



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2015-0067286
(43) 공개일자 2015년06월17일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01M 8/04 (2006.01) H01M 8/02 (2006.01)
H01M 8/10 (2006.01)
(52) CPC특허분류
H01M 8/04201 (2013.01)
H01M 8/0234 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2015-7011625
(22) 출원일자(국제) 2013년09월30일
심사청구일자 없음
(85) 번역문제출일자 2015년04월30일
(86) 국제출원번호 PCT/US2013/062641
(87) 국제공개번호 WO 2014/055416
국제공개일자 2014년04월10일
(30) 우선권주장
61/710,073 2012년10월05일 미국(US)

(71) 출원인
누베라 퓨엘 셀스, 인크.
미국 매사추세츠 01821 빌리카 빌딩 1 콘코드
로드 129
(72) 발명자
도밋 에드
미국 매사추세츠주 01886 웨스트포드 노스 힐 로
드 30
블란쳇 스캇
미국 매사추세츠주 01824 첼름스퍼드 체스넛 힐
로드 43
(74) 대리인
장훈

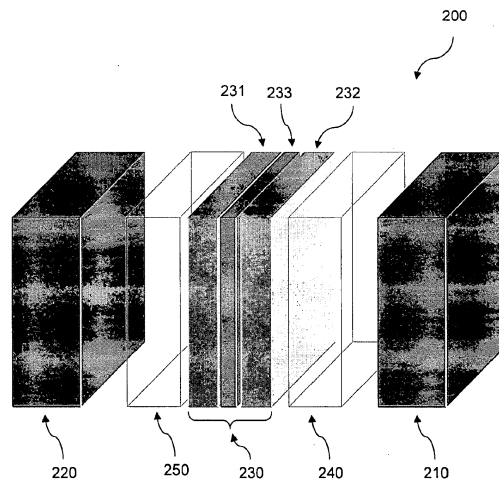
전체 청구항 수 : 총 27 항

(54) 발명의 명칭 전기화학 전지용 탄성 유동 구조물

(57) 요약

제1 유동 구조물, 제2 유동 구조물, 및 상기 제1 유동 구조물과 상기 제2 유동 구조물 사이에 배치된 막 전극 조립체를 포함하는 전기화학 전지가 기재되어 있다. 상기 전기화학 전지는 한 쌍의 쌍극 플레이트들을 추가로 포함하며, 여기서, 상기 제1 유동 구조물, 상기 제2 유동 구조물 및 상기 막 전극 조립체는 상기 한 쌍의 쌍극 플레이트들 사이에 위치한다. 상기 전기화학 전지는 또한 스프링 기구를 포함하며, 여기서, 상기 스프링 기구는, 상기 제1 유동 구조물과, 당해 제1 유동 구조물에 인접한 쌍극 플레이트의 사이에 배치되고, 실질적으로 상기 막 전극 조립체 쪽으로 향하는 방향으로 상기 제1 유동 구조물에 압력을 인가한다.

대표도



(52) CPC특허분류

H01M 8/0239 (2013.01)

H01M 2008/1095 (2013.01)

Y02E 60/50 (2013.01)

Y02E 60/521 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

제1 유동 구조물(flow structure), 제2 유동 구조물, 및 상기 제1 유동 구조물과 상기 제2 유동 구조물 사이에 배치된 막 전극 조립체(membrane electrode assembly)를 포함하고, 상기 제2 유동 구조물이 상기 제1 유동 구조물보다 큰 강성(stiffness)을 갖는, 전기화학 전지.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 제1 유동 구조물과 상기 제2 유동 구조물의 강성이, 상기 제1 유동 구조물의 중심으로부터 상기 제2 유동 구조물의 중심으로 뻗는(running) 종축에 실질적으로 평행한 방향으로 측정되는, 전기화학 전지.

청구항 3

제2항에 있어서, 상기 제1 유동 구조물이, 상기 제1 유동 구조물과 상기 제2 유동 구조물 사이의 압력 차에 의해 야기된, 상기 막 전극 조립체의 변위(displacement)에 대해 탄력적으로 팽창하여, 상기 제1 유동 구조물이 상기 막 전극 조립체와의 물리적 접촉을 유지할 수 있도록 구성되는(configured), 전기화학 전지.

청구항 4

제2항에 있어서, 상기 제1 유동 구조물과 상기 제2 유동 구조물이, 실질적으로 동일한 특성들을 갖는 물질들로 구성되고, 상기 제1 유동 구조물의 길이가 상기 제2 유동 구조물의 길이보다 길고, 여기서, 상기 제1 유동 구조물의 길이와 상기 제2 유동 구조물의 길이는 상기 종축을 따라 측정되는, 전기화학 전지.

청구항 5

제2항에 있어서, 상기 제1 유동 구조물이 제1 물질로 제작되고(constructed), 상기 제2 유동 구조물이 상기 제1 물질보다 큰 탄성율(elastic modulus)을 갖는 제2 물질로 제작되며, 상기 제1 유동 구조물의 길이가 상기 제2 유동 구조물의 길이보다 짧고, 여기서, 상기 제1 유동 구조물의 길이와 상기 제2 유동 구조물의 길이는 상기 종축을 따라 측정되는, 전기화학 전지.

청구항 6

제2항에 있어서, 상기 제1 유동 구조물이 적어도 2개의 물질 층을 포함하고, 상기 적어도 2개의 물질 층 중의 적어도 하나가 상기 제2 유동 구조물 물질의 강성보다 작은 강성을 갖는, 전기화학 전지.

청구항 7

제6항에 있어서, 상기 적어도 하나의 제2 층이, 상기 제2 유동 구조물보다 긴 길이를 갖거나 상기 제2 유동 구조물의 탄성율보다 작은 탄성율을 갖는, 전기화학 전지.

청구항 8

제2항에 있어서, 상기 제1 유동 구조물이, 상기 제2 유동 구조물보다 낮은 탄성율을 갖는 물질로 제작되고, 상기 제1 유동 구조물의 길이가 상기 제2 유동 구조물의 길이보다 길고, 여기서, 상기 제1 유동 구조물의 길이와 상기 제2 유동 구조물의 길이는 상기 종축을 따라 측정되는, 전기화학 전지.

청구항 9

제1항에 있어서, 상기 제1 유동 구조물은 상기 전기화학 전지의 캐소드 면 상에 있고, 상기 제2 유동 구조물은 상기 전기화학 전지의 애노드 면 상에 있는, 전기화학 전지.

청구항 10

제1항에 있어서, 상기 제1 유동 구조물이 강모(steel wool)를 포함하는, 전기화학 전지.

청구항 11

제1항에 있어서, 상기 제1 유동 구조물이 니켈 크롬을 포함한 금속 발포제(metallic foam)를 포함하는, 전기화학 전지.

청구항 12

제1항에 있어서, 상기 제1 유동 구조물이 탄소 섬유로 만든 직물(cloth), 종이 및 모(wool) 중의 적어도 하나를 포함하는, 전기화학 전지.

청구항 13

제1항에 있어서, 14,000psi 이하의 차압(differential pressure)에서 작동하는 경우의 상기 전기화학 전지에 대한 전지 저항 측정치가, 0psi 차압에서 작동하는 경우의 상기 전기화학 전지에 대한 전지 저항 측정치의 6배보다 작은, 전기화학 전지.

청구항 14

제1 유동 구조물, 제2 유동 구조물, 및 상기 제1 유동 구조물과 상기 제2 유동 구조물 사이에 배치된 막 전극 조립체;

한 쌍의 쌍극 플레이트(bipolar plate)들(여기서, 상기 제1 유동 구조물, 상기 제2 유동 구조물 및 상기 막 전극 조립체는 상기 한 쌍의 쌍극 플레이트들 사이에 위치한다); 및

스프링 기구(spring mechanism)(여기서, 상기 스프링 기구는, 상기 제1 유동 구조물과, 당해 제1 유동 구조물에 인접한 쌍극 플레이트의 사이에 배치되고, 상기 스프링 기구는, 실질적으로 상기 막 전극 조립체 쪽으로 향하는 방향으로 상기 제1 유동 구조물에 압력을 인가한다)를 포함하는, 전기화학 전지.

청구항 15

제14항에 있어서, 상기 스프링 기구가 하나의 플레이트 및 적어도 하나의 나선형 디스크 스프링(spiral disk spring)을 포함하는, 전기화학 전지.

청구항 16

제14항에 있어서, 상기 스프링 기구가 적어도 하나의 리프형 스프링(leaf-type spring)을 포함하는, 전기화학 전지.

청구항 17

제14항에 있어서, 상기 스프링 기구가 적어도 하나의 파형 스프링(wave spring)을 포함하는, 전기화학 전지.

청구항 18

제14항에 있어서, 상기 스프링 기구가 적어도 하나의 딥플 플레이트(dimple plate)를 포함하는, 전기화학 전지.

청구항 19

제14항에 있어서, 14,000psi 이하의 차압에서 작동하는 경우의 상기 전기화학 전지에 대한 전지 저항 측정치가, 0psi 차압에서 작동하는 경우의 상기 전기화학 전지에 대한 전지 저항 측정치의 6배보다 작은, 전기화학 전지.

