



**(19) 대한민국특허청(KR)**  
**(12) 등록특허공보(B1)**

(45) 공고일자 2018년10월19일  
 (11) 등록번호 10-1910211  
 (24) 등록일자 2018년10월15일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
 B01D 61/44 (2006.01) B01D 61/50 (2006.01)  
 C02F 1/469 (2006.01)  
 (21) 출원번호 10-2013-7015865  
 (22) 출원일자(국제) 2013년12월07일  
 심사청구일자 2016년10월13일  
 (85) 번역문제출일자 2013년06월19일  
 (65) 공개번호 10-2014-0015276  
 (43) 공개일자 2014년02월06일  
 (86) 국제출원번호 PCT/US2011/063631  
 (87) 국제공개번호 WO 2012/091863  
 국제공개일자 2012년07월05일  
 (30) 우선권주장  
 12/980,506 2010년12월29일 미국(US)  
 (56) 선행기술조사문헌  
 JP2007516056 A\*  
 \*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자  
**제너럴 일렉트릭 캄파니**  
 미합중국 뉴욕 (우편번호 12345) 웨벡테디 원 리  
 버 로우드  
 (72) 발명자  
**그레베뉴크 올레그**  
 미국 매사추세츠주 01770 셔번 프로스펙트 스트리  
 트 57  
**그레베뉴크 블라디미르**  
 미국 매사추세츠주 01801 우번 케니 코트 7  
 (뒷면에 계속)  
 (74) 대리인  
**제일특허법인(유)**

전체 청구항 수 : 총 9 항

심사관 : 오혜연

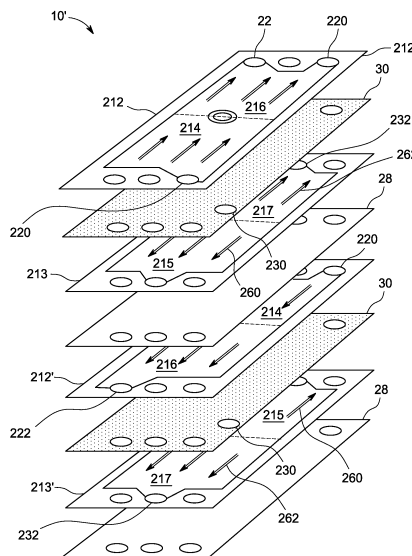
(54) 발명의 명칭 **개선된 스케일링 저항을 갖는 전기탈이온 장치 및 방법**

**(57) 요약**

전기탈이온 장치는 애노드를 구비한 애노드 격실과, 상기 애노드 격실로부터 이격되고 캐소드를 구비한 캐소드 격실을 포함하며, 상기 애노드 및 캐소드는 DC 전원에 연결되어 애노드와 캐소드 사이에 전위차를 일으키도록 구성되고, 따라서, 전위차의 영향에 의해 이온 교환 매체와 액체 매체 내 이온 물질의 수송에 영향을 미친다. 상

(뒷면에 계속)

**대표도** - 도3



기 전기탈이온 장치는 피드 용액을 수용하는 피드 유입구와, 생산수 유출구와, 상기 애노드 격실과 캐소드 격실 사이에 교대로 배열되는 복수의 음이온 교환막 및 복수의 양이온 교환막을 포함한다. 상기 전기탈이온 장치는 복수의 스페이서를 또한 포함하고, 상기 스페이서 및 상기 음이온 및 양이온 교환막은 상기 피드 유입구로부터 피드 용액을 수용하는 제 1 회석 격실과, 상기 제 1 회석 격실과 직렬로 연결되고 상기 생산수 유출구에 생산수를 전달하는 제 2 회석 격실과, 제 1 농축 격실과, 제 2 농축 격실을 형성하도록 배열된다. 상기 제 1 및 제 2 회석 격실은 상기 애노드에 가장 가까운 측부 상의 음이온 교환막에 의해, 그리고, 상기 캐소드에 가장 가까운 측부 상의 양이온 교환막에 의해 경계형성된다. 상기 제 1 및 제 2 농축 격실은 상기 애노드에 가장 가까운 측부 상의 양이온 교환막에 의해, 그리고 상기 캐소드에 가장 가까운 측부 상의 음이온 교환막에 의해 경계형성된다.

