



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2015-0052249  
(43) 공개일자 2015년05월13일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
H01M 8/18 (2015.01) H01M 4/86 (2006.01)  
H01M 8/02 (2006.01) H01M 8/20 (2015.01)  
(52) CPC특허분류  
H01M 8/188 (2013.01)  
H01M 4/8605 (2013.01)  
(21) 출원번호 10-2015-7008577  
(22) 출원일자(국제) 2013년08월29일  
심사청구일자 없음  
(85) 번역문제출일자 2015년04월02일  
(86) 국제출원번호 PCT/EP2013/067954  
(87) 국제공개번호 WO 2014/033238  
국제공개일자 2014년03월06일  
(30) 우선권주장  
10 2012 017 306.7 2012년09월03일 독일(DE)

(71) 출원인  
티센크루프 인더스트리얼 솔루션스 아게  
독일, 45143 에센, 티센크루프 알리 1  
(72) 발명자  
폴킨 그레고어 다미안  
독일 44227 도르트문트 암 프란츠젠지겐 64  
브레테마이어 닐스  
독일 45731 발트루프 알텐브레데 55  
(뒷면에 계속)  
(74) 대리인  
특허법인코리아나

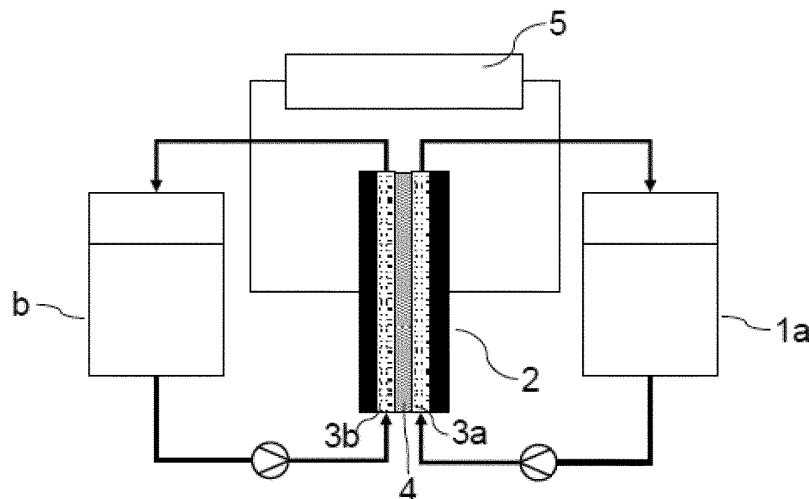
전체 청구항 수 : 총 12 항

(54) 발명의 명칭 흐름형의 전기화학 전지

(57) 요약

본 발명은 (a) 측면 엘리먼트들에 의해 경계지어지고, 각각의 다공성 전극들을 포함하는 애노드 하프 전지 및 캐소드 하프 전지, 및 (b) 애노드 하프 전지와 캐소드 하프 전지 사이에 배치되는 투과성 분리층을 포함하는, 흐름형 전기화학 전지에 관한 것이다. 전기화학 전지는 (i) 전해액 인피드 (infeed) 에 연결된 전해액 유입 영역, 및 전해액 방출부에 연결된 전해액 유출 영역이 제공되며, 여기서 (ii) 전해액 유입 영역 및 전해액 유출 영역은 다공성 전극의 반대 측면들에 배치되고, 따라서, (iii) 유입하는 전해액이 투과성 분리층에 대해 수직으로 다공성 전극을 통해 흐르는 것을 특징으로 한다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

**H01M 8/023** (2013.01)

**H01M 8/20** (2013.01)

(72) 발명자

**로젠 크리스토프**

독일 52146 뷔르젤렌 마우어펠트헨 45

**돈슈트 드미트리**

독일 50827 쾰른 에우제레 카날슈트라쎄 207베

**토로스 페터**

독일 45326 에센 빌헬름-니스만트-알레 131

**블테링 페터**

독일 48485 노이엔키르헨 잔드백 18

**호르만 디르크**

독일 59368 베르네 안 데어 리페 헬무트-폰-  
몰트케-슈트라쎄 44

**호프만 필립**

독일 44137 도르트문트 홀레슈트라쎄 1

**외베를레 슈테판**

독일 58453 비텐 슈타인바흐슈트라쎄 44

**퐁크 프랑크**

독일 46238 보트롭 데펜스슈트라쎄 57

**슈톨프 볼프람**

독일 59071 함 랑게 라이헤 144

**랑간케 베른트**

독일 59439 홀츠비케데 루흐롤터 벡 14

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

흐름형의 전기화학 전지로서,

(a) 애노드 하프 전지 (half-cell) 및 캐소드 하프 전지로서, 상기 애노드 하프 전지 및 상기 캐소드 하프 전지는 측면 엘리먼트들에 의해 경계지어지고, 상기 하프 전지들 내에 각각의 다공성 전극이 포함되는, 상기 애노드 하프 전지 및 상기 캐소드 하프 전지, 및 또한

(b) 상기 애노드 하프 전지와 상기 캐소드 하프 전지 사이에 배치되는 투과성 분리층을 포함하고,

(i) 전해액 피드에 연결된 전해액 유입 영역, 및 전해액 드레인에 연결된 전해액 유출 영역이 제공되며, 여기서

(ii) 전해액 유입 영역 및 전해액 유출 영역은 상기 다공성 전극의 반대 측면들에 배치되고, 따라서,

(iii) 유입하는 전해액이 상기 투과성 분리층에 대해 수직으로 상기 다공성 전극을 통해 흐르는 것을 특징으로 하는 흐름형의 전기화학 전지.

