

(19)대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(51) 。 Int. Cl.<sup>7</sup>  
C25B 9/00  
C02F 1/461

(11) 공개번호 10-2005-0072089  
(43) 공개일자 2005년07월08일

(21) 출원번호 10-2005-7004309  
(22) 출원일자 2005년03월11일  
번역문 제출일자 2005년03월11일  
(86) 국제출원번호 PCT/US2003/028815  
국제출원일자 2003년09월12일

(87) 국제공개번호 WO 2004/024992  
국제공개일자 2004년03월25일

(30) 우선권주장 60/410,144 2002년09월12일 미국(US)

(71) 출원인 이오닉스 인코포레이티드  
미국 매사추세츠 02172 워터타운 그로브 스트리트 65

(72) 발명자 그레베뉴크 블라디미르  
미국 매사추세츠주 01801 오번  
카르손 윌리엄 더블유  
미국 매사추세츠주 01748 홉킨턴 쇼필드 로드 14  
그레베뉴크 올레그  
미국 매사추세츠주 01801 오번  
심스 케이스 제이  
미국 매사추세츠주 01778 웨이랜드  
맥도날드 러셀 제이  
미국 매사추세츠주 01887 월밍턴 베이 스트리트 24

(74) 대리인 김창세  
장성구

심사청구 : 없음

(54) 회박한 매질 이디아이 장치 및 방법

명세서

기술분야

본 발명은 전기투석, 구체적으로는 충전된 전지 전기투석(이는 또한 전기탈이온(EDI, electrodeionization)으로 지칭됨), 충전된 전지 EDI 또는 간단하게는 EDI를 위한 장치 및 그의 방법에 관한 것이다. EDI에서, 복수의 유체 유동 전지, 전형적으로는 긴 편평한 챔버들은 각 쌍의 선택적 이온-투과가능한 멤브레인들 사이를 규정한다. 이들 전지는 공급 스트림이 유동하는 "회석" 전지를 포함하며, 공급 스트림으로부터 제거된 이온을 수용하기 위한 회석 전지에 인접하게 위치하는 "농축" 전지와 교호적으로 배치되어 있다. 모든 전지는 한 쌍의 전극들 사이에 배열되어 있으며, 이들은 층들의 스택 또는 열의 반대 말단에 위치하고, 유체 유동 방향(면)을 가로질러 배향되는 전기장을 제공한다. 이온 교환 물질, 전형적으로 이온 교환 수지 비드의 패키징은 회석 전지를 통해 유체가 유동함에 따라 더욱 효과적으로 이온을 유체로부터 스트리핑하도록 회석 전지 내에 위치시키고, 이는 인가된 전기장의 방향으로 포획된 이온을 수송하기 위한 이온 도전성 매질을 제공한다. 회석 전지에서, 유체 유동 중에 존재하는 양이온 및 음이온은 이온 교환 물질에 의해 포획되고, 인가된 전기장의 영향력 하에서 전지와 경계를 이루는(음이온 또는 양이온) 이온 교환 멤브레인을 가로지르는 반대 방향으로 상응하는 전극을 향해 인접하는 농축 전지 내로 이동한다. 이온은 농축 전지 내로 방출되고, 농축 전지를 통과하거나 이를 통해 재순환하는 농축 스트림 또는 "염수" 스트림에 의해 소제된다. 상기 공정으로 인해, 회석 전지를 통해 이동하는 동안 공급 스트림으로부터 이온이 제거되어서, 실질적으로 탈이온 또는 탈염된 생성 유체가 수득된다. EDI 장치는 연속적으로 분할하는 물로부터 국지적으로 존재하는 이온이 이온 교환 수지를 재생하도록 충분한 전류로 작동되며, 이는 그의 활성을 유지시킨다. 농축 전지는 임의의 이온 교환 매질을 함유할 필요는 없다. 또한, 이들은 이온 교환 물질의 충전물을 가질 수 있고/있거나 염수 유동 또는 순환을 간편하게 조정할 수 있다. 후자의 경우, 특정 배출율(blowdown)은 염수의 과도한 농도(이는 스케일링(scaling)을 초래함)를 방지하거나, 역 확산을 증가시키거나, 또는 반대로 인접한 회석 구역 내에서 생성 스트림의 순도를 감소시키도록 유지된다.

## 배경기술

일부 EDI 시스템에서, 농축 전지는 또한 이온 교환 비드를 포함하고, 구획의 기능들은 농축 및 희석 유동을 이전에 각각 수용하는 포트와 희석 및 농축 스트림의 연결, 및 전극 극성의 반전에 의해 주기적으로 상호교환될 수 있다.

전지 내의 이온 교환 물질은 과립 또는 섬유상이고 불연속, 젤-유사, 펠팅되거나 직조된 및 일부 연속적일 수 있거나, 폼, 펠트 또는 젤 상 내에 고정된 과립 물질을 포함할 수 있거나, 또는 이들 특성의 임의의 조합일 수 있다. 이온 교환 물질은 일반적으로 상당량의 유체(예: 물)를 보유하는 조성물을 갖고, 상기 물질은 전기탈이온 구획을 과도하게 충전하도록 팽윤될 수 있어서, 이는 특정량의 압력 하에서 작동하고 구획의 각 측부에 존재하는 넓은 면적의 멤브레인을 위한 기계적 지지체로서 작용하게 된다. 이러한 팽윤은 전지가 붕괴되지 않게 하며, 또한 멤브레인과 충전물 사이에 우수한 이온 전도 접촉을 제공한다. 일부 제조업자[일렉트로퓨어(Electropure), 유에스 필터(U.S. Filter)]도 또한 또는 이들은 주로 짧은 멤브레인 전장 및/또는 추가 멤브레인 지지체를 제공하고 전지 내의 잘-규정된 유동을 촉진시키도록 근접-이격된 리브(rib)들에 의해 규정된 협소한 전지들의 사용에 의존하며, 이는 본질적으로 복수의 협소한 전지들을 복제하여 스택의 총 용량 또는 스케일을 증가시킨다. 얇은 전지의 단일한 충전은 기술적으로 도전할 수 있지만, 일부 모듈라 "엔클로저" 구조들은 밀봉된 모듈라 구획 하위단위(각각의 구획은 복수의 근접한 하위-구획들을 형성하는 수 개의 리브 또는 디바이더(divider)를 갖는다)로서 EDI 스택의 전지를 간단하게 디자인함으로써 긴 시간에 걸쳐 이를 처리하여 왔다. 특수 전지 제조 라인에서 개별적으로 이들 밀봉된 단위들을 충전 및 어셈블링(assembly)함으로써, 스택의 전체 어셈블링은 간단하게는 하나의 스택 내에 복수의 예비어셈블링된 전지 또는 전지 쌍을 정렬하고, 이들을 2개의 전극과 말단 플레이트 어셈블리들 사이에 고정시킴으로서 실시될 수 있다.

이온 교환 물질로 충전된 희석 또는 농축 전지에서, 일부 이온 교환 물질은 전지의 벽을 형성하는 멤브레인과 적어도 일부 접촉한다. 희석 전지에서, 이온 교환 물질은 공급 스트림으로부터 이온을 효율적으로 포획하고, 유체로부터 포획된 이온이 전기장 방향으로도 이동할 수 있는 정지상 도전성 매질을 제공한다. 교환 물질이 어디에 존재하든지 간에, 또한 전지 또는 스택을 통한 우수한 도전성을 제공한다. 따라서, 달리 가능한 것보다 큰 정상 전류 밀도 및 높은 유체 유동 속도에서 효과적인 탈이온이 실시될 수 있다. 특히, 충전된-전지 전기투석(EDI)에서, 이온 교환 수지는 (희석 전지에서) 희석 유동으로부터 용해된 이온을 신속하게 효과적으로 제거하거나 또는 이들을 (농축 전지에서) 염수 유동 내로 방출시키는 큰 면적의 유체 접촉을 제공함과 동시에, 횡전기장은 이온으로 횡방향으로 농축 채널 내로 이동시키고 교환 물질의 이온 교환 기능을 재생시키도록 작동한다. 생성된 EDI 장치는 매우 효과적이며, 이온 교환 비드의 층과 달리, 이온 교환 매질을 화학적으로 보충하기 위한 주기적인 정지 없이 유체(예: 물)를 탈이온시키는데 사용될 수 있다. 이온의 제거는 매우 번덕스러우며, 공급 유체는 해당 특정 이온을 더욱 효과적으로 제거하도록 조건화될 수 있다. 더욱이, 선택적 이온 고갈, 극성화된 작동 및 다른 영향으로 인해 유동 경로를 따라 발생할 수 있는 pH 변화들은, 중성 pH에서 비교적 불용성인 종류, 예컨대 실리카를 공급 스트림으로의 외부 화학적 첨가를 필요로 하지 않고서 효과적으로 제거하려는 EDI의 능력을 강화시킬 수 있다. 이러한 장치에서, 유동 전지는 비교적 짧은 상호작용 경로, 예컨대 약 0.1 내지 1.0m 길이의 전지를 통한 유동 경로를 사용하여 효과적인 탈이온을 달성할 수 있다.

몇몇 일반적인 EDI 장치 구조들이 사용되고 있다. 그 중 하나인 나선-권취형은 원통형 용기 내에 고정되어 방사 전기장이 가해진 다양하게 적층된 멤브레인 구조를 갖는다. 다른 것은 복수의 일반적인 직사각형 편평한 멤브레인 및 스페이서(spacer)가 희석 및 농축 유동 전지의 스택을 규정하고 전극이 상기 스택의 말단에 위치하는 직사각형이다. 또한, 이 구조의 디스크-적층된 변형체가 또한 기술되어 있다. 본 발명의 원리는 모든 EDI 장치에 적용가능하지만, 아래 논의를 간편하게 하기 위해, 예들이 주로 더욱 통상적인 스택 구조형태를 사용하여 논의될 것이다.

최신 일반 목적의 EDI 장치의 전지는 전형적으로 (비록 더욱 두꺼운 전지가 사용되어 왔지만) 일반적으로 약 1/16 내지 1/2인치 두께를 갖는 비교적 편평하거나 평탄한 유동 챔버이며, 이들은 (수평 방향을 따라 적층되면) 약 1/2 내지 약 2 + 1/2m 폭을 갖거나 또는 (수직으로 적층되면) 그 이상의 폭을 갖는 "스택" 또는 EDI 어셈블리에서 통상적인 입구 및 출구 매니폴드(manifold)와 함께 어셈블링될 수 있다. 스택 구조는 다수(예컨대, 20 내지 300개 이상) 전지를 통해 평행하게 유동하며, 이는 높은 전체 유동 처리 용량을 제공한다. 다른 기하형태, 예컨대 미국 특허 제 5,376,253 호에 제시된 바와 같은 나선-권취 원통형 EDI 모듈은 원통형/방사형 구조형태로 배치되는 유사 멤브레인, 교환 매질 및 전극을 사용한다.

이온 교환 물질의 포음, 펠트, 비드 및 섬유는 모두 다양한 구조형태로 EDI 전지를 위한 충전물로서 사용되어 왔다. 그러나, 대부분, 종래 기술의 상업적 EDI 스택은 과립형 이온 교환 또는 비드 충전물을 사용하며, 이는 단일 유형이거나 또는 음이온(AX) 교환 수지 비드와 양이온(CX) 교환 수지 비드(이는 또한 본원에서 입자 또는 입자로서 언급됨)의 혼합층일 수 있다. 수지는 강한 또는 약한 음이온 또는 양이온 교환 기능을 갖거나, 또는 이들의 혼합물일 수 있고, 수지의 유형은 특정 공급물, 또는 특정 공급을 위한 목적하는 작동 조건 또는 제거 특성에 따라 달라질 수 있다. 다른 실시양태에서 또는 스택의 일부 층들에서, 단일 수지 유형(AX 또는 CX)이 사용될 수 있거나, AX 수지 입자는 CX 수지 입자로부터의 별개 층(적층된 층)을 형성할 수 있거나, 또는 AX 및 CX 유형은 공급 유체 및/또는 농축 스트림(예컨대, "얼룩무늬(zebra)", "해도(海島)형(sea island)", "스트리핑된" 또는 "밴딩된(banded)" 층)의 유동 경로에 따른 여러 밴드 또는 대역에 존재할 수 있다. 이들 배열로 인해, 국지적 전류, pH 또는 다른 작동 조건이 조절되고; 특정 이온을 공급 스트림으로부터 제거하거나 농축 스트림으로 나타나는 구역 또는 시간이 조절되고; 물 분할이 어디 및/또는 어떻게 발생하는지가 조절되고; 장치 내의 유동 처리 경로의 다양한 영역에 따른 분위기가 조절된다. 수지 선택 및 배열은 또한 특정 공급 스트림의 이온 함량 또는 다른 특성에 부합되는 이온 제거가 가능하게 된다.

일반적으로, 물 또는 특정 식품 성분과 같은 유체의 고부피 처리를 위해 구조된 EDI 스택은, 저유동 임피던스(impedance)의 비교적 투과성인 층을 형성하는데 충분한 크기의 수지 비드로 효과적으로 작동하면서, 큰 표면적이 주위 유체와 접촉하게 되는 것으로 밝혀졌다. 이들 비드는 크로마토그래피 적용에 통상적으로 사용된 분말화된 이온 교환 매질보다 실질적으로 큰 크기를 갖는다. 입자는 (설명을 명확하게 하기 위해, 복수의 여러 시판중인 수지에 제공되는 재생, 건조, 수화 및 극단적인 입자 크기 분포에 따라 발생할 수 있는 실질적 치수 변화를 무시하고서) 전형적으로 약 100 내지 900  $\mu\text{m}$ , 통상적으로 약 300 내지 700  $\mu\text{m}$ , 가장 전형적으로 약 350 내지 650  $\mu\text{m}$ 의 평균 직경을 갖는다. 이러한 비드 치수에서, 충전된 2cm 두께의 EDI 희석 전지는 20 내지 100개 또는 그 이상의 과립을 수지 층 깊게 함유할 수 있으면서, 3 내지 10mm 두께의 농축 전지는 약 5 내지 약 15개의 과립의 깊이를 갖는다. 통상적인 전지 두께 및 교환 비드 크기는 스트리핑 이온의 큰 활성 표면적 및 유체 유동과의 상호작용을 제공하고; 유동의 방향을 따라 유체가 낮은 또는 보통의 유동 저항으로 투과

하고; EDI 작동을 위해 구조된 스택에서, 전극 극성 및 회석/농축 부가 작동의 주기적 반전 모드에서 상호교환되는 경우 합리적인 돌연 퍼징을 허용한다. 그러나, 교환 비드 크기 및 전지 치수에 견줄만한 크기는 전체 탈이온 공정에 대해 특정 제한을 부여하고, 스택 내의 전지 충전 공정에서, 시간 경과에 따른 전지 충전의 분배 또는 단일성을 유지시키는 경우, 또는 적합한 유동 임피던스를 유지시키는 경우 어려움을 발생시킬 수 있다.

일반적으로, 이온 제거 속도를 제어하여 EDI 공정의 양태를 증진시키는 것이 바람직하다. 종종, 이는 스택 전압, 스택 전류, 또는 일부 스택 유동의 전도성을 제어함에 의해 수행되어, 예컨대 과도한 분극, 일부 유동 경로의 이온성 과부하, 또는 스케일(scale) 형성 또는 침착과 같은 열악한 이온 상호작용 공정 등의 컨디션의 발생을 방지한다. 상기 파라미터는 특정 이온의 제거를 증진, 또는 특정 이온이 제거되는 유동 경로 부분의 결정을 위해 제어될 수 있다. 이런 목적을 위해, 종종 EDI 스택 내의 전력 사용 또는 전하 수송의 메커니즘은 벌크 공정으로서 처리된다.

그러나, 거시적 규모에서, 공급 유체로부터 농축 채널로의 혼합 이온 교환 수지 베드를 통한 이온 수송 현상은 불연속적으로 또는 단편적 메커니즘에 의해 진행된다. 이온 교환(IX) 과립에 의해 포획된 이온은 네른스트(Nernst) 전도--회 전기장에 의해 구동된 이온 이동--에 의한 과립을 통해 반대 전하의 전극의 방향으로 이동한다. IX 과립이 다음 IX 과립과 접촉되는 인접 교환 멤브레인 또는 표면에 도달할 때까지, 이온은 입자를 통해 이동한다. 이것이 반대 유형의 IX 과립("반대 교차점")이면, 전하가 축적되고, 물이 분극되고, 이온이 하이드로늄 또는 하이드록실 이온을 취하여 주변 유체로 방출된다. 이런 중간적 경계의 경우, 과립이 이온을 방출할 때에, 이는 적절한 전하의 가용 이온(예, 하이드록실 또는 하이드로늄 이온)을 취하는 반면, 방출된 종은 적당한 유형의 다음 가용 이온 교환 비드에 의해 포획될 때까지 주변 스트림에서 표류한다. 따라서, EDI 전지의 이온 교환 비드는 반대 교차점에서 "염을 던진다". 이온이 입자를 통해 동일한 이온 교환 유형의 인접 입자로 이동하거나, 또는 동일 유형의 이온 교환 멤브레인과 접촉하는 전지의 한 경계에서 입자를 통해 이동할 때에, 이는 인접 교환 입자 또는 멤브레인으로 직접 방출될 수 있다(즉, 이온은 단순히 네른스트 이동을 계속할 수 있다). 상이한 유형의 IX 입자 사이의 경계에서의 다중 방출 또는 입자-물 경계에서의 방출에 의한 이온 이동시에 발생하는 주변 유체로의 완전 방출 및 그 후 다른 입자에 의한 재포획과 비교 시에, 이런 이동은 전기적으로 보다 전력-효율적이다. 이는, 유사-종 교환 매질과의 접촉을 통한 연속적 이동이 물 분할이 생기는 것을 필요로 하지 않으므로, 과량의 가용 전자를 필요로 하지 않기 때문이다.

수송의 메커니즘 및 효율은 많은 양의 이론적 및 실험적 모델링으로 행해져, 가용 수지에 대한 적절한 비율의 균일-크기 또는 공지된 분포의 음이온 및 양이온 교환 과립의 결과를 얻고, 또는 수지 베드 치수 또는 층 크기는 최적 구동, 가변 크기 분포를 갖는 비드의 수송 성질, 뿐만 아니라 상이한 깊이를 갖는 베드에 의해 결정될 수 있다는 것이 잘 이해될 것이다(예, 블라디미르(Vladimir Grebenyuk)에 의해 발행된 솔루션 및 모델링, 1965 및 그의 이후의 논문 참조). 그러나, 구동에서, 많은 수의 일반적으로 허용가능한 디자인이 이런 컨디션에 기여하는 또는 생성물 품질을 손상시키는 국소 가열, 스케일링(scaling), 또는 불규칙적 국소 과도 또는 결핍 전류 분포와 같은 문제가 있음이 밝혀졌다. 이들은, 수지 믹스 또는 분포의 변화, 특정 구동 범위 내로의 전압 또는 전류의 제어, 및 기타 기술과 같은 접근법에 의해 언급되어졌다.

10 이상의 비드 직경 깊이를 갖는 혼합 베드에서 중에서 낮은 비율적(ratiometric) 또는 대략적 상당량의 음이온 및 양이온 교환 과립 또는 비드를 갖는 전형적 충전(filling)은 높은 유동 또는 투과성을 제공하지만, 높은 정도로 유체 중에 존재하는 이온이 포획되고 제거되기에 충분한 정도로 유체의 유동이 음이온 및 양이온 교환 과립 모두와 확실히 접촉하도록 할 수 있다. 그러나, 이들 치수 제한은, 입자 경계에서의 이온 방출 및 수 분할을 포함하는 상기 불연속적 수송 메커니즘에 기인한 특정 구동 비효율성을 필수적으로 초래한다. 또한, 이들은 반대-유형 비드 교차점에서의 계속적 방출에 의해 생성 수에서 특정 역치 수준으로 잔류 이온을 초래한다.

