(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2017-0105603
(43) 공개일자 2017년09월19일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01M 8/2432 (2016.01) *H01M 8/124* (2016.01)
(52) CPC특허분류
H01M 8/2432 (2016.02)
H01M 2008/1293 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2017-7023214
(22) 출원일자(국제) 2016년03월28일
심사청구일자 2017년08월21일
(85) 번역문제출일자 2017년08월21일
(86) 국제출원번호 PCT/JP2016/001780
(87) 국제공개번호 WO 2016/157880
국제공개일자 2016년10월06일
(30) 우선권주장
JP-P-2015-073681 2015년03월31일 일본(JP)

(71) 출원인
니뽄 도쿠슈 도교 가부시키가이샤
일본 아이치켄 나고야시 미즈호쿠 다카츠지쵸 14-18
(72) 발명자
요시자키 히로토시
일본 아이치켄 나고야시 미즈호쿠 다카츠지쵸 14-18 니뽄 도쿠슈 도교 가부시키가이샤 나이
시치다 다카후미
일본 아이치켄 나고야시 미즈호쿠 다카츠지쵸 14-18 니뽄 도쿠슈 도교 가부시키가이샤 나이
(74) 대리인
특허법인코리아나

전체 청구항 수 : 총 5 항

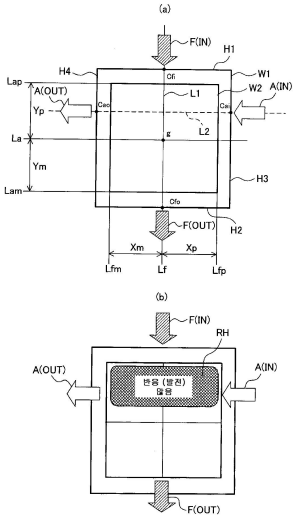
(54) 발명의 명칭 **평판형 연료 전지**

(57) 요 약

발전 능력을 높일 수 있는 평판형 연료 전지를 제공하는 것.

평판형 연료 전지 (1) 는, 적층 방향으로 볼 때, 연료 가스 유입구의 도심 (Cfi) 과 연료 가스 유출구의 도심 (Cfo) 을 잇는 제 1 직선과, 산화제 가스 유입구의 도심 (Cai) 과 산화제 가스 유출구의 도심 (Cao) 을 잇는 제 2 직선이 교차하는 것이다. 즉, 연료 가스의 유로와 산화제 가스의 유로가 교차하는 크로스 플로우의 유로를 가지고 있다. 그리고, 이 크로스 플로우의 평판형 연료 전지에 있어서, 적층 방향으로 볼 때 산화제 가스 유출구의 도심 (Cao) 이, 연료 가스 유출구의 도심 (Cfo) 보다, 연료 가스 유입구의 도심 (Cfi) 에 가깝도록 설정되어 있다.

대 표 도 - 도5



명 세 서

청구범위

청구항 1

연료극층과 공기극층 사이에 고체 전해질층을 사이에 두고 적층된 연료 전지 단셀과,

상기 연료극층측에 배치되는 연료 가스실과,

상기 공기극층측에 배치되는 산화제 가스실과,

상기 연료 가스실로 연료 가스가 유입되는 1 또는 복수의 연료 가스 유입구 및 상기 연료 가스실로부터 상기 연료 가스가 유출되는 1 또는 복수의 연료 가스 유출구와,

상기 산화제 가스실로 산화제 가스가 유입되는 1 또는 복수의 산화제 가스 유입구 및 상기 산화제 가스실로부터 상기 산화제 가스가 유출되는 1 또는 복수의 산화제 가스 유출구를 구비하고,

적층 방향으로 볼 때,

상기 연료 가스 유입구의 도심 (Cfi) 과 상기 연료 가스 유출구의 도심 (Cfo) 을 잇는 제 1 직선과, 상기 산화제 가스 유입구의 도심 (Cai) 과 상기 산화제 가스 유출구의 도심 (Cao) 을 잇는 제 2 직선이 교차하고,

또한, 상기 산화제 가스 유출구의 도심 (Cao) 과 상기 연료 가스 유출구의 도심 (Cfo) 의 거리가, 상기 산화제 가스 유출구의 도심 (Cao) 과 상기 연료 가스 유입구의 도심 (Cfi) 의 거리보다 큰 것을 특징으로 하는 평판형 연료 전지.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 적층 방향으로 볼 때,

상기 연료 가스 유출구의 도심 (Cfo) 이, 기준선 (Lf) 으로부터, 경계선 (Lfp) 측으로 거리 0.1Xp 이하 또는 경계선 (Lfm) 측으로 거리 0.1Xm 이하에 배치되고,

상기 산화제 가스 유입구의 도심 (Cai) 이, 기준선 (La) 으로부터, 경계선 (Lap) 측으로 거리 0.5Yp 이하 또는 경계선 (Lam) 측으로 거리 0.1Ym 이하에 배치되고,

상기 산화제 가스 유출구의 도심 (Cao) 이, 상기 기준선 (La) 으로부터 상기 경계선 (Lap) 측으로 거리 0.1Yp 이상 0.5Yp 이하에 배치되어 있는 것을 특징으로 하는 평판형 연료 전지.

