



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2010-0125227
(43) 공개일자 2010년11월30일

(51) Int. Cl.

B01D 61/50 (2006.01) B01D 61/54 (2006.01)
B01D 63/08 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2010-7015975

(22) 출원일자(국제출원일자) 2008년12월17일

심사청구일자 없음

(85) 번역문제출일자 2010년07월19일

(86) 국제출원번호 PCT/IB2008/055380

(87) 국제공개번호 WO 2009/077992

국제공개일자 2009년06월25일

(30) 우선권주장

61/006,047 2007년12월17일 미국(US)

(71) 출원인

벤-구리온 유니버시티 오브 더 네게브 리서치 앤드 디벨롭먼트 어쏘리티

이스라엘 84105 비어 쉘바 피.오.박스 653

(72) 발명자

메살렘, 라미

이스라엘, 오메르 84965, 하계펜 25

케템, 오라

이스라엘, 비어 쉘바 84852, 베레드 스트리트 20

린데르, 찰스

이스라엘, 레호보트 76469, 스테로트 첸 57

(74) 대리인

장명구

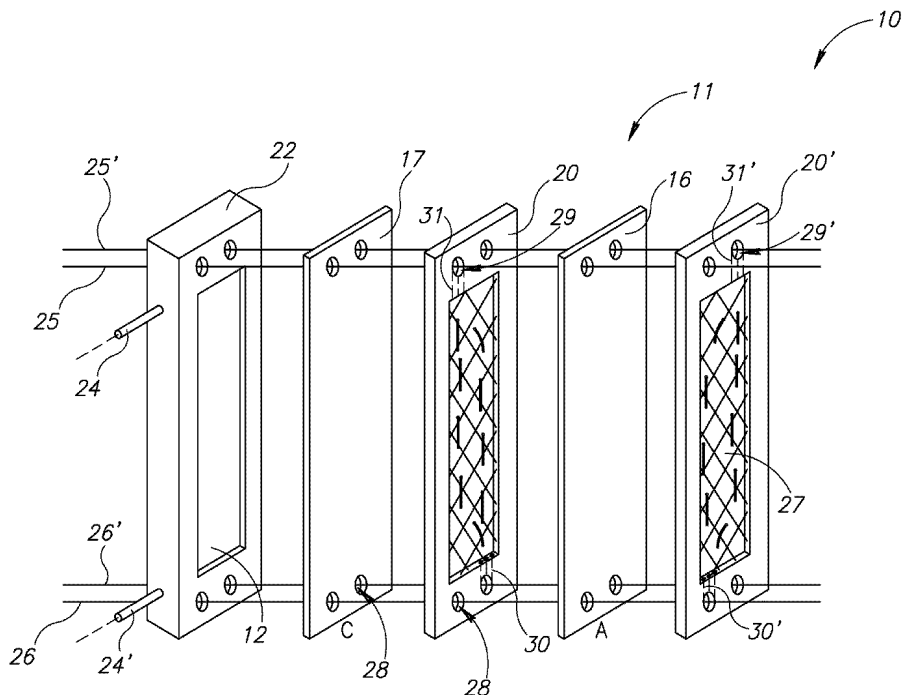
전체 청구항 수 : 총 23 항

(54) 탈이온화 기기 및 시스템

(57) 요약

복수의 막을 포함하는 막 패키지가 본 발명에서 제공되는데, 상기 막 패키지는 공정 스트림 흐름을 포함하여 공급 스트림 흐름을 촉진하도록 구성되며, 여기서 상기 공급 스트림 흐름의 유체역학적 저항은 상기 공정 스트림 흐름의 유체역학적 저항과 실질적으로 동일하다.

대표도



특허청구의 범위

청구항 1

제1 막;

제2 막;

상기 제1 막과 상기 제2 막 사이의 제1 스페이서;

상기 제2 막에 인접한 제2 스페이서;

를 포함하고,

상기 제1 막은 상기 제1 스페이서의 두 평행 모서리를 따라 상기 제1 스페이서에 결합되고, 그리고

상기 제2 막은 상기 제1 스페이서의 상기 두 평행 모서리를 따라 상기 제1 스페이서에 결합되고, 그리고

상기 제2 스페이서는 상기 제2 스페이서의 두 평행 모서리를 따라 상기 제2 막에 결합되고, 여기서 제2 스페이서의 상기 평행 모서리는 상기 제1 스페이서의 상기 두 평행 모서리와 직각을 이루는,

셀 페어.

청구항 2

청구항 1에 있어서, 상기 제2 막의 한쪽 면 상의 공급 스트림 흐름 및 상기 제2 막의 제2 측면 상의 공정 스트림 흐름을 허용하도록 구성되며, 여기서 상기 공급 스트림은 상기 공정 스트림 흐름과 본질적으로 직각임을 특징을 하는, 셀 페어.

청구항 3

청구항 1에 있어서, 상기 제1 스페이서를 통한 공급 스트림 흐름 및 상기 제2 스페이서를 통한 공정 스트림 흐름을 허용하도록 구성되며, 여기서 상기 공급 스트림은 상기 공정 스트림 흐름과 본질적으로 직각임을 특징을 하는, 셀 페어.

청구항 4

청구항 1에 있어서, 상기 제1 막, 상기 제2 막 또는 이들 둘 모두는 이온 교환 막임을 특징으로 하는, 셀 페어.

청구항 5

청구항 4에 있어서, 상기 제1 막은 음이온 교환 막임을 특징으로 하는, 셀 페어.

청구항 6

청구항 4에 있어서, 상기 제2 막은 양이온 교환 막임을 특징으로 하는, 셀 페어.

청구항 7

청구항 4에 있어서, 상기 제1 막 및 상기 제2 막은 양이온 교환 막임을 특징으로 하는, 셀 페어.

청구항 8

청구항 1에 있어서, 상기 제2 스페이서는 상기 제2 스페이서의 상기 두 평행 모서리를 따라 제3 막에 결합되어, 제2 스페이서가 상기 제2 막과 상기 제3 막 사이에 배치되도록 구성됨을 특징으로 하는, 셀 페어.

청구항 9

청구항 1에 있어서, 전기투석법 ED, 전기투석 역전 ED (EDR), 도난 투석(Donnan Dialysis), 전기-탈이온법 (EDI), 연속 전기-탈이온법 (CEDI), 및/또는 역전기투석법 (RED), 또는 이들의 조합에서 사용하도록 구성된, 셀 페어.

청구항 10

복수의 셀 페어를 포함하는 막 패키지에 있어서, 상기 셀 페어의 적어도 일부는 다음을 포함하는, 복수의 셀 페어를 포함하는 막 패키지:

제1 막;

제2 막;

상기 제1 막과 상기 제2 막 사이의 제1 스페이서;

상기 제2 막에 인접한 제2 스페이서;

여기서, 상기 제1 스페이서의 두 평행 모서리를 따라 상기 제1 스페이서에 결합되고, 그리고

상기 제2 막은 상기 제1 스페이서의 상기 두 평행 모서리를 따라 상기 제1 스페이서에 결합되고, 그리고

상기 제2 스페이서는 상기 제2 스페이서의 두 평행 모서리를 따라 상기 제2 막에 결합되고, 여기서 제2 스페이서의 상기 평행 모서리는 상기 제1 스페이서의 상기 두 평행 모서리와 직각을 이룸.

청구항 11

청구항 10에 있어서, 상기 제2 막의 한쪽 면 상의 공급 스트림 흐름 및 상기 제2 막의 제2 측면 상의 공정 스트림 흐름을 허용하도록 구성되며, 여기서 상기 공급 스트림은 상기 공정 스트림 흐름과 본질적으로 직각임을 특징을 하는, 막 패키지.

청구항 12

청구항 10에 있어서, 상기 제1 스페이서를 통한 공급 스트림 흐름 및 상기 제2 스페이서를 통한 공정 스트림 흐름을 허용하도록 구성되며, 여기서 상기 공급 스트림은 상기 공정 스트림 흐름과 본질적으로 직각임을 특징을 하는, 막 패키지.

청구항 13

청구항 10에 있어서, 상기 제1 막, 상기 제2 막 또는 이들 둘 모두는 이온 교환 막임을 특징으로 하는, 막 패키지.

청구항 14

청구항 13에 있어서, 상기 제1 막은 음이온 교환 막임을 특징으로 하는, 막 패키지.

청구항 15

청구항 13에 있어서, 상기 제2 막은 양이온 교환 막임을 특징으로 하는, 막 패키지.

청구항 16

청구항 10에 있어서, 상기 제1 막 및 상기 제2 막은 양이온 교환 막임을 특징으로 하는, 막 패키지.

청구항 17

청구항 10에 있어서, 상기 제2 스페이서는 상기 제2 스페이서의 상기 두 평행 모서리를 따라 제3 막에 결합되어, 제2 스페이서가 상기 제2 막과 상기 제3 막 사이에 배치되도록 구성됨을 특징으로 하는, 막 패키지.

청구항 18

청구항 10에 있어서, 전기투석법 ED, 전기투석 역전 ED (EDR), 도난 투석(Donnan Dialysis), 전기-탈이온법 (EDI), 연속 전기-탈이온법 (CEDI), 및/또는 역전기투석법 (RED), 또는 이들의 조합에서 사용하도록 구성된, 막 패키지.

청구항 19

복수의 막을 포함하는 막 패키지에 있어서, 상기 막 패키지는 공급 스트림 흐름 및 공정 스트림 흐름을 촉진하

도록 구성되며, 여기서 상기 두 흐름의 유체역학적 저항이 스페이서의 유체역학적 저항에 의해 본질적으로 결정되는, 복수의 막을 포함하는 막 패키지.

청구항 20

복수의 막을 포함하는 막 패키지에 있어서, 상기 막 패키지는 공급 스트림의 자유 흐름 및 공정 스트림의 자유 흐름을 촉진하도록 구성되는, 복수의 막을 포함하는 막 패키지.

청구항 21

복수의 막을 포함하는 막 패키지, 여기서 상기 막 패키지는 공급 스트림의 자유 흐름 및 공정 스트림의 자유 흐름을 촉진하도록 구성됨; 및

상기 막 패키지를 지지하도록 구성된 프레임;

을 포함하는, 막 모듈.

청구항 22

청구항 21에 있어서,

상기 막 패키지는 복수의 셀 페어를 포함하며, 여기서 상기 셀 페어 각각의 적어도 일부는 제1 막; 제2 막; 상기 제1 막과 상기 제2 막 사이의 제1 스페이서; 상기 제2 막에 인접한 제2 스페이서;를 포함하고, 여기서 상기 제1 막은 상기 제1 스페이서의 두 평행 모서리를 따라 상기 제1 스페이서에 결합되고, 상기 제2 막은 상기 제1 스페이서의 두 평행 모서리를 따라 상기 제1 스페이서에 결합되고, 상기 제2 스페이서는 상기 제2 스페이서의 두 평행 모서리를 따라 상기 제2 막에 결합되고, 여기서 상기 제2 스페이서의 상기 평행 모서리는 상기 제1 스페이서의 상기 두 평행 모서리에 직각임을 특징으로 하는, 막 모듈.

청구항 23

청구항 21에 있어서,

상기 프레임은 상기 모듈 내 상기 공급 스트림과 상기 공정 스트림의 자유 흐름을 허용하는 한편 상기 스트림들의 상호 혼합을 실질적으로 방지하도록 구성됨을 특징으로 하는, 막 모듈.

명세서

기술분야

[0001] 분야

[0002] 본 발명은 예를 들어 물의 탈염(Desalination)에 사용되는 것과 같은, 유체 탈이온화 장치, 기기 및 시스템에 관한 것이다.

배경 기술

[0003] 배경

[0004] 전기투석법(Electrodialysis, ED)은 역삼투법(reverse osmosis, RO) 이전에 발명된 상대적으로 발달된 탈염 기술(desalting technology)이다. RO 및 나노여과 (nanofiltration, NF)와 같은 가압 구동 시스템에서 공급수 (feed water)는 가압되어 삼투압을 초과하여, 물은 반-투과성 막(semi-permeable membrane)을 통하여 지나가는 반면 용해된 고형물은 거부되어 공급수 쪽에 잔류하며, 최종적으로 브라인 용액(brine solution)으로 농축된다. 전위(electric potential, ED)에 의해 구동되는 시스템은 막 패키지(membrane package)의 반대쪽 끝단에 전압을 인가하여, 하나의 양극 단자와 하나의 음극 단자가 된다. 따라서, 상기 가압-구동 시스템은 선택적으로 물을 통과시키고 용해된 염을 잔류시키는 반면, 전기적으로 구동된 시스템은 용해된 염을 추출하며 물을 잔류시킨다. 어떤 방법이던, 물과 염은 분리되고, 낮은 염류의 물을 생산한다. RO에 비하여 ED의 잠재적인 장점은 매우 높은 염 농도에서의 활용 가능성뿐만 아니라 기수(brackish water)에서의 활용 가능성인데, 왜냐하면 이러한 공정에서 고압이 요구되지 않기 때문이다; 한번은, 일본에서 식탁용 소금이 ED에 의해 해수로부터 수년 동안 생산되었

다. 따라서, ED는 기수(brackish water)의 탈염화에 있어서 브라인(brine) 처리를 위한 중요하고, 현재 비경제적인, 해결되지 않은 문제점을 해결할 수 있다. 역삼투법과는 달리 ED는, 용질로부터 물을 제거하는 것이 아니라 공급수로부터 염을 제거하기 때문에, 비교적 낮은 함량의 염을 함유하는 기수(brackish water)의 처리에 특히 유리하다.

- [0005] ED는 서로 다른 응용 분야에서 사용되는데, 여기서 스택(stack)을 통하여 흐르는 서로 분리된 두 스트림의 조성은 공정의 본질에 의존한다. 예를 들면, 공급 스트림(feed stream)은 ED에 의해 제거될 염 및 고가의 생성물을 함유하는 혼합된 용액일 수 있으며, 본 발명에서 일반적으로 공정 스트림(process stream)으로 불리는 두 번째 스트림은 제거될 염의 용액일 것이다. 또 다른 경우에 있어서, 역전기투석법(reverse electrodialysis, RED)은, ED 스택 내에서, 해수와 같은 농축된 공급 용액으로부터 지표수(surface water) 또는 임의의 묽은 물 공급원로의 염의 투과에 의한 농도 차이로부터 에너지를 추출한다. 이러한 경우에 있어서, 공급 스트림은 예를 들면 해수이며, 공정 스트림은 예를 들면 담수이다.
- [0006] 한 종류의 이온 교환 막을 포함하는 스택(stack)이 전류에 의해 구동되는 이온 교환을 위하여 사용될 수 있는데, 예를 들면 산성화(acidification)를 위한 모든 양이온 교환 스택이다. 이러한 경우에, 공급 스트림은 산성화되어야 하는 용액이고, 공정 스트림은 산성 용액이다.
- [0007] 막을 통한 이온 교환, 소위 도난 투석(Donnan dialysis) 또는 확산 투석(diffusion dialysis)을 위한 공정은 단지 양이온 교환 막 또는 단지 음이온 교환 막을 포함하는 스택(stack)에서 수행될 수 있다.
- [0008] 일반적으로, ED는 매우 묽은 용액에서는 수행될 수 없는데, 왜냐하면, 벌크 저항(bulk resistance) 때문에 그리고 심지어 강력한 농도 분극(concentration polarization) 때문에, 전기 저항이 터무니없이 높게 되기 때문이다. 이러한 것은 희박한 칸막이(diluate compartment)에 이온 교환 수지, 일반적으로 혼합층(mixed bed)을 채우는 것으로 극복될 수 있다. 초순수(ultra pure water) 제조용으로 사용되는 이러한 공정은 전기투석법의 일종인데, 소위 전기-탈이온법(electro-deionization, EDI) 또는 연속 전기-탈이온법 (continuous electro-deionization, CEDI)이다. 몇몇 탈이온 스택(deionization stack)에 대하여, 양이온 교환 막 및 음이온 교환 막은 밀봉되어 스페이서(spacer)가 되며, 산출된 희박 셀(diluate cell)은 이온 교환 수지로 채워진다. 탈이온화를 위한 이러한 스택에 대한 추가적인 것은 Giuffrida et al., Electro-deionization apparatus and method, 미국 특허 4,925,541, 1990; Liang et al. 모듈s for electro-deionization apparatus, 미국 특허 5,292,422에서 찾을 수 있으며, 이들 문헌은 모두 참고문헌으로 본 발명에 수록된다.
- [0009] 현재 구입 가능한 상업용 ED 장비에 있어서, 막 패키지의 비용이 전체 초기 투자 비용의 큰 부분을 차지한다. 필터 프레스 컨셉(filter press concept), 고가의 막 및 개스킷(gasket) 이들 모두가 스택의 고 비용에 기여한다. 덜 비싼 스택이 공정을 더욱 경쟁력 있게 할 것이다.
- [0010] 구성요소들을 서로 부착하거나 밀봉함으로써 ED 스택 내 분리된 구성품의 수를 줄이기 위한 노력이 이전부터 시도되었다. 예를 들면, 보고된 바에 의하면, 밀봉된 셀 ED 스택이 창안되었는데 여기서 양이온 교환 막 및 음이온 교환 막이 함께 밀봉되어 하나의 출구를 갖는 백(bag)을 형성하였다. 또 다른 스택이 보고되었는데 여기서 각각의 막이 별개의 프레임에 부착된다. 이들 중 어떤 것도 스택을 실질적으로 단순화하거나 더욱 우수한 작업성을 유도하지 못한다. 이러한 스택에 대한 추가적인 것은 다음에서 찾을 수 있다:
- [0011] - Kedem, O., Cohen, J., Warshawsky, A. and Kahana, N. EDS - Sealed cell electrodialysis. *Desalination* 46, 291-299 (1983);
- [0012] - Kedem, O., Bar-On, Z. and Warshawsky, A. Electroosmotic pumping in a sealed cell ED stack. *AICHE Symp. Series* 248, vol. 82:19 (1986);
- [0013] - Schmoltdt et al., *Electrodialysis cell assembly*, 미국 특허 4,350,581;
- [0014] - Messalem R., Kedem O. and Kedem A. 모듈 for an Electrodialysis stack, 이스라엘 특허 IL 120635; 및
- [0015] -Kedem O. and Kedem A. *Modular Electrodialysis device*, 미국 특허 4,569,747;
- [0016] 이들 문헌은 모두 참고문헌으로 본 발명에 수록된다.
- [0017]
- [0018] ED 및 도난 투석용 이온 교환 막의 제조 과정은 전술한 참고문헌 및 기술 문헌에 널리 개시되어 있다. 예를 들면, H. Strathmann "Ion-Exchange Membrane Separation Processes" Membrane Science and Technology Series

9, Elsevier 2004의 3장 및 그 참고문헌을 참조하며, 이들 문헌은 모두 참고문헌으로 본 발명에 수록된다.

