



등록특허 10-2750430



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2025년01월07일
(11) 등록번호 10-2750430
(24) 등록일자 2024년12월31일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01M 8/18 (2015.01) *H01M 4/86* (2006.01)
H01M 8/0258 (2016.01) *H01M 8/0273* (2016.01)
H01M 8/24 (2016.01) *H01M 8/2455* (2016.01)
- (52) CPC특허분류
H01M 8/188 (2013.01)
H01M 4/8605 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2018-7016793
- (22) 출원일자(국제) 2016년11월15일
심사청구일자 2021년11월02일
- (85) 번역문제출일자 2018년06월14일
- (65) 공개번호 10-2018-0080318
- (43) 공개일자 2018년07월11일
- (86) 국제출원번호 PCT/US2016/061992
- (87) 국제공개번호 WO 2017/087365
국제공개일자 2017년05월26일
- (30) 우선권주장
62/256,847 2015년11월18일 미국(US)
- (56) 선행기술조사문현
KR1020010106463 A
US20140065460 A1
KR1020150047529 A
KR1020140084247 A

- (73) 특허권자
인비니티 에너지 시스템즈 (캐나다) 코포레이션
캐나다 0에이3 브이6씨 비씨 벤쿠버 버라드 스트리트 2900-550
- (72) 발명자
켈라센, 앤드류
캐나다, 브리티시 콜롬비아 V7G 1T8, 칼레도니아
에비뉴 노스 벤쿠버 2537
블락커, 리키
캐나다, 브리티시 콜롬비아 V4A 6T8, 에비뉴 수레
이 14884 20
- (74) 대리인
허용록

전체 청구항 수 : 총 18 항

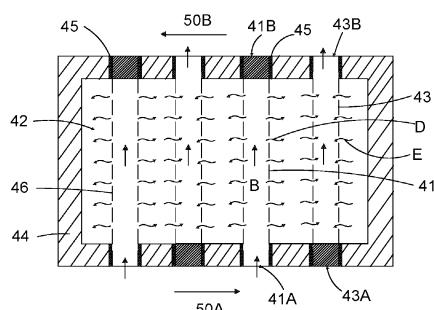
심사관 : 지병갑

- (54) 발명의 명칭 개선된 전해질 분포를 갖는 전극 조립체 및 플로우 배터리

(57) 요 약

다공성 전극 물질, 다공성 전극 물질을 둘러싸는 프레임, 다공성 전극 물질에 전해질을 공급하기 위한 유입구를 갖는 다공성 전극 물질 내에 매립된 적어도 하나의 분배기튜브 및 다공성 물질로부터 전해질을 배출하기 위한 배출구를 갖는 다공성 전극 물질 내에 매립된 적어도 하나의 다른 분배기튜브를 포함하는 플로우 배터리용 전극 조립체가 개시된다. 분배기튜브의 벽에는 바람직하게 전극 물질 내의 전해질의 균일한 분포를 허용하기 위한 구멍 또는 기공(pores)이 제공된다. 분배기튜브는 배터리 스택 내의 플로우 셀 사이에 유동하는 선드(shunt) 전류를 최소화하기 위해 전극 물질 내에 필요한 전해질 유동 경로(flow path) 길이를 제공한다.

대 표 도 - 도2c



(52) CPC특허분류

H01M 8/0258 (2013.01)

H01M 8/0273 (2013.01)

H01M 8/2455 (2013.01)

H01M 8/2459 (2016.02)

명세서

청구범위

청구항 1

플로우 배터리용 전극 조립체에 있어서,

- 다공성 전극 물질;
 - 다공성 전극 물질을 둘러싸는 프레임;
 - 다공성 전극 물질에 전해질을 공급하기 위한 유입구를 갖으며, 다공성 전극 물질 내에 적어도 일부분이 매립된 제1 분배기튜브; 및
 - 다공성 전극 물질로부터 전해질을 배출하기 위한 배출구를 갖으며, 다공성 전극 물질 내에 적어도 일부분이 매립된 제2 분배기튜브를 포함하고,
- 프레임 및 분배기튜브들은 전기적 비전도성 플라스틱 물질로 제조되는 전극 조립체.

청구항 2

제1항에 있어서, 제1 및 제2 분배기튜브는 프레임의 제1 측면과 프레임의 제2 측면 사이에서, 프레임의 두 측면 사이의 중간지점을 지나 연장하는 전극 조립체.

청구항 3

제1항에 있어서, 제1 분배기튜브는 프레임에 밀봉된 배출구를 가지고 제2 분배기튜브는 프레임에 밀봉된 유입구를 가지며, 제1 분배기튜브 및 제2 분배기튜브는 각각 내부 유동 통로 및 내부 유동 통로를 둘러싸는 벽을 갖는 중공 튜브이고,

상기 중공 튜브의 벽은 분배기튜브의 벽을 통한 다공성 전극 물질 내로의 전해질의 유동을 허용하도록 구멍이 제공된 고형 물질 또는 다공성 재료로 제조되는 전극 조립체.

청구항 4

제1항에 있어서, 제1 분배기튜브는 다공성 전극 물질에 개방된 배출구를 가지며, 제2 분배기튜브는 다공성 전극 물질에 개방된 유입구를 가지는 전극 조립체.

청구항 5

제4항에 있어서, 제1 분배기튜브 및 제2 분배기튜브는 각각 내부 유동 통로 및 내부 유동 통로를 둘러싸는 벽을 갖는 중공 튜브이고,

상기 중공 튜브 중 적어도 하나의 벽은,

고형 물질로 제조되거나,

다공성 전극 물질 내로의 전해질의 분포를 허용하기 위한 다공성 물질로 제조되거나,

다공성 전극 물질 내로의 전해질의 분포를 허용하기 위한 적어도 하나의 구멍이 제공된 고형 물질로 제조되는, 전극 조립체.

청구항 6

제1항에 있어서, 제1 및 제2 분배기튜브는 각각 내부 유동 통로 및 내부 유동 통로를 둘러싸는 벽을 갖는 중공 튜브이고, 제1 또는 제2 분배기튜브 중 적어도 하나의 내부 유동 통로는 벽의 기공률보다 높은 기공률을 갖는 다공성 물질로 제조되는 전극 조립체.

청구항 7

제1항에 있어서,

제1 및 제2 분배기 투브 중 적어도 하나는,

원형 단면 또는 삼각형 단면을 갖거나,

다공성 전극 물질 내에 부분적으로 또는 완전히 매립되는, 전극 조립체.

청구항 8

제1항에 있어서, 제1 및 제2 분배기 투브 중 적어도 하나는 사행형(serpentine) 형상을 갖는 중공 투브이고, 중공 투브의 벽은 다공성 전극 물질 내로의 전해질의 분포를 허용하기 위한 적어도 하나의 구멍이 제공된 다공성 물질 또는 고형 물질로 제조되는 전극 조립체.

청구항 9

제1항에 있어서, 복수의 제1 및 제2 분배기 투브를 더 포함하고,

상기 복수의 제1 및 제2 분배기 투브는,

다공성 전극 물질의 영역에 걸쳐 고르게 분포되거나,

동일한 단면 유동 영역을 포함하는, 전극 조립체.

청구항 10

제1항에 있어서, 제1 분배기 투브의 길이는 제2 분배기 투브의 길이와 동일하거나,

상기 제1 및 제2 분배기 투브는 폴리에틸렌 또는 폴리프로필렌으로 제조되는, 전극 조립체.

청구항 11

적어도 하나의 플로우 셀을 포함하는 플로우 배터리에 있어서,

- 음극 조립체 및 양극 조립체,

- 양극 조립체와 음극 조립체를 분리하는 분리막, 및

- 각각의 전극 조립체에 인접하는, 제1 및 제2 바이플라 플레이트를 포함하고,

음극 또는 양극 조립체 중 적어도 하나는 제1항의 전극 조립체인 플로우 배터리.

청구항 12

제1항의 전극 조립체를 갖는 플로우 셀의 스택을 포함하는 플로우 배터리로서, 상기 플로우 셀의 스택은 2개의 단부 플레이트가 제공된 원통형 플라스틱 쉘(shell)에 둘러싸여 있고, 상기 원통형 플라스틱 쉘 및 2개의 단부 플레이트는 전기적 비전도성인 재료로 제조되고, 상기 플로우 셀을 함께 지지하고 방사형 및 축 방향으로 압축하는, 플로우 배터리.

청구항 13

제12항에 있어서, 원통형 플라스틱 쉘 및 단부 플레이트의 물질은 프레임의 물질과 거의 동일한 열 팽창 계수를 가지거나,

상기 플로우 셀의 스택은 스택과 원통형 플라스틱 쉘 사이에 4개의 구획(compartment)을 형성하기 위해 코너가 원통형 플라스틱 쉘의 내부 표면과 연결되는 직사각형 외부 형상을 가지거나,

상기 스택의 코너는 스택과 원통형 플라스틱 쉘 사이에 4개의 밀봉된 구획을 형성하기 위해 밀봉부를 통해 원통형 플라스틱 쉘의 내부 표면에 연결되고, 2개의 구획은 거기에 양의 전해질을 유동시키기 위한 것이고 다른 2개의 구획은 거기에 음의 전해질을 유동시키기 위한 것인 플로우 배터리.

청구항 14

플로우 배터리용 전극 조립체의 제조 방법에 있어서,

- 다공성 전극 물질을 프레임 내에 위치시키는 단계;
- 다공성 전극 물질을 둘러싸는 프레임에 제공된 구멍을 통해 로케이팅 니들(locating needle)을 다공성 전극 물질에 삽입하는 단계;
- 다공성 전극 물질 내에 로케이팅 니들을 삽입함으로써 프레임에 제공된 구멍을 통해 그리고 다공성 전극 물질에 제공된 구멍을 통해 분배기튜브를 슬라이딩시켜, 다공성 전극 물질 내에 적어도 부분적으로 프레임에 대해 분배기튜브를 로케이팅 시키는 단계; 및
- 프레임의 구멍 내에 분배기튜브를 밀봉하는 단계를 포함하며,

상기 프레임 및 분배기튜브는 전기적 비전도성 플라스틱 재료로 제조되며,

유입구 또는 배출구를 통한 전해질 유동을 방지하기 위해 적어도 하나의 분배기튜브의 단부를 밀봉하는 단계를 포함하는 전극 조립체의 제조 방법.