Lf : 상기 연료 가스 유입구의 도심 (Cfi) 과 상기 연료 전지 단셀의 도심 (g) 을 통과하는, 상기 연료 전지 단셀 상의 직선의 기준선

La : 상기 기준선 (Lf) 과 직교하고, 상기 도심 (g) 을 통과하는, 상기 연료 전지 단셀 상의 직선의 기준선

Lfp : 상기 기준선 (Lf) 보다 상기 산화제 가스 유입구의 도심 (Cai) 에 가깝고, 상기 기준선 (Lf) 과 평행 또한 거리가 가장 먼, 상기 연료 전지 단셀 상을 통과하는 직선의 경계선

Lfm : 상기 기준선 (Lf) 보다 상기 산화제 가스 유출구의 도심 (Cao) 에 가깝고, 상기 기준선 (Lf) 과 평행 또한 거리가 가장 먼, 상기 연료 전지 단셀 상을 통과하는 직선의 경계선

Lap : 상기 기준선 (La) 보다 상기 연료 가스 유입구의 도심 (Cfi) 에 가깝고, 상기 기준선 (La) 과 평행 또한 거리가 가장 먼, 상기 연료 전지 단셀 상을 통과하는 직선의 경계선

Lam : 상기 기준선 (La) 보다 상기 연료 가스 유출구의 도심 (Cfo) 에 가깝고, 상기 기준선 (La) 과 평행 또한 거리가 가장 먼, 상기 연료 전지 단셀 상을 통과하는 직선의 경계선

Xp : 상기 기준선 (Lf) 과 상기 경계선 (Lfp) 사이의 최단 거리

Xm : 상기 기준선 (Lf) 과 상기 경계선 (Lfm) 사이의 최단 거리

Yp : 상기 기준선 (La) 과 상기 경계선 (Lap) 사이의 최단 거리

Ym : 상기 기준선 (La) 과 상기 경계선 (Lam) 사이의 최단 거리

청구항 3

제 2 항에 있어서,

상기 적층 방향으로 볼 때,

상기 산화제 가스 유입구의 도심 (Cai) 이, 상기 기준선 (La) 으로부터 상기 경계선 (Lap) 측으로 거리 0.3Yp 이상 0.5Yp 이하에 배치되고,

상기 산화제 가스 유출구의 도심 (Cao) 이, 상기 기준선 (La) 으로부터 상기 경계선 (Lap) 측으로 거리 0.3Yp 이상 0.5Yp 이하에 배치되어 있는 것을 특징으로 하는 평판형 연료 전지.

청구항 4

제 2 항에 있어서,

상기 적층 방향으로 볼 때,

상기 산화제 가스 유입구의 도심 (Cai) 이, 상기 기준선 (La) 으로부터, 상기 경계선 (Lap) 측으로 거리 0.1Yp 이하 또는 경계선 (Lam) 측으로 거리 0.1Ym 이하에 배치되고,

상기 산화제 가스 유출구의 도심 (Cao) 이, 상기 기준선 (La) 으로부터 상기 경계선 (Lap) 측으로 거리 0.1Yp 이상 0.5Yp 이하에 배치되어 있는 것을 특징으로 하는 평판형 연료 전지.

청구항 5

연료극층과 고체 전해질층과 공기극층이 적층된 연료 전지 단셀과,

상기 연료극층측에 배치되는 연료 가스실과,

상기 공기극층측에 배치되는 산화제 가스실과,

상기 연료 가스실로 연료 가스가 유입되는 1 또는 복수의 연료 가스 유입구 및 상기 연료 가스실로부터 상기 연료 가스가 유출되는 1 또는 복수의 연료 가스 유출구와,

상기 산화제 가스실로 산화제 가스가 유입되는 1 또는 복수의 산화제 가스 유입구 및 상기 산화제 가스실로부터 상기 산화제 가스가 유출되는 1 또는 복수의 산화제 가스 유출구를 구비한 평판형 연료 전지 단위가 복수 적층된 평판형 연료 전지로서,

상기 복수의 평판형 연료 전지 단위 중 적어도 어느 것이, 상기 제 1 항 내지 제 4 항 중 어느 한 항에 기재된 평판형 연료 전지인 것을 특징으로 하는 평판형 연료 전지.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은, 연료극층과 공기극층 사이에 고체 전해질층을 사이에 두고 적층된 연료 전지 단셀을 구비한 평판형 연료 전지에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 종래, 연료 전지로서 예를 들어 고체 전해질 (고체 산화물) 을 사용한 고체 산화물형 연료 전지 (이하 SOFC 라고도 기재한다) 가 알려져 있다.