[0019] 이오노머(ionomer)에 기초하여 광범위하게 적용되는 화학적으로 안정한 양이온 교환 막은 술폰기(sulfonic group)를 운반하는 과불화 모노머(perfluorinated monomer)로부터 제조된다(Yeager, 1982). 방향족 폴리머의 유도체화(derivatization)에 의해 얻어진 이오노머에 기초하거나 또는 이오노머와 미-하전된(uncharged) 방향족 폴리머의 혼합물에 기초하는 막이 예를 들면 Zschocke et al, Balzer et al. 및 Eyal et al.에 의해 개시된다. 이러한 막에 대한 더욱 자세한 사항은 *Yeager, ASC Symposium Series 180, American Chemical Society, Washington D.C., Zschocke and Quellmalz, J. of Memb. Sci.22 (1985),p. 325, P.Wilhelm J.Balster et al. in J.Phys.Chem., 2007 and in A. Eyal et al. , J. of Memb. Sci., 38 (1988) p.101*에서 찾을 수 있으며, 이들 모두는 본 발명에 참고문헌으로 수록된다.

[0020] 상업용의 이온 교환 막은 습한 상태의 스택 내에 유입되고 그 후 습하게 유지되어야 한다. 이온 교환 막의 팽윤(swelling)에 대한 데이터는 전술한 Strathmann의 책 p.119에서 수집된다.

발명의 내용

[0021] **개요**

[0022] 본 발명의 몇몇 구체 예에 따라, 복수의 셀 페어(cell pair), 예를 들면 10-100개의 셀 페어를 포함하는 막 패키지가 제공된다. 에너지 전환을 위하여, 탈염 공정에서의 묽은 용액 및 농축 용액, 중화 공정에서의 산성 용액 및 염기성 용액, ED에서의 농축된 공급 스트림 및 더욱 묽은 물 공급원, 또는 바람직한 공정에 요구되는 스트림들의 임의 조합(이들에 제한되는 것은 아님)과 같은 공급 스트림 및 공정 스트림 둘 모두의 본질적인 자유 흐름(essentially free flow)을 허용하도록 상기 막 패키지가 조절된다. 막 패키지는 공급 칸막이(feed compartment) 및 공정 칸막이(process compartment) 둘 모두를 통한 본질적인 자유 흐름을 허용하도록 조절되는데, 상기 칸막이에서는 두 용액(공급 스트림 및 공정 스트림) 사이의 누출에 의해 혼합이 없다.

[0023] 몇몇 구체 예에 따라, 제1 스페이서에 의해 정의된 거리에서, 예를 들면 포팅 과정(potting procedure)에 의해, 두 개의 평행한 모서리(edge)를 따라 서로 결합된 복수의 슬리브(sleeve)를 포함하는 막 패키지가 또한 제공되며, 여기서 각각의 슬리브는 제2 스페이서에 의해 서로 분리된 두 개의 막을 포함하고, 상기 두 개의 막은 상기 결합된 슬리브의 두 개의 모서리에 대하여 직각인 두 개의 평행한 모서리를 따라 밀봉된다. 상기 막 패키지는 포팅된 몸체(potted body)의 적절한 개구에 의해 유체가 슬리브 내로 들어가는 것을 허용하며, 이에 따라 서로 직각인 두 흐름 통로가 얻어질 수 있다.

[0024] 일부 구체 예에 따르면, 제1 막이 예를 들면 적절한 재료의 고품 스트림과 같은 결합 요소에 의해 두 평행 모서리를 따라 제1 스페이서에 결합될 수 있다. 제2 막이 동일하거나 또는 선택적으로 다른 결합 요소에 의해 동일 모서리를 따라 제1 스페이서에 결합될 수 있다. 제2 스페이서가 제1 스페이서, 제1 막 및 제 2 막 사이의 밀봉에 대하여 직각인 두 평행 모서리를 따라서 제2 막에 결합될 수 있다. 제3 막이 제2 막에 밀봉된 모서리를 따라서 제2 스페이서에 결합될 수 있다. 이런 방법에 의해 막 패키지가 구성되어, 교대로 직각 방향인 두 모서리를 따라 밀봉된 스페이서를 갖고, 이에 따라 두 스트림을 위한 직각 흐름 통로를 형성한다.

[0025] 몇몇 구체 예에 따르면, 막 패키지는 모듈(막 모듈) 내에 포함될 수 있고 상기 모듈은 단단한 프레임을 추가로 포함한다. 막 패키지가 삽입될 수 있고 사전 결정된 영역, 예를 들면 코너에서 프레임과 결합될 수 있도록, 프레임이 성형될 수 있다. 개별적인 개방 공간이 공급 스트림 및 공정 스트림의 유입 및 배출을 위하여 형성되고, 이들 스트림들은 스트림 사이의 혼합 또는 누출 없이 서로 직각 방향으로 막 패키지를 통하여 흐를 수 있다.

[0026] 몇몇 구체 예에 따르면, 둘 또는 그 이상의 모듈 및 그들 사이의 개스킷을 포함하는 ED 스택이 제공된다. 모듈 스택(modular stack)은 양쪽 끝단에 전극 셀을 추가로 포함하는데, 이들은 또한 말단 플레이트로서 작용한다.

[0027] 몇몇 구체 예에서, 적절한 개스킷 재료는 단단한 프레임의 한쪽 면에 접촉될 수 있다.

[0028] 또 다른 몇몇 구체 예에서, 프레임으로 조립된 셀이 모듈의 한쪽 면에 접촉될 수 있고, 얇은 프레임에 접촉된 음이온 교환 막 및 양이온 교환 막 셀을 포함한다.

[0029] ED 스택은 서로 접하여 놓인 하나 또는 둘 이상의 모듈에 의해 형성될 수 있고, 말단 플레이트로 작용하는 종래의 전극 셀들 및 이들 사이의 적절한 기계적 연결구에 의해 결합될 수 있다.

[0030] 본 발명의 일부 구체 예에 따르면, 공급 스트림 및 공정 스트림은 전극 플레이트 내 포트(port)를 통하여 유입 및 배출될 수 있다. 조립된 스택에 있어서, 두 스트림은 서로 완전히 분리되어 있으며, EDR 시스템에서 이들의

역할이 주기적으로 맞바뀔 수 있다.

- [0031] 전기-탈이온법(EDI)을 위한 밀봉된 스택이 본 발명의 구체 예에 따라 제조될 수 있는데, 여기서 이온 교환 수지로 채울 수 있도록 막들 사이의 거리가 개조된다. 예를 들면 막 패키지의 모서리에 부착된 적절한 네트에 의해, 슬리브가 적합한 위치에서 이온 교환 수지로 채워질 수 있다. 슬리브는 스페이서 없이 제조될 수 있으며, 수지를 위한 공간을 가질 수 있다. 스페이서를 함유하는 슬리브를 제조하고 이온 교환 수지로 슬리브들 사이의 공간을 채우고, 이온 교환 수지를 적절한 네트를 사용하여 유지시키는 것 등이 또한 가능할 수 있다.
- [0032] 본 발명의 일부 구체 예에 따르면, 형상-안정적인(shape-stable) 양이온 교환 막 및 음이온 교환 막이 슬리브 제조를 위하여 제공될 수 있다. 사용된 형상-안정적인 막은 건조 조건 및 습윤 조건 모두에서 이들의 치수(dimensions)를 10% 이내, 바람직하게는 5% 이내, 가장 바람직하게는 2% 이내 또는 그 미만으로 유지시킨다. 치수의 변화는 하전 되지 않은 폴리머화의 혼합 또는 가교-결합에 의한 폴리머 재료의 제한된 팽윤에 의해 최소화된다.
- [0033] EDI를 위한 일부 시스템에서 사용되는 이종(Heterogeneous) 막이 습윤 상태에서 밀봉될 수 있다.
- [0034] 본 발명의 일부 구체 예의 한 양상은, 탈염 공정에서 용액을 펴게 하거나 및/또는 농축시키기 위하여 사용되거나; 중화 공정에서 산성 용액 및/또는 염기성 용액을 형성하기 위하여 사용되거나; 에너지 전환 공정에서 농축 용액 및 더욱 묽은 물 공급원을 확산시키기 위하여 사용되거나; 바람직한 공정에서 요구되는 바에 따라, 용액 내 이온을 선택적으로 이동시키거나, 또는 선택적으로 용액을 탈이온화시키기 위하여 사용되거나; 및/또는 이들의 임의 조합에 사용되기 위한 장치 및 기기를 제공하는 것에 관한 것이다. 상기 기기는 ED, 역ED (EDR), 도난 투석(Donnan Dialysis), 전기-탈이온법(EDI), 연속 전기-탈이온법(CEDI), 등을 포함하는 공정을 사용하도록 구성될 수 있다. 상기 기기, 이러한 기기를 포함하는 시스템, 및 이러한 장치의 사용을 포함하는 방법이 본 발명에서 설명된다.
- [0035] 본 발명의 구체 예는 EDI에 유리하게 적용될 수 있다. 대규모 유닛이 제조될 수 있으며 이온 교환 수지로 쉽게 채워질 수 있다. 예를 들면, 칸막이 전부(또는 부분)가 적어도 부분적으로 수지로 채워질 수 있다.
- [0036] 막은 스트립(예를 들면 2-4 mm 두께)에 의해 막 패키지 내에서 서로서로 밀봉될 수 있으며, 상기 스트립은 수직으로 교대한다. 매우 개방된 스페이서가 삽입될 수 있다. 상기 스페이서는 가압된 용액을 갖는 수지의 유입을 허용하면서도 여전히 수지층을 안전화시키도록 선택될 수 있다. 그 대신에, 스페이서가 없는 막 패키지가 제조될 수 있다.
- [0037] 일부 구체 예에서, 적절한 네트가 막 패키지의 한쪽 면에 체결될 수 있으며, 측정된 양의 혼합된 수지가 용액이 있는 패키지의 반대쪽 면으로 부어질 수 있고, 그리고 제2 모서리가 네트에 의해 봉입될 수 있다. 패키지는 그 후 90° 회전되고, 상기 과정이 반복될 수 있다.
- [0038] 본 발명의 일부 구체 예의 한 양상에 따르면, 상기 기기는 모듈을 통한 공급 스트림 및 공정 스트림의 실질적으로 자유로운 흐름을 허용하기에 적합한 모듈(장치)을 포함하며, 상기 모듈은 두 스트림의 흐름에 대하여 비교적 낮은 유체역학적 저항을 포함한다. 본 발명의 한 구체 예에서, 모듈의 유체역학적 저항은 스페이서의 유체역학적 저항에 의해 본질적으로 결정된다(입구/출구의 유체역학적 저항은 모듈에 포함되지 않음). 모듈은 복수의 셀 페어, 예를 들면 1 - 10개의 셀 페어, 10 - 20개의 셀 페어, 20 - 40개의 셀 페어, 40 - 80개의 셀 페어, 80 - 160개의 셀 페어, 160 - 320개의 셀 페어, 및 선택적으로 320개 이상의 셀 페어를 포함할 수 있다. 각각의 셀 페어는 스페이서의 제1 측면의 두 맞은편 평행 모서리를 따라 제1 스페이서에 한쪽 면이 부착된(예를 들면, 열 밀봉, 접착제, 및/또는 스페이서 및 막에 함유된 폴리머의 가교 결합에 의해) 제1 이온 교환 막; 스페이서의 제2 측면의 맞은편 평행 모서리를 따라 제1 스페이서에 한쪽 면이 부착된 제2 이온 교환 막; 제1 스페이서의 밀봉된 모서리에 직각인 두 맞은편 평행 모서리를 따라 제1 측면이 제2 막의 제2 측면에 부착된 제2 스페이서;를 포함할 수 있다. 제2 셀 페어에 결합된 제3 이온 교환 막이 스페이서의 제2 측면의 맞은편 평행 모서리를 따라 제2 스페이서에 부착될 수 있다. 이런 식으로 막 패키지가 형성될 수 있는데, 스페이서는 교대로 직각 방향인 두 모서리를 따라 이온 교환 막의 모서리에 부착되어서, 두 스트림을 위한 직각 흐름 통로를 형성한다. 예를 들면, 공급 스트림은 밀봉되지 않은 모서리의 전체 길이를 따라 제1 스페이서로 흘러들어가며, 본질적으로 상기 스페이서의 전체 횡단면을 가로질러 흐를 수 있고, 맞은편의 밀봉되지 않은 모서리의 전체 길이를 따라 흘러나올 수 있다. 공정 스트림은, 상기 공급 스트림의 흐름에 본질적으로 직각으로, 밀봉되지 않은 모서리의 전체 길이를 따라 제2 스페이서로 흘러들어가며, 본질적으로 상기 스페이서의 전체 횡단면을 가로질러 흐를 수 있고, 맞은편의 밀봉되지 않은 모서리의 전체 길이를 따라 흘러나올 수 있다.

- [0039] 본 발명의 한 구체 예에서, 맞은편의 평행 모서리를 따라 제1막과 제2 막을 부착시켜 슬리브를 형성하고, 상기 슬리브 내에 스페이서를 삽입하고 막에 부착시킴으로써, 셀 페어를 형성할 수 있다. 제2 스페이서의 제1 측면이 상기 슬리브의 부착된 모서리에 직각인 두 맞은편 평행 모서리를 따라 제2 막의 제2 측면에 부착될 수 있다. 제2 셀 페어에 결합된 제2 슬리브를 스페이서의 제2 측면의 두 맞은편 평행 모서리를 따라 제2 스페이서에 부착시켜, 두 스트립을 위한 직각 흐름 통로를 형성함으로써 막 패키지가 제조될 수 있다.
- [0040] 종래 기술에서, 용액 내에서 이온을 선택적으로 이동시키거나, 또는 선택적으로 용액을 탈-이온화시키기에 적합한 기기는 종종 공급 스트립 및 공정 스트립을 위한 좁은 입구 및 출구를 갖는 스페이서를 포함한다. 좁은 포트의 사용은, 비록 이러한 포트가 이들의 좁은 크기 때문에 막하기 쉬운 문제점이 종종 발생함에도 불구하고, 스페이서 내 누출 가능성을 감소시킨다. 더욱이, 포트의 좁은 크기는 비교적 큰 유체역학적 저항에 기여하고, 이러한 높은 저항성은 종종 스트립 내 비교적 높은 흐름 속도를 유지하기 위한 펌핑 에너지 증가를 요구한다. 이에 따라, 일반적으로 비교적 높은 에너지 소비가 수반되는 기기가 유발된다.
- [0041] 본 발명의 일부 구체 예의 한 양상에 따르면, 기기는 두 전극 사이에 위치한 모듈을 포함한다. 선택적으로, 상기 모듈은 하나의 모듈을 다른 모듈의 상부에 위치시킴으로써 모듈의 수직 스택(vertical stack)으로 배열될 수 있다. 선택적으로, 상기 모듈은 하나의 모듈을 다른 모듈 옆에 위치시킴으로써 모듈의 수평 스택(horizontal stack)으로 배열될 수 있다. 추가로 또는 대안적으로, 개스킷이 스택 내 각 모듈 사이에 위치될 수 있다. 선택적으로, 스택은 두 전극 사이에 배치될 수 있다. 선택적으로, 전극들은 말단 플레이트 내에 포함될 수 있다. 애노드(양으로 하전된 단자) 및 캐소드(음으로 하전된 단자)를 포함할 수 있는 전극은, 공급 스트립과 공정 스트립이 모듈을 통하여 흐름을 때, 모듈을 통한 직류 흐름을 형성하도록 구성될 수 있다(그리고 전극들은 DC 전압원에 연결된다). 선택적으로, 전극들은, 전극들의 극성에 따른 모듈 내 직류 흐름의 방향으로, 전압원에서의 극성의 역전에 반응하여 극성을 변화시키도록 구성될 수 있다.
- [0042] 본 발명의 한 구체 예에서, 모듈은 막 패키지를 지지하도록 구성된 프레임에 포함될 수 있다. 상기 프레임을 또한, 스트립들이 서로 혼합되는 것을 실질적으로 방지하면서, 모듈 내에서 공급 스트립과 공정 스트립의 자유로운 흐름을 허용하도록 구성될 수 있다. 예를 들면, 막 패키지가 삽입되고 프레임의 사전 결정된 영역에서 결합되어, 모듈 내에서 공급 스트립 및 공정 스트립의 유입 및 배출을 허용하도록 구성되고 또한 스트립 사이의 혼합 및 누출 없이 막 패키지를 통한 두 스트립의 흐름을 허용하도록 구성된 칸막이를 형성할 수 있도록, 프레임이 성형될 수 있다. 상기 프레임은 또한 모듈이 적층될 때 스트립들의 혼합 없이, 한 모듈로부터 다른 모듈로 공급 스트립과 공정 스트립의 흐름을 허용하도록 구성될 수 있다. 프레임은 공급 스트립 및 공정 스트립과의 접촉을 실질적으로 견디기에 적합한 플라스틱 재료, 복합 재료, 및/또는 임의의 그 밖의 다른 재료 또는 이들 재료의 조합으로 구성될 수 있다.
- [0043] 본 명세서에 개시된 개스킷에 대한 대안으로, 셀 페어를 포함하고 다중-모듈 스택 내 각 모듈의 한쪽 면을 형성할 수 있어서 모듈 사이의 개스킷에 대한 대체물로서 작용할 수 있는 플레이트가 제공된다. 각 막 패키지의 양쪽 끝단은 스페이서, 및 동일 방향으로 지향된 결합 스트립에 의해 끝이 나고, 막은 없다. 선택적으로, 한쪽 끝단의 결합 스트립은 반대쪽 끝단의 결합 스트립과 서로 다른 방향, 예를 들면 서로 직각인 방향으로 지향될 수 있다. 패키지가 프레임에 삽입될 때, 양쪽 스트립은 프레임의 표면과 평평하게 된다. 만약 ED 스택이 단지 하나의 모듈만을 포함하면, 프레임과 스트립은 전극 칸막이를 향하여 밀리고, 얇은 탄성층으로 피복된다.
- [0044] 다중-모듈 스택을 위하여, 얇은 플레이트가 각 모듈의 한쪽 면에 첨가된다. 이러한 플레이트는 프레임과 일치(match)하고, 공급 스트립 및 공정 스트립을 위한 개구들을 포함한다. 플레이트는 플레이트 내 직사각형 개구의 모서리를 따라 밀봉된 두 개의 막으로 구성되고 이들 막 사이에 스페이서를 갖는 셀을 포함한다. 결합 스트립의 방향과 직각인 개구의 모서리를 따르는 입구/출구에 의해 셀을 통한 흐름이 가능해진다. 플레이트의 두께, 셀의 폭, 및 입구/출구의 크기 및 수는, 셀의 유체역학적 저항이 막 패키지 내 셀의 유체역학적 저항과 동일하거나 또는 약간 더 크게 되도록 조절된다. 플레이트는, 일반적으로 스페이서의 스트립에 부착됨으로써, 막 패키지의 한쪽 면 상의 프레임에 부착된다. 얇은 플레이트의 나머지 표면은 비교적 얇은 탄성층으로 피복된다.
- [0045] 본 발명의 한 구체 예에서, 모듈은 셀 페어를 포함할 수 있는데, 여기서 각 셀 페어 내 이온 교환 막은 예를 들면 ED용 기기에서의 사용을 위하여, 양이온 교환 막과 음이온 교환 막을 포함한다. 선택적으로, 각 셀 페어에 포함된 이온 교환 막은, 예를 들면 산성화 공정 또는 도난 투석을 위한 기기에서의 사용을 위하여 단지 양이온 교환 막을 포함한다. 선택적으로, 각 셀 페어에 포함된 이온 교환 막은, 예를 들면 도난 투석을 위한 기기에서의 사용을 위하여 단지 음이온 교환 막을 포함한다. 이온 교환 막은 항상-안정적인 양 이온 교환 막 및/또는 음이온 교환 막을 포함할 수 있으며, 이들 막들은 이들의 선형 치수를 건조 조건 및 습윤 조건 모두에서 10% 또는

그 미만 내에서 유지하도록 구성된다. 선택적으로, 치수는 건조 조건 및 습윤 조건 모두에서 5% - 10% 범위 내에서 유지된다. 선택적으로, 치수는 건조 조건 및 습윤 조건 모두에서 2% - 5% 범위 내에서 유지된다. 선택적으로, 치수는 건조 조건 및 습윤 조건 모두에서 2% 또는 그 미만으로 유지된다. 치수 변화는 하전 되지 않은 폴리머를 가교 결합하거나 및/또는 이들과의 혼합에 의한 폴리머 재료의 제한된 팽윤에 의해 최소화될 수 있다.