다른 비효율성은 전형적인 전류 EDI 스택 디자인에 존재한다. 전도성 및 결과적인 포텐셜 차이는 장치 내에서 폭넓게 변할 수 있다. 수지 내에 존재하는 제거된 이온의 로딩(loading)은 상당히 크고, EDI 장치가 반대 모드에서 구동될 때, 대치 및 다른 공정이, 구동을 열화시키거나 또는 품질을 유지하기 위해 생성물 또는 농축 유동의 상 전환(phased diversion)을 필요로 할 수 있는 연장된 출력을 초래한다. 총 이온 이동 거리가 작게 되는 경우, 예컨대 회석 또는 농축 전지의 두께를 감소시키는 경우에, EDI 스택의 일부 구동 효율성이 현실화될 수 있다. 그러면, 적당한 극성의 최근접 멤브레인(회석 전지에서)으로의 이온 이동 거리는 보다 작아지게 되어, 이온이 보다 빠르게 농축 채널로 이동하고, 제거된다. 적당한 필드 구배는 전극에서 보다 낮은 구동 포텐셜에 의해 생성될 수 있고, 보다 얇은 전지에서는, 스택에서의 전지의 수가 증가 및/또는 총 유체 유동이 증가될 수 있다. 또한 이온 수송 속도를 높이고 이동 시간을 줄이기 위해, 스택에 인가된 포텐셜이 감소되거나, 또는 증가된 전기장이 인가될 수 있다. 또한, 이는 공급 유체의 선형 유동 속도를 증가시킨다.

그러나, 전지 두께의 감소는 대수롭지 않은 변화가 아니다. 충전된 전지의 수지는 일반적으로 특정 수준 및 균일성의 이온 포획 및 제거, 특정 수준 및 균일성의 유체(유동) 임피던스, 및 특정 수준 및 균일성의 치수 간격 및 특정 수준 및 균일성의 인접 전지 멤브레인의 지지력을 확보하는 역할을 한다. 보다 얇은 전지가 사용되면, 이런 변화가 전지 치수가 수지 크기에 비해 작아지지 않도록 보다 미세한 수지가 필요할 수 있고 탈이온 효과에서의 예상치 못한 변화를 유도할 수 있다. 또한, 보다 작은 입자로 충전, 예컨대 입자 슬러리의 유동-침착에 의한 어셈블링된 스택의 충전, 또는 스택의 어셈블링 이전의 개별적 전지 "엔빌롭(envelopes)"의 어셈블링 라인 충전은, 수지 유형에 의한 불규칙적이거나 또는 예상치 못한 분리 또는 침전을 초래하거나, 통상적인 방법에 의해 충전되거나 또는 보다 큰 통로로 수송된 보다 큰 비드를 갖는 보다 큰 전지와 비교 시에 완전히 파괴 또는 불규칙적 패킹(packing)을 초래할 수 있거나; 또는 이런 비-벌크 장치의 어셈블리는 너무 비싸서 필적하는 장치를 생산할 수 없음을 증명할 수 있다. 수지의 비균일 분포 또는 내부 유동에서의 변화는 과도 전류 영역, 저 전류 영역, 특정 이온의 과도한 pH 또는 농도의 국소 영역 및 다양한 스케일링 또는 관련 문제를 초래할 수 있다. 또한, 보다 작은 전지로의 동시적 스위칭 및 수지 입자가 보다 작은 전지에서 교환 수지의 실질적으로 균일 분포를 유지시킬 수 있지만, 보다 작은 입자는 상이한 교환 성질 뿐만 아니라 유체 역학적 성질을 갖게 될 것이다. 이들은 유동 임피던스를 증가시킬 수 있고, 즉 보다 작은 투과 공간, 보다 큰 유체 드래그(drag) 및 보다 높은 후 압력을 갖는 보다 차단된(obstructed) 유동 경로를 생성할 수 있다. 이는 소정의 유체 압력 또는 압력 차에 대한 성취가능한 유동 속도를 감소시키고, 스테그네이션, 분극 및 스케일링을 초래할 수 있거나, 또는 다른 열화적 효과를 유도할 수 있다. 교환 입자를 효과적 로딩 또는 분포시키는 방법, 막히는 부분 없이 전지에서의 입자의 보존, 및 기타 실용적인 문제가 또한 언급되어야 한다.

실제로, 이온 교환 물질에 의해 부여된 기계적 제한 및 제조 또는 어셈블링에서의 실용적인 문제를 명심해야 한다. 작은 비드로 충전된 이온 교환 멤브레인의 큰 병렬 시이트에 의한 유동 전지의 구성은 유동 경로의 핀칭-오프(pinching-off) 또는 돌출(bulging), 또는 불규칙적 충전 또는 불량하게 분포된("채널화된") 유동의 발달을 초래할 수 있다. 이는 일부 공급자, 예컨대 일렉트로퓨어 및 이노퓨어(현재 USF)에 의해 멤브레인과 결합된 긴 분할기 리브(rib)를 사용하여 부격실에 의

해 보다 작은 잘정립된 채널이 형성된 구성을 필요로 하는 것에 의해 확인되었다. 한편, 한 제조업자는 구획이 상당히 두껍고, EDI 공정이 농축 전지로의 보다 큰 하이드로늄 이온의 이동 속도에 의해 유도된 pH 이동에 의해 바람직하게 선택적 이온 제거를 증진시키는 장점을 단순히 취할 수 있음을 제안하였다(미국 특허 제 6,379,518 호); 이런 개요는 유동 경로의 국지 부문을 따르는 일련의 비-중성 유동을 이용한 것이다. 다른 이는 스케일링 컨디션을 피하거나 또는 회수성 요소의 증진된 분리를 제공하는 방식으로 장치 내에 스트림을 분리하는 이중극성 멤브레인 또는 부가적 분할기를 갖는 구성을 제안하였다.

상기와 같은 전체적인 EDI 구조 내에, 유동 경로의 상이한 영역에서 상이한 유형 또는 친화도의 교환 및 기타 수지, 또는 혼합 유형 또는 특정 유형의 수지 및 입자 뿐만 아니라 많은 상이한 멤브레인의 사용이 제안 또는 사용되었다. 또한, 많은 상이한 구동 방법이 이온의 선택적 제거를 언급하기 위해, 상이한 성분들을 공급 수에서 가용화시켜 이들이 이온화되고 제거되도록, 또는 물 또는 멤브레인 분극에 의해 일어날 수 있거나, 특정 공급 수로 인해 일어날 수 있는 바람직하지 않은 부작용을 언급하기 위해 제안 또는 사용되었다. 또한, 두 멤브레인의 반복 단위에 의해 정의된 회석 및 농축 채널의 엄격한 교대배열(alternation) 외에, 부가적 멤브레인 또는 상이한(이중극성, 불투과성, 스크린류) 멤브레인 또는 분리기를 요구하는 다양하게 분할된, 스테이지 또는 서브-채널 배열이 개발되었고, 이는 특정 용도 또는 문제, 예컨대 화학물질의 정제 또는 생성, 스케일링 또는 기타 바람직하지 않은 문제의 회피 또는 경감, 비드 또는 멤브레인 교차점에서의 전류의 상대적 분포, 또는 산, 염기 또는 특정 종의 부유 또는 선택적 고갈과 같은 문제가 언급되었다.

이 형태의 공지된 구조 및 변화는 탈-회화된 유장, 당 시럽 또는 다른 음식물로부터 방사능 또는 다른 폐수로부터 복합 염을 제거까지, 출발 광물 및 유기 불순물의 다양한 모체와 투입물로부터 고순도의 물을 생산까지 높은 정도의 효과로 많은 특이적인 EDI 태스크를 처리하도록 개질될 수 있다.

그러나, 광범위한 문제 유체를 처리하기 위한 기술 능력에도 불구하고, EDI 스택은 주문 방법이 아닌, 제품으로서 전형적으로 고안되는데, 상기 EDI 스택은 부피가 큰 이온 교환 수지의 표준화된 베드(bed)로 실질적으로 충전된 동일한 전지 또는 채널의 전체적으로 고정된 배열을 갖고, 안정적인 상태 또는 수년의 기간 동안 안정적인 상태의 작은 범위에서 작동되도록 의도된다. 투입이 다양하게 주어지는, 이러한 표준화된 제품의 한 바람직한 특성은 임의의 합리적으로 예상되는 투입 또는 개구 조건을 만날 때, 수행에서 예견하지 못한 문제 또는 퇴보에 종속되지 않는 것이다. 다른 바람직한 특성은 EDI 장치가 높은 수준의 광물 제거를 달성하는 것이다. 또 다른 바람직한 특성은 상기 장치를 괴롭고, 또는 시간 소모적인 시작 프로토콜 및 비정상적인 작동 없이 셋 다운 및 재시작할 수 있다는 것이다. 또 다른 추가적인 목적하는 특성은 장치를 수준 높은 질에서 가격 효과적인 방식으로 제조가능하다는 것이다.

그러므로 유용한 수명 동안 퇴보 또는 역변화에 저항하고, 당해 분야에 효과적으로 작동하는 반면, 폭넓은 용도로 사용될 수 있는 기초적인 구조가 계속적인 필요하다.

합리적인 전력의 사용으로 높은 수준의 정제를 달성할 수 있는 기초적인 구조도 역시 계속적으로 필요하다.

불순물의 낮은 잔류물 수준으로 정제를 달성할 수 있는 기초적인 구조도 계속적으로 필요하다.

## 발명의 요약

앞서 언급한 하나 이상의 목적 및 다른 바람직한 목적은 유동 채널(flow channel) 또는 낮은 농도의 전지가 결핍되거나 희박한 활성 수지(예를 들어 이온 교환 수지 또는 과립)를 갖는 전기탈이온(EDI) 기기를 제공하는 본 발명에 의해 성취될 것이다. 하나 이상의 형태일 수 있는 비드는 전지의 벽과 마주보는 것으로 정의되는 멤브레인 사이로 확장되는 반면, 인접한 멤브레인과 짧은 길이의 이온 구조 경로를 형성하고, 75% 이하(몇몇 실시양태에서 5 내지 20%이하)로 밀도 웰을 패킹하는 개방 패킹을 갖는다.

장치의 전지는 전지 내에서 로딩된 물질이 뒤 이음부에 실질적으로 상관 없이 있도록 멤브레인 대 멤브레인 두께 치수 및 수지 베드에 상응하는 높이를 갖는다. 비드의 베드는 수 입자보다 얇은 두께를 갖고, 바람직하게 1 내지 2 입자 두께이다. 상기 비드는 한 층보다 얇을 수 있거나, 얇은 입자의 분포를 갖는다. 예를 들어 실질적으로 희박하게 분포된 단일 비드(즉, 단리되거나 인접하지 않은 비드)로 실질적으로 구성될 수 있고; 실질적으로 단일층이다. 다른 실시양태는 이온 교환 비드의 이중층을 갖거나, 각각의 입자가 제한된 수의 이웃을 갖도록 분포된다. 패킹이 이중층일 때, 얇거나 양이온 교환 비드의 단일층 또는 양이온 교환 멤브레인에 인접한 물질을 포함하도록 이온 교환 형태에 의해 분리된 순서화된 이중층, 및 얇거나 음이온 교환 비드의 단일층 또는 음이온 교환 멤브레인과 인접한 물질 단일층일 수 있다. 가장 바람직하게 패킹, 레이아웃 또는 교환 물질의 다른 형태는 무시할 만한 수의 뒤 이음부를 갖도록 배열된다. 본 발명의 다양한 방법은 패킹 또는 분포를 생산하고 EDI 장치의 전체 구조를 위한 향상된 방법을 제공한다.

한 바람직한 실시양태에서, 비드는 단일층으로 놓이고, 전체 또는 비드의 실질적인 분량이 양쪽 멤브레인에 접촉하고; 마주보는 멤브레인 사이의 효과적인 공간은 명칭상의 입자 크기에 비교가능하고, 예를 들어 약 0.5 내지 1 mm 사이일 수 있다. 단리된 인접하지 않은 비드의 단일층 또는 층으로 각각의 비드는 양쪽의 멤브레인과 효과적으로 접촉할 수 있고; 비드의 낮은 계수 및/또는 습윤 상태에서 멤브레인 물질은 접촉 지점에서 멤브레인을 따르도록 하여, 직접 멤브레인-비드 이온 유동의 표면적을 증가시키고, 상대적인 이온 제거 전류 및 멤브레인 면적 위로 전류 분포의 전체적인 균일성을 향상시킨다. 한 실시양태에서 층이 한 비드의 수치보다 두꺼울 때, 상기 입자는 순차적으로 또는 계층적으로 놓일 수 있고; 본 구조의 바람직한 실시양태는 음이온 멤브레인을 접촉하는 회석된 전지에서 음이온 수지 입자의 실질적인 단일층, 및 양이온 교환 수지에 일반적으로 예치되고 양이온 교환 멤브레인을 접촉하는 양이온 교환 수지 비드의 실질적인 단일층을 사용한다. 이 이중층 구조는 희박한 베드(즉 반대 전하의 이온이 방출될 수 있는 뒤 이음부가 실질적으로 없음)에서 입자 대 입자 접촉의 분포를 야기한다. 이 이중층 구조 및 단일층 구조에서, 상기 베드는 정상 작동이나 전류 밀도가 증가할 때 염을 내보내지 않고, 그러므로 상기 구조는 폭넓은 다양한 조건하에서 높은 순도의 생성물 유체를 생산하도록 믿을 수 있게 작동될 수 있다. 상기 구조는 또한 전기탈이온 반응 장치의 강력한 공정을 제공할 것으로 기대된다. 공정 변수는 생성물 물의 질 면에서의 역변화, 저장된/채워진 이온의 과량 또는 볼러스 방출, 또는 공정의 다른 역변이를 일으킴 없이, 상이한 투입물 또는 상이한 농도 단계를 조정하도록 믿을 수 있게 변화될 수 있다. EDI 스택의 어셈블리는 일시적인 또는 영구한 부착물로 층 및

비드 분포를 안정화함으로써 용이하게 될 수 있다. 스크린 망은 또한 전지내에서 비드 분포를 안정화도록 제공될 수 있고, 몇몇 실시양태는 예비부품화된 구조화 동안 비드를 충전시킨 하나 이상의 층을 정의하도록 스크린 망을 유리하게 이용한 다.

한 실시양태에서, 회석 전지, 농축 전지 또는 전극 공간 전지 같은 EDI 장치의 유동 전지는 약 3mm 이하, 유리하게 약 2mm 이하의 두께의 전지와 두 개의 이온 교환 멤브레인 사이에서 정의되고, 바람직하게 연결 멤브레인의 표면 사이의 전지 두께가 약 0.3 내지 1.0mm 사이의 공간을 갖는다. 한 예시적인 실시양태에서, 두께는 약 0.5mm이다. 전지는 실질적으로 단일층을 형성하는 음이온 교환(AX) 과립, 또는 실질적으로 단일층을 형성하는 양이온 교환(CX) 과립, 또는 구조적인 층을 같이, 구조적인 층은 실질적으로 균일하게 혼합된 단일층 또는 희박하게 분포된 혼합된 수지의 단일층, 또는 사이한 이온 교환 형태의 2개 이상의 지역을 갖는 줄무늬 층일 수 있고, 또는 유동 경로의 길이를 따라 2개의 이온 교환 형의 비가 변하는 정렬된 층일 수 있다. 본 발명의 단일층 또는 희박한 비드 구조는 전극 공간 전지에 적용되고, 바람직하게 단일형태 수지가 사용된다. 바람직하게 멤브레인 사이의 공간은 안정되거나 상대적으로 고정된 수지 비드의 분포를 확실하게 하기 위해, 또는 양호한 이온 전도성, 멤브레인 구조적 지지 또는 공간, 및 양호한 유체 통과 또는 통과 유체의 필요와 경쟁하는 사이의 초과 시간 초기 균형을 유지하기 위해, 분포된 개방 지지물을 제공하는 망 또는 레티클(reticle)을 갖고 있다. 즉, 회석 전지는 비드에 부가적으로 망 또는 스크린을 함유한다. 망은 수지 입자 크기에 비교할 만하거나 동일한 척도 서열인 격자 공간을 가질 수 있다. 예를 들어, 망은 망의 스트랜드가 약 0.5 내지 5mm 사이의 개구로 정의된 스크린 망일 수 있다. 비드는 비드를 유지하도록 탄성적으로 변형된 망에 삽입될 수 있고, 또는 젖은 비드 각각이 단일 망 개구에 부착되도록 젖은 상태로 망 크기로 체로 걸러질 수 있다. 이 방법은 분리되도록 로딩될 수 있거나 어셈블링 동안 스택상에 머물 때 로딩될 수 있는 격자-세공을 제공하는 망과 함께 희박하게 분포된 비드의 단일층을 효과적으로 제공한다.

다르게는, 입자 크기, 예를 들어 비드 직경의 2 내지 10배 이상의 직경보다 큰 개구 크기를 갖지만, 비드 이동 또는 교환 형 분리를 방지하기에는 충분히 작거나, 또는 응집되는 경우 비교적 소량의 복수의 분산된 클럼프를 형성하는, 즉 확률적으로 균일하지만 희박한 분포를 유지하는 수지를 보장하는 충분히 미세한 메쉬상에 비드를 산재시켰다. 스크린의 존재로 인한 안정화 방법은 전지의 전체 전기 전도성이 양호하고 균일하게 유지되는 것을 보장하고, pH 변화 또는 고 극성화의 의도하지 않은 영역이 발생하는 것을 막는다. 상기 메쉬는 적당한 표준 치수 또는 강도를 가질 수 있고 사용시 기계적 견고성 및 필수 온도 및 화학적 환경에 대한 혼화성 및 의도된 제품 수 순도를 보장하기 위한 적당한 물질로 구성된다. 또한, 상기 메쉬는 이의 경계 멤브레인을 포함하고 전지 중의 교환물질을 갖는 전지의 유체의 효율적인 접촉을 증가시키기 위한 난류 또는 혼합을 촉진시키는 엮이거나 가교된 필라멘트 구조를 가질 수 있다. 예를 들어, 확장된 메쉬(유동면의 정상 측에 대해 꼬인 스트립을 갖는다), 또는 유동면의 위 아래를 교대로 교차하는 필라멘트를 갖는 메쉬가 EDI 전지에 배치될 수 있다.

본원에 기술된 희박한 수지 구성, 즉 전지가 비거나 완전 또는 촘촘히 패킹된 구성은 전지 두께 및 수지 이온-전도 통로 길이의 치수 감소를 허용하는 반면, 효율적인 탈이온 처리를 위한 멤브레인 배치 및 개구 유체 유동 통로를 유지시킨다. 예를 들어, 수지 분포는 1mm 이하의 두께 치수(인가된 전기장의 방향에 따라)의 전지를 통해 효율적인 유동을 이끌어낼 수 있고, 요구되는 이온 이동 거리를 단축시키고, 이온 제거/운송 속도를 향상시킨다. 본 발명의 희박한 수지층은 적은 두께의 적층, 단일형, 혼합형, 등급형, 줄무늬형 또는 다른 층을 포함한다. 희박한 분포는 종점 이온 전도성 리버스 비드 접합을 감소시키거나 제거하고, 따라서 상호-입자 이온 흡용 또는 염-배출을 감소시키거나 제거한다; 즉, 정상상태 및 동적 상태 모두에서 종래 기술을 특징으로 하는 보다 두꺼운 수지층의 이온-수송 메커니즘에서 주로 발생하는 것보다 입자-멤브레인 접촉 표면에서 나타나는 이온 분리, 표류 및 탈환의 발생을 감소시킨다. 따라서, 본 발명의 EDI 유니트에서는 회석 전지에 포획된 이온의 수지 입자로부터의 분리가 주로 발생하거나, 또는 종래기술의 시판중인 EDI 유니트의 두꺼운 층 전지 층 전물의 입자-수 또는 헤테로입자 경계 특성에서 다중 중간 시간이 발생한다. 따라서, 작동의 전기적 효율 및 안정성, 및 이온 제거에 대한 총 이동 시간이 향상되어, 용량의 새로운 효율 및 작동 모드의 새로운 방식을 허용한다. 바람직하게는, 층 전물은 이층 또는 단층을 형성하여, 이온이 수지에 의해 한번 포획되면 단일 비드내부에서 전지-경계 멤브레인까지 전체적으로 움직이게 한다. 유사하게, 농축 전지는 길이에 따라 제거된 이온의 속도 및 유형의 변경에도 불구하고 바람직한 균일하거나 조절된 전도성을 수득한다.