#### 청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 전해액 유입 영역은 상기 투과성 분리층과 상기 다공성 전극 사이에 배치되고, 상기 전해액 유출 영역은 상기 다공성 전극과 상기 측면 엘리먼트들 사이에 배치되며, 또는 그 역이 성립하는 것을 특징으로 하는 흐름형의 전기화학 전지.

#### 청구항 3

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,

상기 전해액 유입 영역 및/또는 상기 전해액 유출 영역은 하나 이상의 흐름 채널들에 의해 상기 다공성 전극들 및/또는 상기 측면 엘리먼트들 내로 통합되는 것을 특징으로 하는 흐름형의 전기화학 전지.

#### 청구항 4

제 1 항 내지 제 3 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 전해액 유입 영역 및/또는 상기 전해액 유출 영역에는, 와이드-메시 (wide-mesh) 지지 구조가 제공되어 있는 것을 특징으로 하는 흐름형의 전기화학 전지.

#### 청구항 5

제 4 항에 있어서,

상기 와이드-메시 지지 구조는 직물 또는 편물인 것을 특징으로 하는 흐름형의 전기화학 전지.

#### 청구항 6

제 4 항 또는 제 5 항에 있어서,

상기 와이드-메시 지지 구조는 전기 전도성 재료 또는 전기 전도성 코팅을 갖는 재료로 만들어지는 것을 특징으로 하는 흐름형의 전기화학 전지.

#### 청구항 7

제 4 항 내지 제 6 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 와이드-메시 지지 구조는 탄소 지지 구조를 나타내는 것을 특징으로 하는 흐름형의 전기화학 전지.

#### 청구항 8

제 1 항 내지 제 7 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 와이드-메시 지지 구조는 상기 다공성 전극보다 더 낮은 흐름 저항을 제공하는 것을 특징으로 하는 흐름형의 전기화학 전지.

#### 청구항 9

제 1 항 내지 제 8 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 다공성 전극은 부직포 탄소 웹, 폼 (foam), 또는 금속 폼을 포함하는 것을 특징으로 하는 흐름형의 전기화학 전지.

#### 청구항 10

제 1 항에 기재된 흐름형의 전해 전지의 전지 스택.

#### 청구항 11

흐름형의 전기화학 전지를 동작시키는 방법으로서,

전해액이 투과성 분리층에 대해 수직으로 다공성 전극을 통해 흐르게 되는 것을 특징으로 하는 흐름형의 전기화학 전지를 동작시키는 방법.

#### 청구항 12

제 11 항에 있어서,

(i) 전해액이 전해액 피드에 연결된 전해액 유입 영역을 통해 공급되고,

(ii) 흐름이 상기 투과성 분리층에 대해 수직으로 상기 다공성 전극을 통과하게 되며,

(iii) 상기 전해액은 상기 전해액 유입 영역으로부터 상기 다공성 전극의 반대측에 배치되는 전해액 유출 영역을 통해 상기 전지로부터 안내되는 것을 특징으로 하는 흐름형의 전기화학 전지를 동작시키는 방법.

### 발명의 설명

#### 기술 분야

[0001]

본 발명은 종래의 전지 구성에 비해 최소화된 압력 강하를 갖고, 추가적으로 전지 내의 상당히 개선된 흐름 분포를 나타내는, 흐름형의 전기화학 전지들에 대한 특정의 전지 구성에 관한 것이다. 그 전기화학 전지에 의하면, 또한, 종래의 전지 구성을 갖는 전지들에 의하는 것보다 더 양호한 전력이 달성된다.

#### 배경 기술

[0002]

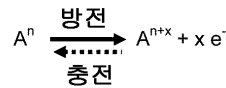
특히 변화하는 에너지 생성과 연관하여, 에너지 저장 매체들이 계속해서 중요해지고 있다. 에너지의 많은 양을 저장하고 그것을 방출하며 그것을 고전력으로 들어 올리는 것이 가능한 가능성을 제공하는 이들 예들이 특히 관심이 있다. 에너지를 최대 효율로 저장하고 방출하며, 그렇게 함으로써 가능한 한 적은 에너지를 손실하며, 이에 따라 비용 효과적인 임시 저장을 허용하는 기술을 선택된다.

[0003]

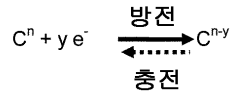
이러한 목적으로 많이 토의되는 기술은 레독스 (redox) 흐름 저장 매체의 기술이다. 종래 기술로부터 이러한 기술의 일반적인 표현이 도 1 에 도시된다. 레독스 흐름 저장 매체에서, 에너지는 금속염들, 또는 다른 화학적 화합물들의 형태의 전해액에 저장되며, 이들 화합물들은 액체, 분산된, 또는 용해된 형태로 존재한다.