[0046] 본 발명의 한 구체 예에서, 모듈은 EDI 및/또는 CEDI를 위한 기기와 함께 사용되도록 구성될 수 있다. 이온 교환 수지가 스페이서 대신에 이온 교환 막 사이에 사용될 수 있다. 이온 교환 수지는 예를 들면 막 패키지의 모서리에 부착된 적절한 네트에 의해 제자리에 고정될 수 있다. 선택적으로, 이온 교환 수지가 스페이서와 이온 교환 막들 사이의 공간을 채우기 위해 사용되고, 상기 이온 교환 수지는 적절한 네트 등에 의해 유지된다.

[0047] 본 발명의 일부 양상에 따르면, ED 시스템이 제공될 수 있다. ED 시스템은 ED 기기, 사전처리 시스템, 제어 시스템, 및 선택적인 세정 시스템을 포함할 수 있다. 사전처리 시스템은 공급 스트림을 사전 조절하도록 구성될 수 있으며, 여과용 거대 고형물(filtering large solid), 항-바이러스 처리(anti-bacterial treatment), 항-퇴적 처리(anti-fouling treatment), 및/또는 항-스케일링 처리(anti-scaling treatment)를 포함할 수 있다. 세정 시스템은 스택, 전극, 및 ED 기기의 또 다른 요소를 세정하도록 구성될 수 있다. 선택적으로, 세정 시스템은 사전처리 시스템을 세정하도록 구성될 수 있다. 제어 시스템은 사전처리 시스템 및/또는 EDR 기기의 운전을 제어하도록 구성될 수 있다.

[0048] 본 발명의 한 구체 예에서, 시스템은 EDR 기기를 포함할 수 있다. 선택적으로, 상기 시스템은 산성화 기기, 또는 중화 기기를 포함할 수 있다. 선택적으로, 상기 시스템은 도난 투석 기기를 포함할 수 있다. 선택적으로, 상기 시스템은 EDI 또는 CEDI 기기를 포함할 수 있다. 선택적으로, 상기 시스템은 용액 내에서 이온을 선택적으로 이동시키도록 구성된 임의 기기 또는 선택적으로 용액을 탈-이온화시키도록 구성된 임의 기기를 포함할 수 있다. 선택적으로, 상기 시스템은 전술한 기기 중 어느 하나 또는 이들의 조합을 포함할 수 있다. 선택적으로, 상기 시스템은 복수의 전술한 기기를 포함할 수 있으며; 이들 기기는 직렬로 상호 연결될 수 있다. 선택적으로, 상기 복수의 기기들은 병렬 배열로 연결될 수 있다. 선택적으로, 상기 복수의 기기들은 병렬-직렬 배열의 임의 조합으로 연결될 수 있다.

[0049] 본 발명의 한 구체 예에서, 본 명세서에 기술된 ED 시스템 및 기기들이 본 명세서에서 언급된 임의 응용분야에 사용될 수 있다. 본 명세서에 기술된 ED 시스템 및 기기들은 또한 생물학적으로 처리된 도시 폐기물의 탈염화를 위하여 사용될 수도 있다.

[0050] 제한되지 않은 관개(irrigation)에 적합한 생물처리(biotreatment)를 따라, 한외여과(ultrafiltration, UF)로 처리된 도시 폐수(municipal waste water)를 만들기 위하여, 염 함량은 일정한 문턱값을 초과하지 말아야 한다. 이것은 또한 UF를 포함하는 막 생물-반응기(membrane bio-reactor)가 사용될 때, 침적되거나 또는 사이드 암(side arm)으로서 적용될 수 있다. 염은 전류 역전을 동반하는 ED(EDR)에 의해 제거될 수 있다. 몇몇 구체 예에 따르면, 본 명세서에 개시된 스택은 낮은 유체역학적 저항, 및 이들의 대칭 구조에 의해 에너지를 절약할 수 있으며, 상기 대칭 구조는 전류 역전을 허용한다. 스택에 사용가능한 치밀한 이온 교환 막을 사용하여, 생성된 유일한 브라인(brine)은 최소의 유기물 함량을 갖는 농축된 염 용액이 될 것이며, 이는 포타슘과 같은 가치 있는 구성성분의 추출을 촉진한다.

[0051] 폐수의 탈염 및 일부 산업상 응용분야를 위하여, 유기 음이온에 대한 낮은 투과성뿐만 아니라 스케일 형성 포스페이트 및 설페이트에 대한 낮은 투과성이 요구된다. 동시에, 농도 분극이 최소화되어야 한다. 브라인 처리를 위하여, 농축된 용액에서의 높은 선택투과성이 필수적이며; 낮은 투수성은 높은 농축 인자(high concentration factor)를 가능하게 한다. 농도 분극과 관련된 문제점들은 본질적으로 존재하지 않는다.

[0052] 본 발명의 일부 구체 예에 따르면, 세 가지 유형의 유닛 중 하나 또는 그 이상을 포함할 수 있는 시스템이 제공된다:

[0053] 1. 적절하게 결합된 막 및 스페이서를 포함하는 막 패키지. 본질적으로 상기 스페이서의 모서리를 따라 배치된 결합 요소, 예를 들면 결합 스트림은 상기 스페이서의 일부이거나 또는 독립된 요소일 수 있다.

[0054] 2. 막 패키지와 프레임을 포함하는 모듈(막 모듈), 그 내부에서 막 패키지가 프레임에 부착(예를 들면 접착)됨. 상기 패키지는 두 개의 독립된 공간, 두 스트림을 위한 입구 및 출구 공간을 포함한다. 모듈의 한쪽 면에, 탄성 개스킷 또는 페레임으로 조립된 셀(framed cell)이 첨가될 수 있다.

[0055]

[0056]

3. 전기투석법 (ED) 스택, 이것은 하나 또는 그 이상의 모듈, 전류의 흐름을 위한 전극, 용액의 흐름을 위한 입구 및 출구, 그리고 요소들을 고정하기 위한 결합 수단을 포함한다. ED 스택은 역전기투석법(RED)을 위하여 사용될 수 있는데, 여기서 높은 농도로부터 낮은 농도로 염이 확산됨에 따라 ED 스택 내에 전류가 생성되며, 또는 전기투석법 역전(EDR)을 위하여 사용될 수 있다.

[0057]

본 발명의 한 구체 예에 따르면, 제1 막, 제2 막, 상기 제1 막과 상기 제2 막 사이의 제1 스페이서, 상기 제2 막에 인접한 제2 스페이서를 포함하는 셀 페어가 제공되는데; 여기서 상기 제1 막은 상기 제1 스페이서의 두 평행 모서리를 따라 상기 제1 스페이서에 결합되고, 상기 제2 막은 상기 제1 스페이서의 두 평행 모서리를 따라 상기 제1 스페이서에 결합되고, 상기 제2 스페이서는 상기 제2 스페이서의 두 평행 모서리를 따라 상기 제2 막에 결합되고, 여기서 상기 제2 스페이서의 상기 평행 모서리는 상기 제1 스페이서의 두 평행 모서리에 직각이다. 선택적으로, 셀 페어는 상기 제2 막의 한쪽 면 상의 공급 스트림 흐름 및 상기 제2 막의 제2 측면 상의 공정 스트림 흐름을 허용하도록 구성되며, 여기서 상기 공급 스트림 흐름은 상기 공정 스트림 흐름에 대하여 본질적으로 직각이다. 선택적으로, 셀 페어는 제1 스페이서를 통한 공급 스트림 흐름 및 제2 스페이서를 통한 공정 스트림 흐름을 허용하도록 구성되며, 여기서 상기 공급 스트림 흐름은 상기 공정 스트림 흐름에 대하여 본질적으로 직각이다

[0058]

본 발명의 한 구체 예에 따르면, 복수의 셀 페어를 포함하는 막 패키지가 제공되는데, 여기서 각각의 상기 셀 페어의 적어도 일부가 제1 막, 제2 막, 상기 제1 막과 상기 제2 막 사이의 제1 스페이서, 상기 제2 막에 인접한 제2 스페이서를 포함하고; 여기서 상기 제1 막은 상기 제1 스페이서의 두 평행 모서리를 따라 상기 제1 스페이서에 결합되고, 상기 제2 막은 상기 제1 스페이서의 두 평행 모서리를 따라 상기 제1 스페이서에 결합되고, 상기 제2 스페이서는 상기 제2 스페이서의 두 평행 모서리를 따라 상기 제2 막에 결합되고, 여기서 상기 제2 스페이서의 상기 평행 모서리는 상기 제1 스페이서의 두 평행 모서리에 직각이다. 선택적으로, 막 패키지는 상기 제2 막의 한쪽 면 상의 공급 스트림 흐름 및 상기 제2 막의 제2 측면 상의 공정 스트림 흐름을 허용하도록 구성되며, 여기서 상기 공급 스트림 흐름은 상기 공정 스트림 흐름에 대하여 본질적으로 직각이다. 선택적으로, 막 패키지는 제1 스페이서를 통한 공급 스트림 흐름 및 제2 스페이서를 통한 공정 스트림 흐름을 허용하도록 구성되며, 여기서 상기 공급 스트림 흐름은 상기 공정 스트림 흐름에 대하여 본질적으로 직각이다. 선택적으로, 상기 공급 스트림 흐름 및 상기 공정 스트림 흐름의 유체역학적 저항은 스페이서의 유체역학적 저항에 의해 결정된다.

[0059]

본 발명의 한 구체 예에서, 제1 막, 제2 막, 또는 둘 모두는 이온 교환 막이다. 선택적으로, 제1 막은 음이온 교환 막이다. 선택적으로, 제2 막은 양이온 교환 막이다. 부가적으로 또는 대안적으로, 제1 막 및 제2 막은 양이온 교환 막이다.

[0060]

본 발명의 한 구체 예에서, 제2 스페이서는 상기 제2 스페이서의 두 평행 모서리를 따라 제3 막에 결합되어서, 그 결과 상기 제2 스페이서가 상기 제2 막과 상기 제3 막 사이에 위치되도록 구성된다.

[0061]

본 발명의 한 구체 예에서, 셀 페어는 전기투석법 ED, 전기투석법 역전(EDR), 도난 투석법(Donnan Dialysis), 전기-탈이온법(EDI), 연속 전기-탈이온법 (CEDI) 및 역전 전기투석법(RED)에 사용되도록 구성된다.

[0062]

본 발명의 한 구체 예에 따르면, 복수의 막을 포함하는 막 패키지가 제공되는데, 여기서 상기 막 패키지는 공급 스트림의 자유 흐름 및 공정 스트림의 자유 흐름을 촉진하도록 구성된다. 선택적으로, 공급 스트림 흐름 및 공정 스트림 흐름의 유체역학적 저항은 스페이서의 유체역학적 저항에 의해 본질적으로 결정된다.

[0063]

본 발명의 한 구체 예에 따르면, 복수의 막을 포함하는 막 패키지, 여기서 상기 막 패키지는 공급 스트림의 자유 흐름 및 공정 스트림의 자유 흐름을 촉진하도록 구성됨; 및 상기 막 패키지를 지지하도록 구성된 프레임을 포함하는 막 모듈이 제공된다. 선택적으로, 상기 막 패키지는 복수의 셀 페어를 포함하는데, 여기서 각각의 상기 셀 페어의 적어도 일부는 제1 막, 제2 막, 상기 제1 막과 상기 제2 막 사이의 제1 스페이서, 상기 제2 막에 인접한 제2 스페이서를 포함하며; 여기서 상기 제1 막은 상기 제1 스페이서의 두 평행 모서리를 따라 상기 제1 스페이서에 결합되고, 상기 제2 막은 상기 제1 스페이서의 두 평행 모서리를 따라 상기 제1 스페이서에 결합되고, 상기 제2 스페이서는 상기 제2 스페이서의 두 평행 모서리를 따라 상기 제2 막에 결합되고, 여기서 상기 제2 스페이서의 상기 평행 모서리는 상기 제1 스페이서의 두 평행 모서리에 직각이다. 추가로 또는 대안적으로, 상기 프레임은 모듈 내 공급 스트림과 공정 스트림의 자유 흐름을 허용하는 한편 상기 스트림들의 상호 혼합을

실질적으로 방지하도록 구성된다. 선택적으로, 공급 스트림 흐름과 공정 스트림 흐름의 유체역학적 저항은 스펜더의 유체역학적 저항에 의해 본질적으로 결정된다.

도면의 간단한 설명

[0064] 도면의 간단한 설명

본 명세서에 첨부된 도면들을 참조하여 본 발명의 구체 예들을 예시하는 실시예가 아래에서 기술된다. 도면에서, 하나 이상의 도면 내에서 도시되는 동일한 구조물, 요소 또는 부분들은 이들이 도시된 모든 도면 내에서 동일한 도면부호로 표시된다. 도면에 도시된 구성요소들의 치수와 특징들은 편의상 명확하게 표시하기 위해 선택된 것이며 반드시 실제 치수가 될 필요는 없다. 도면은 아래와 같이 제시된다.

도 1a는 종래 기술에 공지된 바와 같은, 대표 ED 장치를 개략적으로 도시하는 도면이다.

도 1b는 종래 기술에 공지된 것과 같은, 도 1a에 도시된 ED 장치의 부분 및 막 패키지 내에 포함된 셀 페어의 부분에 대한 분해 등척도를 개략적으로 도시한다.

도 2는 본 발명의 구체 예를 따르는, 기기 내에 포함된 막 패키지 내에 포함된 복수의 셀 페어의 분해 등척도를 개략적으로 도시한다.

도 3은 본 발명의 구체 예를 따르는, 기기 내에 포함된 막 패키지 내에 포함된 복수의 대표적인 셀 페어의 분해 등척도를 개략적으로 도시하는데, 상기 기기는 본 발명의 한 구체 예에 따라, 탈염 공정에서 용액을 묽게 하거나 및/또는 농축시키도록 구성된다.

도 4a는 본 발명의 한 구체 예에 따라, 도 2의 기기 내에 포함된 대표적인 모듈의 등척도를 개략적으로 도시한다.

도 4b는 본 발명의 구체 예를 따르는, 도 4a에 도시된 모듈의 대표적인 작업 모드에 대한 흐름도를 개략적으로 도시한다.

도 4c는 본 발명의 또 다른 구체 예를 따르는, 도 3의 기기 내에 포함된 대표적인 모듈의 등척도를 개략적으로 도시한다.

도 5는 본 발명의 구체 예를 따르는, 도 4a에 도시된 복수의 모듈을 포함하는 모듈 스택(modular stack)으로 배열된, 기기의 일부분에 대한 분해 등척도를 개략적으로 도시한다.

도 5a 및 5b는 본 발명의 한 구체 예에 따르는, 다중-모듈 스택(multi-module stack)에서의 사용을 위한 대표적인 플레이트 및 탄성층을 개략적으로 도시한다.

도 6은 본 발명의 한 구체 예에 따르는, ED를 수행하도록 구성된 기기를 포함하는 시스템을 개략적으로 도시한다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0065] 상세한 설명

[0066] 용어 설명

달리 언급되지 않거나 또는 용례의 문맥으로부터 명백한 것과 같이, 본 명세서에 사용되는 임의의 용어, 약어, 머리글자 또는 기술적 기호 및 표기법은 본 명세서에 관한 기술적 원리에서 통상적으로 사용되는 의미를 제공하기 위한 것이다. 하기의 용어, 약어 및 머리글자는 본 명세서에서 기술된 내용들 전체에 걸쳐 사용될 수 있으며 본 명세서에서 설명된 그 외의 다른 기술적 사항들에 의해 설명되거나 또는 반박되지 않는 한 일반적으로 다음의 의미들을 제공해야 한다. 밑에서 설명되는 용어들 중 몇몇 용어들은 등록상표(®)

)일 수 있다.

[0068] 본 명세서에서 (약어와 같은) 어휘들이 사용될 때, 대문자와 소문자 간에는 아무런 구분이 없어야 한다. 예를 들어, "ABC", "acb" 및 "Abc", 또는 이 세 단어에서 똑같은 순서로 형성된 그 외 다른 대문자 및 소문자의 조합은, 그 외에 달리 표시되거나 또는 명확하게 언급되지 않는 한, 서로 동일한 의미를 지닌 것으로 고려되어야 한다. 이는 아래첨자를 포함하는 즉 "X_{yz}"와 "Xyz"와 같이 아래첨자가 있거나 또는 아래첨자가 없는 (약어와 같은)

어휘들에도 일반적으로 적용된다.