청구항 20

탄성율, 단면적 및 길이를 갖는 제1 유동 구조물을 선택하는 단계;

탄성율, 단면적 및 길이를 갖는 제2 유동 구조물을 선택하는 단계;

막 전극 조립체를 상기 제1 유동 구조물과 상기 제2 유동 구조물 사이에 배치하는 단계;

제1 유동 구조물, 제2 유동 구조물 및 막 전극 조립체를 한 쌍의 쌍극 플레이트들 사이에 위치시키는 단계; 및

상기 제1 유동 구조물을 제1 압축 상태(compression state)로 되도록 압축시키는 단계(여기서, 상기 제1 압축 상태는, 상기 제1 유동 구조물이 작동 동안 제2 팽창 상태로 팽창되도록 하는, 탄성율, 길이 및 단면적 중의 적어도 하나에 기반한다)

를 포함하는, 전기화학 전지의 제작 방법.

청구항 21

제20항에 있어서, 상기 제1 유동 구조물과 상기 제2 유동 구조물을 선택하는데 있어서, 상기 제1 유동 구조물의 탄성율은 상기 제2 유동 구조물의 탄성율과 실질적으로 동일한 반면, 상기 제1 유동 구조물의 길이는 상기 제1 유동 구조물을 만드는 상기 제2 유동 구조물의 길이보다 긴, 방법.

청구항 22

제20항에 있어서, 상기 제1 유동 구조물과 상기 제2 유동 구조물을 선택하는데 있어서, 상기 제1 유동 구조물의 탄성율은 상기 제2 유동 구조물의 탄성율보다 작은 반면, 상기 제1 유동 구조물의 길이는 상기 제2 유동 구조물의 길이보다 짧거나 이 길이와 동일한, 방법.

청구항 23

제20항에 있어서, 상기 제1 유동 구조물과 상기 제2 유동 구조물을 선택하는데 있어서, 상기 제1 유동 구조물의 탄성율은 상기 제2 유동 구조물의 탄성율보다 작은 반면, 상기 제1 유동 구조물의 길이는 상기 제2 유동 구조물의 길이보다 긴, 방법.

청구항 24

제20항에 있어서, 14,000psi 이상의 차압에서 작동하는 경우의 상기 전기화학 전지에 대한 전지 저항 측정치가, 0psi 차압에서 작동하는 경우의 상기 전기화학 전지에 대한 전지 저항 측정치의 6배보다 작은, 방법.

청구항 25

제1 유동 구조물을, 제1 위치로부터, 상기 제1 위치와는 상이한 제2 위치로 압축시키는 단계(여기서, 상기 제1 유동 구조물은 상기 제1 위치로부터 상기 제2 위치로의 전이 동안, 막 전극 조립체와 실질적으로 접촉한 채로 있고; 상기 제1 위치로부터 상기 제2 위치로의 전이 동안, 상기 막 전극 조립체의 반대면에 있는 제2 유동 구조물은 상기 막 전극 조립체와 실질적으로 접촉한 채로 있다); 및

상기 제1 유동 구조물을 가압(pressurizing)시켜, 상기 제1 위치로부터 상기 제2 위치로의 상기 제1 유동 구조물의 전이를 초래하고 상기 막 전극 조립체를 가로지르는 차압을 생성하는 단계

를 포함하는, 전기화학 전지의 작동 방법.

청구항 26

제25항에 있어서, 14,000psi 이하의 차압에서 작동하는 경우의 상기 전기화학 전지에 대한 전지 저항 측정치가, 0psi 차압에서 작동하는 경우의 상기 전기화학 전지에 대한 전지 저항 측정치의 6배보다 작은, 방법.

청구항 27

제25항에 있어서, 상기 제2 유동 구조물이 상기 제1 유동 구조물보다 큰 강성을 갖는, 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 출원은 2012년 10월 5일자로 출원된 미국 가특허원 제61/710,073호의 이익을 주장하며, 이는 인용에 의해 본 명세서에 포함된다.

[0002] 기술 분야

[0003] 본 발명은 전기화학 전지에 관한 것이고, 보다 구체적으로, 전기화학 전지에서 사용하기 위한 탄성 유동 구조물

(resilient flow structure)의 설계에 관한 것이다.

배경 기술

- [0004] 통상적으로 연료 전지로서 분류되는 전기화학 전지는 화학 반응으로부터 전류를 생성하는데 사용되는 장치이다. 연료 전지 기술은 광범위한 기술, 예를 들면, 운송 차량 및 휴대용 전원 공급 분야를 위한 종래의 전력원에 대한 유망한 대안을 제공한다. 연료 전지는 연료(예를 들면, 수소, 천연 가스, 메탄올, 가솔린 등)의 화학 에너지를 산소 또는 기타의 산화제와의 화학 반응을 통해 전기로 변환시킨다. 화학 반응은 전형적으로 전기, 열 및 물을 산출한다. 기본적인 연료 전지는 음으로 하전되는 애노드, 양으로 하전되는 캐소드, 및 전해질로 불리는 이온-전도성 물질을 포함한다.
- [0005] 상이한 연료 전지 기술들은 상이한 전해질 물질들을 사용한다. 예를 들면, 양성자 교환 막(Proton Exchange Membrane)(PEM) 연료 전지는 중합체성 이온-전도 막을 전해질로서 사용한다. 수소 PEM 연료 전지에서, 수소 원자는 애노드에서 전자와 양성자(수소 이온)로 전기화학적으로 분할된다. 애노드에서의 전기화학 반응은 다음과 같다: $2H_2 \rightarrow 4H^+ + 4e^-$.
- [0006] 상기 반응에 의해 생성된 전자는 전기 부하 회로(electric load circuit)를 통해 캐소드로 유동하여, 직류 전기를 생성한다. 상기 반응에 의해 생성된 양성자는 전해질 막을 통해 캐소드로 확산된다. 전해질은 양으로 하전된 이온의 통과는 허용하면서 음으로 하전된 전자의 통과는 방지하도록 구성될(configured) 수 있다.
- [0007] 전해질을 통한 양성자의 통과 후, 양성자는 전기 부하 회로를 통해 통과한 전자와 캐소드에서 반응할 수 있다. 캐소드에서의 전기화학 반응은, 다음에 의해 나타내어지는 바와 같이 물과 열을 생성한다: $O_2 + 4H^+ + 4e^- \rightarrow 2H_2O$.
- [0008] 작동(operation)시, 단일 연료 전지는 일반적으로 약 1볼트를 발생시킬 수 있다. 특정 용도를 위한 목적하는 양의 전력을 획득하기 위해, 개별 연료 전지들을 조합하여 연료 전지 스택(stack)을 형성한다. 연료 전지는 순차적으로 함께 적층되며, 각각의 전지는 캐소드, 전해질 막 및 애노드를 포함한다. 각각의 캐소드/막/애노드 조립체가 "막 전극 조립체(membrane electrode assembly)"(MEA)를 구성하며, 이는 전형적으로 쌍극 플레이트(bipolar plate)에 의해 양쪽 면이 지지된다. 가스(수소 및 공기)는 유동장(flow field)으로서 공지된, 상기 플레이트에 형성된 채널 또는 홈(groove)을 통해 MEA의 전극에 공급된다. 쌍극 플레이트(유동장 플레이트 또는 분리기 플레이트로도 공지됨)는 기계적 지지(mechanical support)를 제공하는 것 이외에도, 개별 전지들을 전기 접속시키면서 이들을 스택 중에서 물리적으로 분리시킨다. 쌍극 플레이트는 또한 집전 장치로서 작용하여, 각각의 전극면으로의 연료와 산화제를 위한 접근 채널을 제공하고, 상기 전지의 작동 동안 형성된 물의 제거를 위한 액세스 채널을 제공할 수 있다. 전형적으로, 쌍극 플레이트는 금속, 예를 들면, 스테인리스 강, 티탄 등로부터 그리고 비금속 전기 전도체, 예를 들면, 흑연으로부터 제조된다.
- [0009] 추가로, 전형적인 연료 전지 스택은 연료와 산화제를 각각 애노드 및 캐소드 유동장으로 향하게 하는 매니폴드와 유입 포트를 포함한다. 스택은 또한 냉매 유체를 스택 내의 내부 채널로 향하게 하는 매니폴드와 유입 포트를 포함하여, 개별 전지의 작동 동안 발생한 열을 흡수할 수 있다. 연료 전지 스택은 또한 과량의 gas와 냉각수를 배출하기 위한 매니폴드와 유출 포트를 포함한다.
- [0010] 도 1은 PEM 연료 전지(10)의 다양한 부품들을 보여주는 분해 조립도이다. 도시된 바와 같이, 쌍극 플레이트(2)는 애노드(7A), 캐소드(7C) 및 전해질 막(8)을 포함하는 MEA의 측면에 배치된다. 애노드(7A)에 공급된 수소 원자는 전자와 양성자(수소 이온)로 전기화학적으로 분할된다. 전자는 전기 회로(도시되지 않음)를 통해 캐소드(7C)로 유동하고 상기 공정에서 전기를 발생하는 반면, 양성자는 전해질 막(8)을 통해 캐소드(7C)로 이동한다. 캐소드에서, 양성자는 (캐소드에 공급된) 전자 및 산소와 조합하여 물과 열을 생성한다.
- [0011] 추가로, PEM 연료 전지(10)는 MEA의 각 면 상에 연료 전지 내에 전기전도성 가스 확산 층(gas diffusion layer)(GDL)(5)을 포함한다. GDL(5)은 상기 전지 내에서의 가스 및 액체의 이송을 가능하게 하는 확산 매체로서 작용하고, 쌍극 플레이트(2)와 전해질 막(8) 사이에 전기 전도를 제공하며, 상기 전지로부터 열 및 공정수의 제거를 돕고, 몇몇 경우에, 전해질 막(8)에 기계적 지지를 제공한다.
- [0012] 전형적인 연료 전지에서, 전해질 막의 각 면 상에 있는 반응 가스는 유동장을 통해 유동한 다음 다공성 GDL을 통해 확산되어 전해질 막에 도달한다. 유동장 및 GDL이 인접하여 위치하고 내부 유체 스트림에 의해 결합되기 때문에, 달리 명시하지 않는 한, 유동장과 GDL을 총괄하여, 이하에서 "유동 구조물"이라고 한다. 그러나, 종래

의 채널형 유동장을 3차원 다공성 금속 GDL과 병용하거나, 3차원 다공성 금속 유동장을 종래의 GDL과 병용하거나, 3차원 다공성 금속 기관을 유동장과 GDL 둘 다로서 사용하는 것도 본 발명의 범위내에 있다.