(72) 발명자

**장 리**

미국 매사추세츠주 02478 벨몬트 애머스트 로드 49

**심스 키스 제이**

미국 매사추세츠주 01778 웨일랜드 라이스 스프링  
레인 47

**바버 존**

미국 펜실베이니아주 19053 트레보스 서머턴 로드  
4636 지이 워터 앤드 프로세스 테크놀로지스

**명세서**

**청구범위**

**청구항 1**

전기탈이온 장치에 있어서,  
 애노드를 구비한 애노드 격실과,  
 상기 애노드 격실로부터 이격되고 캐소드를 구비한 캐소드 격실로서, 상기 애노드 및 캐소드는 DC 전원에 연결되어 상기 애노드와 캐소드 사이에 전위차를 일으키도록 구성되어, 상기 전위차의 영향에 의해 이온 교환 매체와 액체 매체 내 이온 물질의 수송에 영향을 미치는, 상기 캐소드 격실과,  
 피드 용액(feed solution)을 수용하는 피드 유입구와,  
 생산수 유출구와,  
 상기 애노드 격실과 캐소드 격실 사이에 교대로 배열되는 복수의 음이온 교환막 및 복수의 양이온 교환막과,  
 복수의 스페이서를 포함하며,  
 상기 스페이서 및 상기 음이온 및 양이온 교환막은 상기 피드 유입구로부터 피드 용액을 수용하는 제 1 회석 격실과, 상기 제 1 회석 격실과 직렬로 연결되고 상기 생산수 유출구에 생산수를 전달하는 제 2 회석 격실과, 제 1 농축 격실과, 상기 제 1 농축 격실과 평행한 제 2 농축 격실을 형성하도록 배열되고, 상기 제 1 및 제 2 회석 격실은 상기 애노드에 가장 가까운 측부 상의 음이온 교환막에 의해, 그리고, 상기 캐소드에 가장 가까운 측부 상의 양이온 교환막에 의해 경계형성되고, 상기 제 1 및 제 2 농축 격실은 상기 애노드에 가장 가까운 측부 상의 양이온 교환막에 의해, 그리고 상기 캐소드에 가장 가까운 측부 상의 음이온 교환막에 의해 경계형성되며,  
 제 1 및 제 2 회석 격실과 제 1 및 제 2 농축 격실을 형성하는 상기 스페이서는 상기 음이온 및 양이온 교환막과 함께 전기탈이온 그룹을 형성하고, 상기 전기탈이온 장치는 스택으로 함께 조립되는 복수의 반복되는 전기탈이온 그룹을 포함하며,  
 상기 전기탈이온 그룹은 제 1 및 제 2 회석 격실 스페이서와 제 1 및 제 2 농축 격실 스페이서를 포함하고,  
 상기 제 1 회석 격실 스페이서는 제 1 및 제 2 회석 격실을 형성하고, 상기 제 1 회석 격실 스페이서는 일 단부에 유입 포트를, 타 단부에 유출 포트를 갖고, 상기 제 1 회석 격실 스페이서의 제 1 부분은 피드 유입구로부터 피드 용액을 수용하는 제 1 회석 격실과, 상기 제 1 회석 격실로부터 피드 용액을 수용하는 제 2 회석 격실을 형성하며,  
 상기 제 2 회석 격실 스페이서는, 유입 및 유출 포트가 상기 제 1 회석 격실 스페이서의 유입 및 유출 포트와 반대 단부 상에 위치하도록 구성되어, 상기 제 2 회석 격실 스페이서를 통한 유동이 상기 제 1 회석 격실 스페이서에서의 유동에 비해 반대 방향이고, 상기 제 2 회석 격실 스페이서는 직렬로 구성되는 제 1 및 제 2 회석 격실을 형성하고,  
 상기 농축 격실 스페이서 각각은 상기 농축 격실 스페이서의 중간에 농축 스트림을 수용하는 유입 포트를 갖고, 상기 농축 격실 스페이서는 2개의 유동 방향으로 유입 농축 스트림을 지향시키며, 상기 농축 격실 스페이서는 제 1 및 제 2 농축 격실을 형성하고, 상기 제 1 농축 격실은 제 1 방향으로 지향되는 농축 스트림의 제 1 부분을 수용하고, 상기 제 2 농축 격실은 제 2 방향으로 지향되는 상기 스트림의 제 2 부분을 수용하는  
 전기탈이온 장치.

**청구항 2**

삭제

**청구항 3**

삭제

**청구항 4**

삭제

**청구항 5**

삭제

**청구항 6**

삭제

**청구항 7**

제 1 항에 있어서,

상기 전기탈이온 그룹은 제 1 및 제 2 양이온 교환막과 제 1 및 제 2 음이온 교환막을 갖고, 상기 전기탈이온 그룹은, 상기 제 1 양이온 교환막이 상기 제 1 희석 격실 스페이서에 인접하고, 상기 제 1 농축 격실 스페이서가 상기 제 1 양이온 교환막에 인접하고, 상기 제 1 음이온 교환막이 상기 제 1 농축 격실 스페이서에 인접하고, 상기 제 2 희석 격실 스페이서가 상기 제 1 음이온 교환막에 인접하고, 상기 제 2 양이온 교환막이 상기 제 2 희석 격실 스페이서에 인접하고, 상기 제 2 농축 격실 스페이서가 상기 제 2 양이온 교환막에 인접하고, 그리고 상기 제 2 음이온 교환막이 상기 제 2 농축 격실 스페이서에 인접하도록 배열되는

전기탈이온 장치.

**청구항 8**

제 1 항에 있어서,

상기 희석 격실 및 농축 격실의 두께는 1.0mm 내지 10.0mm인

전기탈이온 장치.

**청구항 9**

제 1 항에 있어서,

상기 제 1 희석 격실의 두께는 상기 제 2 희석 격실의 두께보다 큰

전기탈이온 장치.

**청구항 10**

제 9 항에 있어서,

상기 제 1 희석 격실의 두께는 상기 제 2 희석 격실의 두께보다 2배 내지 4배 큰

전기탈이온 장치.

**청구항 11**

제 9 항에 있어서,

상기 제 1 희석 격실의 두께는 상기 제 2 희석 격실의 두께보다 4배 내지 8배 큰

전기탈이온 장치.

**청구항 12**

제 1 항에 있어서,

상기 제 1 희석 격실의 두께는 상기 제 2 희석 격실의 두께보다 작은

전기탈이온 장치.

**청구항 13**

제 12 항에 있어서,

상기 제 1 회석 격실의 두께는 상기 제 2 회석 격실의 두께보다 2배 내지 4배 작은 전기탈이온 장치.

**청구항 14**

제 12 항에 있어서,

상기 제 1 회석 격실의 두께는 상기 제 2 회석 격실의 두께보다 4배 내지 8배 작은 전기탈이온 장치.

**발명의 설명**

**기술 분야**

[0001] 본 발명은 정수를 위해 전기탈이온을 수행하기 위한 장치 및 방법에 관한 것이고, 특히, 개선된 스케일링 저항을 갖는 전기탈이온 장치 및 방법에 관한 것이다.

**배경 기술**

[0002] 전기탈이온(EDI)은 전기투석 및 이온 교환 기술들을 조합하는 막 분리 탈이온 기술이다. EDI 정수 장치는 물을 연속적으로 생성할 수 있고, 알칼리 및 산을 이용치 않으면서 이온 교환 수지를 재발생시킬 수 있으며, 자동적으로 작동하는, 등과 같이, 많은 장점들을 갖는다. 이는 정수 제조 시스템에 사용되는 최종 물처리 장치로 혼상 침(mixed bed)에 대한 표준 대안이 되고 있다. 플레이트 및 프레임 타입 EDI 장치는 애노드, 캐소드, 음이온-투과성 막, 및 양이온-투과성 막을 포함한다. 이러한 막들은 애노드와 캐소드 사이에서 스택 내에 농축 격실 및 탈이온 격실(회석 격실)을 교대로 형성하는 방식으로 교대로 배열된다. 탈이온 격실은 이온 교환 수지 비드와 같은 이온 교환기로 충전된다. 회석 격실에서 처리되고 있는 액체는 이온이 걸뺐되고, 농축 격실 내 액체는 각자의 막을 통해 전달되는 이온으로 풍부해지고 이러한 이온들을 농축 형태로 지닌다.

