



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2014-0051213
(43) 공개일자 2014년04월30일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01M 8/02 (2006.01) H01M 8/04 (2006.01)
H01M 8/24 (2006.01) H01M 4/64 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2014-7000362
(22) 출원일자(국제) 2012년06월12일
심사청구일자 없음
(85) 번역문제출일자 2014년01월07일
(86) 국제출원번호 PCT/US2012/042073
(87) 국제공개번호 WO 2012/174004
국제공개일자 2012년12월20일
(30) 우선권주장
13/161,386 2011년06월15일 미국(US)

(71) 출원인
엘지 퓨얼 셀 시스템즈 인코포레이티드
미국 44720 오하이오주 노스 칸톤 스트립 에비뉴
엔더블유 6065
(72) 발명자
리우, 지엔
미국, 오하이오 44721, 캔톤, 캔터 힐 씨클 엔이
6763
피틀러, 리차드
미국, 오하이오 44256, 메디나, 덴 로드 4030
(74) 대리인
강철중, 이상목, 김윤배

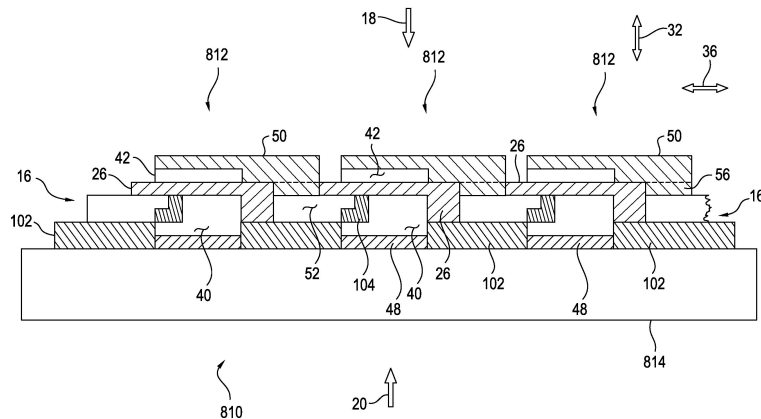
전체 청구항 수 : 총 39 항

(54) 발명의 명칭 인터커넥트를 가진 연료 전지 시스템

(57) 요약

본 발명은 애노드층, 애노드층으로부터 이격된 캐소드층, 및 애노드층과 캐소드층 사이에 배치된 전해질층으로 형성된 복수의 인접한 전기화학 전지들을 갖는 연료 전지 시스템을 포함한다. 연료 전지 시스템은 또한 적어도 하나의 인터커넥트를 포함하고, 인터커넥트는 인접한 전기화학 전지들 사이에서 자유 전자들을 전도하도록 구성된다. 각각의 인터커넥트는 주 전도체를 포함하고, 주 전도체는 전해질층 내에 내장되고, 자유 전자들을 전도하도록 구성된다.

대표도 - 도13



특허청구의 범위

청구항 1

연료 전지 시스템으로서,

전해질;

제1 애노드(anode), 및 상기 제1 애노드로부터 제1 방향으로 상기 전해질에 의해 이격된 제1 캐소드(cathode)를 갖는 제1 전기화학 전지;

제2 애노드, 및 상기 제2 애노드로부터 제1 방향으로 상기 전해질에 의해 이격된 제2 캐소드를 갖는 제2 전기화학 전지;

상기 제1 애노드로부터 상기 제2 캐소드로 전자들의 흐름을 전도하도록(conduct) 구성된 인터커넥트(interconnect); 및

상기 인터커넥트와 전기적으로 통신하는 적어도 하나의 구성요소와 상기 인터커넥트의 적어도 일부와의 사이에서 물질 이동을 방지하거나 감소시키도록 구성된 적어도 하나의 화학적 장벽(chemical barrier);을 포함하고,

상기 전해질은 상기 제1 캐소드로부터 상기 제1 애노드로 제1 방향으로 산소 이온들을 전달하도록(pass) 구성되고,

상기 전해질은 상기 제2 캐소드로부터 상기 제2 애노드로 제1 방향으로 산소 이온들을 전달하도록 구성된 것을 특징으로 하는 연료 전지 시스템.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 인터커넥트와 전기적으로 통신하는 적어도 하나의 구성요소는 상기 제1 애노드 및 상기 제2 캐소드 중의 적어도 하나인 것을 특징으로 하는 연료 전지 시스템.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 인터커넥트는 상기 제1 방향과 다른 제2 방향으로 전자들의 흐름을 전도하도록 구성된 전도체를 포함하는 것을 특징으로 하는 연료 전지 시스템.

청구항 4

제 3 항에 있어서,

상기 제2 방향은 상기 제1 방향에 실질적으로 수직인 것을 특징으로 하는 연료 전지 시스템.

청구항 5

제 4 항에 있어서,

상기 제2 애노드는 제1 방향에 실질적으로 수직인 제3 방향으로 상기 제1 애노드로부터 이격되고, 제2 방향 또한 상기 제3 방향에 실질적으로 수직인 것을 특징으로 하는 연료 전지 시스템.

청구항 6

제 1 항에 있어서,

상기 인터커넥트는 블라인드 주 전도체(blind primary conductor)를 포함하고, 블라인드 주 전도체는 상기 전해 질 내에 배치되어 상기 제1 방향과 상이한 제2 방향으로 전자들의 흐름을 전도하도록 구성되는 것을 특징으로 하는 연료 전지 시스템.

청구항 7

제 6 항에 있어서,

상기 인터커넥트는:

상기 제1 애노드와 상기 블라인드 주 전도체와의 사이에서 전력을 전도하도록 구성된 제1 블라인드 보조 전도체(blind auxiliary conductor); 및

상기 블라인드 주 전도체와 상기 제2 캐소드와의 사이에서 전력을 전도하도록 구성된 제2 블라인드 보조 전도체;를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 연료 전지 시스템.

청구항 8

제 7 항에 있어서,

상기 제1 애노드와 접해 있는 애노드 전도층; 및 상기 제2 캐소드와 접해 있는 캐소드 전도층;을 더 포함하고, 상기 제1 블라인드 보조 전도체 및 상기 제2 블라인드 보조 전도체 중의 적어도 하나는 화학적 장벽으로서 구성되고, 상기 인터커넥트와 전기적으로 통신하는 적어도 하나의 구성요소는 상기 애노드 전도층 및 상기 캐소드 전도층 중의 적어도 하나인 것을 특징으로 하는 연료 전지 시스템.

청구항 9

제 1 항에 있어서,

상기 제1 애노드 및 상기 인터커넥트와 접해 있는 애노드 전도층; 및 상기 제2 캐소드 및 상기 인터커넥트와 접해 있는 캐소드 전도층과 접해 있는 캐소드 전도층;을 더 포함하고, 상기 인터커넥트와 전기적으로 통신하는 적어도 하나의 구성요소는 상기 애노드 전도층 및 상기 캐소드 전도층 중의 적어도 하나인 것을 특징으로 하는 연료 전지 시스템.

청구항 10

제 1 항에 있어서,

상기 화학적 장벽은 전기 전도성이 있는 것을 특징으로 하는 연료 전지 시스템.

청구항 11

제 1 항에 있어서,

상기 화학적 장벽은 귀금속 서멧(cermet)인 것을 특징으로 하는 연료 전지 시스템.

청구항 12

제 1 항에 있어서,

상기 화학적 장벽은 Ni 서멧 및 Ni-귀금속 서멧 중의 하나인 것을 특징으로 하는 연료 전지 시스템.

청구항 13

제 1 항에 있어서,

상기 화학적 장벽은 전도성 세라믹인 것을 특징으로 하는 연료 전지 시스템.

청구항 14

연료 전지 시스템으로서,

각각의 전기화학 전지가, 애노드, 상기 애노드로부터 이격된 캐소드, 및 상기 애노드와 상기 캐소드 사이에 배치된 전해질층으로 구성된 복수의 전기화학 전지들;

한 쌍의 전기적으로 인접한 전기화학 전지들 사이에서 전기적으로 연결된 인터커넥트; 및

상기 인터커넥트와 상기 애노드 및 상기 캐소드 중의 적어도 하나와의 사이에서 전기적으로 배치된 전기 전도성 화학적 장벽;을 포함하고,

상기 인터커넥트는 하나의 전기화학 전지의 상기 애노드를 다른 전기화학 전지의 상기 캐소드에 전기적으로 연결시키고,

상기 전기 전도성 화학적 장벽은 상기 애노드 및 상기 캐소드 중의 적어도 하나와 상기 인터커넥트와의 사이에서 물질 이동을 감소시키도록 구성된 것을 특징으로 하는 연료 전지 시스템.

청구항 15

제 14 항에 있어서,

상기 애노드는 애노드층 및 애노드 전도층을 포함하고, 상기 애노드 전도층은 상기 전기 전도성 화학적 장벽에 전기적으로 연결되고, 상기 애노드층은 상기 애노드 전도층에 전기적으로 연결되는 것을 특징으로 하는 연료 전지 시스템.

청구항 16

제 15 항에 있어서,

상기 전기 전도성 화학적 장벽은 Ni 서멧 및 Ni-귀금속 서멧 중의 적어도 하나인 것을 특징으로 하는 연료 전지 시스템.

청구항 17

제 16 항에 있어서,

상기 Ni-귀금속 서멧은 Ag, Au, Pd, Pt, Ag-Pd, Ag-Au, Ag-Pt, Au-Pd, Au-Pt, Pt-Pd, Ag-Au-Pd, Ag-Au-Pt, 및 Ag-Au-Pd-Pt 중의 적어도 하나인 귀금속 상(precious metal phase)을 갖는 것을 특징으로 하는 연료 전지 시스템.

청구항 18

제 16 항에 있어서,

Ni-귀금속 서멧의 세라믹 상(ceramic phase)은 YSZ, ScSZ, 도핑된 산화 세륨, 알루미늄, 및 TiO₂ 중의 적어도 하나인 것을 특징으로 하는 연료 전지 시스템.

청구항 19

제 15 항에 있어서,

상기 전기 전도성 화학적 장벽은 전도성 세라믹인 것을 특징으로 하는 연료 전지 시스템.

청구항 20

제 19 항에 있어서,

상기 전도성 세라믹은 도핑된 산화 세륨(ceria), 도핑된 스트론튬 티타네이트(strontium titanate), 도핑된 이트리아 크롬(yttria chromite), 및 도핑된 란타넘 크롬(lanthanum chromite) 중의 하나인 것을 특징으로 하는 연료 전지 시스템.

청구항 21

제 20 항에 있어서,

상기 도핑된 란타넘 크롬은 LSCM(La_{1-x}Sr_xCr_{1-y}Mn_yO₃)인 것을 특징으로 하는 연료 전지 시스템.

청구항 22

제 21 항에 있어서,

상기 LSCM은 La_{0.75}Sr_{0.25}Cr_{0.5}Mn_{0.5}O₃인 것을 특징으로 하는 연료 전지 시스템.

청구항 23

제 14 항에 있어서,

상기 캐소드는 캐소드층 및 캐소드 전도층을 포함하고, 상기 캐소드 전도층은 상기 인터커넥트에 전기적으로 연결되고, 상기 캐소드층은 상기 캐소드 전도층에 전기적으로 연결되는 것을 특징으로 하는 연료 전지 시스템.

청구항 24

제 14 항에 있어서,

상기 전기 전도성 화학적 장벽은 귀금속 서멧인 것을 특징으로 하는 연료 전지 시스템.

청구항 25

제 24 항에 있어서,

상기 귀금속 서멧은 Ag, Au, Pd, Pt, Ag-Pd, Ag-Au, Ag-Pt, Au-Pd, Au-Pt, Pt-Pd, Ag-Au-Pd, Ag-Au-Pt, 및 Ag-Au-Pd-Pt 중의 하나인 금속 상(metal phase)을 갖는 것을 특징으로 하는 연료 전지 시스템.

청구항 26

제 24 항에 있어서,

상기 귀금속 서멧은 YSZ, ScSZ, LNF(LaNi_xFe_{1-x}O₃), LSM(La_{1-x}Sr_xMnO₃), LSCM(La_{1-x}Sr_xCr_{1-y}Mn_yO₃), 및 NTZ(NiO-TiO₂-YSZ/ScSZ) 중의 적어도 하나인 세라믹 상을 갖는 것을 특징으로 하는 연료 전지 시스템.

청구항 27

제 14 항에 있어서,

상기 전기 전도성 화학적 장벽은 전도성 세라믹인 것을 특징으로 하는 연료 전지 시스템.

청구항 28

제 27 항에 있어서,

상기 전도성 세라믹은 도핑된 산화 세륨, LNF(LaNi_xFe_{1-x}O₃), LSM(La_{1-x}Sr_xMnO₃), 도핑된 이트륨 크롬(yttrium chromite), 및 도핑된 란타넘 크롬 중의 적어도 하나인 것을 특징으로 하는 연료 전지 시스템.

청구항 29

제 28 항에 있어서,

상기 도핑된 란타넘 크롬은 LSCM(La_{1-x}Sr_xCr_{1-y}Mn_yO₃)인 것을 특징으로 하는 연료 전지 시스템.

청구항 30

제 29 항에 있어서,

상기 LSCM은 La_{0.75}Sr_{0.25}Cr_{0.5}Mn_{0.5}O₃인 것을 특징으로 하는 연료 전지 시스템.

청구항 31

제 14 항에 있어서,

상기 인터커넥트는 상기 전해질층 내에 내장된(embedded) 부분을 포함하는 것을 특징으로 하는 연료 전지 시스템.

청구항 32

연료 전지 시스템으로서,

전해질;

제1 애노드, 및 상기 제1 애노드로부터 상기 전해질에 의해 이격된 제1 캐소드를 갖는 제1 전기화학 전지;

제2 애노드, 및 상기 제2 애노드로부터 상기 전해질에 의해 이격된 제2 캐소드를 갖는 제2 전기화학 전지;

상기 제1 애노드로부터 상기 제2 캐소드로 전자들의 흐름을 전도하도록 구성된 인터커넥트; 및

상기 인터커넥트와 전기적으로 통신하는 적어도 하나의 구성요소와 상기 인터커넥트의 적어도 일부와의 사이에

서 물질 이동을 방지하거나 감소시키도록 구성된 적어도 하나의 화학적 장벽;을 포함하는 것을 특징으로 하는 연료 전지 시스템.

청구항 33

제 32 항에 있어서,

상기 인터커넥트와 전기적으로 통신하는 적어도 하나의 구성요소는 상기 제1 애노드 및 상기 제2 캐소드 중의 적어도 하나인 것을 특징으로 하는 연료 전지 시스템.

청구항 34

제 32 항에 있어서,

상기 제1 애노드와 상기 인터커넥트 사이에서 전기적으로 배치된 애노드 전도층; 및 상기 제2 캐소드와 상기 인터커넥트 사이에서 전기적으로 배치된 캐소드 전도층;을 더 포함하고, 상기 인터커넥트와 전기적으로 통신하는 적어도 하나의 구성요소는 상기 애노드 전도층 및 상기 캐소드 전도층 중의 적어도 하나인 것을 특징으로 하는 연료 전지 시스템.

청구항 35

제 32 항에 있어서,

상기 화학적 장벽은 전기 전도성이 있는 것을 특징으로 하는 연료 전지 시스템.

청구항 36

제 32 항에 있어서,

상기 화학적 장벽은 귀금속 서멧인 것을 특징으로 하는 연료 전지 시스템.

청구항 37

제 32 항에 있어서,

상기 화학적 장벽은 Ni 서멧 및 Ni-귀금속 서멧 중의 하나인 것을 특징으로 하는 연료 전지 시스템.

청구항 38

제 32 항에 있어서,

상기 화학적 장벽은 전도성 세라믹인 것을 특징으로 하는 연료 전지 시스템.

청구항 39

제 32 항에 있어서,

상기 인터커넥트는 상기 전해질 내에 내장된 부분을 포함하는 것을 특징으로 하는 연료 전지 시스템.

명세서

기술 분야

[0001] 본 발명은 일반적으로 연료 전지(fuel cell)들에 관한 것이고, 구체적으로는 연료 전지를 위한 인터커넥트(interconnect)에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 연료 전지들, 연료 전지 시스템들, 및 연료 전지들과 연료 전지 시스템들을 위한 인터커넥트들은 여전히 관심 분야로 남아 있다. 몇몇 기존 시스템들은 특정 애플리케이션들과 관련하여 다양한 결점들, 문제점들, 및 단점들을 가진다. 따라서, 이러한 기술 분야에서의 추가적인 기여에 대한 필요가 여전히 존재한다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0003] 본 발명은 연료 전지를 위한 인터커넥트를 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

[0004] 본 발명은 증가된 확산 거리(diffusion distance) 및 감소된 확산 흐름 영역(diffusion flow area)을 제공함으로써 연료(fuel) 및 산화제(oxidant)의 확산(누출)을 감소시키거나 제거하는 인터커넥트를 갖는 연료 전지 시스템을 포함한다.

도면의 간단한 설명

- [0005] 도 1은 본 발명의 실시 예에 따른 연료 전지 시스템의 비제한적인(non-limiting) 예의 일부 태양(aspect)을 개략적으로 도시한다.
- 도 2는 본 발명의 실시 예에 따른 연료 전지 시스템의 단면의 비제한적인 예의 일부 태양을 개략적으로 도시한다.
- 도 3은 도 2의 인터커넥트 부분의 확대된 단면도이다.
- 도 4a 및 4b는 인터커넥트 구성들의 몇몇 대안적 실시 예들을 도시한다.
- 도 5는 본 명세서에서 본 발명의 실시 예들과 대비되는 가상의(hypothetical) 인터커넥트를 도시한다.
- 도 6a 및 6b는 인터커넥트의 또 다른 실시 예의 비제한적인 예의 일부 태양의 평면도 및 측면도를 각각 도시한다.
- 도 7은 본 발명의 실시 예에 따른 세라믹 봉인(ceramic seal)을 갖는 연료 전지 시스템의 단면의 비제한적인 예의 일부 태양을 개략적으로 도시한다.
- 도 8은 세라믹 봉인을 갖는 연료 전지 시스템의 다른 실시 예의 단면의 비제한적인 예의 일부 태양을 개략적으로 도시한다.
- 도 9는 세라믹 봉인을 갖는 연료 전지 시스템의 또 다른 실시 예의 단면의 비제한적인 예의 일부 태양을 개략적으로 도시한다.
- 도 10은 화학적 장벽(chemical barrier)을 갖는 본 발명의 실시 예의 단면의 비제한적인 예의 일부 태양을 개략적으로 도시한다.
- 도 11은 화학적 장벽을 갖는 본 발명의 실시 예의 단면의 비제한적인 예의 일부 태양을 개략적으로 도시한다.
- 도 12는 화학적 장벽 및 세라믹 봉인을 갖는 본 발명의 실시 예의 단면의 비제한적인 예의 일부 태양을 개략적으로 도시한다.

도 13은 화학적 장벽 및 세라믹 봉인을 갖는 본 발명의 실시 예의 단면의 비제한적인 예의 일부 태양을 개략적으로 도시한다.

도 14는 화학적 장벽을 갖는 본 발명의 실시 예의 단면의 비제한적인 예의 일부 태양을 개략적으로 도시한다.

도 15는 화학적 장벽을 갖는 본 발명의 실시 예의 단면의 비제한적인 예의 일부 태양을 개략적으로 도시한다.

도 16은 화학적 장벽, 세라믹 봉인, 및 캐소드 전도체 막과 전해질층 사이의 갭(gap)을 갖는 본 발명의 실시 예의 단면의 비제한적인 예의 일부 태양을 개략적으로 도시한다.

도 17은 화학적 장벽, 세라믹 봉인, 및 인터커넥트 보조 전도체와 전해질층 사이의 갭을 갖는 본 발명의 실시 예의 단면의 비제한적인 예의 일부 태양을 개략적으로 도시한다.

도 18은 화학적 장벽, 세라믹 봉인, 및 캐소드 전도체 막과 전해질층 사이의 절연체를 갖는 본 발명의 실시 예의 단면의 비제한적인 예의 일부 태양을 개략적으로 도시한다.

도 19는 화학적 장벽, 세라믹 봉인, 및 인터커넥트 보조 전도체와 전해질층 사이의 절연체를 갖는 본 발명의 실시 예의 단면의 비제한적인 예의 일부 태양을 개략적으로 도시한다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0006] 본 명세서에서 설명은 첨부 도면들을 참조하고, 동일한 참조 번호들은 여러 도면들에 걸쳐서 동일한 부분을 가리킨다.

[0007] 본 발명의 원리들의 이해를 돕기 위한 목적으로, 이제 도면들에서 도시된 실시 예들을 참조할 것이고, 이를 기술하기 위해서 구체적인 표현이 이용될 것이다. 그럼에도 불구하고, 본 발명의 특정 실시 예들의 설명 및 기술(description)에 의해서 본 발명의 범위가 제한되지 않는다는 점이 이해될 것이다. 게다가, 설명 및/또는 기술된 실시 예(들)에 대한 임의의 변형들 및/또는 변경들은 본 발명의 범위 내에 있는 것으로 여겨진다. 나아가, 본 명세서에서 도시 및/또는 기술된 바와 같은, 본 발명의 원리들의 임의의 다른 적용들은 본 발명이 속하는 기술분야의 통상의 기술자에게 통상적으로 떠오를 수 있는 것으로서 본 발명의 범위 내에 있는 것으로 여겨진다.

[0008] 도면들을 참조하여, 특히 도 1을 참조하여, 본 발명의 실시 예에 따른 연료 전지 시스템(fuel cell system)(10)의 비제한적인 예의 일부 태양이 개략적으로 도시된다. 도 1의 실시 예에서, 본 발명의 실시 예의 태양들의 다양한 특징들, 구성요소들, 및 이들 간의 상호관계들이 도시된다. 하지만, 본 발명은 도 1의 특정 실시 예 및 본 명세서에서 기술되고 도 1에서 설명된 바와 같은 구성요소들, 특징들, 및 이들 간의 상호관계들에 한정되는 것이 아니다.

[0009] 연료 전지 시스템(10)의 본 실시 예는 기판(substrate)(14)상에서 형성된 복수의 전기화학 전지(electrochemical cell)(12)들, 즉, 개별 연료 전지들을 포함한다. 전기화학 전지(12)들은 인터커넥트(16)들에 의해서 직렬로 함께 연결된다. 연료 전지 시스템(10)은 평평한 다공성 세라믹 튜브(porous ceramic tube)상에 증착된(deposited) 세그먼트들이 직렬로 연결된(segmented-in-series) 배열이지만, 본 발명은 원형의 다공성 세라믹 튜브와 같이 다른 기판들상에서 세그먼트들이 직렬로 연결된 배열들에 동일하게 적용될 수 있다는 점이 이해될 것이다. 다양한 실시 예들에서, 연료 전지 시스템(10)은 통합된 평면형(planar) 연료 전지 시스템 또는 튜브형(tubular) 연료 전지 시스템일 수 있다.

[0010] 본 실시 예의 각각의 각각의 전기화학 전지(12)는 산화제 쪽(oxidant side)(18) 및 연료 쪽(fuel side)(20)을 가진다. 산화제는 전형적으로 공기(air)이지만, 예컨대, 공기 재순환 루프(air recycle loop)들을 갖는 연료 전지 시스템들을 위한 희석 공기(dilute air)를 포함하는, 산소(O₂) 또는 다른 산화제들일 수도 있고, 산화제 쪽(18)에서 전기화학 전지(12)들로 공급된다. 본 실시 예의 기판(14)은 다공성이고, 예컨대, 연료 전지 동작 상태에서 안정적이고(stable) 다른 연료 전지 물질들과 화학적으로 양립가능한(compatible) 다공성 세라믹 물질이다. 다른 실시 예들에서, 기판(14)은 표면-개질된(surface-modified) 물질일 수 있고, 예컨대, 전기화학 전지(12) 층들과 기판(14) 사이의 상호작용을 방지하거나 감소시키도록 구성된, 코팅(coating) 또는 다른 표면 개질(surface modification)을 갖는, 예컨대, 다공성 세라믹 물질이다. 재형성된 탄화수소(reformed hydrocarbon) 연료와 같은 연료, 예컨대, 합성 기체(synthesis gas)는 다공성 기판(porous substrate)(14)에서 채널(channel)들(도시되지 않음)을 통하여 연료 쪽(20)에서 전기화학 전지(12)들로 공급된다. 탄화수소 연료로부터 재형성된 합성 기체 및 공기가 본 실시 예에서 채용되었지만, 다른 산화제들 및 연료들을 이용하는, 예컨대, 순수한 수소 및 순수한 산소를 이용하는 전기화학 전지들이 본 발명의 범위를 벗어나지 않으면서 채용될 수

있다는 점이 이해될 것이다. 게다가, 본 실시 예에서는 연료가 기관(14)을 통해서 전기화학 전지(12)들로 공급되지만, 본 발명의 다른 실시 예들에서는 산화제가 다공성 기관을 통해서 전기화학 전지들로 공급될 수 있다는 점이 이해될 것이다.