[0013] 전해질 막의 각 면 상에 있는 반응 가스는 종종 상이한 압력으로 존재하며, 따라서, 압력 차가 MEA에 걸쳐 발생한다. 압력 차는, MEA에 대해 MEA가 고압으로부터 저압 쪽으로 이동하게 하는 힘을 생성한다. 이러한 이동의 결과는, 접촉압(contact pressure)의 감소 및 고압면 상에 있는 유동 구조물로부터의 MEA의 접촉면(contacting surface)의 분리일 수 있다. 압력의 감소, 및 이에 따른 MEA와 고압 유동 구조물의 접촉면들 사이의 분리는, 전기 전도를 감소시키고 이들 둘 사이의 접촉 저항을 증가시켜 연료 전지의 효율을 감소시키는 것으로 사료된다. 고압 작동으로 인한 접촉압의 감소와 분리로 인해, 이러한 비효율성을 극복하기 위해 전기화학 전지를 위한 유동 구조물의 설계를 개선하는 것이 계속 요구되고 있다.

[0014] 본 발명은 전기화학 전지에서 사용하기 위한 개선된 유동 구조물의 설계에 관한 것이다. 특히, 본 발명은 전기화학 전지에 사용하기 위한 탄성 유동 구조물의 설계에 관한 것이다. 이러한 장치는, 연료 전지, 전해 전지, 수소 정제기, 수소 팽창기 및 수소 압축기를 포함하지만 이에 한정되지 않는 고차압(high differential pressure)하에서 작동하는 전기화학 전지에서 사용될 수 있다.

발명의 내용

[0015] 본 발명의 하나의 측면은, 제1 유동 구조물, 제2 유동 구조물, 및 상기 제1 유동 구조물과 상기 제2 유동 구조물 사이에 배치된 막 전극 조립체를 포함할 수 있는 전기화학 전지에 관한 것으로, 여기서, 상기 제2 유동 구조물은 상기 제1 유동 구조물보다 큰 강성(stiffness)을 갖는다.

[0016] 또 다른 양태에서, 상기 제1 유동 구조물과 상기 제2 유동 구조물의 강성은, 상기 제1 유동 구조물의 중심으로부터 상기 제2 유동 구조물의 중심으로 뻗는(running) 종축에 실질적으로 평행한 방향으로 측정될 수 있다. 또 다른 양태에서, 상기 제1 유동 구조물은, 상기 제1 유동 구조물과 상기 제2 유동 구조물 사이의 압력 차에 의해 야기된, 상기 막 전극 조립체의 변위(displacement)에 대해 탄력적으로 팽창(expansion)하여, 상기 제1 유동 구조물이 상기 막 전극 조립체와의 물리적 접촉을 유지할 수 있도록 구성될 수 있다. 또 다른 양태에서, 상기 제1 유동 구조물과 상기 제2 유동 구조물은, 실질적으로 동일한 특성들을 갖는 물질들로 구성될 수 있으며, 상기 제1 유동 구조물의 길이는 상기 제2 유동 구조물의 길이보다 길 수 있고, 여기서, 상기 제1 유동 구조물의 길이와 상기 제2 유동 구조물의 길이는 상기 종축을 따라 측정된다.

[0017] 또 다른 양태에서, 상기 제1 유동 구조물은 제1 물질로 제작될(constructed) 수 있고, 상기 제2 유동 구조물은 상기 제1 물질보다 큰 탄성율(elastic modulus)을 갖는 제2 물질로 제작될 수 있으며, 상기 제1 유동 구조물의 길이는 상기 제2 유동 구조물의 길이보다 짧을 수 있고, 여기서, 상기 제1 유동 구조물의 길이와 상기 제2 유동 구조물의 길이는 상기 종축을 따라 측정된다. 또 다른 양태에서, 상기 제1 유동 구조물은 적어도 2개의 물질 층을 포함할 수 있고, 상기 적어도 2개의 물질 층 중의 적어도 하나는 상기 제2 유동 구조물 물질의 강성보다 작은 강성을 갖는다.

[0018] 또 다른 양태에서, 상기 적어도 하나의 제2 층은, 상기 제2 유동 구조물보다 긴 길이를 갖거나 상기 제2 유동 구조물의 탄성율보다 작은 탄성율을 가질 수 있다. 또 다른 양태에서, 상기 제1 유동 구조물은 상기 제2 유동 구조물보다 낮은 탄성율을 갖는 물질로 제작될 수 있으며, 상기 제1 유동 구조물의 길이는 상기 제2 유동 구조물의 길이보다 길 수 있고, 여기서, 상기 제1 유동 구조물의 길이와 상기 제2 유동 구조물의 길이는 상기 종축을 따라 측정된다. 또 다른 양태에서, 상기 제1 유동 구조물은 상기 전기화학 전지의 캐소드 면 상에 있을 수 있고, 상기 제2 유동 구조물은 상기 전기화학 전지의 애노드 면 상에 있을 수 있다.

[0019] 또 다른 양태에서, 상기 제1 유동 구조물은 강모(steel wool)를 포함할 수 있다. 또 다른 양태에서, 상기 제1 유동 구조물은 니켈 크롬을 포함한 금속 발포체(metallic foam)를 포함할 수 있다. 또 다른 양태에서, 상기 제1 유동 구조물은 탄소 섬유로 만든 직물(cloth), 종이 및 모(wool) 중의 적어도 하나를 포함할 수 있다. 또 다른 양태에서, 14,000psi 이하의 차압에서 작동하는 경우의 상기 전기화학 전지에 대한 전지 저항 측정치는, 0psi 차압에서 작동하는 경우의 상기 전기화학 전지에 대한 전지 저항 측정치의 6배보다 작을 수 있다.

[0020] 본 발명의 또 다른 측면은, 제1 유동 구조물, 제2 유동 구조물, 및 상기 제1 유동 구조물과 상기 제2 유동 구조물 사이에 배치된 막 전극 조립체; 한 쌍의 쌍극 플레이트들(여기서, 상기 제1 유동 구조물, 상기 제2 유동 구조물 및 상기 막 전극 조립체는 상기 한 쌍의 쌍극 플레이트들 사이에 위치한다); 및 스프링 기구(spring mechanism)(여기서, 상기 스프링 기구는, 상기 제1 유동 구조물과, 당해 제1 유동 구조물에 인접한 쌍극 플레이트의 사이에 배치되고, 상기 스프링 기구는, 실질적으로 상기 막 전극 조립체 쪽으로 향하는 방향으로 상기 제1

유동 구조물에 압력을 인가한다)를 포함할 수 있는 전기화학 전지에 관한 것이다.

[0021] 또 다른 양태에서, 상기 스프링 기구는 하나의 플레이트 및 적어도 하나의 나선형 디스크 스프링(spiral disk spring)을 포함할 수 있다. 또 다른 양태에서, 상기 스프링 기구는 적어도 하나의 리프형 스프링(leaf-type spring)을 포함할 수 있다. 또 다른 양태에서, 상기 스프링 기구는 적어도 하나의 파형 스프링(wave spring)을 포함할 수 있다. 또 다른 양태에서, 상기 스프링 기구는 적어도 하나의 딥플 플레이트(dimple plate)를 포함할 수 있다. 또 다른 양태에서, 14,000psi 이하의 차압에서 작동하는 경우의 상기 전기화학 전지에 대한 전지 저항 측정치는, 0psi 차압에서 작동하는 경우의 상기 전기화학 전지에 대한 전지 저항 측정치의 6배보다 작을 수 있다.

[0022] 본 발명의 또 다른 측면은, 탄성율, 단면적 및 길이를 갖는 제1 유동 구조물을 선택하는 단계; 탄성율, 단면적 및 길이를 갖는 제2 유동 구조물을 선택하는 단계; 막 전극 조립체를 상기 제1 유동 구조물과 상기 제2 유동 구조물 사이에 배치하는 단계; 제1 유동 구조물, 제2 유동 구조물 및 막 전극 조립체를 한 쌍의 쌍극 플레이트들 사이에 위치시키는 단계; 및 상기 제1 유동 구조물을 제1 압축 상태(compression state)로 되도록 압축시키는 단계(여기서, 상기 제1 압축 상태는, 상기 제1 유동 구조물이 작동 동안 제2 팽창 상태로 팽창되도록 하는, 탄성율, 길이 및 단면적 중의 적어도 하나에 기반한다)를 포함할 수 있는, 전기화학 전지의 제작 방법에 관한 것이다.

[0023] 또 다른 양태에서, 상기 제1 유동 구조물과 상기 제2 유동 구조물을 선택하는데 있어서, 상기 제1 유동 구조물의 탄성율은 상기 제2 유동 구조물의 탄성율과 실질적으로 동일할 수 있는 반면, 상기 제1 유동 구조물의 길이는 상기 제1 유동 구조물을 만드는 상기 제2 유동 구조물의 길이보다 길 수 있다. 또 다른 양태에서, 상기 제1 유동 구조물과 상기 제2 유동 구조물을 선택하는데 있어서, 상기 제1 유동 구조물의 탄성율은 상기 제2 유동 구조물의 탄성율보다 작을 수 있는 반면, 상기 제1 유동 구조물의 길이는 상기 제2 유동 구조물의 길이보다 짧거나 이 길이와 동일할 수 있다.