[0003] EDI 장치에 대한 급수 내 양이온 및 음이온은 각각 양이온 및 음이온 교환 수지 내  $H^+$  및  $OH^-$ 와 이온 교환을 수행할 수 있고, 따라서, 수지 입자에 이온 방식으로 부착된다. 이온은 수지 입자에 의해 형성되는 이온-유동 통로를 통해 전기장의 영향 하에 이동한다. 이는 EDI의 응용 시스템에서, 수지의 전기 전도도는 수용액의 전기전도도보다 수배 높기 때문이다. 음이온은 이온 교환막을 통해 농축 챔버 내로 이동하고, 따라서, 물 탈이온 프로세스를 완성시킨다. 소정의 전위 강하 시에, 물은 서로 다른 두 타입의 수지 및 막의 계면에서 지원되는 물 분해로 인해  $H^+$ 와  $OH^-$ 로 분해되고, 따라서 수지가 재발생된다.

[0004] 회석 격실은 입자들 사이에서 보이드를 생성하는 다공질 이온 교환 고체 물질로 충전되며, 이러한 보이드를 통해 탈이온될 물이 유동한다. 이온 교환 물질은 흔히 양이온 교환 수지 및 음이온 교환 수지 또는 직물(woven fiber) 및 부직포(non-woven fiber)의 혼합물이다. "셀 쌍"이라 불리는 한 쌍 이상의 회석 및 농축 격실의 조합체는 애노드 및 캐소드에 의해 어느 한 측부 상에서 경계를 형성하고, 이들은 통상적으로 액체 유동의 일반적 방향에 수직인 전기장을 인가한다. 그러나, 다른 구조에서, 전류 및 액체가 동일 방향 또는 반대 방향으로 유동한다. 인가되는 전기장은 음이온을 음이온 교환막 사이에서 회석 격실로부터 애노드에 더 가까운 농축 격실로 이동시키고, 양이온을 양이온 교환막 사이에서 회석 격실로부터 캐소드에 가까운 농축 격실로 이동시킨다. 음이온 및 양이온은, 애노드를 향한 음이온의 움직임이 양이온 교환막에 의해 차단되고 캐소드를 향한 양이온의 움직임이 음이온 교환막에 의해 차단되기 때문에, 농축 격실 내에 갇히게 된다. 물의 유동은 농축 격실로부터 이온을 제거하도록 셋업된다. 이 프로세스의 알짜 결과는 회석 격실을 통해 유동하는 수류로부터 이온이 제거되고, 농축 격실을 통해 유동하는 물에 이온이 농축된다.

[0005] 통상적으로, EDI 급수는 전기탈이온을 향해 지향되기 전에, 내부의 이온 부하 및 충돌 오염물을 감소시키기 위해 역삼투압 단계에서 최초에 사전처리된다. 이러한 관례는 전기탈이온에 사용되는 수지 비드의 유효 수명을 연장시킨다. 그러나, 역삼투압 사전처리를 이용할 때에도, 칼슘 및/또는 마그네슘 양이온과 셀페이트 및/또는 카보네이트 음이온의 농축은 석출로 인해 농축 격실에서 소위 "스케일링"(scaling)을 야기할 수 있다. 이러한

스케일링의 결과로, 농축물 유동이 제한되고, 스택 전기 저항이 증가하며, 전류 밀도가 강해지고, 결과적으로 생산수의 순도가 날카롭게 감소한다. 이는 작동 비용을 증가시키고 생산수 품질을 감소시키며 또는 EDI 스택을 작동하지 않게 함으로써, 성능 특성에 부정적 영향을 미친다.

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

[0006] 개선된 스케일링 저항을 갖는 전기탈이온 장치 및 방법을 갖는 것이 바람직하다.

**과제의 해결 수단**

[0007] 일 형태에서, 본 발명은 전기탈이온 장치를 지향한다. 전기탈이온 장치는 애노드를 구비한 애노드 격실과, 상기 애노드 격실로부터 이격되고 캐소드를 구비한 캐소드 격실을 포함하며, 상기 애노드 및 캐소드는 DC 전원에 연결되어 애노드와 캐소드 사이에 전위차를 일으키도록 구성되고, 따라서, 전위차의 영향에 의해 이온 교환 매체와 액체 매체 내 이온 물질의 수용에 영향을 미친다. 상기 전기탈이온 장치는 피드 용액을 수용하는 피드 유입구와, 생산수 유출구와, 상기 애노드 격실과 캐소드 격실 사이에 교대로 배열되는 복수의 음이온 교환막 및 복수의 양이온 교환막을 포함한다. 상기 전기탈이온 장치는 복수의 스페이서를 또한 포함하고, 상기 스페이서 및 상기 음이온 및 양이온 교환막은 상기 피드 유입구로부터 피드 용액을 수용하는 제 1 회석 격실과, 상기 제 1 회석 격실과 직렬로 연결되고 상기 생산수 유출구에 생산수를 전달하는 제 2 회석 격실과, 제 1 농축 격실과, 제 2 농축 격실을 형성하도록 배열된다. 상기 제 1 및 제 2 회석 격실은 상기 애노드에 가장 가까운 측부 상의 음이온 교환막에 의해, 그리고, 상기 캐소드에 가장 가까운 측부 상의 양이온 교환막에 의해 경계형성된다. 상기 제 1 및 제 2 농축 격실은 상기 애노드에 가장 가까운 측부 상의 양이온 교환막에 의해, 그리고 상기 캐소드에 가장 가까운 측부 상의 음이온 교환막에 의해 경계형성된다.

[0008] 다른 형태에서, 스페이서와 음이온 및 양이온 교환막은 함께 전기탈이온 그룹을 형성한다. 상기 전기탈이온 장치는 스택으로 함께 조립되는 복수의 반복되는 전기탈이온 그룹을 포함한다.

[0009] 본 발명과 본 발명의 종래 기술에 대한 장점은 첨부 도면을 참조하여 다음의 상세한 설명 및 첨부 청구범위를 읽고 난 후 명백해질 것이다.