한 양태에서, 전지의 교환 매질은 이온 교환 수지의 실질적으로 패킹되지 않은, 불완전-충전되거나, 심지어는 실질적으로 산란되거나 비-연속적 입자를 포함할 수 있다. 예를 들어, 각각의 입자는 다른 입자와 접촉하지 않거나, 소위 패킹된 층 충전물을 형성하기 보다 0 내지 3의 다른 입자 사이에서 접촉할 수 있다. 패킹된 층에서, 패킹 및 교체 비드로 채워진 공간의 %는 완전히 또는 대부분 입자 크기 또는 입자 크기 분포에 의해 측정되고, 일반적으로 약 60 또는 심지어는 80%를 초과하는데, 경계 멤브레인에서의 비드를 제외한 모든 비드는 복수의 이웃하는 비드와 접촉한다. 예를 들어, 균일한 구형 비드의 종래기술의 두께의 수지층에서, 육각형 패킹이 자연적으로 가정되는데, 이 때 각각의 비드는 약 10포인트를 초과하는 비드-투-비드 접촉을 갖고 전지 부피의 20% 미만의 공급물 투과를 위한 완전 비틀린 틈 공간을 한정한다. 2 미만의 입자 깊이를 갖는 층을 갖는 본 발명은 훨씬 낮은 패킹 밀도를 나타내고, 보다 개방된 유동 또는 투과 공간을 나타낸다. 회석 전지에서 희박한 매질을 사용하는 경우, 농축 전지는 교환 매질을 전혀 포함하지 않을 수 있고, 스크린 스페이서를 단순히 포함하여 목적하는 멤브레인 지지체 및 투과 공간을 유지할 수 있거나, 또는 성기계 분포된 이온 전도성 매질을 함유할 수도 있다. EDIR(EDI 역전) 실시양태에서, 회석 및 농축 전지는 실질적으로 유사할 수 있다.

본 발명의 하나의 실시양태에서, EDI 전지는 이온 교환 과립 비드의 희박한 분포를 포함하고, 이 때 입자는 산란되거나 다르게는 유동 전지 멤브레인의 표면 위에 분포되고 멤브레인과 인접하는 멤브레인 사이에 삽입되어 상기 두 멤브레인 사이에 이온-전도성 포스트 또는 지지체를 제공한다. 입자는 멤브레인들이 분리되도록 지지하고 유지하며, 멤브레인들 사이에 유동 전지 내부의 개방된 유동 여과 공간을 제공한다. 본 발명의 추가의 실시양태에서, EDI 전지는 교환 과립의 희박한 분포를 포함하고, 전지는 최소한 비드 크기만큼 큰 메쉬 크기를 갖는 스크린을 포함할 수도 있다. 따라서, 비드는 스크린의 개구부에 위치하는 반면, 스크린을 한정하는 필라멘트는 고정된 위치의 비드 "펜싱(fencing)" 비드에 인접하게 통과한다. 메쉬는 EDI 채널 또는 유동 전지를 완전히 가로지르도록 연장된 이층 또는 격자형 필라멘트성 스크린 메쉬일 수 있다. 수지 비드는 메쉬에 의해, 보다 큰 메쉬 크기 및 보다 많은 양의 비드 충전물로 제한되고, 비드는 또한 부분적으로 수직으로 지지되어 양호한 비드 대 멤브레인 표면 접촉 및 안정한 분포를 갖는 약 1과 1/2 내지 2와 1/2 비드의 층을 형성한다. 이 메쉬는 교차된 섬유(제 1 섬유는 제 1 방향에 따라 연장되고 실질적으로 전기 멤브레인에 평행한 면에 놓이며, 제 2 섬유는 일정 각도로 제 1 섬유와 교차하며 실질적으로 제 1 면에 평행한 제 2 면에 놓인다)로 형성된 스크린일 수 있다. 다르게는, 메쉬는 모두 단일 면에 놓인 섬유로 형성되거나, 또는 위/아래로 엮인 메쉬로서 섬유가 멤브레인에서 멤브레인으로 교대로 상향 및 하향 이동하게 된다. 일부 실시양태에서, 메쉬는 사선에서 직사각형 또는 정사각형 방향 메쉬 배향되고; 즉, 제 1 섬유 및 제 2 섬유 방향이 모두 전지를 통한 유체의 벌크 유동의 방향의 반대, 예를 들어 유동 통로의 방향에 대해 +/-90/4

각도이다. 메쉬를 형성하는 섬유는 상이한 높이 또는 수준으로 제 1 및 제 2 면에 놓일 수 있다. 이어서, 섬유는 채널에서 열십자선 펜스와 같이 연장된 분절의 격자를 형성하여, 소형 울타리의 그물을 한정한다. 울타리는 과립을 격리시키고 지지하여 이들이 하나의 입자 깊이보다 파일-업될 수 있는 층, 예를 들어 평균 1.3 또는 1.5 입자 직경 깊이를 형성하게 하나, 상기 비드는 유동 전지의 전체 영역에서 통계학적 의미로 균일하게 분포됨을 유지한다. 섬유의 면섬유로부터 인접하는 멤브레인까지의 높이가 최소 수지 입자 크기에 필적하거나 이보다 작아서 유체 유동 동안 전지가 충전되면 수지 입자가 메쉬 위로 이동하지 못하거나(홉핑) 메쉬 아래로 이동하지 못하게(크롤링) 배치될 수 있다. 하나 또는 둘의 섬유를 굵이 집계하여, 전지 높이를 효과적으로 충전시켜 스크린이 드리프팅으로부터 이온 교환 비드를 효과적으로 제한하는 교차 섬유를 포함하는 대향하는 멤브레인 사이의 순응 스페이스를 형성하게 한다. 따라서, 사용시 수지 입자는 포켓 또는 बैं크 속으로 표류하지 않아 일부 지점에서 전지를 통한 전기전도성을 손상시키거나 유체 유동을 차단할 수 있으나, 양호하게 분산된 전지의 벽을 포함하는 멤브레인을 이격된 관계로 접촉 및 지지한다. 보다 큰 규모의 실시양태에서는, 전지의 하나 이상의 세트가 약 1mm보다 두꺼운 경우 전지 내부에서 상이한 높이로 연장되는 섬유를 갖는 스크린의 사용은 스택 어셈블리 후 전지를 수지로의 유동화 충전용 용이하게 할 수 있다. 예를 들어, 하나 이상의 통로를 통해 유동화된 유동으로 충전시킴으로써, 예를 들어 미국 가출원 일련번호 60/354,246호(2002년 2월 2일 출원)에서, 스크린의 횡단 연장하는 기울어진 섬유 또는 레일은 주입된 유체 비드 슬러리를 전지의 길이 및 가로 방향을 가로지르는 충전부 바깥으로 유도하여 전지의 전체 면적에 걸쳐 충전물을 분산 및 분포시키는데 효과적인 배향 및 간격을 가질 수 있다. 얇은 슬러리를 사용하고 충전 과정 도중 이를 공기 펄스로 차단시킴으로써 비드는 전지에 균일하게 로딩될 수 있고, 빈 공간을 방지하고 유동화된 통행 도중 수지 유형의 침강 또는 분리를 방지할 수 있다. 그러나, 하기에서 상세히 논의되는 바와 같이, 바람직하게는 수지 충전물은 어셈블리를 구성하기 전에 수행된다.

본 발명의 하나의 바람직한 실시양태는 각각 희박한 분포의 교환 매질을 보유하는 대칭-치수의 회석 및 농축 전지를 포함하는 적층물이다. 이러한 적층물은 상기 전지의 복수의 쌍(예를 들어, 100 내지 300쌍)으로 어셈블링될 수 있고, 전지의 적층물은 역 방식(EDIR)으로 작동된다. 전지의 적은 두께 치수 및 존재하는 경우 메쉬는 전지를 통해 낮지만 양호하게 정의된 통행 시간을 갖게 하는 양호하게 정의된 비교적 낮은 임피던스를 제공한다. 따라서, 예를 들어 낮은 온도의 물과 같은 비-점도 유체 또는 보다 높은 온도의 시럽 및 추출물과 같은 보다 점성 유체의 경우, 얇은 전지는 향상된 처리 용량 및 공간 이용성을 제공한다. 크게 감소된 전지 두께는 전체적으로 적층물의 치수 감소를 가져와, 반-높이 EDI 유니트 또는 단일 적층물로 어셈블링된 복수의 유니트와 구성될 수 있어, 총 처리 시스템 설계의 용동성을 허용한다. 적당한 다기관은 2-단계로 구성되어 제공될 수 있다. EDI 적층물 및 브라인 또는 공급 통로 및 복수의 작동 특성은 각 단계에서 별도로 제어될 수 있다. 게다가, 상기 구성은 종래기술의 구성의 비드-투-비드 역 접합을 감소시키거나 제거하므로, 염의 배출, 생성물의 품질을 비례적으로 또는 낮추는 일 없이 큰 전류 변경이 가능해질 수 있다. EDI 수행에서, 공급물 및 브라인 유체 밸브는 미국 특허 4,381,232호에 도시된 유체 입구 또는 전극 작동의 밸브와 관련하여 안전을 통해 수행될 수 있다. 또한, 수행은 제품을 오염시키는 일 없이 하기에서 추가로 논의되는 바와 같은 역전 도중 브라인 측 상에서의 세정과 같이 수행될 수 있다. 이는 EDI 적층 과정의 범위를 연장시켜, EDI 적층물이 복수의 신규한 공급 유체로 안전하게 작동되거나, 신규한 적용 영역, 예를 들어 약학 또는 식품 산업 공정으로 연장될 수 있다.

다르게는, 본 발명에 따른 적층물이 하나의 유형의 전지, 예를 들어 회석 전지가 1/8 인치 내지 수인치의 범위를 갖는 통상적인 두께를 갖고, 인접하는 전지(예를 들어 이 경우 농축 전지)이 단층 두께 또는 희박한 비드 분포를 갖는 구조를 가질 수 있다. 이러한 구조는, 예를 들어 회석 스페이스의 대향면에 밀봉된 양이온 교환 멤브레인 및 음이온 교환 멤브레인을 갖는 밀봉된 개별 충전된 외피 유니트로서 형성되고 혼합된 비드로 충전된 회석 전지를 갖는 유형의 시판중인 적층물에 사용된 구조의 개질에 의해 용이하게 수행될 수 있다.

이러한 유형의 일부 존재하는 시판중인 적층물은, 예를 들어 밀봉된 회석 외피의 각 쌍 사이에 스페이스("농축 스페이스")를 단순히 배치함으로써 농축 전지를 형성한다. 농축 스페이스는 단순 폴리프로필렌, 또는 고체 주변 영역 및 스크린 스페이스를 보유하는 개방된 중심 영역을 갖는 다른 시이트형 개스킷으로서 형성될 수 있다. 스크린 부분에 대하여 사출성형될 수 있는 이러한 부분은 정밀 두께의 강 구조물을 제공하며, 스크린 부분은 멤브레인이 밀폐되어 서로 접촉하는 것을 방지하고, 농축 유동에 대한 개방 유동 또는 투과 채널을 유지시킬 수 있다. 시판중인 장치는 본 발명의 이러한 양태에 따라 개질되어 농축 챔버에서 단층 또는 희박한 충전물을 가질 수 있다. 이는 이온 교환 비드를 단순히 스크린 개구에 밀어넣고, 스크린 섬유를 희박한 단층에 비드를 탄력적으로 고정하기 위해 약간 구부리고, 비드-로딩된 스크린/개스킷 유니트를 의 존가능하게 들어올려 적층물상에 공간으로 이동시키고 어셈블링함으로써 수행될 수 있다. 이로써, 농축 전지는 비드를 농축 스크린에 단순히 첨가함으로써 적층 어셈블리의 과정으로 매우 간단하고 안전하게 충전될 수 있다. 이러한 종래기술의 시판중인 적층물은 유니트와 확실히 적층되고 양호하게 정렬된, 새는 곳이 없는 어셈블리를 허용하는 다양한 스페이스 상에서 통합-형성된 맞춤 주변 홈 및 이랑으로 성형된 스페이스, 및 맞춤 등록 핀 및 틈을 가질 수 있다. 각각의 밀봉된 회석 전지 유니트의 쌍 사이에 농축 스크린/단층을 배치함으로써 농축 전지의 전도성은 장기간 개시, 농축 유동 조정 또는 염 주입 없이 효과적인 수준의 실질적으로 중간 작동을 제공하기에 충분히 높다. 또한, 농축 전지 전도성은 이들 면적에 걸쳐서 실질적으로 균일하게 제조되어 회석 전지에 인가된 전위 및 적층물의 전체 저항이 모두 양호하게 제어된다. 예비충전된 회석 전지 외피로 형성된 적층물의 희박한 비드 개질에 관한 구조가 보다 상세히 기재되어 있는 미국 가출원 일련번호 60/398,954 호(2002. 7. 26. 출원)를 참조한다. 상기 문헌은 그 전문이 본원에 참조문헌으로서 인용된다.

본 발명은 또한 전술한 바와 같이 EDI 적층물의 제조방법 및 EDI 장치의 전지 중에 이온 교환 물질을 분포시키는 다양한 방법을 제공한다.

본 발명의 얇은 전지 또는 희박한 비드 EDI 적층물은 전지가 어셈블링될 때 이 속에 배치된 교환 매질을 포함할 수 있다. 희박한 비드 EDI 적층물을 어셈블링하는 하나의 방법에서, 수지는 전지의 제 1 멤브레인을 배치하여 중심 내부 영역(예를 들어, 회석 또는 농축 전지의 활성 챔버, 예를 들어 주변 스페이스에서 본체 중심 차단 또는 개방 영역에 의해 정의된 챔버)을 정의함으로써 전지에 첨가된다. 이어서, 수지 입자는 멤브레인 위에 산재되고 제 2 멤브레인이 전지에 근접하게 스페이스 상에 배치된다. 또다른 스페이스는 제 2 멤브레인의 상부 위에 배치되고 이러한 단계들이 반복되어 반대 유형의 다음 전지, 예를 들어 농축 전지를 충전 및 형성한다. 회석 전지를 충전하는 경우, 교환 비드의 목적하는 양을 하나의 유형의 제 1 층으로서 산재시킬 수 있고, 상이한 유형의 제 2 층을 산재시킴으로써 2-층을 형성할 수 있다. 이러한 경우, 제 1 층은 주로 제 1 멤브레인과 접촉할 수 있고 제 2 층은 제 1 층 위에 침착되어 주로 제 2 멤브레인과 접촉하게 된다. 다르게는, 수지는 단일 비드 깊이 층으로서 적용되거나, 실질적으로 비-연속, 분리된 비드의 희박한 층으로서 적용될 수 있다. 이러한 경우, 층은 혼합 조성물이거나, 또는 다르게는 음이온 교환 및 양이온 교환 유형의 교환 물질을 함유한다. 균일하게 혼합된 수지 충전물 이외에도, 충전물은 물질의 상대비를 변경시키는 물질일 수 있다. 예를 들어, 등급 조성물의 공급원으로부터 적용되거나, 전지의 길이를 따라 이동할 때 상이한 수지의 변경량을 조절하기 위해 조절되는 2개의 별도의 공급원(예를 들

어 노즐 또는 흡퍼)로부터 적용되어 영역 또는 유동 통로의 한 말단에서의 순수 AX 수지 또는 AX-풍부한 혼합물로부터 또 다른 영역 또는 전지를 통한 유동의 다른 말단에서의 순수 CX 수지 또는 CX-풍부한 수지로, 또는 이와 반대로 변경되는 교환 물질의 침착된 층을 형성할 수 있다. 수지 분포를 수행하는 기계적 어셈블리는 산재 메커니즘을 포함할 수 있다. 예를 들어, 수지 분포를 촉진시키는 하나 이상의 구성요소, 예를 들어 정의된 속도로 멤브레인 상에 산재될 때 비드로의 이동에 일부 성분을 부여하는 스크린 체, 하부 멤브레인의 목적하는 영역으로 향하는 하향 스트림으로서 산재된 비드를 한정하면서, 비드가 떨어질 때 동력학적(충돌성) 재분포를 통한 비드 분포를 랜덤화시키는 침니, 또는 비드가 멤브레인 표면에 대해 캐스케이드화 될 때 목적하는 단층을 단순히 보유하는 멤브레인 상의 패턴화된(예를 들어, 인쇄, 스텐실 또는 분무된) 접착제를 포함할 수 있다. 이러한 접착제를 충전 공정에서 사용하는 경우, 접착제는 EDI-혼화성 영구 접착제이거나 개시 후 또는 초기 세정 공정(예를 들어 산 또는 부식성 세정법) 운반 제거되도록 선택되는 일시적 접착제(예를 들어 녹말)일 수 있다. 전지에 침착되는 중에 적용되는 수지 유형은 일부 실시양태에서 전지를 통해 유동의 방향에 따라 수준 또는 부피비를 변경시키는 상이한 수지 유형의 띠 또는 줄무늬를 형성하도록 제어될 수 있다.

일부의 양태에서, 스크린 또는 메시를 충전의 이동을 고정 또는 제한하는데 사용된다. 이러한 구조는 산재된 충전에서 특히 바람직하고, 충전은 단리된 상 또는 물 교환의 비 인접 비드에 의해 구성된다. 통상적인 EDI 메시 구조에 달리 스크린이 특히 개방 유동 통로를 유지하는 스페이서로서 제공될 때 정의된 거리, 메시의 섬유, 각각의 작은 울타리의 모서리 형성에 의해 전지 멤브레인의 분리는 이동에 대한 전지내에 수지 입자를 분리하는데 효과적이다. 층이 하나 이상의 비드 깊이(예를 들어, 이것이 1 내지 약 2 비드 깊이일 때)일 때, 스크린 섬유는 또한 수지 입자를 지지하는 기능을 할 수 있다. 패킹 밀도는 비교적 80% 미만이고, 단일- 또는 이중-층이 사용될 때 약 40% 내지 약 50%의 수준에서 비교적 균일하고, 비인접한 비드의 산재된 층이 사용될 때 15 내지 20%만큼 낮다. 입자를 지지하고/하거나 제한하는 작은 개방 격자를 갖는 스크린의 용도는 수 미량 두께 보다 작은 입자 상을 의존적으로 형성하고 강하게 위치를 유지한다. 충전이 비교적 수 미량을 가질 때, 개방(고도의 투과성) 포장을 수득하고 큰 입자 크기 분포를 갖는 값싸고 분류되지 않은 이온 교환수지를 사용할 때조차도 양호한 멤브레인 접촉을 달성하였다. 균일한 크기 수지를 갖는 정밀한 단일 층을 용이하게 달성될 수 있고, 반면에 가우스를 갖는 수지와 함께, 다중양식 또는 넓은 입자 크기 분포, 단일- 또는 이중 층 두께를 갖는 입자가 평균 입자 수치의 수 배 이하의 전지내에서 의존적으로 달성가능하다.

실시에서, 유동이 그렇게 구성된 EDI 전지를 통하여 흐를 때, 추가의 경로의 상이한 방향 및/또는 상이한 수준으로 확장된 메시 섬유 단편의 존재는 구부러진 방식에서 전지의 두께 치수를 가로지르는 유동으로 편향시키고 통로의 양이온 및 음이온 멤브레인 측면 모두에서 이온 포착 및 제거에 대한 유동 전단 효과를 증강시킨다. 일반적으로, 멤브레인을 직접적으로 접촉 및 지지하는 단일 교환 비드의 존재는 각각의 비드가, 멤브레인을 지지하고 하나 또는 다른 인접한 멤브레인, 예를 들어, 이온 교환 유형(회석 전지중예) 또는 전류 유동의 균일성에서 단일방향의 이온성 전도를 제공하는 유동 통로에서 "기둥(pillar)"으로서 작용하는 구조를 초래한다.

구조의 또 다른 일반적인 형태에서, 본 발명의 EDI는 퇴적보다는 오히려 나선형의 굴곡성 EDI 단위로서 형성된다. 나선의 양태에서, 회석 전지, 농축 전지 또는 둘다의 상기 기술된 바와 같은 교환 물질의 산재된 충전으로 형성된다. 본 발명에 따른 단위는 용이하게 나선형으로 제조될 수 있고, 그렇게 구성된 얇은 전지는 고장, 예컨대 차단, 스케일링, 또는 고장, 노화 또는 조기 고장에 기여하는 다른 바람직하지 못한 실행이 발생할 수 있는 공간 및 고온의 지점에 개방된 균일한 전류 분포를 보증하는 반면에 다수의 나선형 굴곡이 각각의 단위에서 달성되게 된다. 유리하게, 이러한 나선형의 단위 구조에 대해서, 상당한 제조 효율성을 달성한다. 이온 교환 멤브레인을 연속적 실시에서 대량의 피복 공정으로서 비드의 피복으로 덮을 수 있고 전지를 멤브레인을 경계 밀봉에 의해 형성되는 하나의 긴 패쇄된 외피를 형성할 수 있다. 그 후, 그렇게 구성된 외피의 하나 이상은 카트리지내에서 굽어지고 폐쇄된다. 따라서, 나선형의 단위를 그 표면에 산재 비드, 사포 유사물, 각각의 회석 및 농축 복합물과 함께 전달되는 나선형-굴곡 외피로서 전지 형성물을 전하는 피복된 외피와 유사할 수 있다. 전기 분야는 방사성으로 예를 들어 종래 기술에서 중심 전극 내지 주변 전극사이에서 정해지고, 중심 전극은 또한 공급 또는 염수 복합물을 구성하는 파이프를 포함할 수 있다. 구조는 축성의 또는 방사형 유동으로 배열될 수 있다.