[0024] 또 다른 양태에서, 상기 제1 유동 구조물과 상기 제2 유동 구조물을 선택하는데 있어서, 상기 제1 유동 구조물의 탄성율은 상기 제2 유동 구조물의 탄성율보다 작을 수 있는 반면, 상기 제1 유동 구조물의 길이는 상기 제2 유동 구조물의 길이보다 길 수 있다. 또 다른 양태에서, 14,000psi 이상의 차압에서 작동하는 경우의 상기 전기화학 전지에 대한 전지 저항 측정치는, 0psi 차압에서 작동하는 경우의 상기 전기화학 전지에 대한 전지 저항 측정치의 6배보다 작을 수 있다.

[0025] 본 발명의 또 다른 측면은, 제1 유동 구조물을, 제1 위치로부터, 상기 제1 위치와는 상이한 제2 위치로 압축시키는 단계(여기서, 상기 제1 유동 구조물은 상기 제1 위치로부터 상기 제2 위치로의 전이 동안, 막 전극 조립체와 실질적으로 접촉한 채로 있고; 상기 제1 위치로부터 상기 제2 위치로의 전이 동안, 상기 막 전극 조립체의 반대면에 있는 제2 유동 구조물은 상기 막 전극 조립체와 실질적으로 접촉한 채로 있다); 및 상기 제1 유동 구조물을 가압(pressurizing)시켜, 상기 제1 위치로부터 상기 제2 위치로의 상기 제1 유동 구조물의 전이를 초래하고 상기 막 전극 조립체를 가로지르는 차압을 생성하는 단계를 포함할 수 있는, 전기화학 전지의 작동 방법에 관한 것이다.

[0026] 또 다른 양태에서, 14,000psi 이하의 차압에서 작동하는 경우의 상기 전기화학 전지에 대한 전지 저항 측정치는, 0psi 차압에서 작동하는 경우의 상기 전기화학 전지에 대한 전지 저항 측정치의 6배보다 작을 수 있다. 또 다른 양태에서, 상기 제2 유동 구조물은 상기 제1 유동 구조물보다 큰 강성을 가질 수 있다.

[0027] 상기한 일반적인 설명과 하기의 상세한 설명 둘 다는 단지 예시 및 설명하기 위한 것이며, 청구된 바와 같이 발명을 제한하는 것은 아님을 이해해야 한다.

도면의 간단한 설명

[0028] 본 명세서에 포함되어 본 명세서의 일부를 구성하는 첨부된 도면은 본 발명의 양태들을 예시하며, 설명과 함께 본 발명의 원리를 설명하는 역할을 한다.

도 1은 양성자 교환 막(PEM) 연료 전지의 다양한 부품을 보여주는, 연료 전지의 분해 조립도이다.

도 2는 예시적인 양태에 따르는 전기화학 전지의 일부의 개략도이다.

도 3a는 스프링 기구를 포함하는 예시적인 양태에 따르는 전기화학 전지의 일부의 개략도이다.

도 3b는 예시적인 양태에 따르는 쌍극 플레이트와 스프링 기구의 일부의 도해이다.

도 3c는 리프 스프링 기구를 포함하는 예시적인 양태에 따르는 전기화학 전지의 일부의 개략도이다.

도 3d는 파형 스프링 기구를 포함하는 예시적인 양태에 따르는 전기화학 전지의 일부의 개략도이다.

도 3e는 예시적인 양태에 따르는 덤플 플레이트의 도해이다.

도 4는 예시적인 양태에 따르는 전기화학 전지의 일부의 개략도이다.

도 5는 예시적인 양태에 따르는 전기화학 전지의 일부의 개략도이다.

도 6은 예시적인 양태에 따르는 전기화학 전지의 일부의 개략도이다.

도 7은 예시적인 양태에 따르는 3개의 유동 구조물 조합에 대한, 전지 저항 대 캐소드에 인가된 압력을 예시하는 그래프이다.

도 8은 예시적인 양태에 따르는 강모 유동 구조물의 사진이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0029] 이하에서는 본 발명의 예시적인 양태들을 상세하게 언급할 것이며, 이의 예는 첨부된 도면에 예시되어 있다. 어디에라도, 동일하거나 유사한 부분을 나타내기 위해 도면 전반에 걸쳐 동일한 참조 번호가 사용될 것이다. 수소, 산소 및 물을 사용하는 PEM 연료 전지에 관해 기재되어 있지만, 본 발명의 장치 및 방법은 고차압하에 작동하는 것들을 포함한 다양한 타입의 전기화학 전지들에 사용될 수 있는 것으로 이해된다.

[0030] 본 발명은 전기화학 전지에서 사용하기 위한 탄성 유동 구조물의 설계에 관한 것이다. 이러한 전기화학 전지에서, 탄성 유동 구조물은, 적절한 전지 전기 전도를 유지하고 다양한 압력 차에 걸쳐 전지 저항을 감소시키기 위해 각각의 유동 구조물과 MEA 사이에 충분한 접촉압이 일반적으로 유지될 수 있도록 구성된다.

[0031] 도 2는 예시적인 양태에 따르는 PEM 연료 전지(200)의 분해 조립도이다. 연료 전지(200)는 2개의 쌍극 플레이트들(210, 220)를 포함할 수 있다. 쌍극 플레이트(210)은 연료 전지(200)의 고압면(high pressure-side) 상에 위치하고, 쌍극 플레이트(220)은 연료 전지(200)의 저압면 상에 위치한다. 쌍극 플레이트는 알루미늄, 강철, 스테인리스 강, 티탄, 구리, Ni-Cr 합금, 또는 기타의 전기 전도성 물질로부터 제조될 수 있다.

[0032] 쌍극 플레이트들(210, 220) 이외에도, 연료 전지(200)는 막 전극 조립체("MEA")(230)를 포함할 수 있으며, 이는 우측은 제1 유동 구조물(240)의 측면에 배치되고 좌측은 제2 유동 구조물(250)의 측면에 배치될 수 있다. 도시된 바와 같이, 제1 유동 구조물(240)은 MEA(230)와 쌍극 플레이트(210) 사이에 배치되는 반면, 제2 유동 구조물(250)은 MEA(230)와 쌍극 플레이트(220) 사이에 배치된다. 쌍극 플레이트들(210, 220)는 연료 스택에서 이웃하는 연료 전지들(도시되지 않음)로부터 연료 전지(200)를 분리한다. 몇몇 다른 양태(도시되지 않음)에서, 전지 스택에서의 2개의 인접한 연료 전지들이 하나의 쌍극 플레이트를 공유할 수 있다.

[0033] MEA(230)는 애노드(231), 캐소드(232) 및 PEM(233)을 포함할 수 있다. PEM(233)은 애노드(231)와 캐소드(232) 사이에 배치되어 애노드와 캐소드를 서로로부터 전기 절연시킬 수 있다. PEM(233)은 순수한 중합체 막을 포함할 수 있거나, 또는 다른 물질, 예를 들면, 실리카, 헤테로다중산, 층상 금속 인산염, 인산염 및 인산지르코늄이 중합체 매트릭스에 매봉(embedding)될 수 있는 복합 막을 포함할 수 있다. PEM(233)은 전자를 전도하지는 않지만 양성자에 대해 투과 가능할 수 있다. 애노드(231)와 캐소드(232)는 촉매를 함유하는 다공성 탄소 전극을 포함할 수 있다. 촉매 물질, 예를 들면, 백금은 산소와 연료의 반응을 가속화시킬 수 있다. MEA(230) 치수는 용도 및 부하 요건에 따라 확대 또는 축소할 수 있다. MEA(230) 두께는 PEM(233)의 두께 뿐만 아니라 애노드(231)와 캐소드(232)에서의 촉매 물질의 농도에 기초할 수 있다.

[0034] 제1 유동 구조물(240)과 제2 유동 구조물(250)은 쌍극 플레이트들(210, 220)와 MEA(230) 사이에 전기 전도를 제공하고, 또한 연료 전지(200) 내에서의 가스 및 액체의 수송을 위한 매체를 제공한다. 또한, 제1 유동 구조물(240)과 제2 유동 구조물(250)은 MEA(230)에 기계적 지지를 제공할 수 있다.

[0035] 제1 유동 구조물(240)과 제2 유동 구조물(250)은 "프릿"-타입의 조밀하게 소결된 금속("frit"-type densely sintered metal)을 포함할 수 있다. 또한, 층상 유동 구조물(즉, 스크린 팩 및 팽창 금속(expanded metal))이 또한 사용될 수 있다. 금속 발포체 또는 기타의 다공성 금속 기관으로부터 제작된 3차원 다공성 기관의 사용이 또한 가능하다. 다공성 금속 물질은 스테인리스 강, 티탄, 알루미늄, 니켈, 철 등과 같은 금속, 또는 니켈 크롬 합금 등과 같은 금속 합금을 포함할 수 있다. 고압 또는 고차압 전지에서, 금속 발포체 또는 3차원 다공성 금속 기관이 종래의 채널형 유동장에 대한 대체물로서 사용될 수 있다.