[0011] 도 2를 참조하여, 연료 전지 시스템(10)의 비제한적인 예의 일부 태양이 더욱 상세하게 설명된다. 연료 전지 시스템(10)은 기관(14)상으로 스크린 프린팅된 복수의 층들로 구성될 수 있다. 스크린 프린팅(screen printing)은 직조된 메시(woven mesh)가 개구(opening)들을 갖고 연료 전지 층들이 개구들을 통해서 기관(14)상으로 증착되는 프로세스이다. 스크린의 개구들은 인쇄된 층들의 길이 및 폭을 결정한다. 스크린 메시(screen mesh), 와이어 직경(wire diameter), 잉크 솔리드 로딩(ink solids loading), 및 잉크 레올로지(ink rheology)는 인쇄된 층들의 두께를 결정한다. 연료 전지 시스템(10) 층들은 애노드 전도층(anode conductive layer)(22), 애노드층(anode layer)(24), 전해질층(electrolyte layer)(26), 캐소드층(cathode layer)(28), 및 캐소드 전도층(cathode conductive layer)(30)을 포함한다. 하나의 형태에 있어서, 전해질층(26)은 전해질 서브층(26A) 및 전해질 서브층(26B)으로 구성된다. 다른 실시 예들에서, 전해질층(26)은 임의의 수의 서브층(sub-layer)들로 구성될 수 있다. 도 2는 비율이 맞지 않는다는 점이 이해될 것이다; 예를 들어, 설명의 명확성의 목적을 위해서 수직방향의 치수들이 과장되었다.

[0012] 고체 산화물 연료 전지들(solid oxide fuel cells: SOFC)을 위한 인터커넥트들은 전자들을 하나의 전기화학 전지로부터 다른 전기화학 전지로 전송하기 위해서 바람직하게는 전기 전도성(electrically conductive)이 있고; 연료 전지 동작 동안 산화 및 환원하는 주변환경(environment)하에서 기계적 및 화학적으로 안정적(stable)이고; 인터커넥트를 통한 연료 및/또는 산화제의 확산을 방지하기 위해서 비다공성(nonporous)이다. 만일 인터커넥트가 다공성이면(porous), 연료는 산화제 쪽으로 확산되어 연소될 수 있으며, 예컨대, 물질들의 품질저하(degradation) 및 기계적 고장으로 인하여, 연료 전지 시스템의 효율의 감소뿐만 아니라 연료 전지 수명의 감소를 초래할 수 있는 국부적 핫 스팟(local hot spot)들을 초래한다. 유사하게, 산화제는 연료 쪽으로 확산될 수 있으며, 연료의 연소를 초래한다. 심한 인터커넥트 누출(leakage)은 연료 활용 및 연료 전지의 성능을 현저하게 감소시키거나 연료 전지들 또는 스택(stack)의 치명적 고장(catastrophic failure)을 초래할 수 있다.

[0013] 세그먼트들이 직렬로 연결된 전지들에 대해서, 연료 전지 구성요소들은 다공성 세라믹 기관, 예컨대, 기관(14)상에 얇은 막(film)들을 증착시킴으로써 형성될 수 있다. 하나의 형태에 있어서, 인터커넥트를 포함하여 막들은 스크린 프린팅 프로세스를 통하여 증착된다. 다른 실시 예들에서, 기관상으로 얇은 막들을 증착시키기 위해서 또는 기관상에 얇은 막들을 형성하기 위해서 다른 프로세스가 채용될 수 있다. 인터커넥트층(interconnect layer)의 두께는 5 내지 30 마이크로(micron)일 수 있지만, 더 두꺼울 수도 있는데, 예컨대, 100 마이크로일 수 있다. 만일, 예컨대, 처리동안 유입된 소결 다공성(sintering porosity), 미세균열(microcrack)들, 보이드(void)들, 및 다른 결함들로 인하여, 인터커넥트가 완전한 비다공성이 아니라면, 인터커넥트층을 통한 기체 또는 공기 플럭스(flux)는 매우 높을 수 있고, 상술한 바와 같이 바람직하지 않은 효과들을 초래한다. 따라서, 본 발명의 일 태양에 있어서, 인터커넥트(인터커넥트(16))는 이를 통과하는 산화제 및 연료의 확산을 최소화하거나 제거하도록 구성된다.

[0014] 본 실시 예의 인터커넥트(16)의 물질은 Ag, Pd, Au 및/또는 Pt 및/또는 이들의 합금들과 같은 귀금속이지만, 다른 물질들이 본 발명의 범위를 벗어나지 않으면서 채용될 수 있다. 이와 달리, 예를 들어, 다른 실시 예들에서, Ag-Pd, Ag-Au, Ag-Pt, Au-Pd, Au-Pt, Pt-Pd, Ag-Au-Pd, Ag-Au-Pt, Ag-Au-Pd-Pt와 같은 귀금속 합금들, 및/또는 소량의(minor) 비귀금속(non-precious metal) 부가물(addition)들을 갖는 합금들을 포함하여 Pt-Pd-Au-Ag 족에서의 이원(binary), 삼원(ternary), 사원(quaternary) 합금들, 귀금속, 귀금속 합금, Ni 금속 및/또는 Ni 합금, 및 알루미나(alumina)와 같은 불활성 세라믹 상(inert ceramic phase), 또는 YSZ(이트리아 안정화 지르코니아(yttria stabilized zirconia), 또는 이트리아 도핑(doping)이 3-8 mol%이고, 바람직하게는 3-5 mol%인 이트리아가 도핑된 지르코니아(yttria doped zirconia)로서 알려져 있음), ScSZ(스칸디아 안정화 지르코니아(scandia stabilized zirconia), 스칸디아 도핑이 4-10 mol%, 바람직하게는 4-6 mol%임), 및/또는, 예컨대, LNF(LaNi_xFe_{1-x}O₃, 바람직하게는, x=0.6), LSM(La_{1-x}Sr_xMnO₃, x=0.1 내지 0.3), 도핑된 산화 세륨(ceria), 도핑된 스트론튬 티타네이트(strontium titanate)(예를 들어, La_xSr_{1-x}TiO_{3-δ}, x=0.1 내지 0.3), LSCM(La_{1-x}Sr_xCr_{1-y}Mn_yO₃, x=0.1 내지 0.3 및 y=0.25 내지 0.75), 도핑된 이트륨 크롬(yttrium chromite)들(예를 들어, Y_{1-x}Ca_xCrO_{3-δ}, x=0.1-0.3) 및/또는 다른 도핑된 란타넘 크롬(lanthanum chromite)들(예를 들어, La_{1-x}Ca_xCrO_{3-δ}, x=0.15-0.3) 중의 적어도 하나를 포함하는, 인터커넥트로서 적당한 상 안정성(phase stability) 및/또는 충분한 전도성을 달

성하기 위하여 A 또는 B-사이트(site) 치환물 또는 도핑을 가진 전도성 페로브스카이트(perovskite)들과 같은, 전도성 세라믹(conductive ceramic)들, 및 LNF(LaNi_xFe_{1-x}O₃, 바람직하게는, x=0.6), LSM(La_{1-x}Sr_xMnO₃, x=0.1 내지 0.3), 도핑된 스트론튬 티타네이트, 도핑된 이트륨 크롬들, LSCM(La_{1-x}Sr_xCr_{1-y}Mn_yO₃), 및 다른 도핑된 란타넘 크롬들 중의 적어도 하나와 같은 전도성 세라믹들과 같이, 현저한 기생(parasitics)을 생성하지 않을 최소한의 이온 전도성(ionic conductivity)을 갖는 세라믹 상(ceramic phase)으로 구성된 서멧(cermet)들을 포함하는 다른 물질들이 채용될 수 있다고 여겨진다. 몇몇 실시 예들에서, 인터커넥트(16)의 전부 또는 일부는 상술한 물질들에 추가하거나 대신하여 Ni 금속 서멧 및/또는 Ni 합금 서멧으로 형성될 수 있다고 여겨진다. Ni 금속 서멧 및/또는 Ni 합금 서멧은 하나 이상의 세라믹 상(ceramic phase)들, 예컨대, 제한 없이, YSZ(이트리아 도핑이 3-8 mol%이고, 바람직하게는 3-5 mol%임), 알루미늄, ScSZ(스칸디아 도핑이 4-10 mol%이고, 바람직하게는 4-6 mol%임), 도핑된 산화 세륨 및/또는 TiO₂인 세라믹 상을 가질 수 있다.

[0015] 인터커넥트(16)를 위한 물질의 하나의 예는 y(Pd_xPt_{1-x})-(1-y)YSZ 이다. 여기서, x는 중량비(weight ratio)에 있어 0에서부터 1까지이다. 바람직하게는 x는 더 낮은 수소 플럭스(hydrogen flux)를 위해서 0 내지 0.5의 범위 내이다. y는 체적비(volume ratio)에 있어 0.35에서부터 0.80까지이고, 바람직하게는 y는 0.4 내지 0.6의 범위 내이다.

[0016] 본 실시 예의 애노드 전도층(22)은, Ni-YSZ(지르코니아에서 이트리아 도핑이 3-8 mol%임), Ni-ScSZ(스칸디아 도핑이 4-10 mol%이고, 바람직하게는 10 mol% 스칸디아-ZrO₂에 대하여 상 안정성을 위한 제2 도핑) 및/또는 Ni-도핑된 산화 세륨(예를 들어, Gd 또는 Sm 도핑), 도핑된 란타넘 크롬(예를 들어, A 사이트에서의 Ca 도핑 및 B 사이트에서의 Zn 도핑), 도핑된 스트론튬 티타네이트(예를 들어, A 사이트에서의 La 도핑 및 B 사이트에서의 Mn 도핑) 및/또는 La_{1-x}Sr_xMn_yCr_{1-y}O₃과 같은 니켈 서멧으로 형성된 전극 전도층(electrode conductive layer)이다. 이와 달리, 귀금속의 전부 또는 일부를 기초로 한 서멧들과 같이 애노드 전도층(22)을 위한 다른 물질들이 채용될 수 있다고 고려된다. 서멧에서의 귀금속들은, 예를 들어, Pt, Pd, Au, Ag, 및/또는 이들의 합금들을 포함할 수 있다. 세라믹 상은, 예를 들어, 기판 및 전해질(electrolyte)의 열팽창계수(CTE)를 매칭시키도록(match) 층(layer)의 CTE(coefficients of thermal expansion)를 제어하기 위하여, 예컨대, 원하는 CTE를 갖는, 예를 들어, YSZ, ScSZ 및/또는 하나 이상의 다른 비활성 상(inactive phase)들을 포함하는, 비활성의 비전기적 전도성 상(inactive non-electrically conductive phase)을 포함할 수 있다. 몇몇 실시 예들에서, 세라믹 상은 Al₂O₃ 및/또는 NiAl₂O₄, MgAl₂O₄, MgCr₂O₄, NiCr₂O₄과 같은 스피넬(spinel)을 포함할 수 있다. 다른 실시 예들에서, 세라믹 상은 전기적으로 전도성일 수 있고, 예컨대, 도핑된 란타넘 크롬, 도핑된 스트론튬 티타네이트 및/또는 LaSrMnCrO의 하나 이상의 형태일 수 있다.

[0017] 애노드 전도층 물질의 하나의 예는 76.5%Pd, 8.5%Ni, 15%3YSZ 이다.

[0018] 애노드(anode)(24)는 본 실시 예에서 xNiO-(100-x)YSZ(x는 중량비에 있어 55에서부터 75까지임), yNiO-(100-y)ScSZ(y는 중량비에 있어 55에서부터 75까지임), NiO-가돌리니아(gadolinia) 안정화 산화 세륨(예컨대, 55wt%NiO-45wt%GDC) 및/또는 NiO 사마리아(samararia) 안정화 산화 세륨으로 형성될 수 있지만, 다른 물질들이 본 발명의 범위를 벗어나지 않으면서 채용될 수 있다. 예를 들어, 애노드층(24)은 도핑된 스트론튬 티타네이트, 및 La_{1-x}Sr_xMn_yCr_{1-y}O₃(예컨대, La_{0.75}Sr_{0.25}Mn_{0.5}Cr_{0.5}O₃)로 만들어질 수 있다고 대안적으로 고려된다.

[0019] 본 실시 예의 전해질층(26), 예컨대, 전해질 서브층(26A) 및/또는 전해질 서브층(26B)은 세라믹 물질로 만들어질 수 있다. 하나의 형태에 있어서, 양성자 및/또는 산소 이온 전도성 세라믹이 채용될 수 있다. 하나의 형태에 있어서, 전해질층(26)은 3YSZ 및/또는 8YSZ와 같은 YSZ로 형성된다. 다른 실시 예들에서, 전해질층(26)은 YSZ에 추가하여 또는 대신하여 4ScSZ, 6ScSZ 및/또는 10ScSZ와 같은 ScSZ로 형성될 수 있다. 다른 실시 예들에서, 다른 물질들이 채용될 수 있다. 예를 들어, 전해질층(26)은 도핑된 산화 세륨 및/또는 도핑된 란타넘 갈레이트(gallate)로 만들어질 수 있다고 대안적으로 고려된다. 어떤 경우에도, 전해질층(26)은 연료 전지(10)에 의해 이용되는 유체(fluid)들, 예컨대, 연료로서의 합성 기체 또는 순수한 수소뿐만 아니라, 예컨대, 산화제로서의 공기 또는 O₂의 확산을 근본적으로(essentially) 통과시키지 않지만, 산소 이온들 또는 양성자(proton)들의 확산을 허용한다.

[0020] 캐소드층(28)은 LSM(La_{1-x}Sr_xMnO₃, x=0.1 내지 0.3), La_{1-x}Sr_xFeO₃(예컨대, x=0.3), La_{1-x}Sr_xCo_yFe_{1-y}O₃(예컨대, La_{0.6}Sr_{0.4}Co_{0.2}Fe_{0.8}O₃) 및/또는 Pr_{1-x}Sr_xMnO₃(예컨대, Pr_{0.8}Sr_{0.2}MnO₃) 중의 적어도 하나로 형성될 수 있지만, 다른

물질들이 본 발명의 범위를 벗어나지 않으면서 채용될 수 있다. 예를 들어, 러스레스덴 포퍼 니켈레이트(Ruddlesden-Popper nickelate)들 및 $La_{1-x}Ca_xMnO_3$ (예컨대, $La_{0.8}Ca_{0.2}MnO_3$) 물질들이 채용될 수 있다고 대안적으로 고려된다.

- [0021] 캐소드 전도층(30)은 전도성 세라믹, 예를 들어, $LaNi_xFe_{1-x}O_3$ (예컨대, $LaNi_{0.6}Fe_{0.4}O_3$), $La_{1-x}Sr_xMnO_3$ (예컨대, $La_{0.75}Sr_{0.25}MnO_3$), 도핑된 란타넘 크롬들(예컨대, $La_{1-x}Ca_xCrO_{3-\delta}$, $x=0.15-0.3$), 및/또는 $Pr_{0.8}Sr_{0.2}CoO_3$ 과 같은 $Pr_{1-x}Sr_xCoO_3$ 중의 적어도 하나로 형성된 전극 전도층이다. 다른 실시 예들에서, 캐소드 전도층(30)은 다른 물질들, 예컨대, 귀금속 서멧으로 형성될 수 있지만, 본 발명의 범위를 벗어나지 않으면서 다른 물질들이 채용될 수 있다. 귀금속 서멧에서 귀금속들은, 예를 들어, Pt, Pd, Au, Ag 및/또는 이들의 합금들을 포함할 수 있다. 세라믹 상은, 예를 들어, YSZ, ScSZ, 및 Al_2O_3 , 또는 다른 세라믹 물질들을 포함할 수 있다.
- [0022] 캐소드 전도층 물질들의 하나의 예는 80wt%Pd-20wt%LSM 이다.
- [0023] 도 2의 실시 예에서, 본 발명의 실시 예의 태양들의 다양한 특징들, 구성요소들, 및 이들 간의 상호관계들이 도시된다. 하지만, 본 발명은 도 2의 특정 실시 예 및 본 명세서에서 설명되고 도 2에서 도시된 바와 같은 구성요소들, 특징들, 및 이들 간의 상호관계들에 한정되는 것이 아니다.
- [0024] 본 실시 예에서, 애노드 전도층(22)은 기관(14)상으로 직접 인쇄되고, 전해질 서브층(26A)의 일부이다. 애노드층(24)은 애노드 전도층(22)상으로 인쇄된다. 전해질층(26)의 일부들은 애노드층(24)상으로 인쇄되고, 전해질층(26)의 일부들은 애노드 전도층(22)상으로 및 기관(14)상으로 인쇄된다. 캐소드층(28)은 전해질층(26)의 위에 인쇄된다. 캐소드 전도층(30)의 일부들은 캐소드층(28)상으로 및 전해질층(26)상으로 인쇄된다. 캐소드층(28)은 전해질층(26)의 국부적 두께(local thickness)에 의해서 방향(32)으로 애노드층(24)으로부터 이격된다.
- [0025] 애노드층(24)은 방향(36)으로 뻗어 있는 애노드 갭(34)들을 포함한다. 캐소드층(28)은 방향(36)으로 또한 뻗어 있는 캐소드 갭(38)들을 포함한다. 본 실시 예에서, 방향(36)은 방향(32)에 실질적으로 수직이지만, 본 발명은 이에 한정되지 않는다. 갭(34)들은 애노드층(24)을 복수의 개별 애노드(40)들로 분리시키고, 각각의 전기화학 전지(12)를 위한 것이다. 갭(38)들은 캐소드층(28)을 상응하는 복수의 캐소드(42)들로 분리시킨다. 각각의 애노드(40) 및 이로부터 방향(32)으로 이격된 상응하는 캐소드(42)는 이들 사이에 배치된 전해질층(26)의 일부와 함께 전기화학 전지(12)를 형성한다.
- [0026] 유사하게, 애노드 전도층(22) 및 캐소드 전도층(30)은 애노드 전도층(22) 및 캐소드 전도층(30)을 복수의 각각의 애노드 전도체 막(48)들 및 캐소드 전도체 막(50)들로 분리시키는 각각의 갭들(44 및 46)을 가진다. "애노드 전도층(anode conductive layer)"과 "애노드 전도체 막(anode conductor film)"이라는 용어들은 후자가 전자의 하나 이상의 층들로 형성된다는 점에서 서로 교체사용가능하고; "캐소드 전도층(cathode conductive layer)"과 "캐소드 전도체 막(cathode conductor film)"이라는 용어들은 후자가 전자의 하나 이상의 층들로 형성된다는 점에서 서로 교체사용가능하다.
- [0027] 본 실시 예에서, 애노드 전도층(22)은 방향(32)에서 측정될 때 거의(approximately) 5-15 미크론의 두께를 가지지만, 다른 값들이 본 발명의 범위를 벗어나지 않으면서 채용될 수 있다. 예를 들어, 다른 실시 예들에서, 애노드 전도층은 5-50 미크론의 범위에서 두께를 가질 수 있는 것으로 고려된다. 또 다른 실시 예들에서, 구체적인 물질 및 애플리케이션에 따라서 다른 두께들이 이용될 수 있다.
- [0028] 유사하게, 애노드층(24)은 방향(32)에서 측정될 때 거의 5-20 미크론의 두께를 가지지만, 다른 값들이 본 발명의 범위를 벗어나지 않으면서 채용될 수 있다. 예를 들어, 다른 실시 예들에서, 애노드층은 5-40 미크론의 범위에서 두께를 가질 수 있는 것으로 고려된다. 또 다른 실시 예들에서, 구체적인 애노드 물질 및 애플리케이션에 따라서 다른 두께들이 이용될 수 있다.
- [0029] 본 실시 예의 전해질 서브층(26A) 및 전해질 서브층(26B) 양쪽 모두를 포함하는 전해질층(26)은 거의 5-15 미크론의 두께를 가지고, 개별 서브층은 최소한 거의 5 미크론의 두께를 가지지만, 다른 두께 값들이 본 발명의 범위를 벗어나지 않으면서 채용될 수 있다. 예를 들어, 다른 실시 예들에서, 전해질층은 5-40 미크론의 범위에서 두께를 가질 수 있는 것으로 고려된다. 또 다른 실시 예들에서, 구체적인 물질 및 애플리케이션에 따라서 다른 두께들이 이용될 수 있다.
- [0030] 캐소드층(28)은 방향(32)에서 측정될 때 거의 10-20 미크론의 두께를 가지지만, 다른 값들이 본 발명의 범위를 벗어나지 않으면서 채용될 수 있다. 예를 들어, 다른 실시 예들에서, 캐소드층은 10-50 미크론의 범위에서 두께

를 가질 수 있는 것으로 고려된다. 또 다른 실시 예들에서, 구체적인 캐소드 물질 및 애플리케이션에 따라서 다른 두께들이 이용될 수 있다.

[0031] 캐소드 전도층(30)은 방향(32)에서 측정될 때 거의 5-100 마이크론의 두께를 가지지만, 다른 값들이 본 발명의 범위를 벗어나지 않으면서 채용될 수 있다. 예를 들어, 다른 실시 예들에서, 캐소드 전도층은 5-100 마이크론보다 더 작거나 더 큰 두께를 가질 수 있는 것으로 고려된다. 또 다른 실시 예들에서, 구체적인 캐소드 전도층 물질 및 애플리케이션에 따라서 다른 두께들이 이용될 수 있다.

[0032] 각각의 전기화학 전지(12)에서, 애노드 전도층(22)은 애노드(24)로부터 떨어지도록 자유 전자들을 전도하고, 이 전자들을 인터커넥트(16)를 통해서 캐소드 전도층(30)으로 전도한다. 캐소드 전도층(30)은 전자들을 캐소드(28)로 전도한다.

[0033] 인터커넥트(16)는 전해질층(26)에 내장되고, 애노드 전도층(22)에 전기적으로 연결되고, 애노드 전도층(22)에서부터 전해질 서브층(26A)을 통하여 전해질 서브층(26B)을 향해서 방향(32)으로 뻗어 있고, 그리고, 하나의 전기화학 전지(12)에서부터 다음의 인접한 전기화학 전지(12)로 방향(36)으로 뻗어 있고, 그리고, 다시 캐소드 전도층(30)을 향해서 방향(32)으로 뻗어 있고, 여기에 인터커넥트(16)가 전기적으로 연결된다. 특히, 인터커넥트(16)의 적어도 일부는 전해질층(26)의 연장된 부분(extended portion) 내에 내장되고, 전해질층(26)의 연장된 부분은, 예컨대, 방향(32)에서, 애노드(40) 및 캐소드(42)를 넘어서 연장되는 전해질층(26)의 부분이고, 애노드(40)와 캐소드(42) 사이에 끼어 있지 않다.

[0034] 도 3을 참조하여, 인터커넥트(16)의 비제한적인 예의 일부 태양이 더욱 상세하게 설명된다. 인터커넥트(16)는 블라인드 주 전도체(blind primary conductor)(52), 및 두 개의 블라인드 보조 전도체들(blind auxiliary conductor), 또는 비아(via)들(54, 56)을 포함한다. 블라인드 주 전도체(52)는 전해질 서브층(26A)과 전해질 서브층(26B) 사이에 끼어 있고(sandwiched), 블라인드 말단부(blind end)(60)와 말단부(60) 반대 쪽의 블라인드 말단부(62) 사이에 뻗어 있는 바디(body)(58)로 형성된다. 블라인드 주 전도체(52)는, 방향(36)에 실질적으로 평행한 방향으로 전자들의 흐름을 전도하기(conduct) 위해서, 전해질층(26) 내에서 둘러싸여져서(encased) 방향(36)을 따라 지향된(oriented) 전도 경로를 정의한다(define). 블라인드 보조 전도체(54)는 블라인드 말단부(64)를 가지고, 블라인드 보조 전도체(56)는 블라인드 말단부(66)를 가진다. 블라인드 보조 전도체들(54 및 56)은 방향(32)으로 지향된다. 본 명세서에서 사용될 때, "블라인드(blind)"라는 용어는, 구조물을 통과하여 지나가는 "관통홀(through hole)"과는 대조적으로 구조물 내에서 끝나는 "블라인드 홀(blind hole)"의 방식으로, 전도체의 지향(orientation)의 방향에서 전해질층(26)을 일직선으로(straight) 관통하여 뻗어 있지 않은 전도체에 관한 것이다. 더 정확히 말하자면, 블라인드 말단부들은 전해질층(26)의 일부들과 마주본다(face). 예를 들어, 전도체(54)의 말단부(64)는 전해질 서브층(26B)의 일부(68)와 마주보고, 전해질 서브층(26B)을 관통해서 "볼(see)" 수 없다. 유사하게, 전도체(56)의 말단부(66)는 전해질 서브층(26A)의 일부(70)와 마주보고, 전해질 서브층(26A)을 관통해서 "볼(see)" 수 없다. 마찬가지로, 바디(58)의 말단부들(60 및 62)은 일부들(72 및 74)을 각각 마주보고, 전해질 서브층(26A)을 관통해서 "볼(see)" 수 없다.

[0035] 도 3의 실시 예에서, 본 발명의 실시 예의 태양들의 다양한 특징들, 구성요소들, 및 이들 간의 상호관계들이 도시된다. 하지만, 본 발명은 도 3의 특정 실시 예 및 본 명세서에서 설명되고 도 3에서 도시된 바와 같은 구성요소들, 특징들, 및 이들 간의 상호관계들에 한정되는 것이 아니다. 도 3은 비율이 맞지 않는다는 점이 이해될 것이다; 예를 들어, 설명의 명확성의 목적을 위해서 수직방향의 치수들이 과장되었다.