[0010] 본 발명의 앞서 언급한, 및 그의 다른, 특징은 첨부 도면과 연계하여 다음의 발명의 상세한 설명을 참조할 때 더욱 명백해지고 쉽게 이해될 것이다.

**도면의 간단한 설명**

[0011] 도 1은 발명의 일 실시예에 따른 난분해성 유기 오염물을 감소시키기 위한 시스템의 개략도,  
 도 2는 발명의 일 실시예에 따른 난분해성 유기 오염물을 감소시키기 위한 시스템의 개략도,  
 도 3은 발명의 일 실시예에 따른 난분해성 유기 오염물을 감소시키기 위한 시스템의 개략도.  
 대응하는 도면 부호는 전체 도면에 걸쳐 대응하는 부분을 나타낸다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

[0012] 발명은 도면을 참조하여 다음의 상세한 설명에서 이제 설명될 것이고, 발명을 실시할 수 있도록 바람직한 실시예가 세부적으로 설명된다. 발명의 이러한 구체적 바람직한 실시예를 참조하여 설명되지만, 발명이 이러한 바람직한 실시예에 제한되지 않는다. 이에 반해, 발명은 다음의 상세한 설명의 숙고로부터 명백해지는, 수많은 대안, 수정예, 및 동등물을 포함한다.

[0013] 도 1을 참조하면, 내부에 음이온 교환 수지 및 양이온 교환 수지를 지닌, 아래에서 더 설명되는, 복수의 회석 챔버(12) 및 복수의 농축 챔버(13)를 갖는 전기탈이온 장치(10)가 도시된다. 발명에 따르면, 각각의 회석 챔버(12)는 제 1 회석 격실(14) 및 제 2 회석 격실(16)을 포함한다. 각각의 농축 챔버(13)는 제 1 농축 격실(15) 및 제 2 농축 격실(17)로 나누어진다. 도 1에 도시되는 바와 같이, 전기탈이온 장치(10)는 제 1 및 제 2 회석 격실(14, 16)과 제 1 및 제 2 농축 격실(15, 17)을 포함하는 구성요소들의 반복 그룹(G)으로 이루어진다.

[0014] 전기탈이온 장치(10)는 애노드(22)를 구비한 애노드 격실(20)과, 애노드 격실로부터 이격되고 캐소드(25)를 구비한 캐소드 격실(24)을 포함한다. 각각의 격실(20, 24)은 급수 또는 수용액과 같은, 전해 물질(26)의 유동을

수용하도록 구성된다. 애노드(22) 및 캐소드(25)는 DC 전원에 연결하도록 구성되어, 애노드(22)와 캐소드(25) 사이에서 전위차를 만들고, 따라서, 전위차의 영향에 의해 액체 매체 및 이온 교환 매체 내 이온 물질의 수송에 영향을 미친다. 애노드 격실(20) 및/또는 캐소드 격실(24)이 일부 실시예에서, 농축 챔버(13)에 인접하여 배치될 수 있기 때문에, 격실(20, 24)이 희석 챔버(12)라고 또한 간주될 수 있다.

[0015] 애노드 격실(20) 및/또는 캐소드 격실(24)이 희석 챔버(12)로 간주되는 실시예에서, 애노드 격실(20) 및/또는 캐소드 격실(24)은 피드 용액(feed solution)(40)을 수용하도록 구성된다. 애노드 격실(20) 및/또는 캐소드 격실(24)이 농축 챔버(13)로 간주되는 실시예에서, 애노드 격실(20) 및/또는 캐소드 격실(24)은 제 1 농축 용액(51) 또는 제 2 농축 용액(55)을 수용하도록 구성된다.

[0016] 도 1에서, 애노드 격실(20)은 희석 챔버(12)로 구성되고 피드 용액(40)을 수용한다. 그러나, 희석 챔버(12)나 농축 챔버(13)로 구성되지 않는 캐소드 격실(24)은 전해 물질(26)의 유동을 수용한다.

[0017] 복수의 음이온 교환막(28) 및 양이온 교환막(30)은 애노드 격실(20)과 캐소드 격실(24) 사이에 교대로 배열되어, 제 1 및 제 2 희석 격실(14, 16) 및 제 1 및 제 2 농축 격실(15, 17)을 형성한다. 여기서 사용되는 바와 같이, "음이온 교환막"이라는 용어는 전기탈이온 장치(10)의 작동 중 제 1 및 제 2 희석 격실(14, 16)로부터 제 1 및 제 2 농축 격실(15, 17)까지 양이온의 수송에 비해 음이온의 수송을 선호하여 허용하도록 구성되는 막을 의미하고, "양이온 교환막"이라는 용어는 제 1 및 제 2 희석 격실(14, 16)로부터 제 1 및 제 2 농축 격실(15, 17)까지 음이온의 수송에 비해 양이온의 수송을 선호하여 허용하도록 구성되는 막을 의미한다. 도 1의 막(28, 30) 사이에 도시되는 이온 플럭스는 단순화를 위해 나트륨, 칼슘, 수소, 수산화물, 염화물, 및 카보네이트 이온으로 제한된다. 당 업자는 다른이온이 유사한 방식으로 전달될 것임을 이해할 것이다.

[0018] 각각의 제 1 및 제 2 희석 격실(14, 16)은 애노드 측부(즉, 애노드(22)에 가장 가까운 측부) 상의 음이온 교환막(28)에 의해, 그리고, 캐소드 측부(즉, 캐소드(25)에 가장 가까운 측부) 상의 양이온 교환막에 의해 경계형성된다. 제 1 및 제 2 농축 격실(15, 17) 각각은 애노드 측부 상의 양이온 교환막(30)에 의해, 그리고 캐소드 측부 상의 음이온 교환막(28)에 의해, 경계형성된다. 음이온 교환막(28)은 음이온을 농축 격실(15, 17) 내로 선호하여 수송하도록 구성된다. 양이온 교환막(30)은 양이온을 농축 격실(15, 17) 내로 선호하여 수송하도록 구성된다. 도 1은 3개의 반복 그룹(G)을 갖는 전기탈이온 장치(10)를 도시한다. 당 업자는 이러한 반복 그룹의 수가 발명의 범위로부터 벗어나지 않으면서 더 많거나 더 적을 수 있음을 이해할 것이다.