- [0036] 특정 양태에서, 고압 유동 구조물은 강모와 같은 금속 모(metallic wool)로 이루어질 수 있다. 모 유동 구조물은 다양한 등급의 강철로 만들어질 수 있거나, 스테인리스 강, 티탄, 알루미늄, 니켈, 철, 니켈-크롬 또는 기타의 금속 합금과 같은 다른 금속으로 만들어질 수 있다. 또한, 모 유동 구조물은 탄소, 금, 질화티탄과 같은 내식성 피막을 갖는 금속으로부터 제조될 수 있다. 또 다른 양태에서, 유동 구조물은 직물, 종이 또는 모 유동 구조물의 형태로 탄소 섬유로부터 제조될 수 있다.
- [0037] 예시적인 양태에서, 연료 전지(200)는 고차압 작동을 위해 사용될 수 있으며, 그동안, 연료 전지(200) 내의 제1 유동 구조물(240)은, 작동 동안, MEA(230)의 반대면 상에 있는 제2 유동 구조물(250)보다 더 높은 유체 압력에 노출된다. 본 발명의 목적을 위해, 제1 유동 구조물은 "고압 유동 구조물"을 구성할 것이고 제2 유동 구조물은 "저압 유동 구조물"을 구성할 것이다.
- [0038] 연료 전지(200)는 15,000psi 이하의 차압에서 작동할 수 있는 것으로 고려된다. 이러한 작동 조건은, 연료 전지(200) 내의 유동 구조물이 약 15,000psi 이상의 응력 수준(stress level)으로 압축되도록 할 수 있다. 고차압 연료 전지의 예시적인 양태에서, 저압 유동 구조물(즉, 제2 유동 구조물(250) 또는 연료 전지의 애노드 면)은 고압 유동 구조물(즉, 제1 유동 구조물(240) 또는 연료 전지의 캐소드 면)보다 더 큰 밀도로 형성될 수 있다.
- [0039] 상기한 바와 같이, 제1 유동 구조물(240)과 제2 유동 구조물(250)은 쌍극 플레이트들(210, 220)과 MEA(230) 간의 전기 전도를 위한 매체로서 작용하는 것 이외에도 MEA(230)에 기계적 지지를 제공할 수 있다. 예시적인 양태에서, 고압면 상에 있는 제1 유동 구조물(240)로부터 MEA(230) 상에 작용하는 고압 유체는, 저압면 상에 있는 제2 유동 구조물(250)에 의해 제공되는 구조적 지지(structural support)에 의해 반대될 수 있다.
- [0040] 도 3a는 연료 전지(300)의 예시적인 양태를 도시한다. 도 2에서와 같이, 연료 전지(300)는 2개의 쌍극 플레이트들(310 및 320), MEA(330), 제1 유동 구조물(340) 및 제2 유동 구조물(350)을 포함할 수 있다. 그러나, 도 3a에 기재된 양태는 또한 스프링 기구(360)를 포함할 수 있다. 스프링 기구(360)는 제1 유동 구조물(340)과 고압 쌍극 플레이트(310) 사이에 설치될 수 있다.
- [0041] 스프링 기구(360)는, 예를 들면, 도 3b에 도시된 바와 같은 나선형 디스크 스프링(365), 도 3c에 도시된 바와 같은 리프형 스프링(366), 도 3d에 도시된 바와 같은 파형 스프링(367), 도 3e에 도시된 바와 같은 딥플 플레이트(368), 또는 기타의 동등한 메커니즘을 포함할 수 있다. 스프링 기구(360)는 제1 유동 구조물(340)의 종축(380)에 실질적으로 평행한 힘(370)을 적용하도록 구성될 수 있다. 상기한 바와 같이, 연료 전지(300)가 고압(즉, 15,000psi 이하) 및 그 결과 고차압에서 작동하는 경우, MEA(330)가 캐소드 면 압력의 구동력으로 인해 저압면 쪽으로 이동함에 따라 저압 유동장이 굴곡되어 더 얇아질 것이다. MEA(330)와 제1 유동 구조물(340) 사이의 접촉압의 감소 및 접촉면(390)에서의 분리를 제한하기 위해, 스프링 기구(360)는, 제1 유동 구조물이 사실상 MEA(330)의 이동 후 연료 전지(300)의 저압면 쪽으로 이동하도록, 제1 유동 구조물 상에 힘(370)을 가할 수 있다. 스프링 기구(360)는 알루미늄, 강철, 스테인리스 강, 티탄, 구리, Ni-Cr 합금, 탄소 섬유 또는 기타의 동등한 구조적 및 전기 전도성 물질로 만들어질 수 있다.
- [0042] 도 3b는 스프링 기구(360)의 예시적인 양태를 도시하며, 여기서, 스프링 기구(360)는 하나의 플레이트(310)와 적어도 하나의 나선형 디스크 스프링(365)을 포함할 수 있다. 다수의 나선형 디스크 스프링(365)이 사용될 수 있다. 플레이트(310)는, 상기 플레이트에 적어도 하나 또는 다수의 리세스(recess)를 갖는 실질적으로 평탄한 플레이트(310)가 되도록 구성될 수 있으며, 각각의 리세스는 하나의 나선형 디스크 스프링(365)을 수용하기에 적합할 수 있다. 플레이트(310) 및 나선형 디스크 스프링(365)은 하나의 조립체를 형성할 수 있으며, 이는 쌍극 플레이트(310)와 제1 유동 구조물(340) 사이에 배치될 수 있다. 플레이트(310)는 인접 제1 유동 구조물(340) 상에서 하나 이상의 나선형 디스크 스프링(365)의 힘을 균일하게 분배할 수 있다. 대안적인 양태(도시되지 않음)에서, 나선형 디스크 스프링(365) 또는 다수의 스프링들을 평탄 플레이트(310)로 되도록 예칭시킬 수 있다. 나선형 디스크 스프링(365) 및 플레이트(310)의 치수는 연료 전지(300)의 전체 두께가 실질적으로 증가하지 않도록 하는 치수일 수 있다.
- [0043] 예시적인 양태에서, 스프링 기구(360)는 제1 유동 구조물(340)과 쌍극 플레이트(310) 사이의 전기 전도 매체로서 작용하여 접촉면(390)의 분리에 의한 전기 저항의 증가를 제한할 수 있다.
- [0044] 또한, 스프링 기구(360)는 다수의 개별 스프링으로 이루어질 수 있거나, 단일 스프링을 포함할 수 있다. 스프링 기구(360)는 전체 제1 유동 구조물(340)을 가로질러 균일한 힘을 제공하도록 구성될 수 있다. 스프링 기구(360)는 불변 또한 가변 스프링 상수(spring constant)를 가질 수 있다. 스프링 기구를 댐핑(dampening)시

켜, 연료 전지 위치가 재빨리 평형으로 되돌아가거나 연료 전지 압력의 변동에 의해 야기되는 진동을 제한하는 것을 허용할 수 있다.

[0045] 도 3e는 스프링 기구(360)의 예시적인 양태를 도시하며, 여기서, 상기 스프링 기구는 댐플 플레이트(368)로 이루어질 수 있다. 댐플 플레이트는 호일을 댐플 돌출부로 스탬핑시킴으로써 형성될 수 있다. 댐플 플레이트는 스프링 같은 특성을 나타낼 수 있다. 댐플 플레이트는 알루미늄, 강철, 스테인리스 강, 티탄, 구리, Ni-Cr 합금, 또는 기타의 전기 전도성 물질로부터 제조될 수 있다. 힘(370)을 생성하기 위해 하나 이상의 댐플 플레이트를 사용할 수 있다.

[0046] 도 4는 연료 전지(400)의 또 다른 양태를 보여준다. 도 2 및 도 3a에서와 같이, 연료 전지(400)는 2개의 쌍극 플레이트들(410 및 420), MEA(430), 제1 유동 구조물(440) 및 제2 유동 구조물(450)을 포함할 수 있다. 그러나, 도 4에 도시된 양태는 도 3a에 예시된 스프링 기구를 사용하지 않는다. 대신에, 제1 유동 구조물(440)이, 더욱 강성인 구조적 특성들을 나타내는 제2 유동 구조물(450)에 비해 더욱 가요성인 구조적 특성들을 나타냄으로써, 스프링과 실질적으로 유사한 기능을 하도록, 제1 유동 구조물(440)이 구성될 수 있다.

[0047] 물질 요소(material element)의 강성은 해당 요소의 구조의 특성이다. 즉, 강성(k)은 아래 수학적 식 1로 나타낸 바와 같이 단면적(A), 요소 길이(L) 및 탄성율(E)의 함수이다.

수학적 식 1

$$k = \frac{AE}{L}$$

[0048]

[0049] 구조물 또는 요소의 강성이 설계에 영향을 미칠 수 있어, 탄성율이 물질 선택에 영향을 미칠 수 있다. 편향(deflection) 또는 압축이 바람직하지 않은 경우에는 높은 탄성율이 추구될 수 있는 반면, 굴곡(flexibility) 또는 팽창이 요구되는 경우에는 낮은 탄성율이 추구될 수 있다.

[0050] 도 4에 나타난 바와 같이, 제1 유동 구조물(440)의 길이 L1은 제2 유동 구조물(450)의 길이 L2보다 길 수 있다. 수학적 식 1에 기초하여, 동일한 단면적과 동일한 탄성율을 갖는 2개의 요소들은, 상기 요소들의 길이의 차에 따라 좌우되는 강성(k)이 차이가 날 것이다. 예를 들면, 제1 유동 구조물(440)의 길이 L1이 제2 유동 구조물(450)의 길이 L2의 2배인 경우, 제2 유동 구조물(450)이 제1 유동 구조물보다 2배 "강성"인 결과가 될 것이다.