전해액들은 외부 탱크들 (1a, 1b) 에 저장된다. 충전 또는 방전을 위해, 전해액들은 전기화학 전지 (2) 를 통해 펌핑된다. 전기화학 전지 (2) 에서, 각각의 전극들 (3a, 3b) 에의 네트워크 연결 (5) 을 통한 전압의 인가를 통해, 산화 및 환원 반응들에 의해, 전기 에너지가 충전동안 화학 에너지로 변환되고 방전 동안 전기 에너지로 다시 변환된다. 일반화된 형태에서, 전극들에서 발생하는 반응들은 다음과 같다:

네거티브  
단자 :



포지티브  
단자 :



[0004]

[0005]

전기화학 전지 (2) 는 2 개의 하프-전지들, 애노드 측 및 캐소드 측으로 이루어지고, 이들에 각각의 전극들 (3a, 3b) 이 포함된다. 2 개의 하프-전지들은 충전 및 방전 동안 전하 보상을 위해 투과성 분리층 (4) 에 의해 서로로부터 분리된다. 에너지의 증가를 위해, 예를 들어, 복수의 그러한 개개의 전지들은 전지 스택들로 함께 모여질 수도 있거나, 개개의 셀들의 활성 영역이 증가될 수 있다.

[0006]

주어진 활성 영역을 갖는 개개의 셀의 전력 용량은 전지 전압 및 전류 밀도의 조합, 즉 단위 면적당 최대 전력으로부터 결정된다. 이것은 가역적으로 발생하는 반응의 양 방향들에 적용된다.

[0007]

전지 당 최대 전력 밀도를 달성하기 위해, 매우 높은 표면적을 갖는 전극들이 요구된다. 전지의 전력은 단위 시간 당 전기화학 반응들의 수, 및 기하학적 전지 면적을 포함하는 팩터들 [ $\text{mol}/(\text{s} \cdot \text{m}^2)$ ] 에 의해 결정된다.

단위 기하학적 표면적 당 큰 표면을 갖는 전극들은 따라서 전기화학 반응들이 진행할 수 있는 많은 활성 중심들을 갖는다. 비록 다른 재료들이 또한 가능하지만, 예를 들어, 금속 폼 (foam) 들 또는 고다공성 부직포 탄소 웹들 (webs) 과 같은 3차원 다공성 전극들이 종래 기술에 따라 이러한 목적으로 채용된다. 용어 "전극" 은 본 특허 출원에서 용어 "3차원 다공성 전극" 과 동일시된다.

[0008]

도 2 는 종래 기술로부터 이러한 종류의 레독스 흐름 전지의 표준 구성을 도시한다. 이들 전극들 (6a, 6b) 은 투과성 분리층 (4) 과 함께 전지 프레임으로 통합되고, 양극액 (8a) 및 음극액 (8b) 의 흐름은 각각의 경우에 충전 및 방전 동안 X-방향 또는 Y-방향으로 그들을 통과하며, 이는 산화 또는 환원 반응들이 전극들 (6a, 6b) 의 표면에서 발생하는 것을 의미한다. 이들 전극들 (6a, 6b) 은 측면 엘리먼트들 (7) 에 의해 외부적으로 한정된다. 외부적으로 한정하는 것에 더하여, 전지 스택 내의 측면 엘리먼트들은 하나의 전지로부터 다음의 전지로 전류의 전달의 기능을 갖는다.

[0009]

X-방향 또는 Y-방향으로 통과하는 흐름의 경우에, 전해액의 충전 상태 (state of charge: SOC) 는 방전 시 동일한 방향으로 감소하며, 충전 시 동일한 방향으로 증가하며, 따라서 전극, 측면 엘리먼트, 및 투과성 분리층은 총 표면적에서의 각각의 활성 종들의 상이한 농도를 보인다. 그 후 전지 내의 전해액의 단위 체류 (residence) 시간 당 SOC 에서의 변화가 너무 크게 달성되는 경우, 우선 투과성 분리층, 전극들, 및 측면 엘리먼트와 같은 개개의 컴포넌트들이 상이한 로케이션들에서 상이하게 로딩되고, 결과적으로, 각각의 컴포넌트들에 대한 회복불가능한 손상이 쉽게 존재할 수도 있다.

[0010]

또한, 충전 시, 전지의 전력은 항상 가장 높은 SOC 가 존재하는 전극 상의 포지션에 의해 결정되며, 그 이유는 그렇지 않으면 이차적인 반응들이 쉽게 발생할 수도 있다.

[0011]

역으로, 방전 동안, 전지의 전력 용량은 가장 낮은 SOC 가 존재하는 전극 상의 포지션에 의해 결정된다.

[0012]

이러한 종류의 전지 설계를 갖는 전지의 경우, 이들 이유들로, 전지 내의 전해액의 단위 체류 시간 당 전하에 있어서 매우 낮은 변화만이 발생하는 것이 필요하다. 이것은 주어진 전류 밀도에 대해 전해액이 상대적으로 높은 레이트로 전지를 통해 펌핑되어야만 한다는 것을 의미한다. 그러나, 이것의 결과들은 증가하는 압력 강하이고, 이리하여 펌프 전력을 증가시며, 차례로 시스템 효율에서의 급격한 감소를 야기한다.

[0013]

또한, 전극들을 통한 균일한 흐름의 경우, 상대적으로 높은 체적 유량이 또한 필요하다.

[0014]

이미 상술된 바와 같이, 이러한 종류의 레독스 흐름 저장 매체의 전체 효율은 개개의 전지들 내의 전기화학적 손실들에 의해서 뿐 아니라, 특히 전지들을 통해 전해액을 전달하는데 필요한 펌핑 에너지에 의해서도 감소된다. 여기의 펌핑 에너지의 대부분은 전지 내의 압력 기울기 (gradient) 를 극복하기 위해 필요하다. 이러한 압력 기울기는 한편으로는 전지 내의 흐름 침투 채널들에 의해, 그러나 또한 특히 전극들을 통한 흐름에 의해 야기된다.