청구항 15

플로우 배터리용 전극 조립체의 제조 방법에 있어서,

- 복수의 분배기튜브들을 전극 프레임에 고정하는 단계, 상기 전극 프레임 및 분배기튜브들은 전기적 비전도성 플라스틱 재료로 제조되며;
- 상기 분배기튜브들 상의 전극 프레임 옆에 다공성 전극 물질을 위치시키는 단계; 및
- 다공성 전극 물질 내에 분배기튜브들을 적어도 부분적으로 매립시키기 위해 전극 프레임, 분배기튜브들 및 다공성 전극 물질을 압축하는 단계를 포함하는 전극 조립체의 제조 방법.

청구항 16

플로우 배터리 스택의 제조 방법에 있어서,

- 분배기튜브들을 전극 프레임에 고정하는 단계, 상기 전극 프레임 및 분배기튜브들은 전기적 비전도성 플라스틱 재료로 제조되며;
- 분배기튜브, 다공성 전극 물질, 분리막, 다른 다공성 전극 물질, 서로 중첩된 분배기튜브를 갖는 다른 전극 프레임을 연속적으로 위치시키는 단계;
- 스택 내의 원하는 수의 플로우 셀에 도달할 때까지 단계 a) 및 b)를 반복하는 단계; 및
- 분배기튜브를 다공성 전극 물질 내에 적어도 부분적으로 매립시키기 위해 단계 a) 내지 단계 c)에서 형성된 구성요소의 스택을 압축하는 단계를 포함하며,

유입구 또는 배출구를 통한 전해질 유동을 방지하기 위해 적어도 하나의 분배기튜브의 단부를 밀봉하는 단계를 포함하는, 플로우 배터리 스택의 제조 방법.

청구항 17

플로우 배터리용 전극 조립체의 제조 방법에 있어서,

- 다공성 전극 물질을 프레임 내에 위치시키는 단계;
- 다공성 전극 물질을 둘러싸는 프레임에 제공된 구멍을 통해 로케이팅 니들(locating needle)을 다공성 전극 물질에 삽입하는 단계;
- 다공성 전극 물질 내에 로케이팅 니들을 삽입함으로써 프레임에 제공된 구멍을 통해 그리고 다공성 전극 물질에 제공된 구멍을 통해 분배기튜브를 슬라이딩시켜, 다공성 물질 내에 적어도 부분적으로 프레임에 대해 분배기튜브를 로케이팅 시키는 단계; 및
- 프레임의 구멍 내에 분배기튜브를 밀봉하는 단계를 포함하며,

상기 프레임 및 분배기튜브는 전기적 비전도성 플라스틱 재료로 제조되는, 전극 조립체의 제조 방법.

청구항 18

플로우 배터리 스택의 제조 방법에 있어서,

- a. 분배기튜브들을 전극프레임에 고정하는 단계, 상기 전극프레임 및 분배기튜브들은 전기적 비전도성 플라스틱 재료로 제조되며;
- b. 분배기튜브, 다공성전극 물질, 분리막, 다른 다공성전극 물질, 서로 중첩된 분배기튜브를 갖는 다른 전극프레임을 연속적으로 위치시키는 단계;
- c. 스택내의 원하는 수의 플로우셀에 도달할 때까지 단계 a) 및 b)를 반복하는 단계; 및
- d. 분배기튜브를 다공성전극 물질내에 적어도 부분적으로 매립시키기 위해 단계 a) 내지 단계 c)에서 형성된 구성요소의 스택을 압축하는 단계를 포함하는,

플로우 배터리 스택의 제조 방법.

청구항 19

삭제

청구항 20

삭제

청구항 21

삭제

청구항 22

삭제

청구항 23

삭제

청구항 24

삭제

청구항 25

삭제

청구항 26

삭제

청구항 27

삭제

청구항 28

삭제

청구항 29

삭제

청구항 30

삭제

청구항 31

삭제

청구항 32

삭제

청구항 33

삭제

청구항 34

삭제

청구항 35

삭제

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 전극 물질 내에서 개선된 전해질 분포를 허용하는 구조를 갖는 플로우 배터리(flow battery)용 전극 조립체 및 그 전극 조립체를 포함하는 플로우 배터리에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 레독스 플로우 배터리로도 알려진, 플로우 배터리는 전기 에너지를 저장될 수 있는 화학 에너지로 전환시킨 후, 수요가 있을 때 배출되는 전기 에너지로 전환시킨다.

[0003] 플로우 배터리는 가역적인 전기화학적 반응에 참여하는 액체 전해질의 사용에 의해 다른 전기화학적 (electrochemical) 디바이스, 예를 들어 연료 셀과 구별된다. 연료 셀은 에너지를 생산하기 위해 가스 연료를 사용하고, 에너지를 저장하지 않는 반면, 플로우 배터리는 임의의 에너지를 생성하지 않으며, 에너지를 저장 및 방출한다. 이것은 연료 셀과 플로우 배터리 사이의 기본적인 차이점이지만, 이 두 유형의 전기화학적 셀 사이에는 다른 많은 차이점이 있으며, 그 중 일부는 본원에서 추가로 기술된다.

[0004] 참조번호 10으로 도 1에 도시된 것과 같은, 기본 플로우 배터리는 분리막(16)에 의해 분리된 음극(12) 및 양극(14)을 갖는 레독스 플로우 셀(11)을 포함한다. 음의 액체 전해질(17)은 저장 탱크(18)로부터 음극으로 전달되고, 양의 액체 전해질(19)은 저장 탱크(20)로부터 양극으로 전달되어, 전기화학적으로 가역적인 레독스 반응을 유도한다. 분리막은 미세 다공성(micro-porous) 분리막 또는 이온 교환막이 될 수 있으며, 전극을 분리하고 전해질의 혼합을 방지하지만, 선택된 이온이 통과하여 레독스 반응을 완료하도록 한다. 도시된 바와 같이, 플로우 배터리는 각각 다공성 전극(각각 12 및 14)에 인접하여 배열된 제1 컬렉터 플레이트(22) 및 제2 컬렉터 플레이트(24)를 포함한다. 다공성 전극은 액체 전해질(각각 17 및 19)에 대해 전기 전도성이 있고, 촉매 활성이며, 바람직하게 내부식성(corrosion resistant)인 물질로 구성된다. 컬렉터 플레이트는 바람직하게 플로우 셀 내부의 고도의 산성 환경에서 전도성이 높고 화학적으로 안정적인 물질로 제조된다. 컬렉터 플레이트는 도체(26 및 28)에 결합되어 전기 스위치(34)를 통해 전원(30)(충전용) 또는 전력 부하(32)(방전용)를 통해 회로를 완성한다.

[0005] 분리막에 의해 분리된, 도 1의 양극 및 음극은 플로우 셀(11)을 형성한다. 플로우 배터리 스택은 일반적으로 플로우 배터리의 설계 용량에 따라 하나 초과의 플로우 셀을 포함하며, 바이폴라 플레이트(bipolar plate)에 의해 분리되는 2개의 인접한 플로우 셀을 포함한다. 작동시, 액체 전해질(17 및 19)은 플로우 셀의 스택으로 전달되어 전기 에너지를 화학 에너지로 전환시키거나 화학 에너지를 전력 부하에 대한 전기적 연결을 통해 방전될 수 있는 전기 에너지로 전환시킨다.

[0006] 일부 플로우 배터리에서, 각각의 전해질은 각 셀의 유입구(inlet)로부터 배출구(outlet)로 다공성 전극을 통해 전체적으로 유동한다. 이와 같은 유형의 플로우 배터리에서, 전해질 유동은 전극의 다공성 물질을 통한 유동 저항으로 인해 높은 압력 강하를 겪을 수 있다. 다른 플로우 배터리에서, 액체 전해질은 바이폴라 플레이트의 양 측에 제공된 채널을 통해 유동하고, 인접한 전극으로 확산한다. 이와 같은 유형의 설계는 전해질이 유동 채널을 통해 제한없이 유동하기 때문에 압력 강하가 적지만 전극에 전해질이 불균일하게 분포되어 있기 때문에 성능이

상대적으로 낮다.

[0007] 바이폴라 플레이트 내에 유통장(flow field) 채널을 구비한 일부 플로우 배터리는 전극 내의 전해질의 상대적으로 균일한 분포를 달성하고 전극에서의 전해질 농도 구배(concentration gradient)를 방지하기 위해 유통장의 설계를 변경함으로써 이와 같은 문제를 해결하였다.

[0008] 예를 들어, 이와 같은 문제를 해결하기 위해, 미국 특허출원 제20120244395호는 배출구 또는 유입구가 적어도 부분적으로 차단되는 서로 맞물린(interdigitated) 채널을 갖는 유통장을 개시하며, 이로써 전해질이 채널의 액체-다공성 전극을 통해 채널의 리브(rib) 하부로 유동하도록 한다. 리브 하부 및 전극을 통한 액체 전해질의 강제 유동은 전술한 대로 일부 플로우 배터리의 유동-통과 배열(flow-through arrangement)과 같이 유동이 전체적으로 전극을 통과하는 경우보다 낮은 압력 강하를 제공하며, 전극에 대한 전해질의 노출을 향상시키는 장점이 있다.