[0003] 이 SOFC 에서는, 예를 들어 고체 전해질층의 일방의 측에 연료 가스와 접하는 연료극층을 형성함과 함께, 타방의 측에 산화제 가스 (예를 들어 공기) 와 접하는 공기극층을 형성한 평판형의 연료 전지 단셀이 사용되고 있다.

[0004] 이 연료 전지 단셀의 연료극층측에는, 연료 가스가 도입되는 유로인 연료 가스실이 형성되고, 공기극층측에는,

산화제 가스가 도입되는 유로인 산화제 가스실이 형성되어 있다. 또한, 원하는 전압을 얻기 위해서, 인터커넥터 등을 개재하여, 복수의 연료 전지 단셀을 적층한 연료 전지 스택 (즉 복수단으로 이루어지는 연료 전지 스택) 이 개발되고 있다.

[0005] 또, 최근에는 가스 유로 (연료 가스의 유로) 가 상이한 단을 조합하여, 연료 전지 단셀의 면내 (셀면내) 의 온도 분포를 균일화하는 연료 전지 스택이 개시되어 있다 (특허문헌 1 참조).

[0006] 또한, 연료 가스 및 산화제 가스의 각각의 유로에 대해, 각 단 교대로 흘리는 방향을 바꿈으로써, 셀면내의 온도 분포를 개선하는 (균일화한다) 기술도 개시되어 있다 (특허문헌 2 참조).

선행기술문헌

특허문헌

[0007] (특허문헌 0001) 일본 공개특허공보 2002-141081호

(특허문헌 0002) 일본 공개특허공보 소62-080972호

발명의 내용

해결하려는 과제

[0008] 그러나, 특허문헌 1 에 기재된 기술에서는, 셀면내의 온도 분포의 개선 (균일화) 이 충분하지 않고, 또 연료 전지 단셀 자체의 발전 효율 그 자체를 개선하는 것은 아니라는 문제가 있었다.

[0009] 또, 특허문헌 2 에 기재된 기술에서는, 연료 가스 및 산화제 가스의 가스 유로의 조합에 의해 셀면내의 온도 분포를 개선 (균일화) 함으로써, 효율이 양호한 온도 영역에서 동작하는 셀 영역을 많게 할 수 있으므로, 발전 효율, 바꾸어 말하면 소정의 전류 조건에 있어서의 출력 전압이 향상되는 경향이 있다.

[0010] 그러나, 본 발명자들의 연구에 의하면, 가스의 흐름을 변경하는 수법으로 보다 고효율을 추구한 경우에는, 도 13(a) 에 나타내는 바와 같이 온도 분포를 균일화해도, 반드시 출력 전압이 향상된다고는 할 수 없는 것이 밝혀져 있다. 요컨대, 온도 분포 ΔT 가 어느 정도 작은 경우에는, 온도 분포와 출력 전압에 상관관계가 없는 것이 밝혀져 있다.

[0011] 이것은, 예를 들어 크로스 플로우의 연료 전지 단셀에 있어서는, 셀면내의 온도를 균일화한 경우라도, 연료 가스 및 산화제 가스에 대해 가스 농도가 상이한 영역이 생겨 버리고, 이것이 출력 전압에 영향을 미친다고 생각되기 때문이다.

[0012] 요컨대, 도 13(b) 에 나타내는 바와 같이, 연료 가스의 농도 (예를 들어 수소 농도) 와 산화제 가스의 농도 (예를 들어 산소 농도) 양쪽 가스의 농도가 높아, 발전의 반응이 많은 (따라서 발전량이 많다) 영역 R1 과는 별도로, 연료 가스의 농도는 높지만 산화제 가스의 농도가 낮아, 발전의 반응이 적은 (따라서 발전량이 적다) 영역 R2 가 생겨 버리므로, 출력 전압 (즉 발전 능력) 을 높이는 것이 용이하지 않다는 문제가 있었다.