[0051] 제1 유동 구조물(440)과 제2 유동 구조물(450)은, 도 4에 도시된 바와 같이, 실질적으로 동일한 단면적 및 실질적으로 동일한 탄성율을 갖는다. 따라서, 제1 유동 구조물(440)과 제2 유동 구조물(450)은 연료 전지(400) 내에서 다음과 같이 작동할 수 있다. 차압이 MEA(430)에 걸쳐 생성됨에 따라, 압력에 의해 생기는 힘이 MEA(430)로 하여금 제2 유동 구조물(450) 쪽으로 이동되도록 할 것이다. 도 4에 도시된 양태의 경우에, 제2 유동 구조물(450)은 제1 유동 구조물(440)보다 실질적으로 "더욱 강성"이다. "더욱 강성인" 제2 유동 구조물(450)은 차압에 의해 생기는 힘의 결과로서 약간 압축되고 탄력적으로 변형될 것이다. 제2 유동 구조물(450)은 최소의 압축을 겪을 수 있는 반면, "탄력있는(springy)" 제1 유동 구조물(440)은 MEA(430)의 이동에 반응하여 상당히 더 많이 굴곡되거나 팽창될 수 있다. MEA(430)의 이동에 상응하는 제1 유동 구조물(440)의 팽창은 연료 전지(400) 차압이 증가함에 따라 MEA(430)와 제1 유동 구조물(440) 간의 접촉압 및 전기 전도를 유지할 수 있다.

[0052] 또 다른 양태에서, 제1 유동 구조물(440)과 제2 유동 구조물(450)은, 도 4에 도시된 바와 같이, 실질적으로 동일한 단면적을 갖고, 제1 유동 구조물(440)은 제2 유동 구조물(450)보다 작은 탄성율을 가지며, 제1 유동 구조물(440) 길이 L1은 제2 유동 구조물(450)의 길이 L2보다 길다. 수학적 식 1에 기초하여, 제1 유동 구조물(440)과 제2 유동 구조물(450)의 길이 및 탄성율의 차이 때문에, 제2 유동 구조물(450)은 제1 유동 구조물(450)보다 더욱 강성일 것이다.

[0053] 도 5는 연료 전지(500)의 또 다른 양태를 보여준다. 도 4에서와 같이, 연료 전지(500)는 2개의 쌍극 플레이트들(510 및 520), MEA(530), 제1 유동 구조물(540) 및 제2 유동 구조물(550)을 포함할 수 있다. 그러나, 도 5에 도시된 양태는 상이한 물질 조성들을 갖는 제1 유동 구조물(540) 및 제2 유동 구조물(550)을 포함한다. 예를 들면, 제1 유동 구조물(540)은 제2 유동 구조물(550)보다 작은 탄성율을 갖는 물질을 포함할 수 있다. 수학적 식 1에 기초하여, 제1 유동 구조물(550)의 길이 L1은 제2 유동 구조물(550)의 길이 L2와 실질적으로 같을 수 있으며, 제1 유동 구조물(540)과 제2 유동 구조물(550)에 대한 탄성율의 차이에 따라 "더욱 강성인" 제2 유동 구조물(550)에 비해 "탄력있는" 물리적 특성을 여전히 나타낼 수 있다. 예를 들면, 제1 유동 구조물(540)과 제2 유동

구조물(550)이 둘 다 동일한 단면적(A)과 동일한 길이(L)를 갖지만, 제1 유동 구조물(540)이 제2 유동 구조물(550)에 대한 탄성율의 값의 1/2의 탄성율을 갖는다면, 제2 유동 구조물(550)은 제1 유동 구조물(540)보다 약 2배 더 "강성"일 것이다.

[0054] 수학식 1에 기초하여, 제1 유동 구조물(540) 길이 L1은 제2 유동 구조물(550) 길이 L2보다 짧을 수 있으며, "더욱 강성인" 제2 유동 구조물(550)에 비해 "탄력있는" 물리적 특성을 여전히 나타낼 수 있다. 예를 들면, 유동 구조물 둘 다의 단면적(A)이 동일하고, 제2 유동 구조물(550)의 길이 L2가 제1 유동 구조물(540)의 길이 L1의 약 2배이고, 제1 유동 구조물(540)이 제2 유동 구조물(550)의 1/4의 탄성율을 갖는다면, 제2 유동 구조물(550)은 제1 유동 구조물(540)보다 약 2배 더 "강성"일 것이다.

[0055] 도 6은 연료 전지(600)의 또 다른 양태를 보여준다. 도 4 및 도 5에서와 같이, 연료 전지(600)는 2개의 쌍극 플레이트들(610 및 620), MEA(630), 제1 유동 구조물(640) 및 제2 유동 구조물(650)을 포함할 수 있다. 그러나, 도 5에 도시된 양태에서, 제1 유동 구조물(640)은 적층되거나 또는 결합된 2개의 층인 제1 층(660)과 제2 층(670)을 포함할 수 있으며, 여기서, 제1 유동 구조물(640)을 포함하는 2개의 층은, 조합되는 경우, 비교적 "강성"인 제2 유동 구조물에 비해 "탄력있다". 예를 들면, 제1 층(660)은 제2 유동 구조물(650)보다 작은 탄성율을 갖는 물질로 이루어질 수 있고, 제2 층(670)은 제2 유동 구조물(650)의 길이 L2보다 긴 길이 L4를 가질 수 있다. 또한, 제1 층(660)은 제2 유동 구조물(650)보다 작은 탄성율을 갖는 물질로 이루어질 수 있고, 제2 층(670)은 제2 유동 구조물(650)보다 큰 탄성율을 가질 수 있다.

[0056] 나타낸 제1 유동 구조물과 제2 유동 구조물 간의 상이하고 가능한 구성의 예는 단지 예시적이며, 본 발명은 주어진 예에 한정되지 않고, 대신 본 발명은 제1 및 제2 유동 구조물이 제1 유동 구조물과 제2 유동 구조물 간의 목적하는 강성 비를 달성하도록 구성될 수 있는 모든 변형태를 포함한다.

[0057] 다양한 양태에서, 수학식 1에 기초하여, 제1 유동 구조물과 제2 유동 구조물의 탄성율 및 길이는 2개의 유동 구조물들 사이의 컴플라이언스 비(compliance ratio)를 최적화하도록 변할 수 있다. 적절한 컴플라이언스 비는 MEA와 각각의 유동 구조물 간의 접촉압이 전체 범위의 차동 작동압(differential operating pressure)을 통해 유지되어 전지 저항의 증가를 제한시키도록 보장한다.

[0058] 탄성율을 증가하여 유동 구조물을 설계하는데 고려될 수 있는 추가의 인자들은, 물질의 기공 크기, 표면 조도, 열 저항, 전기 전도성, 내식성 등을 포함할 수 있다.

[0059] 수학식 1과 관련하여 상기 논의된 바와 같이, 물질 요소의 길이(L)와 탄성율(E)을 변화시키는 것은 유동 구조물의 강성에 영향을 미칠 것이다. 또 다른 양태에서, 유동 구조물의 강성(k)을 바꾸기 위해 단면적(A)은 수정할 수 있다. 예를 들면, 유동 구조물의 길이 또는 탄성율을 변화시키기 보다는, 단면적을 변화시켜, 유동 구조물에 대한 유리한 강성 또는 컴플라이언스 비를 달성할 수 있다. 단면적(A)을 변화시키는 것 이외에도, 유동 구조물은 불균일한 단면적(A)을 포함할 수 있으며, 이는 유동 구조물의 길이를 따라 면적이 변할 수 있다. 예를 들면, 유동 구조물의 길이를 따라 불균일한 단면적을 갖는 유동 구조물은 볼록 단부(convex end)를 가질 수 있으며, 상기 볼록 단부는 가압하에 평평해져서 각 단부에서 유동 구조물에 대한 접촉 표면적을 증가시킨다.

[0060] 상기한 양태들을 적용하면, 전기화학 전지, 특히 고압 조건하에서 작동하는 전기화학 전지의 성능을 개선시킬 수 있다. 예비 시험은, 전기화학 전지 내에서 작동 압력이 증가함에 따라 탄성 캐소드 유동 구조물이 전지 저항의 증가를 한정시킬 수 있음을 입증한다. 도 7은 3가지 상이한 유동 구조물 구성들을 시험한 결과를 예시하는 그래프이다. 3가지 유동 구조물 구성들은 3가지 상이한 캐소드 유동 구조물 구성들과 조합된 강성 애노드 유동 구조물을 포함한다. 3가지 상이한 캐소드 유동 구조물 구성들은 강성인 유동 구조물, 스프링 기구 및 탄력있는 유동 구조물을 포함한다. 강성인 유동 구조물은 금속 발포체 캐소드 유동 구조물을 포함한다. 스프링 기구는 예시적인 양태에 기재된 바와 같은 덤플 플레이트를 포함한다. 탄력있는 유동 구조물은 애노드 유동 구조물보다 작은 탄성율 및 애노드 유동 구조물보다 긴 길이를 갖는 유동 구조물을 포함한다. 전지는 애노드 전극, 캐소드 전극 및 양성자 전도 막과 함께 위에 나타낸 애노드 및 캐소드 유동 구조물로 이루어졌다. 전지 및 구조적 압축 플레이트를 캡슐화하기 위해 2개의 쌍극 플레이트들이 사용되었으며, 전지를 압축시키고 가스 씰(gas seal)들을 맞물리게 하기 위해 타이 로드(tie road)들이 사용되었다.