[0009] 예를 들어 국제 특허출원 WO 2016/072254에 기술된 다른 설계에서, 바이폴라 플레이트는 몰딩된(molded) 플레이트로 형성되거나 절단되는 길이방향 홈이 제공되어, 전해질 공급 채널 및 전해질 배출 채널을 생성하며, 이는 공급측과 배출측 사이의 압력 불균형에 의해 초래된 플레이트 프레임 변형을 감소시키는 데 도움이 된다. 바이폴라 플레이트는 전해질 공급 및 배출 채널 사이에 전해질 유동을 전극으로 가이드하는 전해질 가이딩(guiding) 섹션을 더 포함한다. 전해질 공급 및 배출 채널은 전해질 유동을 전극으로 가이드하는 플라스틱 보호 플레이트로 커버되어 있다. 본 출원인은 전해질이 전극에 더 잘 분포될 수 있도록 홈이 전해질 가이딩 섹션에 제공되는 경우 더 양호한 성능이 달성된다고 주장한다. 이 선행기술 문헌의 셀의 각 전극, 예를 들어 양극 또는 음극은 일체(one piece)로 형성되는 것이 아니라 오히려 적어도 2개의 부분으로 분할되고, 각 부분은 바이폴라 플레이트 상의 전해질 가이딩 섹션을 향한다. 전극 부분은 전해질 공급 및 배출 채널로부터 일정한 거리에 배치되어 전해질 가이드 영역을 생성하며, 전해질 공급 및 배출 채널을 부분적으로만 커버할 수 있다. 이 선행기술 문헌에 개시된 설계는 여러 부분을 포함하는 전극, 바이폴라 플레이트로 절단되거나 형성된 전해질 순환 흄을 커버하는 플라스틱 보호 플레이트 및 전해질 순환 채널을 방해하지 않도록 전극 부분의 적절한 포지셔닝(positioning)을 필요로 하는 배치를 포함하여 복잡하다.

[0010] 일반적으로 플로우 배터리에 대한 또 다른 문제점은 플로우 셀로의 전해질 공급 포트가 하나의 셀로부터 스택 내의 다음 셀로의 전류 누설을 위한 도전성 경로라는 것이다. 이온적(ionically) 도전성 전해질로 인한 유체 경로를 통한 션트(shunt) 전류의 문제는 예를 들어 연료 셀에서 문제가 되지 않지만, 플로우 배터리에서 해결되어야 할 사항이다. 이 문제는 셀에서 셀로의 누설 전류를 감소시키기 위해 셀로 들어가고 나가는 유동 경로(flow path)를 따라 유효(effective) 저항을 증가시킴으로써 해결될 수 있다. 증가된 저항을 달성하는 한가지 방법은 일반적으로 전극을 둘러싸는 프레임 내에서 전해질 유동 경로를 증가시킴으로써 수행되는, 단면적 비율에 대한 전해질 유동 경로 길이를 증가시키는 것이다. 전해질 유동 경로 길이의 증가는 셀을 통해 유동할 때 전해질 압력 강하를 감소시키기 위한 필요성과 균형을 이루어야 하며, 이로써 전해질 펌핑 에너지 손실을 감소시키고 각 셀에서 균일한 유동 분포를 달성한다.

[0011] 조립 중에, 플로우 셀의 스택은 2개의 단부 플레이트 사이에 배치되고 단부 플레이트에 가해지는 압축력(compression force)을 통해 접촉 상태로 유지된다. 플로우 배터리 스택의 조립에 필요한 압축력은 예를 들어 연료 셀 스택의 조립에 필요한 압축보다 낮다. 플로우 배터리에서, 스택은 전형적으로 플라스틱 프레임 및 금속 로드와 너트가 함께 고정하는 금속 또는 플라스틱 단부 플레이트를 갖는다. 플라스틱과 금속이 매우 다른 열팽창 계수를 가지기 때문에, 클램핑 시스템에는 온도 변동에 대해 원하는 스택 압축력을 유지하기 위해 스프링이 요구된다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0012] 기존의 시스템과 관련되어 있는 공지된 어려움을 고려할 때, 전극을 통한 더 양호한 전해질 분포를 가능하게 하고, 전극 조립체 및 셀 스택 조립체의 간단하고 효율적인 구성을 사용함으로써 스택에서 발생하는 션트 전류의 위험을 감소시키는 플로우 배터리가 필요하다.

과제의 해결 수단

[0013] 본 발명은 플로우 배터리용 전극 조립체를 개시하며, 전극 조립체는 다공성 전극 물질, 다공성 전극 물질을 둘러싸는 프레임, 다공성 전극 물질에 전해질을 공급하기 위한 유입구를 갖는 적어도 다공성 전극 물질 내에 매립

된(embedded) 하나의 분배기 투브(distributor tube), 및 다공성 전극 물질로부터 전해질을 배출하기 위한 배출구를 갖는 적어도 다공성 전극 물질 내에 매립된 또 다른 분배기 투브를 포함한다. 프레임 및 분배기 투브는 전기적 비전도성(electrically non-conductive) 플라스틱 물질로 제조된다.

[0014] 본 발명에 따른 전극 조립체의 바람직한 실시형태에서, 분배기 투브는 프레임의 제1 측면과 프레임의 제2 측면 사이에서, 프레임의 두 측면 사이의 중간지점(midpoint)을 지나 연장된다.

[0015] 본 발명의 제1 실시형태에서, 다공성 전극 물질에 전해질을 공급하기 위한 유입구를 갖는 분배기 투브는 각각 프레임에 밀봉된(sealed) 배출구를 가지며, 다공성 전극 물질로부터 전해질을 배출하기 위한 배출구를 갖는 분배기 투브는 각각 프레임에 밀봉된 유입구를 가진다.

[0016] 분배기 투브는 내부 유동 통로 및 내부 통로를 둘러싸는 벽을 갖는 중공(hollow) 투브이다. 바람직한 실시형태에서, 중공 투브의 벽은 분배기 투브의 벽을 통한 다공성 전극 물질 내로의 전해질의 유동을 허용하도록 구멍이 제공된 고형(solid) 물질로 제조된다. 대안적으로, 중공 투브의 벽은 분배기 투브의 벽을 통한 전해질의 유동을 허용하도록 다공성 물질로 제조될 수 있다.

[0017] 본 발명의 제2 실시형태에서, 전해질을 전극 물질에 공급하기 위한 유입구를 갖는 분배기 투브는 각각 다공성 전극 물질에 개방된 배출구를 가지고, 전해질을 전극 물질로부터 배출하기 위한 배출구를 갖는 분배기 투브는 각각 다공성 전극 물질에 개방된 유입구를 가진다. 이와 같은 실시형태에서, 분배기 투브는 내부 유동 통로 및 내부 통로를 둘러싸는 벽을 갖는 중공 투브이며, 중공 투브 중 적어도 하나의 벽은 고형 물질로 제조될 수 있다. 이와 같은 실시형태에서, 중공 투브의 벽은 또한 다공성 물질 또는 다공성 전극 물질 내에서 전해질의 더 양호한 분포를 허용하기 위한 적어도 하나의 구멍이 제공된 고형 물질로 제조될 수 있다.

[0018] 본 전극 조립체의 일부 실시형태에서, 분배기 투브는 투브 벽의 기공률보다 높은 기공률을 갖는 다공성 물질로 제조된 내부 유동 통로를 가지는 중공 투브이다.

[0019] 일반적으로, 분배기 투브는 원형 단면을 가진다. 대안적으로, 본원에 기술된 바와 같이, 분배기 투브는 삼각형 단면을 가질 수 있다.

[0020] 바람직한 실시형태에서, 분배기 투브는 다공성 전극 물질 내에 완전히 매립된다. 그러나, 다른 실시형태에서, 분배기 투브는 다공성 전극 물질에만 부분적으로 매립된다.

[0021] 본 발명의 일부 실시형태에서, 전극 조립체의 분배기 투브는 사행형(serpentine) 형상을 갖는 중공 투브일 수 있으며, 각각의 분배기 투브의 벽은 적어도 하나의 구멍이 제공된 고형 물질 또는 다공성 전극 물질 내에서 전해질의 분포를 허용하는 다공성 물질로 제조될 수 있다.

[0022] 본원에 기술된 전극 조립체의 실시형태는 전극 물질의 영역에 걸쳐 고르게 분포된 복수의 분배기 투브를 포함할 수 있다. 일부 실시형태에서, 전극 조립체의 분배기 투브의 적어도 일부는 동일한 단면 유동 영역을 가지거나 또는 길이가 동일하다.

[0023] 본 전극 조립체의 분배기 투브는 폴리에틸렌 또는 폴리프로필렌, 또는 폴리테트라플루오로에틸렌(PTFE), 폴리비닐리덴 플루오라이드(PVDF), 에틸 비닐 아세테이트(EVA), PE 공중합체(copolymer), UHMW PE, 열가소성 폴리우레탄, 폴리에테르슬론, 폴리카보네이트 및 폴리카보네이트 합금과 같은 플로우 배터리 내에서 고도의 산성 환경과 호환되는 다른 전기 전도성 물질로 제조될 수 있다.

[0024] 본 발명은 또한 전술한 구조(construction) 및 특징을 갖는 음극 조립체 및 양극 조립체를 포함하는 적어도 하나의 플로우 셀을 포함하는 플로우 배터리에 관한 것이다. 각각의 플로우 셀은 양극 조립체와 음극 조립체를 분리하는 분리막, 및 제1 및 제2 바이폴라 플레이트로서, 각각의 바이폴라 플레이트는 각각의 전극 조립체에 인접하는, 제1 및 제2 바이폴라 플레이트를 더 포함한다.

[0025] 또한, 본 발명은 2개의 단부 플레이트가 제공된 원통형 플라스틱 쉘 내에 봉입된(enclosed) 플로우 셀의 스택을 포함하는 플로우 배터리를 개시하고, 플로우 셀의 스택은 원통형 플라스틱 쉘의 내벽에 연결되어, 원통형 플라스틱 쉘은 반경 방향으로 플로우 셀을 압축하고 2개의 단부 플레이트는 플로우 셀을 축 방향으로 압축한다. 스택 내의 연료 셀은 바이폴라 플레이트에 의해 분리되고, 각각의 플로우 셀은 분리막에 의해 분리된, 양극 조립체 및 음극 조립체를 포함하고, 각각의 전극 조립체는 프레임에 의해 둘러싸인 다공성 전극 물질을 포함한다. 원통형 플라스틱 쉘 및 연료 셀의 스택을 봉입하는 2개의 단부 플레이트는 전기적 비전도성 물질로 제조된다.

[0026] 바람직한 실시형태에서, 원통형 플라스틱 쉘 및 단부 플레이트의 물질은 프레임의 물질과 동일하거나 거의 동일

한 열 팽창 계수를 가진다. 예를 들어, 프레임, 원통형 플라스틱 셀 및 단부 플레이트의 물질은 폴리에틸렌 또는 폴리프로필렌일 수 있다.