[0019] 도 1에 도시되는 구성요소는 하우징 내에, 또는, 볼트 또는 유압 램(hydraulic ram)에 의해 함께 보지되는 압력판(도시되지 않음) 사이에서 스택으로 함께 조립되고, 상기 하우징은 구성요소들을 지니며, 희석 격실(14, 16) 및 농축 격실(15, 17)로 유입 액체를 지향시키고 희석 격실(14, 16) 및 농축 격실(15, 17)로부터 유출 액체를 지향시키기 위한 매니폴드를 제공한다. 희석 격실(14, 16) 및 농축 격실(15, 17)의 두께는 통상적으로 약 1.0mm 내지 10.0mm이고, 장치(10) 내에 통상적으로 약 10개 내지 300개의 희석 격실이 존재한다. 각각의 교환막(28, 30)의 표면적은 통상적으로 약  $0.5(0.0465\text{m}^2)$  내지  $5.0\text{제곱피트}(0.465\text{m}^2)$  다.

[0020] 피드 용액(40)(통상적으로 R0 장치의 생산수 출력)은 제 1 희석 격실(14)의 유입구(42)에 유입된다. 제 1 희석 격실은 제 1 농축 격실(15)로부터 양이온 교환막(30)에 의해, 그리고, 제 2 농축 격실(17)로부터 음이온 교환막(28)에 의해, 분리된다. 바람직하게도, 피드 용액(40)에 존재하는 이온 오염물의 상당부는 제 1 희석 격실(14)을 통한 경로 동안 인접한 제 1 및 제 2 농축 격실(15, 17)로 전달된다. 따라서, 대부분의 양이온은 제 1 농축 격실(15)로 전달되고 대부분의 음이온은 제 2 농축 격실(17)로 전달된다.

[0021] 일 실시예에서, 제 1 희석 격실(14)의 두께는 제 2 희석 격실(16)의 두께보다 크다. 다른 실시예에서, 제 1 희석 격실(14)의 두께는 제 2 희석 격실(16)의 두께보다 약 2배 내지 4배 크다. 추가적인 실시예에서, 제 1 희석 격실(14)의 두께는 제 2 희석 격실(16)의 두께보다 약 4배 내지 8배 크다.

[0022] 더욱이, 다른 실시예에서, 제 1 희석 격실(14)의 두께는 제 2 희석 격실(16)의 두께보다 작다. 다른 실시예에서, 제 1 희석 격실(14)의 두께는 제 2 희석 격실(16)의 두께보다 약 2배 내지 4배보다 작다. 추가적인 실시예에서, 제 1 희석 격실(14)의 두께는 제 2 희석 격실(16)의 두께보다 약 4배 내지 8배 작다.

[0023] 제 1 희석 격실(14)을 통과한 후, 피드 용액은 제 2 희석 격실(16)에 유입된다. 이 단계 중, 나머지 트레이스 오염물이 제거된다. 제 2 희석 격실(16)로부터 인접한 음이온 교환막(28) 및 양이온 교환막(30)을 통해 교차하는 지배적 이온들은 물 분해로부터 생성되는 수소 및 수산화물 이온이다. 특히, 이온 교환 수지와 이온 교환 수지와 이온 교환막 사이의 계면에서, 물이 능동적으로 분해되어  $\text{H}^+$ 와  $\text{OH}^-$ 를 형성한다. 이러한 경우에,  $\text{H}^+$  이온

의 일부분은 양이온 교환막(30)을 통해 제 2 농축 챔버(17) 내로 투과할 것이고, OH<sup>-</sup> 이온의 일부분은 음이온 교환막(28)을 통해 제 1 농축 챔버(15) 내로 투과할 것이다. 양이온 교환막(30)의 농축 챔버 측부의 표면은 강산성을 띠어서, 국부적으로 높은 H<sup>+</sup> 농도의 존재를 나타낸다. 비교 상으로서, 음이온 교환막(28)의 농축 챔버 측부의 표면은 강알칼리성을 띠어서, 높은 OH<sup>-</sup> 농도의 존재를 표시한다. 그 결과, 제 1 농축 격실(15) 내 스트림은 양이온의 대부분을 지니고 높은 pH를 가지며, 제 2 농축 격실(17) 내의 스트림은 음이온의 대부분을 지니고 낮은 pH를 갖는다. 양이온/음이온 분리는 전기탈이온 장치 내 칼슘/마그네슘 카보네이트/설페이트 스케일 형성의 위험을 감소시키도록, 스케일링 양이온과 스케일링 음이온 사이에서 감소된 접촉 횟수를 제공한다.

[0024] 피드 용액(40)은 제 1 및 제 2 회석 격실(14, 16)에서 정화되고, 유출구(48)를 통해 정화된 액체 유동으로 방출된다. 제 1 농축 격실(15)은 인접한 제 1 및 제 2 회석 격실(14, 16)로부터 수송되는 이온을 제 1 농축 격실(15)로 수용하는 물 또는 수용액과 같은, 액체의 제 1 농축 유동(51)을 수용하도록 구성된다. 이러한 이온으로 농축되는 액체 유동(53)은 제 1 농축 격실(17)로부터 방출된다. 제 2 농축 격실(17)은 인접한 제 1 및 제 2 회석 격실(14, 16)로부터 수송되는 이온을 제 2 농축 유동(55)으로 수용하는 물 또는 수용액과 같은, 액체의 제 2 농축 유동(55)을 수용하도록 구성된다. 이러한 이온으로 농축되는 액체 유동(59)은, 제 2 농축 격실(17)로부터 방출된다. 제 1 및 제 2 농축 격실(15, 17)을 통해 유동하는 액체는 제 1 및 제 2 회석 격실(14, 16)을 통해 유동하는 액체인 피드 용액(40)에 대해, 동-류 또는 역-류 또는 교차-류 방향 또는 다른 가능한 유동 구조로 유동할 수 있다.