[0015]

전지 내의 전해액의 균일한 흐름 분포를 유지하면서 펌핑 에너지를 감소시키기 위해, 다양한 접근법들이 제안되

었다.

- [0016] 국제 특허 출원 WO 2012 022532 A1 (셀트룸) 은 흐름 관련 압력 강하들을 개선하기 위한 그리고 전극을 통한 균일한 흐름을 위한 분배 채널의 최적화를 기술한다.
- [0017] 유럽 특허 출원 EP 0814572 A2 (스미토모) 는 또한 전지 내로의 분배 채널들에 대한 개선을 기술하고, 전지 높이와 전지 폭 사이의 최적의 비율을 다룬다. 특히, 전지 높이 (흐름 방향에서의 전지의 길이) 에 있어서의 증가는 증가하는 펌핑 전력으로 인해 전체 시스템의 효율에서의 감소를 야기할 것이다. 전력을 증가시킬 목적으로 전지를 더 넓게 만드는 것이 전해액의 불균일한 흐름을 야기할 수도 있는 효과에 대한 설명이 존재한다.
- [0018] US 특허 명세서 US 5,648,184 (토요) 는 전해액의 흐름과 정렬되는 그루브가 채용된 전극들을 제공함으로써 압력 강하를 감소시키는 것을 제안한다. 이것에 의한 의도는 전극 전력에 영향을 주지 않고 전압 강하를 감소시키는 것이다.
- [0019] US 특허 명세서 US 6,475,661 B1 (케미에코) 는 바이폴라 플레이트에 흐름 프로파일들을 적용함으로써 압력 강하가 감소될 수 있다는 제안을 포함한다.
- [0020] 독일 공개 명세서 DE 3401638 A1 (회호스트) 의 주제는 액체 전해액들 및 다공성 전극들을 갖는 전해 전지들이며, 여기서 전해액은 전극 표면에 대해 평행하게 진입하며, 전하의 흐름에 대해 적어도 부분적으로 평행하게 전극을 통해 흐르도록 적어도 하나의 제한 포인트에 의해 강제된다.
- [0021] 아론 등은 그들이 "플로우-바이 (flow-by)" 전지 구성으로 부르는 것에 의해 매우 양호한 전기화학적 결과들이 달성될 수 있는 방법을 기술한다. 이들 실험들의 경우, 사용된 레독스 흐름 전지는 수정된 메탄올 연료 전지였다. 흐름 채널들의 적절한 설계를 통해, 이러한 "플로우-바이" 기술은 압력 강하에서의 감소를 허용하지만, 흐름 채널들의 설계는 또한 항상 전지의 전력에 상당한 영향을 준다. 저자들 자신들은, 뱀 형상의 흐름 채널들이 양호한 전기화학 전력을 야기하는 반면, 이것은 또한 높은 압력 강하와 연관될 수도 있다는 것을 주의한다. 또한, 이러한 종류의 개념은 사용되는 부직포 탄소 웹으로의 확산의 위험을 품어, 높은 전류 밀도들이 타겟인 경우에 제한하는 효과를 갖는다 [J. Power Sour. 206 (2012) 450-453].
- [0022] 티안 등은 전극들 내의 상이한 흐름 채널들의 적용을 기술한다. 이것은 압력 강하에 있어서의 상당한 감소를 야기할 수 있는 것을 보여준다. 그러나, 전지 내의 전해액의 매우 불균일한 분포가 분명하고, 이것은 개개의 전지의 전력 용량에서의 감소를 야기하고, 상이한 흐름 흐름 체제들로 인해, 예를 들어 산소의 또는 수소의 발생과 같은 이차적인 반응들을 쉽게 초래할 수도 있다 [Rare Metals 30 (Spec. Issue) (Mar. 2012) 16-21].
- [0023] 종래 기술에 따르면, 레독스 흐름 전지들로의 흐름은 전극들 중 일측으로부터 도착하고, 전해액은 X-방향 또는 Y-방향으로 전극들을 통해 흐르며 (도 2 참조), 반대측 상에서 다시 전지를 떠난다. 결과적으로, 사용된 전극들이 전해액에 대해 높은 흐름 저항을 초래하는 경우, 불가피한 압력 강하들이 존재하며, 이것은 기술적으로 그리고 경제적으로, X-방향 및 Y-방향에서 동시에 전지를 업스케일하는 것을 매우 어렵거나 심지어 불가능하게 만든다. 한편으로는, 큰 전지들에서의 그러한 높은 압력 강하는 기술적으로 상당한 비용의 불편한 설계들을 요구할 것이며, 다른 한편으로는 그것은 또한 안전성 위험을 나타낼 것이다. 또한, 압력 강하를 극복하기 위해 필요한 펌핑 전력은 수용불가능한 정도로 시스템의 전체 효율을 감소시킬 것이다.

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

- [0024] 따라서, 본 발명의 목적은 종래 기술로부터 알려진 단점들을 신뢰가능한 방식으로 회피하는 것, 및 전지 내의 압력 강하를 감소시키는, 전류 밀도를 상승시키는, 그리고 전극을 통한 더 균일한 흐름을 보장하는, 흐름형의 전기화학 전지를 위한 대안적인 용액을 제공하는 것이다.
- [0025] 또한, 전해액은, 원하지 않는 이차적인 반응들의 가능성을 감소시키기 위해, 전지의 높이에 대해, 그리고 동시에 폭에 대해 극히 균일한 충전 상태를 가져야 한다. 본 발명의 다른 목적은 본 발명의 흐름형 전기화학 전지를 포함하는 전지 스택, 및 그러한 전지를 동작시키는 방법을 제공하는 것이다.