[0027] 플로우 셀의 스택은 스택과 원통형 플라스틱 셀 사이에 4개의 구획(compartment)을 형성하기 위해 코너가 원통형 플라스틱 셀의 내부 표면과 연결되는 직사각형 외부 형상을 가지며, 보다 구체적으로 스택의 코너는 스택과 원통형 플라스틱 셀 사이에 양 및 음의 전해질을 유동시키기 위한 4개의 밀봉된 구획을 형성하기 위해 밀봉부(seal)를 통해 원통형 플라스틱 셀의 내벽에 연결된다. 2개의 구획은 양의 전해질을 유동시키기 위한 것이고 다른 2개의 구획은 음의 전해질을 유동시키기 위한 것이다.

[0028] 일부 실시형태에서, 전술한 바와 같이, 반경 및 축 방향으로 각각 플로우 셀을 압축하는 2개의 단부 플레이트가 제공된 원통형 셀에 봉입된 플로우 셀의 스택은, 본 발명에 기술된 구조를 갖는 전극 조립체를 가지는 플로우 셀을 포함하고, 보다 구체적으로 전극 조립체는 다공성 전극 물질, 다공성 전극 물질을 둘러싸는 프레임과 다공성 전극 물질을 공급하기 위한 유입구를 갖는 적어도 다공성 전극 물질 내에 매립된 분배기 튜브, 및 다공성 전극 물질로부터 전해질을 배출하기 위한 배출구를 갖는 적어도 다공성 전극 물질 내에 매립된 다른 분배기 튜브를 포함한다. 이와 같은 전극 조립체는 본 발명에서 기술된 임의의 특징을 가질 수 있다.

[0029] 본 발명에 따른 플로우 배터리용 전극 조립체의 제조 방법이 또한 기술되는데, 이 방법은:

- 다공성 전극 물질을 프레임 내에 위치시키는 단계;

[0031] - 다공성 전극 물질을 둘러싸는 프레임에 제공된 구멍을 통해 로케이팅 니들(locating needle)을 다공성 전극 물질에 삽입하는 단계;

[0032] - 다공성 전극 물질 내에 로케이팅 니들을 삽입함으로써 프레임에 제공된 구멍을 통해 그리고 다공성 전극 물질에 제공된 구멍을 통해 분배기 튜브를 슬라이딩시켜, 다공성 물질 내에 프레임에 대해 분배기 튜브를 로케이팅시키는 단계; 및

[0033] - 프레임의 구멍 내에 분배기 튜브를 밀봉하는 단계를 포함한다.

[0034] 다른 실시형태에서, 플로우 배터리용 전극 조립체의 제조 방법은:

[0035] a. 적어도 하나의 분배기 튜브를 전극 프레임에 고정하는 단계;

[0036] b. 분배기 튜브 상의 전극 프레임 옆에 다공성 전극 물질을 위치시키는 단계; 및

[0037] c. 다공성 전극 물질 내에 분배기 튜브를 적어도 부분적으로 매립시키기 위해 전극 프레임, 분배기 튜브 및 다공성 전극 물질을 압축하는 단계를 포함한다.

[0038] 모든 실시형태에서, 플로우 배터리의 전극 조립체가 유입구 또는 각각의 배출구가 폐쇄되어야 하는 일부 분배기 튜브를 포함하는 것일 경우, 전극 조립체의 제조 방법은 유입구 또는 배출구를 통한 전해질 유동을 방지하기 위해 분배기 튜브의 단부를 밀봉하는 단계를 더 포함한다.

[0039] 또한, 플로우 배터리 스택의 제조 방법이 기술되며, 이 제조 방법은:

[0040] a. 적어도 하나의 분배기 튜브를 전극 프레임에 고정하는 단계;

[0041] b. 분배기 튜브, 전극 물질, 분리막, 다른 전극 물질, 서로 중첩된 분배기 튜브를 갖는 다른 전극 프레임을 연속적으로 위치시키는 단계;

[0042] c. 스택 내의 원하는 수의 플로우 셀에 도달할 때까지 단계 a) 및 b)를 반복하는 단계; 및

[0043] d. 분배기 튜브를 다공성 전극 물질 내에 적어도 부분적으로 매립시키기 위해 단계 a) 내지 단계 c)에서 형성된 구성요소의 스택을 압축하는 단계를 포함한다.

[0044] 전극 조립체가 유입구 또는 각각의 배출구가 폐쇄되어야 하는 일부 분배기 튜브를 포함하는 경우, 플로우 배터리의 제조 방법은 유입구 또는 배출구를 통한 전해질 유동을 방지하기 위해 분배기 튜브의 단부를 밀봉하는 단계를 더 포함한다.

[0045] 또한, 플로우 배터리의 제조 방법이 개시되는데, 여기서 플로우 배터리는 2개의 단부 플레이트가 제공된 원통형 플라스틱 셀에 봉입된 플로우 셀의 스택을 포함하며, 이 방법은:

[0046] a. 원통형 플라스틱 셀 및 2개의 단부 플레이트를 제공하는 단계;

- [0047] b. 플로우 셀이 원통형 플라스틱 셀의 내벽에 연결되고 원통형 플라스틱 셀이 반경 방향으로 플로우 셀을 압축하도록 원통형 플라스틱 셀 내에 플로우 셀의 스택을 위치시키는 단계; 및
- [0048] c. 2개의 단부 플레이트 사이의 축 방향으로 플로우 셀의 스택을 압축하는 단계를 포함한다.

도면의 간단한 설명

[0049] 도면은 본 발명의 특정 바람직한 실시형태를 도시하지만, 본 발명의 정신 또는 범위를 어떤 식으로든 제한하는 것으로 간주되어서는 안된다.

도 1은 종래의 플로우 배터리의 예를 도시한다.

도 2a는 본 발명의 바람직한 실시형태에 따른 전극 조립체의 개략도를 도시한다.

도 2b는 선 A-A에 따른 도 2a에 나타낸 전극 조립체의 단면을 도시한다.

도 2c는 도 2a에 나타낸 전극 조립체의 종단면을 도시한다.

도 2d는 특히 도 2a, 도 2b 및 2c에 나타낸 실시형태를 참조하여 본 발명의 분배기 튜브 중 하나의 단면도를 도시한다.

도 3은 본 발명의 제2 실시형태에 따른 전극 조립체의 단면도이다.

도 4는 본 발명의 다른 실시형태에 따른 전극 조립체의 단면도이다.

도 5는 본 발명의 전극 조립체를 제조하는 한가지 방법을 도시한다.

도 6a는 본 발명의 전극 조립체에 사용될 수 있는 삼각형 단면을 갖는 분배기 튜브의 도면을 도시하고, 도 6b는 이와 같은 전극 조립체를 도시한다.

도 6c 및 도 6d는 삼각형 단면의 분배기 튜브를 사용하는 도 6b에 도시된 것과 같은 전극 조립체를 갖는 스택의 제조 방법에서의 단계를 도시한다.

도 7a 및 도 7b는 플로우 배터리에서 플로우 셀의 스택을 압축 및 밀봉하기 위한 시스템 및 방법을 도시한다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0050] 특정 용어가 본 명세서에서 사용되며 아래에 제공된 정의에 따라 해석되도록 의도된다. 또한, "하나의(a)" 및 "포함한다(comprises)"와 같은 용어는 개방 용어로 간주되어야 한다.

[0051] 본원에서, 정량적으로, 용어 "약"은 $\pm 20\%$ 의 범위에 있는 것으로 해석되어야 한다.

[0052] 용어 "완전히 매립된(embedded)"은 본원에서 분배기 튜브의 외부 표면이 전극 물질에 의해 둘러싸이도록 전극의 다공성 물질 내에 배치되는 분배기 튜브를 설명하는 데 사용된다.

[0053] 용어 "부분적으로 매립된"은 본원에서 분배기 튜브의 외부 표면의 적어도 일부분이 전극 물질로 둘러싸이지 않게 전극의 다공성 물질 내에 배치되는 분배기 튜브를 설명하는 데 사용된다.

[0054] 도 2a는 본 발명의 바람직한 실시형태에 따른 전극 조립체의 개략도를 도시한다. 전극 조립체(40)는 프레임(44)에 의해 둘러싸인 다공성 전극 물질(42) 및 다공성 전극 물질(42) 내에 매립된 분배기 튜브(46)를 포함한다. 본 실시형태에서, 분배기 튜브(46)는 선 A-A을 따라 전극 조립체(40)의 단면을 나타내는 도 2b에 추가로 도시된 바와 같이 다공성 전극 물질 내에 완전히 매립된다.

[0055] 도 2c에 추가로 도시된 바와 같이, 각각의 분배기 튜브(46)의 양단부는 프레임(44)에 제공된 구멍(45) 내에 위치된다. 숫자 41로 표시된 것과 같은 분배기 튜브의 일부는 저장 탱크로부터 전극 물질로의 전해질의 유동을 허용하도록 설계되는 반면, 숫자 43으로 나타낸 것과 같은 다른 분배기 튜브는 전해질이 전극 물질로부터 저장 탱크를 향해 다시 유동하도록 설계된다. 분배기 튜브(41)는 작동 배터리 스택에서 전해질 공급의 유동(flow)(50A)에 유체 연결되는 개방 유입구(41A), 및 밀봉된 배출구(41B)를 갖는다. 분배기 튜브(43)는 밀봉된 유입구(43A) 및 작동 배터리 스택에서 전해질 탱크로의 전해질 배출의 유동(50b)에 개방되는 배출구(43B)를 갖는다. 분배기 튜브의 구성으로 인해, 작동 플로우 배터리에서, 전해질은 튜브(41)로부터, 전극 물질을 통해, 화살표(D)로 표시되고 이하에서 추가로 설명되는 것과 같은 분배기 튜브(43)로 유동할 수 있다.