[0036] 본 실시 예에서, 블라인드 주 전도체(52)는 스크린 프린팅 프로세스로 생성된 전도성 막(conductive film)이고, 이것은 전해질층(26) 내에 내장되며, 전해질 서브층들(26A 및 26B) 사이에 끼어 있다. 애노드층(24)은 제1 평면을 따라서 지향되고(oriented), 캐소드층(28)은 제1 평면에 실질적으로 평행한 제2 평면을 따라서 지향되고, 전해질층(26)은 제1 평면에 실질적으로 평행한 제3 평면을 따라서 지향되고, 블라인드 주 전도체(52)를 형성하는 전도성 막은 제1 평면에 실질적으로 평행한 방향으로 뻗어 있다.

[0037] 하나의 형태에 있어서, 블라인드 주 전도체(52)의 물질은 귀금속 서멧 또는 전기 전도성 세라믹일 수 있다. 다른 실시 예들에서, 귀금속 서멧 또는 전기 전도성 세라믹에 추가하여 또는 대신하여 다른 물질들, 예컨대, Ag, Pd, Au 및/또는 Pt과 같은 귀금속이 채용될 수 있지만, 본 발명의 범위를 벗어나지 않으면서 다른 물질들이 채용될 수 있다. 다양한 실시 예들에서, Ag-Pd, Ag-Au, Ag-Pt, Au-Pd, Au-Pt, Pt-Pd, Ag-Au-Pd, Ag-Au-Pt, 및 Ag-Au-Pd-Pt과 같은 귀금속 합금들, 귀금속 또는 합금들, Ni 금속 및/또는 Ni 합금, 및 알루미늄과 같은 불활성 세라믹 상 또는 YSZ, ScSZ, 및/또는 LNF(LaNi_xFe_{1-x}O₃), LSM(La_{1-x}Sr_xMnO₃), 도핑된 스트론튬 티타나이트, 도핑된

이트륨 크롬들, LSCM($\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{Cr}_{1-y}\text{Mn}_y\text{O}_3$), 및/또는 다른 도핑된 란타넘 크롬들 중의 적어도 하나와 같은 전도성 세라믹들, 및 LNF($\text{LaNi}_x\text{Fe}_{1-x}\text{O}_3$), 예컨대, $\text{LaNi}_{0.6}\text{Fe}_{0.4}\text{O}_3$, LSM($\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{MnO}_3$), 예컨대, $\text{La}_{0.75}\text{Sr}_{0.25}\text{MnO}_3$, 도핑된 스트론튬 티타네이트, 도핑된 이트륨 크롬들, LSCM($\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{Cr}_{1-y}\text{Mn}_y\text{O}_3$), 예컨대, $\text{La}_{0.75}\text{Sr}_{0.25}\text{Cr}_{0.5}\text{Mn}_{0.5}\text{O}_3$, 및 다른 도핑된 란타넘 크롬들과 같은 전도성 세라믹들과 같이, 현저한 기생 전류(parasitic current)를 생성하지 않을 최소 이온 전도성을 갖는 세라믹 상으로 구성된 서멧들을 포함하는 다수의 물질들 중의 하나 이상이 채용될 수 있다고 여겨진다. 다른 실시 예들에서, 블라인드 주 전도체(52)는 상술한 물질들에 추가하여 또는 대신하여 Ni 금속 서멧 및/또는 Ni 합금 서멧으로 형성될 수 있다고 여겨진다. Ni 금속 서멧 및/또는 Ni 합금 서멧은 하나 이상의 세라믹 상들을 가질 수 있고, 세라믹 상은, 예컨대, 제한 없이, YSZ, 알루미늄, ScSZ, 도핑된 산화 세륨 및/또는 TiO_2 이다. 다양한 실시 예들에서, 블라인드 주 전도체(52)는 인터커넥트(16)와 관련하여 앞서 제시된 물질들로 형성될 수 있다.

[0038] 블라인드 주 전도체(52)를 위한 물질들 중의 하나의 예는 $y(\text{Pd}_x\text{Pt}_{1-x})-(1-y)\text{YSZ}$ 이다. 여기서, x는 중량비에 있어 0에서부터 1까지이다. 비용 절감을 위해서, x는 0.5 내지 1의 범위인 것이 선호된다. 더 나은 성능 및 더 우수한 시스템 효율을 위해서, x는 0 내지 0.5의 범위인 것이 선호된다. 수소는 Pd에서 더 높은 플럭스를 가지기 때문이다. y는 체적비에 있어 0.35에서부터 0.80까지이고, 바람직하게는 y는 0.4 내지 0.6의 범위에 내이다.

[0039] 블라인드 주 전도체(52)를 위한 물질들의 다른 예는 $x\%\text{Pd}-y\%\text{Ni}-(100-x-y)\%\text{YSZ}$ 이고, 여기서 $x=70-80$, $y=5-10$ 이다.

[0040] 블라인드 보조 전도체들(54 및 56) 각각은 주 전도체(52)와 같거나 다른 물질들로부터 형성될 수 있다. 하나의 형태에 있어서, 블라인드 보조 전도체(54)는 블라인드 주 전도체(52)의 처리동안 형성되고, 블라인드 주 전도체(52)와 동일한 물질로부터 형성되며, 블라인드 보조 전도체(56)는 캐소드 전도층(30)과 동일한 처리 단계에서 형성되고, 캐소드 전도층(30)과 동일한 물질로부터 형성된다. 하지만, 다른 실시 예들에서, 블라인드 주 전도체(52), 블라인드 보조 전도체(54), 및 블라인드 보조 전도체(56)는 본 발명의 범위를 벗어나지 않으면서 다른 물질 조합으로부터 만들어질 수 있다.

[0041] 블라인드 보조 전도체(54) 및 블라인드 보조 전도체(56)를 위해 이용되는 물질들은 구체적인 애플리케이션에 따라서 달라질 수 있다. 예를 들어, 몇몇 물질 조합들에 있어서, 전기 제작 또는 전지 테스트(testing) 동안 애노드 전도층(22) 및/또는 캐소드 전도층(30)과의 인터커넥트(16)의 인터페이스(interface)에서 물질 이동(material migration)이 일어날 수 있으며, 이것은 연료 전지 동작 동안 더 높은 전지 품질저하 및 인터페이스에서의 증가된 저항을 초래할 수 있다. 주 전도체(52), 애노드 전도층(22), 및 캐소드 전도층(30)의 조성들에 따라서, 물질은 애노드 전도층(22) 및/또는 캐소드 전도층(30)로부터 주 전도체(52)로 이동할 수 있고, 및/또는 물질은 주 전도체(52)로부터 애노드 전도층(22) 및/또는 캐소드 전도층(30)으로 이동할 수 있다. 인터커넥트/전도층 인터페이스에서 물질 이동을 감소시키기 위하여, 블라인드 보조 전도체(54) 및 블라인드 보조 전도체(56) 중의 하나 또는 양쪽 모두는 애노드 전도층(22)(애노드 전도체 막(48)) 및/또는 캐소드 전도층(30)(캐소드 전도체 막(50)) 중의 하나 또는 양쪽 모두와 주 전도체(52)와의 사이에서 전기 전도성 화학적 장벽층을 낳는 물질로부터 형성될 수 있다. 이러한 화학적 장벽은 연료 전지 제작 및 동작 동안의 물질 이동을 감소시키거나 일어나지 않게 할 수 있다.

[0042] 화학적 장벽을 형성하기 위해서 이용될 수 있는 인터커넥트(16) 및 애노드 전도층(22) 인터페이스에서의 보조 전도체(54)를 위한 물질들은 Ni 서멧 및 Ni-귀금속 서멧을 포함할 수 있되 이에 한정되지 않으며, 귀금속은 Ag, Au, Pd, Pt, 또는 이들의 합금일 수 있고, 서멧에서의 세라믹 상은 YSZ(지르코니아에서 이트리아 도핑은 3-5 mol%임), ScSZ(지르코니아에서 스칸디아 도핑은 4-6 mol%임), 도핑된 산화 세륨(예컨대, GDC, 또는 SDC), 알루미늄, 및 TiO_2 , 또는 도핑된 스트론튬 티타네이트, 도핑된 이트륨 크롬들, $\text{La}_{1-x}\text{Sr}_x\text{Cr}_{1-y}\text{Mn}_y\text{O}_3$ ($x=0.15-0.35$, $y=0.25-0.5$), 및 다른 도핑된 란타넘 크롬들과 같은 전도성 세라믹들 중의 적어도 하나일 수 있다.

[0043] 보조 전도체(54)의 하나의 예는 $50v\%(50\text{Pd}50\text{Pt})-50v\%3\text{YSZ}$ 이다.

[0044] 보조 전도체(54)의 다른 예는 $15\%\text{Pd}$, $19\%\text{NiO}$, $66\%\text{NTZ}$ 이고, 여기서 NTZ는 $73.6wt\% \text{NiO}$, $20.0\%\text{TiO}_2$, $6.4\% \text{YSZ}$ 이다.

[0045] 화학적 장벽을 형성하기 위해서 이용될 수 있는 인터커넥트(16) 및 캐소드 전도층(30) 인터페이스에서의 보조 전도체(56)를 위한 물질들은 Ag, Au, Pd, Pt, 또는 그 합금 중의 적어도 하나인 귀금속을 갖는 귀금속 서멧들을 포함할 수 있되 이에 한정되지 않으며, 세라믹 상은 YSZ(이트리아 도핑은 3-5 mol%이 선호됨), ScSZ(스칸디아

도핑은 4-6 mol%이 선호됨), LNF(LaNi_xFe_{1-x}O₃, x=0.6), LSM(La_{1-x}Sr_xMnO₃, x=0.1 내지 0.3), 도핑된 이트륨 크롬들(예컨대, Y_{0.8}Ca_{0.2}CrO₃), LSCM(La_{1-x}Sr_xCr_{1-y}Mn_yO₃, x=0.15-0.35, y=0.5-0.75), 및 다른 도핑된 란타넘 크롬들(예컨대, La_{0.7}Ca_{0.3}CrO₃), 또는 LNF(LaNi_xFe_{1-x}O₃), LSM(La_{1-x}Sr_xMnO₃), 러스레스텐 포퍼 니켈레이트, LSF(예컨대, La_{0.8}Sr_{0.2}FeO₃), LSCF(La_{0.6}Sr_{0.4}Co_{0.2}Fe_{0.8}O₃), LSCM(La_{1-x}Sr_xCr_{1-y}Mn_yO₃), LCM(예컨대, La_{0.8}Ca_{0.2}MnO₃), 도핑된 이트륨 크롬들 및 다른 도핑된 란타넘 크롬들 중의 적어도 하나와 같은 전도성 세라믹들 중의 적어도 하나일 수 있다.

[0046] 보조 전도체(56)를 위한 하나의 예는 50v%(50Pd50Pt)-50v%3YSZ 이다.

[0047] 보조 전도체(56)의 다른 예는 15%Pd, 19%NiO, 66%NTZ 이고, NTZ는 73.6wt% NiO, 20.0%TiO₂, 6.4% 3YSZ 이다.

[0048] 본 실시 예에서, 보조 전도체(54)는 방향(36)에서 거의 0.4 mm의 폭(76)을 가지지만, 더 크거나 더 작은 폭이 본 발명의 범위를 벗어나지 않으면서 이용될 수 있다. 유사하게, 보조 전도체(56)는 방향(36)에서 거의 0.4 mm의 폭(78)을 가지지만 더 크거나 더 작은 폭이 본 발명의 범위를 벗어나지 않으면서 이용될 수 있다. 주 전도체(52)는, 예컨대, 처리동안 인터커넥트(16)로 유입되는 소결 다공성, 미세균열들, 보이드들 및/또는 다른 결함들로 인하여, 인터커넥트(16)를 통해서 확산될 수 있는 임의의 수소에 대한 최소 확산 거리(80)를 정의하는, 방향(36)에서의 길이를 가진다. 본 실시 예에서, 확산 거리(80)는 0.6 mm이지만, 더 크거나 더 작은 폭이 본 발명의 범위로부터 벗어나지 않으면서 이용될 수 있다. 방향(32)에서 측정될 때 주 전도체(52)의 막 두께(82)는 거의 5-15 마이크로미터이다. 방향(32)에서 인터커넥트(16)의 총 높이(84)는 거의 10-25 마이크로미터이고, 이것은 일반적으로 전해질층(26)의 두께에 해당한다.

[0049] 인터커넥트(16)를 통해서 확산되는 수소에 대한 총 확산 거리는 방향(32)에서의 보조 전도체(54) 및 보조 전도체(56)의 높이를 포함할 수 있으며, 이것은 총 높이(84)에서 주 전도체(52)의 막 두께(82)를 뺀으로써 구할 수 있고, 이것은 거의 10 마이크로미터가 된다. 그래서, 예컨대, 보조 전도체들(54 및 56)의 높이들은 총 확산 거리의 단지 적은 부분만을 나타내기 때문에, 확산 거리는 확산 거리(80)에 의해서 대부분(predominantly) 제어된다.

[0050] 도 4a 및 4b를 참조하여, 인터커넥트(16)의 연속적인 "스트립(strip)" 구성의 평면도 및 인터커넥트(16)의 "비아(via)" 구성의 평면도가 각각 도시된다. "스트립(strip)"이라는 용어는 길이에 비하여 폭이 상대적으로 좁은 단일한 긴 전도체 형태의 구성에 관한 것이다. 스트립 구성에서, 주 전도체는 본 실시 예에서 방향들(32 및 36) 둘 다에 실질적으로 수직인 방향(86)으로 뻗어 있는 연속적인 스트립(continuous strip)(52A)의 형태를 취하고, 전기화학 전지(12)의 방향(86)에서 거의 길이만큼 이어진다. 도 4a 및 4b의 묘사에서, 방향(32)은 도면의 평면으로 들어가거나 도면의 평면으로부터 나오도록 뻗어 있고, 여기서의 "X" 표시에 의해 나타내진다. "비아(via)"라는 용어는 전기적인 구성요소들을 연결하는 물질을 관통하는 상대적으로 작은 전도성 경로에 관한 것이다. 도 4b의 묘사에서, 주 전도체는 복수의 비아(52B)들의 형태를 취하며, 예컨대 각각은 방향(86)에서 단지 거의 0.4 mm의 폭을 갖지만, 더 크거나 더 작은 폭이 본 발명의 범위를 벗어나지 않으면서 이용될 수 있다.

[0051] 도 4a 및 4b의 실시 예에서, 본 발명의 실시 예의 태양들의 다양한 특징들, 구성요소들, 및 이들 간의 상호관계들이 도시된다. 하지만, 본 발명은 도 4a 및 4b의 특정 실시 예 및 본 명세서에서 설명되고 도 4a 및 4b에서 도시된 바와 같은 구성요소들, 특징들, 및 이들 간의 상호관계들에 한정되는 것이 아니다.

[0052] 도 4a 및 4b와 함께 도 3을 다시 참조하면, 인터커넥트(16)의 최소 확산 영역은 주 전도체(52)의 확산 영역에 의해서 제어되고, 이것은 유체의 확산을 제한하는 확산 흐름 구멍(orifice)으로서 기능한다. 예를 들어, 어떤 이유에서건, 주 전도체(52)가 비다공성이면, 유체, 예컨대, 액체 및/또는 기체 형태의 산화제 및 연료는 인터커넥트(16)를 통해서 확산될 수 있다. 이러한 확산은 막 두께(82)에 의해서 부분적으로 제어된다. "스트립(strip)" 구성에서 확산 영역은 방향(86)에서의 연속적인 스트립(52A)의 폭 곱하기 막 두께(82)에 의해서 구해지는 반면, "비아(via)" 구성에서 확산 영역은 방향(86)에서의 각각의 비아(52B)의 폭 곱하기 막 두께(82) 곱하기 비아(52B)들의 수에 의해서 구해진다.

[0053] 애노드 전도체 막(48)에서부터 캐소드 전도체 막(50)까지 방향(32)으로만 뻗어 있는 인터커넥트를 채용하는 것이 가능할 수 있지만(캐소드 전도체 막(50)이 방향(36)에서 애노드 전도체 막(48)들 위에 배치되어 있다고 가정함), 이러한 방안(scheme)은 채용된 본 발명의 인터커넥트보다 더 많은 누출을 초래할 것이다.

[0054] 예를 들어, 도 5를 참조하여, 인터커넥트(88)의 비제한적인 예의 일부 태양이 도시되며, 전해질층(90)을 통과해서 지나가는 비아의 형태인 인터커넥트(88)는 명확하게 전해질층(90)에 내장된 것이 아니거나 전해질층(90)의 서브층들 사이에 끼어 있는 것이 아니며, 임의의 블라인드 전도체(blind conductor)들을 포함하지 않는다. 인터커넥트(88)는 애노드 전도체(92)로부터 캐소드 전도체(94)로 전력을 전송한다. 비교의 목적을 위해서, 전해질층

(90)의 두께에 상응하는 방향(32)에서의 인터커넥트(88)의 길이(96)는, 예컨대, 인터커넥트(16)와 유사하게 10-15 미크론인 것으로 가정되고, 방향(36)에서 인터커넥트(88)의 폭, 예컨대, 인터커넥트(88)가 인쇄되는 전해질(96)에서의 오픈 슬롯(open slot)의 폭은 현재 산업 기술을 가지고 최소 인쇄가능한 방향(36)으로의 비아 치수(98)인 것으로 가정되고, 이것은 거의 거의 0.25 mm이다. 방향(86)에서의 인터커넥트(88)의 길이는 0.4 mm인 것으로 가정된다. 그래서, 인터커넥트(88)에 있어서, 하나의 비아에 대한 확산 흐름 영역은 거의 0.25 mm 곱하기 0.4 mm이고, 이것은 0.1 mm²과 같다. 제한 치수(limiting dimension)는 최소 0.25 mm의 스크린 프린팅된 비아 치수(98)이다.

[0055] 하지만, 본 발명에 있어서, 비아(52B)(도 4b)가 방향(86)에서 0.4 mm의 동일한 길이를 갖는 것으로 가정하면, 0.4 mm의 하나의 비아에 대한 확산 흐름 영역 곱하기 방향(32)에서의 0.010 mm(10 미크론)의 막 두께는 0.004 mm²와 같고, 이것은 인터커넥트(88)의 흐름 영역의 단지 4퍼센트이다. 그래서, 최소 확산 흐름 영역을 제한하는 최소 치수의 감소를 가능하게 하는 기하구조를 채용함으로써, 인터커넥트의 확산 흐름 영역은 감소될 수 있고, 이로써, 예컨대, (예를 들어, 처리 제한(process limitation)들 및/또는 제조 결함들로 기인한 것과 같이) 인터커넥트가 완전히 비다공성이 아니거나 인터커넥트가 혼합된 이온 및 전자적 전도체인 경우에, 인터커넥터(interconnector)를 통한 산화제 및/또는 연료의 확산을 잠재적으로(potentially) 감소시킨다.

[0056] 게다가, 인터커넥트(88)에서의 확산 거리는 인터커넥트(88)의 두께(96)에 상응하고, 이것은 또한 도시된 예에서 전해질층(90)의 두께인데, 즉, 10-15 미크론이다.

[0057] 대조적으로, 창의적인(inventive) 블라인드 주 커넥터(blind primary connector)(52)의 확산 거리는 연속적인 스트립(52A)의 형태이든 비아(52B)의 형태이든 확산 거리(80)이고, 이것은 0.6 mm이고, 이것은 인터커넥트(88)의 확산 거리의 40-60배이고(10-15 미크론에 의해 나누어진 0.6 mm), 이것은 전해질의 두께의 여러 배이다. 그래서, 확산 거리가 전해질의 두께에 의해 제한되지 않는 방향으로 뻗어 있는 기하구조를 채용함으로써, 인터커넥트의 확산 거리는 실질적으로 증가될 수 있고, 이로써, 인터커넥터를 통한 산화제 및/또는 연료의 확산을 잠재적으로 감소시킨다.

[0058] 일반적으로, 주어진 물질 및 미세구조(microstructure)로부터 만들어진 인터커넥트를 통한 연료 및/또는 공기의 흐름은 흐름 영역 및 흐름 거리(flow distance)에 의해 결정된다. 본 발명의 몇몇 실시 예들은, 예컨대, 커넥터가 비다공성이라면, 사용된 인터커넥트의 구체적인 치수에 따라서 10² 내지 10⁴ 매그니튜드(magnitude) 만큼 인터커넥트를 통한 연료 및/또는 공기 흐름을 감소시킬 수 있다.

[0059] 예를 들어, 소결 다공성, 미세균열들, 및 보이드들과 같은 처리-관련 결함들은 전형적으로 사이즈에 있어서 서브-미크론(sub-micron)에서부터 수(a few) 미크론(보이드들)이거나 수(a few) 미크론 내지 10 미크론(미세균열들)이다. 단지 10-15 미크론의 확산 거리에 있어서, 결함의 존재는 인터커넥트를 통한 직접적인 흐름경로를 제공하거나, 적어도 상당한 비율만큼 확산 거리를 감소시킬 수 있다. 예를 들어, 10 미크론의 설계 확산 거리를 가정한다. 10 미크론 결함의 존재하에서, 결함이 인터커넥트를 통한 직접적인 경로를 개방할 것이기 때문에 수 소 및/또는 산화제의 흐름에 대한 직접적인 흐름경로가 생길 것이다(애노드/전도층 및 캐소드/전도층이 의도적으로 다공성이라는 점이 주목된다). 10 미크론 결함의 존재하에서 15 미크론의 설계 확산 거리를 가정하는 경우에조차도, 확산 거리는 67%만큼 감소될 것이고, 단지 5 미크론의 순수 확산 거리(net diffusion distance)를 남긴다.

[0060] 한편, 창의적인 인터커넥트(16)에서의 10 미크론 결함은 주 전도체(52)의 0.6 mm 설계 확산 거리에 대해 무시할 수 있을 만한 효과(negligible effect)만을 남길 것인데, 즉, 0.6 mm 설계 확산 거리를 0.59 mm로 감소시키고, 이것은 결함의 존재에 의해서 초래되는 상대적으로 중요하지 않은 감소이다.

[0061] 도 6a 및 6b를 참조하여, 방향(86)에서 뻗어 있는 비아(52C)의 형태로 블라인드 주 전도체를 갖는 본 발명의 실시 예의 비제한적인 예의 일부 태양이 도시된다. 도 6a의 묘사에 있어서, 방향(32)은 도면의 평면으로 들어가거나 도면의 평면으로부터 나오도록 뻗어 있고, 여기서는 원 안에서의 "X" 표시에 의해 나타내진다. 도 6b의 묘사에 있어서, 방향(36)은 도면의 평면으로 들어가거나 도면의 평면으로부터 나오도록 뻗어 있고, 여기서는 원 안에서의 "X" 표시에 의해 나타내진다. 비아(52C)는, 예를 들어, 방향(86)으로 지향된 확산 거리(80)에 의해 표시된 바와 같이, 방향(36)이 아닌 방향(86)으로 뻗어 있다는 점을 제외하고는 비아(52B)와 유사하다. 도 6a 및 6b가 하나의 비아(52C)만을 도시할지라도 본 발명의 실시 예들은 방향(86)을 따라서 뻗어 있는 복수의 이러한 비아들을 포함할 수 있다고 이해될 것이다.