### 과제의 해결 수단

- [0026] 본 발명은 흐름형의 전기화학 전지로서,

- [0027] (a) 측면 엘리먼트들에 의해 경계지어지고, 애노드 하프 전지 및 캐소드 하프 전지 내에 각각의 다공성 전극이 포함되는 애노드 하프 전지 및 캐소드 하프 전지, 및 또한
- [0028] (b) 애노드 하프 전지와 캐소드 하프 전지 사이에 배치되는 투과성 분리층
- [0029] 을 포함하고, 여기서
- [0030] (i) 전해액 피드에 연결된 전해액 유입 영역, 및 전해액 드레인에 연결된 전해액 유출 영역이 제공되며, 여기서
- [0031] (ii) 전해액 유입 영역 및 전해액 유출 영역은 다공성 전극의 반대 측면들에 배치되고, 따라서,
- [0032] (iii) 유입하는 전해액이 투과성 분리층에 대해 수직으로 다공성 전극을 통해 흐르는, 흐름형의 전기화학 전지를 제공한다.
- [0033] 놀랍게도, 수평 방향으로, 즉 도 3에 대해 z-방향으로 전극을 통한 흐름이 압력 강하를 몇배로 더 작게 만들어, 전지가 더 큰 치수로 설계되는 것을 허용한다는 것이 발견되었다.
- [0034] 전지의 새롭고 이로운 구성의 결과로서, 또한, 전해액은 전지의 높이 및 폭에 대해 급격히 상이한 충전 상태를 갖지 않는다. 이것의 결과로서, 이차 반응들의 가능성이 전지의 전체 영역에 대해 동일하고, 따라서 전지 내의 단위 체류 시간 당 전해액의 SOC에서의 최대 변화를 달성하는 것, 및 또한 상당히 더 높은 전류 밀도들에서 동작하는 것이 가능하다; 결과적으로, 더 낮은 체적 유량이 필요하고, 이리하여 더 적은 펌핑 전력이 필요하고, 이에 따라 더 높은 시스템 효율이 달성될 수 있다.
- [0035] 액체 또는 기체들, 또는 달리 양자 모두가 본 발명의 흐름형 전기화학 전지를 통한 흐름을 구성할 수도 있다. 여기에 사용된 용매들은 통상적으로 유기 또는 무기 산들이고, 수성 (aqueous) 황산의 사용을 선호한다. 사용된 가능한 레독스 커플들은 티타늄, 철, 크롬, 바나듐, 세륨, 아연, 브롬, 및 황이다. 그러나, 아연-공기 에너지 저장 매체로서 본 발명의 전지를 사용하는 것이 또한 가능하며, 이것은 전지를 통한 흐름이 아연 슬러리의 및 공기 또는 산소의 흐름이라는 것을 의미한다. 다른 그러한 애플리케이션들은, 액체의 용액 중의 염이 전기화학적으로 전기화학 전지에서 반응되는 경우, 기체의 형성이 일차 반응을 구성하지 않는 경우에 마찬가지로 생각할 수 있다.
- [0036] 본 발명의 전기화학 전지는 예를 들어 DE 196 41125 A1 (우데노라)에 개시된 바와 같은 "단일 전지 엘리먼트들"로서 지칭되는 타입의 단일 셀 구성, 또는 그 밖에 EP 0095039 A1 (우데)에서 예로써 기술된 바와 같은 필터 프레스 타입의 구성으로 전해 전지를 구성할 수도 있다. 측면 엘리먼트들은 따라서 단일 셀 구성의 경우에는 모노폴라 엘리먼트들이고, 필터 프레스 타입의 전기화학 전지들의 경우에는 바이폴라 엘리먼트들이다. 여기서 사용된 각각의 측면 엘리먼트들은 바람직하게는 플레이트들로서, 그리고 더욱 바람직하게는 바이폴라 플레이트들로서 구성된다.
- [0037] 투과성 분리층은 투과성 막들, 선택적 투과성 막들, 반투과성 막들, 다이어프램들, 한외 여과 (Ultrafiltration) 막들, 및 세라믹 세퍼레이터들을 포함하는 그룹으로부터 선택된다.
- [0038] 이로운 실시형태에서, 전해액 유입 영역은 투과성 분리층과 다공성 전극 사이에 배치되고, 전해액 유출 영역은 투과성 분리층과 측면 엘리먼트들 사이에 배치되며, 그 역도 성립한다.
- [0039] 본 발명의 추가의 이로운 개선에서, 전해액 유입 영역 및/또는 전해액 유출 영역은 하나 이상의 흐름 채널들에 의해 다공성 전극들로 및/또는 측면 엘리먼트들로 통합된다. 이들 흐름 채널들은 다공성 전극 또는 측면 엘리먼트들에서 서로에 평행하게 배열될 수도 있거나 교차할 수도 있다. 흐름 채널들의 임의의 배열이 고려 가능하다.
- [0040] 본 발명의 추가의 버전에서, 전해액 유입 영역 및/또는 전해액 유출 영역에는, 와이드-메시 (wide-mesh) 지지 구조가 제공되어 있다. 이러한 와이드-메시 지지 구조는 바람직하게는 투과성 분리층과 전극 사이의 정의된 거리를 보장하고 낮은 흐름 저항을 제공하는 직물 또는 편물 또는 다른 컴포넌트이다. 이러한 경우에, 전해액 유입 영역 및 전해액 유출 영역에는, 동일한 타입의 설계의 와이드-메시 지지 구조 또는 상이한 와이드-메시 지지 구조가 사용된다. 이러한 와이드-메시 지지 구조는 또한 퍼컬레이터 (percolator)로서 지칭된다.
- [0041] 여기의 와이드-메시 지지 구조는 전기 전도성 재료 또는 도전성 코팅을 갖는 재료로 만들어지고, 바람직하게는 탄소 지지 구조이다. 그러나, 다른 재료들이 또한 사용될 수도 있다. 여기의 와이드-메시 지지 구조는 다공성 전극보다 더 낮은 흐름 저항을 갖고 전해액에 대해 안정하다.