[0061] 시험은 전기화학 전지의 캐소드 면을 적어도 13,000psi의 압력까지 가스로 가압시킴을 포함하였다. 각각의 유동 구조물 구성에 대해 압력이 증가함에 따라 전지 저항은 AC 밀리옴-미터를 사용하여 측정하였다. 시험 결과는 도 7에 예시되어 있으며, 이는 전지 저항 대 캐소드에 인가되는 압력의 플롯을 보여준다. 도 7은, 강성 유동 구조물이, 약 45mΩ으로부터 약 465mΩ으로 증가시킴으로써 캐소드로의 압력을 증가시킨 결과로서 전지 저항

의 최대 증가를 경험함을 보여준다. 탄력있는 유동 구조물은 강성 유동 구조물보다 더 우수한 성능을 나타내지만, 스프링 기구 만큼은 아니다. 스프링 기구가 시험 동안 최선의 성능을 나타내었다. 스프링 기구의 시험 동안, 전지 저항이 약 $7m\Omega$ 으로부터 약 $38m\Omega$ 로 증가하였다.

[0062] 스프링 기구가 전지 저항의 최저 증가를 나타내는 것 이외에도, 스프링 기구의 초기 저항은 시험된 다른 어떠한 유동 구조물보다 작다.

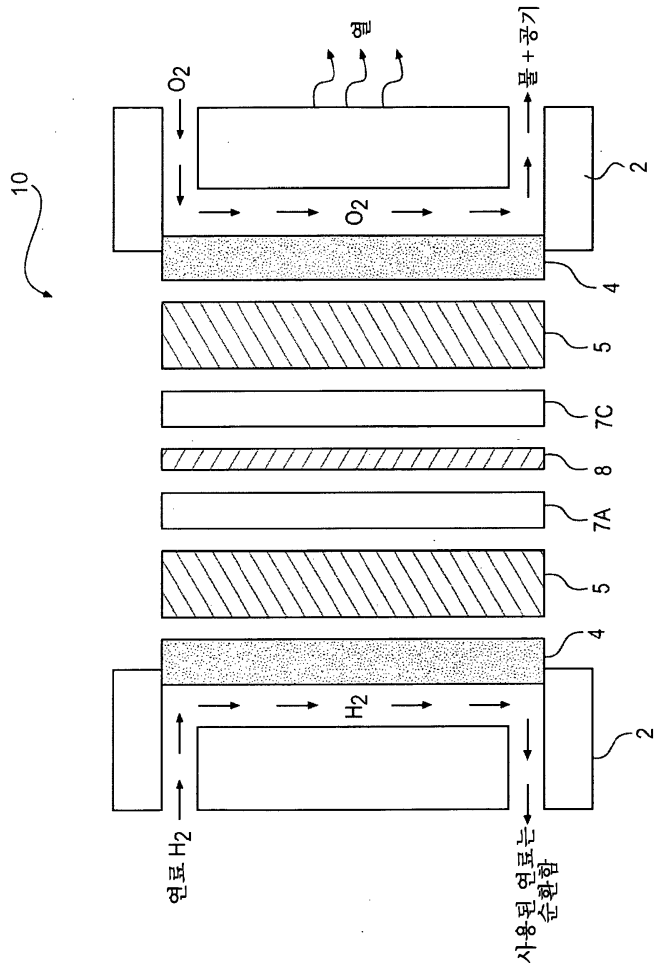
[0063] 도 7은 "강성" 애노드 유동 구조물 및 "탄력있는" 또는 스프링 기구과 조합된 캐소드 유동 구조물의 조합이, 압력과 관련하여 전지 저항의 증가를 한정시켜, 더욱 우수한 전기화학 전지 성능과 효율을 가능케 할 수 있음을 예시한다.

[0064] 도 8은 예시적인 양태에 따르는 강모 유동 구조물(800)의 사진을 보여준다. 강모 유동 구조물(800)은, 방사되어 함께 패드로 다발화되는 다수의 미세한 연결 강철 필라멘트들로 이루어질 수 있다. 강모 유동 구조물(800) 말초 기하 형상과 두께는 전지 설계 및 용도에 기초하여 변할 수 있다. 또 다른 양태에서, 모 유동 구조물은 다양한 등급의 강철 필라멘트들로 만들어질 수 있거나, 스테인리스 강, 티탄, 알루미늄, 니켈, 철, 니켈-크롬, 또 다른 금속 합금, 또는 탄소 섬유들과 같은 다른 전기 전도성 필라멘트들로 만들어질 수 있다. 또 다른 양태는 실질적으로 유사한 특성들을 갖는 상이한 구조물들, 예를 들면, 상이한 금속 합금들로 이루어진 금속 발포체를 포함할 수 있다.

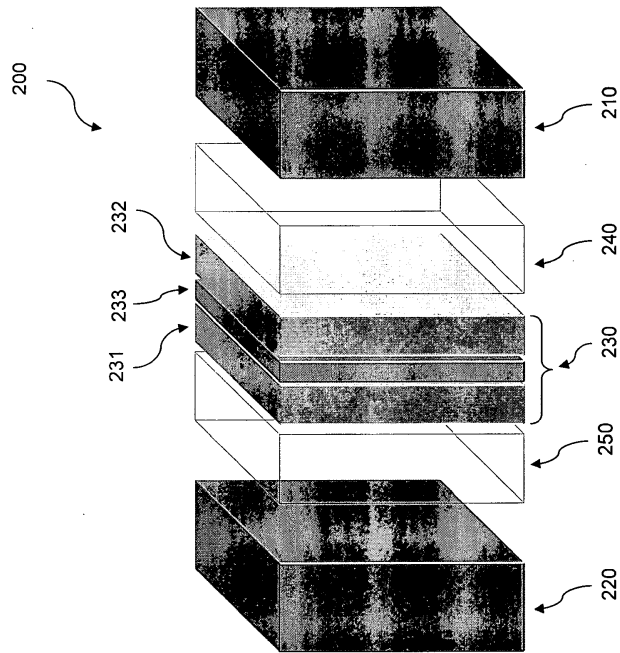
[0065] 본 발명의 기타 양태들은 명세서의 고려사항 및 명세서에 기재된 본 발명의 실시로부터 당업계의 숙련자들에게 명백할 것이다. 명세서 및 실시예는 단지 예시로서 간주되어야 하고, 본 발명의 진정한 범위 및 취지는 하기 특허청구범위에 의해 지시되어야 한다.

