carbon
H2O
601
602
603
604
605
606
607
608
609
610
611
612
613
614
615
616
617

도면6b


620
Na⁺↔H⁺
600
630
Cl⁻↔OH⁻
Brine
HCl/saline water
NaOH/saline water
NaOH/saline water
e⁻
carbon
CEM
AEM
CEM
NASICON
NASICON
OH⁻
AEM
CEM
Cl⁻
H⁺
CEM
OH⁻
H2O(l)
+O2
carbon
Brine
Na⁺
Na⁺
601 602 603 604 605 606 607 608 609 610 611 612 613 614 615 616 617