- [0062] 도 6a 및 6b에서의 전자 흐름(electron flow)의 방향은 3차원적인 흐름경로 라인(flowpath line)(100)에 의해 도시된다. 전자들은 애노드 전도체 막(48)을 통해서 보조 전도체(54)를 향해 방향(36)으로 흐르고, 이후, 보조 전도체(54)를 통해서 비아(52C)를 향해 방향(32)으로 흐른다. 이후, 전자들은 비아(52C)를 통해서 보조 전도체(56)를 향해 방향(86)으로 흐르고, 이후, 보조 전도체(56)를 통해서 캐소드 전도체 막(50) 안으로 방향(32)으로 흐르며, 그 이후에 전자들은 캐소드 전도체 막(50)을 통해서, 예컨대, 다음의 전기화학 전지로 방향(36)으로 흐른다.
- [0063] 도 6a 및 6b의 실시 예에서, 본 발명의 실시 예의 태양들의 다양한 특징들, 구성요소들, 및 이들 간의 상호관계들이 도시된다. 하지만, 본 발명은 도 6a 및 6b의 특정 실시 예 및 본 명세서에서 설명되고 도 6a 및 6b에서 도시된 바와 같은 구성요소들, 특징들, 및 이들 간의 상호관계들에 한정되는 것이 아니다.
- [0064] 도 7을 참조하여, 연료 전지 시스템(210)의 실시 예의 비제한적인 예의 일부 태양이 개략적으로 도시된다. 연료 전지 시스템(210)은 기관(214) 상에 배치된 복수의 전기화학 전지(212)들을 포함하고, 각각의 전기화학 전지(212)는 세라믹 봉인(102)의 형태로 봉인(seal)을 가진다. 연료 전지 시스템(210)은 또한 연료 전지 시스템(10)과 관련하여 설명되고 제시된 구성요소들을 포함하는데, 예컨대, 블라인드 주 전도체(52)들 및 블라인드 보조 전도체들 또는 비아들(54 및 56)을 갖는 인터커넥트(16)들; 산화제 쪽(oxidant side)(18); 연료 쪽(fuel side)(20); 전해질층(26)들; 애노드(40)들; 캐소드(42)들, 애노드 전도체 막(48)들, 및 캐소드 전도체 막(50)들을 포함한다. 기관(14)의 설명은 기관(214)에 동일하게 적용된다. 도 7의 실시 예에서, 인터커넥트(16)의 보조 전도체(56)는 캐소드 전도체 막(50)과 동일한 물질로 형성되는 한편, 인터커넥트(16)의 보조 전도체(54)는 애노드 전도체 막(48)과 동일한 물질로 형성된다. 인터커넥트(16)의 블라인드 주 전도체(52)는 도 2의 실시 예에서 인터커넥트(16)와 관련하여 상술된 것과 동일한 물질로 형성된다. 다른 실시 예들에서, 예를 들어, 보조 전도체(54) 및/또는 보조 전도체(56)는 블라인드 주 전도체(52)와 동일한 물질로 형성될 수 있거나 다른 물질들로 형성될 수 있다. 하나의 형태에 있어서, 블라인드 주 전도체(52)는 도 4a에서 도시된 연속적인 스트립, 예컨대, 연속적인 스트립(52A)의 형태이다. 다른 형태에 있어서, 블라인드 주 전도체(52)는 도 4b에서의 비아(52B)들과 같이 복수의 비아들의 형태이다. 다른 실시 예들에서, 블라인드 주 전도체(52)는 본 명세서에서 명시적으로 제시되지 않은 다른 형태를 취할 수 있다.
- [0065] 하나의 형태에 있어서, 세라믹 봉인(102)은 다공성 기관(214)상으로 적용되고, 하나의 전기화학 전지(212)의 애노드 전도체 막(48)과 인접한 전기화학 전지(212)의 보조 전도체(54) 사이에서 수평으로(도 7의 관점에서) 배치된다. 다른 실시 예들에서, 세라믹 봉인(102)은 다른 지향들 및 위치들에 위치할 수 있다. 세라믹 봉인(102)은 방향(32)에서 측정될 때 거의 5-30 마이크론의 두께를 가지지만, 다른 실시 예들에서 다른 두께 값들이 채용될 수 있다. 하나의 형태에 있어서, 세라믹 봉인(102)은 전기화학 전지(212)들에 의해 채용된 연료 및 산화제들과 같은 기체들 및 액체들을 통과시키지 않고(impervious), 적용되는 영역들에서 기관(214)으로부터 기체들 및 액체들의 누출을 방지하도록 구성된다. 다른 실시 예들에서, 세라믹 봉인(102)은 기체들 및 액체들에 실질적으로 불침투성일 수 있고, 예컨대, 세라믹 봉인을 채용하지 않는 다른 구성들과 관련하여, 적용된 영역들에서 기관(214)으로부터 기체들 및 액체들의 누출을 감소시키도록 구성될 수 있다. 세라믹 봉인(102)은 기관(214)과 기관(214) 쪽의 반대편인 세라믹 봉인(102) 쪽상에 배치된 연료 전지 구성요소들 사이에 근본적으로 "기체밀폐(gas-tight)" 봉인을 제공하도록 구성된다.
- [0066] 하나의 형태에 있어서, 세라믹 봉인(102)은 기관(214)에서부터 인터커넥트(16)로의 기체들 및 액체들의 누출을 방지하거나 감소시키도록 배치된다. 하나의 형태에 있어서, 세라믹 봉인(102)은 방향(36)에서 뺀어 있고, 밑바닥(bottom)상의 다공성 기관(214)과 꼭대기(top)상의 전해질(26) 및 인터커넥트(16)의 블라인드 주 전도체(52) 사이에서 (방향(32)으로) 수직으로 배치되며, 이로써, 세라믹 봉인(102)에 의해 오버랩된(overlapped) 블라인드 주 전도체(52)(및 전해질(26)) 안으로의 기체들 및 액체들의 누출을 방지한다. 다른 실시 예들에서, 세라믹 봉인(102)은 도 7에 도시된 것에 추가하여 또는 대신하여 다른 적절한 위치들에 배치될 수 있다. 블라인드 주 전도체(52)는 밑바닥상의 세라믹 봉인(102) 부분과 꼭대기상의 연장된(extended) 전해질(26) 부분 사이에 내장되어 있다(embedded). 도 7의 실시 예에서의 확산 거리는 방향(36)에서 세라믹 봉인(102)과 전해질(26) 양쪽 모두에 의한 인터커넥트(16)의 오버랩(overlap)의 길이에 의해서 주로 정의된다. 하나의 형태에 있어서, 오버랩은 0.3-0.6 mm이지만, 다른 실시 예들에서, 다른 값들이 채용될 수 있다. 인터커넥트(16)는 활성(active) 전기화학 전지(212) 영역으로 뺀어 있다. 몇몇 실시 예들에서, 도 7에서 도시된 구성의 주 인터커넥트(primary interconnect) 영역은 다른 설계들보다 더 작을 수 있고, 이것은 기관(214)상에서 전체 활성 전지 영역을 증가시킬 수 있고, 이것은 연료 전지 시스템(210)의 효율을 증가시킬 수 있다.
- [0067] 세라믹 봉인(102)은 세라믹 물질로부터 형성된다. 하나의 형태에 있어서, 세라믹 봉인(102)을 형성하기 위해 이

용되는 세라믹 물질은 3YSZ와 같은 이트리아 안정화(yttria stabilized) 지르코니아이다. 다른 형태에 있어서, 세라믹 봉인(102)을 형성하기 위해 이용되는 물질은 4ScSZ와 같은 스칸디아 안정화 지르코니아이다. 다른 형태에 있어서, 세라믹 봉인(102)을 형성하기 위해 이용되는 물질은 알루미늄이다. 다른 형태에 있어서, 세라믹 봉인(102)을 형성하기 위해 이용되는 물질은 $La_2Zr_2O_7$ 와 같이 비전도성(non-conductive) 피로클로어(pyrochlore) 물질들이다. 다른 실시 예들은, 예컨대, 각각의 전기화학 전지(212) 및 기관(214)의 인접한 일부들의 물질들과의 혼화성(compatibility), 연료 전지 시스템(210)에 의해 채용된 연료들 및 산화제들, 및 연료 전지 시스템(210)의 국부적인 과도(transient) 및 안정-상태(steady-state) 동작 온도들과 같이, 다양한 인자들에 따라서 다른 세라믹들을 채용할 수 있다. 또 다른 실시 예들은 세라믹들이 아닌 물질들을 채용할 수 있다.

[0068] 도 7의 실시 예에서, 본 발명의 실시 예의 태양들의 다양한 특징들, 구성요소들, 및 이들 간의 상호관계들이 도시된다. 하지만, 본 발명은 도 7의 특정 실시 예 및 본 명세서에서 설명되고 도 7에서 도시된 바와 같은 구성요소들, 특징들, 및 이들 간의 상호관계들에 한정되는 것이 아니다.

[0069] 도 8을 참조하여, 연료 전지 시스템(310)의 실시 예의 비제한적인 예의 일부 태양이 개략적으로 도시된다. 연료 전지 시스템(310)은 기관(314)상에 배치된 복수의 전기화학 전지(312)들을 포함하고, 각각의 전기화학 전지(312)는 세라믹 봉인(102)을 포함한다. 연료 전지 시스템(310)은 또한 연료 전지 시스템(10)과 관련하여 설명되고 제시된 구성요소들을 포함하는데, 예컨대, 블라인드 주 전도체(52)들 및 블라인드 보조 전도체들 또는 비아들(54 및 56)을 갖는 인터커넥트(16)들; 산화제 쪽(18); 연료 쪽(20); 전해질층(26)들; 애노드(40)들; 캐소드(42)들, 애노드 전도체 막(48)들 및 캐소드 전도체 막(50)들을 포함한다. 기관(14)의 설명은 기관(314)에 동일하게 적용된다. 도 8의 실시 예에서, 인터커넥트(16)는 애노드 전도체 막(48)의 물질에 의해서 대부분(predominantly) 형성되고, 그래서, 도 8의 실시 예에서의 블라인드 주 전도체(52) 및 보조 전도체(54)는 애노드 전도체 막(48)의 연장부(extension)들로서 고려될 수 있다. 예를 들어, 블라인드 주 전도체(52) 및 보조 전도체(54)는 애노드 전도체 막(48)의 물질에 의해 형성되는 것으로서 도시되는 한편, 보조 전도체(56)는 도 2의 실시 예에서 인터커넥트(16)를 위해 상술된 물질들로 형성된다. 하나의 형태에 있어서, 블라인드 주 전도체(52)는 연속적인 스트립, 예컨대, 도 4a에서 도시된 연속적인 스트립(52A)의 형태이다. 다른 형태에 있어서, 블라인드 주 전도체(52)는 도 4b에서의 비아(52B)들과 같은 복수의 비아들의 형태이다. 다른 실시 예들에서, 블라인드 주 전도체(52)는 본 명세서에서 명시적으로 제시되지 않은 다른 형태를 취할 수 있다.

[0070] 세라믹 봉인(102)은 기관(314)으로부터 인터커넥트(16) 안으로의 기체들 및 액체들의 누출을 방지하거나 감소시키도록 배치된다. 하나의 형태에 있어서, 세라믹 봉인(102)은 밀바닥상의 다공성 기관(314)과 꼭대기상의 전해질(26) 및 블라인드 주 전도체(52) 사이에서 (방향(32)으로) 수직으로 배치되며, 이로써, 세라믹 봉인(102)에 의해 오버랩된 블라인드 주 전도체(52)(및 전해질(26)) 부분들의 안으로의 기체들 및 액체들의 누출을 방지한다. 블라인드 주 전도체(52)는 밀바닥상의 세라믹 봉인(102) 부분과 꼭대기상의 연장된 전해질(26) 부분 사이에 내장되어 있다. 도 8의 실시 예에서의 확산 거리는 방향(36)에서 세라믹 봉인(102)과 전해질(26) 양쪽 모두에 의한 인터커넥트(16)의 오버랩의 길이에 의해서 주로 정의된다. 하나의 형태에 있어서, 오버랩은 0.3-0.6 mm이지만, 다른 실시 예들에서 다른 값들이 채용될 수 있다.

[0071] 세라믹 봉인(102)은 전기화학 전지(312) 안으로의 기체 및 액체의 침투를 방지하기 때문에, 인터커넥트(16)는 세라믹 봉인(102)과 같은 봉인을 포함하지 않는 다른 설계들 만큼 (누출을 방지하거나 감소시키기 위하여) 빽빽할(dense) 필요가 없다. 이러한 설계들에 있어서, 인터커넥트(16)는 애노드 전도체층(anode conductor layer)(48) 및/또는 캐소드 전도체층(cathode conductor layer)(50)을 형성하기 위하여 이용되는 물질들로 형성될 수 있다. 예를 들어, 도 9를 참조하면, 애노드 전도체층(48) 및 캐소드 전도체층(50)을 형성하기 위해 이용된 물질들로 전적으로 형성된 실시 예가 도시된다. 도 9는 연료 전지 시스템(410)의 실시 예의 비제한적인 예의 일부 태양을 개략적으로 도시한다. 연료 전지 시스템(410)은 기관(414)상에 배치된 복수의 전기화학 전지(412)들을 포함하고, 각각의 전기화학 전지(412)는 세라믹 봉인(102)을 포함한다. 연료 전지 시스템(410)은 또한 연료 전지 시스템(10)과 관련하여 설명되고 제시된 구성요소들을 포함하는데, 예컨대, 블라인드 주 전도체(52)들 및 블라인드 보조 전도체들 또는 비아들(54 및 56)을 갖는 인터커넥트(16)들; 산화제 쪽(18); 연료 쪽(20); 전해질층(26)들; 애노드(40)들; 캐소드(42)들, 애노드 전도체 막(48)들 및 캐소드 전도체 막(50)들을 포함한다. 기관(14)의 설명은 기관(414)에 동일하게 적용된다. 도 9의 실시 예에서, 블라인드 주 전도체(52) 및 보조 전도체(54)는 애노드 전도체 막(48)을 형성하기 위해 이용된 것과 동일한 물질로 형성되고, 애노드 전도체 막(48)을 형성하기 위해 이용되는 것과 동일한 처리 단계들에서 형성된다. 그래서, 도 9의 실시 예에서 블라인드 주 전도체(52) 및 보조 전도체(54)는 애노드 전도체 막(48)의 연장부들로서 고려될 수 있다. 유사하게, 도 9의 실시 예에서, 보조 전도체(56)는 캐소드 전도체 막(50)을 형성하기 위해 이용된 것과 동일한 물질로 형성되

고, 캐소드 전도체 막(50)을 형성하기 위해 이용된 것과 동일한 처리 단계들에서 형성된다. 그래서, 도 9의 실시 예의 보조 전도체(56)는 캐소드 전도체 막(50)의 연장부로서 고려될 수 있다.

[0072] 도 8 및 9의 실시 예에서, 본 발명의 실시 예의 태양들의 다양한 특징들, 구성요소들, 및 이들 간의 상호관계들이 도시된다. 하지만, 본 발명은 도 8 및 9의 특정 실시 예 및 본 명세서에서 설명되고 도 8 및 9에서 도시된 바와 같은 구성요소들, 특징들, 및 이들 간의 상호관계들에 한정되는 것이 아니다.

[0073] 도 10-15를 일반적으로 참조하여, 본 발명자들은 인터커넥트 및 인접한 구성요소들, 예컨대, 애노드 및/또는 애노드 전도체 막 및/또는 캐소드 및/또는 캐소드 전도체 막 사이의 물질 확산이 특정 연료 전지 시스템들의 성능에 불리하게 영향을 줄 수 있다고 판단하였다. 그래서, 본 발명의 몇몇 실시 예들은 이러한 물질 확산을 방지하거나 감소시키기 위하여 전기 전도성 화학적 장벽(예컨대, 상술한 바와 같은 것 및/또는 도 10-15와 관련하여 후술되는 화학적 장벽(104))을 포함한다. 다양한 실시 예들에서, 화학적 장벽(104)은 인터커넥트와 애노드 사이의 인터페이스, 및/또는 인터커넥트와 애노드 전도체 막 사이의 인터페이스, 및/또는 인터커넥트와 캐소드 사이의 인터페이스, 및/또는 인터커넥트와 캐소드 전도체 막 사이의 인터페이스에서 물질 이동 또는 확산을 방지하거나 감소시키도록 구성될 수 있고, 이것은 인터커넥트의 장기 내구성(long term durability)을 향상시킬 수 있다. 예를 들어, 화학적 장벽이 없으면, Ni-기반 서멧으로 형성된 애노드 전도체 막 및/또는 애노드와 귀금속 서멧으로 형성된 인터커넥트와의 사이의 인터페이스에서 물질 이동(확산)이 일어날 수 있다. 물질 이동은 양쪽 방향에서 일어날 수 있는데, 예컨대, Ni가 애노드 전도층/전도체 막 및/또는 애노드으로부터 인터커넥트 안으로 이동하고, 귀금속이 인터커넥트로부터 전도층/전도체 막 및/또는 애노드 안으로 이동한다. 물질 이동은 인터커넥트와 애노드 전도체 막 및/또는 애노드 사이의 인터페이스에서 또는 인터페이스 근처에서 다공성 증가를 초래할 수 있고, 인터페이스에서 하나 이상의 비전자적 또는 저전자적 전도적 상(non or low-electronic conducting phase)들의 강화(enrichment)를 초래할 수 있고, 더 높은 ASR(area specific resistance)을 낳으며, 그래서 연료 전지 성능의 감소를 초래한다. 인터커넥트와 캐소드 사이의 물질 이동 및/또는 인터커넥트와 캐소드 전도체 막 사이의 물질 이동은 추가적으로 또는 대체적으로 연료 전지 성능에 대한 유해한 효과를 초래할 수 있다.

[0074] 따라서, 몇몇 실시 예들은 화학적 장벽, 예컨대, 화학적 장벽(104)을 채용하고, 이것은 애노드, 애노드 전도층/전도체 막, 캐소드 및/또는 캐소드 전도층/전도체 막 중의 하나 이상과 같이 인터커넥트 및 인접한 전기 전도성 구성요소 사이의 인터페이스에서 물질 이동 또는 확산을 방지하거나 감소시키도록 구성되고, 그래서, 그렇지 않은 경우의 유해한 효과, 예컨대 인터페이스에서 하나 이상의 비전자적 또는 저전자적 전도적 상들의 강화 및 다공성의 형성을 초래할 수 있는 물질 이동(확산)을 방지하거나 감소시킨다. 화학적 장벽(104)은 두 개의 클래스(class)의 물질들 중의 하나 또는 양쪽 모두; 서멧 및/또는 전도성 세라믹으로 형성될 수 있다. 서멧을 위하여, 세라믹 상은 불활성 충전재(inert filler), YSZ와 같은 낮은 이온 전도성을 가진 세라믹; 및 전자적 전도체 중의 하나 이상일 수 있다. 다양한 실시 예들에서, 예컨대, 애노드 쪽을 위하여(예컨대, 애노드 및/또는 애노드 전도층/전도체 막에 인접한 사용을 위하여), 화학적 장벽(104)은 제한 없이, Ni 서멧 또는 Ni-귀금속 서멧을 포함하는 하나 이상의 물질들로 형성될 수 있다. 귀금속 상(precious metal phase)은 예컨대 제한 없이 Ag, Au, Pd, Pt 중의 하나 이상 또는 Ag, Au, Pd 및/또는 Pt의 하나 이상의 합금들일 수 있다. 서멧에서의 세라믹 상은, 예컨대 제한 없이, YSZ(예컨대, 3YSZ), ScSZ(예컨대, 4ScSZ), 도핑된 산화 세륨(예컨대, $Gd_{0.1}Ce_{0.9}O_2$), $SrZrO_3$, 조성물 $(M_{RE})_2Zr_2O_7$ (여기서, M_{RE} = 하나 이상의 희토류 양이온(rare earth cation)들, 예컨대 제한 없이, La, Pr, Nd, Gd, Sm, Ho, Er, 및/또는 Yb)의 파이로클로어들, 예컨대 제한 없이, $La_2Zr_2O_7$ 및 $Pr_2Zr_2O_7$, 알루미늄, 및 TiO_2 중의 적어도 하나, 또는 도핑된 산화 세륨(얇은 막으로 인하여 충분히 낮은 ASR을 제공하도록 더 낮은 산소 분압에서 더 높은 전자적 전도성), 도핑된 스트론튬 티타네이트, LSCM($La_{1-x}Sr_xCr_{1-y}Mn_yO_3$, $x=0.15-0.35$, $y=0.25-0.5$), 및/또는 다른 도핑된 란타넘 크롬들 및 도핑된 이트리아 크롬(yttria chromite)들과 같은 하나 이상의 전자적 전도성 세라믹들일 수 있다. 다양한 실시 예들에서, 예컨대, 캐소드 쪽을 위하여(예컨대, 캐소드 및/또는 캐소드 전도층/전도체 막에 인접한 사용을 위하여), 화학적 장벽(104)은 예컨대 제한 없이 귀금속 서멧을 포함하는 하나 이상의 물질들로 형성될 수 있다. 귀금속 상은 Ag, Au, Pd, Pt 중의 하나 이상 또는 Ag, Au, Pd 및/또는 Pt의 하나 이상의 합금들일 수 있다. 서멧에서의 세라믹 상은, 예컨대 제한 없이, YSZ, ScSZ, 도핑된 산화 세륨, $SrZrO_3$, 조성물 $(M_{RE})_2Zr_2O_7$ (여기서, M_{RE} = 하나 이상의 희토류 양이온들, 예컨대 제한 없이, La, Pr, Nd, Gd, Sm, Ho, Er, 및/또는 Yb)의 파이로클로어들, 예컨대 제한 없이, $La_2Zr_2O_7$ 및 $Pr_2Zr_2O_7$, 알루미늄, 및 TiO_2 중의 적어도 하나, 또는 LNF($LaNi_xFe_{1-x}O_3$, 예컨대, $x=0.6$), LSM($La_{1-x}Sr_xMnO_3$, $x=0.15-0.3$), LCM(예컨대, $La_{0.8}Ca_{0.2}MnO_3$), 러스레스텐 포퍼 니켈레이트, LSF(such as $La_{0.8}Sr_{0.2}FeO_3$), LSCF($La_{0.6}Sr_{0.4}Co_{0.2}Fe_{0.8}O_3$), LSCM(La_{1-

$Sr_xCr_{1-y}Mn_yO_3$, $x=0.15-0.35$, $y=0.5-0.75$) 도핑된 이트륨 크롬들, 및 다른 도핑된 란타넘 크롬들과 같은 하나 이상의 전자적 전도성 세라믹들일 수 있다. 화학적 장벽(104)을 위한 특정 물질(들)의 선택은 애플리케이션의 니즈(needs)에 따라서, 예컨대, 비용, 제조 용이성, 인터커넥트(16) 및/또는 그 하위구성요소(subcomponent)들, 예컨대, 블라인드 주 전도체(52), 보조 전도체(54) 및 보조 전도체(56) 중의 하나에 전기적으로 인접한(electrically adjacent) 구성요소(들)를 위해 이용되는 물질들의 타입에 따라서 다를 수 있다.

- [0075] 애노드 쪽 화학적 장벽 물질들의 하나의 예는 15%Pd, 19%NiO, 66%NTZ 이고, 여기서, NTZ는 73.6wt% NiO, 20.0%TiO₂, 6.4% YSZ 이다.
- [0076] 애노드 쪽 화학적 장벽 물질들의 다른 예는 Gd_{0.1}Ce_{0.9}O₂과 같은 도핑된 산화 세륨이다.
- [0077] 연료 전지 시스템에서 화학적 장벽(104)과 같은 화학적 장벽을 가진 실험적인 테스트는, 65Pd35Pt-YSZ 서멧으로 형성된 인터커넥트와 20wt%Pd-Ni-스피넬로 형성된 애노드 전도층과의 사이에 배치된, 30wt%Pd-70wt%NTZ 서멧(NTZ = NiO₂-3YSZ)으로 형성된 화학적 장벽을 이용해서 1300 시간의 테스트 시간 동안 전지 파워 출력에 있어서 천 시간당 거의 0.1%의 품질저하율(degradation rate)을 낳았다. 그러나, 화학적 장벽(104)과 같은 화학적 장벽을 포함하지 않은 비교 테스트에서, 20wt%Pd-Ni-스피넬로 형성된 애노드 전도층과 직접적으로 인터페이싱(interfacing)하는 50v%(96Pd6Au)-50v%YSZ 서멧으로 형성된 인터커넥트는, 인터커넥트와 애노드 전도층 사이의 물질 이동으로 인하여, 약 10 시간의 테스트 시간 동안 현저한 품질저하를 보였고, 약 25 시간의 테스트 시간에 연료 전지 고장을 보였다. 다른 테스트에서, 두 개의 연료 전지들은 애노드 전도체 막과 인터커넥트 사이에 배치된 전도성 세라믹(10mol%Gd 도핑된 CeO₂)으로 형성된 화학적 장벽(104)을 이용하여 테스트되었다. 인터커넥트에 대한 ASR은 거의 8000 시간의 테스트 시간 이후에 아무런 품질저하를 보이지 않았으며, 대신 약간의 향상을 보였는데, 두 개의 테스트 물체들에서 0.05 ohm-cm² 및 0.06 ohm-cm²의 최종 값들을 낳았다.
- [0078] 도 10을 참조하여, 기관(514) 상에 배치된 연료 전지 시스템(510)의 실시 예의 비제한적인 예의 일부 태양이 개략적으로 도시된다. 연료 전지 시스템(510)은 화학적 장벽(104)을 포함한다. 연료 전지 시스템(510)은 또한 연료 전지 시스템(10)과 관련하여 설명되고 제시된 몇몇 구성요소들을 포함하는데, 예컨대, 블라인드 주 전도체(52)를 갖는 인터커넥트(16)들; 산화제 쪽(18); 연료 쪽(20); 전해질층(26)들; 애노드(40)들; 및 캐소드(42)들을 포함한다. 인터커넥트(16), 블라인드 주 전도체(52), 애노드(40), 및 캐소드(42)의 단일한 실체(instance)만이 도시되고 전해질층(26)들의 두 개의 실체들이 도시되지만, 연료 전지 시스템(510)은 예컨대 상술한 실시 예들과 유사하게 예컨대 방향(36)에서 직렬로 배열된 복수의 각각의 이러한 구성요소들을 포함할 수 있다고 이해될 것이다. 기관(14)의 설명은 기관(514)에 동일하게 적용된다. 연료 전지 시스템(510)에서, 화학적 장벽(104)은 애노드(40)와 인터커넥트(16)(블라인드 주 전도체(52)) 사이에 배치되고, 애노드(40)와 인터커넥트(16) 사이에서 방향(32)으로 뺀어 있고, 애노드(40)와 인터커넥트(16)(블라인드 주 전도체(52)) 사이에서 물질 이동을 방지하도록 구성된다. 화학적 장벽(104)은 도 10-15의 실시 예들과 관련하여 상술된 물질들 중의 하나 이상으로부터 형성될 수 있다.
- [0079] 도 11을 참조하여, 연료 전지 시스템(610)의 실시 예의 비제한적인 예의 일부 태양이 개략적으로 도시된다. 연료 전지 시스템(610)은 기관(614) 상에 배치된 복수의 전기화학 전지(612)들을 포함하고, 각각의 전기화학 전지(612)는 화학적 장벽(104)을 포함한다. 연료 전지 시스템(610)은 또한 연료 전지 시스템(10)과 관련하여 설명되고 제시된 구성요소들을 포함하는데, 예컨대, 블라인드 주 전도체(52)들 및 블라인드 보조 전도체들 또는 비아들(54 및 56)을 갖는 인터커넥트(16)들; 산화제 쪽(18); 연료 쪽(20); 전해질층(26)들; 애노드(40)들; 캐소드(42)들, 애노드 전도체 막(48)들, 및 캐소드 전도체 막(50)들을 포함한다. 기관(14)의 설명은 기관(614)에 동일하게 적용된다. 연료 전지 시스템(610)에서, 화학적 장벽(104)은 애노드 전도체 막(48)과 인터커넥트(16)(블라인드 주 전도체(52)) 사이에 배치되고, 애노드 전도체 막(48)과 인터커넥트(16) 사이에서 방향(32)으로 뺀어 있고, 애노드 전도체 막(48)과 인터커넥트(16)(블라인드 주 전도체(52)) 사이의 물질 이동을 방지하도록 구성된다. 화학적 장벽(104)은 도 10-15의 실시 예들과 관련하여 상술된 물질들 중의 하나 이상으로부터 형성될 수 있다. 연료 전지 시스템(610)에서, 전해질층(26)의 일부는 애노드(40)와 화학적 장벽(104) 사이에 배치되고, 애노드(40)와 화학적 장벽(104) 사이에서 방향(36)으로 뺀어 있다.
- [0080] 도 12를 참조하여, 연료 전지 시스템(710)의 실시 예의 비제한적인 예의 일부 태양이 개략적으로 도시된다. 연료 전지 시스템(710)은 기관(714)상에 배치된 복수의 전기화학 전지(712)들을 포함하고, 각각의 전기화학 전지(712)는 세라믹 봉인(102) 및 화학적 장벽(104)을 포함한다. 연료 전지 시스템(710)은 또한 연료 전지 시스템(10)과 관련하여 설명되고 제시된 구성요소들을 포함하는데, 예컨대, 블라인드 주 전도체(52)들 및 블라인드 보

조 전도체들 또는 비아들(54 및 56)을 갖는 인터커넥트(16)들; 산화제 쪽(18); 연료 쪽(20); 전해질층(26)들; 애노드(40)들; 캐소드(42)들, 애노드 전도체 막(48)들, 및 캐소드 전도체 막(50)들을 포함한다. 기관(14)의 설명은 기관(714)에 동일하게 적용된다. 연료 전지 시스템(710)에서, 세라믹 봉인(102)은 기관(714)로부터 인터커넥트(16)(블라인드 인터커넥트(52))로의 기체들 및 액체들의 누출을 방지하거나 감소시키도록 배치되고, 하나의 전기화학 전지(712)의 애노드 전도체 막(48) 및 인접한 전기화학 전지(712)의 보조 전도체(54) 사이에서 방향(36)으로 뺀어 있다.