- [0069] 몇몇 구체예들에 따르면, 셀 페어(cell pair)는 두 개의 인접한 이온-교환 막, 두 개의 막 사이의 스페이서(spacer)와 하나의 막에 인접한 스페이서, 및 스페이서 결합 요소를 가리키는 것일 수 있다. 예를 들어, 적절한 재료의 고흥 스트립과 같은 스페이서 결합 요소가 막을 스페이서에 결합시키기 위해 사용되며, 스페이서의 일부 분 또는 독립적인 구성요소일 수 있다. 또한, 공정 수행의 특징을 위해, 용어 "셀 페어"는 막과 스페이서에 추가하여 (또는 막과 스페이서 대신), 한 공급 칸막이 및 한 공정 칸막이 내에 있는 용액들을 가리킬 수 있다.
- [0070] 본 발명의 몇몇 구체예들에 따르면, 전하 밀도(charge density)는 막 내에 있는 체적 당 고정 전하량을 가리키는 것일 수 있으며, 여기서 상기 체적은 폴리머와 물을 포함한다.
- [0071] 본 발명의 몇몇 구체예들에 따르면, 칸막이(compartment)는 두 막 사이의 스페이서에 의해 정의된 체적을 가리키는 것일 수 있다.
- [0072] 본 발명의 몇몇 구체예들에 따르면, 농축물(concentrate)은 탈염 공정, 또는 살루트(salute)를 농축시키는 또 다른 ED 공정의 공정 스트림을 가리키는 것일 수 있다.
- [0073] 본 발명의 몇몇 구체예들에 따르면, 가교 결합 또는 가교-결합(cross linking 또는 cross-link)은 한 폴리머 및/또는 올리고머 사슬을 다른 것에 결합시키는 공유 결합의 형성을 가리키는 것일 수 있다. 가교 결합은 또한 공유 결합 이외의 상호 작용, 예를 들면 정전기 상호작용 또는 소수성 상호작용에 의해서 야기될 수 있다. 달리 언급되지 않는 한, 가교 결합은 공유결합을 의미한다.
- [0074] 본 발명의 몇몇 구체예들에 따르면, 희박물(dilute)은 ED 탈염에서의 공급 스트림에 대한 대안적인 용어이다.
- [0075] 본 발명의 몇몇 구체예들에 따르면, 전극 셀(electrode cell)은 막에 의해 밀봉된 (예컨대 플라스틱) 하우징을 가리키는 것일 수 있는데, 이 하우징은 막 패키지와 용액을 통과하는 전류를 공급하는 전극들을 포함한다. 전극 셀들은 ED 스택에서 말단 플레이트로서 작용될 수 있다.
- [0076] 본 발명의 몇몇 구체예들에 따르면, 전기-탈이온법(electro-deionization; EDI)은 막 패키지를 사용하는 희박 염 용액을 탈염시키는 공정을 가리키는 것일 수 있는데, 상기 막 패키지 내에서 공급 (희석) 칸막이, 또는 공급 칸막이 및 공정 칸막이 둘 모두가 이온교환수지로 적어도 부분적으로 채워진다.
- [0077] 본 발명의 몇몇 구체예들에 따르면, 전기투석법(electrodialysis)은 전위에 의해 구동되는, 반-투과성 막을 통해 이온을 운송하는 단계를 포함하는 공정을 가리키는 것일 수 있다.
- [0078] 본 발명의 몇몇 구체예들에 따르면, 전기투석 역전(electrodialysis reversal; EDR)은 미리 결정된 간격으로 전류의 방향이 역전되는 전기투석법을 가리키는 것일 수 있다.
- [0079] 본 발명의 몇몇 구체예들에 따르면, 전기투석 스택(electrodialysis(ED) stack)은 막; 적어도 두 용액의 흐름을 허용하는 (일반적으로 결합된) 스페이서 및 개스킷; 막과 용액을 통하여 전기 흐름을 가능하게 하고 말단 플레이트로 작용하는 전극; 및 이들 모두를 함께 유지하기 위한 수단;을 포함하는 스택을 가리키는 것일 수 있다. 상기 말단 플레이트는 용액의 입구 및 출구를 가질 수 있다.
- [0080] 본 발명의 몇몇 구체예들에 따르면, 말단 플레이트(end plate)는 ED 스택의 한쪽 끝단 또는 양쪽 끝단에서 (예를 들어, 기계적으로) 함께 고정되고, 그에 따라 하나 또는 그 이상의 막 패키지 및/또는 모듈을 함께 고정하는 플레이트(예컨대, 평평한 플레이트)를 가리키는 것일 수 있다.
- [0081] 본 발명의 몇몇 구체예들에 따르면, 공급 스트림(feed stream)은 공급 칸막이(feed compartment)로서 언급되는, 적어도 매 두 번째의 칸막이를 통해 흐르는, 전기투석법에 의해 처리되는 용액을 가리키는 것일 수 있다.
- [0082] 본 발명의 몇몇 구체예들에 따르면, 프레임으로 조립된 셀(framed cell)은 모듈의 한쪽 끝단에 위치하며 내부로 밀봉된 음이온 교환 막 및 양이온 교환 막으로 구성된 셀을 갖고 공급 스트림과 공정 스트림을 위한 개구(들)를 갖는 플레이트를 가리키는 것일 수 있다.
- [0083] 본 발명의 몇몇 구체예들에 따르면, 자유 흐름(free flow)은 실질적으로 스페이서의 전체 횡단면을 통과하면서, 교환 막들 사이의 스페이서에 의해 정의된 칸막이 내로 및/또는 슬리브 내 스페이서에 의해 정의된 칸막이 내로 유입되고 배출되는 유체 흐름을 가리키는 것일 수 있다.
- [0084] 본 발명의 몇몇 구체예들에 따르면, 개스킷(gasket)은 막들 사이의 밀봉부를 제공하고 공급 스트림 및 공정 스

트림의 유입과 배출을 위한 포트를 포함하는, 통상 탄성 재료로 제조되는 프레임을 가리키는 것일 수 있다. 스페이서와 개스킷은 흔히 스페이서의 모서리에 개스킷이 주조된, 한 조각으로 형성될 수 있다.

- [0085] 본 발명의 몇몇 구체예들에 따르면, 유체역학적 저항(hydrodynamic resistance)은 제공된 압력과 흐름, 예컨대, 스택을 통과하는 용액의 선속도(linear velocity)로서 표시되는 흐름 사이의 비율을 가리키는 것일 수 있다.
- [0086] 본 발명의 몇몇 구체예들에 따르면, 이온 교환 용량(ion exchange capacity)은 폴리머 또는 막의 단위 건조 중량 당 고정 전하량을 가리키는 것일 수 있다.
- [0087] 본 발명의 몇몇 구체예들에 따르면, 이온 교환 막(ion exchange membrane)은 이온의 전달을 위해 설계된 막을 가리키는 것일 수 있다. 이온 교환 막은 고정 전하를 운반하는데, 예를 들어, 이온 교환 막은 이온 균을 운반하는 폴리머를 함유할 수 있다. 전기적 중립성(electro neutrality)은 폴리머의 부호와 반대 부호인 이동가능한 반대-이온(mobile counter-ion), 즉 양이온 교환 막 내의 양이온 및 음이온 교환 막 내의 음이온에 의해 유지된다. 부-이온(co-ion)은 폴리머와 동일한 부호의 이온이다.
- [0088] 본 발명의 몇몇 구체예들에 따르면, 이오노머(ionomer)는 친수성 전하군과 소수성 전하군을 포함하는 폴리머를 가리키는 것일 수 있다. 이오노머는 일반적으로 유기 용매에서 가용성(soluble)이고 물에서는 불용성(insoluble)이다.
- [0089] 본 발명의 몇몇 구체예들에 따르면, 막 패키지(membrane package)는 그 안에서 모든 요소들이 서로 적절하게 결합된 복수의 셀 페어를 가리키는 것일 수 있다.
- [0090] 본 발명의 몇몇 구체 예에 따르면, 모듈(막 모듈)은 일반적으로 막과 같은 요소들의 결합된 균을 가리키는 것일 수 있다. 모듈은 프레임 내에 체결된 막 패키지를 포함할 수 있으며, 몇몇 구체 예에서 한쪽 끝단에서 프레임으로 조립된 셀을 추가로 포함할 수 있다. 프레임으로 조립된 셀을 포함하지 않는 복수의 모듈은 개스킷에 의해 분리될 수 있다.
- [0091] 본 발명의 몇몇 구체예들에 따르면, 막의 선택투과성(permselectivity)은 양이온과 음이온 간의 구별(discrimination)을 가리키는 것일 수 있다. 고도 선택투과성 막에서, 전류는 한 부호의 이온과 반대 부호의 이온의 작은 양의 이온에 의해 대부분 운반된다.
- [0092] 본 발명의 몇몇 구체예들에 따르면, 포팅(Potting)은 평평한 시트 또는 모세관과 같은 막 요소를 고정 접착제를 사용하여 한 몸체 내에 결합시키고, 그에 따라 모세관의 내부 또는 막 사이의 일부 소정의 공간들은 접근 가능하며 나머지는 막히게 되는 공정을 포함하는 과정을 가리키는 것일 수 있다.
- [0093] 본 발명의 몇몇 구체예들에 따르면, 공정 스트림은, 공급 스트림과 교대하여, 칸막이를 통하여 흐르는 용액을 가리킬 수 있으며, 상기 칸막이는 공정 칸막이로 지칭된다.
- [0094] 본 발명의 몇몇 구체예들에 따르면, 역전기투석법(Reversed Electrodialysis; RED)은 높은 농도의 용액으로부터 낮은 농도로 전기투석법 스택을 통하여 염의 확산을 허용함으로써 농도 구배의 자유 에너지가 전기 에너지로 전환되는 공정을 가리킬 수 있다.
- [0095] 본 발명의 몇몇 구체예들에 따르면, 밀봉(seal) 및 밀봉 공정(sealing)은 두 개의 막 또는 스페이서의 한정된 영역과 하나 또는 두 개의 막 사이의 단단한 (일반적으로) 영구적인 접착, 및 이러한 접착을 형성하는 공정을 가리킬 수 있다. 밀봉 공정은 접착제 또는 열 밀봉 또는 또 다른 적합한 방법에 의해 달성될 수 있다.
- [0096] 밀봉 또는 접착은 또한 예를 들면, 막 또는 스페이서, 또는 개스킷 및 프레임과 같은 요소들 사이의 영구적인 결합을 가리킬 수 있다.
- [0097] 본 발명의 몇몇 구체예들에 따르면, 형상-안정적인 막은 건조 상태 및 습윤 상태에서 본질적으로 동일한 길이 치수를 갖는 막을 가리킬 수 있다.
- [0098] 본 발명의 몇몇 구체예들에 따르면, 슬리브(sleeve)는 적어도 두 평행 모서리를 따라 밀봉된 두 개의 막을 가리킬 수 있으며, 이는 가능하면 두 막 사이의 스페이서와 함께 밀봉될 수 있다. 막은 스트립에 의해 모서리를 따라 함께 밀봉될 수 있다. 선택적으로, 막은 두 인접한 슬리브의 일부분일 수 있다.
- [0099] 도 1a가 참고되는데, 이는 해당 분야에 공지된 대표적인 ED 장치(10)를 개략적으로 도시한다. ED 장치(10)는 전형적으로 ED 스택(11) 및 ED 스택의 맞은쪽 끝단의 전극과 연결된 직류(DC) 전압원(14)을 포함하며, 상기 전극

은 캐소드(음으로 하전된 단자)(12) 및 애노드(양으로 하전된 단자)(13)를 포함한다. ED 스택(11)은 일반적으로 서로 교대로 배열된 하나 또는 그 이상의 양이온 교환 막(17), 및 하나 또는 그 이상의 음이온 교환 막(16)을 포함하며, 상기 ED 스택은 예를 들면 염-함유 유체(기수{brackish water})와 같은 유체(15)가 막 표면에 평행한 방향으로 막들 사이를 흐르도록 구성된다. 양이온 교환 막(17)은, 예를 들면 소듐(Na+)과 같은 유체(15) 내 양성 이온(18)이 막의 제1 측면으로부터 반대쪽의 막의 제2 측면으로, 캐소드(12) 쪽 방향으로 이동하도록 하는 반면, 예를 들면 클로라이드(Cl⁻)(19)와 같은 유체 내 음성 이온(19)의 통과는 방지하도록 구성된다. 음이온 교환 막(16)은 유체(15) 내 음성 이온(19)이 막의 제1 측면으로부터 반대쪽의 막의 제2 측면으로, 애노드(13) 쪽 방향으로 이동하도록 하는 반면, 양성 이온(18)의 통과는 방지하도록 구성된다.

[0100] 도 1b가 참고되는데, 이는 해당 분야에 공지된, 도 1a에 제시된 ED 장치(10) 부분 및 ED 스택(11) 내에 포함된 셀 페어 부분에 대한 분해 등척도를 개략적으로 도시한다. ED 장치(10) 예를 들면 2 - 300개의 셀 페어, 및 그 이상일 수 있는 복수의 셀 페어를 포함할 수 있다. 셀 페어는 평행하게 배열된 양이온 교환 막(17), 음이온 교환 막(16), 상기 두 교환 막 사이의 공급 스페이스(20), 및 음이온 교환 막에 인접하여 배치된 공정 스페이스(20')를 포함한다. 공급 스페이스(20)와 공정 스페이스(20')는 유체가 양이온 교환 막(17)과 음이온 교환 막(16) 사이를 이들 막과 평행한 방향으로 흐르도록 구성된다. 공급 스페이스(20) 및 공정 스페이스(20')는 압력 강하를 최소화시키면서 유체 흐름에 난류를 유도하도록 구성된 복수의 간섭 요소(interfering element)(27)을 포함한다. 선택적으로, 공급 스페이스(20)는 공정 스페이스일 수 있으며, 공정 스페이스(20')는 공급 스페이스일 수 있다. 예를 들면 도면에 제시된 바와 같이 ED 스택의 한쪽 끝단에 위치한 캐소드(12)와 같이, ED 스택(11)의 각 끝단에 전극이 위치하며, 두 전극들은 이온 분리를 구동하기 위해 요구되는 전위를 인가하도록 구성된다. 각 전극은 전극 셀 내에 형성되는데 이는 또한 ED 스택에 대한 말단-플레이트(end-plate)로 작용한다; 예를 들면, 캐소드(12)는 말단 플레이트(전극 셀)(22) 내에 형성된다. 전극 셀, 예를 들면 전극 셀(22)은, 전극을 세정하는 것을 비롯하여 전극에서의 공정 조건을 제어하기 위하여 전형적으로 요구되는 화학물질 및/또는 용액을 첨가 및 제거하기 위한 입구(24) 및 출구(24')를 포함한다. 예를 들어, 염산이 전극의 스케일링(scaling)을 방지하기 위하여 캐소드(12)에 첨가되거나 또는 전극 칸막이에 첨가될 수 있다.

[0101] ED에 의한 대표적인 탈염 공정(desalination process)에 있어서, 공급 스트림(26) 및 공정 스트림(26')이 도관(28)을 통하여 막(16)과 막(17) 사이에 형성된 칸막이로 흐를 수 있다. 각각의 스페이스 내에 포함된 입구(30 및 30')를 통하여 공급 스트림(26)은 공급 스페이스(20)로 들어가고 공정 스트림(26')은 공정 스페이스(20')로 들어간다. 전극에 전위를 인가하여 직류가 ED 스택(11)을 통하여 한 전극으로부터 다른 쪽 전극으로 흐르게 하여, 공급 스트림(26)과 공정 스트림(26') 내 이온들을 분리시키고, 교대 칸막이 내 공급 스트림(25)과 공정 스트림(25')을 형성한다. 예를 들면, 공급 스트림(25)은 공급 스페이스(20)를 포함하는 공급 칸막이 내에서 형성되는 반면, 공정 스트림(25')은 공정 스페이스(20')를 포함하는 공정 칸막이 내에서 형성될 수 있다. 공정 스트림(25')은 출구(31')를 통하여 공정 스페이스(20')로부터 흘러나오고, 도관(29)을 통하여 공정 칸막이로부터 흘러나와서 ED 스택(11)으로부터 흘러나온다. 공급 스트림(25)은 출구(31)를 통하여 공급 스페이스(20)로부터 흘러나오고, 도관(29)을 통하여 공급 칸막이로부터 흘러나와서 ED 스택(11)으로부터 흘러나온다.

[0102] ED 스택(11) 내 전체 전기 저항을 비교적 낮게 유지하기 위한 노력으로, 칸막이들은 통상 0.5 - 1.0 mm 범위로 일반적으로 비교적 얇게 유지된다. 높은 전기 저항은 이온 분리에 요구되는 필요 직류를 얻기 위한 더 많은 전력을 요구한다.

[0103] ED 장치(10)는 전기투석 역전(Electrodialysis Reverse, EDR) 공정을 위한 사용에 적합할 수 있다. EDR 배치에 있어서, 전극(12 및 13)의 극성이 시간당 3 내지 4회로 역전될 수 있다. 전극(12 및 13) 극성의 역전은 공급 내로의 공정과 공정 내로의 공급을 서로 교대시킴으로써 이온 막(16 및 17) 내의 스케일링(scaling) 및 퇴적(fouling)을 감소시킨다.

[0104] 예를 들면, 공급 스트림은 해수일 수 있으며, 공정 스트림은 담수일 수 있다.

[0105] ED 장치(10)는 서로 다른 응용 분야에서 사용될 수 있는데, 여기서 ED 스택(11)을 통하여 흐르는 서로 분리된 두 스트림의 조성은 공정의 본질에 의존한다. 예를 들어, 공급 스트림(26) 및 공정 스트림(26')은 아미노산 또는 다양한 약제학적 생성물과 같은 비교적 가치있는 생성물, 및 제거될 염을 포함하는 혼합물 유체일 수 있다. 공급 스트림(25)은 상대적으로 가치있는 생성물이 있는 유체를 포함할 수도 있다. ED 장치(10)는 또한 유체의 산성화를 위하여 사용되도록 구성될 수도 있다. 예를 들면, 모든 음이온 교환 막(16)은 양이온 교환 막(17)으로 대체될 수 있으며, 그에 따라 ED 스택(11) 내 모든 이온 교환 막은 양이온 교환 막(17)이 된다. 이러한 경우에, 공급 스트림(26) 및 공정 스트림(26')은 산성화되어야 하는 유체이며, 공급 스트림(25)은 산성 유체이다. ED 장

치(10)는 또한 도난 투석(Donnan dialysis) 또는 확산 투석으로 알려진 공정을 수행하도록 구성될 도 있으며, 이러한 투석은 단지 양이온 교환 막(17), 또는 선택적으로 단지 음이온 교환 막(16)을 포함하고, 전류의 이동 없이 이온 교환을 허용하는 ED 스택(11) 내에서 수행될 수 있다.