본 발명의 산재된 충전을 농축 전지 또는 산재된 비드 분포를 갖는 회석 전지를 포함할 수 있다. 이 경우에, 반대 유형의 전지(회석 또는 농축)은 EDI 장치-예를 들어, 보다 두껍고 비드-충전된 회석 전지 또는 빈 농축 전지 또는 증점제 및 비드-충전된 농축 전지(스크린 스페이서와 함께 또는 없이)의 종래기술과 유사하다. 본 발명의 단위에서, 회석 및 농축 전지의 둘다의 산재된 비드 분포, 회석 전지 및 농축 전지를 갖고 비드 충전의 동일한 유형을 가질 필요가 없다. 일반적인 탈염 적용에 대해서, 회석 전지가 두 유형의 교환 수지, 혼합되거나 또는 적층되거나 또는 스트림의 순서내를 포함하는 것이 일반적으로 바람직하다. 그러나, 본 발명의 일부의 양태는 회석 전지내에 단일유형 교환 수지를 가지고 특정 이온의 제거를 효과적으로 또는 증강시키고/또는 공정의 전체 또는 일부동안 실질적으로 산성 또는 염기성 스트림을 제공할 수 있다. 수많은 양태에서, 농축 전지는 수지의 단일 유형을 가질 수 있고, 수지는 유동 가공의 관점에서 구체적인 강도 또는 질을 갖는 것을 선택할 수 있다. 예로서, 음이온 수지가 스케일링에 증강된 저항을 위한 농축 전지에서 사용될 수 있거나 또는 양이온 수지가 산화에 대해 저항 또는 염소에 의해 분해에 유리한 특정 유동에 대해 사용될 수 있다. 이들 특성은 또한 전극 챔버 근처에서 사용될 때 유리하고, 이렇게 단일 유형 수지가 또한 음극액 또는 양극액 전지 또는 퇴적의 근처 부분에서 사용될 수 있다. 유사하게, 단일 유형 수지를 증강된 전도성, 열 저항성 또는 다른 특성에 대해서 농축 전지에서 사용하기 위해 선택할 수 있다. 또한, 제시된 유형의 모든 전지는 산재적으로 충전되고; 단위는 통상적인 두께 및 충전의 전지의 첫 번째 세트 및 산재된 충전을 갖는 전지의 두 번째 세트를 사용할 수 있음을 요구하지 않는다.

### 도면의 간단한 설명

본 발명은 상세한 구조 및 도시적인 양태를 제시하는 도면과 함께 본원에서 얻어진 기술 및 청구항으로부터 이해될 수 있다.

도 1은 종래 기술의 전형적인 EDI 장치 및 전지를 개략적으로 도시한 것이고;

도 1a는 도 1의 장치의 회석 전지내에 수 분할, 탈염 및 재조합의 상세도를 도시한 것이고;

도 2는 본 발명의 회박한 수지 분포를 갖는 EDI 장치의 전지를 도시한 것이고;

도 2a는 도 2의 전지의 2층 양태의 단면의 확대된 상세도이고;

도 2b는 본 발명의 전지를 갖는 스택의 한 양태의 개략적인 전개 투시도를 도시한 것이고;

도 3은 스크린을 사용하는 2층 양태를 도시하고;

도 4는 도 2의 전지의 단일 층 양태의 단면에서 확대된 세부를 제시하고;

도 5는 도 2의 전지의 혼합된 수지 단일층 양태의 단면의 확대된 상세도를 도시한 것이고;

도 5a는 도 2의 전지의 혼합된 수지 3층 양태의 단면의 확대된 상세도를 도시한 것이고;

도 5b는 도 2의 전지의 혼합된 수지 4층 양태의 단면의 확대된 상세도를 도시한 것이고;

도 5c는 도 2의 전지의 혼합된 수지 다중층 양태의 단면의 확대된 상세도를 도시한 것이고;

도 6은 본 발명에 따라서 집합된 EDI 스택에 대한 회박한 수지 분포를 적층하기 위한 이동성 진동 체와 결합된 어셈블리를 도시한 것이고;

도 7은 본 발명에 따라 회박한 전지를 다중 교환 수지로 충전시키는데 효과적인 분배기 어셈블리를 도시한 것이고;

도 8은 본 발명의 EDI 장치를 제작하기 위한 스페이서에 이온 교환 수지를 침착시키기 위한 분배 타워를 도시한 것이다.

#### 상세한 설명

본 발명은 종래의 EDI 단위의 구조와 관련된 전형적인 방법 및 상대적인 치수의 간략한 다음 기술을 보다 잘 이해할 수 있다. 종래 기술의 다중-전지 전극이온화(EDI) 적층을 도 1에서 도시적으로 제시하고, 적층형 전극이온화 반전(EDIR) 단위가 본 발명의 향상된 배열이 유리하게 적용될 수 있는 이러한 적층 및 다양한 요소의 일반적인 구조를 도시하고 있다. 잘 공지된 바와같이, 이러한 탈이온 장치는 수많은 상이한 크기, 형태, 실사 과정, 멤브레인 및 충전으로 제조될 수 있다. 또한, 이들의 임의의, EDI 및 EDIR 시스템 및 제시된 것과 다른 구조에 대해서 모두가 또한 본 발명에 따라서 개질될 수 있음이 다음 기술에서 명백하다. 또한, 멤브레인, 이온 교환 충전제 물질 및 단위의 전극사이에서 배열된 챔버의 배열은 도 2 내지 9에 관계에서 더욱 충분히 기술되는 본 발명의 원리로부터 시작하지 않는 다양한 공지된 관점에서 개질될 수 있음이 이해된다. 또한, 설명된 단위가 적용될 때, 본 발명은 또한 다른 EDI 구조, 예를 들어 나선형 굴곡 카트리지 구조에서 적용가능하다. 따라서, 도 1의 설명은 단지 배경 목적에 대해서만 도식적이다.

도 1은 공급 유동을 탈염하기 위한 EDI 장치를 도시하고 있다. 구체적인 장치는 다양한 방향내에 단위의 내로 및 외로 통과하는 용액을 위한 복합물 또는 도관을 포함하고 직접 전류의 방향의 주기적인 반전의 원리를 사용한다. 도시된 EDI 단위는 첫 번째 및 두 번째 전기적으로 절연된 말단 플레이트 또는 벽(1), 양극으로서 연결된 첫 번째 전극(3) 및 음극으로서 연결된 두 번째 전극(3a)를 포함한다. 전극을 전해질의 적당한 유동을 유지하는 것을 통해서 적극 챔버 또는 구획(5) 및 (5a) 각각에 적층된다. 양이온이 선택적인 첫 번째 이온 선택적인 수많은 멤브레인 C는 다르게는 두 개의 전극 챔버 사이에 확장된 적층내에 음이온이 선택적인 두 번째 멤브레인 A에 위치하고 각각의 멤브레인은 이온을 전도하게되는 이온 교환 기능성을 갖고, 이러한 선택적인 멤브레인은 양극과 음극 사이에 적용되는 전극 분양의 방향에서 각각 양이온 또는 음이온의 통과를 허용한다. 인접한 멤브레인의 각각의 쌍은 스페이서(11)에 의해서 분리되고, 스페이서는 개방 중심 구역을 갖고, 따라서 멤브레인은 인접한 챔버 또는 전지내로 두 개의 전극 챔버, 다르게는 두 개 유형 7 및 9이고 회석 전지(7) 및 농축 전지(9)로서 공통적으로 참조되는, 사이의 공간으로 세분된다. 회석 전지는 멤브레인 A가 전지의 양극 측면상에 있고 멤브레인 C가 음극 측면상에 있고 따라서 이온이 전지로부터 인접한 전지내로 각각의 전극 쪽으로 전달될 수 있는 것이다. 각각의 회석의 모든 측면상에 위치한 농축 전지는 반대 멤브레인 배열을 갖고, 이들이 임의의 추가의 전극쪽으로 가공으로부터 멤브레인을 통해서 받을 수 있는 이온을 효과적으로 이온을 차단할 수 있다.

통상적인 EDI 적층에서, 개스킷 유사물 또는 챔버 정의 스페이서 멤브레인 11은 전형적으로 1인치 및 약 1인치 두께의 작은 단편 사이이고, 유동 전지, 7 또는 9, 인접한 멤브레인 사이에 구성된 개방 내부 구역을 제한하는 정의된 벽 두께의 고체 경계선 벽 구역을 갖는다. 양이온-선택적 투과성 멤브레인의 제조 및 특성은 미국 특허 제 2,702,272 호, 제 2,730,768 호, 제 2,731,408 호, 제 2,731,411 호 및 기타에 개시되어 있고; 유사하게 음이온-선택적 투과성 멤브레인은 미국 특허 제 2,720,768 호, 제 2,800,445 호, 제 2,860,097 호 및 기타에 개시되어 있다. 멤브레인은 결합체내에 보유된 이온 교환 분말의 성형된 혼합물로 형성된 이형성이거나, 또는 멤브레인 그자체의 본체가 적당한 교환-기능화된 중합체 물질의 형성 중에 단일성 멤브레인일 수 있다.

EDI 단위에서, 이온-회석 챔버 7, 이온-농축 챔버 9 또는 모두는 유동 스트림으로부터 이온을 벗기고 이온 제거의 효율적인 속도를 크게 증가시키도록 조작하는 과립성, 구형 또는 섬유성 또는 다른 이온 교환 매질의 유동 침투성 충전제 또는 상 20 및 21을 그내에 함유한다. 교환 충전은 전형적으로 강한 음이온 및 양이온 교환 매질 또는 다양한 강 및/또는 약 교환 매질의 깊은 혼합물이고; 선택적으로 임피던스를 조정하고, 특정한 불순물 또는 foulant를 포획하거나 또는 통합된 가공 또는 적용(미국 특허 제 5,066,375 호 제 5,120,416 호 및 제 5,203,976 호 및 기타)에서 적당한 다른 기능에 효과적인 특정한 다른 수지 비드 또는 매질을 포함한다. 교환 및 다른 매질은 일반적으로 음식물 가공, 분말 또는 다른 산업적인 목적, 예컨대 탈염화, 감미제, 정화 또는 탈색화 등에서 상업적으로 이용가능한 수많은 이온 교환 수지 및 처리 매질로부터 선택되고, 목적 실시 특성을 갖는 겔, 거대다공성, 거대소포성 또는 다른 매질을 갖는 수지를 포함할 수 있는 전형적인 중합체이다. 스티렌 및 다이바이닐벤젠의 설폰화된 공중합체를 포함하는 구조의 4차원 암모늄 유형, 양이온 교환 수지, 강 또는 약 염기성을 갖는 수지 또는 강 또는 약 산성 기능성 및 효과적인 가교 결합의 큰 범위를 갖는 수지, 물 함량 또는 전송

특성 및 물리적 강도의 다양한 유형 또는 분해에 대한 환경적 저항을 혼입하는 음이온 교환 수지는 다우 롬(Dow Rohm) 및 하스(Hass), 푸로리트(Purolite), 시브론(Sybron) 및 세계를 통해 나머지를 포함하는 수많은 회사에서 용이하게 이용 가능하다. 충전은 중량, 분율 또는 활성당 혼합되거나 또는 층(이온 전송 방향을 가로질러), 밴드 또는 스트립(유동 유동 방향을 가로질러) 또는 단계의 분율을 따라서 처리 구역 등내에 분리될 수 있다.

도 1에서 제시된 EDI 장치의 도시된 전기 상태에서, 직류 장 원료의 극성은 도면의 상단에 위치하는 전극이 양극화 또는 양성화되고 바닥에 위치한 전극이 음극 또는 음성화된 전극으로 연결된다. 따라서, 이온-소모(유동-탈염 또는 회석) 챔버 7 및 이온-enriching 또는 농축 챔버 9를 포함하는 매개 챔버의 다수인 양극과 음극 사이에서 정의된다. 공급 액체는 공통 복합물 투입(13)에 의한 챔버에서 공급되고, 각각의 챔버를 도입하는 포트(15)와 커플되도록 도식적으로 도시될 수 있다. 최신의 실행에서, 복합물 및 도관을 각각의 전지내로 불연속 커넥터를 이용하기 보다, 멤브레인 및 스페이스 A, C, 11의 전체적인 적층의 고체 구역을 통해서 통과하는 오프닝을 단순하게 정렬된 공급 및 회수에 의해 제공될 수 있다. 그 후 공급, 생성물 및 농축 투입구 및 배출구 도관을 전체적으로 또는 포트에서, 스페이스가 적층중에 함께 수행될 때 쓰로우(through)-도관을 형성하는 정렬하는 스페이스 및 멤브레인을 통과하는 구경에 의해 형성될 수 있다. 전지의 각각의 유형-회석 또는 농축-을 형성하는 스페이스는 후자의 통로, 홈 또는 중심 전지 구역과 공급되는 구경 사이에 확장된 다른 통로를 가질 수 있고 전지는 따라서 모든 스페이스내에 정렬된 구경의 제시된 세트가 유일한 회석 전지내로 선택적으로 열리거나 또는 농축 전지만이 말단 복합물의 하나 이상에서 상응하는 부분으로 이들을 전달하여 위치시킬 수 있다. 다양한 형태 또는 비드 리테이너(retainer)는 스크린, 섬유 또는 콤팩트 벽을 형성하고 충전을 유지하고 수지 손실 또는 이동을 막을 수 있다.

일반적으로, 처리될 공급물 용액은 전자탈이온 역전(electrodeionization reversal; EDIR) 단위내로 연속식 또는 회분식으로, 직렬 또는 병렬 유동으로, 또는 당해 분야에 널리 공지된 다양한 다른 방식으로 통과할 수 있다. 예를 들어, 농축 챔버는 제순환 염수(brine) 농축 루프에 의해, 공급물로부터의 더 낮은 체적의 블리드(bleed)에 의해, 또는 탈무기질화된 회석 생성물로부터의 블리드(즉, 회석 전지를 통과한 공급물의 유동)에 의해 공급될 수 있다. 농축 챔버에서 유체 유동의 방향은 회석 챔버의 유동 방향과 같거나(순류 유동), 회석 챔버의 유동과 반대 방향일 수 있다(역류 유동). 챔버(7,9)로의 공급물 용액이 염 농도 면에서 유사하지 않거나, 이들이 상이한 액체로 구성되거나, 정밀한 압력의 유동 조절을 필요로 하는 경우, 분리 매니폴드가 각 유형의 구역에 대해 유입 연결을 제공하여 하나의 세트의 구역(7)이 제 1 매니폴드로부터 공급되고 다른 세트의 구역(9)이 제 2 매니폴드로부터 공급되도록 할 수 있다. EDIR(역전) 모드에서 사용되도록 구성될 경우, 스트립 역전 메카니즘, 예컨대 다중포트 수력학적 역전 밸브(도시되지 않음)가 또한 제공된다. 밸브는 예를 들어 2개의 상이한 유동 스트림을 서로 교체시키고, 회석 공급물 스트림을 조작의 두 사이클 동안 챔버의 하나의 세트로부터 챔버의 다른 세트에 전환시키고, 조화된(그리고 일반적으로 단계적인) 양식으로 농축 공급물 스트림을 정확히 반대 방식으로 전환시키도록 조작될 수 있다. 유사하게, 밸브를 조합하여 회석 및 농축 유출물을 목적하는 하류측 위치(예컨대 생성물, 폐기물, 또는 보유탱크, 또는 배수)로 향하게 할 수 있다. 두 사이클 모두에서, 전극 챔버로의 유동은 또한 역전되거나 상호 교체되며, 예를 들어 이전의 애노드(현재 캐소드)가 전해질 용액의 스트림으로 수세되고 이전의 캐소드(현재 애노드)가 그를 통과하는 다른 액체 유동을 가지도록 할 수 있다. 이 경우, 애노드 또는 캐소드 조작에 적합한 전극 구조가 제공된다. 이는 특별한 티타늄 또는 백금화 전극 구조물, 또는 다른 비교적 비싼 전극(그렇지 않을 경우 오직 애노드에만 채용되었을 것임)이 애노드와 캐소드 모두에 사용될 것을 요청한다.

용액이 전자탈이온 역전(EDIR) 단위의 챔버를 통과할 때, 회석 챔버(7)에 존재하는 이온은 교환 수지 충전물의 표면에서의 포획에 의해 공급물 스트림으로부터 제거되고 수지 및 인접하는 멤브레인을 통한 이온성 전도에 의해 이동하여, 제거된 이온을 그들의 전하 극성에 따라 하나의, 또는 다른 인접한 농축 챔버(9)로 수송한다. 생성된 정제된 회석 스트림은 도관(17)을 통해 공통의 방출 또는 생성물 유출 매니폴드(19) 내로 통과한다. 하나 이상의 전해질 유출구, 예컨대 유출 파이프(29)를 사용하여 액체(및 기체)를 전해질 챔버(5, 5a)로부터 제거할 수 있다. 다양한 공지된 시스템에서 추가적인 기능, 예컨대 농축액 또는 다른 유동의 pH를 설정하는 기능을 달성하기 위해 하나 이상의 전해질 스트림을 적용할 수 있다. 유사하게, 제시된 EDIR 상태에서는 이온-농축 챔버인 챔버(9)의 제 2 세트에 공급된 용액은 회석 챔버(7)로부터 챔버(9)로 이동하는 이온을 채집한다. 이 농축 염 용액은 농축 챔버로부터 도관(17a)을 통해 공통의 방출 매니폴드(19a)로 통과한다. 솔레노이드 밸브(도시되지 않음)가 전기적으로 접속되고 그들의 작동은 극성 역전 스위치에 대해 연동되어 각 세트의 챔버로부터 통과해 나오는 용액이 수거되거나, 다르게는 예를 들어 다른 챔버 또는 공정으로 향하도록 한다. 전극 리드(30, 30a)는 전극을 극성 역전 스위치(32)를 통해 직류원(34)과 연결한다. 명확한 설명을 위해, 도면에는 처리 시스템에서 이러한 전자탈이온 역전(EDIR) 단위와 관련하여 사용될 수 있는 통상적인 펌프, 유동 제한기, 로타미터 또는 밸브는 생략된다.

완벽을 위해, 종래 기술의 EDIR 단위가 전술된 단순한 시스템보다 여러 방식으로 설계 변경될 수 있다는 것을 주목한다. 상기 변경중 하나는 유입물이 동일한 전자탈이온 역전(EDIR) 단위 내에 한 쌍의 전극 사이에 위치한 후속 세트의 회석 및/또는 농축 챔버에 공급될 때 한 세트의 회석 및/또는 농축 챔버의 유출물 용액을 통과시키는 "내부 다단화(staging)"이다. 이러한 회석 및 농축 챔버의 세트는 "수력학적" 스테이지라 명명되며 장치는 두 개의 말단 전극 사이에 복수의 스테이지를 조합할 수 있다. 다른 변화는 스테이지중 둘 사이에 중간 전극을 삽입하는 것이다. 전극은 공통으로 연결될 수 있고, 상기 두 스테이지는 스택의 가운데, 예컨대 중간 전극 사이에 위치한 유동 분배 블록으로부터 수력학적으로 공급되어, 전류가 한 전하의 말단 전극과 반대 전하의 중간 전극 사이에서 인접하는 전기 스테이지를 통해 반대 방향으로 유동하게 한다. 하나 이상의 수력학적 또는 전기적 스테이지, 또는 이들의 조합은 단일 EDI/EDIR 스택 내에 사용될 수 있다. 다른 구조의 변화는 2개(또는 3개)의 멤브레인이 1개(또는 2개) 스페이스에 밀봉된 모듈 단위를 어셈블링함으로써 개별 회석 또는 농축 전지, 또는 전지 쌍을 제공하고; 모든 전지를 통해 횡방향으로 연장되는 유입/유출 도관을 제공하는 것을 포함한다. 교환 매질, 수지 또는 팩킹(packing)의 존재, 유형, 비율 및 공간 분포에 있어서 큰 변화가 또한 가능하다.