[0081] 연료 전지 시스템(710)에서, 세라믹 봉인(102)은 밀바닥상의 다공성 기관(714)과 꼭대기상의 전해질(26) 및 인터커넥트(16)의 블라인드 주 전도체(52) 사이에서 (방향(32)으로) 수직으로 배치되며, 이로써 세라믹 봉인(102)에 의해 오버랩된(overlapped) 블라인드 주 전도체(52)(및 전해질(26))의 일부들 안으로의 기관(714)으로부터의 기체들 및 액체들의 누출을 방지한다. 다른 실시 예들에서, 세라믹 봉인(102)은 도 12에서 도시된 것에 추가하여 또는 대신하여 다른 적절한 위치들에 배치될 수 있다. 세라믹 봉인(102)은 도 7의 실시 예와 관련하여 상술된 물질들 중의 하나 이상으로 형성될 수 있다. 블라인드 주 전도체(52)의 일부는 밀바닥상의 세라믹 봉인(102)과 꼭대기상의 전해질(26) 사이에 내장되어 있다. 도 12의 실시 예에서의 확산 거리는 방향(36)에서 세라믹 봉인(102)과 전해질(26) 양쪽 모두에 의한 블라인드 주 전도체(52)의 오버랩의 길이에 의해서 주로 정의된다.

[0082] 연료 전지 시스템(710)에서, 화학적 장벽(104)은 애노드 전도체 막(48)과 인터커넥트(16)(블라인드 주 전도체(52)) 사이에 배치되고, 애노드 전도체 막(48)과 인터커넥트(16)의 블라인드 주 전도체(52) 및 보조 전도체(54) 양쪽 모두와의 사이에서 방향(32)으로 뺀어 있고, 애노드 전도체 막(48)과 블라인드 주 전도체(52) 및 보조 전도체(54) 사이의 물질 이동을 방지하도록 구성된다. 화학적 장벽(104)은 도 10-15의 실시 예들과 관련하여 상술된 물질들 중의 하나 이상으로부터 형성될 수 있다.

[0083] 도 13을 참조하여, 연료 전지 시스템(810)의 실시 예의 비제한적인 예의 일부 태양이 개략적으로 도시된다. 연료 전지 시스템(810)은 기관(814)상에 배치된 복수의 전기화학 전지(812)들을 포함하고, 각각의 전기화학 전지(812)는 세라믹 봉인(102) 및 화학적 장벽(104)을 포함한다. 연료 전지 시스템(810)은 또한 연료 전지 시스템(10)과 관련하여 설명되고 제시된 구성요소들을 포함하고, 예컨대, 블라인드 주 전도체(52)들 및 보조 전도체들 또는 비아들(54 및 56)을 갖는 인터커넥트(16)들; 산화제 쪽(18); 연료 쪽(20); 전해질층(26)들; 애노드(40)들; 캐소드(42)들, 애노드 전도체 막(48)들, 및 캐소드 전도체 막(50)들을 포함한다. 기관(14)의 설명은 기관(814)에 동일하게 적용된다.

[0084] 연료 전지 시스템(810)에서, 세라믹 봉인(102)은 기관(814)으로부터 인터커넥트(16)(블라인드 인터커넥트(52))로의 기체들 및 액체들을 방지하거나 감소시키도록 배치되고, 하나의 전기화학 전지(812)의 애노드(40) 및 애노드 전도체 막(48)과, 인접한 전기화학 전지(812)의 애노드(40) 및 애노드 전도체 막(48)과의 사이에서 방향(36)으로 뺀어 있다. 연료 전지 시스템(810)에서, 세라믹 봉인(102)은 밀바닥상의 다공성 기관(814)과 꼭대기상의 전해질(26) 및 인터커넥트(16)의 블라인드 주 전도체(52) 사이에서 (방향(32)으로) 수직으로 배치되며, 이로써, 세라믹 봉인(102)에 의해 오버랩되는 블라인드 주 전도체(52)(및 전해질(26))의 일부들 안으로의 기관(714)으로부터의 기체들 및 액체들의 누출을 방지한다. 다른 실시 예들에서, 세라믹 봉인(102)은 도 13에 도시된 것에 추가하여 또는 대신하여 다른 적절한 위치에 배치될 수 있다. 세라믹 봉인(102)은 도 7의 실시 예와 관련하여 상술된 물질들 중의 하나 이상으로 형성될 수 있다. 블라인드 주 전도체(52)의 일부는 밀바닥상의 세라믹 봉인(102)과 꼭대기상의 전해질(26) 사이에 내장되어 있다. 도 13의 실시 예에서 확산 거리는 방향(36)에서 세라믹 봉인(102) 및 전해질(26) 양쪽 모두에 의한 블라인드 주 전도체(52)의 오버랩의 길이에 의해 주로 정의된다.

[0085] 연료 전지 시스템(810)에서, 화학적 장벽(104)은 애노드(40)와 블라인드 주 전도체(52) 사이에 배치되고, 애노드(40)와 블라인드 주 전도체(52) 사이의 물질 이동을 방지하도록 구성된다. 하나의 형태에 있어서, 화학적 장벽(104)은 또한 보조 전도체(54)로서 기능한다. 다른 실시 예들에서, 보조 전도체(54)는 화학적 장벽(104)과 별도로 형성될 수 있다. 화학적 장벽(104)은 도 10-15의 실시 예들과 관련하여 상술된 물질들 중의 하나 이상으로부터 형성될 수 있다.

[0086] 도 14를 참조하여, 기관(914) 상에 배치된 연료 전지 시스템(910)의 실시 예의 비제한적인 예의 일부 태양이 개략적으로 도시된다. 연료 전지 시스템(910)은 화학적 장벽(104)을 포함한다. 연료 전지 시스템(910)은 또한 연료 전지 시스템(10)과 관련하여 설명되고 제시된 몇몇 구성요소들을 포함하는데, 예컨대, 블라인드 주 전도체(52)를 갖는 인터커넥트(16)들; 산화제 쪽(18); 연료 쪽(20); 전해질층(26)들; 애노드(40)들; 및 캐소드(42)들을 포함한다. 인터커넥트(16), 블라인드 주 전도체(52), 애노드(40), 및 캐소드(42)의 단일한 실체만이 도시되

고 전해질층(26)들의 두 개의 실체들이 도시되지만, 연료 전지 시스템(910)은 예컨대 상술한 실시 예들과 유사하게 예컨대 방향(36)에서 직렬로 배열된 복수의 각각의 이러한 구성요소들을 포함할 수 있다고 이해될 것이다. 기관(14)의 설명은 기관(914)에 동일하게 적용된다. 연료 전지 시스템(910)에서, 화학적 장벽(104)은 캐소드(42)와 인터커넥트(16)(블라인드 주 전도체(52)) 사이에 배치되고, 캐소드(42)와 인터커넥트(16) 사이에서 방향(32)으로 뻗어 있고, 캐소드(42)와 인터커넥트(16)(블라인드 주 전도체(52)) 사이의 물질 이동을 방지하도록 구성된다. 화학적 장벽(104)은 도 10-15의 실시 예들과 관련하여 상술된 물질들 중의 하나 이상으로부터 형성될 수 있다.

[0087] 도 15를 참조하여, 연료 전지 시스템(1010)의 실시 예의 비제한적인 예의 일부 태양이 개략적으로 도시된다. 연료 전지 시스템(1010)은 기관(1014)상에 배치된 복수의 전기화학 전지(612)들을 포함하고, 각각의 전기화학 전지(1012)는 화학적 장벽(104)을 포함한다. 연료 전지 시스템(1010)은 또한 연료 전지 시스템(10)과 관련하여 설명되고 제시된 구성요소들을 포함하는데, 예컨대, 블라인드 주 전도체(52)들 및 블라인드 보조 전도체들 또는 비아들(54 및 56)를 갖는 인터커넥트(16)들; 산화제 쪽(18); 연료 쪽(20); 전해질층(26)들; 애노드(40)들; 캐소드(42)들, 애노드 전도체 막(48)들, 및 캐소드 전도체 막(50)들을 포함한다. 기관(14)의 설명은 기관(1014)에 동일하게 적용된다. 연료 전지 시스템(1010)에서, 화학적 장벽(104)은 캐소드 전도체 막(50)과 인터커넥트(16)(블라인드 주 전도체(52)) 사이에 배치되고, 캐소드 전도체 막(50)과 인터커넥트(16)(블라인드 주 전도체(52)) 사이에서 방향(32)으로 뻗어 있고, 캐소드 전도체 막(50)과 인터커넥트(16)(블라인드 주 전도체(52)) 사이에서 물질 이동을 방지하도록 구성된다. 화학적 장벽(104)은 도 10-15의 실시 예들과 관련하여 상술된 물질들 중의 하나 이상으로부터 형성될 수 있다. 화학적 장벽(104)은 또한 보조 전도체(56)로서 기능한다.

[0088] 도 10-15의 실시 예에서, 본 발명의 실시 예의 태양들의 다양한 특징들, 구성요소들, 및 이들 간의 상호관계들이 도시된다. 하지만, 본 발명은 도 10-15의 특정 실시 예 및 본 명세서에서 설명되고 도 10-15에서 도시된 바와 같은 구성요소들, 특징들, 및 이들 간의 상호관계들에 한정되는 것이 아니다.

[0089] 도 16-19를 일반적으로 참조하여, 본 발명자들은 몇몇 연료 전지들에 있어 특정 동작 조건 하에서 캐소드 전도층/전도체 막, 전해질, 및 인터커넥트의 일부들, 예컨대 비아들이 각각의 전기화학 전지 내에서 또는 각각의 전기화학 전지 사이에서, 특히 캐소드 전도층/전도체 막과 전해질 간에 오버랩이 존재하는 곳에서, 기생 전지(parasitic cell)들을 형성할 수 있다고 판단하였다. 기생 전지들에서, 캐소드 전도층/전도체 막은 캐소드로서 기능하고, 인터커넥트, 예컨대, 귀금속 서멧으로 형성된 비아들은 애노드로서 기능한다. 기생 전지들은 연료 전지 동작 동안 연료를 소모하고, 그래서, 연료 전지 시스템의 효율을 감소시킨다. 게다가, 기생 전지들에 의해 생성된 증기(steam)는 국부적인 높은 산소 분압을 생성할 수 있고, 이것은 인터커넥트(예컨대, 비아) 물질들의 귀금속 상(precious metal phase)으로 확산될 수 있는 Ni의 산화를 초래할 수 있고, 인터커넥트의 품질저하를 초래한다.

[0090] 본 발명자들은 기생 전지들의 존재를 확인하는(confirm) 테스트들을 수행하였다. 테스트들은 테스트 시간하에서 몇몇 온도들, 예컨대, 900℃에서 현저한 품질저하가 일어나지 않았지만, 더 높은 동작 온도들, 예컨대, 925℃에서 거의 700 시간의 테스트 시간 후에 인터커넥트의 품질저하가 일어났다는 것을 확인하였다. 테스트 후의 분석은 블라인드 주 전도체(52)에서의 귀금속 상을 통하여 애노드 전도층/전도체 막 쪽으로부터 인터커넥트의 캐소드 전도층/전도체 막 쪽으로의 Ni 이동을 보였으며, 이것은 더 높은 동작 온도에 의해서 가속되었다. 기생 전지들에 의해 형성된 증기로부터 초래된 높은 산소 분압은, 인터커넥트의 귀금속과 분리된, 캐소드 전도층/전도체 막과 전해질 간의 경계 근처의 블라인드 프라이머리 인터커넥트(52)와 연장된 전해질(26)의 인터페이스에서 Ni 산화를 초래했다. 블라인드 주 전도체(52)와 전해질(26) 사이의 인터페이스에서의 지속적인 NiO 축적 및 지속적인 Ni 이동은 인터커넥트의 고장을 초래할 것이다.

[0091] 캐소드 전도층/전도체 막과 전해질 사이의 오버랩을 방지하기 위하여, 다양한 실시 예들에서, 본 발명자들은 캐소드 전도층/전도체 막과 전해질이 서로 접촉하는 것으로부터 분리시켜서(separate), 즉, 이격시켜서(space apart) 기생 전지들을 제거하도록, 캐소드 전도층/전도체 막과 전해질 사이에 세퍼레이션 피쳐(separation feature)(도 16 및 17의 갭(gap); 및 도 18 및 19의 절연체(insulator)(108))를 채용했다. 어그레시브한 상태(aggressive conditions)(925℃ 및 20% H₂, 10% CO, 19% CO₂, 47% 증기(steam), 및 4% N₂으로 이루어진 연료)에서의 거의 1000 시간을 포함하는 거의 2000 시간 동안 갭(106)(Pd-Ni 합금 서멧으로 형성된 화학적 장벽(104)을 또한 포함함)의 형태로 세퍼레이션 피쳐를 가진 연료 전지 시스템들의 테스트는 인터커넥트의 품질저하를 초래하지 않았다. 따라서, 본 발명의 몇몇 실시 예들은 캐소드 전도층/전도체 막과 전해질 사이에서의 세퍼레이션 피쳐, 예컨대, 갭(106)을 포함하고, 이것은 기생 전지들의 생성을 방지한다.

- [0092] 도 16을 참조하여, 연료 전지 시스템(1110)의 실시 예의 비제한적인 예의 일부 태양이 개략적으로 도시된다. 연료 전지 시스템(1110)은 기관(1114)상에 배치된 복수의 전기화학 전지(1112)들을 포함하고, 각각의 전기화학 전지(1112)는 세라믹 봉인(102), 화학적 장벽(104), 및 갭(106) 형태의 세퍼레이션 피처를 포함한다. 연료 전지 시스템(1110)은 또한 연료 전지 시스템(10)과 관련하여 설명되고 제시된 구성요소들을 포함하는데, 예컨대, 블라인드 주 전도체(52)들 및 블라인드 보조 전도체들 또는 비아들(54 및 56)을 갖는 인터커넥트(16)들; 산화제 쪽(18); 연료 쪽(20); 전해질층(26)들; 애노드(40)들; 캐소드(42)들, 애노드 전도체 막(48)들, 및 캐소드 전도체 막(50)들을 포함한다. 기관(14)의 설명은 기관(1114)에 동일하게 적용된다. 갭(106)은 캐소드 전도체 막(50)(예컨대, 하나 이상의 캐소드 전도체층(30)들로 형성됨)과 전해질층(26) 사이에서 방향(36)으로 뻗어 있다.
- [0093] 연료 전지 시스템(1110)에서, 세라믹 봉인(102)은 기관(1114)으로부터 인터커넥트(16)(블라인드 주 전도체(52))로의 기체들 및 액체들의 누출을 방지하거나 감소시키도록 배치되고, 하나의 전기화학 전지(1112)의 애노드 전도체 막(48)과, 인접한 전기화학 전지(1112)의 보조 전도체(54)와의 사이에서 방향(36)으로 뻗어 있다.
- [0094] 연료 전지 시스템(1110)에서, 세라믹 봉인(102)은 밀바닥상의 다공성 기관(1114)과 꼭대기상의 전해질(26) 및 인터커넥트(16)의 블라인드 주 전도체(52) 사이에서 (방향(32)으로) 수직으로 배치되며, 이로써, 세라믹 봉인(102)에 의해 오버랩된 블라인드 주 전도체(52)(및 전해질(26))의 일부들 안으로의 기관(1114)으로부터의 기체들 및 액체들의 누출을 방지한다. 다른 실시 예들에서, 세라믹 봉인(102)은 도 12에 도시된 것에 추가하여 또는 대신하여 다른 적절한 장소에 배치될 수 있다. 세라믹 봉인(102)은 도 7의 실시 예와 관련하여 상술된 물질들 중의 하나 이상으로 형성될 수 있다. 블라인드 주 전도체(52)의 일부는 밀바닥상의 세라믹 봉인(102)과 꼭대기상의 연장된 전해질(26) 사이에 내장되어 있다. 도 16의 실시 예에서의 확산 거리는 방향(36)에서 세라믹 봉인(102)과 전해질(26) 양쪽 모두에 의한 블라인드 주 전도체(52)의 오버랩의 길이에 의해서 주로 정의된다.
- [0095] 연료 전지 시스템(1110)에서, 화학적 장벽(104)은 애노드 전도체 막(48)과 인터커넥트(16)(블라인드 주 전도체(52)) 사이에 배치되고, 애노드 전도체 막(48)과 인터커넥트(16)의 블라인드 주 전도체(52) 및 보조 전도체(54) 양쪽 모두와의 사이에서 방향(32)으로 뻗어 있고, 애노드 전도체 막(48)과 블라인드 주 전도체(52) 및 보조 전도체(54) 사이의 물질 이동을 방지하도록 구성된다. 화학적 장벽(104)은 도 10-15의 실시 예들과 관련하여 상술된 물질들 중의 하나 이상으로부터 형성될 수 있다.
- [0096] 연료 전지 시스템(1110)에서, 갭(106)은 캐소드 전도체 막(50), 전해질층(26), 및 블라인드 주 전도체(52) 사이의 기생 연료 전지의 형성을 방지하도록 구성된다. 도 16의 실시 예에서 갭(106)은 세라믹 봉인(102), 화학적 장벽(104), 및 애노드 전도체 막(48)을 갖는 연료 전지 시스템과 함께 채용되지만, 다른 실시 예들에서, 갭(106)은 세라믹 봉인(102), 화학적 장벽(104), 및 애노드 전도체 막(48) 중의 하나 이상에 대응하는 구성요소들을 포함하지 않는 연료 전지 시스템들에서 채용될 수 있다.
- [0097] 도 17을 참조하여, 연료 전지 시스템(1210)의 실시 예의 비제한적인 예의 일부 태양이 개략적으로 도시된다. 연료 전지 시스템(1210)은 기관(1214)상에 배치된 복수의 전기화학 전지(1212)들을 포함하고, 각각의 전기화학 전지(1212)는 화학적 장벽(104) 및 갭(106) 형태의 세퍼레이션 피처를 포함한다. 연료 전지 시스템(1210)은 또한 연료 전지 시스템(10)과 관련하여 설명되고 제시된 구성요소들을 포함하는데, 예컨대, 블라인드 주 전도체(52)들 및 블라인드 보조 전도체들 또는 비아들(54 및 56)을 갖는 인터커넥트(16)들; 산화제 쪽(18); 연료 쪽(20); 전해질층(26)들; 애노드(40)들; 캐소드(42)들, 애노드 전도체 막(48)들, 및 캐소드 전도체 막(50)들을 포함한다. 기관(14)의 설명은 기관(1214)에 동일하게 적용된다.
- [0098] 연료 전지 시스템(1210)에서, 화학적 장벽(104)은 애노드 전도체 막(48)과 인터커넥트(16)(블라인드 주 전도체(52)) 사이에 배치되고, 애노드 전도체 막(48)과 인터커넥트(16) 사이에서 방향(32)으로 뻗어 있고, 애노드 전도체 막(48)과 인터커넥트(16)(블라인드 주 전도체(52)) 사이의 물질 이동을 방지하도록 구성된다. 화학적 장벽(104)은 도 10-15의 실시 예들과 관련하여 상술된 물질들 중의 하나 이상으로부터 형성될 수 있다. 연료 전지 시스템(1210)에서, 전해질층(26)의 일부는 애노드(40)와 화학적 장벽(104) 사이에 배치되고, 애노드(40)와 화학적 장벽(104) 사이에서 방향(36)으로 뻗어 있다.
- [0099] 연료 전지 시스템(1210)에서, 갭(106)은 보조 전도체(56)(캐소드 전도체 막(50)과 동일한 물질로 형성됨), 전해질층(26), 및 블라인드 주 전도체(52) 사이에서 기생 연료 전지의 형성을 방지하도록 구성된다. 도 17의 실시 예에서 갭(106)은 화학적 장벽(104)과 애노드 전도체 막(48)을 갖는 연료 전지 시스템과 함께 채용되지만, 다른 실시 예들에서, 갭(106)은 화학적 장벽(104) 및 애노드 전도체 막(48) 중의 하나 이상에 대응하는 구성요소들을 포함하지 않는 연료 전지 시스템들에서 채용될 수 있다.