[0106] 일반적으로, 제시된 배열에서 ED 장치(10)는 매우 희박한 용액에 대하여는 사용되지 않을 수 있는데 왜냐하면 빌크 저항 및 강력한 농도 분극 때문에 전기 저항이 실질적으로 높기 때문이다. 이러한 것은 공급 칸막이를 이온 교환 수지, 일반적으로 혼합층(mixed bed)으로 채움으로써 극복될 수 있다. 실질적으로 순수한 물을 제조하기 위해 사용되는 이러한 공정은 전기투석법의 일종인데, 소위 전기-탈이온법(EDI) 또는 연속 전기-탈이온법(CEDI)으로 불린다. 몇몇 탈이온 스택에 대하여, 양이온 교환 막 및 음이온 교환 막은 밀봉되어 스페이서가 되며, 산출된 공급 셀(feed cell)은 이온 교환 수지로 채워진다. 탈이온화를 위한 이러한 스택에 대한 추가적인 것은 Giuffrida et al., Electro-deionization Apparatus and Method, 미국 특허 4,925,541, 1990; Liang et al. Models for electro-deionization Apparatus, 미국 특허 5,292,422에서 찾을 수 있으며, 이들 문헌은 모두 참고문헌으로 본 발명에 수록된다.

[0107] 도 2가 참고되는데, 이는 기기(100) 내에 포함된 막 패키지(103) 내에 포함된 복수의 셀 페어(101)의 분해 등척도를 개략적으로 도시하는데, 상기 기기는 본 발명의 한 구체 예에 따라, 탈염 공정에서 용액을 묽게 하거나 및/또는 농축시키기 위하여 사용되기에 적합하다. 선택적으로, 기기(100)는 ED, EDR, 도난 투석(Donnan Dialysis), EDI, CEDI, 및 이와 유사한 것과 같은 공정에서 사용되도록 구성될 수 있다. 기기(100)는 중화 공정에서 산성 용액 및/또는 염기성 용액을 형성할 수 있으며; 에너지 전환 공정에서 농축 용액 및 더욱 묽은 물 공급원을 확산시킬 수 있으며; 바람직한 공정에서 요구되는 바에 따라, 용액 내 이온을 선택적으로 이동시키거나, 또는 선택적으로 용액을 탈이온화 시키며; 및/또는 이들의 임의 조합에 사용될 수 있다. 본 발명의 몇몇 구체 예에서, 기기(100)는 역전기투석법(Reverse ElectroDialysis, RED)에 대하여 사용될 수 있는데, 여기서 농축액으로부터 희박액으로의 염의 이동이 전류를 발생시키는데 이는 확산 전위(diffusion potential) 때문이다(반면에 통상적인 ED에서 전위가 인가되는데 이는 염을 희박 용액으로부터 농축 용액으로 이동시키기에 충분하게 높다).

[0108] 셀 페어(101)는 양이온 교환 막(102) 및 음이온 교환 막(106)과 같은 두 가지의 이온 교환 막; 제1 스페이서(104); 및 스페이서(104)와 동일하거나 실질적으로 유사한 제2 스페이서(108)를 포함할 수 있다. 선택적으로, 예를 들면 산성화 공정 및/또는 도난 투석을 위한 기기(100)의 사용에 있어서, 셀 페어(101)는 음이온 교환 막(106) 대신에 제2의 양이온 교환 막(102)을 포함할 수 있다. 선택적으로, 도난 투석을 위한 기기(100)의 사용에 있어서, 셀 페어(101)는 양이온 교환 막(102) 대신에 제2의 음이온 교환 막(106)을 포함할 수 있다.

[0109] 본 발명의 한 구체 예에서, 이온-교환 막은 수직으로 교차하는 스트립을 갖는 결합 스트립(115)에 의해 막 패키지(103) 내에서 서로 밀봉된다. 두 맞은편 평행 모서리, 예를 들면 상단 모서리와 이와 맞은편의 바닥 모서리를 따라 양이온 교환 막(102)의 제1 측면(102")을 제1 스페이서(104)의 제1 측면(104')에 부착하고; 음이온 교환 막(106)의 제1 측면(106')을 제1 스페이서(104)의 제2 측면(104")에 부착하고(스페이서(104)가 막(102)에 부착되는 것과 같이 동일한 모서리를 따라); 그리고 제1 스페이서(104)의 밀봉된 모서리에 직각인 두 맞은편 평행 모서리를 따라 제2 스페이서(108)의 제1 측면(108')을 음이온 교환 막(106)의 제2 측면(106")에 부착함으로써, 셀 페어(101)가 형성될 수 있다. 스페이서(104), 스페이서(108), 양이온 교환 막(102), 및 음이온 교환 막(106)을 부착하는 방법은 결합 요소(115)의 사용을 포함할 수 있다. 결합 요소(115)와 같은 결합 요소는 임의의 적절한 재료로 된 고탄성 스트립과 같은 예를 들면 스트립(strip)를 포함할 수 있다. 결합 요소(115)와 같은 결합 요소는 스페이서를 훼손하지 않으면서 막(예를 들면 양이온 교환 막(102) 및/또는 음이온 교환 막(106))을 스페이서(예를 들면 스페이서(104) 및/또는 스페이서(108))에 결합시키도록 구성될 수 있다. 상기 결합 요소는 용액-저항성(solution-resistant)일 수 있다. 상기 결합 요소는 예를 들면 0.5-10 mm (예를 들면 2-4 mm) 범위 두께인 접착 스트립을 포함할 수 있다. 상기 결합 요소는 스페이서의 부품(예를 들면 스페이서의 일체형 부품 또는 스페이서에 조립된 부품)일 수 있거나 또는 스페이서와 분리된 요소일 수 있다. 상기 결합 요소는 예를 들면 열 밀봉재(thermal sealer); 접착제(glue), 에폭사이드, 및 이와 유사한 것 및/또는 밀봉 용액 및 이온 교환 막에 구성된 폴리머의 가교 결합을 포함할 수 있다. 모서리를 밀봉하는 것은 스페이서(104 및 108)를 막(102 및 106)에 부착하기 위하여 사용된 동일 방법을 사용하는 것을 포함할 수 있으며, 결합 요소는 선택적으로 스페이서 및 막의 코너를 포함하도록 연장된다. 선택적으로, 용액-저항성 포팅(solution-resistant potting), 예를 들면 실리콘 포팅(silicon potting), 수지 포팅(resin potting), 접착제 포팅(adhesive potting), 및 이와 유사한 것을 포함하여, 해당 기술 분야에 공지된 또 다른 방법이 사용될 수 있다.

[0110] 본 발명의 한 구체 예에 따르면, 제2 셀 페어(101)에 결합된 제2의 양이온 교환 막(102)은 제2 스페이서(108)의

제2 측면(108")에 부착될 수 있다(스페이서(108)가 막(106)에 부착되는 것과 같이 동일한 모서리를 따라). 서로 직각 방향으로 교차하는 두 맞은편 모서리를 따라 밀봉된 스페이서(104 및 108)를 갖도록 하는 소정의 두께로 막 패키지(103)가 제조되어, 각각 화살표(126 및 126')에 의해 도시된 바와 같이 공급 스트림 및 공정 스트림에 대한 서로 직각의 흐름 통로가 생성된다. 선택적으로, 화살표(126) 및 화살표(126')는 각각 공정 스트림 및 공급 스트림을 위한 흐름 통로를 나타낼 수 있다. 더욱이, 공급 스트림은 다수의 화살표로 제시된 바와 같이 밀봉되지 않은 모서리(104E)의 전체 길이를 따라 스페이서(104) 내로 흐를 수 있고, 맞은편의 밀봉되지 않은 모서리의 전체 길이를 따라 흘러나올 수 있다. 공정 스트림은, 공급 스트림의 흐름과 본질적으로 서로 직각으로, 다수의 화살표로 제시된 바와 같이 밀봉되지 않은 모서리(108E)의 전체 길이를 따라 스페이서(108) 내로 흐를 수 있고, 맞은편의 밀봉되지 않은 모서리의 전체 길이를 따라 흘러나올 수 있다.

[0111] 양이온 교환 막(102) 및/또는 음이온 교환 막(106)은 형상-안정적인(shape-stable) 이온 교환 막을 포함할 수 있는데, 이러한 막은 건조 조건 및 습윤 조건 둘 모두에서 그 선형치수(linear dimension)를 10% 또는 그 미만 내에서 유지하도록 구성된다. 선택적으로, 치수는 건조 조건 및 습윤 조건 둘 모두에서 5% - 10% 범위 내에서 유지된다. 선택적으로, 치수는 건조 조건 및 습윤 조건 둘 모두에서 2% - 5% 범위 내에서 유지된다. 선택적으로, 치수는 건조 조건 및 습윤 조건 둘 모두에서 2% 또는 그 미만으로 유지된다. 치수 변화는 가교 결합에 의한 폴리머 재료의 제한된 팽윤에 의해 및/또는 치수적으로 안정한 막 지지체에 의해 최소화될 수 있다. 양이온 교환 막(102) 및/또는 음이온 교환 막(106)의 두께는 25 μ 내지 1mm 범위이다.

[0112] 본 발명의 한 구체 예에서, 형상-안정적인 막은 이오노머로 알려진 이온 교환 물질, 즉 거대분자(macromolecule)와 하전 되지 않은 소수성 폴리머를 결합시킴으로써 달성될 수 있으며, 여기서 상기 거대분자 내에는 구성 단위(constitutional unit)의 작지만 상당 부분이 음성 또는 양성 또는 둘 모두인 이온화가능 그룹 또는 이온성 그룹을 갖는다. 이러한 결합은 실질적으로 감소된 팽윤 및 비교적 우수한 전도도를 나타내는 막을 제공한다. 팽윤은 결합체 내의 불활성 폴리머 분율을 증가시킴으로써 감소될 수 있다. 선택적으로, 팽윤은 가교-결합에 의해 또는 하전 되지 않은 폴리머와의 혼합에 의해 더욱 억제될 수 있다. 더욱이, 이러한 폴리머의 기계적 물성 때문에, 막 저항성(membrane resistance)은 막의 두께를 감소시킴으로써 상당히 낮게 유지될 수 있다(막의 두께는 예를 들면 20 마이크로미터 - 1 mm, 예를 들면 30 - 50 마이크로미터일 수 있다).

[0113] 하전 되지 않은 폴리머는 이하에서 기술하는 바와 같은 방향족 엔지니어링 플라스틱(engineering plastics)으로부터 선택될 수 있는데, 예를 들면, 폴리술폰, 폴리에테르술폰, 폴리페닐술폰, 폴리에테르에테르 케톤으로부터 선택될 수 있다. 이오노머는 이러한 폴리머를 개질함으로써 제조될 수 있다. 하전 되지 않은 폴리머는 이하에서 기술하는 바와 같은 방향족 엔지니어링 플라스틱(engineering plastics)으로부터 선택될 수 있는데, 예를 들면, 폴리술폰, 폴리에테르술폰, 폴리페닐술폰, 폴리에테르에테르 케톤으로부터 선택될 수 있다. 이오노머는 예를 들면 McGrath 등의 미국 특허 출원 20060036064에 개시된 바와 같이 이러한 폴리머를 개질하거나 또는 이들의 모노머 단위체로부터 합성하여 제조될 수 있다. 상기 문헌은 본 발명의 참조문헌으로 수록된다.

[0114] 본 발명의 한 구체 예에서, 이오노머와 하전 되지 않은 폴리머의 결합은 직물 구조(fabric structure) 또는 그 밖의 다른 강화 구조(reinforcement structure)에서 지지될 수 있는데, 이러한 구조에는 지지체에 대한 폴리머의 비교적 우수한 부착성이 존재한다. 선택적으로, 침적된 지지체(embedded support)에 대한 폴리머의 부착성은 폴리머, 플라스틱, 무기 섬유, 및 이와 유사한 것들로 제조된 네트워크를 선택함으로써 강화될 수 있는데, 이들은 이오노머 및/또는 하전 되지 않은 소수성 폴리머와 용화가능하다.

[0115] 본 발명의 한 구체 예에서, 형상-안정적인 막은 이온 교환 고분자 전해질(polyelectrolyte)(내부의 구성 단위의 상당 부분이 이온화가능 그룹 또는 이온성 그룹, 또는 이들 둘 모두를 갖는 거대분자)을 단독으로 가교 결합시키거나, 또는 선택적으로 공지된 방법을 사용하여 불활성 매트릭스 내에서 가교 결합시킴으로써 형성될 수 있다. 예를 들면, 스타이렌(중합화 이후에 술폰화가 수반됨) 또는 스타이렌 술폰산과 같은 비닐 방향족 폴리머와 디비닐 벤젠과의 공중합화가 가교 결합된 양이온 이온 교환 막을 생성할 수 있거나; 또는 할로겐화된(예를 들면 염소 또는 브롬)-메틸레이티드 스타이렌과 디-비닐-벤젠과의 유사한 중합화 및 후속하는 3차 아민 및 브로모 메틸 그룹과의 4차화 반응(quaternization reaction)이 음이온 교환 막을 생성할 수 있다. 이는 최종 폴리머 필름 내에 침적된(embedded) 네트워크 또는 다공성 지지체의 존재와 조합되어 완료될 수 있다. 선택적으로, 이러한 제재(formulation)는 상업용 막에 있는 폴리비닐 클로라이드, 폴리에틸렌-스타이렌-부타디엔 고무 등과 같은 유도체화되지 않은(non-derivatized) 소수성 폴리머를 포함할 수 있다. 불활성 폴리머와 모노머의 이러한 혼합물은 직물 지지체(fabric support) 상에 피복될 수 있으며, 그 후 중합화가 수행된다. 지지체 및 소수성 폴리머 둘 모두의 경우에 있어서, 우수한 기계적 강도 및 비교적 큰 공극 또는 핀 홀(pin hole)의 최소화를 위하여, 가교 결합된 이온 교환 폴리머와 적어도 일부의 계면 용화성(interfacial compatibility)을 갖도록 재료가 선택된

다. 이러한 접근 및 안정한 막의 또 다른 형태는 H. Strathmann, "Ion Exchange Membrane Separation Processes", Membrane Science and Technology Series, 9, Elsevier 2004에 개시되어 있으며, 이는 본 발명의 참고문헌으로 수록된다.

[0116] 본 발명의 한 구체 예에서, 다음의 폴리머가 소수성 폴리머 매트릭스로서, 및/또는 이온성 그룹을 도입함으로써 이오노머를 형성하도록 유도체화되는 출발 폴리머로서 사용될 수 있다: 축합 중합으로부터 제조될 수 있는 것, 예를 들면 폴리술폰, 폴리에테르 술폰, 폴리페닐렌 술폰, 폴리-에테르-케톤, 폴리에테르-에테르-케톤, 폴리에테르 케톤-에테르-케톤, 폴리페닐렌 술폰, 폴리페닐렌 술폰 및 동일 폴리머 내 술폰과이드 및 술폰의 변형체 그리고 폴리에테르 케톤과 폴리-술폰의 또 다른 변형체. 선택적으로, 이온성 폴리머의 카테고리 중 일부는 다음으로부터 유도된다: 폴리술폰(PSU), 폴리페닐렌 옥사이드 (PPO), 폴리페닐렌 술폰(PPSO), 폴리페닐렌 술폰과이드(PPS), 폴리페닐렌 술폰과이드(PPS/SO₂), 폴리-파라-페닐렌 (PPP), 폴리-페닐-퀴놀살린(PPQ), 폴리-아릴-케톤(PK) 및 폴리에테르-케톤(PEK) 폴리머, 폴리에테르술폰(PES), 폴리에테르-에테르-술폰(PEES), 폴리아릴에테르술폰(PAS), 폴리페닐술폰(PPSU) 및 폴리-페닐렌-술폰(PPSO₂) 폴리머; 폴리이미드(PI) 폴리머는 폴리에테르 이미드(PEI) 폴리머를 포함할 수 있으며; 폴리에테르-케톤(PEK) 폴리머는 폴리에테르-케톤(PEK), 폴리에테르-에테르-케톤(PEEK), 폴리에테르-케톤-케톤(PEKK), 폴리에테르-에테르-케톤-케톤(PEEKK) 및 폴리에테르-케톤-에테르-케톤-케톤(PEKEKK) 폴리머 중 적어도 하나를 포함할 수 있으며; 폴리페닐렌 옥사이드(PPO) 폴리머는 2,6-디페닐 PPO 또는 2,6-디메틸 PPO 폴리머를 포함할 수 있다. 폴리에테르-케톤 폴리머는 폴리에테르-케톤(PEK), 폴리에테르-에테르-케톤(PEEK), 폴리에테르-케톤-케톤(PEKK), 폴리에테르-에테르-케톤-케톤(PEEKK) 및 폴리에테르-케톤-에테르-케톤-케톤(PEKEKK) 폴리머를 포함할 수 있다.

[0117] 본 발명의 한 구체 예에서, 호모폴리머 및/또는 코폴리머가 RTM, Victrex 720 P 및 RTM.Astrel과 같은 예를 들면 랜덤 코폴리머로 사용될 수 있다. 선택적으로, 사용되는 폴리머는 폴리아릴 에테르, 폴리아릴 티오에테르, 폴리술폰, 폴리에테르 케톤, 폴리피롤, 폴리티오펜, 폴리아졸, 페닐렌, 폴리페닐렌-비닐렌, 폴리아졸렌, 폴리카바졸, 폴리피렌, 폴리-인도페닌 및, 폴리아릴 에테르를 포함할 수 있다. 호모폴리머 및/또는 코폴리머를 위한 상업용 공급원의 예는 Solvay, ICI, 및 BASF를 포함할 수 있다. 상업용 호모폴리머 및/또는 코폴리머의 일부 예는 UDELTM 폴리술폰, RADELTM A 폴리에테르 술폰, RADELTM R 폴리페닐술폰, 및 SOLEFTM 플루오로-폴리머를 포함하며, 이들은 Solvay사에 의해 생산된다.