- [0042] 재료가 다공성 전극에 전기적으로 충분히 연결되고, 또한 측면 엘리먼트들에의 효과적인 전기적 연결을 갖는 것이 여기서 중요하다. 이러한 직물은 측면 엘리먼트들 및/또는 다공성 전극이 전해액의 방해받지 않는 유출(flow-off)을 보장하고 전극에 대한 충분한 전기적 연결을 생성하는 대응하는 흐름 채널들이 제공되는 경우에 생략될 수 있다.
- [0043] 이러한 지지 구조에는, 마찬가지로 바람직하게는 그러나 반드시 아니고 레독스 반응들이 존재할 수도 있다.
- [0044] 다공성 전극은 이롭게도 부직포 탄소 웹, 폼(foam), 또는 금속 폼이다. 다른 재료들이 또한 사용될 수도 있다.
- [0045] 구성은 추가의 층들로 확장될 수도 있고, 이들 층들은 더 균일한 전해액 분포 또는 향상된 전지 전력, 즉 더 높은 전류 밀도, 더 높은 효율, 또는 더 양호하거나 더 균일한 전류 분포 등을 야기하거나, 또는 그 구성은 다른 이점들을 나타낼 수도 있다. 개개의 전지의 캐소드 및 애노드 하프 전지들이 구성에 있어서 상이한 것, 또는 그 2개의 하프 셀들의 구성이 대칭인 것이 또한 가능하다.
- [0046] 본 발명은 또한 처음에 기술된 바와 같이 흐름형의 전기화학 전지의 전지 스택들에 관한 것이다.
- [0047] 마지막으로, 본 발명은 또한 흐름형의 전기화학 전지를 동작시키는 방법을 포함하며, 여기서 전해액은 투과성 분리층에 대해 수직으로 다공성 전극을 통해 흐르게된다.
- [0048] 방법은 이롭게도,
- [0049] (i) 전해액이 전해액 피드에 연결된 전해액 유입 영역을 통해 공급되고,
- [0050] (ii) 흐름이 투과성 분리층에 대해 수직으로 다공성 전극을 통과하게 되며,
- [0051] (iii) 전해액은 전해액 유입 영역으로부터 다공성 전극의 반대측에 배치되는 전해액 유출 영역을 통해 전지로부터 안내되도록 실현된다.

### 도면의 간단한 설명

- [0052] 종래 기술 및 본 발명이 다양한 도면들을 참조하여 더 상세하게 표현된다.
- 도 1은 종래 기술로부터의 레독스 흐름 저장 매체의 개략적인 표현이다.
- 도 2는 종래 기술로부터의 레독스 흐름 전지의 개략적 구성이다.
- 도 3은 흐름이 투과성 분리층에 대해 수직으로 다공성 전극들을 통과하게 되는, 본 발명의 전기화학 전지의 개략적 구성이다.
- 도 4는 흐름이 투과성 분리층에 대해 수직으로 다공성 전극들을 통과하게 되는, 본 발명의 추가의 전기화학 전지의 개략적 구성이다.
- 도 5는 본 발명의 전기화학 전지의 구성 성분들의 상이한 배열들이다.
- 도 6은 도 5a, 도 5b, 및 도 5c에 도시된 바와 같은 구성 성분들의 상이한 배열들을 포함하는, 본 발명의 전기화학 전지의 3차원 표현이다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0053] 도 3 및 도 4는 본 발명의 전기화학 전지들(9)을 도시한다. 이들 전지들에서, 전해액(8a, 8b)은 투과성 분리층(4) 및 다공성 전극(3a) 사이에 배치되는 전해액 유입 영역(10) 내로 전해액 피드(13a, 13b)를 통해 흐른다. 퍼컬레이터로서도 지칭되는 와이드-메시 지지 구조(11)가 전해액 유입 영역(10)에 위치된다. 전해액 유입 영역(10)은 전해액 피드의 반대쪽의 전기화학 전지의 단부에 폐쇄된 단부(12)를 갖는다. 결과적으로, 유입하는 전해액(8a, 8b)은 다공성 전극(3a, 3b)을 통해 투과성 분리층(4)에 대해 수직으로, 즉 z 방향으로 강제된다. 지지 구조(11)로 채워진 전해액 유입 영역(10) 내로의 유입하는 전해액(8a, 8b)에 의해, 이러한 영역(10)은 초기에 전해액(8a, 8b)으로 균일하게 채워진다. 그 후, 전해액(8a, 8b)은 지지 구조(11)보다 더 큰 흐름 저항을 제공하는 다공성 전극(3a, 3b)을 통해 균일하게 흐른다. 거기로부터, 전해액(8a, 8b)은 전해액 유입 영역(10)에서의 지지 구조(11)와 동일한 재료 또는 상이한 재료로 이루어지는 추가의 와이드-메시 지지 구조(15)가 제공되어 있는 전해액 유출 영역(14) 내로



흐른다. 전해액 (8a, 8b) 은 후속하여 전해액 드레인 (16) 을 통해 전기화학 전지 (9) 를 떠난다.