[0056] 도 2d에 도시된 바와 같이, 분배기 튜브(46)는 전해질이 일방향(B)으로 흐르는 내부 통로(54) 및 내부 통로를

둘러싸는 벽(56)을 갖는 관형 형상을 가진다. 분배기 튜브의 내부 통로는 도 2d에 도시된 바와 같이 개방 통로일 수 있거나, 높은 기공률(porosity), 보다 구체적으로는 전극 물질보다 높은 기공률을 갖는 물질로 충전될 수 있다. 어떤 경우에도, 분배기 튜브의 내부 통로는 튜브를 따라, 우선적으로 튜브의 전체 길이를 따라, 낮은 차압을 갖는 전해질의 유동을 허용해야 한다. 분배기 튜브의 벽(56)은 도 2c 및 도 2d에 도시된 바와 같이 복수의 구멍(58)을 포함할 수 있고, 이는 도 2c에서 화살표(E)로 도시된 바와 같이 전극 물질을 통해 또는 전극 물질로부터 분배기 튜브의 내부로 전해질을 분배하기 위해 도 2c 및 도 2d에서 화살표(D)로 도시된 바와 같이 내부 통로로부터 전극 물질로의 전해질의 유동을 허용한다. 구멍(58)은 튜브의 길이를 따라 고르게 분포되어 전극 물질을 통한 전해질의 균일한 분포를 허용하거나, 또는 당업자가 쉽게 이해할 수 있는 바와 같이, 구멍의 밀도는 다소의 전해질을 필요로 하는 전극 물질의 영역에 따라 변할 수 있다. 대안적으로, 분배기 튜브(46)의 벽(56)은 내부 통로에 존재하는 차압(pressure differential)보다 높은 차압 하에서 슬리브를 통한 전해질의 유동을 허용하는 치수를 가지는 기공을 갖는 다공성 슬리브일 수 있다.

[0057] 도 2c에 도시된 바와 같이, 분배기 튜브의 단부는 분배기 튜브(41 및 43)를 통한 전용 경로를 제외하고, 전해질의 임의의 유동을 방지하기 위해 프레임(44)의 구멍(45) 내에 밀봉된다. 전해질은 분배기 튜브(41)의 개방 유입구를 통해 그리고 튜브의 내부 통로(54)를 통해 유동하고 화살표(D)로 도시된 바와 같이 구멍(58)을 통해 전극 물질로 분배되어, 분배기 튜브(41)의 부근의 전극 물질 내에 배치된 분배기 튜브(43)에 도달하며, 화살표(E)로 도시된 바와 같이 튜브의 벽에 제공된 구멍(58)을 통해 분배기 튜브(43)의 내부 통로에 진입한다. 분배기 튜브의 단부 사이의 더 낮은 차압에 기인하여, 전해질은 분배기 튜브의 배출구(43B)로 그리고 전해질 배출의 유동(50B)과 유동하여 전해질 탱크로 복귀한다.

[0058] 당업자는 분배기 튜브, 분배기 튜브의 내부 통로 및 벽 내의 구멍의 치수, 또는 내부 통로를 점유하는 물질의 기공률 및 벽 물질의 기공률은 낮은 차압으로 내부 통로를 통한 전해질의 유동을 허용하고 전해질의 전극 물질로의 유동을 허용하도록 계산된다는 것을 인식할 것이다.

[0059] 도 2a 및 도 2b에서, 분배기 튜브는 전극 물질의 전체 표면을 따라 고르게 분포되고 전극 조립체의 전체 영역에 걸쳐 신장(spanning) 되도록 도시된다. 일반적으로 분배기 튜브 사이의 동일한 주파수 및 간격(spacing)이 다공성 전극 물질을 통한 균일한 전해질 유동을 달성하기 위해 바람직하지만, 일부 다른 실시형태에서는 분배기 튜브 사이의 주파수 및 간격이 다를 수 있다는 것을 이해해야 한다. 예를 들어, 불균일한 전해질 분포가 바람직한 경우, 분배기 튜브는 전극 물질의 전체 영역에 걸쳐 신장되지 않는다. 또한 이 실시형태의 본 예시에서, 모든 튜브는 동일한 치수(예를 들어, 단면)를 갖는 것으로 제시된다. 다른 실시형태에서, 분배기 튜브의 각각이 상이한 단면 치수를 가질 수 있거나, 일부 분배기 튜브가 상이한 단면 치수를 가질 수 있다. 유사하게 일부 분배기 튜브는 다른 것보다 더 많은 구멍 또는 더 많은 다공성 벽 물질을 가질 수 있다.

[0060] 도 3은 본 발명의 제2 실시형태를 도시한다. 본 실시형태에서, 전극 조립체(140)는 도 2b에 도시된 분배기 튜브와 유사한 방식으로 전극 물질 내에 완전히 매립된 프레임(144) 및 분배기 튜브(146)로 둘러싸인 다공성 전극 물질(142)를 포함한다. 단지 4개의 분배기 튜브(146)가 본 예시를 단순화 할 목적으로 도 3에 도시되어 있다. 당업자는 더 많은 수의 분배기 튜브가 사용될 수 있고 분배기 튜브가 전극 물질의 표면에 걸쳐 고르게 분포될 수 있거나 이들의 밀도 및 주파수가 원하는 전해질 분포에 따라 전극 조립체의 영역마다 다를 수 있다는 것을 쉽게 이해할 것이다.

[0061] 도 3에서, 전극 조립체(140)는 플로우 배터리에서와 같은 작동 상태로, 보다 구체적으로는 전해질 공급 및 배출과 유체 연통(fluid communication)하는 것으로 도시되어 있다. 도 3에 도시된 바와 같이, 하나의 분배기 튜브(141)는 전해질 공급부(150A)의 유동에 개방된 유입구(141A) 및 전극 물질에 개방되어 전해질의 배출 유동(150B)과 연통하지 않는 배출구(141B)를 갖는다. 이웃하는 분배기 튜브(143)는 전극 물질에 대해 개방된 유입구(143A) 및 전해질의 배출 유동(150B)에 유체 연통하는 배출구(143B)를 갖는다. 전술한 실시형태에서와 같이, 분배기 튜브(146)는 벽과 내부 통로를 가지며, 유일한 차이점은 이 제2 실시형태에서 분배기 튜브의 벽이 튜브형(tubular) 벽을 통한 전해질의 유동을 허용하는 구멍 또는 기공을 구비할 필요가 없다는 것이다. 전해질은 화살표로 도시된 바와 같이, 전극 물질 내에 위치한 튜브의 배출구를 통해 배출될 때 전극 물질을 통해 분배된다. 다음에, 전해질은 전극 물질에 개방된 유입구를 갖는 이웃하는 튜브 중 하나에 진입하고, 전해질 배출 유동에 연결된 튜브의 단부를 통해 분배기 튜브를 빠져나간다. 이와 같은 배열에서 전류 션트 길이는, 프레임 내의 공급/배출 채널이 단지 션트 길이만을 제공하는 종래기술의 해결책과 비교하여, 거의 전체적으로 전극 조립체 내에 제공된다.

[0062] 일부 다른 실시형태에서, 분배기 튜브(146)는 원하는 경우, 바람직하게 전극 물질 내에서 개방되는 튜브의 단부

를 향하는 구멍 또는 더 높은 기공률 벽을 구비할 수 있다.

[0063] 일부 실시형태에서, 전극 프레임에 연결된 분배기튜브(146)의 단부는 구멍(145)을 통해 프레임 외부로 둘출할 수 있다. 도 3에 도시된 바와 같이, 분배기튜브의 길이는 변할 수 있다. 일부 튜브는 동일한 길이를 가질 수 있지만(예를 들어, 11 = 12), 다른 튜브는 다른 길이를 가질 수 있다(예를 들어, 11은 13과 다를 수 있으며 14와 다를 수 있음).

[0064] 도 3에 도시된 전극 조립체는 중간지점 선(midpoint line)(C-C)을 갖는다. 바람직한 실시형태에서, 분배기튜브(146)는 전극 물질을 통한 전해질의 더 양호한 분포를 위해 중간선(midline)을 지나 연장된다.

[0065] 본 발명의 모든 실시형태에서, 전극 조립체의 프레임은 전극 물질을 통한 분배기튜브의 침투(penetration)을 허용하는 구멍이 제공된 사출 성형 프레임일 수 있다.

[0066] 도 4는 본 발명의 다른 실시형태를 도시한다. 도 4는 2개의 분배기튜브만을 도시하지만, 당업자라면 다른 실시형태에서는 2개 초과의 분배기튜브가 제공될 수 있다는 것을 쉽게 이해할 것이다. 분배기튜브(241)는 전해질 공급 유동(250A)에 연결된 유입구(241A) 및 밀봉된 배출구(241B)를 갖는 사행형(serpentine) 형상을 가지고 분배기튜브(243)는 밀봉된 유입구(243A) 및 전해질 배출 유동(250B)에 개방된 배출구(243B)를 갖는 사행형 형상을 가진다. 이 실시형태에서, 분배기튜브는 도 2a 및 도 2b와 관련하여 논의된 바와 같이 튜브의 벽에 구멍 또는 기공이 제공되며, 튜브의 제조를 용이하게 하기 위해 도 6c 및 도 6d와 관련하여 아래에 추가로 제시된 방법을 통해 전극 물질에만 부분적으로 매립된다.

[0067] 도 3에 도시된 실시형태의 대체 실시형태에서, 전극 물질에 대해 개방된 유입구 또는 배출구를 가지는 분배기튜브(146)는 또한 도 4에 도시된 것과 유사한 사행형 형상을 가질 수 있다.

[0068] 본원에 제시된 모든 실시형태에서, 분배기튜브는 등근 단면 형상을 가질 수 있거나 또는 임의의 다른 형상, 예를 들어 도 6a에 도시된 바와 같은 삼각형 형상을 가질 수 있다.

[0069] 도 5는 본 발명에 따른, 보다 구체적으로 도 2a, 도 2c 및 도 3에 도시된 실시형태에 따른 전극 조립체의 제조 방법을 나타낸다. 분배기튜브(46)는 로케이팅 니들(locating needle)(53)을 사용하여 프레임(44)에 제공된 구멍(45)을 통해 다공성 전극 물질(42) 내에 삽입된다.

[0070] 이 방법의 제1 단계에서, 전극 물질(42)은 프레임(44) 내에 위치되고, 다음에 로케이팅 니들(53)이 프레임의 양 측으로부터 그리고 전극 재료를 통해 구멍(45)을 통해 삽입되어 프레임의 대향 측의 구멍(45)에 도달한다. 다음 단계에서, 분배기튜브(46)는 로케이팅 니들의 삽입에 의해 구멍(45)을 통해 그리고 전극 물질에 제공된 구멍을 통해 슬라이딩된다. 니들은 전극 물질과 프레임 구멍에 분배기튜브를 배치하는 데 도움이 된다. 다음에, 분배기튜브는 프레임의 구멍에 대해 밀봉 용접되며 분배기튜브의 일부 유입구/배출구는 밀봉되어 작동 플로우 배터리의 전해질과의 임의의 유체 연통을 방지한다.