[0025] 도 2에 도시되는 실시예에서, 하나의 반복 그룹(G)은 스트림 회석을 위한 제 1 회석 격실 스페이서(114) 및 제 2 회석 격실 스페이서(116)와, 스트림 농축을 위한 제 1 농축 격실 스페이서(115) 및 제 2 농축 격실 스페이서(117), 2개의 양이온 교환막(30) 및 2개의 음이온 교환막(28)으로 구성된다. 스페이서(114, 115, 116, 117) 및 막(28, 30)은 교번 방식으로 배치된다. 음이온 및 양이온 교환막(28, 30)은 액체 유동에 대해 실질적으로 불투과성이고, 인접한 스페이서 내의 스트림을 분리시킨다. 각각의 스페이서는 대응하는 스트림을 유입/유출시키는, 그리고, 아래 설명되는 바와 같이 다른 스트림에 대해 분리된 연결을 제공하는, 포트를 갖는다.

[0026] 그룹(G)은 (상부로부터 저부로) 제 1 회석 격실(14), 양이온 교환막(30), 제 1 농축 격실(15), 음이온 교환막(28), 제 2 회석 격실(16), 양이온 교환막(30), 제 2 농축 격실(17), 및 음이온 교환막(28)을 포함한다. 피드 용액(40)은 제 1 회석 격실 스페이서(114)의 전방-우측 코너에 도시되는 포트(120)를 통해 제 1 회석 격실(14)에 유입되고, 제 1 회석 격실 스페이서의 먼 코너 상의 두 포트(122)를 통해 유출된다. 화살표는 스트림 방향을 나타낸다. 유입 피드 용액 내에 존재하는 양이온의 대부분은 양이온 교환막(30)을 통해 제 1 농축 격실(15) 내 농축 스트림에 전달된다. 제 1 회석 격실(14)의 유출 포트(122)는 제 2 회석 격실(16)의 유입 포트(124)와 유압식으로 연결된다. 도시되는 실시예에서, 포트(124)는 제 2 회석 격실(16)을 형성하는 제 2 회석 격실 스페이서(116)의 먼 코너에 도시된다. 화살표는 제 2 회석 격실(16) 내의 유동 방향을 보여준다. 처리된 스트림은 가까운 쪽 좌측 코너에 도시되는 포트(128)를 통해 제 2 회석 격실(16)을 빠져나간다. 제 1 및 제 2 농축 격실(15, 17)은 유동 화살표에 의해 도시되는 바와 같이, 대응하는 스페이서(115, 117)를 통해 평행하게 유동하는 스트림을 갖는다. 농축 스트림은 공통 유입 포트(130)(먼 측부, 중간)와 공통 유출 포트(132)(가까운 측부, 중간)를 갖는다.

[0027] 스페이서 내 포트, 스페이서 대비 배치, 및 다른 필요한 유압 연결은 제 1 및 제 2 회석 격실(14, 16)을 직렬로 연결하고, 제 1 및 제 2 농축 격실(15, 17)을 병렬로 연결하여, 모두 구성요소의 각각의 반복 그룹(G) 내에 배치된다. 바람직하게도, 전기탈이온 장치(10)의 작동 파라미터는 공급 용액(40)의 스케일-형성 이온의 실질적인 부분이 제 1 회석 격실(14)로부터 인접한 제 1 및 제 2 농축 격실(15, 17)에 전달되도록 선택된다.

[0028] 당 업자는 제 1 회석 격실(14) 내 스트림이 제 2 회석 격실(16) 내 스트림에 역-류 또는 동-류를 유동할 수 있고, 제 1 농축 격실(15) 내 스트림은 제 1 회석 격실(14) 내 스트림에 역-류 또는 동-류를 유동할 수 있고, 제 1 농축 격실(15) 내 스트림은 제 2 농축 격실(17) 내 스트림에 역-류 또는 동-류를 유동할 수 있다. 추가적으로, 제 1 농축 격실(14) 및 제 2 농축 격실(17)은 전기적으로 유도되는 물 분해/재결합이 걸려있는 장소에서 재결합될 수 있고, 또는, 스택 내에서 별도로 유지되어 분리된 포트를 통해 비워질 수 있다. 제 1 농축 격실(15) 및 제 2 농축 격실(17)은 동일 소스로부터 공급받을 수 있고, 또는 서로 다른 소스로부터 공급받을 수 있다. 일 실시예에서, 농축 유동(둘 중 적어도 하나)은 회석 피드에 의해 공급된다. 농축 유동(둘 중 적어도 하나)이 회석 생산수에 의해 공급되고 또는 농축 유동(둘 중 적어도 하나)이 제 1 및 제 2 회석 격실(14, 16) 사이로부터 얻은 중간 생산수에 의해 공급된다는 점을 또한 고려한다. 대안으로서, 농축 유동(둘 중 적어도 하나)은 저

경도/저유기카본수의 독립 소스에 의해 공급될 수 있다.

[0029] 스페이서(114, 115, 116, 117)는 교번하는 음이온 및 양이온 교환막(28, 30) 사이에 삽입되어, 대향되는 음이온 및 양이온 교환막(28, 20) 사이의 간격을 유지시키고, 따라서, 액체 유동을 위한 각자의 유동 경로를 격실(14, 15, 16, 17)에 제공한다. 스페이서(114, 115, 116, 117)는 메시(mesh)를 포함할 수 있고, 상기 메시는 전기탈이온 장치(10)의 농축 챔버의, 단부 프레임 조립체와 대향 막 사이의 간격을 유지하기 위해 제공되고, 따라서, 농축 격실 내 유체 유동경로의 제공을 용이하게 한다. 이온 교환 물질을 지닌 농축 격실은 농축 격실 내의 이온 교환 물질이 격실 내 유동경로의 제공을 촉진시킴에 따라 메시지를 갖는 스페이서를 반드시 요구하지는 않는다. 이러한 한가지 농축 챔버 이온 교환 수지 배열은 US 2008 0073215A 호에서 발견할 수 있고, 그 내용은 여기에 참고자료로 포함된다. 이렇게 말하였으나, 메시있는 스페이서를 포함하는 구조를 갖는 농축 격실이 발명의 범위로부터 배제되지 않는다. 따라서, 적절한 스페이서는 메시가 있는, 또는 메시가 없는, 스페이서를 포함한다.