- [0100] 도 18을 참조하여, 연료 전지 시스템(1310)의 실시 예의 비제한적인 예의 일부 태양이 개략적으로 도시된다. 연료 전지 시스템(1310)은 기관(1314)상에 배치된 복수의 전기화학 전지(1312)들을 포함하고, 각각의 전기화학 전지(1312)는 세라믹 봉인(102), 화학적 장벽(104), 및 절연체(108) 형태의 세퍼레이션 피쳐를 포함한다. 연료 전지 시스템(1310)은 또한 연료 전지 시스템(10)과 관련하여 설명되고 제시된 구성요소들을 포함하는데, 예컨대, 블라인드 주 전도체(52)들 및 블라인드 보조 전도체들 또는 비아들(54 및 56)을 갖는 인터커넥트(16)들; 산화제 쪽(18); 연료 쪽(20); 전해질층(26)들; 애노드(40)들; 캐소드(42)들, 애노드 전도체 막(48)들, 및 캐소드 전도체 막(50)들을 포함한다. 기관(14)의 설명은 기관(1314)에 동일하게 적용된다. 절연체(108)는 캐소드 전도체 막(50)(예컨대, 하나 이상의 캐소드 전도체층(30)들로 형성됨)과 전해질층(26) 사이에서 방향(36)으로 뺀어 있다.
- [0101] 연료 전지 시스템(1310)에서, 세라믹 봉인(102)은 기관(1314)으로부터 인터커넥트(16)(블라인드 주 전도체(52))로의 기체들 및 액체들의 누출을 방지하거나 감소시키도록 배치되고, 하나의 전기화학 전지(1312)의 애노드 전도체 막(48)과, 인접한 전기화학 전지(1312)의 보조 전도체(54)와의 사이에서 방향(36)으로 뺀어 있다.
- [0102] 연료 전지 시스템(1310)에서, 세라믹 봉인(102)은 밀바닥상의 다공성 기관(1314)과 꼭대기상의 전해질(26) 및 인터커넥트(16)의 블라인드 주 전도체(52) 사이에서 (방향(32)으로) 수직으로 배치되며, 이로써, 세라믹 봉인(102)에 의해 오버랩된 블라인드 주 전도체(52)(및 전해질(26))의 일부들 안으로의 기관(1314)으로부터의 기체들 및 액체들의 누출을 방지한다. 다른 실시 예들에서, 세라믹 봉인(102)은 도 12에서 도시된 것에 추가하여 또는 대신하여 다른 적절한 위치에 배치될 수 있다. 세라믹 봉인(102)은 도 7의 실시 예와 관련하여 상술된 물질들 중의 하나 이상으로 형성될 수 있다. 블라인드 주 전도체(52)의 일부는 밀바닥상의 세라믹 봉인(102)과 꼭대기상의 연장된 전해질(26) 사이에 박혀 있다. 도 18의 실시 예에서의 확산 거리는 방향(36)에서 세라믹 봉인(102) 및 전해질(26) 양쪽 모두에 의한 블라인드 주 전도체(52)의 오버랩의 길이에 의해서 주로 정의된다.
- [0103] 연료 전지 시스템(1310)에서, 화학적 장벽(104)은 애노드 전도체 막(48)과 인터커넥트(16)(블라인드 주 전도체(52)) 사이에 배치되고, 애노드 전도체 막(48)과 인터커넥트(16)의 블라인드 주 전도체(52) 및 보조 전도체(54) 양쪽 모두와의 사이에서 방향(32)으로 뺀어 있고, 애노드 전도체 막(48)과 블라인드 주 전도체(52) 및 보조 전도체(54) 사이의 물질 이동을 방지하도록 구성된다. 화학적 장벽(104)은 도 10-15의 실시 예들과 관련하여 상술된 물질들 중의 하나 이상으로부터 형성될 수 있다.
- [0104] 연료 전지 시스템(1310)에서, 절연체(108)는 캐소드 전도체 막(50), 전해질층(26), 및 블라인드 주 전도체(52) 사이에서 기생 연료 전지의 형성을 방지하도록 구성된다. 하나의 형태에 있어서, 절연체(108)는 알루미늄 산화물(Al_2O_3)과 같은 절연의 비전도성(insulating non-conductive) 물질들, 다른 실시 예들에서와 같은 파이로클로어, $La_2Zr_2O_7$, $Pr_2Zr_2O_7$, 및 $SrZrO_3$ 로부터 형성된다. 다른 물질들이 절연체(108), 예컨대 알루미늄 산화물에 추가하여 또는 대신하여 하나 이상의 다른 타입의 비전도성 세라믹들을 형성하도록 채용될 수 있다. 도 16의 실시 예에서 절연체(108)는 세라믹 봉인(102), 화학적 장벽(104), 및 애노드 전도체 막(48)을 갖는 연료 전지 시스템과 함께 채용되지만, 다른 실시 예들에서, 절연체(108)는 세라믹 봉인(102), 화학적 장벽(104), 및 애노드 전도체 막(48) 중의 하나 이상에 대응하는 구성요소들을 포함하지 않는 연료 전지 시스템들에서 채용될 수 있다.
- [0105] 도 19를 참조하여, 연료 전지 시스템(1410)의 실시 예의 비제한적인 예의 일부 태양이 개략적으로 도시된다. 연료 전지 시스템(1410)은 기관(1414)상에 배치된 복수의 전기화학 전지(1412)들을 포함하고, 각각의 전기화학 전지(1412)는 화학적 장벽(104) 및 절연체(108) 형태의 세퍼레이션 피쳐를 포함한다. 연료 전지 시스템(1410)은 또한 연료 전지 시스템(10)과 관련하여 설명되고 제시된 구성요소들을 포함하는데, 예컨대, 블라인드 주 전도체(52)들 및 블라인드 보조 전도체들 또는 비아들(54 및 56)을 갖는 인터커넥트(16)들; 산화제 쪽(18); 연료 쪽(20); 전해질층(26)들; 애노드(40)들; 캐소드(42)들, 애노드 전도체 막(48)들, 및 캐소드 전도체 막(50)들을 포함한다. 기관(14)의 설명은 기관(1414)에 동일하게 적용된다.
- [0106] 연료 전지 시스템(1410)에서, 화학적 장벽(104)은 애노드 전도체 막(48)과 인터커넥트(16)(블라인드 주 전도체(52)) 사이에 배치되고, 애노드 전도체 막(48)과 인터커넥트(16) 사이에서 방향(32)으로 뺀어 있고, 애노드 전도체 막(48)과 인터커넥트(16)(블라인드 주 전도체(52)) 사이의 물질 이동을 방지하도록 구성된다. 화학적 장벽(104)은 도 10-15의 실시 예들과 관련하여 상술된 물질들 중의 하나 이상으로부터 형성될 수 있다. 연료 전지 시스템(1410)에서, 전해질층(26)의 일부는 애노드(40)와 화학적 장벽(104) 사이에 배치되고, 애노드(40)와 화학적 장벽(104) 사이에서 방향(36)으로 뺀어 있다.
- [0107] 연료 전지 시스템(1410)에서, 절연체(108)는 보조 전도체(56)(캐소드 전도체 막(50)과 동일한 물질로 형성됨), 전해질층(26), 및 블라인드 주 전도체(52) 사이에서 기생 연료 전지의 형성을 방지하도록 구성된다. 절연체

(108)는 도 18의 실시 예에서 상술된 물질들로 형성될 수 있다. 도 19의 실시 예에서의 절연체(108)가 화학적 장벽(104) 및 애노드 전도체 막(48)을 갖는 연료 전지 시스템과 함께 채용되지만, 다른 실시 예들에서, 절연체(108)는 화학적 장벽(104) 및 애노드 전도체 막(48) 중의 하나 이상에 대응하는 구성요소들을 포함하지 않는 연료 전지 시스템들에서 채용될 수 있다.

[0108] 도 16-19의 실시 예에서, 본 발명의 실시 예의 태양들의 다양한 특징들, 구성요소들, 및 이들 간의 상호관계들이 도시된다. 하지만, 본 발명은 도 16-19의 특정 실시 예 및 본 명세서에서 설명되고 도 16-19에서 도시된 바와 같은 구성요소들, 특징들, 및 이들 간의 상호관계들에 한정되는 것이 아니다.

[0109] 도 16-19와 관련하여 상술한 바와 같이, 특정 조건들하에서 기생 전지들이 원치않게 형성될 수 있다. 도 16-19와 관련하여 상술한 실시 예들은 기생 전지 문제를 해결하기 위한 특정 접근방안(approach)들을 제공한다. 본 발명자들은 또한 물질 선택, 예컨대, 인터커넥트 및/또는 비아들(예컨대, 블라인드 주 전도체(52), 보조 전도체(54) 및/또는 보조 전도체(56)를 포함하는 인터커넥트(16) 및/또는 본 명세서에서 언급되지 않은 다른 인터커넥트 및/또는 비아 구성들)이 형성되는 물질을 기초로 하여 기생 전지 문제를 해결하는 다른 접근방안을 창출했다. 하나의 형태에 있어서, 대체적인 서멧 물질을 위하여, 귀금속- $\text{La}_2\text{Zr}_2\text{O}_7$ 파이로클로어 서멧이, 세그먼트들이 직렬로 연결된 연료 전지를 위한 주 인터커넥트 물질을 위해서 또는 다층(multi-layer) 세라믹 인터커넥트를 위한 비아 물질을 위해서 채용될 수 있다. 이러한 서멧 물질에서, $\text{La}_2\text{Zr}_2\text{O}_7$ 파이로클로어는 이온 전도(ionic conduction)를 제거하거나 감소시키도록 이온 상(ionic phase)을 그 퍼콜레이션(percolation) 아래로 유지하기 위하여, 도핑된 지르코니아를 완전히 대체하거나 도핑된 지르코니아를 부분적으로 대체할 수 있다.

[0110] 하나의 형태에 있어서, 인터커넥트 및/또는 비아(들)의 조성, 예컨대, 인터커넥트 및/또는 비아(들)를 위해 앞서 언급된 조성들 중의 하나 이상은 인터커넥트 및/또는 비아(들)의 조성에서 비이온성 전도 세라믹 상(non-ionic conducting ceramic phase)들을 포함하도록 변경된다.

[0111] 예를 들어, 하나의 형태에 있어서, 인터커넥트 및/또는 비아는 인터커넥트(16)와 관련하여 상술된 바와 같은 서멧의 전부 또는 일부로 형성될 수 있는데, 블라인드 주 전도체(52), 보조 전도체(54) 및/또는 보조 전도체(56)를 포함하되, 추가적으로 또는 대안적으로 하나 이상의 비이온성 전도 세라믹 상들을 포함한다. 예들은 제한 없이 SrZrO_3 , $\text{La}_2\text{Zr}_2\text{O}_7$ 파이로클로어, $\text{Pr}_2\text{Zr}_2\text{O}_7$ 파이로클로어, BaZrO_3 , MgAl_2O_4 스피넬, NiAl_2O_4 스피넬, MgCr_2O_4 스피넬, NiCr_2O_4 스피넬, $\text{Y}_3\text{Al}_5\text{O}_{12}$, 그리고 다양한 A- 및 B-사이트 치환을 갖는 다른 가네트(garnet)들, 및 알루미늄을 포함한다. 다른 비이온성 전도 세라믹 상들이 또한 본 명세서에서 제시된 예들에 추가하여 또는 대신하여 본 명세서에서 고려된다. 물질들에 대한 고려사항들은, 예컨대, 다공성 기관의 열팽창 계수와 비교하여 세라믹 상(들)의 열팽창 계수를 포함할 수 있다. 몇몇 실시 예들에서, 인접한 연료 전지 층들과의 화학적 혼화성을 위해 바람직한 물질들은 귀금속-파이로클로어 서멧들을 포함할 수 있고, 파이로클로어들의 일반적인 클래스(general class)는 $(\text{M}_{\text{RE}})_2\text{Zr}_2\text{O}_7$ 이고, 여기서 M_{RE} 는 희토류 양이온, 예컨대 제한 없이, La, Pr, Nd, Gd, Sm, Ho, Er, 및/또는 Yb이다.

[0112] 다른 실시 예들에서, SrZrO_3 , MgAl_2O_4 스피넬, NiAl_2O_4 스피넬, 알루미늄, 및 파이로클로어 조성물들과 같은 비이온성 상(nonionic phase)들은, 예컨대, 상술한 인터커넥트들 및/또는 비아들의 이온성의 전도성 YSZ를 부분적으로 또는 완전히 대체한다. 바람직하게는, 파이로클로어 파우더(powder)들 및/또는 다른 비이온성 상들 중의 하나 이상은 인터커넥트/비아를 통한 이온 전도성을 제거하기 위하여 YSZ의 밸런스(balance)가 퍼콜레이션 역치값(percolation threshold) 아래로 되기에 충분하게 YSZ를 교체한다. 비아의 YSZ 체적 분율(volume fraction)은 비아 물질 내에서 임의의 이온 전도성을 최소화하기 위하여 30v% 보다 작게 의도적으로 축소된다.

[0113] 하나의 형태에 있어서, 인터커넥트 및/또는 비아(들)의 조성, 예컨대 인터커넥트 및/또는 비아(들)를 위해 앞서 언급된 조성물들 중의 하나 이상은, 예컨대, 인터커넥트/비아(들)를 형성하기 위해 이용된 조성물에 희토류 산화물(rare earth oxide)들을 포함시킴으로써, 연료 전지의 가열(firing) 동안 비이온성 전도 세라믹 상들을 형성하기 위하여 반응 상(reactant phase)을 포함하도록 변경된다.

[0114] 예를 들어, 몇몇 실시 예들에서, 인터커넥트(16) 또는 다른 인터커넥트들 또는 비아들의 전부 또는 일부는 비아의 2 몰의 지르코니아 함량(content) 대 La, Pr, Nd, Gd, Sm, Ho, Er, Yb의 1 몰(mole)의 산화물인 파이로클로어를 형성하기 위한 화학양론적 비(stoichiometric ratio) 보다 적게, 예컨대, 스크린 프린팅 잉크 내에서 희토류 산화물 형태의 반응 상을 포함할 수 있다. 전체 서멧 조성(예컨대, 본 명세서에서 제시된 인터커넥트(16)의 전부 또는 일부를 위한 서멧 조성들)에서, 이것은 인터커넥트/비아 내에서와 전해질, 예컨대, 전해질(26)에 인

접해서 파이로클로어를 형성하기 위하여 연료 전지의 가열 동안 YSZ와 반응한다. 하나의 형태에 있어서, 30v% 퍼콜레이션 아래로 YSZ 상(phase)을 감소시키기 위하여, 필요한 최소 희토류 산화물은 약 13mole% 세라믹 조성물이다. 다른 실시 예들에서, 다른 희토류 산화물 양이 채용될 수 있다. 절연성의 파이로클로어 상(phase)이 결정 경계(grain boundary)들을 따라서 형성될 수 있기 때문에, 지르코니아 상(phase)은 여전히 퍼콜레이션 역치 값보다 더 크게 존재할 수 있다. 하지만, 몇몇 실시 예들에서, 벌크 조성(bulk composition)을 기초로 YSZ 상 함량(phase content)을 퍼콜레이션 역치값 아래로 취하기 위하여 충분한 희토류 산화물들을 추가하는 것이 바람직할 것이다. 파이로클로어들과 유사하게, SrZrO₃ 비이온성 상들은 1 몰의 ZrO₂ 대 1 몰의 SrO의 화학양론적 비보다 작게, 반응 상으로서의 SrO 파우더를 예컨대 인터커넥트 잉크들에 추가함으로써 인 시츄(in-situ)로 생성될 수 있을 것이다.

[0115] 또 다른 실시 예들에서, 인터커넥트(16) 또는 다른 인터커넥트들 또는 비아들의 전부 또는 일부는, 예컨대, 전체 서멧 조성(예컨대, 본 명세서에서 제시된 인터커넥트(16)의 전부 또는 일부를 위한 서멧 조성들)에서의 비아의 2몰의 지르코니아 함량 대 La, Pr, Nd, Gd, Sm, Ho, Er, 및/또는 Yb의 1 몰의 산화물인 파이로클로어의 화학양론적 비보다 더 크게, 예컨대, 스크린 프린팅 잉크 내에서 희토류 산화물의 함량(content)을 포함할 수 있으며, 이것은 인터커넥트/비아 내에서 파이로클로어를 형성하도록 연료 전지의 가열 동안 YSZ와 반응하고, 반응하지 않은 희토류 산화물은 전해질 표면상에서, 예컨대, 전해질(26)의 표면상에서 파이로클로어 막을 형성하기 위하여 전해질 가열 동안 인터커넥트의 주변에서 연장된 전해질과 추가로 반응할 것이고, 이것은 산소 이온 전도성을 위한 경로에 지장을 주기에 충분할 것이다. 형태에 있어서, 희토류 산화물 양은 전체 세라믹 양을 기초로 하여 33mole%에서부터 50mole%까지이다. 다른 실시 예들에서, 다른 희토류 산화물 양들이 채용될 수 있다. 과잉(excess) 희토류 산화물은 이온 전도성의 부존재를 보장할 수 있다. 하지만, 인터커넥트/비아 내에 남아 있는 너무 많은 과잉 희토류는 비아로 하여금 희토류 수산화물(hydroxide)의 상변화(phase change)에 대한 수분 야기 손상(moisture induced damage)의 영향을 받기 쉽게(susceptible) 한다. 그래서, 몇몇 실시 예들에서, 화학양론적 비에 있어서 10% 보다 더 작게 희토류 산화물들의 양을 제한하는 것이 바람직하다. 파이로클로어들과 유사하게, SrZrO₃ 비이온성 상들은 1 몰 ZrO₂ 대 1 몰 SrO의 화학양론적 비를 초과하여 SrO 파우더를 인터커넥트 잉크들에 추가함으로써 비아 및 인접한 연장된 전해질 내에서 인 시츄(in-situ)로 생성될 수 있을 것이다. 하나의 형태에 있어서, YSZ를 퍼콜레이션 역치값 아래로 감소시키도록 SrZrO₃를 형성하기 위해서, 하한(lower limit)은 세라믹 상을 기초로 하여 거의 15-20 mole% SrO이다. 다른 실시 예들에서, 다른 하한들이 적용될 수 있다. 하나의 형태에 있어서, 상한(upper limit)은 세라믹 상(SrO + ZrO₂)을 기초로 하여 약 50-60 mole% SrO이다. 다른 실시 예들에서, 다른 상한들이 적용될 수 있다.

[0116] 또 다른 실시 예들에서, 인터커넥트(16) 또는 다른 인터커넥트들 또는 비아들의 전부 또는 일부들은 (M_{RE})₂Zr₂O₇에 대한 완전한 반응성(full reactivity)을 초래하기 위한 YSZ와의 화학양론적 비로 희토류 산화물의 함량을 포함할 수 있다.

[0117] 연료 전지의 가열 동안 비이온성 전도 세라믹 상들을 형성하기 위해 반응 상을 이용하기 위한 가열 온도들은 특정 애플리케이션의 요구에 따라서 바뀔 수 있다. 고려사항들은, 예컨대 제한 없이, 상이한 물질들의 소결성(sinterability), 파우더 입자 사이즈, 구체적인 표면 영역을 포함한다. 다른 물질 및/또는 처리 파라미터들은 또한 선택된 가열 온도에 영향을 줄 수 있다. 예를 들어, 만일 온도가 너무 낮으면, 전해질은 더 높은 다공성을 가질 수 있고 누출을 초래할 수 있다. 만일 온도가 너무 높으면, 너무 높은 애노드 밀도와 같은 다른 문제점들을 초래할 수 있는데, 이것은 전기화학적 활성을 감소시키거나 기관 치수 변화 등을 초래할 수 있다. 그래서, 하나 이상의 비이온성 전도 세라믹 상들을 형성하기 위해 하나 이상의 반응 상들을 이용하기 위한 목적의 실제 가열 온도는 애플리케이션들 간에 달라질 수 있다. 하나의 형태에 있어서, 가열 온도는 1385℃일 수 있다. 몇몇 실시 예들에서, 가열 온도는 1370℃ 내지 1395℃의 범위 내에 존재할 수 있다. 다른 실시 예들에서, 가열 온도는 1350℃ 내지 1450℃의 범위 내에 존재할 수 있다. 또 다른 실시 예들에서, 가열 온도는 1350℃ 내지 1450℃의 범위 밖에 존재할 수 있다. 하나 이상의 비이온성 전도 세라믹 상들을 형성하기 위한 처리 단계들은, 희토류 산화물, YSZ, 및 귀금속을 포함하는 조성물을 준비하는 단계, 인터커넥트/비아(들)를 형성하는 단계, 원하는 온도에서, 예컨대, 앞서 제시된 온도 또는 온도 범위 내에서 조성물을 가열하는 단계, 및 원하는 기간 동안, 예컨대, 1-5 시간의 범위 동안 가열 온도에서 조성물을 유지하는 단계를 포함할 수 있다. 연료 전지의 전부 또는 일부들이 스크린 프린팅에 의해 형성되는 실시 예들에서, 본 방법은 희토류 산화물, YSZ, 및 귀금속을 포함하는 스크린 인쇄가능 잉크(screen printable ink)를 준비하는 단계; 인터커넥트/비아(들)를 인쇄하는 단계; 잉크를 건조시키는 단계; 원하는 온도에서, 예컨대, 앞서 제시된 온도 또는 온도 범위 내에서 인쇄된 인터커넥트/비아

(들)를 가열하는 단계; 및 원하는 기간 동안, 예컨대, 1-5 시간의 범위 동안 가열 온도에서 조성물을 유지하는 단계를 포함할 수 있다.

[0118] 추가적인 실시 예들에서, 다른 비이온성 전도 상(non-ionic conducting phase)들 또는 반응 상들이 인터커넥트의 이온 전도성을 최소화하기 위해 채용될 수 있다.

[0119] 다음의 표들 1-8은 본 발명의 몇몇 실시 예들의 일부 태양에 따라서 생성된 비제한적인 실험적 연료 전지 및 연료 전지 구성요소 예들의 일부 태양에 대한 조성 정보를 제공한다. 본 발명은 이하에서 제공되는 예들에 의해 전혀 제한되지 않는다고 이해될 것이다. "일반적 조성(General Composition)"이라는 명칭의 칼럼(column)은 본 명세서에서 설명된 몇몇 물질들에 대한 몇몇 바람직한 범위들을 포함하여 몇몇 잠재적인 조성 범위를 나타내는 반면, "구체적 조성(Specific Composition)"이라는 명칭의 칼럼은 테스트 물건들/물질들에서 이용된 물질들을 나타낸다.

표 1

표 1 (세라믹 봉인을 가지지 않음)

	일반적 조성	구체적 조성
애노드	NiO-YSZ (NiO=55-75wt%)	
애노드 전도층	Pd-Ni-YSZ	
캐소드	La _(1-x) Sr _x MnO _(3-d) (x=0.1-0.3) -3YSZ	
캐소드 전도층	Pd - La _(1-x) Sr _x MnO _(3-d) (x=0.1-0.3)	
전해질	3YSZ	3YSZ
블라인드 주 전도체	xPd(100-x)Pt-YSZ (x=35-65 wt ratio, 합금은 35-80v%임)	31.1%Pd, 31.1%Pt, 24.4% 3YSZ
애노드 쪽의 보조 전도체	xPd(100-x)Pt-YSZ (x=35-65 wt ratio, 합금은 35-80v%임)	31.1%Pd, 31.1%Pt, 24.4% 3YSZ
캐소드 쪽의 보조 전도체	Pd - La _(1-x) Sr _x MnO _(3-d) (x=0.1-0.3)	
기판	MgO-MgAl ₂ O ₄	69.4%MgO, 30.6%MgAl ₂ O ₄
기판 표면 개질층	3-8 mol%Y ₂ O ₃ -ZrO ₂	8YSZ
세라믹 봉인	N/A	N/A
전지 ASR, ohm-cm ²		0.375
인터커넥트 ASR, ohm-cm ²		0.027
테스트 지속시간, hrs		860
예(Examples): TCT23 (STC13-3):		
블라인드 주 인터커넥트는		
롱 스트립(long strip) 설계임		
도 4		

[0120]

표 2

표 2 (세라믹 봉인을 가지지 않음)

	일반적 조성	구체적 조성
애노드	NiO-YSZ (NiO=55-75wt%)	
애노드 전도층	Pd-Ni-YSZ	
캐소드	$\text{La}_{(1-x)}\text{Sr}_x\text{MnO}_{(3-d)}$ (x=0.1-0.3) -3YSZ	
캐소드 전도층	Pd - $\text{La}_{(1-x)}\text{Sr}_x\text{MnO}_{(3-d)}$ (x=0.1-0.3)	
전해질	3YSZ	3YSZ
블라인드 주 전도체	xPd(100-x)Pt-YSZ (x=35-65 wt ratio, 합금은 35-80v%임)	31.1%Pd, 31.1%Pt, 24.4% 3YSZ
애노드 쪽의 보조 전도체	xPd(100-x)Pt-YSZ (x=35-65 wt ratio, 합금은 35-80v%임) Pd - $\text{La}_{(1-x)}\text{Sr}_x\text{MnO}_{(3-d)}$ (x=0.1-0.3)	31.1%Pd, 31.1%Pt, 24.4% 3YSZ
기판	MgO-MgAl ₂ O ₄	69.4%MgO, 30.6%MgAl ₂ O ₄
기판 표면 개질층	3-8 mol%Y ₂ O ₃ -ZrO ₂	8YSZ
세라믹 봉인		N/A
전지 ASR, ohm-cm ²		0.30
인터커넥트 ASR, ohm-cm ²		0.02
테스트 지속시간, hrs		3500
예(Examples): PCT11(PC08-2/3):		
블라인드 주 인터커넥트는		
비아(via) 설계임		
도 6		

[0121]

표 3

표 3 (세라믹 봉인을 가짐)

	일반적 조성	구체적 조성
애노드	NiO-YSZ (NiO=55-75wt%)	
애노드 전도층	Pd-Ni-YSZ	
캐소드	$\text{La}_{(1-x)}\text{Sr}_x\text{MnO}_{(3-d)}$ (x=0.1-0.3) -3YSZ	
캐소드 전도층	Pd - $\text{La}_{(1-x)}\text{Sr}_x\text{MnO}_{(3-d)}$ (x=0.1-0.3)	
전해질	3YSZ	3YSZ
블라인드 주 전도체	Pd-Ni-YSZ	76.5%Pd, 8.5%Ni, 15%3YSZ
애노드 쪽의 보조 전도체	Pd-Ni-YSZ	76.5%Pd, 8.5%Ni, 15%3YSZ
캐소드 쪽의 보조 전도체	Pd - $\text{La}_{(1-x)}\text{Sr}_x\text{MnO}_{(3-d)}$ (x=0.1-0.3)	
기판	MgO-MgAl ₂ O ₄	69.4%MgO, 30.6%MgAl ₂ O ₄
기판 표면 개질층	3-8 mol%Y ₂ O ₃ -ZrO ₂	8YSZ
세라믹 봉인	3-5 mol%Y ₂ O ₃ -ZrO ₂ , 또는 4-6mol%Sc ₂ O ₃ -ZrO ₂	3YSZ
전지 & 인터커넥트 ASR, ohm-cm ²		0.50
테스트 지속시간, hrs		1200
예(Examples): TCT2: 블라인드		
주 인터커넥트는 롱 스트립 설계임		
도 8		