[0118] 양이온 교환 이오노머의 음이온 그룹은 술폰기, 카르복실기, 및 포스포기를 포함할 수 있다. 선택적으로, 술폰화된, 카르복실화된, 또는 포스포화된 기는 폴리페닐술폰, 폴리에테르-케톤, 폴리에테르에테르케톤 폴리프로필렌, 폴리스타이렌, 폴리술폰, 폴리에테르술폰, 폴리에테르에테르술폰, 폴리페닐렌술폰, 폴리 (비스벤족사졸-1,4-페닐렌), 폴리 (비스벤조 (비스-티아졸)-1,4-페닐렌), 폴리페닐렌옥사이드, 폴리페닐렌술폰과이드, 폴리파라페닐렌으로부터 유도될 수 있다. 선택적으로, 폴리트리플루오로스타이렌 술폰산, 폴리비닐포스포산, 폴리스타이렌 술폰산이 사용될 수 있다. 술폰화된 이오노머의 공지된 제한된 예 및 이들의 치환되는 다음과 같다: 술폰화된 폴리페닐술폰 0.8 내지 2.5 meq/gr., 술폰화된 폴리술폰 0.8 내지 1.8, 술폰화된 폴리에테르 술폰 0.6 내지 1.4, 술폰화된 폴리에테르 에테르 케톤 1.0 내지 3.0, 술폰화된 폴리에테르 케톤 0.8 내지 2.5, 술폰화된 PVDF 및 술폰화된 PVDF 코폴리머 1.0 내지 2.5 meq/gr. 선택적으로, 이오노머 또는 고분자 전해질 이온성 그룹의 반대 이온(counter ion)은 막을 제작하는 동안 또는 이들을 사용하는 동안 선택될 수 있다. 예로서 H⁺, Li⁺, K⁺, Na⁺, 및 NH₄⁺, 그리고 예를 들면 Ca, Mg, 및 Zn 이온을 포함할 수 있는 다가 이온들(multivalent ions)이 있다.

[0119] 선택적으로, 양이온 교환 그룹을 갖는 이오노머는 4차 암모늄, 포스포늄, 및 술포늄으로부터 선택될 수 있다. 이들은 예를 들면, 폴리술폰과 같은 방향족 축합 폴리머를 유도체화시켜서, 4차 암모늄, 포스포늄, 및 술포늄 유도체로 전환될 수 있는 할로메틸레이트드 폴리머를 형성하는 공지된 방법(여기에 제한되는 것은 아님)에 의해 생성될 수 있다. 선택적으로, 디브로모 또는 클로로 알칸과 가교 결합되고 나머지 피리딘은 메틸이오딘과 4차화 반응을 하는 폴리-4-비닐피리딘이 사용될 수 있다.

[0120] 본 발명의 한 구체 예에서, 폴리머를 강화 재료 또는 기관에 주조함으로써 막이 생성될 수 있다. 이러한 기관은 폴리프로필렌 직물, 폴리아크릴로니트릴 직물, 폴리아크릴로니트릴-코-비닐 클로라이드 직물, 폴리비닐 클로라이드 직물, 폴리에스테르 직물, 및 이와 유사한 것과 같은 합성 부직물(woven synthetic fabrics)로부터 선택될 수 있다. 선택적으로, 또 다른 기관은 유리 필터 직물(glass filter cloth), 폴리비닐리덴 클로라이드 스크린, 유리 종이(glass paper), 처리된 셀룰로오스 배터리 종이, 폴리스타이렌-피복된 유리 섬유 매트(mat), 폴리비닐 클로라이드 배터리 종이, 및 이와 유사한 것을 포함할 수 있다.

- [0121] 본 발명의 일부 구체 예에서, 셀 페어(101) 및 막 패키지(103)는 EDI 및/또는 CEDI 용으로 적합할 수 있다. 양이온 교환 막(102) 및 음이온 교환 막(106)은 결합 요소(115)에 의해 서로 부착되며, 여기서 상기 결합 요소(115)는 예를 들면 2-4 mm 범위 두께의 접착제 스트립을 포함할 수 있다. 넓은 스페이서(104 및 108)가 양이온 교환 막(102)과 음이온 교환 막(106) 사이에 삽입될 수 있으며; 상기 스페이서들의 폭은 가압된 용액에서 이온 교환 수지의 도입을 허용하도록 선택된다(수지층의 안정성을 방해하지 않으면서). 선택적으로, 스페이서(104 및 108)가 사용되지 않는다. 선택적으로, 불활성 매트릭스 내에 침적된 이온 교환 수지를 포함하는 균질한 막이 사용될 수 있다. 막은, 예를 들면 폴리에틸렌을 함유하는 매트릭스의 밀봉을 위한 "Engage" 폴리머와 같은, 낮은 유리 온도, T_g , 를 갖고 매트릭스 폴리머와 용화 가능한 밀봉용의 폴리머를 사용하여 건조 상태 또는 습윤 상태에서 밀봉될 수 있다. 스트립은 막과 용화가능한 폴리머를 포함한다. 막 패키지는 전술한 방법에 의해 제조될 수 있으며, 네트는 패키지의 한 모서리에 부착될 수 있다. 맞은편 모서리를 통하여, 슬리브가 수지로 채워질 때까지 패키지를 통하여 수지 현탁액을 부어서, 슬리브를 이온 교환 수지로 채운다. 막 패키지는 그 후 네트로 밀봉된다.
- [0122] 도 3이 참고되는데, 이는 본 발명의 한 구체 예에 따르는, 기기(200) 내에 포함된 막 패키지(203) 내에 포함된 복수의 대표적인 셀 페어(201)의 분해 등척도를 개략적으로 도시하는데, 상기 기기는 탈염 공정에서 용액을 물게 하거나 및/또는 농축시키도록 구성된다. 선택적으로, 기기(200)는 중화 공정에서 산성 용액 및/또는 염기성 용액을 형성할 수 있으며; 에너지 전환 공정에서 농축 용액 및 더욱 묽은 물 공급원을 확산시킬 수 있으며; 바람직한 공정에서 요구되는 바에 따라, 용액 내 이온을 선택적으로 이동시키거나, 또는 선택적으로 용액을 탈이온화 시키며; 및/또는 이들의 임의 조합에 사용될 수 있다. 기기(200)는 ED, EDR, 도난 투석(Donnan Dialysis), EDI, CEDI, 및 이와 유사한 것과 같은 공정에서 사용되도록 구성될 수 있다.
- [0123] 셀 페어(201)는 양이온 교환 막(202) 및 음이온 교환 막(206)과 같은 두 가지의 이온 교환 막; 제1 스페이서(204); 및 스페이서(204)와 동일하거나 실질적으로 유사한 제2 스페이서(208)를 포함할 수 있다. 선택적으로, 예를 들면 산성화 공정 및/또는 도난 투석을 위한 기기(200)의 사용에 있어서, 셀 페어(201)는 음이온 교환 막(206) 대신에 제2의 양이온 교환 막(202)을 포함할 수 있다. 선택적으로, 도난 투석을 위한 기기(200)의 사용에 있어서, 셀 페어(201)는 양이온 교환 막(202) 대신에 제2의 음이온 교환 막(206)을 포함할 수 있다. 양이온 교환 막(202), 음이온 교환 막(206), 제1 스페이서(204), 및 제2 스페이서(208)는 도 1에 (102), (106), (104) 및 (108)로 도시된 것들과 각각 동일하거나 실질적으로 유사할 수 있다.
- [0124] 본 발명의 한 구체 예에 따르면, 예를 들면 한 측면 모서리 및 맞은편 측면 모서리와 같은 두 맞은편 평행 모서리를 따라 양이온 교환 막(202)의 제1 측면(202")을 음이온 교환 막(206)의 제1 측면(206')에 부착시켜 슬리브(201A)를 형성하고, 제1 스페이서(204)를 상기 슬리브 내에 위치시키며; 그리고 슬리브(201A)의 부착된 모서리와 직각인 두 맞은편 평행 모서리를 따라 제2 스페이서(208)의 제1 측면(208')을 음이온 교환 막(206)의 제2 측면(206")에 부착시킴으로써, 셀 페어(201)가 형성될 수 있다.
- [0125] 본 발명의 한 구체 예에 따르면, 제2 셀 페어(201)에 결합된 제2 슬리브(201A)는, 제1 측면(208')을 슬리브(201A)에 부착시킨 동일 모서리를 따라, 제2 스페이서(208)의 제2 측면(208")에 부착될 수 있다. 서로 직각 방향으로 교차하는 두 맞은편 모서리를 따라 밀봉된 스페이서(204 및 208)를 갖도록 하는 소정의 두께로 막 패키지(203)가 제조되어, 각각 화살표(226 및 226')에 의해 도시된 바와 같이 공급 스트림 및 공정 스트림에 대한 서로 직각의 흐름 통로가 생성된다. 선택적으로, 화살표(226) 및 화살표(226')는 각각 공정 스트림 및 공급 스트림을 위한 흐름 통로를 나타낼 수 있다. 더욱이, 공급 스트림은 다수의 화살표로 제시된 바와 같이 밀봉되지 않은 모서리(204E)의 전체 길이를 따라 스페이서(204) 내로 흐를 수 있고, 맞은편의 밀봉되지 않은 모서리의 전체 길이를 따라 흘러나올 수 있다. 공정 스트림은, 공급 스트림의 흐름과 본질적으로 서로 직각으로, 다수의 화살표로 제시된 바와 같이 밀봉되지 않은 모서리(208E)의 전체 길이를 따라 스페이서(208) 내로 흐를 수 있고, 맞은편의 밀봉되지 않은 모서리의 전체 길이를 따라 흘러나올 수 있다.
- [0126] 스페이서(204), 스페이서(208), 양이온 교환 막(202), 및 음이온 교환 막(206)을 접착시키기 위하여 사용되는 방법은 예를 들면 열 밀봉(thermal sealing); 접착제(glue), 에폭사이드, 및 이와 유사한 것에 의한 부착; 및/또는 밀봉 용액 및 이온 교환 막에 구성된 폴리머의 가교 결합을 포함할 수 있다. 모서리를 밀봉하는 것은 스페이서(204 및 208)를 막(202 및 206)에 부착하기 위하여 사용된 동일 방법을 사용하는 것을 포함할 수 있으며, 밀봉은 선택적으로 스페이서 및 막의 코너를 포함하도록 연장된다. 선택적으로, 예를 들면 실리콘 포팅, 수지 포팅, 접착제 포팅 및 이와 유사한 것과 같은 포팅(potting)을 포함하여, 해당 기술 분야에 공지된 또 다른 방법이 사용될 수 있다. 예를 들면, 복수의 셀 페어가 함께 클램핑되어(clamped) 막 패키지(203)를 형성할 수도

있다. 슬리브(201)의 개구를 포함하는, 막 패키지(203)의 두 면이 포팅 물질(potting material)에 부분적으로 담가져서 그에 따라 슬리브 개구 뿐만 아니라 스페이서(208)의 모서리가 덮인다. 그 후 포팅 물질은, 스페이서(208)의 모서리를 덮여진 채로 유지하면서, 양이온 교환 막(202)과 음이온 교환 막(206) 부분을 절단함으로써, 슬리브(201)의 개구로부터 제거될 수 있다.

[0127] 도 4a가 참고되는데, 본 발명의 한 구체 예에 따라, 기기(100) 내에 포함된 대표적인 모듈(130)의 등척도를 개략적으로 도시한다. 모듈(130)은 도 2에 도시된 막 패키지(103), 및 프레임(131)을 포함한다.

[0128] 본 발명의 한 구체 예에 따르면, 모듈(130)은 모듈을 통한 공급 스트림(126)과 공정 스트림(126')의 실질적으로 자유로운 흐름을 허용하도록 구성되며, 상기 모듈은 두 스트림의 흐름에 대한 비교적 낮은 유체역학적 저항(hydrodynamic resistance)을 포함한다. 모듈(130)은 또한, 미리 정해진 공정(예를 들면, ED, 또는 선택적으로 EDR, 도난 투석, 산성화, 중화(neutralization), EDI, CEDI, 및 이와 유사한 것)에 따라, 공급 스트림(126)과 공정 스트림(126')을 수용하고 이들 스트림이 막 패키지(103)를 통하여 본질적으로 서로 직각으로 흐를 수 있도록 이들의 흐름을 유도하여, 각각 공급 스트림(125)과 공정 스트림(125')을 생성하도록 구성된다. 모듈(130)은 또한 공급 스트림(126), 공정 스트림(126'), 공급 스트림(125), 및 공정 스트림(125') 중 어느 하나, 또는 이들의 조합의 혼합을 실질적으로 방지하도록 구성된다.

[0129] 본 발명의 한 구체 예에 따르면, 막 패키지(103)는 복수의 셀 페어(101), 예를 들면 1 - 10개의 셀 페어, 10 - 20개의 셀 페어, 20 - 40개의 셀 페어, 40 - 80개의 셀 페어, 80 - 160개의 셀 페어, 160 - 320개의 셀 페어, 및 선택적으로 320개 이상의 셀 페어를 포함할 수 있다. 막 패키지(103)는 짝수 개의 이온 교환 막을 포함할 수 있으며, 각 끝단에 양이온 교환 막(102), 음이온 교환 막(106), 또는 이들의 조합을 포함할 수 있다. 선택적으로, 막 패키지(103)는 패키지의 한쪽 끝단, 또는 선택적으로 양쪽 끝단에 스페이서(108)를 포함할 수 있다. 선택적으로, 막 패키지(103)는 홀수 개의 이온 교환 막을 포함할 수 있으며, 패키지의 어느 한쪽 끝단에, 또는 선택적으로 패키지의 양쪽 끝단에 스페이서(108)를 포함할 수 있다. 막(예를 들면 양이온 교환 막(102)과 음이온 교환 막(106))은 결합 요소(115)에 의해 스페이서(108)에 부착된다.

[0130] 프레임(131)은 막 패키지(103)를 지지하도록 구성되며, 또한 스트림들이 서로 혼합되는 것을 실질적으로 방지하면서 모듈(130) 내에서 공급 스트림(126)과 공정 스트림(126'), 그리고 공급 스트림(125)과 공정 스트림(125')의 자유 흐름을 허용하기에 적합하다. 막 패키지(103)의 코너(132)가 프레임의 소정의 영역에 부착되어서, 예를 들면 칸막이(141, 141', 142, 및 142') {칸막이(142')는 본 도면에 도시되지 않았으며 도 6을 참조하라}와 같은 네 개의 칸막이 형성하도록, 프레임(131)이 성형 될 수 있다. 선택적으로, 네 개 이상의 칸막이가 형성될 수도 있다. 칸막이(141' 및 142')는 공정 스트림(126')과 공급 스트림(126)이 모듈 내로 들어가도록 구성되며, 칸막이(141 및 142)는 공정 스트림(125')과 공급 스트림(125)이 모듈로부터 빠져나오도록 구성된다. 선택적으로, 모듈(130) 내 스트림 흐름의 또 다른 조합이 가능한데, 예를 들면 막 패키지(103)를 통한 흐름이 모듈 내 임의의 칸막이로부터 모듈의 맞은편의 칸막이로 갈 수 있으며; 예를 들면, 공급 스트림(126)이 칸막이(141')를 통하여 들어가고 공정 스트림은 칸막이(142')를 통하여 들어가며, 공급 스트림이 칸막이(141)를 통하여 빠져나오고 공정 스트림은 칸막이(142)를 통하여 빠져나올 수 있다. 선택적으로, 예시적인 목적을 위한 추가 예로서, 또 다른 조합이 가능한 한, 공급 스트림(126)이 칸막이(142)를 통하여 들어가고 공정 스트림은 칸막이(141')를 통하여 들어가며, 공급 스트림은 칸막이(142')를 통하여 빠져나오고 공정 스트림은 칸막이(141)를 통하여 빠져나올 수 있다. 선택적으로, 모듈이 적층된 구조로 배열될 때, 프레임(131)은 공급 스트림(126), 공정 스트림(126'), 공급 스트림(125), 및 공정 스트림(125')의 흐름이 스트림들의 혼합 없이 한 모듈(130)로부터 또 다른 모듈(130)로 흐르도록 구성되며, 이는 이하에서 더욱 설명된다. 프레임(131)은 공급 스트림(126), 공정 스트림(126'), 공급 스트림(125), 및 공정 스트림(125')과의 접촉을 실질적으로 견디기에 적합한 플라스틱 재료, 복합 재료, 및/또는 임의의 그 밖의 다른 재료 또는 이들 재료의 조합을 포함할 수 있다.

[0131] 도 4b가 참고되는데, 이는 본 발명의 구체 예에 따르는, 모듈(130)의 대표적인 작업 모드에 대한 흐름도를 개략적으로 도시한다. 여기서 설명되는 작업 모드의 원리는 동일하게 기기(100)에 적용될 수 있다. 설명을 위한 목적으로, 작업의 대표적인 모드는 ED 물 탈염 공정에 기초한다.

[0132] [단계 401] 공급 스트림(126)이 칸막이(142)로 흘러들어가고 공정 스트림(126')이 칸막이(141')로 흘러들어가며, 두 스트림 모두는 염수(salty water)를 포함한다.

[0133] [단계 402] 공급 스트림(126)이 실질적으로 스페이서(104)의 개방 모서리의 전체 길이를 통하여 칸막이(142)로부터 막 패키지(103)로 흐른다. 칸막이(142)로부터 스페이서(108)로의 공급 스트림(126) 흐름은, 칸막이 내로 유도된 스페이서의 모서리가 결합 요소(115)에 의해 밀봉됨으로써 실질적으로 방지된다. 공정 스트림(126')은

실질적으로 스페이서(108)의 개방 모서리의 전체 길이를 통하여 칸막이(141')로부터 막 패키지(103) 내로 흐른다. 칸막이(141')로부터 스페이서(104)로의 공정 스트림(126') 흐름은, 칸막이 내로 유도된 스페이서의 모서리가 결합 요소(115)에 의해 밀봉됨으로써 실질적으로 방지된다. 막 패키지(103)로 들어가는 공급 스트림(126) 흐름과 공정 스트림(126') 흐름을 본질적으로 서로 직각이다.

[0134] [단계 403] 공급 스트림(126)으로부터 나온 이온은, 직류가 막 패키지(103)를 통하여 흐르는 동안, 스트림이 각각 스페이서(104 및 108)를 통하여 흐르면서, 양이온 교환 막(102)과 음이온 교환 막(106)을 통하여 공정 스트림(126')으로 운송된다(DC 전압원은 막 패키지(103)를 가로질러 연결된다).