[0030] 도 3은 전기탈이온 장치(10')의 다른 실시예를 도시한다. 도 3은 단일 반복 그룹(G)의 구성요소들을 도시하지만, 당 업자는 장치(10') 내 스택으로 더 많은 그룹이 배열될 수 있음을 이해할 수 있을 것이다. 회석 격실 스페이서(212)(상부)는 가까운 우측 코너에서 유입 포트(220)를 갖고, 먼 좌측 코너에서 유출 포트(222)를 통해 빠져나간다. 회석 격실 스페이서(212)의 첫번째 절반은 앞서 설명한 제 1 회석 격실(14)의 작동과 유사한 방식으로 작동하는 제 1 회석 격실(214)을 형성한다. 회석 격실 스페이서(212)의 두번째 절반은 앞선 예의 제 2 회석 격실(16)과 유사한 제 2 회석 격실(216)을 형성한다.

[0031] 회석 격실 스페이서(212)에 인접한 농축 스페이서(213)는 스페이서(213) 중간에 농축 유입 포트(230)를 갖고, 유입 농축 스트림은 2개의 유동 방향으로 분리된다. 농축 구획 스페이서(213)는 유동 화살표(260)에 의해 표시되는 제 1 방향으로 지향되는 스트림의 일부분을 수용하는 제 1 농축 격실(215)을 형성하고, 유동 화살표(262)에 의해 표시되는 제 2 방향으로 지향되는 스트림의 제 2 부분을 수용하는 제 2 농축 격실(217)을 형성한다. 제 1 방향으로 지향되는 유동(260)은 도 2로부터 제 1 농축 격실 스페이서(115) 내의 유동과 유사하다. 이러한 유동은 그 위의 회석 스트림으로부터 대부분의 양이온을 수용할 것이고, 아래의 회석 유동으로부터 대부분의 산화물을 수용할 것이다. 제 2 방향으로 지향되는 유동(262)은 도 2로부터 제 2 농축 격실 스페이서(117)의 유동과 유사할 것이다. 이는 아래의 회석 스트림으로부터 음이온을 수집할 것이고, 위의 회석 스트림으로부터 수소 이온을 수집할 것이다. 도 3의 2개의 다른 스페이서(212', 213')는 스페이서(212, 213)의 유동과 유사한 유동을 수용하지만, 반대 방향으로 지향된다. 작동 조건은 바람직하게도, 제 1 회석 격실(215) 내의 스케일-형성 이온의 대부분을 전달할 수 있게 한다.

[0032] 적절한 이온 투과성 막(28, 30)의 예는 균질 이온 교환막 및 균질 이온 투과성 막을 포함한다. 적절한 균질 이온 투과성 막은 예를 들어, Membranes International CMI-7000S™(양이온 교환막) 및 Membranes International AMI-7001S™(음이온 교환막)를 포함한다. 적절한 균질 이온 투과성 막은 예를 들어, GE Infrastructure Water and Process Technologies (과거에 IONICS) CR67HMP™(양이온 교환막) 및 GE Infrastructure Water and Process Technologies (과거에 IONICS) A103QDP™(음이온 교환막)을 포함한다. 고정 이온 교환 물질은 직물, 부직포(임의적으로 배향된 가닥) 또는 압출 망사로, 조합된 음이온 및 양이온 교환 물질의 가닥으로 제공될 수 있다. 고정 이온 교환 물질은 통기성 폼(open cell foam)에 의해 그리고 조합된 교환 입자에 의해 또한 제공될 수 있다. 직물에 사용되는 가닥은 다양한 형태를 또한 취할 수 있다. 가닥은 복수의 필라멘트의 번들 형태로, 꼬인 가닥의 형태로, 그리고, 바인더에 의해 함께 보지되는 양이온 교환 입자 및 음이온 교환 입자로 구성되는 조합된 교환 입자 필라멘트의 형태로 만들어질 수 있다. 통기성 폼은 양이온 교환 입자, 음이온 교환 입자, 및 바인더를 포함하고, 판통을 위한 유동 통로의 상호연결망을 갖는다. 조합된 이온 교환 입자는 양이온 교환 입자, 음이온 교환 입자, 및 바인더로 구성되고, 유동 채널의 수용가능하게 낮은 압력 강하를 일으키도록 충분히 크다. 일부 실시예에서, 이온 교환 물질은 혼합되지 않고, 대신에, 막들 사이의 채널 내 음이온 교환 물질 또는 입자 또는 양이온 교환 물질 또는 입자만을, 또는, 막들 사이의 채널 내 영역을 포함한다. 장치 내 물질의 움직임은 제한하도록 물질의 압축에 의해 이온 교환 물질이 제자리에 고정되는, 회석 및 농축 채널의 패킹된 이온 교환을 이용하는 것이 또한 가능하며, 미국특허 제5,961,805호를 참조할 수 있고, 그 내용은 여기에 참고자료로 포함된다.

[0033] 일 실시예에서, 이온 교환 물질은 회석 격실(14, 16) 및 농축 격실(15, 17) 각각 내에 배치된다. 예를 들어, 이온 교환 물질은 혼합된 이온 교환 물질이다. 적절한 형태의 이온 교환 물질의 예는 비즈(beads), 불규칙한