[0071] 분배기튜브는 예를 들어 저가의 물질이고 프레임에자에 용이하게 밀봉할 수 있는 폴리프로필렌(PP) 또는 폴리에틸렌(PE)으로 제조될 수 있으며, 이는 제조 공정의 비용을 전반적으로 낮춘다.

[0072] 본 발명에 따른 전극 조립체 및 그 제조 방법의 다른 실시형태가 도 6a, 도 6b, 도 6c 및 도 6d에 도시되어 있다. 도 6a 및 도 6b에 도시된 실시형태는 도 2a 및 도 2c에 도시된 실시형태와 유사하지만, 분배기튜브(346)가 삼각형 단면을 가지며 본원에서 추가로 설명되는 바와 같이 전극 물질에만 부분적으로 매립된다는 점이 다르다. 분배기튜브(346)는, 도 6b, 도 6c 및 도 6d의 분배기튜브(341 및 343)에 대해 도시되지는 않았지만, 도 6a에 상세히 도시되고 추가로 나타낸 바와 같이, 바람직하게 전체 길이를 따라 구멍(358)이 제공된다. 일부 분배기튜브(341)는 전극 프레임(344)에 제공된 전해질 유입구 채널(351A)(및 작동 플로우 배터리의 전해질 공급 채널(350A)과 각각)과 유체 연통하는 유입구(341A) 및 밀봉된 배출구(341B)를 가지는 반면, 다른 분배기튜브(343)는 밀봉된 유입구(343A) 및 전극 프레임(344)에 제공된 전해질 배출 채널(351B)(및 작동 플로우 배터리의 전해질 배출 채널(350B)과 각각)과 유체 연통하는 배출구(343B)를 가진다. 전해질은 플로우 배터리에서 전해질 저장탱크에 유체 연결되는 전해질 공급 채널(350A)을 통해 전극 조립체로 공급되고, 전해질은 전해질 배출 채널(350B)을 통해 전극 조립체로부터 전해질 저장부로 다시 배출된다.

[0073] 도 6b의 실시형태의 제조 방법이 도 6c 및 도 6d에 도시되어 있다. 분배기튜브(346)는 먼저 도 6b에 도시된 바와 같이 프레임(344)에 연결되고, 다음에 스택의 구성요소는 분배기튜브로 제조된 각각의 조립체 및 이들이 연결되는 프레임이 전극 물질(342) 옆에 위치되도록 서로의 상부 중 하나인, 편평한 표면 상에 배치되고, 전극 물질(342)은 분리막(359)에 의해 분리되고 분배기튜브(346)를 보유하는(carrying) 각 프레임(344)은 바이폴라 플

레이트(360)에 의해 분배기튜브를 갖는 다음 프레임으로부터 분리된다. 이와 같이 형성된 비압축된 스택(370)은 도 6c에 도시된다.

[0074] 이 다음 단계는 분배기튜브(346)가 도 6d에 도시된 바와 같이 전극 물질(342)내로 상부로부터 하부로 가압되도록 스택(370)을 압축하는 단계를 포함하며, 스택 구성요소 사이의 양호한 연결이 확보된다.

[0075] 도 6d에 도시된 바와 같이, 이와 같은 압축된 스택의 실시형태에서, 분배기튜브는 전극 물질에만 부분적으로 매립되어, 참조 번호 380으로 표시된 분배기튜브의 표면이 바이폴라 플레이트와 접촉하고 전극 물질로 둘러싸이지 않는다.

[0076] 도 6c 및 도 6d에 도시된 제조 방법은 특히 본원에 기술된 이전의 제조 방법을 사용하여 조립하기가 더 어려울 수 있는, 사행형 형상의 분배기튜브를 포함하는 도 4에 도시된 것과 같은 실시형태에 대해 권장된다.

[0077] 도 7a 및 도 7b는 플로우 배터리에서 플로우 셀의 스택을 압축 및 밀봉하기 위한 시스템 및 방법을 나타낸다. 배터리는 예를 들어 본 발명의 실시형태에서 기술된 구성을 가지는 전극 조립체를 갖는 플로우 셀을 포함할 수 있다. 시스템은 스택(92)을 봉입하는(enclose) 원통형 플라스틱 셀(90)을 사용하고, 2개의 단부 플레이트(91 및 95)가 제공되고, 원통형 플라스틱 셀 및 단부 플레이트는 모든 스택 구성요소를 밀봉하면서 스택 내에 플로우 셀을 함께 유지한다. 원통형 플라스틱 셀은 단부 플레이트가 축 방향으로 스택을 압축하는 동안 반경 방향으로 스택을 압축한다. 원통형 플라스틱 셀(90)은 원형의 내부 단면을 갖는 것으로 도시되어 있지만, 당업자는 원통형 플라스틱 셀의 내부 표면이 스택 코너 또는 에지와 접촉하는 한 그러한 내부 단면의 변형이 이루어질 수 있다는 것을 쉽게 이해할 것이다. 또한, 본원에서 플로우 셀의 스택이 정사각형 형상을 갖는 것으로 도시되는 경우에도, 다른 스택은 상이한 형상(예를 들어, 직사각형)을 가질 수 있다.

[0078] 스택의 4개의 코너는 스택과 원통형 플라스틱 셀의 내부 표면 사이에 4개의 밀봉된 구획(compartment)(95A, 95B, 95C 및 95D)을 형성하기 위해 밀봉부(93)로 원통형 셀(90)의 내부 표면에 대해 밀봉된다. 구획(95A 및 95B)은 예를 들어 양의 전해질 공급 및 배출 구획을 각각 나타내며, 구획(95C 및 95D)은 음의 전해질 공급 및 배출 구획을 각각 나타낸다. 이와 같은 압축 시스템은 본 발명에서 기술된 바와 같은 구조를 갖는 전극을 포함하는 플로우 셀 스택과 더 잘 작동하지만, 종래기술에 공지된 구조를 갖는 플로우 셀 스택과 사용될 수도 있다. 이 압축 시스템은 특히 셀 유입구/배출구 선트 길이가 전극 물질 내의 분배기튜브에 의해 생성되는 전극 조립체를 갖는 플로우 셀과 호환가능하며, 본원에서 기술된 실시형태에 예시된 바와 같이 이러한 셀 선트 길이를 전극 프레임 주변부(perimeter)에 수용할 필요가 없다.

[0079] 본 압축 시스템의 플라스틱 원통형 셀(90) 및 단부 플레이트(91, 95)의 물질은 전극 프레임(94)의 물질과 동일하거나 거의 동일한 열 팽창 계수를 가진다. 프레임과 동일하거나 거의 동일한 열 팽창 계수를 가짐으로써, 원통형 플라스틱 셀은 다양한 작동 온도에서 스택 코너에서 양호한 밀봉을 제공하고, 원통형 플라스틱 셀과 단부 플레이트는 프레임과 동일하거나 거의 동일한 열 팽창 계수를 갖기 때문에, 플로우 배터리 스택의 압축을 유지하면서 상이한 열 팽창 계수를 보상하기 위해 종래기술에서 일반적으로 사용되는 타이로드(tie rod) 및 스프링을 사용할 필요가 없다. 본 압축 시스템에서, 플로우 셀의 압축은 전형적으로 -40 내지 70도 사이에서 변화할 수 있는 스택의 전형적인 저장 및 작동 온도에 걸쳐 일정하게 유지된다.

[0080] 본 압축 시스템의 다른 장점은 원통형 플라스틱 셀과 스택 프레임 사이에 형성된 4개의 밀봉된 구획이 스택 내의 프레임 사이 또는 프레임과 플로우 셀의 다른 구성요소(예를 들어, 분리막, 바이폴라 플레이트, 전극 물질) 사이의 임의의 내부 누설을 포함할 수 있다는 것이다.

[0081] 전술한 압축 시스템은 예를 들어 연료 셀보다 스택의 플로우 셀에 작용하는 훨씬 낮은 압축력을 일반적으로 요구하는 플로우 배터리 스택에 사용될 수 있다.

[0082] 스택의 압축 및 밀봉 방법은 도 7b에 도시되어 있으며, 이는 스택(92)이 원통형 플라스틱 셀(90) 내에서 슬라이딩되는 방식을 보여주며, 이렇게 형성된 조립체는 단부 플레이트(91, 95) 사이에 위치되어 함께 조립된다.

[0083] 본 발명의 분배기튜브는 전해질의 화학적 성질(chemistry)과 호환되는 임의의 비전도성 물질로 제조될 수 있다. 예를 들어, 바나듐 플로우 배터리의 경우, 분배기튜브는 폴리프로필렌(PP) 또는 폴리에틸렌(PE)으로 제조될 수 있으며, 이는 저가의 물질이고 프레임 에지에 쉽게 밀봉할 수 있다. 분배기튜브에 사용할 그 밖의 물질을 몇 가지 이르자면 폴리테트라플루오로에틸렌(PTFE), 폴리비닐리덴 플루오라이드(PVDF), 에틸 비닐 아세테이트(EVA), PE 공중합체, UHMW PE, 열가소성 폴리우레탄, 폴리에테르셀론, 폴리카보네이트 및 폴리카보네이트 합금일 수 있다. 본원에 사용될 수 있는 상업용 튜브의 예는 Porex® 또는 Parker TexLoc®에 의해 제조된 것과

같은, 의료 또는 산업용 여과 시스템에 사용되는 플라스틱 다공성 튜브이다.

[0084] 본원에 제시된 모든 실시형태에서, 전극 물질은 다공성이지만, 그 전체 볼륨에 걸쳐 균일한 기공률을 가질 수 있거나 또는 전극 물질의 기공률은 전극 물질의 특정 영역이 다른 영역보다 높은 기공률을 가져서 이 영역에서의 전기화학적 반응을 촉진시킬 수 있도록 변할 수 있다.