도 1에 도시된 바와 같은 종래 기술 장치의 회석 및 농축 챔버는 일반적으로 챔버를 채우는 이온 교환 비드의 직경보다 여러 배 더 큰 두께를 갖는다. 그 결과, 충전된 전지에서 이온 포획, 전도 및 방출 과정은 두꺼운 층의 것이고, 여기서 상이한 유형의 복수의 이온 교환 비드는 제거된 이온의 상당 부분에 대한 이온 전도 경로의 포트를 형성한다.

도 1a는 종래 기술의 전형적인 EDI 회석 전지에서 일어나는 결과적인 수 분할, 탈염 및 재오염 과정을 예시한다. 도면에 도시된 바와 같이, 많은 음이온- 및 양이온-교환 비드는 멤브레인 사이의 거리를 채우고 있어, 비드의 연쇄가 이온 수송에 관여하고, 이들은 이온 이동에 대한 다양한 가능성을 제공한다. 전류가 통하는 시간 동안, 전기장이 성립되어 양 및 음 이온의 일반적 이동 방향을 지배한다. 양이온(C) 및 음이온(A) 교환 수지 비드의 혼합된 층에서는, 네 가지 유형의 비드-대-비드(또는 비드-대-멤브레인) 접합이 있는 바, 이들은 개략적으로 본원에 C→C, A→A, A→C, C→A의 표기법으로 표시되며, 여기서 C 및 A는 양이온 교환 물질 및 음이온 교환 물질을 각각 나타내고, 화살표 "→"는 전기장 방향을 나타낸다. 전자

-화산의 과정에 의해, 집합 A→C에서 국소 제한 전류하에 염 양이온은 주위의 물로부터 양이온 교환 비드(C)로 수송되고, 염 음이온은 주위의 물로부터 음이온 교환 비드(A)로 수송된다. 수소 및 수산기 이온은 전류가 '물 분해'로 공지된 과정의 제한값을 초과할 경우 전류 운송 과정에 크게 참여하기 시작한다. 따라서, 여기에서의 국소 전류 밀도가 제한값을 초과할 경우 염 수착 및 수소 및 수산기 이온 생성이 집합 A→C(물 분해 집합)에서 일어난다. 염 수착으로 인해, 용액 도전성은 물 분해 집합 A→C 근방에서 감소하며; 이 과정은 물의 전기 저항을 국소적으로 증가시켜, 국소 전류 밀도를 감소시키고 또한 상기 집합에서 수소 및 수산기 이온 생성을 감소시킨다. 주위 유체에서의 전자-화산으로 인해, 집합 A→C에서 생성된 수소 및 수산기 이온은 따라서 다른 양이온 및 음이온 비드에 도달하고, 여기서 이들이 존재함으로써 상기 입자에서 염 이온 수착이 가능하게 된다. 그러나 역전 집합 C→A에서는, 상기 쌍의 양이온 비드(C) 내에서 이미 움직이는 양이온은 도난(Donnan) 배제로 인해 음이온 비드(A)를 통해 수송될 수 없다. 따라서, 역전 집합 C→A에서, 이전에 수착되었고 한 비드 내에서 움직이는 염 이온은 단순히 주위의 물에 다시 들어가고 처리된 유체를 국소적으로 재오염시킨다. 이 재오염은 역전 집합 임피던스를 저하시키고, 국소 전류 밀도를 증가시킨다. 전체 과정은 물 분해 집합과 역전 집합 사이의 전류 재분배를 유발하며, 이 효과는 또한 물 재오염을 초래한다.

따라서, 종래 기술의 두꺼운 층 충전은 내재적으로 "입자성" 전류 분배 및 EDI 챔버를 통한 유동을 재오염시키는 수준의 염-분출(salt-throwing)을 유발한다. 전체 효과는 EDI 단위에 의해 달성되는 이온 제거 정도의 상한(예컨대, 달성가능한 물 품질 한계)을 제한하고, 도전성 종말점 뿐만 아니라 조작의 속도, 전기적 효율 및 다른 측면에 영향을 미치는 것일 수 있다.

본 발명은 전지가 얇고(인가된 전기장 방향으로) 비드와 같은 이온 교환 물질을 실질적으로 모든 비드가 직접적으로, 또는 직접적 경로를 따라 인접한 멤브레인으로 전도하도록 하는 팩킹으로 함유하는 전자탈이온 장치 또는 전자탈이온 방법을 제공함으로써 종래 기술의 상기 단점을 해결한다. 결과적인 팩킹 밀도(즉, 비드 단면적 대 전체 전지 단면적의 비율)는 최대 밀도보다 훨씬 낮다. 이러한 교환 물질의 분포는 본원에서 "희박한(sparse)" 또는 "여유있는(spare)" 분포라 지칭되며, 하기의 몇몇 실시예를 참조하여 가장 잘 이해된다. 예시적으로, 실시예는 비드 2층, 비드 1층, 특정 3층 및 4층 구조, 및 1층이고 또한 고립(isolated) 또는 비접촉(non-contiguous) 비드를 포함하는 비드 분포를 갖는 것으로 기술된다. 고립 비드는 규칙 또는 정교적 패턴을 형성하거나, 더 랜덤한 분포를 형성할 수 있다. 본 발명의 다른 실시양태는 희박한 충전의 위치 또는 공간 분포를 한정하거나, 고정하거나, 속박하는 물질(예컨대 접착제) 또는 구조물(예컨대 메시)을 포함한다. 이들 및 다른 특징은 본 발명에 따른 EDI 장치의 특징을 도시한 도 2를 참조하여 이해될 것이다.

도 2는, 대표적인 전지(107, 109)를 나타내는, 본 발명의 EDI 기기(100)의 한 실시양태의 확대 상세도이다. 전지(107, 109)는 도 1의 전지(7, 9)에 상응하며, 소간격으로 떨어져 있는 선택적 투과 음이온 또는 양이온 교환 멤브레인(도 1에서는 "A" 또는 "C"로 나타냄)들 사이로 한정된다. "소간격"이란 전지에 적재된 이온 교환 매체의 공칭 치수(예컨대, 비드의 직경)의 단지 약 1 또는 2배 정도의 간격을 의미한다. 상기 간격은 통상의 충전된 희석 전지 두께에 비해 작고, 이에 따라 인접 멤브레인(C, A)으로의 짧은 이온 수송 경로 길이를 제공하거나, 마주하는 멤브레인 간의 저 저항의 전기적 브릿지를 제공한다(농축 전지에서). 이러한 이유로, 본 발명의 전지로 된 스택은 종래 EDI 스택에 비해 개선된 속도, 용량 또는 전기 효율을 제공한다. 도 2의 스택은 희석 전지(107) 주위에서 경계를 형성하는 제 1 스페이서/가스켓(110), 및 농축 전지(109)의 경계를 형성하는 제 2 스페이서/가스켓(120)으로 구성되며, 이와 같이 각 스페이서는 상응하는 희석 또는 농축 챔버를 형성하는 개방 중앙 영역을 한정한다. 챔버내 이온 교환 비드(125)는 스페이서의 중앙 또는 내부 영역에서 멤브레인(A, C)을 지지 분리시켜, 멤브레인이 특정 최소 간격으로 떨어져 있게 유지하고, 적당한 유동이 작동시 전지를 통해 유지될 수 있다. 간단히, 비드 분포를 단지 하나의 희석 전지 및 하나의 농축 전지로만 뚜렷하게 예시하였다. 또한, 하나 또는 두 유형 모두의 챔버는 스크린 또는 메시를 포함할 수 있으며, 이의 스트랜드(140)는 그의 단면도에서 볼 수 있으며, 도 1의 농축 전지(109)에 도시되어 있다. 메시는, 사용되는 경우, 유동의 평면을 따라 교환 비드(125)의 이동을 방지하여 이온 교환 물질의 초기 분포를 유지하며, 전지 내부에서 비드의 국소 축적, 침강 또는 고갈 또는 비드 유형의 재분포를 방지하는 치수로 이루어진다. 다른 실시양태에서, 스페이서(110, 120)는 (예컨대, 사출 성형에 의해) 스크린 메시와 통합되어 형성될 수 있거나, (예컨대, 메시의 경계 영역 주위에서 하나 이상, 예컨대 상부 및 하부 가스켓 부분을 접합하고 봉입함으로써) 어셈블링될 수 있거나, 또는 메시의 가장자리 영역으로 EVA와 같은 경화성 중합체를 스크린 인쇄하는 것 등의 방법에 의해 형성될 수 있다. 또한, 메시는 고 인장 강도 물질로 형성될 수 있어, 부풀어 오르거나 스페이서의 수직 부분의 압출을 방지하는 등의 일반적으로 직사각형인 교유 스페이서 형상을 보존하는 인장 억제력을 제공한다. 이러한 구조적으로 강한 메시 물질을 사용하면, 스페이서 물질의 치수적 이동, 부풀어 오름 또는 압출 없이, 보다 높은 내부 수압 하에서도 전지를 위치시킬 수 있거나, 보다 높은 토크 압축 볼트로 스택에 조여질 수 있다.

도 2a는 이중층 교환 비드를 갖는 것을 예시하고 있는, 본 발명의 희박 분포 EDI 희석 전지 스택의 한 실시양태에서 물 분해 및 탈염의 개략도이다. 도시된 희박 이중층은, 희석 전지에서 음이온 교환 멤브레인(A)에 인접하여 놓인 실질적으로 음이온만의 교환 비드(AX)로 된 제 1 층, 및 양이온 교환 멤브레인(C)과 인접하여 놓인 실질적으로 양이온만의 교환 비드(CX)로 된 제 2 층을 갖는 정렬된 이중층이다. 도시된 바와 같이, 음이온은 AX 수지에 의해 포획되어 인접 음이온 교환 멤브레인으로 직접 이동할 수 있으며, 양이온은 CX 수지에 의해 포획되어 인접 양이온 교환 멤브레인으로 직접 이동할 수 있다. 음이온 및 양이온 교환 비드의 접합부에는, 물 분해가 이온 교환 물질을 재생시킨다. 이와 같이 정렬된 이중층을 사용하면, 음이온 또는 양이온 전도 경로에 위치한 상이한 교환 유형의 비드가 실질적으로 존재하지 않고, 따라서 잘못배향된(막힌 지점) 거꾸로된 접합부(C → A)가 존재하지 않는다.

앞서 논의한 바와 같이, 약 1밀리미터 두께 하에서 전지에 정렬된 이중층을 형성하는 것은 어셈블링시 주의를 요한다. 더욱이, 교환 비드는 치수가 감소된 염분이 있는 형태로 적재되고, 종종 수화 후 또는 EDI 유닛의 작동 후만으로도 전지 벽에 대해 확고하게 들어맞을 수 있기 때문에, 층을 구성하는 비드의 초기 위치 안정성이 불량할 수 있다. 한편, 층 구조가 손상되지 않은 경우 비드에 의해 포획된 각 이온이 농축 전지로 직접 이동될 수 있기 때문에, 양이온 교환 비드 및 음이온 교환 비드의 정렬된 층 위치를 유지하는 것이 바람직할 것이다. 즉, 경로 길이 및 임피던스는 최소이고 효율은 최적화된다.

도 2b는 본 발명의 EDI 스택(200)의 예시적 실시양태의 분해 투시도를 도시한 것으로, 여기서 농축 전지(205) 및 희석 전지(203) 모두는 희박 분포로 구성되어 있다. 스택은 제 1 및 제 2 전극(E1, E2)과 볼트를 통해 조여져 있는 제 1 및 제 2 말단 판(206a, 206b), 및 그 사이에 서로 교차하는 전지들(203, 205)로 이루어져 있다. 스택은 전극 지지물 및 스페이서 구조물, 및 당 분야에 공지된 전해질 전지 충전물(도시되지 않음)을 추가로 포함한다. 농축 전지 및 희석 전지는 각각 경계부(205a, 203a) 및 중앙 개방 영역(205b, 203b)을 갖는 개별 스페이서, 및 각 개방 영역에 놓여 있고 각 전지를 한정하는

스페이스와 그 다음 것 사이에 고정되어 있는 선택적 투과성, 예컨대 이온 교환 멤브레인(M)(개략적으로 도시됨)로 각각 한정된다. 스택의 중앙부로부터 단지 3개의 회석 전지 및 2개의 농축 전지만이 도시되어 있지만, 시판되는 구조에서는 스택이 1500 내지 수천 전지의 쌍을 포함하는 것이 일반적일 것이다.

도 2b에 도시된 바와 같이, 각 스페이스의 본체부(203a, 205a)는 얇으며, 회박 분포의 비드 또는 교환 수지를 고정하기 위한 각 전지의 유효 두께를 정의한다. 회석 스페이스(203)에서의 부분(208, 209), 및 농축 스페이스(205)에서의 부분(211a, 211b)는 전지를 통한 유동의 일반적인 방향을 규정하며, 각 구획에서의 유동은 당 분야에 공지된 각종 보조 구조, 예컨대 전체 또는 부분 분할기(215, 회석 구획으로 도시됨), 개방된 스크리닝되거나 미충전된 유동 균등화 영역 또는 구획(도시되지 않음) 등에 의해 필요에 따라 할당되거나 균일화될 수 있다. 이러한 구조에서, 스택은 멤브레인, 스페이스를 성공적으로 위치시키고, 비드를 배분하고, 다른 멤브레인으로 밀폐시키면서, 요구되는 전지 개수가 완성될 때까지 이러한 방식으로 스페이스, 비드 및 멤브레인을 연속시킴으로써 수평한 전지를 갖는 배향으로 어셈블링될 수 있다. 유리하게는, 농축 전지에 위치한 매질을 크게 작동시켜 전지 전도도를 증가시키고, 일반적인 이온 교환 물질로서 최적화시킬 필요가 있다. 따라서, 전도성, 화학적 또는 열적 조건에 대한 내성, 또는 다른 이러한 특성에 대해 물질을 선택할 수 있다. 회석 구획에서, 물질은 혼합된 회박 비드 또는 패턴화된 분포로서 본원에 기재된 임의의 형태를 취할 수 있다. 하나 또는 둘 모두의 유형의 전지는 농축 전지에서 스크린(250)으로 나타낸 바와 같이 메시 비드 안정화제 스크린을 포함할 수 있으며, 이는 스페이스 자체의 성분일 수 있거나, 적당한 등록 및 어셈블링 절차에 의해 개별적으로 첨가될 수 있다. 또한, 스페이스는 이러한 상이한 지형 구조를 가질 필요가 없다. 이들은 개별 스페이스 내에 실질적으로 대칭인 레이아웃, 또는 유동관을 EDIR 작동과 비교적 유사한 개별 및 전체 작동 조건으로 유지시키면서 농축 및 회석 전지의 상호교환을 가능하도록 구성된 항-대칭성 포트 배열(회석 스페이스와 농축 스페이스 사이)로 구성될 수 있다.

이와 같이, 도 2b의 실시양태에서, 회석 전지 및 농축 전지 모두는 회박 분포를 포함한다. 다른 실시양태에서, 하나 이상의 전지 세트는 통상적인 두께로 이루어질 수 있다. 예컨대, 스택 부분 또는 내부 스테이지는 회박 분포를 갖는 농축 전지 로만 배열될 수 있다. 이는 제 2 스테이지가 매우 낮은 유동의 비교적 순수한 물(제 1 스테이지 생성물인 물 등)으로 작동될 때 더욱 두껍거나 비어있는 전지가 높거나 비규칙적인 저항을 제공할 수 있는 경우에서 바람직할 것이다.

도 3은 스크린 스페이스(50)를 또한 포함하는 본 발명의 이층층 EDI 회석 전지의 하나의 실질적인 실시양태에서 물 분해 및 탈염을 개략적으로 도시한 것이다. 스크린 스페이스는 복수의 교차된 스트랜드 또는 섬유(51a)로 한정된 스크린, 메시 또는 격자구조물을 포함한다. tm크린 자체는 바람직하게는 전지를 밀폐시키고 인접 멤브레인을 분리하는 스페이스 또는 주변 가스켓에 고정될 수 있다. 예시된 스크린의 스트랜드(51a)는 약 수개의 비드 직경으로 간격을 이루는 메시지를 갖지만, 바람직하게는 약 2 내지 10밀리미터 미만인 것이 바람직하고, 이에 따라 전지 충전, 취급 및/또는 작동 과정에서 교환 비드의 이동 또는 배치를 제한하여 한 장소에서 비드를 매우 멀리 이동시키거나 응집시키지 않을 수 있다. 여러 실시양태 및 구성 방법에서, 스크린 스페이스는 균일하고 효과적인 비드 분포로 놓이는 것을 촉진시키는 작은 메시지를 가질 수 있고/있거나 한번 침작된 분포의 안정성을 유지시키는 것을 돕는 가능한 한 큰 메시지를 가질 수 있다. 또한, 메시는 개방 유동 균등화 또는 상응하는 회석 또는 농축 전지의 유동 향상 영역을 규정하는 비드-부재 영역을 포함할 수 있다. 본 발명의 이러한 양태에 따라, 충전된 전지에서의 스크린의 포함, 및 스크린 구조 상에서의 비드의 배분(예컨대, 비드-고정용 접착체의 적절한 패턴을 스크린 상에 스크린 인쇄하여 개방 및 충전된 영역을 한정할 수 있음), 주입 매니폴드 유동 분배기, 비드 리테이너, 및 채널링-방지 디플렉터 베인 등의 삽입되거나 몰딩된 전문 보조기구에 의해 이전에 달성된 복수의 기능을 수행할 수 있다. 여러 어셈블링 기법은 본 발명의 회박 비드 층을 형성하는 실질적이고 효과적인 방법의 일부로서 스크린 스페이스를 충전된 전지에 제공하는 설명에서 이후 논의할 것이다.

상기와 같이 형성된 층은 도 3에 도시된 바와 같이 단일유형의 제 1 수지 층 및 상기 수지 층상에 침착된 반대 유형의 층을 갖는 이층을 포함할 수도 있고, 이하 본원에 기술된 회박한 분포의 또 다른 층일 수도 있다. 하나의 간단한 경우에서, 비드는 비교적 균일한 크기일 수 있다. 그러나, 층은 상이한 입자 크기를 갖는 비드, 예컨대 다양한 크기 분포를 갖는 비드, 또는 여러 양상의 크기 분포를 갖는 비드의 혼합물일 수도 있다. 일반적으로, 비드는 전지의 멤브레인과 확고하게 접촉해야 하며, 이러한 접촉은 상당히 균일한 크기의 비드, 또는 안정한 층을 집합적으로 형성하는 몇가지 크기 또는 분포의 비드를 사용하면 가장 간단히 달성된다. 고도로 팽윤성의 고무상 매트릭스를 갖는 복합 멤브레인을 사용하는 경우, 비교적 폭넓은 크기 변화를 갖는 비분류 비드에 대해서도 비드와 인접 멤브레인 사이의 양호한 접촉이 용이하게 얻어진다. 마찬가지로, 본 발명의 성가게 충전된 전지를 통상적인 두께의 전지로 교체하는 경우, 팽윤된 과충전된 통상적인 전지는 인접한 회박한 세포에서 양호한 비드-멤브레인 접촉을 제공하기에 충분한 멤브레인상의 압력을 확보한다. 이와 달리, 전지가 모두 회박한 유형인 경우, 즉 충전되지 않고 단순히 회박한 분포의 비드를 갖는 경우에는, 스페이스(및 스크린이 사용되는 경우 스크린)의 치수를 접촉을 촉진시키도록 설정하는 것이 중요하다.