[0054] 도 4 는 전해액 유출 영역 (14) 이 흐름 채널들 (17) 을 통해 측면 엘리먼트 (7) 내로 통합되는 점에서만 도 3 과 상이하다. 지지 구조에 대한 필요가 존재하지 않는다.

[0055] 도 5 는 흐름이 투과성 분리층에 대해 수직으로 통과하는 전기화학 전지 내의 구성 성분들의 상이한 배열들을 도시한다. 도 5a 는 유입 영역 (10) 및 유출 영역 (14) 에 대한 통합된 흐름 채널들 (17) 을 갖는 다공성 전극 (6a, 6b) 을 도시한다. 도 5b 에서, 전해액 유입 영역 (10) 은 와이드-메시 지지 구조 (15) 를 통해 실현되고, 흐름 채널들 (17) 은 다공성 전극 (6a, 6b) 내에 통합된다. 도 5c 에서, 전해액 유입 영역 (10) 및 전해액 유출 영역 (14) 은 흐름 채널들 (17) 을 통해 표현된다. 이러한 경우에, 전해액 유입 영역 (10) 의 흐름 채널들 (17) 은 다공성 전극 (6a, 6b) 에 위치되고, 전해액 유출 영역 (14) 의 흐름 채널들은 측면 엘리먼트들 (7) 에 위치된다. 흐름 채널들의 형태 및 배열은 여기서 임의로 선택될 수도 있다.

[0056] 도 6a, 도 6b, 및 도 6c 에서, 도 5a, 도 5b, 및 도 5c 에서 도시된 바와 같은 전기화학 전지의 구성 성분들의 배열들이 3차원 뷰로 표현된다. 그 도면의 상부 부분 (18) 은 전해액이 전해액 드레인 (16) 을 통해 유출되는 전기화학 전지의 해당 측의 뷰 (view) 를 도시하고, 그 도면의 하부 영역 (19) 은 전해액이 전해액 피드 (13) 를 통해 전지 내로 흐르는 전기화학 전지의 해당 측의 뷰를 도시한다.

[0057] 본 발명은 작동에 의해 이하에 더욱 상세히 기술된다,

#### [0058] 실시예

[0059]  $1 \text{ m}^2$  의 활성 영역 및  $1 \text{ m} \times 1 \text{ m}$  의 치수들을 갖는 종래 기술에 따른 전지에서의 압력 강하는 다음과 같이 계산될 수 있다.

[0060]  $500 \text{ W/m}^2$  의 가정된 전력 밀도로 단위 체류 시간당 20% 만큼의 전해액의 방전의 경우,  $39 \text{ L/h}$  바로 아래의 전해액 체적 유량이 요구되는 것이 가정될 수 있다. 사용된 전극이  $6 \text{ mm}$  의 두께 및  $1.6 \text{ E}^{-10} \text{ m}^2$  의 투과율을 갖는 부직포 웹인 경우, 그리고 보통과 같이 이러한 웹이 25% 만큼 압축되는 경우 (압축된 웹의 투과율  $4.0 \text{ E}^{-11}$ ), 이들 수치들로부터 다음 공식에 의해 전지 내의 결과적인 압력 강하를 계산하는 것이 가능하다:

[0061] 압력 강하 = 체적 유량 \* 점도 \* 길이 / (투과율 \* 단면적)

[0062] 따라서,  $1.0 \text{ E}^{-2} \text{ Pas}$  의 평균 전해액 점도에 의하면, 대략  $0.6 \text{ MPa}$  의 압력 강하가 확인될 수 있다.

[0063] 다른 것은 동일한 조건들 하에서, 흐름이 Z 방향으로 부직포 웹을 통과하고, 유입 및 유출 영역 (10 및 14) 에서의 압력 강하들이 무시되는, 본 발명에 따라 제안된 기법에 의하면, 압력 강하는 대략  $1.2 \times 10^{-5} \text{ MPa}$  까지 상당히 감소할 것이다. 이것은 대략 50000:1 의 비율에 대응한다.

[0064] 본 발명으로부터 초래되는 이점들:

[0065] 이러한 구성의 결과로서, 전지 내의 압력 강하를 몇배로 감소시키 것 뿐만 아니라 전해액이 전지의 높이 및 폭에 대해 급격하게 상이한 충전 상태가 제공되는 것을 방지하는 것이 가능하다. 이것의 결과는 이차 반응들의 가능성이 전지의 전체 영역에 대해 동일하다는 것이고, 따라서 전지 내의 단위 체류 시간당 전해액의 SOC 에서의 최대 변화를 달성하는 것이 가능하고, 상당히 더 높은 전류 밀도들에서 동작하는 것이 또한 가능하다; 결과적으로, 더 낮은 체적 유량이 필요하고, 이리하여 더 작은 펌핑 전력이 필요하며, 따라서 더 높은 시스템 효율이 달성될 수 있다. 또한, 투과성 분리층, 전극 및 측면 엘리먼트와 같은 개개의 컴포넌트들은 높이 및 폭에 대해 동일한 충전 상태를 보여주며, 이것은 전지 성능 및 컴포넌트 내구성에 대해 긍정적인 결과들을 갖는다.

[0066] 이것은 부직포 웹 등으로 이루어지는 전극들을 갖는 전기화학 전지들이 생성되고, 지금까지의 종래 기술에서보다 더 큰 기하학적 치수로 경제적으로 동작될 가능성을 제공한다.