[0085] 본원에 기술된 실시형태에서, 분배기 튜브는 전극 물질 내에 완전히 매립되거나, 이는 도 2a 및 도 2b에 가장 잘 도시된 바와 같이 분배기 튜브가 전극 물질에 의해 완전히 둘러싸인다는 의미로 해석되고, 또는 전극 물질 내 부분적으로 매립될 수 있고, 이는 도 6b 및 도 6c에 가장 잘 도시된 바와 같이 튜브 표면의 적어도 일부가 전극 물질에 의해 둘러싸이지 않으며 조립된 스택에서는 예를 들어 바이폴라 플레이트에 노출되고 전극 물질에 노출되지 않는다는 의미로 해석된다.

[0086] 본 개시문 전반에 걸쳐서, 전극 프레임은 직선형 코너를 갖는 직사각형 형상을 가지는 것으로 도시되어 있다. 당업자는 다른 실시형태에서 전극 프레임이 다른 형상, 예를 들어 둥근 코너를 갖는 직사각형 형상 등을 가질 수 있음을 용이하게 이해할 것이다. 일부 도면에서, 전극 물질(예를 들어, 42, 142, 242)은 다공성 물질로 도시되지 않지만, 당업자는 이것이 도면을 단순화하기 위해 행해졌으며 모든 도면에서 다공성 전극 물질은 도 6d에서 전극 물질(342)로 설명하기 위해 암시되어 있음을 이해할 것이다.

[0087] 본원에 기술된 모든 실시형태에서, 배터리 스택의 플로우 셀에서 음극 조립체와 양극 조립체를 분리하는 분리막은 미세 다공성 분리막 또는 이온 교환막일 수 있다.

[0088] 본원에 기술된 모든 실시형태에서, 전극을 분리하는 바이폴라 플레이트에는 프레임 및/또는 일부 종래기술 문헌에 기술된 바와 같은 플로우 전해질을 순환용, 가이딩용, 또는 조절용 특징부가 제공되지 않는데, 이는 전해질 순환이 전극 물질에 완전히 또는 부분적으로 매립된 분배기 튜브를 통해 달성되기 때문이다. 본 발명에서 설명된, 바이폴라 플레이트는 분배기 튜브 및/또는 전극을 분리하는 역할을 하는 동시에, 전기적 전도성을 갖는다.

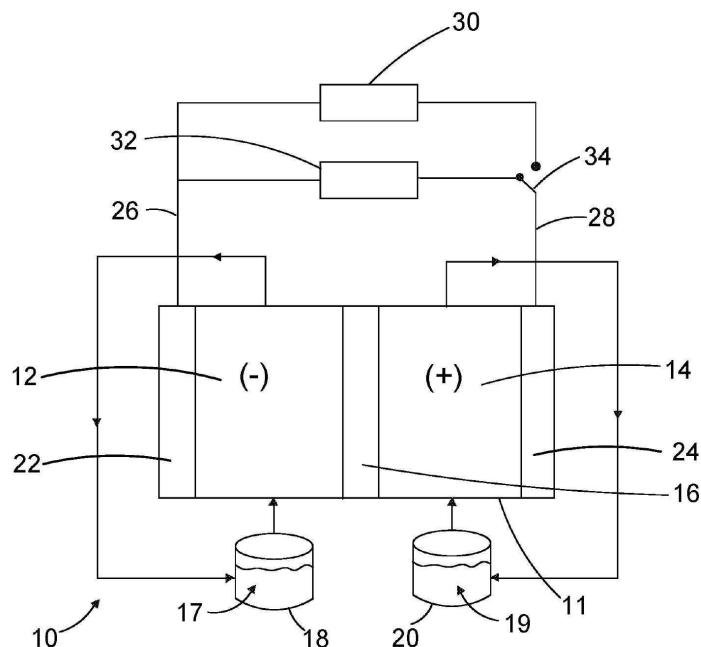
[0089] 본 발명에 따른 플로우 배터리의 일례는 화학적 포텐셜 에너지를 저장하기 위해 상이한 산화 상태의 바나듐 이온을 사용하는 재충전가능한 플로우 배터리인 바나듐 플로우 배터리이다.

[0090] 본 발명의 이점은 본원에 기술된 구조를 갖는 전극 조립체가, 낮은 압력 강하를 갖는 전극 물질을 통해 개선된 전해질 분포를 제공하고, 연장된 선트 길이를 수용하기 위해 여분의 프레임 영역 또는 물질을 요구하지 않으면서도 선트 전류 제어를 제공한다는 것이다. 본 전극 조립체는 제조가 용이하고, 전해질 분배 채널에 대한 전극의 다소 높은 허용오차 포지셔닝 및/또는 부착을 필요로 하지 않으며, 종래기술에서와 같은 플라스틱 셀 프레임에 대한 바이폴라 플레이트의 영구 부착 또는 본딩을 요구하지 않으며, 대신에 대량 제조에 적합한 저가의 물질 및 제조 기술을 사용한다. 더욱이, 본 발명에 개시된 설계에서, 전해질 유동 속도 및 반응 속도는 전극 물질 내의 분배기 튜브의 포지셔닝 및 설계로 인해 증가될 수 있고, 전극 특성(기공률, 전해질 분포 등)은 종래기술에서 공지된 해결책보다 높은 에너지 효율 및 높은 전류 밀도를 달성하도록 변경될 수 있다.

[0091] 본 발명의 특정 요소, 실시형태 및 적용예가 도시되고 설명되었지만, 당업자라면 본 발명의 사상 및 범위를 벗어나지 않고, 특히 전술한 교시에 비추어 변형이 이루어질 수 있기 때문에 본 발명이 이에 한정되지 않는다는 것은 물론 이해될 것이다. 이러한 변형은 본원에 첨부된 청구범위의 이해범위 및 범위 내에서 고려되어야 한다.