[0122]

표 4

표 4 (화학적 장벽으로서 Pd-NTZ)

일반적 조성	구체적 조성	
애노드	NiO-YSZ (NiO=55-75wt%)	
애노드 전도층	Pd-NiO-(Mg _{0.42} , Ni _{0.58})Al ₂ O ₄	
캐소드	La _(1-x) Sr _x MnO _(3-δ) (x=0.1-0.3) -3YSZ	
캐소드 전도층	La _(1-x) Sr _x MnO _(3-δ) (x=0.1-0.3)	
전해질	3-8 mol%Y ₂ O ₃ -ZrO ₂ , 또는 4-11 mol%Sc ₂ O ₃ -ZrO ₂	3YSZ
블라인드 주 전도체	xPd(100-x)Pt -YSZ (x=35-65 wt ratio, 합금은 35-80v%임)	31.1%Pd, 31.1%Pt, 24.4% 3YSZ
애노드 쪽의 화학적 장벽	xPd-(100-x) NTZ* (x=10-40)	15%Pd, 19%NiO, 66%NTZ
캐소드 쪽의 보조 전도체	La(1-x)SrxMnO(3-d) (x=0.1-0.3)	
기판	MgO-MgAl ₂ O ₄	69.4%MgO, 30.6%MgAl ₂ O ₄
기판 표면 개질층	3-8 mol%Y ₂ O ₃ -ZrO ₂	8YSZ
세라믹 봉인	N/A	N/A
전지 ASR, ohm-cm ²		0.35
인터커넥트 ASR, ohm-cm ²		0.02-0.05
테스트 지속시간, hrs		1400
* NTZ: 73.6wt% NiO, 20.0%TiO ₂ , 6.4% YSZ		
예(Examples): PCT14B (PC11-4), 블라인드 비아들, 도 11		

[0123]

표 5

표 5, wt% (화학적 장벽으로서 GDC10)

일반적 조성	구체적 조성	
애노드	NiO-YSZ (NiO=55-75wt%)	
애노드 전도층	Pd-NiO-(Mg _{0.42} , Ni _{0.58})Al ₂ O ₄	
캐소드	La _(1-x) Sr _x MnO _(3-δ) (x=0.1-0.3) -3YSZ	
캐소드 전도층	La _(1-x) Sr _x MnO _(3-δ) (x=0.1-0.3)	
전해질	3-8 mol%Y ₂ O ₃ -ZrO ₂ , 또는 4-11 mol%Sc ₂ O ₃ -ZrO ₂	3YSZ
블라인드 주 전도체	xPd-(100-x)YSZ (x=70-90 weight ratio)	85%Pd, 15%3YSZ
애노드 쪽의 화학적 장벽	도핑된 산화 세륨 (Gd _{0.1} , Ce _{0.9})O ₂	
캐소드 쪽의 보조 전도체	La(1-x)SrxMnO(3-d) (x=0.1-0.3)	
기판	MgO-MgAl ₂ O ₄	69.4%MgO, 30.6%MgAl ₂ O ₄
기판 표면 개질층	3-8 mol%Y ₂ O ₃ -ZrO ₂	8YSZ
세라믹 봉인	3-5 mol%Y ₂ O ₃ -ZrO ₂ , 또는 4-6mol%Sc ₂ O ₃ -ZrO ₂	3YSZ
전지 ASR, ohm-cm ²		0.24
인터커넥트 ASR, ohm-cm ²		0.04-0.05
테스트 지속시간, hrs		1340
예(Examples): PCT55A (PC28-2) 도 12		

[0124]

표 6

표 6, wt%

	일반적 조성	구체적 조성
애노드	NiO-YSZ (NiO=55-75wt%)	
애노드 전도층	Pd-NiO-(Mg _{0.42} , Ni _{0.58})Al ₂ O ₄	
캐소드	La _(1-x) Sr _x MnO _(3-y) (x=0.1-0.3) -3YSZ	
캐소드 전도층	La _(1-x) Sr _x MnO _(3-d) (x=0.1-0.3), 또는 LaNi _{0.6} Fe _{0.4} O ₃	
전해질	4-11 mol% Sc ₂ O ₃ -ZrO ₂	6ScSZ
블라인드 주 전도체	xPd(100-x)Pt -YSZ (x=35-65 wt ratio, 합금은 35-80v%임)	31.1%Pd, 31.1%Pt, 24.4% 3YSZ
애노드 쪽의 화학적 장벽	도핑된 산화 세륨	(Gd _{0.1} Ce _{0.9})O ₂
캐소드 쪽의 보조 전도체	La _(1-x) Sr _x MnO _(3-d) (x=0.1-0.3), 또는 LaNi _{0.6} Fe _{0.4} O ₃	
기판	MgO-MgAl ₂ O ₄	69.4%MgO, 30.6%MgAl ₂ O ₄
기판 표면 개질층	3-8 mol% Y ₂ O ₃ -ZrO ₂	8YSZ
세라믹 봉인	3-5 mol% Y ₂ O ₃ -ZrO ₂ , 또는 4-6mol% Sc ₂ O ₃ -ZrO ₂	3YSZ
전지 ASR, ohm-cm ²		0.24
인터커넥트 ASR, ohm-cm ²		0.05-0.06
테스트 지속시간, hrs		8000
예(Examples): PCT63A&B		
도 16		

[0125]

표 7

표 7

	일반적 조성	구체적 조성
애노드		
애노드 전도층		
캐소드		
캐소드 전도층		
전해질		
블라인드 주 전도체	Pt-YSZ-SrZrO ₃	78.8%Pt-11.1%3YSZ-10.1%SrZrO ₃
애노드 쪽의 보조 전도체		
캐소드 쪽의 보조 전도체		
기판		
기판 표면 개질층		
세라믹 봉인		
전지 ASR, ohm-cm ²		
인터커넥트 ASR, ohm-cm ²		
예(Examples): 실제 SOFC 테스트		
물건, 펠렛 제형(pellet formulation)		
에서 테스트되지 않음		

[0126]

표 8

표 8

	일반적 조성	구체적 조성
애노드	NiO-YSZ (NiO=55-75wt%)	
애노드 전도층	Pd-NiO-(Mg _{0.42} , Ni _{0.58})Al ₂ O ₄	
캐소드	La _(1-x) Sr _x MnO _(3-y) (x=0.1-0.3) -3YSZ	
캐소드 전도층	La _(1-x) Sr _x MnO _(3-d) (x=0.1-0.3)	
전해질	3-8 mol%Y ₂ O ₃ -ZrO ₂	3YSZ
블라인드 주 전도체	Pt-Pd-YSZ-La ₂ O ₃	36%Pt-36%Pd-25.2%3YSZ-2.8%La ₂ O ₃
애노드 쪽의 보조 전도체	Pt-Pd-YSZ-La ₂ O ₃	36%Pt-36%Pd-25.2%3YSZ-2.8%La ₂ O ₃
캐소드 쪽의 보조 전도체	La _(1-x) Sr _x MnO _(3-d) (x=0.1-0.3)	
기판	MgO-MgAl ₂ O ₄	69.4%MgO, 30.6%MgAl ₂ O ₄
기판 표면 개질층	3-8 mol%Y ₂ O ₃ -ZrO ₂	8YSZ
세라믹 봉인	3-5 mol%Y ₂ O ₃ -ZrO ₂ , 또는 4-6mol%Sc ₂ O ₃ -ZrO ₂	3YSZ
전지 ASR, ohm-cm ²		0.3-0.34
인터커넥트 ASR, ohm-cm ²		0.04-0.07
예(Examples): PCT57		

[0127]

[0128]

본 발명의 실시 예들은 연료 전지 시스템을 포함하고, 연료 전지 시스템은: 전해질; 제1 애노드, 및 제1 애노드로부터 제1 방향으로 전해질에 의해 이격된 제1 캐소드를 갖는 제1 전기화학 전지; 제2 애노드, 및 제2 애노드로부터 제1 방향으로 전해질에 의해 이격된 제2 캐소드를 갖는 제2 전기화학 전지; 제1 애노드로부터 제2 캐소드로 전자들의 흐름을 전도하도록(conduct) 구성된 인터커넥트; 및 인터커넥트와 전기적으로 통신하는 적어도 하나의 구성요소와 인터커넥트의 적어도 일부와 의 사이에서 물질 이동을 방지하거나 감소시키도록 구성된 적어도 하나의 화학적 장벽;을 포함하고, 전해질은 제1 캐소드로부터 제1 애노드로 제1 방향으로 산소 이온들을 전달하도록(pass) 구성되고, 전해질은 제2 캐소드로부터 제2 애노드로 제1 방향으로 산소 이온들을 전달하도록 구성된다.

[0129]

하나의 개선(refinement)에 있어서, 인터커넥트와 전기적으로 통신하는 적어도 하나의 구성요소는 제1 애노드 및 제2 캐소드 중의 적어도 하나이다.

[0130]

다른 개선에 있어서, 인터커넥트는 제1 방향과 다른 제2 방향으로 전자들의 흐름을 전도하도록 구성된 전도체를 포함한다.

[0131]

또 다른 개선에 있어서, 제2 방향은 제1 방향에 실질적으로 수직이다.

[0132]

여전히 다른 개선에 있어서, 제2 애노드는 제1 방향에 실질적으로 수직인 제3 방향으로 제1 애노드로부터 이격되고, 제2 방향 또한 제3 방향에 실질적으로 수직이다.

[0133]

또 여전히 다른 개선에 있어서, 인터커넥트는 블라인드 주 전도체를 포함하고, 블라인드 주 전도체는 전해질 내에 배치되어 제1 방향과 상이한 제2 방향으로 전자들의 흐름을 전도하도록 구성된다.

[0134]

추가적인 개선에 있어서, 인터커넥트는: 제1 애노드와 블라인드 주 전도체와의 사이에서 전력을 전도하도록 구성된 제1 블라인드 보조 전도체; 및 블라인드 주 전도체와 제2 캐소드와의 사이에서 전력을 전도하도록 구성된 제2 블라인드 보조 전도체;를 더 포함한다.

[0135]

더욱 추가적인 개선에 있어서, 연료 전지 시스템은 제1 애노드와 접해 있는 애노드 전도층; 및 제2 캐소드와 접해 있는 캐소드 전도층;을 더 포함하고, 제1 블라인드 보조 전도체 및 제2 블라인드 보조 전도체 중의 적어도 하나는 화학적 장벽으로서 구성되고, 인터커넥트와 전기적으로 통신하는 적어도 하나의 구성요소는 애노드 전도층 및 캐소드 전도층 중의 적어도 하나이다.

[0136]

여전히 더욱 추가적인 개선에 있어서, 연료 전지 시스템은 제1 애노드 및 인터커넥트와 접해 있는 애노드 전도층; 및 제2 캐소드 및 인터커넥트와 접해 있는 캐소드 전도층과 접해 있는 캐소드 전도층;을 더 포함하고, 인터커넥트와 전기적으로 통신하는 적어도 하나의 구성요소는 애노드 전도층 및 캐소드 전도층 중의 적어도 하나이다.

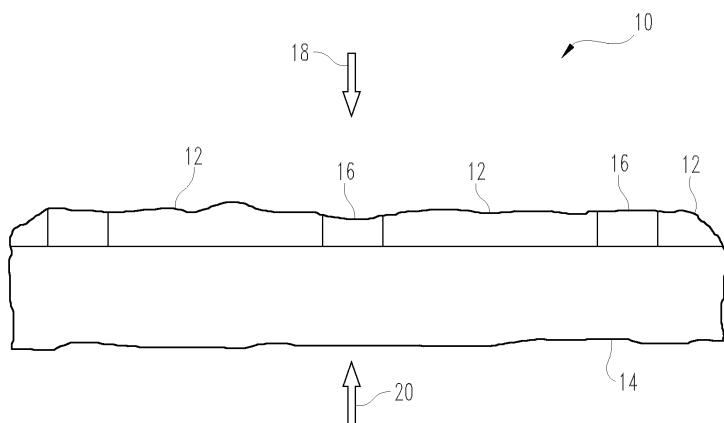
- [0137] 여전히 더욱 추가적인 개선에 있어서, 화학적 장벽은 전기 전도성이 있다.
- [0138] 다른 추가적인 개선에 있어서, 화학적 장벽은 귀금속 서멧이다.
- [0139] 또 다른 추가적인 개선에 있어서, 화학적 장벽은 Ni 서멧 및 Ni-귀금속 서멧 중의 하나이다.
- [0140] 여전히 다른 추가적인 개선에 있어서, 화학적 장벽은 전도성 세라믹이다.
- [0141] 본 발명의 실시 예들은 연료 전지 시스템을 포함하고, 연료 전지 시스템은 각각의 전기화학 전지가, 애노드, 애노드로부터 이격된 캐소드, 및 애노드와 캐소드 사이에 배치된 전해질층으로 구성된 복수의 전기화학 전지들; 한 쌍의 전기적으로 인접한 전기화학 전지들 사이에서 전기적으로 연결된 인터커넥트; 및 인터커넥트와 애노드 및 캐소드 중의 적어도 하나와의 사이에서 전기적으로 배치된 전기 전도성 화학적 장벽;을 포함하고, 인터커넥트는 하나의 전기화학 전지의 애노드를 다른 전기화학 전지의 캐소드에 전기적으로 연결시키고, 전기 전도성 화학적 장벽은 애노드 및 캐소드 중의 적어도 하나와 인터커넥트와의 사이에서 물질 이동을 감소시키도록 구성된다.
- [0142] 하나의 개선에 있어서, 애노드는 애노드층 및 애노드 전도층을 포함하고, 애노드 전도층은 전기 전도성 화학적 장벽에 전기적으로 연결되고, 애노드층은 애노드 전도층에 전기적으로 연결된다.
- [0143] 다른 개선에 있어서, 전기 전도성 화학적 장벽은 Ni 서멧 및 Ni-귀금속 서멧 중의 하나이다.
- [0144] 또 다른 개선에 있어서, Ni-귀금속 서멧은 Ag, Au, Pd, Pt, Ag-Pd, Ag-Au, Ag-Pt, Au-Pd, Au-Pt, Pt-Pd, Ag-Au-Pd, Ag-Au-Pt, 및 Ag-Au-Pd-Pt 중의 적어도 하나인 귀금속 상(precious metal phase)을 갖는다.
- [0145] 여전히 다른 개선에 있어서, Ni-귀금속 서멧의 세라믹 상(ceramic phase)은 YSZ, ScSZ, 도핑된 산화 세륨, 알루미늄, 및 TiO₂ 중의 적어도 하나이다.
- [0146] 추가적인 개선에 있어서, 전기 전도성 화학적 장벽은 전도성 세라믹이다.
- [0147] 더욱 추가적인 개선에 있어서, 전도성 세라믹은 도핑된 산화 세륨, 도핑된 스트론튬 티타네이트, 도핑된 이트리아 크롬, 및 도핑된 란타넘 크롬 중의 하나이다.
- [0148] 여전히 더욱 추가적인 개선에 있어서, 도핑된 란타넘 크롬은 LSCM(La_{1-x}Sr_xCr_{1-y}Mn_yO₃)이다.
- [0149] 여전히 더욱 추가적인 개선에 있어서, LSCM은 La_{0.75}Sr_{0.25}Cr_{0.5}Mn_{0.5}O₃이다.
- [0150] 다른 추가적인 개선에 있어서, 캐소드는 캐소드층 및 캐소드 전도층을 포함하고, 캐소드 전도층은 인터커넥트에 전기적으로 연결되고, 캐소드층은 캐소드 전도층에 전기적으로 연결된다.
- [0151] 또 다른 추가적인 개선에 있어서, 전기 전도성 화학적 장벽은 귀금속 서멧이다.
- [0152] 여전히 또 다른 추가적인 개선에 있어서, 귀금속 서멧은 Ag, Au, Pd, Pt, Ag-Pd, Ag-Au, Ag-Pt, Au-Pd, Au-Pt, Pt-Pd, Ag-Au-Pd, Ag-Au-Pt, 및 Ag-Au-Pd-Pt 중의 하나인 금속 상(metal phase)을 갖는다.
- [0153] 부가적인 추가적 개선에 있어서, 귀금속 서멧은 YSZ, ScSZ, LNF(LaNi_xFe_{1-x}O₃), LSM(La_{1-x}Sr_xMnO₃), LSCM(La_{1-x}Sr_xCr_{1-y}Mn_yO₃), 및 NTZ(NiO-TiO₂-YSZ/ScSZ) 중의 적어도 하나인 세라믹 상을 갖는다.
- [0154] 다른 부가적인 추가적 개선에 있어서, 전기 전도성 화학적 장벽은 전도성 세라믹이다.
- [0155] 또 다른 부가적인 추가적 개선에 있어서, 전도성 세라믹은 도핑된 산화 세륨, LNF(LaNi_xFe_{1-x}O₃), LSM(La_{1-x}Sr_xMnO₃), 도핑된 이트륨 크롬, 및 도핑된 란타넘 크롬 중의 적어도 하나이다.
- [0156] 여전히 다른 부가적인 추가적 개선에 있어서, 도핑된 란타넘 크롬은 LSCM(La_{1-x}Sr_xCr_{1-y}Mn_yO₃)이다.
- [0157] 더욱 여전히 다른 부가적인 추가적 개선에 있어서, LSCM은 La_{0.75}Sr_{0.25}Cr_{0.5}Mn_{0.5}O₃이다.
- [0158] 다른 개선에 있어서, 인터커넥트는 전해질층 내에 내장된(embedded) 부분을 포함한다.
- [0159] 본 발명의 실시 예들은 연료 전지 시스템을 포함하고, 연료 전지 시스템은: 전해질; 제1 애노드, 및 제1 애노드로부터 전해질에 의해 이격된 제1 캐소드를 갖는 제1 전기화학 전지; 제2 애노드, 및 제2 애노드로부터 전해질에 의해 이격된 제2 캐소드를 갖는 제2 전기화학 전지; 제1 애노드로부터 제2 캐소드로 전자들의 흐름을 전도하

도록 구성된 인터커넥트; 및 인터커넥트와 전기적으로 통신하는 적어도 하나의 구성요소와 인터커넥트의 적어도 일부와의 사이에서 물질 이동을 방지하거나 감소시키도록 구성된 적어도 하나의 화학적 장벽;을 포함한다.

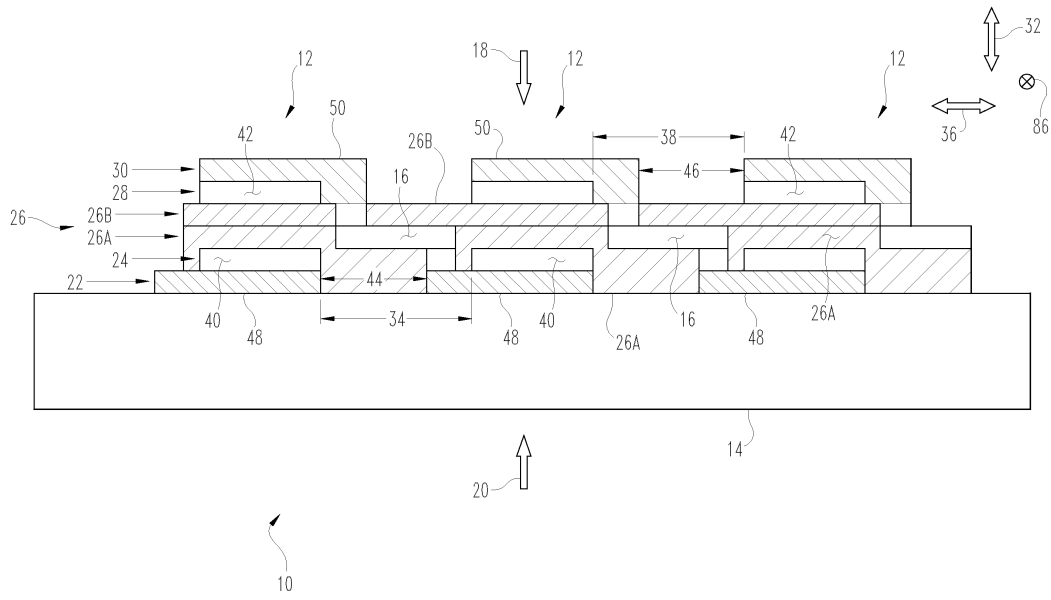
- [0160] 하나의 개선에 있어서, 인터커넥트와 전기적으로 통신하는 적어도 하나의 구성요소는 제1 애노드 및 제2 캐소드 중의 적어도 하나이다.
- [0161] 다른 개선에 있어서, 연료 전지 시스템은 애노드와 인터커넥트 사이에서 전기적으로 배치된 애노드 전도층; 및 캐소드와 인터커넥트 사이에서 전기적으로 배치된 캐소드 전도층;을 더 포함하고, 인터커넥트와 전기적으로 통신하는 적어도 하나의 구성요소는 애노드 전도층 및 캐소드 전도층 중의 적어도 하나이다.
- [0162] 또 다른 개선에 있어서, 화학적 장벽은 전기 전도성이 있다.
- [0163] 여전히 다른 개선에 있어서, 화학적 장벽은 귀금속 서멧이다.
- [0164] 또 여전히 다른 개선에 있어서, 화학적 장벽은 Ni 서멧 및 Ni-귀금속 서멧 중의 하나이다.
- [0165] 추가적인 개선에 있어서, 화학적 장벽은 전도성 세라믹이다.
- [0166] 더욱 추가적인 개선에 있어서, 인터커넥트는 전해질층 내에 내장된 부분을 포함한다.
- [0167] 본 발명은 현재 가장 실용적이고 바람직한 실시 예인 것으로 고려되는 것과 연관지어 설명되었지만, 본 발명은 공개된 실시 예(들)에 한정되는 것이 아니라, 첨부된 청구항들의 사상 및 범위 내에서 다양한 변형들 및 등가적 배열들을 커버하는 것으로 의도되며, 첨부된 청구항들의 범위는 법에 따라서 허용되는 바와 같은 모든 변형들 및 등가의 구성들을 포함하도록 최광의 해석이 부여되는 것으로 이해된다. 게다가, 상술한 설명에서, '바람직한(preferable)', '바람직하게는(preferably)', 또는 '선호되는(preferred)'이라는 단어의 이용은 설명된 특징이 더욱 바람직할 수 있다는 것을 나타내지만, 필수적인 것이 아닐 수 있으며, 동일한 구성요소가 없는 임의의 실시 예가 본 발명의 범위 내에 있는 것으로 고려될 수 있으며, 그 범위는 이하의 청구항들에 의해 정의된다고 이해되어야 한다. 청구항을 읽을 때, "a", "an", "적어도 하나(at least one)", 및 "적어도 일부(at least a portion)"라는 단어가 사용되는 경우에, 청구항에서 이와 다르게 구체적으로 언급되지 않는다면 청구항을 단지 하나의 아이템(item)으로 한정할 의도가 없는 것으로 의도된다. 게다가, "적어도 일부(at least a portion)" 및 /또는 "일부(a portion)"라는 용어가 이용되는 경우에, 이와 다르게 구체적으로 언급되지 않는다면 아이템은 일부 및/또는 전체 아이템을 포함할 수 있다.