#### 부호의 설명

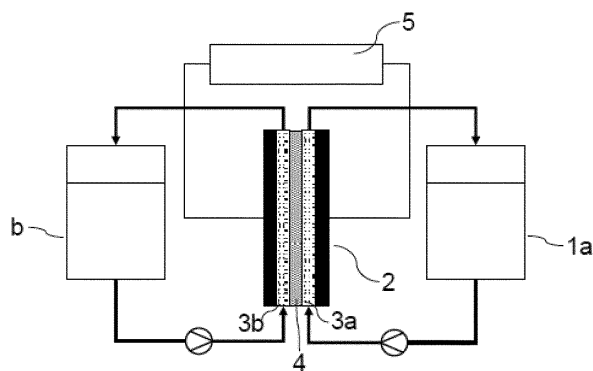
[0067] 1 탱크들

2 전기화학 전지

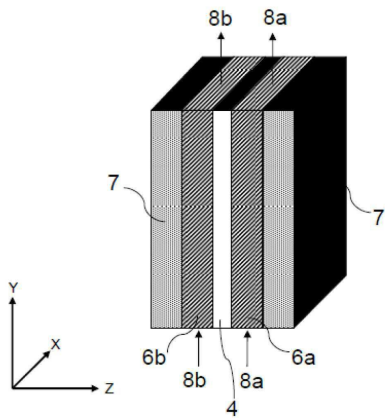
- 3a, 3b 다공성 전극들/부직포 웹
- 4 투과성 분리층
- 5 네트워크 연결
- 6a, 6b 부직포 웹/다공성 전극
- 7 측면 엘리먼트
- 8a 양극액
- 8b 음극액
- 9 본 발명의 전기화학 전지
- 10 전해액 유입 영역
- 11 와이드-메시 지지 구조/퍼컬레이터
- 12 전해액 유입 영역의 폐쇄된 단부
- 13a, 13b 전해액 피드
- 14 전해액 유출 영역
- 15 추가의 지지 구조 (퍼컬레이터)
- 16 전해액 드레인
- 17 흐름 채널들
- 18 도 6 의 상부 영역
- 19 도 6 의 하부 영역

## 도면

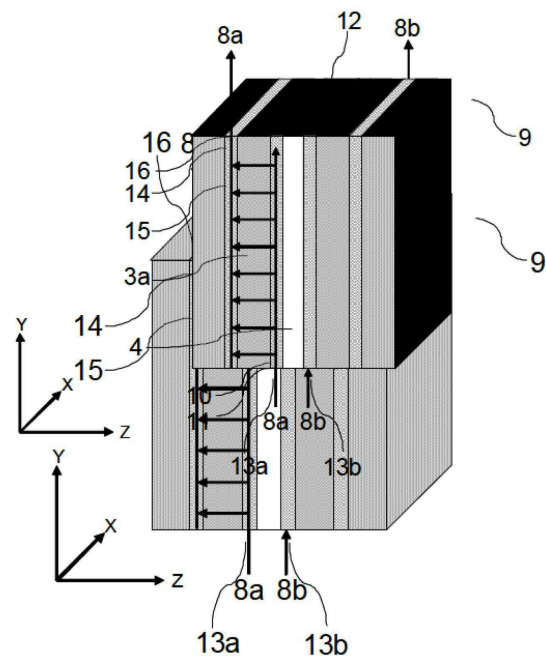
### 도면1



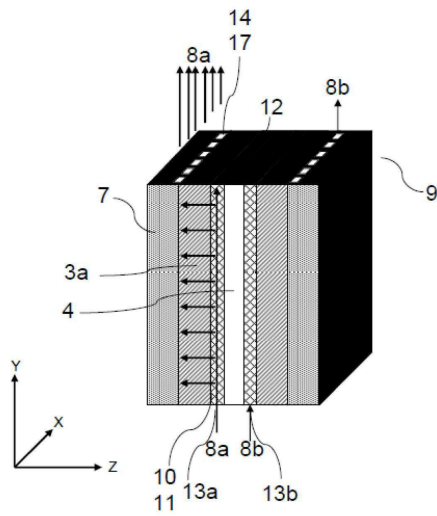
도면2



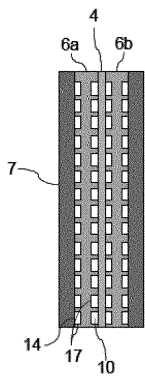
도면3



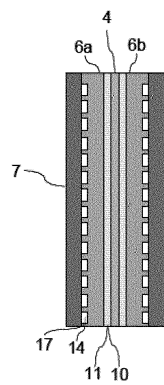
도면4



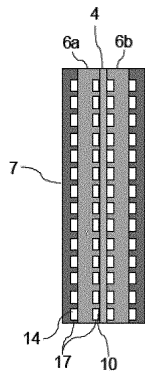
도면5a



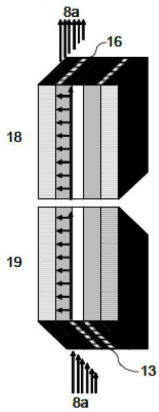
도면5b



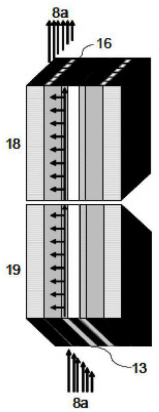
도면5c



도면6a



도면6b



도면6c