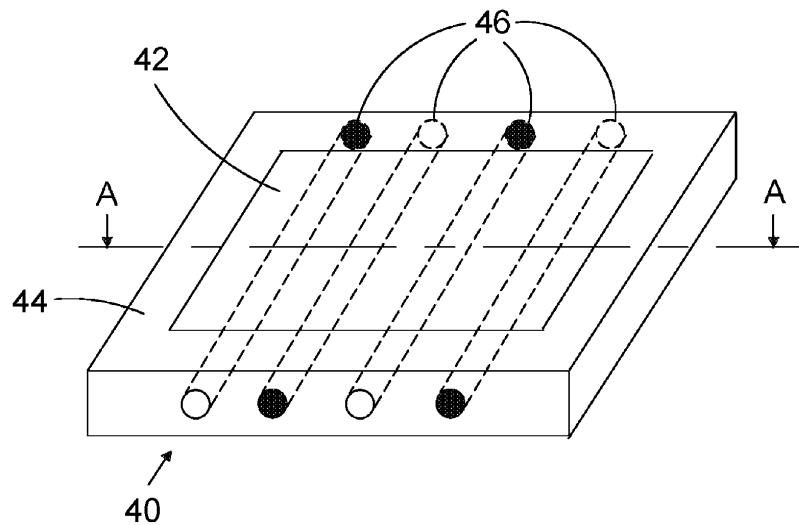
도면

도면1

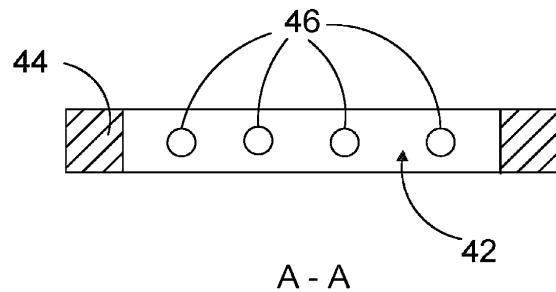


종래 기술

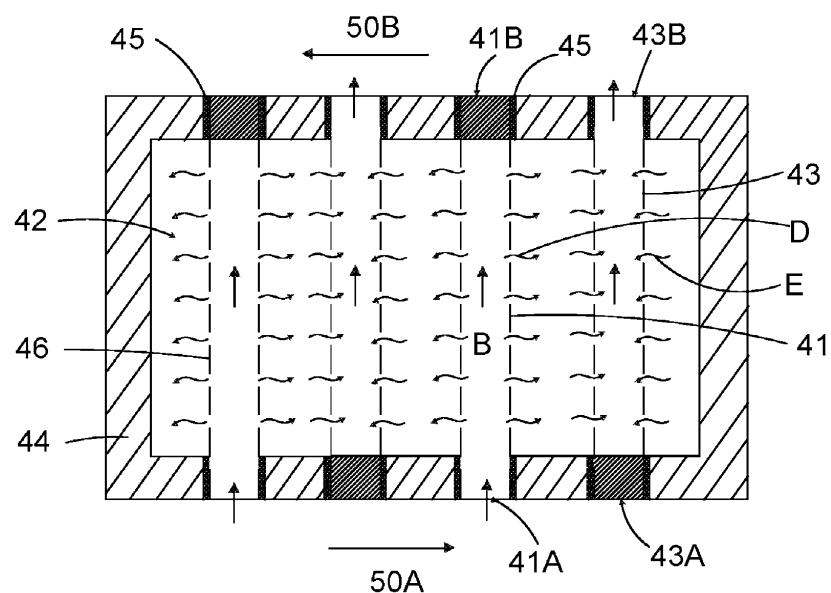
도면2a



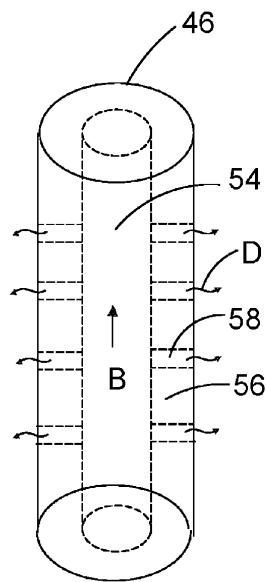
도면2b



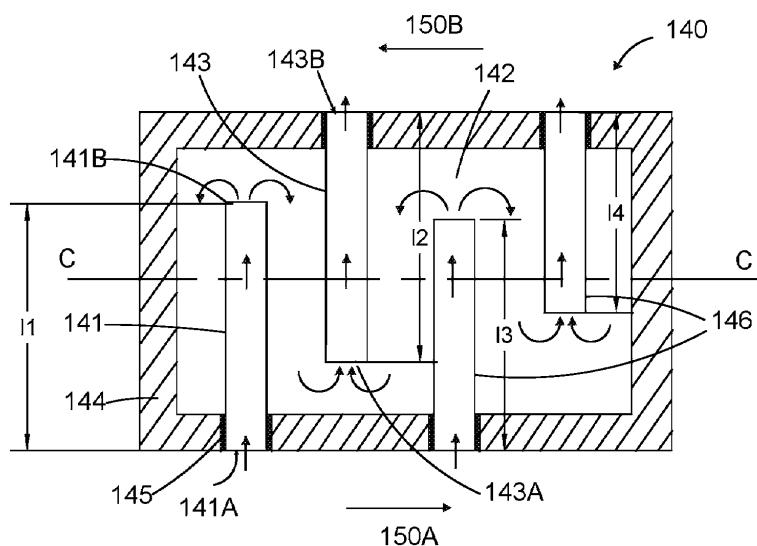
도면2c



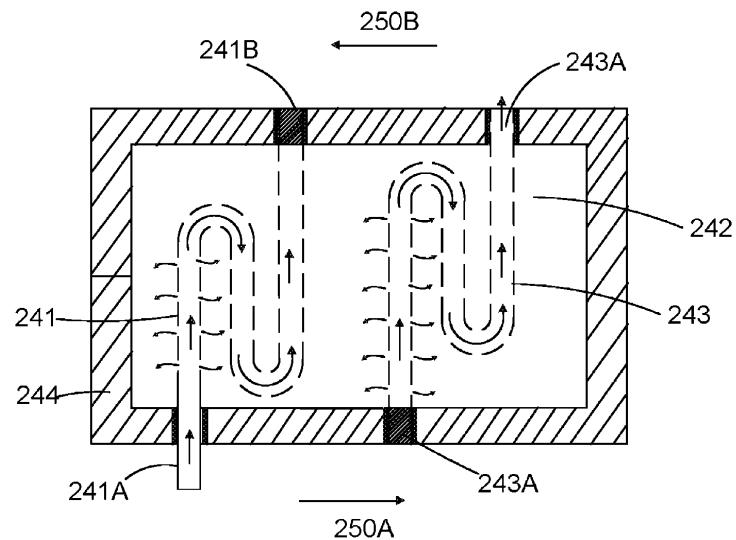
도면2d



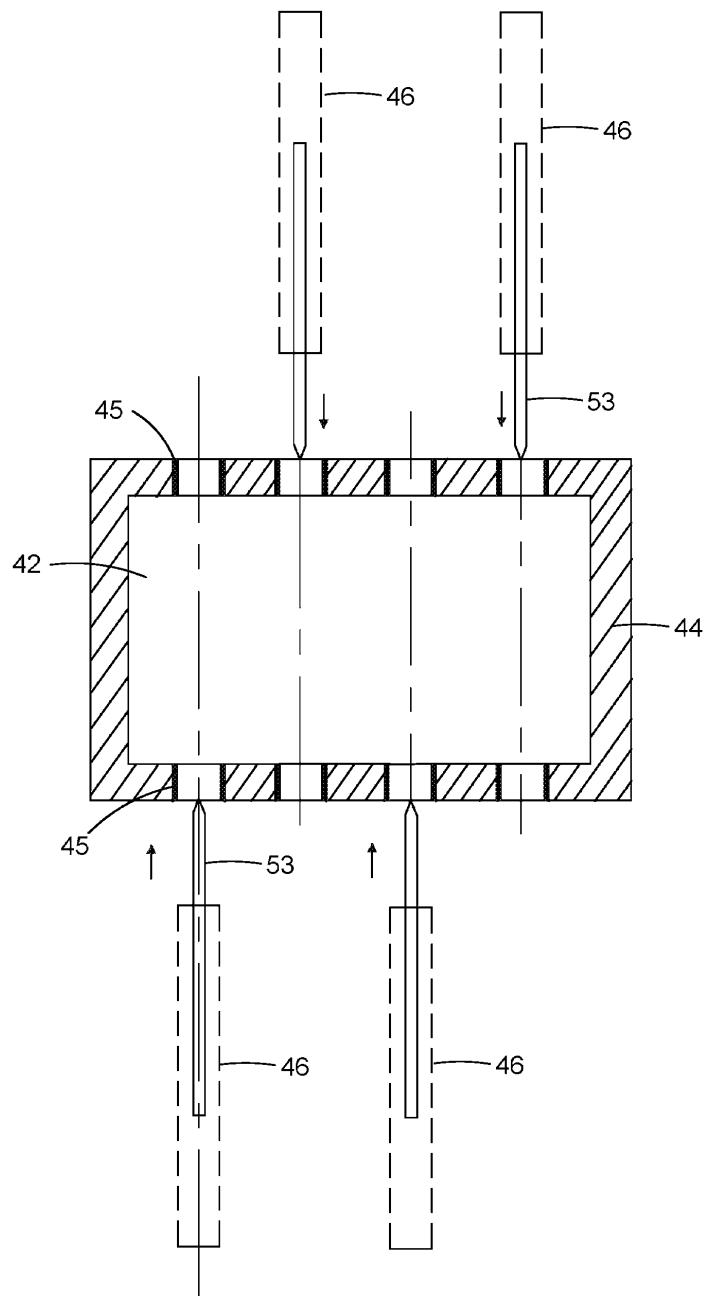
도면3



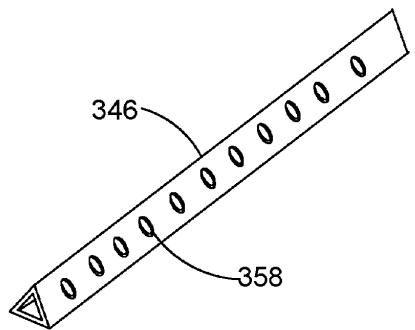
도면4



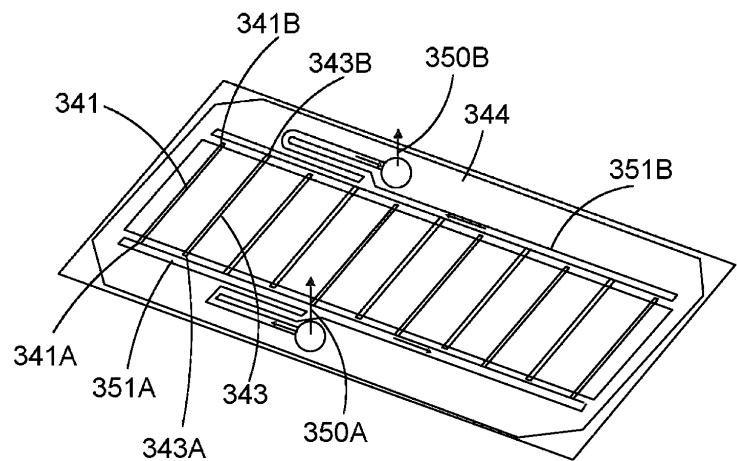
도면5



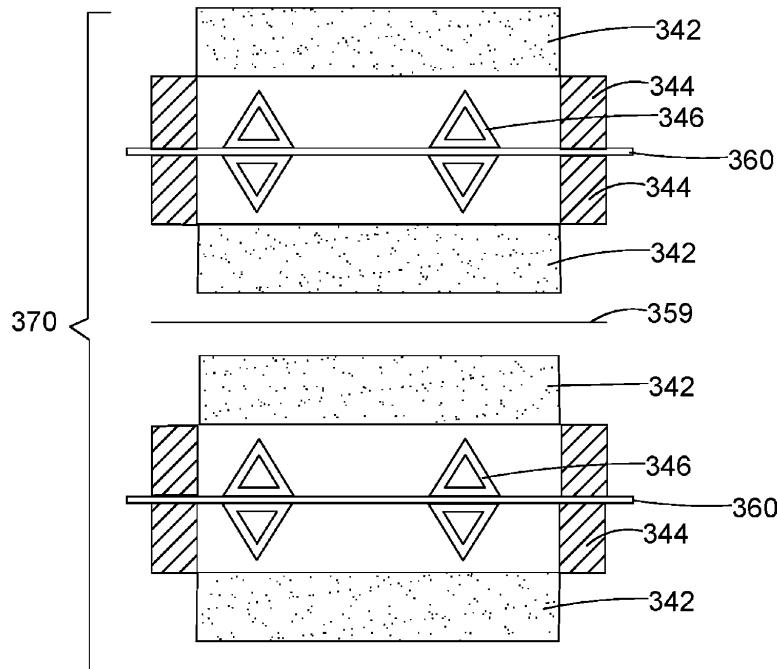
도면6a



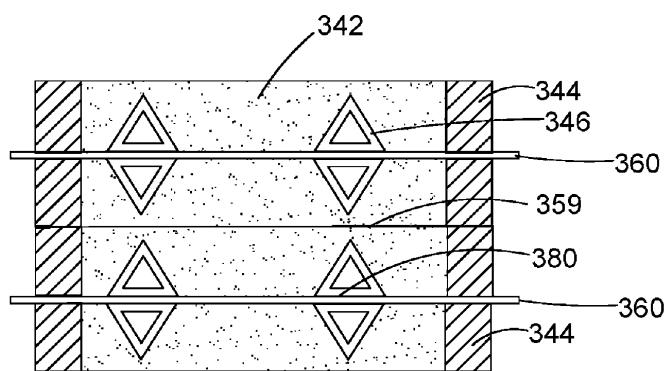
도면6b



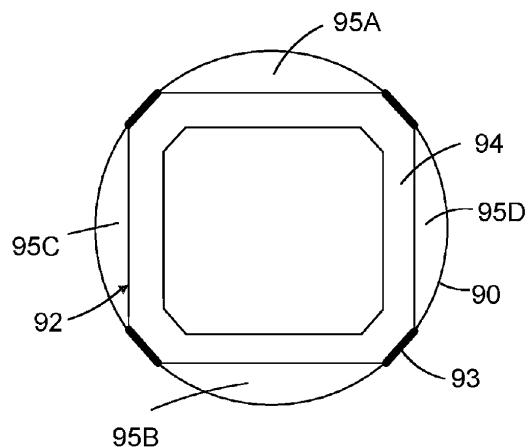
도면6c



도면6d



도면7a



도면7b