도 3에 도시된 순차적인 이층 분포에 있어서, 스크린은 제 1 층(예컨대, 음이온 교환 비드의 하부 단층)이 스트랜드(50a)들 사이의 영역을 실질적으로 충전시키도록 함으로써 세포 어셈블리를 돕고, 이어서 스트랜드(50a)는 제 2 단층(예컨대, 양이온 교환 비드의 단층)을 상기 제 1 층상에 안정된 얇은 형태로 지지하여 각 유형의 비드가 적절한 멤브레인과 접촉하도록 한다. 예시된 스크린은 상부와 하부에 교대로 존재하는 스트랜드(50a)를 갖는다. 이러한 다중 높이의 스크린은 순차적인 층 구조를 형성하고 보존하는 것을 돕는다. 도 2a의 실시태양에서와 같이, 이렇게 수득된 회박한 분포는 역 접합점을 포함하지 않는다. 이 실시태양에서는, 스크린 자체가 비교환 물질로 형성되고, 필라멘트(50a)의 직경이 충분히 작아 필라멘트가 비드-멤브레인 접촉을 스스로 차단하거나 방해하지 않는다.

상기 도면은 예시의 간편화를 위해 원형(구형)의 이상화된 비드를 도시하였다. 그러나, 실제로는 이온 교환 비드는 전체적인 형상이 보다 불규칙적이다. 본 발명은 본 발명의 실시가 잘 형성된 구형 비드 형상의 사용으로 한정되거나, 또는 잘 분류된 "모노스피어(monosphere)", 균일한 형상 또는 심지어 균일 크기 비드의 혼합물로도 한정되지 않는다. 본원에서 이들 비드를 언급할 때, "크기"란 용어는, 본원에서는 직관적 또는 자국적 의미로 사용되기는 하지만, 분포 곡선, 공칭 크기, 한쌍의 최대/최소 직경, 평균적, 형식적 또는 가중 평균적 단면 치수 값, 또는 다른 입자 크기 특징 또는 값을 포함하는 것으로 이해될 수 있다. 유리하게는, 비드가 두 멤브레인 사이의 공간에 성가게 분포되는 경우, 분포의 성질은 비드간 간격에 걸친 멤브레인 편향을 가능하게 하여, 일반적으로 본 발명의 실시태양에 의해 달성되는 멤브레인-비드 접촉 또는 표면 일치성(그에 따른 이온 전도성)을 향상시킬 수 있다. 스크린은 비드 팩킹 및/또는 다양한 크기 수지와 안정성을 향상시키기 위해 챔버에 사용될 수 있고, 이들 특징부의 조합에 의해 수지는 상당히 다른 크기의 비드를 함유하는 경우에도 효과적이게 된다. 따라서, 비드 크기, 스크린 메시 및 스페이스 두께는 모두 어셈블리 및 조장에 효과적인 조건을 유지하도록 적절히 선택될 수 있다. 기능적으로, 스크린은 비드의 위치를 고정시키거나 극히 회박한 충전물과 같은 분포물에 대한 안정성을 제공하는데 특히 유용하고, 이 때 각 비드는 서로 분리되어 있고 그의 가장 가까운 인접 비드들의 전부 또는 다수에 의

해 지지되지 않으며, 또는 비드는 낮은 비율의 전기 멤브레인 표면적만을 피복하고/피복하거나 비드 분포는 상이한 크기의 비드로 구성되고/되거나 층 및/또는 스트라이프와 같은 패턴화된 영역으로 구성된다. 또한, 스크린은 멤브레인 간 간격을 최소가 되게 하여 적절한 유동 단면을 확보하고 멤브레인-멤브레인 접촉 또는 단락을 방지한다.

일부 스크린 실시태양은 스트라이프 또는 다른 단일유형 층 또는 서브-층 패턴 구조를 성기 분포로 초기에 형성할 뿐만 아니라 이후에 보존하기 위한 스크린을 추가로 사용할 수도 있다. 예컨대, 약 20밀 메시를 갖는 스크린을 사용하여 비드를 습식 체질함으로써, 특정한 크기 분포(예컨대, 18 내지 23밀)를 갖는 비드가 표면 장력에 의해 메시내 또는 메시상에 포획될 수 있거나, 또는 보다 좁은 분포가 스크린 개구내에 물리적으로 유지될 수 있고 나머지 비드는 상부로부터 브러싱되어, 스크린 및 부착된 비드 단층으로 이루어진 중간 어셈블리를 남길 수 있다(이는 자유롭게 취급되고 희박한 단층으로서 또는 이층 분포물의 한 부분으로서 적층물로 어셈블리될 수 있다). 이층은 2개의 상기 스크린으로 형성될 수도 있고, 계량된 양의 제 2 층 물질을 산재시킴으로써 부가된 제 2 층을 가질 수도 있다. 또한, 접촉 접착제를 스크린에 도포함으로써, 제 1 유형의 비드 단층을 스크린의 한 면에, 그리고 동일한 유형 또는 제 2 유형의 비드를 스크린의 다른 면에 선택적으로 접착시킬 수도 있다. 스크린 개구는 각 면의 비드가 다른 면의 비드와 접촉하도록 하는 크기일 수 있다. 이는 EDI 장치의 멤브레인 사이에 직접 위치할 수 있는 취급이 용이한 이층 어셈블리를 생성하거나, 선택된 2개의 상기 비드 스크린을 멤브레인들 사이에 위치시켜 순차적인 4-비드 층을 형성할 수도 있다. 또한, 접착제를 스크린에 도포함으로써, 비드-비드 접촉부 사이의 임의의 접착제층 존재를 피하여 적절한 전기적 경로가 손상되지 않도록 한다.

EDI 장치가 물에서 광물질을 제거하거나 물을 정화하기 위해 작동되는 경우, 상기 장치는 희석 구획에서 음이온 교환 수지형 및 양이온 교환 수지형 둘 다를 사용하는 것이 종종 바람직하지만, 상기 유형들이 밴드 또는 순차적인 이층으로 분리될 필요는 없다.

도 4는 본 발명에 따라 구성된 단층 EDI 희석 전지에서의 물 스플리팅 및 담수화의 개략도를 도시하고, 여기서 희박한 분포는 단층의 1 비드 깊이이지만, 혼합된 비드 유형들로 형성된다. 즉, 단층은 양이온 교환 수지 비드(CX)가 산재되어 있는 음이온 교환 수지 비드(AX)를 포함하여 전지의 음이온 교환 멤브레인(A)과 양이온 교환 멤브레인(C) 사이에서 가압된 희박한 비드 층을 구성한다. 비드는 소정의 유형 비, 예컨대 중량 기준으로 1:1의 등물, 3:3, 또는 다른 고정되거나 선택된 비를 가질 수 있지만, 2개의 유형은 단일 층내의 전기 영역을 가로질러 무작위적으로 또는 일단으로 분포된다. 도 2a 및 3의 실시태양과 마찬가지로, 이러한 구성도 또한 리버스 비드 접합(C→A)을 제거하고, EDI 성능을 유사하게 개선한다. 특히, 역 접합에서의 이온 방출 제거는 잔류하는 재오염원을 없애고 생성물 순도를 높이는 한편, 전기 전도도를 일반적으로 보다 크고 확률론적으로 균일하게 하고 비생산적인 스플리팅 사건의 회피로 인해 전기적 효율을 보다 양호하게 한다.

도 5는 본 발명의 또 다른 실시태양을 예시하며, 전지내에 위치한 스크린 스페이서를 추가로 포함하는 것을 제외하고는 도 4에서와 같이 구성된 단층 EDI 희석 전지에서의 물 스플리팅 및 담수화 공정을 개략적으로 도시한다. 상기 스페이서의 스트랜드(50b)는 교환 수지 비드의 이동을 제한하며, 일반적으로 전기 충전 과정 동안 비드를 고정된 위치에 유지하여, 안정되고 균일한 비드 분포를 달성하면서 적층물 어셈블리 절차를 크게 단순화하게 된다. 예시된 스크린은 동일 평면내에 위치한 스트랜드를 갖고, 그의 두께는 바람직하게는 비드 직경보다 다소 작아서 스크린은 멤브레인-비드 접촉을 저해하지 않는다. 그러나, 상세히 도시된 바와 같이, 비드는 보다 작은 직경의 비드를 포함할 수도 있고, 스크린의 스트랜드는 어느 정도로 쌓아 올려져 멤브레인과 접촉하는 비드를 지지할 수도 있다. 따라서, 메시 크기, 스트랜드 직경, 및 비드 크기 및 분포에 따라, 1개 이상의 비드로부터 1개 반 또는 2개의 비드까지 다양한 층 두께가 양호한 멤브레인 접촉에 의해 독립적으로 형성되고 실질적으로 역 접합을 포함하지 않는다.

유리하게는, EDI 유동 전지를 패키징하는 어셈블리 공정을 수행하여, 교환 비드를 스크린 멤버상에 위치시킨 후 멤브레인들 사이의 스크린을 어셈블리함으로써 개시하는 단계를 실시하여 1층 또는 여러층의 매우 균일한 패키징을 형성할 수 있다. 이러한 공정에서, 스크린은 비드 크기보다 큰 메시 크기를 가질 수 있고, 본 방법의 한 양태에서 스크린은 우선 의도된 양의 비드의 적어도 일부를 포획한다. 이어서, 추가의 비드가 예컨대 초기 포획된 비드의 노출 표면에 대한 정전기적 인력에 의해 픽업되어 스크린을 추가로 충전시켜 스크린이 비드로 완전히 피복되지만 조밀화되지는 않게 된다. 이어서, 상기 비드 피복된 스크린 시이트를 멤브레인 사이에 어셈블리하여 비드를 전도성 좋은 층으로 조밀화한다. 이 공정의 중간 단계는 도 5A 내지 5c에 도시되어 있다.

도 5A, 5B 및 5c에서, "S"는 스크린 스페이서의 필라멘트를 나타낸다. 초기 비드는 스크린상에 고착된다. 이는 표면 장력, 접착력, 정전기, 자기 또는 전기적 상호작용의 힘에 의해 수행될 수 있다. 예컨대, 스크린은 습윤될 수 있고, 그의 메시 크기는 비드가 액체의 표면 장력에 의해 스크린에 접착될 정도이다. 접착제가 스크린에 도포되고, 상기 비드가 스크린에 접착되도록 일정량의 비드가 스크린에 도포될 수 있다. 또한, 자기 입자를 갖는 비드를, 자기 물질을 포함하는 스크린과 함께 사용하여 초기 양의 비드가 자기 인력에 의해 스크린에 접착되도록 할 수도 있다. 도 5A는 비드가 스크린에 접착되어 교환 비드가 본질적으로 단지 스크린 필라멘트와 접촉하여 비교적 분산된 것처럼 보이는 상태를 예시한다. 스크린은 비드를 픽업하기 위해 접착제-코팅될 수도 있고, 비드가 스크린에 선택적으로 접촉되어 양이온 및 음이온 교환 비드가 양 면에 있게 될 수도 있다. 이러한 단계는 실질적으로 연속적인 양이온 비드 층이 스크린의 한 면에 형성되고 실질적으로 연속적인 음이온 교환 비드 층이 스크린의 다른 면에 형성되고 두 유형의 비드가 메시 개구를 통해 단일 접합점에서 서로 접촉하도록 비드 직경보다 약간 작은 메시 크기를 갖는 스크린(도시안함)을 사용하여 수행될 수 있다. 그러나, 도 5A는 보다 넓은 메시지를 예시하고 있는데, 이는 이격된 스크린-부착된 비드 분포를 생성하는데 사용된다. 도 5B는 혼합된 수지 분포물을 사용하는 것을 제외하고는 도 5A에서와 같이 제조된 스크린상의 비드 분포물을 형성하는데 사용될 수 있는 제 2 단계를 예시한다. 바람직하게는 건조 조건하에 수행되는 이 단계에서는, 별표(\*)로 나타난 추가의 교환 비드가 정전기적 인력에 의해 비드/스크린에 스스로 부착된다. 즉, A\*로 표시된 음이온 교환 비드는 존재하는 양이온 교환 비드(C)에 부착되고, C\*로 표시된 양이온 교환 비드는 존재하는 음이온 교환 비드(A)에 부착된다. 생성된 분포물은 스크린에 부착된, 실질적으로 연속적이지만 느슨한 매트로서 자기-어셈블리된다. 도포되는 수지의 양에 따라, 최종 어셈블리는 완전한 층이 되지 못할 수도 있고, 희박한 비드 분포물은 표면 장력, 접착력, 정전기, 자기 또는 전기적 상호작용의 힘에 의해 스크린상에 안정화되고 고정화된 1, 2, 3, 4 또는 다층을 형성할 수도 있다. 이어서, 어셈블리는 자유롭게 취급되고 이온 교환 멤브레인 사이에 어셈블리되어 효과적인 EDI 장치를 형성할 수 있다. 이러한 시점에서, 비드는 도 5c에 도시된 바와 같이 확고하게 충전되게 된다.

얇은 EDI 전지내에서 산재형 분포를 갖는 스택 어셈블리의 기타 가능한 수단은 추가로 고려될 것이다. 2mm 미만의 두께를 갖는 것으로 넓은 표면적의 희석형 또는 밀집형 전지가 효율적인 충전을 위한 문제점을 초래할 수 있는 구체적인 제약

을 나타낼 수 있음이 인정될 것이다. 출원인은 완성된 전지 내부에서 효율적인 산재형 비드 분포를 달성하기 위한 몇몇의 EDI 제조 또는 충전 방법을 개발하였다. 이러한 방법에 의해 처리되는 업무는 비드를 산재하지만 균일하게 분포하는 것; (도 4에서 도시한 바와 같이 이중화 실시양태에 있어서) 상이한 유형의 비드 이중층을 형성하거나 다르게는 예정된 패턴 (예를 들어, 스트라이프형)으로 분포하는 단계; 봉합 표면이 아닌 전지의 유동 처리 영역내에서만 비드를 침착시키는 단계를 포함한다. "균일하게"라는 용어는 극도로 산재된 분포의 경우에도 확률적으로 균일함을 포함하는 것으로 이해될 것이다. 따라서, 비드를 포함하지 않는 임의의 설정된 좁은 영역이 나타날 수 있거나, 그 비율이 한가지 유형의 평균 비율 보다 클 수 있지만, 서로 밀접하고 전체 유동 처리 영역을 덮도록 비드를 분포시킨다.

실제로, 비드가 전지 내부에만 존재하되 밀봉 스페이서-멤브레인 표면에는 없도록 산재형 분포를 형성하는 요건은 비교적 고비용의 제조 기법이 요구되는 것으로 보인다. 그러나, 전술한 스크린 고정방법 및 구조 이외에, 본 발명은 산재형 전지 구성의 문제성 부분중 하나 이상을 처리하는 전술한 몇몇의 방법 및 구체화된 장비를 포함한다.

도 6은 본 발명의 실시를 위한 EDI 전지내에 비드를 분포시키기 위한 장치(100) 및 방법을 예시한다. 장치(100)는 개별적인 전지를 제작하거나 층의 순서로 스택을 제작하는데 사용하고자 하며, 이는 예를 들어 전술한 바와 같이 하나 또는 2개의 비드 두께로 주변부 스페이서/가스켓의 개방 중심 영역에 상응할 수 있는 형판의 중심 개방 영역 R에 상응하도록 비드를 살포함으로써 수행된다. 장치는 비드를 규칙화하고 분산시키는 진동 체를 갖는 기계화 비드 스프링클러를 포함한다. 산재화 어셈블리(또는 체, 도면에서는 가시화되지 않음)는 베이스 지지체(106) 또는 프레임에 대해 이동하는 플랫폼 또는 운반대(105)상에 설치한다. 베이스(106)는 충전될 전지 위에 배치가능하고, 개방 영역 R은 스페이서의 중심 영역과 정렬된다. 플랫폼(105)은 적당하게 제어된 기어 모터(108)에 결합된 구동 기작, 예를 들어 벨트 또는 체인(107)에 의해 베이스 플랫폼에 따라 이동하거나 스텝퍼 모터 또는 수력화 구동과 같은 다른 방법에 의해 이동할 수도 있다. 플랫폼의 운동 및 스프링클러 작동은 요구되는 비드 분포로 침착되도록 제어된다. 이동하는 플랫폼이 스페이서의 말단에 도달하면, 예를 들어 운반대를 멈추고/멈추거나 이들의 운동방향을 바꾸는 스위치를 활성화할 수 있다. 살포 기작은 2개의 비드 직경 보다 작은 개구를 갖는 체를 사용하고, 스크린이 활동적으로 진동하지 않는 경우에는, 비교적 작은 체 개구의 크기로 인하여 비드는 매우 쉽게 체의 개구부를 채우고 막아서, 살포작업을 신속히 중단해야 한다. 그러나 진동을 적용하는 경우, 개구를 채우고 있던 비드가 움직여서 스크린 메쉬 개구부를 통해 떨어질 수 있도록 비드를 자유롭게 하여, 체를 통한 비드의 유동을 다시 개시한다. 멤브레인 위에 IX 수지를 뿌리는 것(및 스페이서를 따라 배치된 IX 수지 침착물의 총 밀도)은 스페이서에 따른 운반대의 운동의 속력 및 체 면적 뿐만 아니라, 관련 조건, 예를 들어 체 진동의 진동수 및 진폭을 조절함으로써 정확하게 규제될 수도 있다.

상이한 IX 수지를 위해 개별적으로 제어된 서브유닛을 2개 이상 함유할 수 있는 교환 수지 저장 유닛 또는 공급관은 체/살포기 수단을 공급한다. 이동하는 플랫폼 속력 또는 체 진동의 진동수 및/또는 진폭을 변화시킴으로써, 스페이서 유동 경로의 길이에 따라 살포되는 IX 수지의 밀도를 변화시키고 또한 유동 경로에 따라 혼합층의 각각의 지점에 침착된 상이한 유형의 교환 수지 사이의 비율을 변화시키는 것이 가능하다. 운반대의 운동, 체 진동 계획 및 기타 변수는, 전지내 목적하는 분포로 이온 교환 비드를 침착시켜, 균일하게 어셈블링된 다중-전지 EDI 스택을 구성하도록 프로그램화된다.

출원인은 본 발명에 따라 산재형 분포 EDI 전지 구성을 위한 기타 제어가능한 분포 또는 비드 침착 수단을 개발하였고, 이들은 침착된 매체의 밀도, 유형의 비율, 또는 기타 양태를 변화시키기 위한 공정을 위해 작동되거나 개질될 수 있다. 이러한 한가지 실시양태에서, 운반대는 IX 수지를 분포하도록 하기 위해서 진동 체가 있거나 없는 복수의 회전식 스크린 드럼을 지지한다. 이러한 도포 수단은 도 7에 도시되어 있다. 이러한 실시양태에서, 2개의 비드-분배 드럼은, 하기의 EDI 전지의 중심 멤브레인 영역상에 비드를 떨어뜨리는 좁은 슬롯으로 비드를 쏟아내는, 경사진 벽이 있는 산재화 호퍼에 비드를 분배한다.

출원인은 일반적인 형태의 산재화 타워를 갖는, 다른 유용한 수지 분포 장치를 개발하였다. 도 8은 이동 수송기를 요구하지 않는 것으로 하나 또는 2개의 비드의 두께를 갖는 층내에서 EDI 스페이서의 개방 중심부를 따라 IX 수지를 개략적으로 분포하기 위한 이러한 유닛의 한가지 실시양태를 예시한다. 긴 밀폐형 타워(T)는 유동 전지 상에 배열가능한 굴뚝형 구조물과 같이 제공되며, 이는 EDI 스페이서의 상부에 배치 또는 설치된다. 타워의 수직형 벽은 스페이서의 내부 가장자리와 평행하며, 타워는 이와 정렬되어서, 그다음 멤브레인이 깔리는 경우에 각각의 비드가 충전된 이후에 떨어져나간다.

공정중에, 수지 비드의 제어된 스트림은 타워의 최상부 또는 상부 영역에 제공되고, 하나 이상의 스크린은 상이한 높이에서 굴뚝 내부를 관통하도록 연장된다. IX 수지(또는 혼합된 단일층 EDI 산재형 분포가 바람직한 경우에는, 혼합물)의 스트림 또는 계량 분획을 타워의 최상부에 쏟은 후, 상기 스트림 또는 계량 분획이 굴뚝 아래로 떨어지면서, 비드를 살포하도록 개조된 메쉬를 갖는 중간 스크린에 충돌한다. 떨어지는 비드의 속도 및 방향은 둘다 비드가 떨어짐에 따른 굴뚝 벽 및 스크린과의 충돌에 의해 불규칙해진다. 하나 이상의 스크린을 진동하거나 또는 흔들어서, 막힘이 없도록 하고/하거나 이를 통과하는 비드에 대해 운동의 측면 요소를 부여하도록 한다. 서로에 대해 또는 밑에 있는 전지로부터의 스크린의 상대적인 높이는 실험에 기초하여 생성된 비드의 산재형 분포가 가장자리의 공극 또는 텅지 없이 실질적으로 균일하게 분포되는 것을 보장하도록 조절될 수도 있다. 일반적으로, 스크린이 높을수록 비드를 쳐서, 살포하고, 전체 유용한 면적상에서 비드를 체질하기에 효과적인 작은 메쉬를 갖는 반면, 스크린이 낮을수록 살포 분포를 보다 용이하게 통과하는 큰 메쉬를 가질 수도 있다.