도면

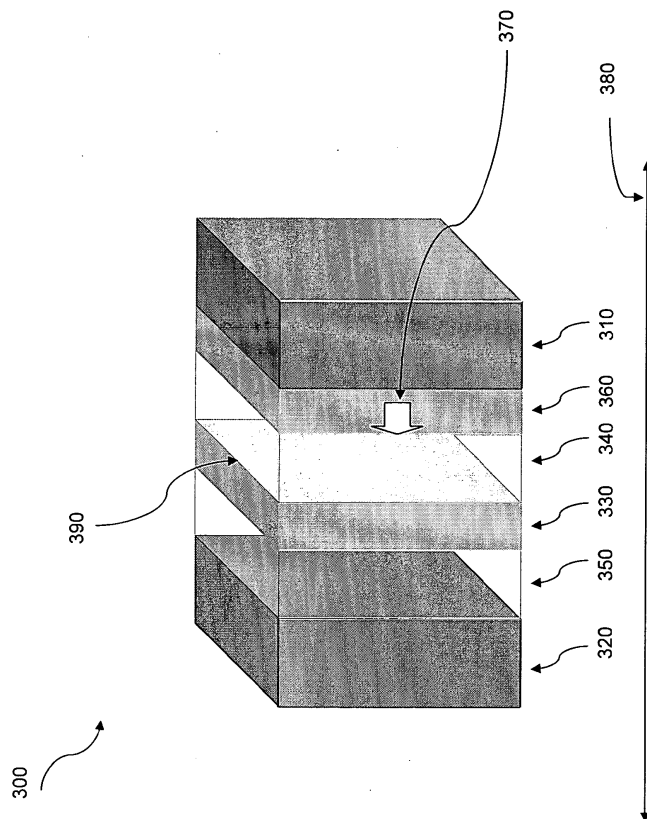
도면1



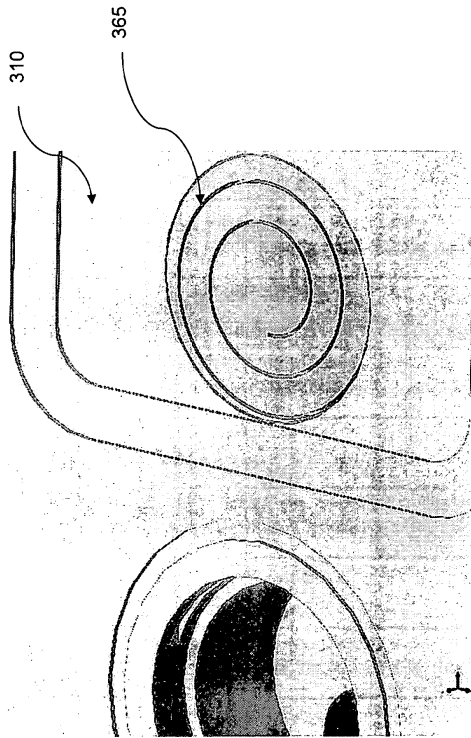
도면2



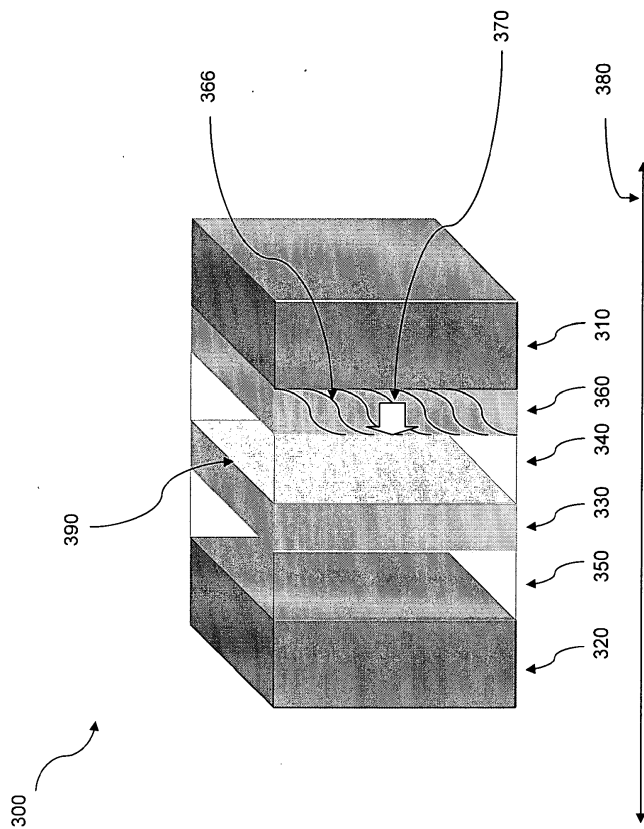
도면3a



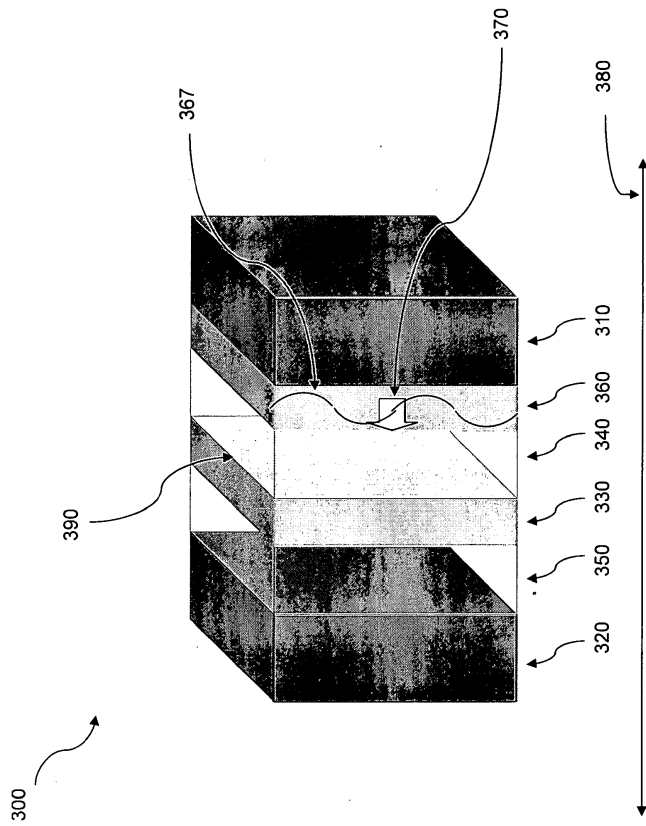
도면3b



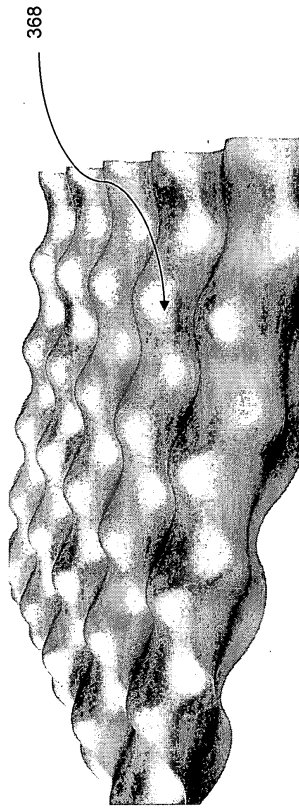
도면3c



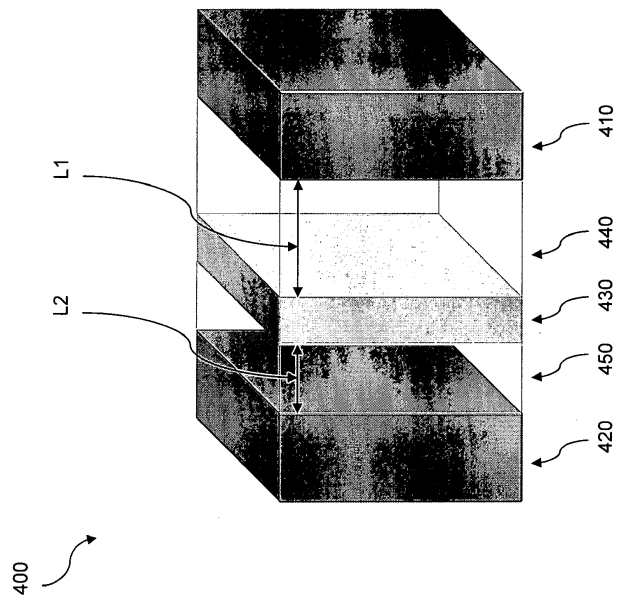
도면3d



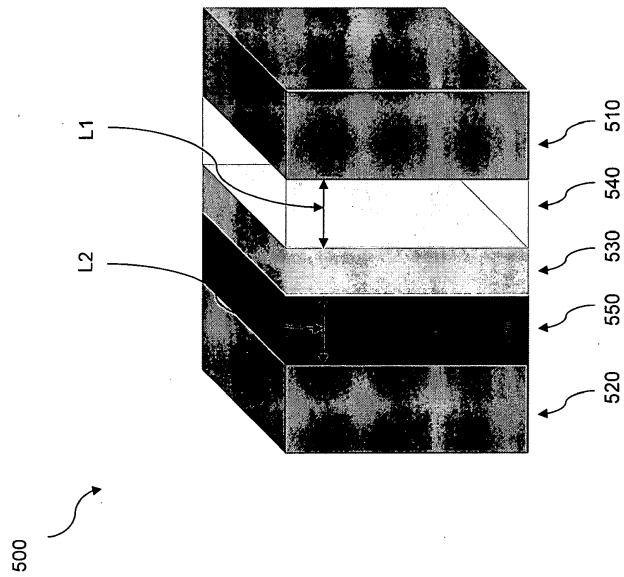
도면3e



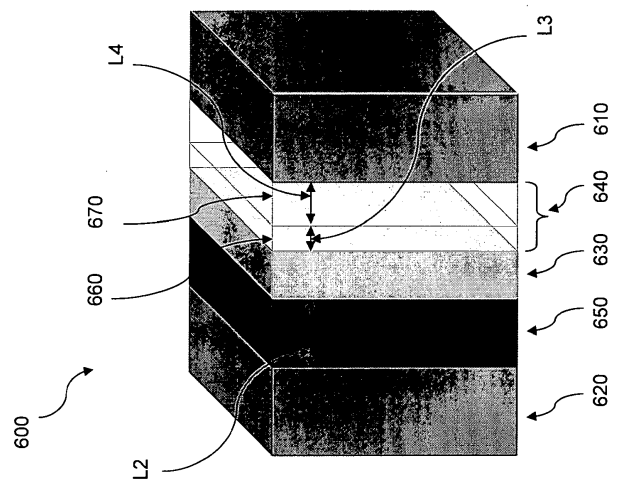
도면4



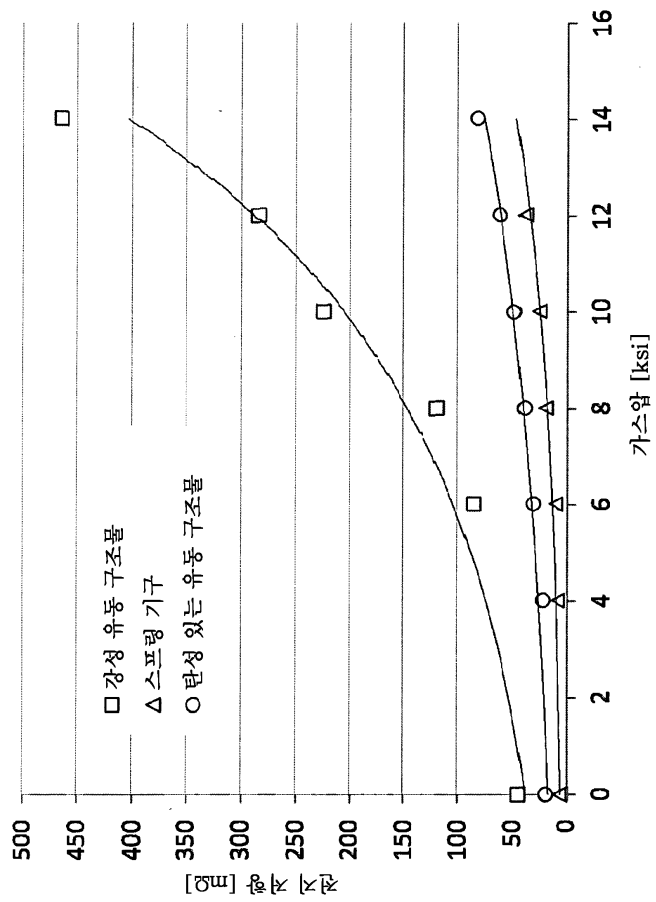
도면5



도면6



도면7



도면8