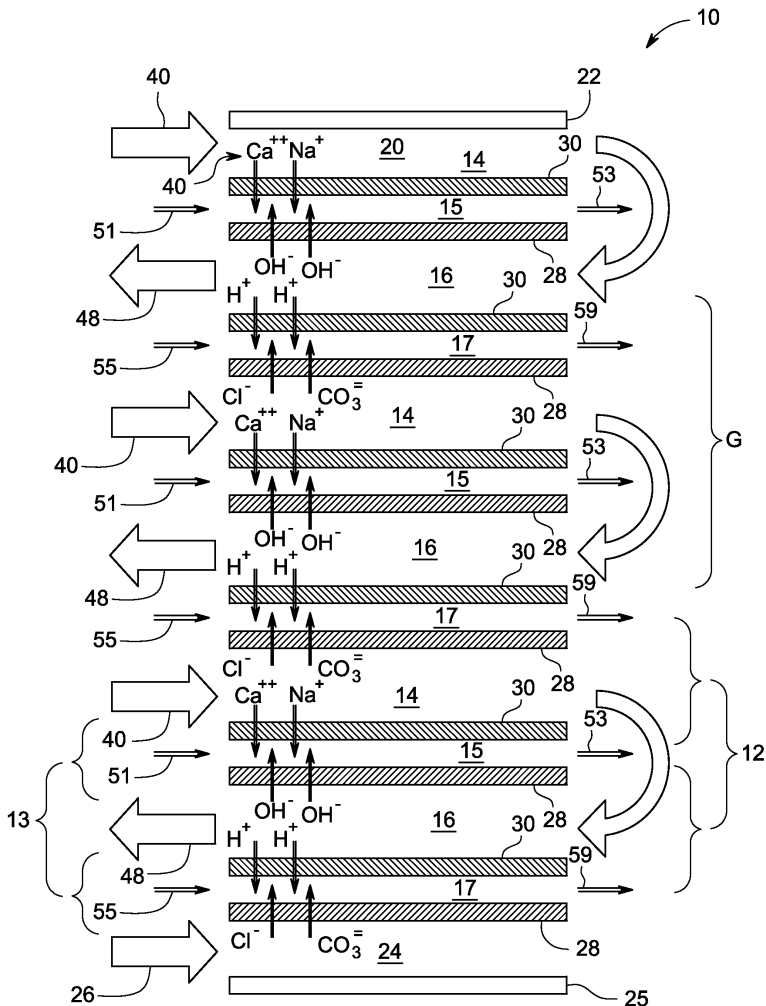
형상의 입자, 섬유, 붕, 직물, 또는 다공질 암체를 포함한다. 이온 교환 물질은 천연 물질 및 합성 물질을 모두 포함할 수 있다.

[0034] 여기서 사용되는 바와 같이, "음이온 교환 물질"이라는 용어는 음이온 화학종에 대해 전도성인 것이 바람직한 물질을 의미한다. 이러한 관점에서, 이러한 물질은 주변 액체로부터의 음이온 화학종으로 물질에 존재하는 음이온 화학종을 선택적으로 교환하도록 구성되고, 인가된 전기장 하에 교환되는 음이온 화학종의 이동을 촉진시킨다. 적절한 음이온 교환 물질의 예는 디비닐 벤젠과 가교결합된 합성 폴리-스티렌 입자(poly-styrenic beads)를 포함하고, 이러한 입자(beads)는 트레메틸암모늄 또는 디메틸에탄올암모늄 기를 갖는다(예를 들어, Mitsubishi DIAION SA10A™ 또는 Mitsubishi DIAION SA20A™). 여기서 사용되는 바와 같이, "양이온 교환 물질"이라는 용어는 양이온 화학종에 대해 전도성인 것이 바람직한 물질을 의미한다. 이러한 관점에서, 이러한 물질은 주변 액체로부터의 양이온 화학종으로 물질에 존재하는 양이온 화학종을 선택적으로 교환하도록 구성되고, 인가된 전기장 하에 교환되는 양이온 화학종의 이동을 촉진시킨다. 적절한 양이온 교환 물질의 예는 디비닐 벤젠과 가교결합된 합성 폴리-스티렌 입자(poly-styrenic beads)를 포함하고, 이러한 입자(beads)는 설푼산 기를 갖는다(예를 들어, Mitsubishi DIAION SK-1B™).

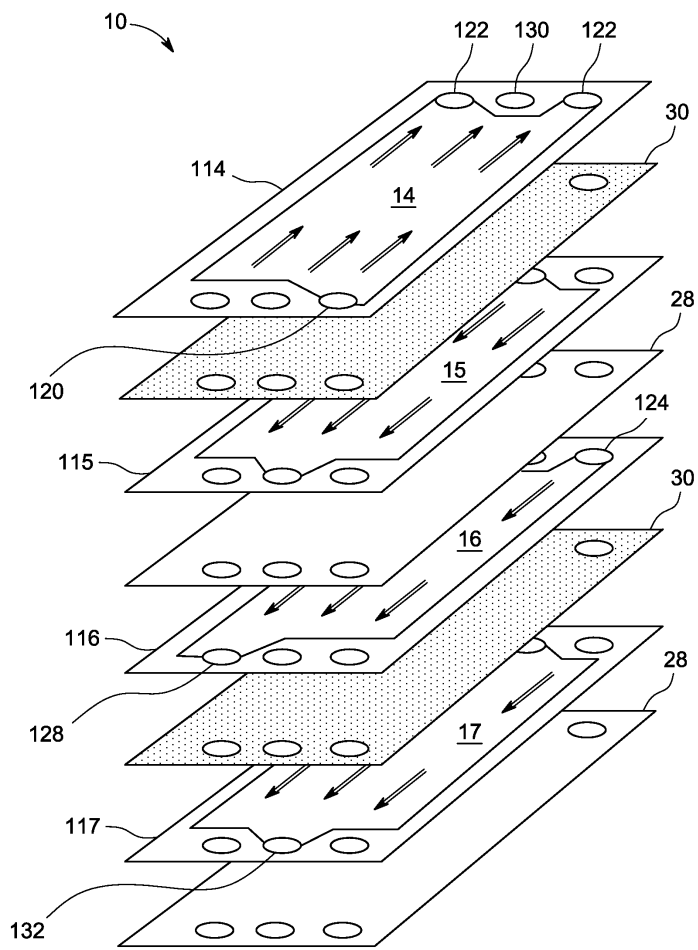
[0035] 본 개시문이 전형적인 실시예에서 설명되고 도시되었으나, 본 개시문의 사항으로부터 어떤 방식으로든 벗어나지 않으면서 다양한 변형에 및 치환예가 이루어질 수 있기 때문에, 본 개시문이 도시되는 세부사항에 제한되지 않는다. 이와 같이, 여기서 개시되는 공개문의 추가적인 변형에 및 동등물은 통상적인 실험을 이용하여 당 업자에게 나타날 수 있고, 모든 이러한 변형에 및 동등물은 다음의 청구범위에 의해 규정되는 바와 같이 발명의 범위 내에 있다고 판단된다.

도면

도면1



도면2



도면3