[0135] [단계 404] 막을 통한 이온의 운송에 의해 변화된 조성을 갖는 공급 스트림(125) 형태로서, 공급 스트림(126)은, 공급 스트림이 들어갔던 개방 모서리의 맞은편의 스페이서(104)의 개방 모서리의 실질적으로 전체 길이를 통하여 막 패키지(103)를 빠져나간다. 막을 통한 이온의 운송에 의해 변화된 조성을 갖는 공정 스트림(125') 형태로서, 공정 스트림(126')은, 공급 스트림이 들어갔던 개방 모서리의 맞은편의 스페이서(108)의 개방 모서리의 실질적으로 전체 길이를 통하여 막 패키지(103)를 빠져나간다. 공급 스트림(125)과 공정 스트림(125')의 흐름은 이들이 막 패키지(103)를 빠져나가면서 본질적으로 서로 직각이다.

[0136] [단계 405] 공급 스트림(126)이 칸막이(142) 내로 흐르고 모듈(130)로부터 빠져나간다. 공급 스트림(126)과의 혼합 없이, 공정 스트림(126')이 칸막이(141) 내로 흐르고 모듈(130)로부터 빠져나간다.

[0137] 여기에 설명된 대표적 작업 모드는 임의 형태 또는 방식을 제한하고자 하는 것이 아니다. 또 다른 작업 모드가 가능하다는 것은 당업자에게 명확하며, 이러한 것에는 이러한 작업이 수행되는 순서를 포함하여 수행되는 단계의 변형을 포함할 수 있다.

[0138] 도 4c가 참고되는데, 이는 본 발명의 또 다른 구체 예를 따르는, 기기(100) 내에 포함된 대표적인 모듈(220)의 등척도를 개략적으로 도시한다. 모듈(220)은 도 3에 도시된 막 패키지(203), 및 프레임(221)을 포함한다.

[0139] 본 발명의 한 구체 예에 따르면, 모듈(220)은 모듈을 통한 공급 스트림(226)과 공정 스트림(226')의 실질적으로 자유로운 흐름을 허용하도록 구성되며, 상기 모듈은 두 스트림의 흐름에 대한 비교적 낮은 유체역학적 저항(hydrodynamic resistance)을 포함한다. 모듈(220)은 또한, 미리 정해진 공정(예를 들면, ED, 또는 선택적으로 EDR, 도난 투석, 산성화, 중화, EDI, CEDI, 및 이와 유사한 것)에 따라, 공급 스트림(226)과 공정 스트림(226')을 수용하고 이들 스트림이 막 패키지(203)를 통하여 본질적으로 서로 직각으로 흐를 수 있도록 이들의 흐름을 유도하여, 각각 공급 스트림(225)과 공정 스트림(225')을 생성하도록 구성된다. 모듈(220)은 또한 공급 스트림(226), 공정 스트림(226'), 공급 스트림(225), 및 공정 스트림(225') 중 어느 하나, 또는 이들의 조합의 혼합을 실질적으로 방지하도록 구성된다. 모듈(220)은 적합성, 형태, 및 기능면에서 모듈(130)과 동일하거나 실질적으로 유사하며, 기기(100) 내 모듈(130)과 선택적으로 상호 교환 가능하다. 공급 스트림(226), 공정 스트림(226'), 공급 스트림(225), 및 공정 스트림(225')은 도 4a에 (126), (126'), (125), 및 (125')로서 도시된 것들과 동일하거나 실질적으로 유사할 수 있다.

[0140] 본 발명의 한 구체 예에 따르면, 막 패키지(203)는 예를 들면 전술한 공정과 같은 포팅 공정에 의해 형성될 수 있으며, 포팅 물질(222)은 막 패키지에 구조적인 견고성을 제공하고 개구를 스페이서(204 및 208)에 밀봉시킨다. 막 패키지(203)는 포팅 물질(222)에 의해 서로 부착되는 복수의 셀 페어(201)를 포함할 수 있는데, 예를 들면 1 - 10개의 셀 페어, 10 - 20개의 셀 페어, 20 - 40개의 셀 페어, 40 - 80개의 셀 페어, 80 - 160개의 셀 페어, 160 - 320개의 셀 페어, 및 선택적으로 320개 이상의 셀 페어를 포함할 수 있다. 막 패키지(203)는 짝수 개의 슬리브(201A), 또는 선택적으로 홀수 개의 슬리브를 포함할 수 있으며, 각 끝단에 양이온 교환 막(202), 음이온 교환 막(206), 또는 이들의 임의 조합을 포함할 수 있다. 선택적으로, 막 패키지(203)는 막 패키지의 한쪽 끝단에, 또는 선택적으로 양쪽 끝단에, 스페이서(208)를 포함할 수 있다.

[0141] 프레임(221)은 막 패키지(203)를 지지하도록 구성되며, 또한 스트림들이 서로 혼합되는 것을 실질적으로 방지하면서 모듈(220) 내에서 공급 스트림(226)과 공정 스트림(226'), 그리고 공급 스트림(225)과 공정 스트림(225')의 자유 흐름을 허용하도록 구성된다. 막 패키지(203)의 포팅된 코너(222)가 프레임의 소정의 영역에 부착되어서, 예를 들면 칸막이(241, 241', 242, 및 242') {칸막이(241' 및 242')}는 본 도면에 도시되지 않았으며 모듈(220) 내에서 각각 칸막이(241 및 242)와 맞은편에 위치하며, 각각 칸막이(241 및 242)와 본질적으로 거울-상(mirror-image)이다}와 같은 네 개의 칸막이가 형성하도록, 프레임(221)이 성형 될 수 있다. 선택적으로, 네 개 이상의 칸막이가 형성될 수도 있다. 칸막이(241' 및 242)는 공급 스트림(226)과 공정 스트림(226')이 모듈 내로 들어가도록 구성되며, 칸막이(241 및 242')는 공급 스트림(225)과 공정 스트림(225')이 모듈로부터 빠져나오도록

록 구성된다. 선택적으로, 모듈(130) 내 스트림 흐름의 또 다른 조합이 가능한데, 예를 들면 모듈(130) 내 스트림 흐름과 유사하게, 막 패키지(203)를 통한 흐름이 모듈 내 임의 칸막이로부터 막 패키지의 맞은편의 칸막이로 갈 수 있다. 선택적으로, 모듈(130)과 유사하게, 모듈이 적층된 구조로 배열될 때, 프레임(131)은 공급 스트림(226), 공정 스트림(226'), 공급 스트림(225), 및 공정 스트림(225')의 흐름이 스트림들의 혼합 없이 한 모듈(220)로부터 또 다른 모듈(220)로 흐르도록 구성된다. 프레임(231)은 공급 스트림(226), 공정 스트림(226'), 공급 스트림(225), 및 공정 스트림(225')과의 접촉을 실질적으로 견디기에 적합한 플라스틱 재료, 복합 재료, 및/또는 임의의 그 밖의 다른 재료 또는 이들 재료의 조합을 포함할 수 있다.

[0142] 도 5가 참고되는데, 이는 본 발명의 구체 예에 따르는, 도 4a에 도시된 복수의 모듈(130)을 포함하는 ED 스택(135)으로 배열된, 기기(100)의 일부분에 대한 분해 등척도를 개략적으로 도시한다. 선택적으로, 도 4c에 도시된 복수의 모듈(220)을 포함할 수 있다. 선택적으로, ED 스택(135)은 하나의 모듈(130) 또는 하나의 모듈(220)을 포함할 수 있다. 선택적으로, ED 스택(135)은 하나 또는 그 이상의 모듈(130) 및 하나 또는 그 이상의 모듈(220)을 포함할 수 있다. 하나의 모듈을 다른 모듈의 상부에 위치시킴으로써 ED 스택(135)이 모듈(130)의 수직 스택(vertical stack)으로 배열될 수 있다. 선택적으로, 하나의 모듈을 다른 모듈 옆에 위치시킴으로써 모듈의 스택(135)이 수평 스택(horizontal stack)으로 배열될 수 있다.

[0143] 기기(100)는 또한 두 개의 전극(도시되지 않음), 캐소드와 애노드를 포함할 수 있으며, 각각의 전극은 ED 스택(135)의 각 끝단에 위치한 말단 플레이트(122) 내에 형성된다. 예를 들면, 도시된 말단 플레이트(122)는 캐소드를 포함할 수 있다. 전극들은 DC 전압원(도시되지 않음)에 연결되고 직류를 생성하도록 구성되는데, 상기 직류는, 공급 스트림(126)과 공정 스트림(126')이 막 패키지(103)를 통하는 것을 포함하여 모듈(130)을 통하여 흐를 때, 한 전극으로부터 ED 스택(135)을 통하여 다른 쪽 전극으로 흐른다. 선택적으로, 전극들은, 전극들의 극성에 따른 ED 스택(135) 내 직류 흐름의 방향으로, DC 전압원에서의 극성의 역전에 반응하여 극성을 변화시키도록 구성된다(캐소드는 애노드가 되고 애노드는 캐소드가 됨). 본 발명의 한 구체 예에 따르면, 말단 플레이트(122) 제1 개구(도시되지 않음) 및 제2 개구(126A')(제1 개구에 대하여 직각으로 위치함)를 포함하는데, 이들은 각각 ED 스택(135)으로 들어가는 공급 스트림(126)과 공정 스트림(126')이 모듈 내 칸막이(141' 및 142)를 통하여 모듈(130)로 흐르도록 구성된다. 말단 플레이트(123)는 추가로 제3 개구(도시되지 않음, 실질적으로 제1 개구의 맞은편에 위치함)와 제4 개구(도시되지 않음, 실질적으로 제2 개구의 맞은편에 위치함)를 포함하는데, 이들은 각각 모듈(130) 내에서의 이온의 운송에 의해 변화된 조성을 갖는 공급 스트림(125)과 공정 스트림(125')이 모듈 내 칸막이(141 및 142')를 통하여 말단 플레이트(122)로 되돌아 가도록 하고, 그 후 ED 스택(135)을 빠져나가도록 구성된다. 개스킷(165)은 말단 플레이트(122)와 모듈(130)의 연결부위에 위치될 수 있으며, 제1 개구(166), 제2 개구(166'), 제3 개구(도시되지 않음, 실질적으로 제1 개구(166)의 맞은편에 위치함)와 제4 개구(도시되지 않음, 실질적으로 제2 개구(166')의 맞은편에 위치함)를 포함하며, 공급 스트림과 공정 스트림이 누출 또는 스트림 상호간의 혼합 없이 말단 플레이트(122)로 들어가고 빠져나가도록 구성된다. 말단 플레이트(122)는 전극 세정을 포함하는 전극에서의 공정 조건을 제어하기 위하여 요구되는 용액 및/또는 화학물질을 첨가하고 제거하기 위한 입구(124) 및 출구(124')를 추가로 포함한다. 예를 들면, 전극의 스케일링을 방지하기 위하여 염산이 전극 셀(122)에 첨가될 수 있다.

[0144] 한 모듈(130)로부터 다른 모듈(130)로 각각의 칸막이를 통하여 흐르는 동안, 누출 및 공급 스트림(126), 공정 스트림(126'), 공급 스트림(125) 및/또는 공정 스트림(125') 사이의 혼합을 실질적으로 방지하기 위하여, 개스킷(160)이 모듈들 사이에 위치될 수 있다. 개스킷(160)은, 동일 모듈 내 또는 인접한 모듈 내 다른 칸막이 내에 포함된 스트림들 사이의 혼합 또는 누출 없이, 모듈(130) 내 한 칸막이로부터 인접한 모듈(130) 내 유사한 칸막이로의 스트림의 흐름을 허용하도록 구성된다. 예를 들면, 개스킷(160)은, 누출 또는 혼합 없이, 공급 스트림(126)이 모듈(130) 내 칸막이(141')로부터 인접한 모듈 내 동일한 칸막이(141')로 이동하는 것과, 공정 스트림(126')이 모듈(130) 내 칸막이(142)로부터 인접한 모듈 내 칸막이(142)로 이동하는 것을 허용한다. 선택적으로, 예를 들면 개스킷을 프레임(131)의 한쪽 면에 부착시킴으로써(개스킷은 모듈(130)의 양쪽 면에 있을 필요가 없음), 개스킷(160)이 모듈(130)에 부착될 수 있다. 선택적으로, 개스킷(160)은 프레임 내에 형성될 수 있으며, 상기 프레임은 모듈(130) 사이에 위치되도록 구성된다.

[0145] 도 5a 및 5b가 참고되는데, 이들은 본 발명의 한 구체 예에 따르는, 다중-모듈 스택(multi-module stack)에서의 사용을 위한 대표적인 플레이트(123) 및 탄성층(170)을 개략적으로 도시한다. 전술한 개스킷(160 및/또는 165)에 대한 대안으로, 플레이트(123)는 다중-모듈 스택 내 각 모듈의 한쪽 면에 형성될 수 있는 셀 페어(도시되지 않음)를 포함할 수 있다. 막 패키지(도시되지 않음)의 각 끝단은 스페이서, 및 결합 스트립을 포함하며, 막은 없다. 양쪽 끝단에 위치한 결합 스트립은 동일한 방향으로 지향될 수 있다. 선택적으로, 한쪽 끝단의 결합 스트

립은 반대쪽 끝단의 그것과 서로 다른 방향으로 지향될 수 있는데, 예를 들면 서로 직각으로 지향될 수 있다. 막 패키지가 프레임 내에 삽입될 때, 두 스트립 모두는 프레임의 표면과 평평하게 된다. ED 스택이 단지 하나의 모듈을 포함한다면 프레임과 스트립은 말단 플레이트를 향하여 밀리고(pushed), 얇은 탄성층(170)으로 피복된다.

[0146] 다중-모듈 스택에 대하여, 얇은 플레이트(123)가 각 모듈의 한쪽 면에 첨가된다. 플레이트는 프레임과 일치하고(match), 공급 스트림 및 공정 스트림을 위한 개구(123, 123', 124 및 124')를 갖는다. 플레이트(123)는 플레이트의 직사각형 개구(120')의 모서리에 밀봉된 두 개의 막과 막 사이의 스페이서로 구성된 셀(도시되지 않음)을 포함한다. 결합 스트림의 방향에 직각인 개구(120')의 모서리를 따라, 입구(127)/출구(127')에 의해 셀을 통과하는 흐름이 가능해진다. 셀의 유체역학적 저항이 막 패키지 내 셀의 그것과 동일하거나 또는 조금 더 크도록, 플레이트(123)의 폭, 셀의 폭 및 입구(127)/출구(127')의 크기 및 수가 조절된다. 플레이트(123)는, 일반적으로 스페이서 상의 스트립에 부착시킴으로써, 막 패키지의 한쪽 면의 프레임에 부착된다. 얇은 플레이트(123)의 제2 측면은 얇은 탄성층(170)으로 피복된다.

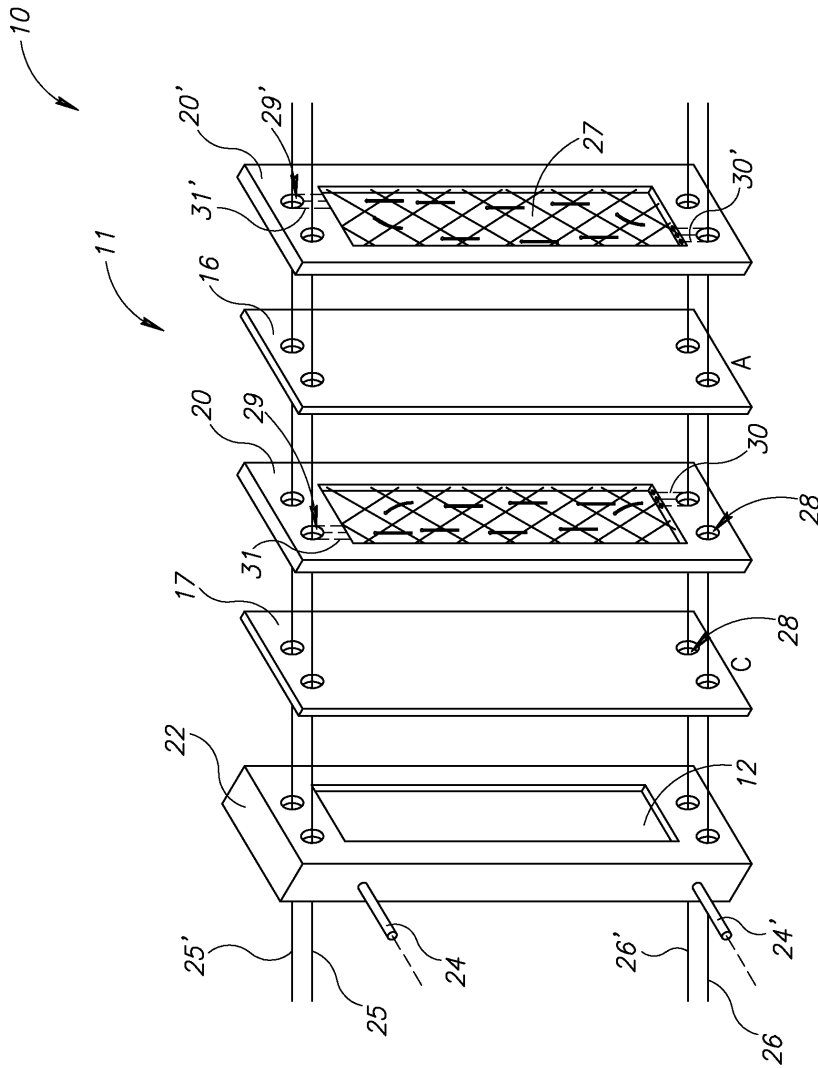
[0147] 도 6이 참고되는데, 이는 본 발명의 한 구체 예에 따라, ED를 수행하기에 적합한 기기(300)를 포함하는 시스템(1000)을 개략적으로 도시한다. 기기(300)는 도 5에 도시된 기기(100)와 동일하거나 또는 실질적으로 유사할 수 있다. 선택적으로, 기기(300)는 EDR을 수행하도록 구성될 수 있다. 선택적으로, 기기(300)는 산성화 및/또는 중화를 수행하도록 구성될 수 있다. 선택적으로, 기기(300)는 도난 기기를 수행하도록 구성될 수 있다. 선택적으로, 기기(300)는 EDI 또는 CEDI를 수행하도록 구성될 수 있다. 선택적으로, 기기(300)는 용액 내에서 이온을 선택적으로 이동시키거나, 또는 선택적으로 용액을 탈이온화하도록 구성될 수 있다. 선택적으로, 시스템(1000)은 진술한 기기(300) 중 어느 하나 또는 이들의 임의 조합을 포함할 수 있다. 선택적으로, 시스템(1000)은 복수의 상기 언급된 기기(300)를 포함할 수 있으며; 상기 기기는 직렬로 함께 연결될 수 있다. 선택적으로, 복수의 기기(300)는 병렬 배열로 연결될 수 있다. 선택적으로, 복수의 기기(300)는 병렬-직렬 배열의 임의 조합으로 연결될 수 있다.