전술한 바와 같은 스크린 타워는 특정 치수로 만들어진 스크린 또는 다른 멤브레인(예를 들어 벌집)과 함께 배열되고 비드의 낙하의 속도를 줄이고 이들의 방향을 조준하여 실질적으로 착지 이전에 운동의 측면 성분을 멈추게 하거나 제거하여 비드가 신뢰가능하게 이들의 착지한 곳에 머무르도록 한다. 밑에 깔린 멤브레인도 습윤되어 스택상에 연속적인 구성요소를 어셈블링하는 경우에 비드가 제 위치에 정착화되어 튀기지 않도록 할 수 있다. 이와 같은 척도는 주변 벽에 인접하여 이중 밀도 또는 제로 밀도의 영역의 형성을 억제하여 비드 침착의 확률적 균일성을 증가시킬 수 있다.

## 실시예

### 실시예 1

8개의 전지 쌍으로 구성된 2개의 IONICS 4인치×20인치 EDI 스택을 어셈블링하였다. 하나는 종래의 120 밀 두께의 희석 전지 스페이서를 갖고, 다른 하나는 이중층 희석형 챔버를 규정하기에 효과적인 것으로 30밀(0.75mm)의 희석 전지 스페이서를 갖았다. 비드 층은, 인치 스크린당 9개의 스트랜드로 덮힌 습윤화 멤브레인에 체질을 함으로써 30밀 스페이서의 중심 영역의 멤브레인 위에 분포되고 고정된다. 스크린은 침착된 비드를 제 위치에 유지시킨다. 양 스택은 제조업체의 통상적인 음이온 교환 및 양이온 교환 멤브레인, 및 통상적인 음이온 교환 및 양이온 교환 수지 비드를 사용하였다. 2개의 스택은 둘다 0.32GPM의 유속에서 시험하되, 여기서 공급수의 전도도는  $23\mu\text{Sm/cm}$ 이고 실리카 적하량은 650 내지 695 ppb였다.

표 1은 시험 결과를 나타낸다. 산재형 비드 EDI 장치 성능은, 높은 제품 내성, 우수한 실리카 배제능, 및 낮은 총 스택 전기 저항을 특징으로 한다. 이러한 변수의 차이점은 실질적이었으며, 감소된 재료 비용 뿐만 아니라 높은 에너지 절약 및 개선된 제어능 또는 성능에 대한 잠재능을 나타낸다. 얇은 전지 결과는 또한 2개의 말단 블록 사이에서 매우 복수의 전지 쌍을 어셈블링하여 제품 품질을 손상하지 않고도 스택 용량을 증가시키는 EDI 스택을 형성할 수 있음을 제안한다.

표 1.  
규격형 및 이중층인 EDI-산재형의 비교

	수지로 충전된 전지 체적 분율(%)	X 수지 체적 비 음이온:양이온	8개의 전지 쌍의 스택 전기 저항( $\Omega$ )	실리카 배제능(%)	제품 저항 $M\Omega\text{-cm}$
규격형	100	1.65	30.3	68	13.37
이중층 산재형	74	1.12	16.8	95	17.35

## 실시예 2

통상적인 양이온 교환 멤브레인을 갖는 하나의 EDI 전지의 표면 비저항( $\Omega\text{cm}^2$ )을 2 시리즈의 실험에서 측정하였다. 제 1 시리즈의 실험에서는 종래의 스크린 스페이서 #3792(날텍스(Naltex) R)를 수지를 충전하지 않고 이용하였다. 다른 시리즈의 실험에서는, 동일한 스크린을  $60\text{mg/cm}^2$ 의 양이온 교환 수지 650C로 덮었고, 이는 글리세롤을 이용하여 스크린 상에 UPW 고정되었다. 1 내지  $5\text{mA/cm}^2$  DC 의 프로브 전류 범위를 이용하고 200 내지  $600\mu\text{Sm}\cdot\text{cm}$ 의 전도율을 갖는  $\text{Na}_2\text{SO}_4$  시험 용액을 이용하여 표면 비저항을 측정하였다. 전지 두께는 1.60mm이다. 결과는 표 2에 나타낸다.

표 2.  
EDI 전지 표면 비저항( $\Omega\text{cm}^2$ )

$\text{Na}_2\text{SO}_4$ 용액 전도도 ( $\mu\text{Sm}\cdot\text{cm}$ )	양이온 교환 수지가 없는 전지( $\Omega\text{cm}^2$ )	양이온 교환 수지가 있는 전지( $\Omega\text{cm}^2$ )
200	1500	110
400	1180	84
600	1025	83

표의 자료는 글리세롤에 의해 스크린 상에 고정된 스페이서에  $60\text{mg/cm}^2$ 의 양이온 교환 수지 650C-UPW를 분포시킨 결과 EDI 전지의 표면 비저항이 10배 감소됨을 보여준다.

## 실시예 3

2개의 전극 전지 및 하나의 희석 전지를 갖는 3개의 전지 4" X 20"의 성글게 충전된 전지 EDI 적층체(활성 면적:  $170\text{cm}^2$ )를 이오닉스 인코포레이티드(Ionics, Incorporated) EDI 구조의 통상적인 음이온 교환 및 양이온 교환 멤브레인을 이용하여 구축하였다. #4610-날텍스 R(20밀) 스크린에 용융 결합된 20밀 PE 또는 EVA 필름으로 형성된 스크린 스페이서 유니트를 이용하여 희석 전지를 형성하였다. 그런 다음, 스크린의 1면을 4.7g의 무수 도웁스 모노스피어(Dowex Monospher) 550A UPW(OH) 음이온 교환 비드로 덮고, 다른 면을 0.85g의 도웁스 모노스피어(Dowex Monosphere) 650C UPW(H): 도웁스 모노스피어 500C NG(H) = 1:1의 혼합물로 덮었다. 희석 전지는 85%의 550A UPW(OH), 7.5%의 650C UPW(H) 및 7.5%의 500C NG(H)를 함유한다. 모든 IX수지는 글리세롤에 의해 스페이서 상에 고정되었다. 각각의 전극 전지는 Ti/Pt 전극을 가졌고, 글리세롤에 의해 고정된 3.00g의 무수 650C UPW로 커버된 하나의 4X20 인치의 정다면 아이오닉스 EDI 전극 스페이서(네트 #3957C, 두께 - 0.70mm)에 의해 형성되었다.

전류는 1010mA이었고, 주입구의 물 비저항은  $7.75M\Omega\text{cm}^2$ 이었고, TOC는 43ppb이었고, 애노드 및 캐소드 전극을 통한 유속은 1.07ml/분이었고, 희석 전지를 통한 유속은 122ml/분이었다. 13psi의 압력 강하가 측정되었고, 생성물 비저항은  $17.9M\Omega\text{cm}$ 이었고, 잔류 TOC는 22ppb이었다.

이들 결과는 비-중합체 유기 액체에 의해 스페이서 상에 고정된 IX 수지를 갖는 희박한 비드 EDI 유니트의 상당히 높은 성능을 보여준다.

## 실시예 4

2개의 전극 전지 및 하나의 희석 전지를 갖는 3개의 전지 4" X 20" EDI 적층체(활성 면적: 170cm<sup>2</sup>)를 이온닉스의 균질한 음이온 및 양이온 교환 멤브레인과 조합하였다. #4610-날텍스 R(20밀) 네트와 함께 20밀 PE 필름을 용융시키고, 1.0g의 무수 550A UPW 및 0.5g의 무수 650C UPW를 '얼룩말' 패턴으로 배열된 8개의 스트라이프로 덮어서 희석 전지를 형성하였다. 바셀린을 이용하여 스페이서 상에 IX 수지를 고정시켰다. 각각의 전극 전지는 Ti/Pt 전극, 및 20밀 PE 필름을 동일한 스크린과 함께 용융시키고 3.0g의 무수 650C UPW로 덮고 바셀린에 의해 스페이서 상에 고정시킨 스페이서 유니트를 갖는다. 전류는 1047mA이었고, 주입구의 물 비저항은 7.04MΩcm<sup>2</sup>이었고, TOC는 40ppb이었다. 희석 전지를 통한 유속은 54ml/분이었고, 양극 전지를 통한 유속은 2.8ml/분이었고, 캐소드 전지를 통한 유속은 0.97ml/분이었고, 압력 강하는 13psi이었고, 생성물 비저항은 17.9MΩ\*cm이었고, 생성물 물중의 측정된 TOC 수준은 11.0ppb이었다. 이 조작 자료는 성글게 분포된 이온 교환 비드가 비-중합체 유기 접착제(예를 들면 바셀린)에 의해 스페이서 상에 고정된 성근 비드 EDI 어셈블리의 높은 수준의 성능을 입증한다.

상기 논의에서 명확한 바와 같이, 일정하고 반복적인 방식으로 EDI 적층체를 수동, 기계적 또는 자동 어셈블링하는 경우, 본 발명의 성근 분포는 독특한 일련의 문제를 부가한다. 이들 문제점은 다양한 기계적 살포 또는 계량 어셈블리, 비드를 스크린 또는 멤브레인상에 부동화시키기 위한 일시적 또는 영구적 유체 또는 접착제, 및 유사한 치수의 비드를 선택적으로 보유하거나 접착된 비드가 분포에서 이동하지 않도록 안정화시키는 스크린에 의해 해결될 수 있다. 전지 전도성, 이온 전달 속도 및 전자 효율에서의 생성된 개선점은 강한 유동 또는 전기 제어 관리의 적용을 가능하게 하여, 성근 EDI 적층체가 예를 들면 특정한 불순물(예를 들면 다가 이온)이 전지 유동 경로의 특정한 부분에서 제거되는 것을 보장하도록 조작될 수 있거나, 또는 전류 효율 또는 다른 변수를 최대화하도록 조작될 수 있거나, 또는 염-드로잉(throwing) 또는 원하지 않는 가수분해를 피하거나, 탈염화 유동에 대해 더 높은 능을 갖는 적층체를 개발할 수 있도록 조작될 수 있다. 역동적인 탈이온 모델은 pH, 스케일링, 물 분산 및 적층체 내부에서 생길 수 있는 다른 상황을 예상하고 제어하는데 이용될 수 있다. 특정한 바람직한 제어에 대한 추가의 설명에 대해서는 공동 소유되는 국제 특허 출원 제 PCT/US01/25226 호를 참고할 수 있고, 하나 이상의 세트의 전지에서의 성근 교환 분포가 본 발명의 추가의 양태를 형성한다. 제 WO02/14224 호로 공개된 이 출원은 본원에 참고로 인용되어 있다. 다른 공동 소유된 미국 특허는 공급물 또는 농축물 유동 경로의 특정 부분을 따라 모노타입 또는 특수 수지를 이용하는 것을 포함하는 유리한 제어 기법을 개시한다. 이런 제어는 유리하게는 본 발명의 양태에서 실시될 수 있고, 여기서, 스크린 부동화는 수지 분포 패턴이 정확하게 한정되고 유지될 수 있게 하고, 비드 분포의 성질로 인해 하부 탈이온 성능 또는 이온-전달 기능이 보다 정확하게 정량되고 성능이 예측될 수 있게 한다. 따라서, 적층체가 공급물 또는 생성물 물 특성의 변화에 반응하는 제어기와 함께 사용되는 경우, 제어기는 피드포워드 또는 피드백 제어를 이용하여 바람직한 설정 지점에서 보다 밀접하게 수행될 수 있다.

본원에서 일반적으로 개시되는 종래 기술의 적층체에서, 복수의 전지가 전극사이에 직렬로 적층됨을 이해할 것이다. 전극은 특히 적층체의 전지의 수 및 이들의 두께에 따라 수백 내지 1000볼트의 총 전위에서 50암페어의 전류를 제공할 수 있는 전원 장치를 이용하여 각각의 전지를 가로질러 약 5볼트이하의 전위차를 확립하는 전압 효과를 특징으로 한다. 실제 용도에서는, 제어기는 하나 이상의 측정 또는 제어 변수에 근거하여 전류 또는 전압 수준을 제어하거나, 특정한 일정 전류 수준(예를 들면 전압이 유체 임피던스에 따라 변화하도록), 특정한 일정한 전압 수준(예를 들면 특정한 공급물로부터 이온을 제거하는 것을 최적화), 총 당량 이온 제거를 위한 전류 효율 또는 다른 값을 유지하도록 조작될 수 있다. 언급된 전기 값은 단지 대략적인 것이고, 혼한 EDI 산업적 적층체 크기, 횡단면적 및 구조의 전형적인 범위에 상응한다. 본 발명의 적층체를 위한 이런 전원 장치의 적용, 제어 관리의 조작 등은 대부분 본 발명의 성근 비드 적층체를 이용하는 용도에 대한 종래 기술에 따라 수행되거나 이로부터 변형된다. 그러나, 유리하게는, 성근 적층체는 개선된 전기 효율을 갖고, 비드 분리, 비-전도성 포켓 또는 극심한 편극화 또는 스플릿, 및 종래의 두꺼운 베드 EDI의 다른 문제점을 겪지 않는다. 따라서, 본 발명의 적층체는 전적으로 잘 정의된 조작 범위 내에서 조작될 수 있고, 조작 프로토콜 및 보조적인 구동 및 제어 장치는 더 낮은 전반적인 작동 전압 또는 전력 수준 및/또는 더 잘 한정된 내부 적층체 상태 조건에서의 효율적인 조작을 가능하게 할 것이다.

본 발명은 또한 예시된 적층체 이외의 전반적인 EDI 구조로 실시될 수 있다. 따라서, 성근 분포는 원반형 전지를 갖는 원통형 적층된 EDI 유니트뿐만 아니라, 원통형, 나선으로 감기는 EDI 유니트, 또는 다양한 형태의 단일-챔버 실험실 또는 특수 과정 EDI 유니트, 및 당해 분야에 공지되어 있는 다른 일반적인 구조에서 실행될 수 있다. 희석 전지 및 농축 전지에서 유동은 동일할 수 있거나(코-전류), 또는 반대(역류)일 수 있고, 농축물 유동은 순환 염수 루프(농축 전지가 채워지지 않은 경우 흔히 사용된다), 희석 공급물 또는 생성물에서 나온 누출액, 또는 누출액을 재충전하고, 블로우다운(blowdown)에 의해 유효 농도를 유지하고, 독립적인 유체 공급원 또는 다른 수단에 의해 공급되는 순환 루프에 의해 제공될 수 있다. 본원의 구조는 단지 예시일 뿐이고, EDI 장치는, 매우 다양한 이온 교환 수지 유형, 조합 및 국소화되거나 분리된 충전뿐만 아니라, 직렬 연결되거나 다른 전지로부터 누출되는 분할되거나 다채널 전지 및 복수의 멤브레인, 이극성 멤브레인 및 보조 유체 유동을 포함하는 다양한 구조를 갖는, 상당히 상이한 형태를 취할 수 있다. 또한, 본 발명은 비드보다는 "울퉁불퉁한" 이온 교환 멤브레인을 이용하여 실행될 수 있고, 여기서는 표면으로부터 돌출된 개별적인 비드를 이용하기 보다는 성글게 분포된 유기 또는 봉우리가 교환 멤브레인의 명목상의 표면 면적으로부터 돌출되어 있다. 어셈블리를 분포시키고 적층시키는 단계를 단순화시킬 수 있는, 이온 교환 또는 이온 전도 매질을 형성하는 펠트 또는 스크린 및 다른 물질과 같은 성근 충전제 물질을 또한 본 발명의 실시예에 사용할 수 있다.

특정한 구조는 예를 들면 유동 경로에 따른 각각의 유형의 상대적인 비율에 따라 변화되는 정렬된 AX-CX 비드; 순수한 모노타입 수지 또는 혼합된 수지의 밴드를 갖는 모노타입 밴드, 예를 들면 음이온 모노타입, 그 다음의 이중 비드의 밴드, 그 다음의 양이온 모노타입 영역; AX가 풍부한 충전에서 CX가 풍부한 충전으로의 변화를 포함하는, 유동 통로를 따른 구조화된 패턴의 비드 유형을 이용할 수 있다. 서로 다른 패턴으로 구성된 분포를, 예를 들면 처리 라인을 따른 초기 단계에서 실리카 또는 봉소를 제거하는데 적용할 수 있다.

본 발명은 이렇게 개시되고 예시적인 양태가 개시되어 있으나, 당분야의 숙련된 이들은 본 발명의 범위 및 진의 이내에서 변형 및 변화시킬 수 있으며, 모든 이런 변화 및 변형은 본원 및 이후에 첨부된 특허청구범위에 의해 정의되는 본 발명의 일부로 간주된다.

## (57) 청구의 범위

## 청구항 1.

이온 투과성 멤브레인들 사이에 규정된 희석 전지(dilute cell) 및 농축 전지(concentrate cell)을 포함하는 전기탈이온장치(EDI 장치)로서, 상기 희석 및 농축 전지는, 애노드 전극과 캐소드 전극 사이에 배치되고, 희석 전지를 통과하는 공급수(供給水)의 유동 중에 존재하는 이온들이 교환수지에 의해 포획되고 전극에 의해 인가된 전위(electric potential)의 영향 하에 인접 농축 전지로 이동함으로써 상기 유동으로부터 제거되어 적어도 부분적으로 탈이온된 생성수(生成水)를 형성하도록 배열되어 있으며, 상기 전지들 중의 적어도 일부가 희박한(sparse) 분포의 이온교환수지를 함유하는, 전기탈이온장치.

## 청구항 2.

제 1 항에 있어서,

이온교환수지가 공칭직경을 갖는 비드(bead)를 포함하고, 희석 전지가 직경의 약 2배인 두께를 가지며, 상기 희박한 분포가, 멤브레인 간격을 유지하고 전지를 통한 이온 전도를 수행하는데 효과적인 패킹 밀도(packing density)를 가지면서 효과적인 유동 통과 다공성을 제공하는, 전기탈이온장치.

## 청구항 3.

제 2 항에 있어서,

희박한 분포가 대략 직경의 2배인 두께를 갖는 비드의 층인 전기탈이온장치.

## 청구항 4.

제 2 항에 있어서,

희박한 분포가 대략 직경의 1배인 두께를 갖는 층인 전기탈이온장치.

## 청구항 5.

제 1 항 내지 제 4 항 중의 어느 한 항에 있어서,

희박한 분포가 혼합된 층, 적층된 층, 스트리핑(stripping)된 층, 등급화된(graded) 층 및 단일 형태의 층 중에서 선택되는 층인 전기탈이온장치.

## 청구항 6.

제 1 항 내지 제 4 항 중의 어느 한 항에 있어서,

희박한 분포가 메쉬(mesh)에 의해 위치에 안정화되는 전기탈이온장치.

## 청구항 7.

제 1 항에 있어서,

희박한 분포가 비드들의 분포이고 장치가 충전물을 안정화시키기 위한 하나의 비드 치수보다 큰 메쉬 크기를 갖는 스크린을 함유하는 전기탈이온장치.

## 청구항 8.

제 1 항 내지 제 6 항 중의 어느 한 항에 있어서,

회박한 분포가 접촉, 정전, 자기 또는 전자기 작용에 의하여 스크린에 고정된 비드에 의해 안정화되는 전기탈이온장치.

#### 청구항 9.

제 1 멤브레인 상에 이에 인접한 유체유동영역을 규정하는 스페이서를 어셈블링(assembly)하는 단계;  
이온 교환 비드를 회박한 분포로서 유동영역 중으로 산재(散在)시키는 단계; 및  
상기 스페이서 위에 제 2 멤브레인을 어셈블링함으로써 회박하게 충전된 EDI 전지를 형성하는 단계를 포함하는,  
EDI 전지를 충전하는 방법.

#### 청구항 10.

제 8 항에 있어서,

추가적으로 유동영역 중에 메쉬를 제공하되, 상기 메쉬가 회박한 분포의 비드를 격리시키고 지지하도록 유동영역과 십자(十字) 모양을 이루는 그물모양의 스트랜드를 형성하게 되는 단계를 포함하는, 방법.