도면

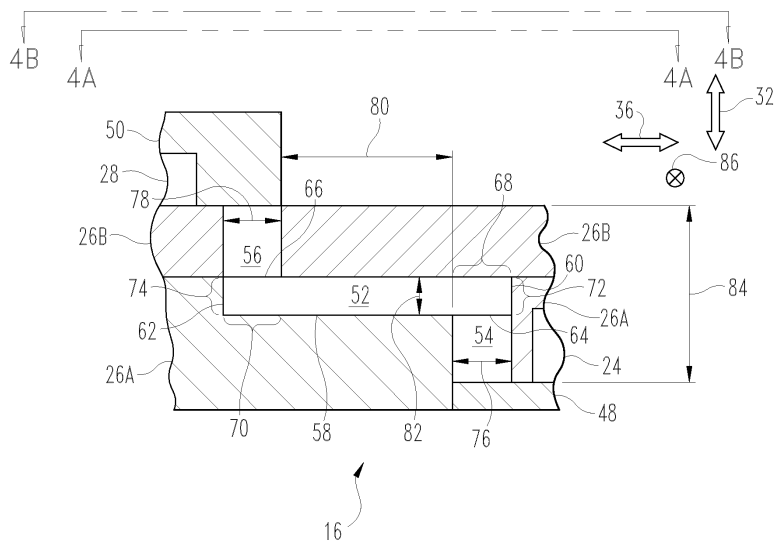
도면1



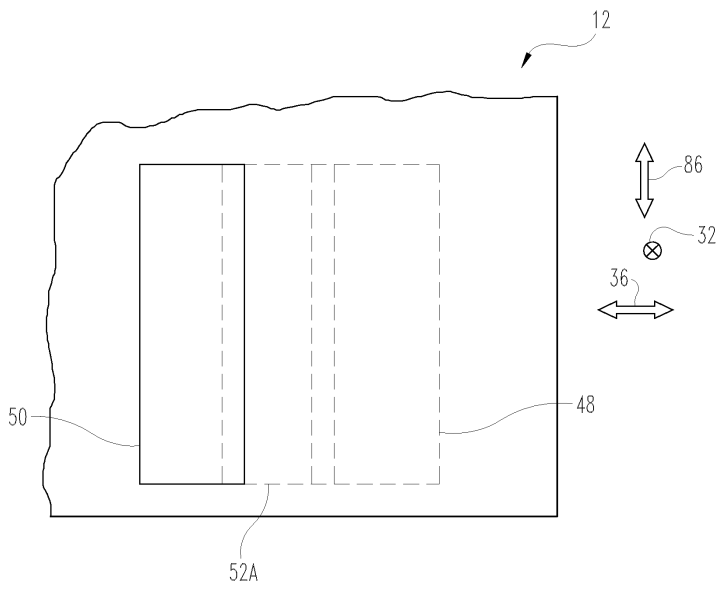
도면2



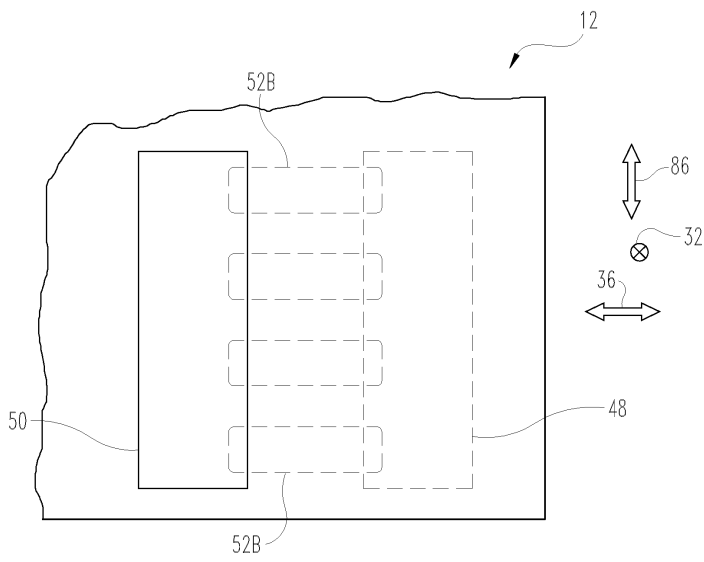
도면3



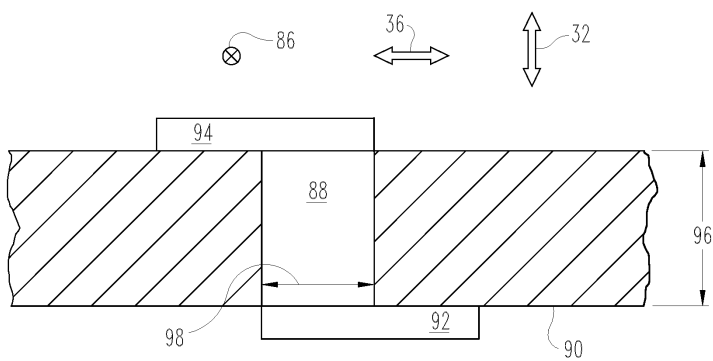
도면4a



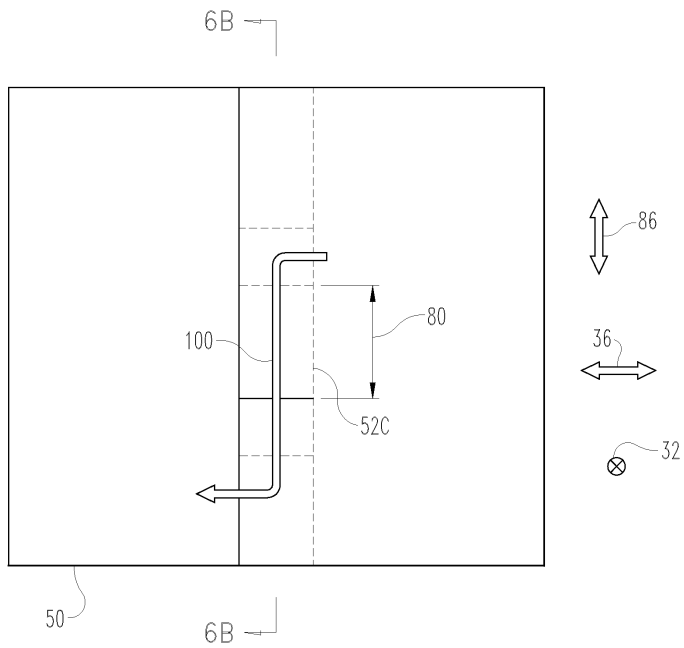
도면4b



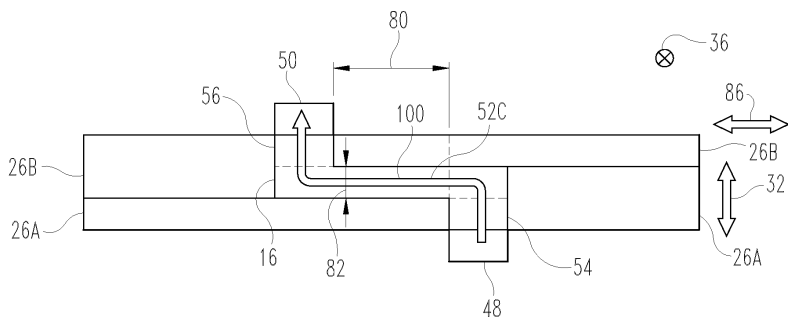
도면5



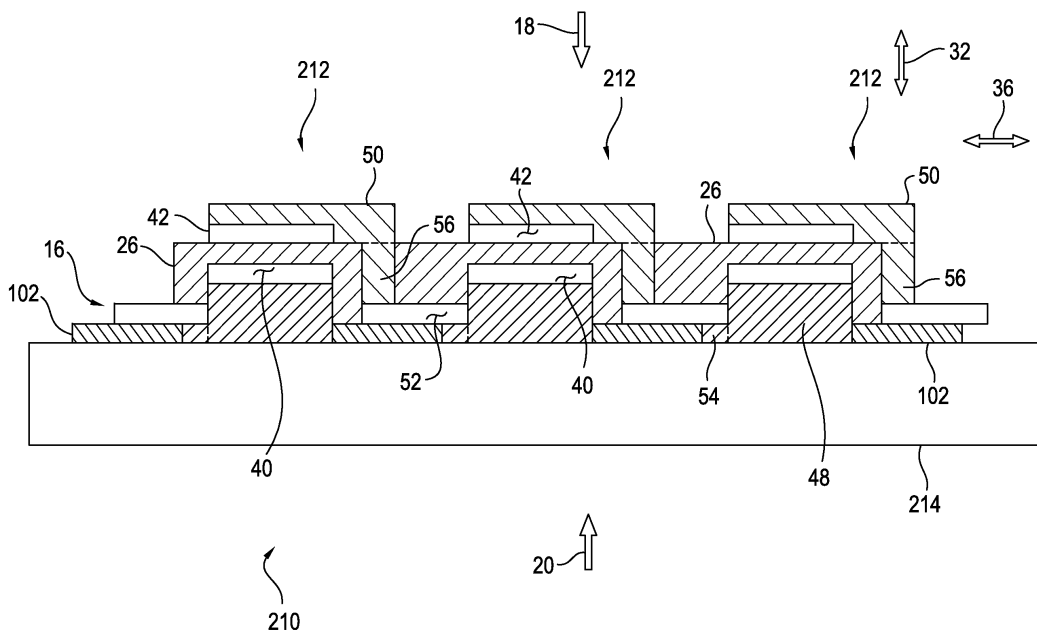
도면6a



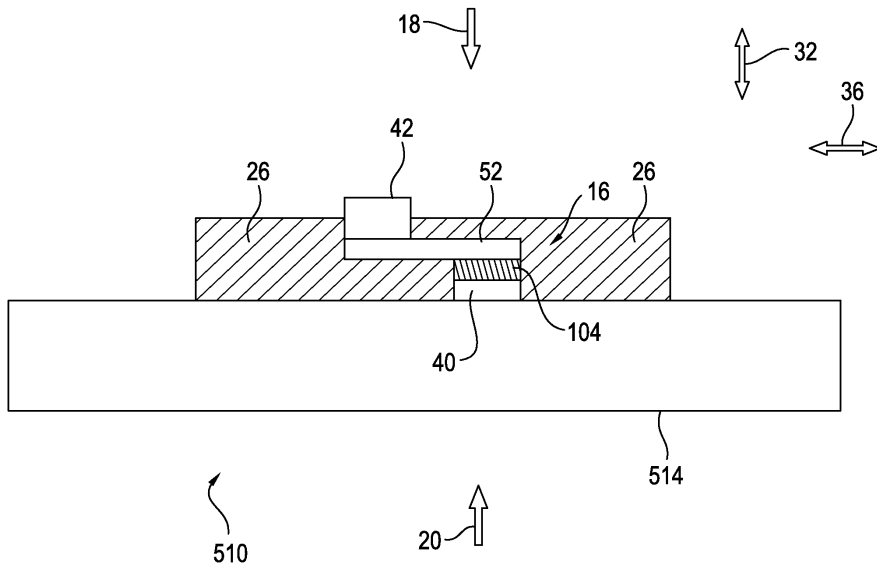
도면6b



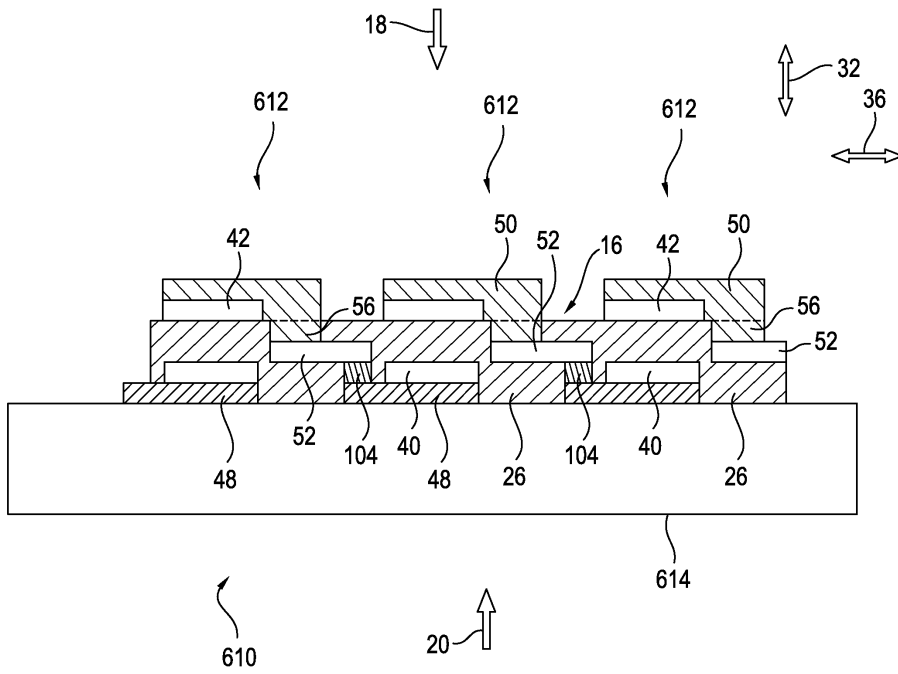
도면7



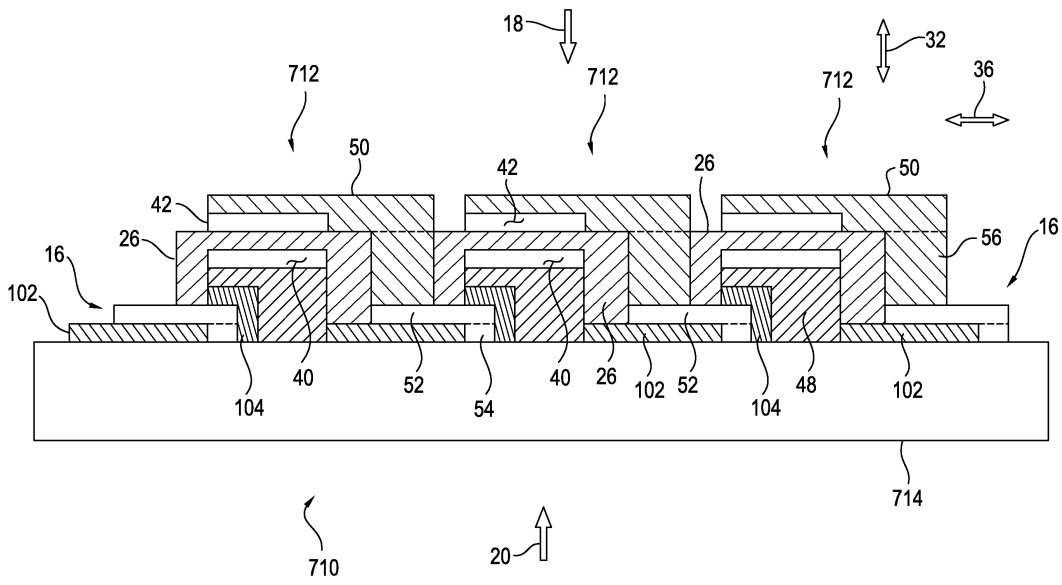
도면10



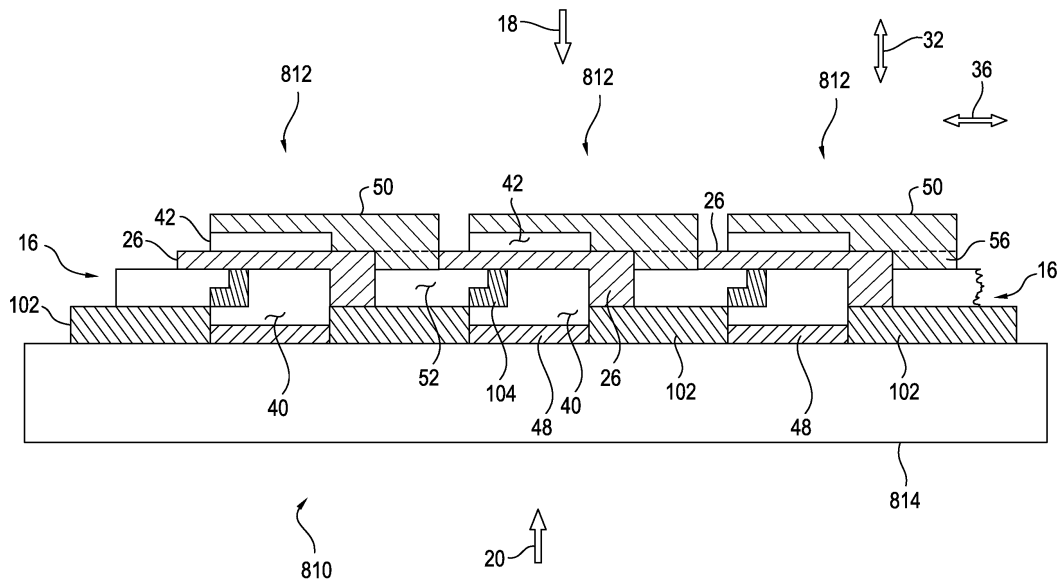
도면11



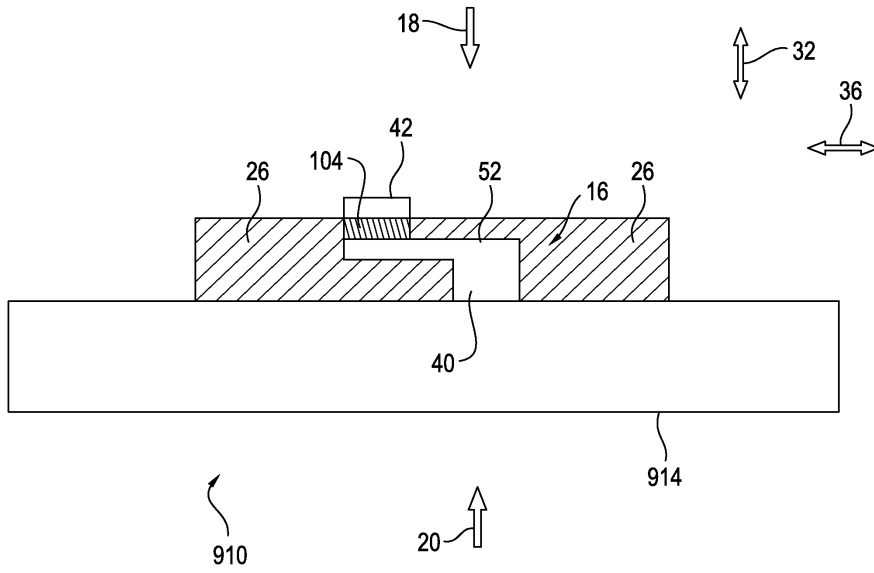
도면12



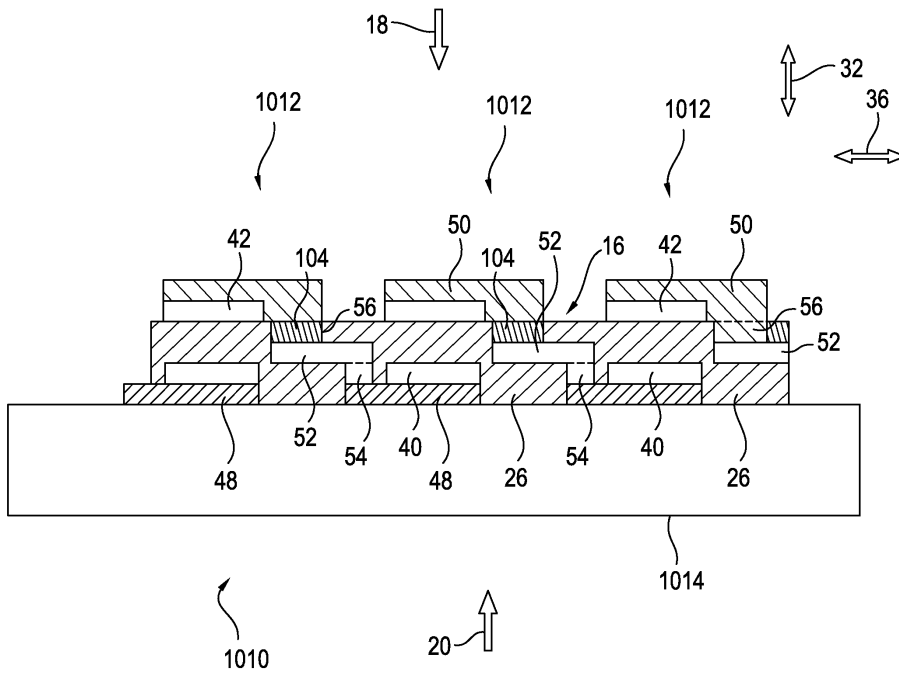
도면13



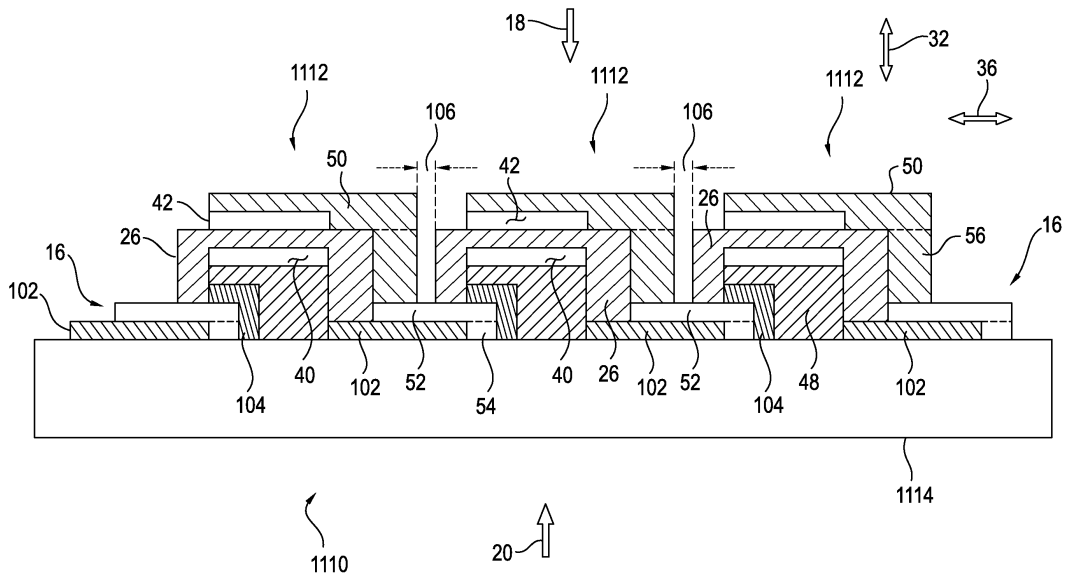
도면14



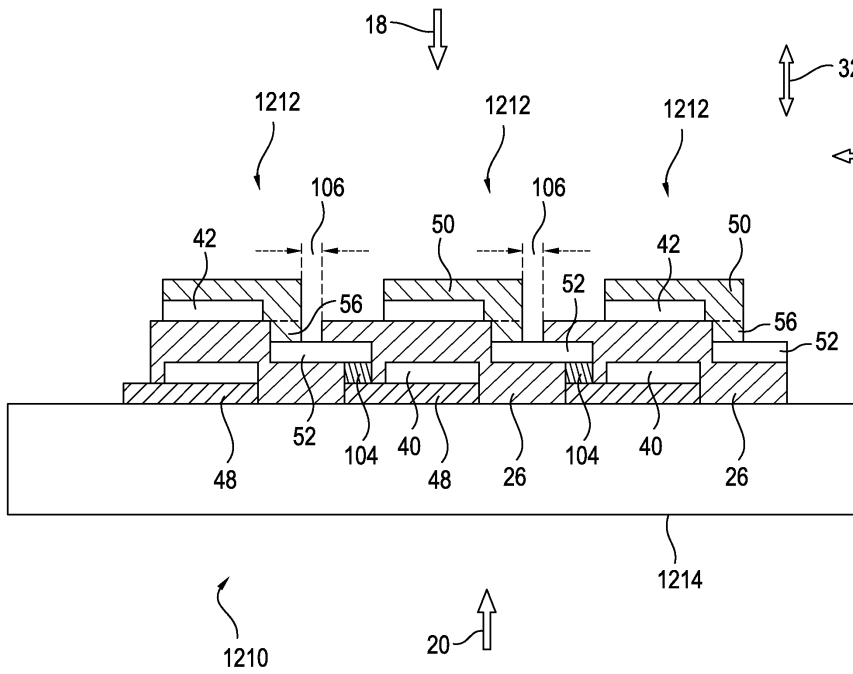
도면15



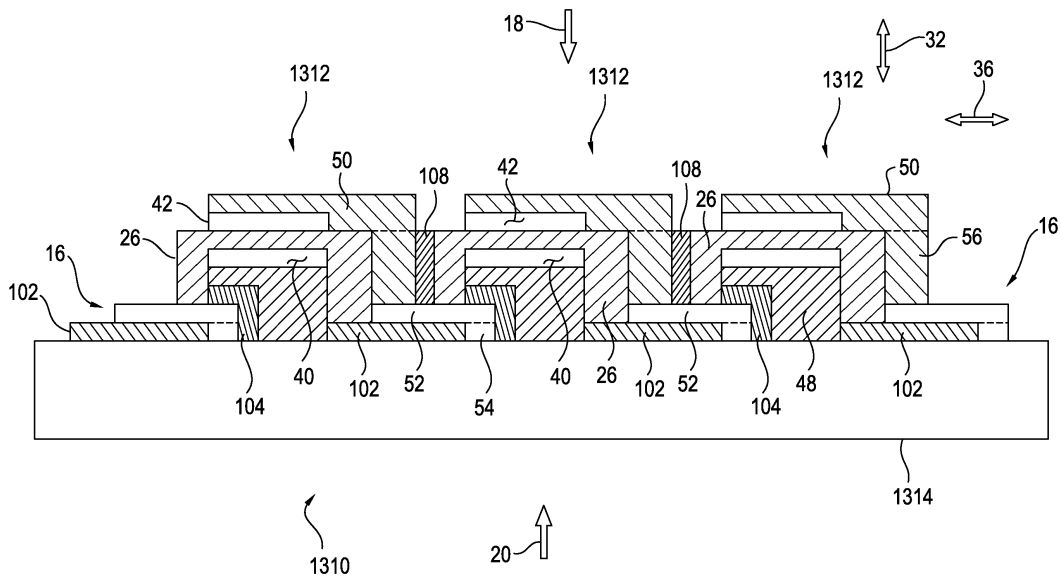
도면16



도면17



도면18



도면19