[0148] 시스템(1000)은 추가로 사전처리 시스템(301), 제어 시스템(302), 및 선택적인 세정 시스템(303)을 포함한다. 사전처리 시스템(301)은 공급 스트림(326)(또한 공정 스트림을 포함할 수 있음)을 사전 조절하도록 구성될 수 있으며, 여과용 거대 고형물(filtering large solid), 항-바이러스 처리(anti-bacterial treatment), 항-퇴적 처리(anti-fouling treatment), 및/또는 항-스케일링 처리(anti-scaling treatment)를 포함할 수 있다. 세정 시스템(303)은 모듈 스택, 전극, 및 기기(300) 내에 포함된 또 다른 성분을 세정하도록 구성될 수 있다. 선택적으로, 세정 시스템(303)은 사전처리 시스템(301)을 세정하도록 구성될 수 있다. 제어 시스템(302)은 기기(300)의 운전을 제어하도록 구성되고, 공정 모니터링을 포함할 수 있으며, 또한 사전처리 시스템(302)을 제어하도록 구성될 수 있다. 선택적으로, 제어 시스템(302)은 세정 시스템(303)을 제어하도록 구성될 수 있다.

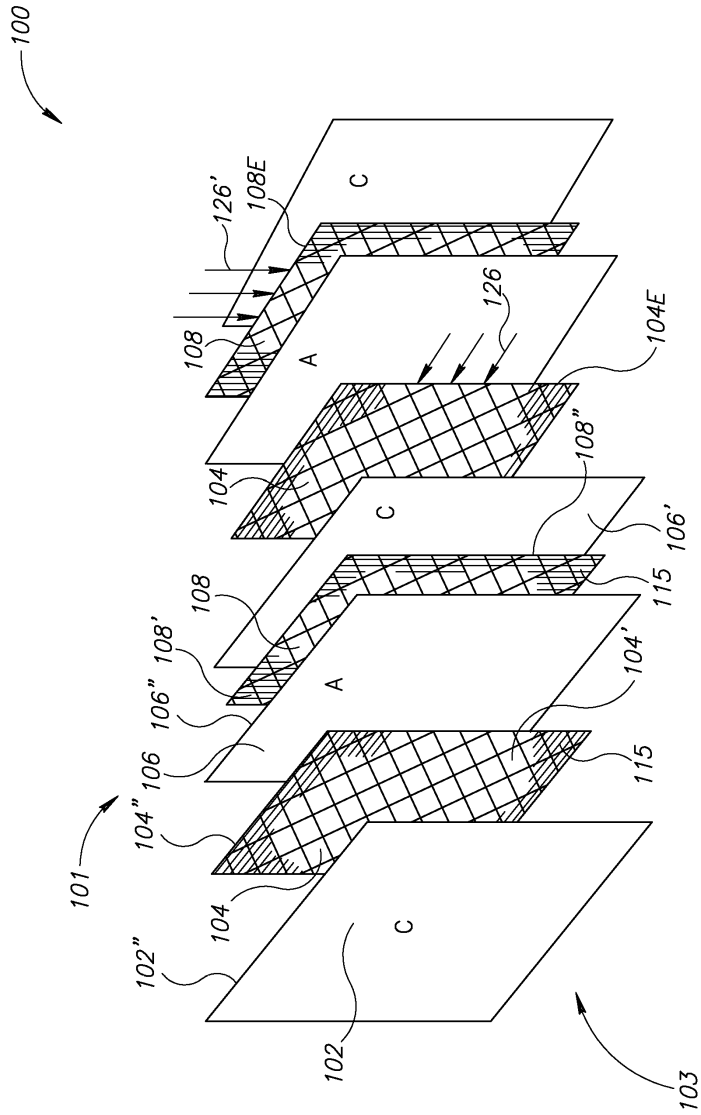
[0149] 본 발명의 구체 예의 설명 및 청구의 범위에서, "포함한다"라는 용어는 상기 용어가 사용되어 나열된 요소를 한정하지 않는다.

[0150] 본 발명은 실시예에 의해 제공되는 구체 예의 다양한 상세한 설명을 사용하여 기술되며 이는 발명의 범위를 한정하지 않는다. 설명된 구체 예는 다양한 특징을 포함하며, 이들 모두가 발명의 구체 예에 요구되는 것은 아니다. 본 발명의 일부 구체 예는 단지 일부 특징을 사용하거나 또는 이들 특징의 가능한 조합을 사용한다. 설명된 구체 예에 제시된 특징의 조합과 서로 다른 설명된 발명의 구체 예의 변형 및 발명의 구체 예가 당업자에게 자명할 것이다.

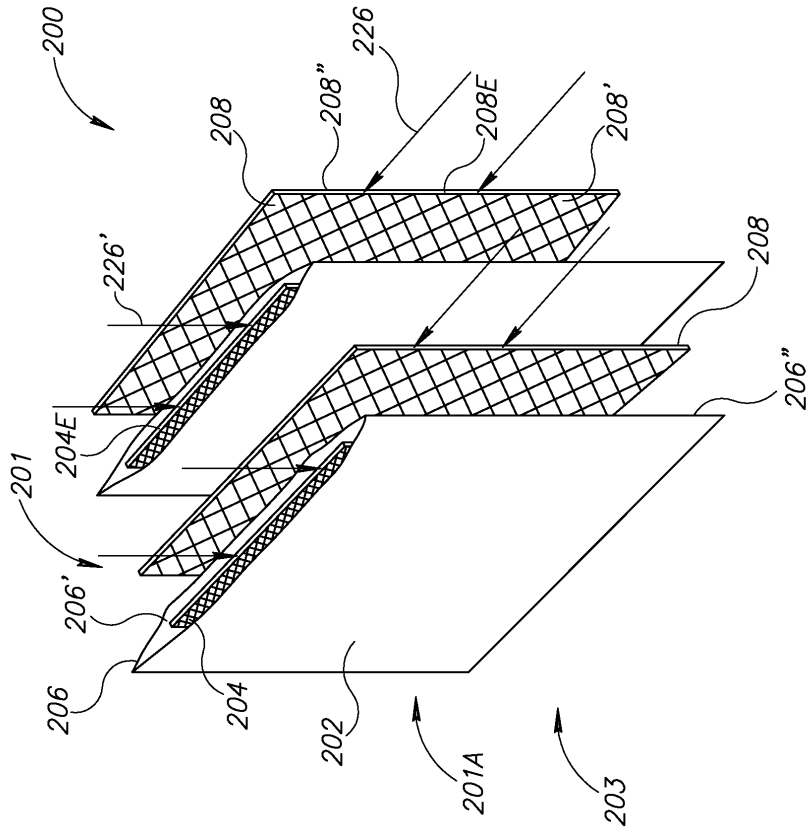
도면1b



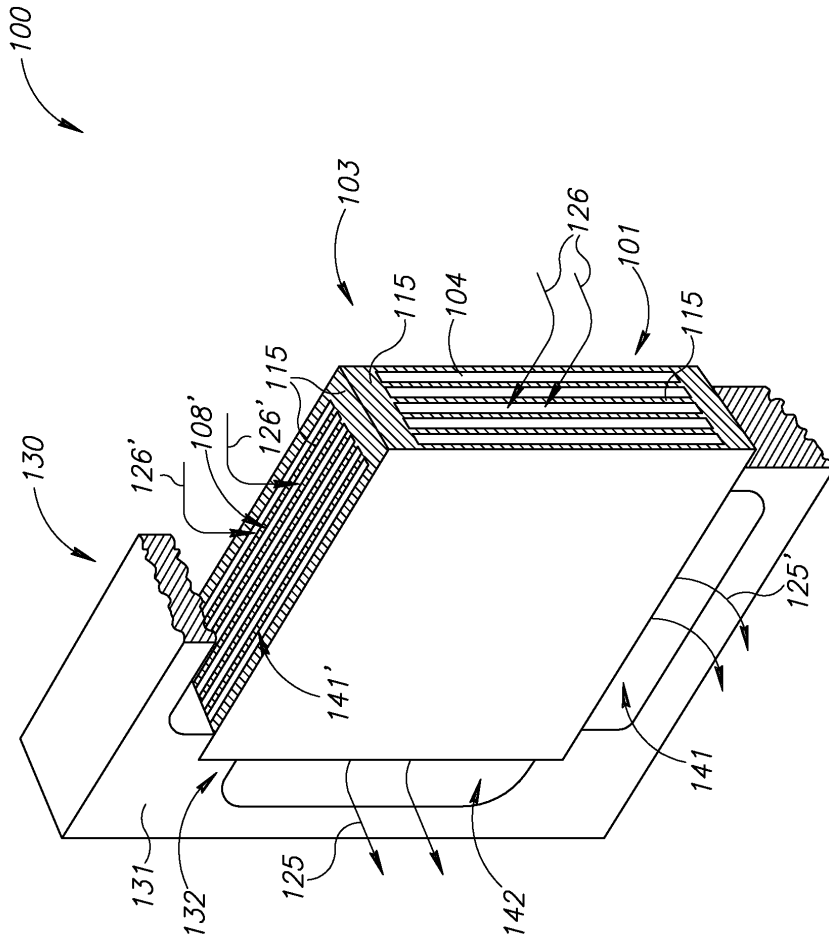
도면2



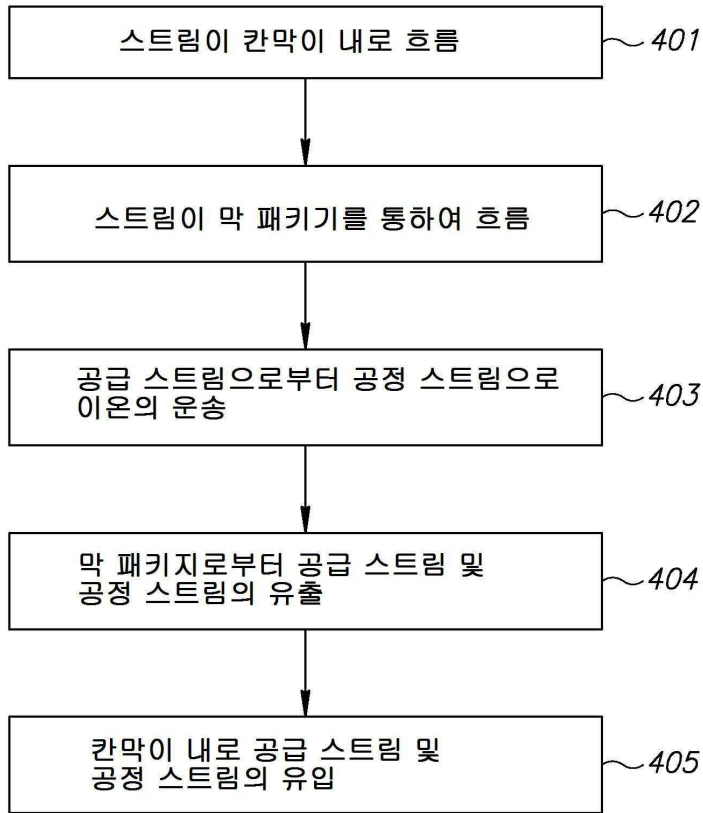
도면3



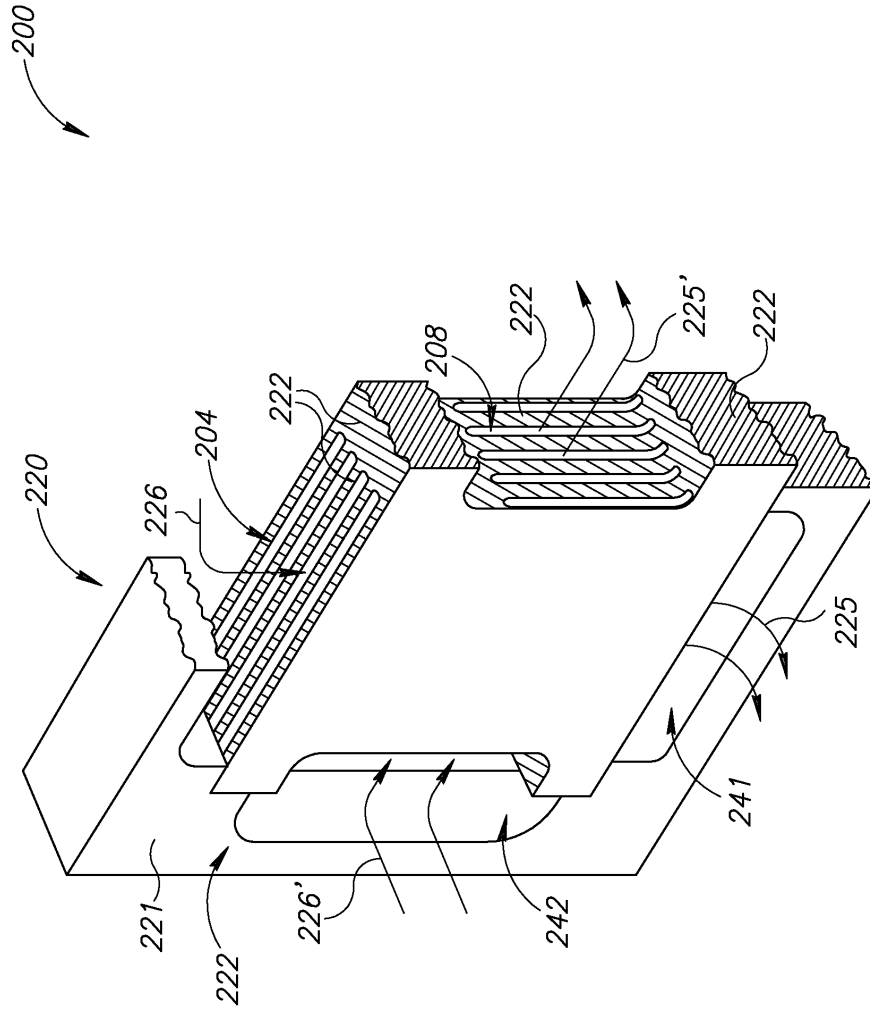
도면4a



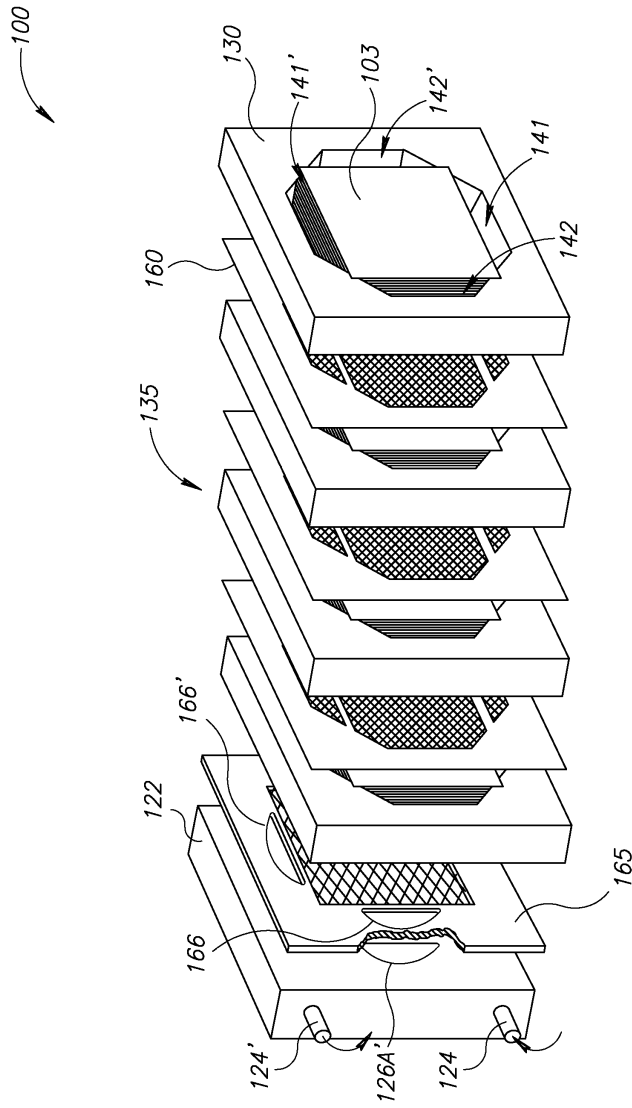
도면4b



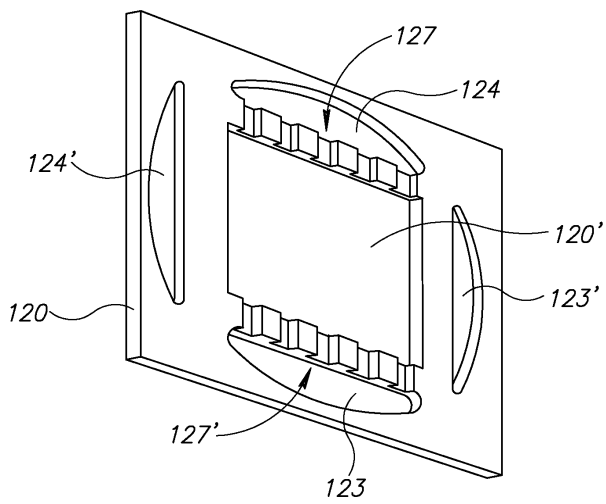
도면4c



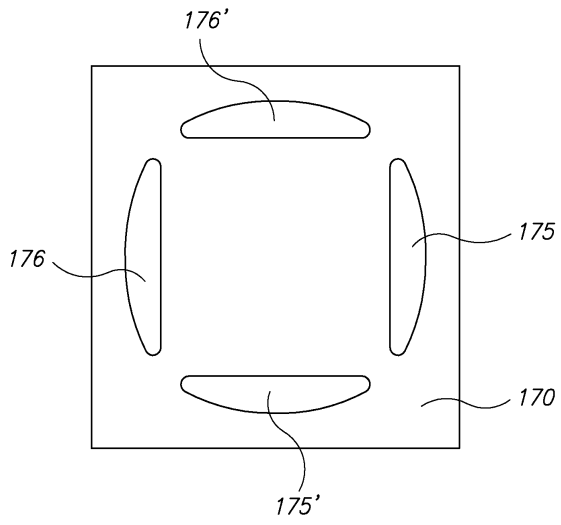
도면5



도면5a



도면5b



도면6