#### 청구항 11.

농축 전지와 교호로 배치되고 각각 음이온 교환 멤브레인과 양이온 교환 멤브레인 사이에 규정되어 있는 복수의 회석 전지, 및 전지를 통과하는 유체로부터 이온을 스트립핑하고 스트립핑된 이온을 인접한 멤브레인으로 전도시키기 위한 전지층의 회박한 분포의 실질적으로 서로 분리된 이온 교환 비드로 이루어진 EDI 장치.

#### 청구항 12.

제 11 항에 있어서,

실질적인 부분의 상기 서로 분리된 이온 교환 비드가 상기 음이온 교환 멤브레인 및 양이온 교환 멤브레인 둘 다와 접촉하는 EDI 장치.

#### 청구항 13.

제 12 항에 있어서,

실질적인 부분의 비드가 상기 음이온 교환 멤브레인 및 양이온 교환 멤브레인의 표면에서 이형 접촉으로 도입(urgency)되어 그들 사이에 향상된 도전성을 제공하는 EDI 장치.

#### 청구항 14.

농축 전지와 교호로 배치되는 복수의 회석 전지로 이루어지고 전지들이 음이온 교환 멤브레인 및 양이온 교환 멤브레인 사이에 규정되어 있으며, 상기 음이온 교환 멤브레인과 양이온 교환 멤브레인 사이에 위치된 단일 층의 혼합된 형태의 이온 교환 비드를 포함하는, EDI 장치.

#### 청구항 15.

농축 전지와 교호로 배치되고 각각 제 1 멤브레인 및 제 2 멤브레인 사이에 규정되어 있는 복수의 회석 전지, 및 상기 제 1 멤브레인 및 제 2 멤브레인 사이에 위치된 이온 교환 비드의 층으로 이루어지며, 상기 층에는 비드 대 비드의 리버스 접합(reverse junction)이 실질적으로 없는 EDI 장치.

#### 청구항 16.

제 15 항에 있어서,

상기 층이 단일 층이거나 정렬된 2층인 EDI 장치.

## 청구항 17.

농축 전지와 교호로 배치되고 각각 제 1 이온 교환 멤브레인 및 제 2 이온 교환 멤브레인 사이에 규정되어 있는 복수의 회석 전지; 및 상기 제 1 이온 교환 멤브레인 및 제 2 이온 교환 멤브레인 사이에 위치되고, 전지를 통과하는 유체로부터 이온을 스트리핑하기 위한 음이온 교환 비드 및 양이온 교환 비드를 포함하고 작동중에 인가된 전압이 증가함에 따라 염을 배출하지 않도록 배열된 층으로 위치된 이온 교환 비드로 이루어진 EDI 장치.

## 청구항 18.

농축 전지와 교호로 배치되고 각각 제 1 이온 교환 멤브레인 및 제 2 이온 교환 멤브레인 사이에 규정되어 있는 복수의 회석 전지, 및 상기 제 1 이온 교환 멤브레인 및 제 2 이온 교환 멤브레인 사이에 위치된 이온 교환 비드로서, 전지를 통과하는 유체로부터 이온을 스트리핑하기 위한 음이온 교환 비드 및 양이온 교환 비드를 포함하고 리버스 비드 접합이 실질적으로 없는 실질적으로 비접촉인 비드의 회박한 층에 위치되는 이온 교환 비드로 이루어지고, 개별적인 비드가 상기 제 1 및 제 2 멤브레인 둘 다와 접촉하고 횡으로 인가된 전기장의 영향하에 이온을 단일 멤브레인으로 인가시키는, EDI 장치.

## 청구항 19.

농축 전지와 교호로 배치되고 전극들 사이에 위치되는 복수의 회석 전지로 이루어진 EDI 장치로서, 전지가 이온 교환 물질의 돌출된 범프를 갖는 제 1 이온 교환 멤브레인과 제 2 이온교환 멤브레인 사이에 규정되고, 상기 이온 교환 물질의 돌출된 범프가 제 1 및 제 2 멤브레인을 이들 멤브레인 사이에서 약 1mm 두께로 유동 이격시켜서 지지하는, EDI 장치.

## 청구항 20.

수지 충전된 EDI 전지를 형성하는 개선된 방법으로서, 멤브레인에 전기장을 횡으로 인가하도록 배향된 한 쌍의 전극 사이에 복수의 이온 교환 멤브레인을 배치하는 단계, 및 상기 멤브레인 중 인접한 것들 사이에 회박한 분포의 이온 교환 물질을 제공하는 단계를 포함하는, 방법.

## 청구항 21.

전기탈이온에 의하여 유체를 정제하는 개선된 방법으로서, 전기탈이온 장치 내부의 하나 이상의 유형의 전지 중에 회박한 분포의 이온 교환 물질을 제공하는 단계를 포함함을 특징으로 하는, 방법.

## 청구항 22.

제 21 항에 있어서,

회박한 분포가 회석 전지, 농축 전지 및 전해질 전지로 이루어진 그룹으로부터 선택된 하나 이상의 전지에 제공되는, 방법.

## 청구항 23.

제 22 항에 있어서,

회박한 분포가 음이온 교환 수지 및 양이온 교환 수지를 둘 다 포함하는, 방법.

## 청구항 24.

제 22 항에 있어서,

희박한 분포가 단일 유형의 수지(음이온 교환 또는 양이온 교환 유형의 수지)를 포함하는, 방법.

## 청구항 25.

제 24 항에 있어서,

단일 유형이 농축 전지에 제공되는, 방법.

## 청구항 26.

EDI 유동 챔버 중의 희박한 분포로서 제어량의 이온 교환 비드를 산재시키기 위한 침착 어셈블리(deposition assembly)를 포함하는, EDI 전지를 충전시키기 위한 장치.

## 청구항 27.

이온 교환 비드의 층을 형성하는 방법으로서, 비드를 스크린을 통해 습식 체질하여 스크린에 층을 포획하는 단계를 포함하는, 방법.

## 청구항 28.

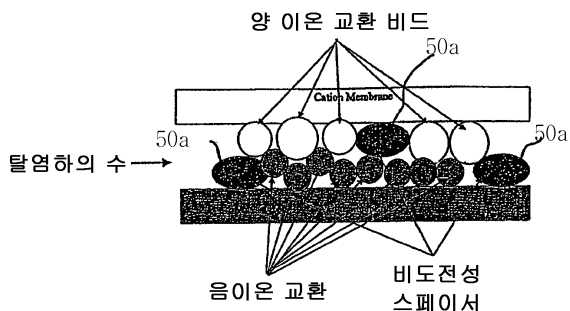
전기탈이온 장치의 전지에 이온 교환 비드의 분포를 형성하는 방법으로서, 희박한 분포의 상기 비드를 위치시키고 메쉬로 비드의 이동을 억제시켜서 전지에 안정한 희박한 비드 분포를 제공하는 단계를 포함하는, 방법.

## 요약

본 발명은 이온 교환(IX) 물질 또는 비드의 희박한 분포를 갖는 유동 전지를 갖는 전기탈이온(EDI) 장치에 관한 것이다. 비드는 멤브레인을 분리하고 지지하도록 전지의 반대 벽을 규정하는 멤브레인들 사이로 연장되고, 비드-비드 데드-말단 반전 접합부가 실질적으로 없는 층을 형성한다. 비드는 희석 전지에서 주위 유체로부터 이온의 포획을 강화시키며, 작동 전류가 증가되는 경우 염을 방출하지 않는다. 농축 전지에서, 희박한 비드 충전물은 스택에서 강화된 분말 이용에 안정한 낮은 임피던스를 제공한다. 단일 유형의 희박한 충전물은 농축 전지에 사용될 수 있는 반면, 혼합된 비드, 적층된 비드, 스트리핑된 비드, 정렬된 비드 또는 기타 비드가 희석 전지에 사용될 수 있다. 이온 전도 경로는 일부 입자보다 길지 않고, 더욱 낮은 패킹 밀도는 유체 유동을 효과적이게 한다. 유동 전지 두께는 1mm 미만일 수 있고, 비드는 개별적으로 이격될 수 있고, 혼합되거나 패터닝된 단일 층을 형성하거나, 또는 서열화된 2층, 및 수지 입자 크기와 거의 유사한 크기로 이격된 격자 또는 그에 견줄만한 격자를 갖는 메쉬를 형성하고, 희박한 충전물의 안정적인 분포를 보장하는 분포된 개방 지지체를 제공할 수 있고, 시간 경과에 따라 단일한 도전성 및 우수한 관통-유동의 초기 균형을 유지시킨다. 전지 또는 얇은 두께 및 이 수지 층들은 스택 크기 및 분말 공급 구축을 이완시키는 반면, 처리 효율 및 가공 안정성을 제공한다. 감소된 이온 이동 거리는 생성물 유동율을 감소시키지 않고서 이온 제거율을 강화시킨다. 희박한 수지 층은 적층되거나, 경로의 길이에 따라 정렬되거나, 또는 달리 패턴화될 수 있다. 입자 내의 이온 호핑은 감소 또는 제거되므로, 종래 기술 구조의 반전 비드 접합부에서 발생하는 염-방출의 경우를 방지한다. 농축 전지의 도전성은 증가하며, 이로 인해 더욱 조밀한 장치 구조를 허용하고, 스택 전지 수의 감소를 허용하고, 이온 첨가없이 더욱 효과적인 전기 작동을 제공하게 된다. 최종적으로, 비드 내의 이온 저장은 크게 감소되며, 이로 인해 반전 작동 동안 오염에 대한 포텐셜이 제거된다. 희박한 층을 형성시키고 스택을 어셈블링하는 여러 방법이 개시되어 있다.

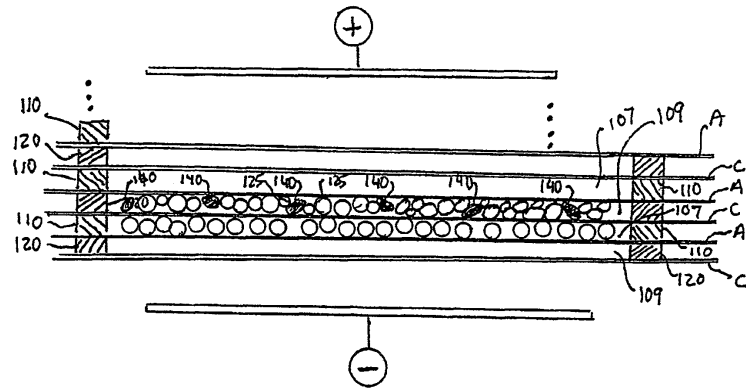
## 대표도

본 발명의 스페이서를 갖는 2층 EDI  
희석 전지에서의 수 분할 및 탈면



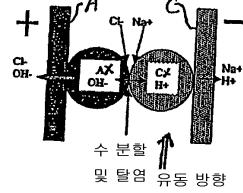


도면2

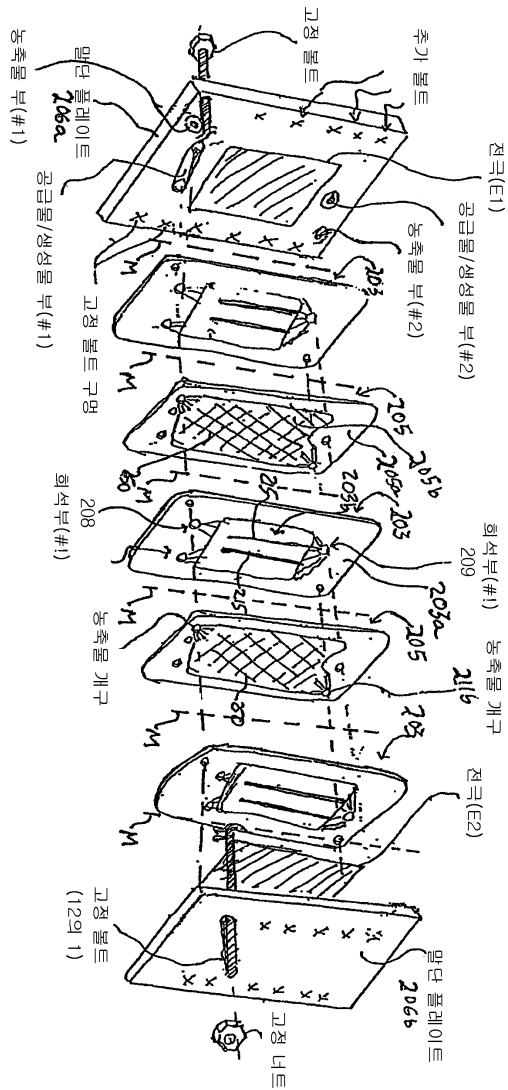


도면2a

본 발명의 2층 FDI 희석 전지에서의  
수 분할 및 탈염의 개략도

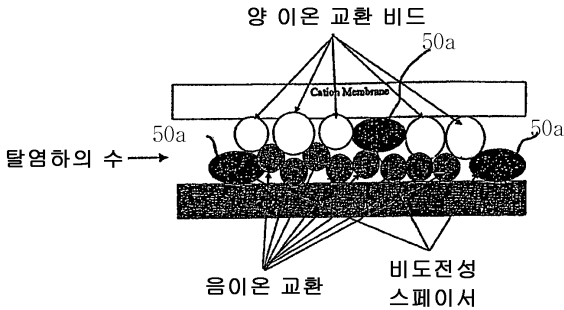


도면2b



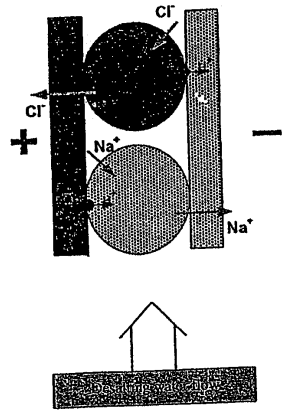
도면3

본 발명의 스페이서를 갖는 2층 EDI  
희석 전지에서 수 분할 및 탈면



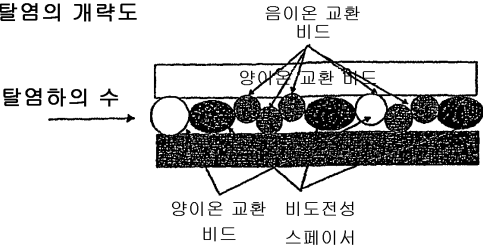
도면4

본 발명의 1층 EDI 회석 전지에서의 수 분할 및 탈염의 개략도



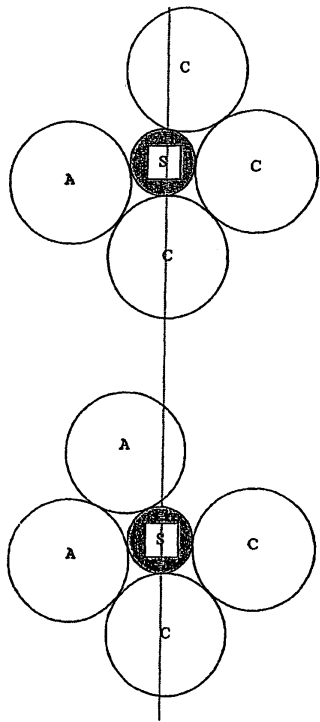
도면5

본 발명의 1층 EDI 회석 전지에서의 수 분할 및 탈염의 개략도



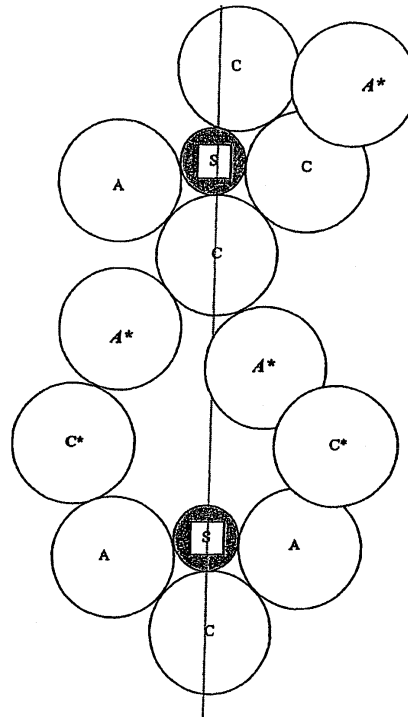
도면5a

도 2의 전지의 혼합 수지 3층 양태의 확대된 상세 단면도



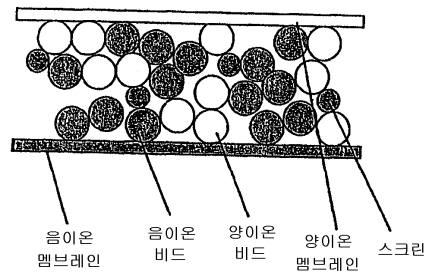
도면5b

정전 인력에 의해 스크린에 고정된 비드는 별표로 표시함

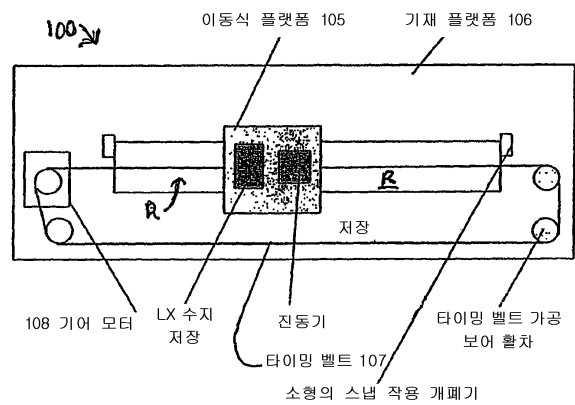


도면5c

멤브레인들 사이에 스크린이  
패킹된 다층 비드

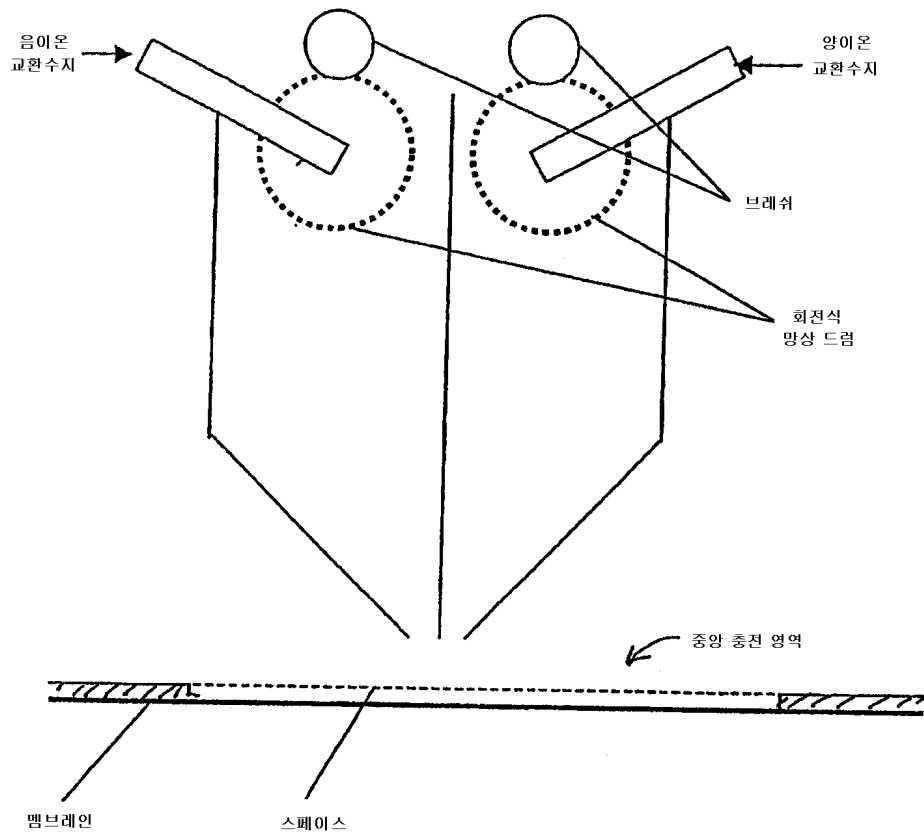


도면6



도면7

2개의 IX 수지층이 충전된 스페이서  
EDI 전지를 위한 회전식 망상 드럼



도면8

2개의 IX 수지층이충전된 스페이서  
EDI 전지를 위한 회전식 망상 드럼IX 수지