[0013] 본 발명은, 이와 같은 문제를 감안하여 이루어진 것으로, 발전 능력을 높일 수 있는 평판형 연료 전지를 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

[0014] (1) 본 발명의 제 1 양태의 평판형 연료 전지는, 연료극층과 공기극층 사이에 고체 전해질층을 사이에 두고 적층된 연료 전지 단셀과, 상기 연료극층측에 배치되는 연료 가스실과, 상기 공기극층측에 배치되는 산화제 가스실과, 상기 연료 가스실로 연료 가스가 유입되는 1 또는 복수의 연료 가스 유입구 및 상기 연료 가스실로부터 상기 연료 가스가 유출되는 1 또는 복수의 연료 가스 유출구와, 상기 산화제 가스실로 산화제 가스가 유입되는 1 또는 복수의 산화제 가스 유입구 및 상기 산화제 가스실로부터 상기 산화제 가스가 유출되는 1 또는 복수의 산화제 가스 유출구를 구비하고, 적층 방향으로 볼 때 상기 연료 가스 유입구의 도심 (Cfi) 과 상기 연료 가스 유출구의 도심 (Cfo) 을 잇는 제 1 직선과, 상기 산화제 가스 유입구의 도심 (Cai) 과 상기 산화제 가스 유출구의 도심 (Cao) 을 잇는 제 2 직선이 교차하고, 또한 상기 산화제 가스 유출구의 도심 (Cao) 이, 상기 연료 가스 유출구의 도심 (Cfo) 보다 상기 연료 가스 유입구의 도심 (Cfi) 에 가까운 것을 특징으로 한다.

[0015] 본 제 1 양태의 평판형 연료 전지는, 적층 방향으로 볼 때 연료 가스 유입구의 도심 (Cfi) 과 연료 가스 유출구의 도심 (Cfo) 을 잇는 제 1 직선과, 산화제 가스 유입구의 도심 (Cai) 과 산화제 가스 유출구의 도심 (Cao) 을 잇는 제 2 직선이 교차하는 것이다. 즉, 연료 가스의 유로와 산화제 가스의 유로가 교차하는, 이른바 크로스 플로우의 유로를 가지고 있다.

[0016] 그리고, 이 크로스 플로우의 평판형 연료 전지에 있어서, 예를 들어 도 5 에 예시하는 바와 같이 적층 방향으로 볼 때 산화제 가스 유출구의 도심 (Cao) 이, 연료 가스 유출구의 도심 (Cfo) 보다, 연료 가스 유입구의 도심 (Cfi) 에 가깝도록 설정되어 있다.

[0017] 이와 같이 산화제 가스 유출구의 도심 (Cao) 이 설정되어 있음으로써, 종래 기술과 같은, 연료 가스의 농도가 높지만 산화제 가스의 농도가 낮아, 그다지 반응 (발전) 하지 않는 영역 R2 가 적어지고, 연료 가스의 농도 및 산화제 가스의 농도가 함께 높은 영역 RH 가 많아지므로, 출력 전압 (따라서 발전 성능) 이 높아진다는 현저한 효과를 발휘한다.

[0018] 또, 본 제 1 양태에서는, 연료 전지 단셀 자체의 발전 능력 (발전 효율) 을 향상시킬 수 있으므로, 복수의 연료 전지 단셀을 적층한 연료 전지 스택에 한정하지 않고, 1 개의 연료 전지 단셀을 사용한 1 단의 연료 전지에도 적용할 수 있다는 효과가 있다.

[0019] 또한, 예를 들어 연료 가스의 농도가 높지만 산화제 가스의 농도가 낮은 영역에 있어서는, 연료 전지 단셀의 열화가 생기기 쉽지만, 본 제 1 양태에서는, 그러한 영역이 적기 때문에, 연료 전지 단셀의 열화를 억제할 수 있어, 연료 전지의 내구성이 향상된다는 이점이 있다.

[0020] 여기서, 적층 방향으로 본다란, 연료극층과 공기극층과 고체 전해질층을 적층하는 방향 (적층 방향) 으로 본 경우를 나타내고 있다. 또, 도심이란, 평면에 있어서의 무게 중심을 나타내고 있고, 각 유입구나 각 유출구에 있어서의 도심이란, 각 유입구나 각 유출구를, 평판형 연료 전지가 확장되는 방향 (평면 방향 : 적층 방향과 수직인 방향) 으로 본 경우의 개구 부분의 무게 중심을 나타내고 있다. 또한, 각 유입구 (각 유출구도 동일) 가 복수 있는 경우의 무게 중심은, 모든 유입구 (또는 모든 유출구) 를 합한 평면에 있어서의 무게 중심을 나타낸다.

[0021] (2) 본 발명의 제 2 양태의 평판형 연료 전지에서는, 상기 적층 방향으로 볼 때, 상기 연료 가스 유출구의 도심 (Cfo) 이, 기준선 (Lf) 으로부터, 경계선 (Lfp) 측으로 거리 0.1Xp 이하 또는 경계선 (Lfm) 측으로 거리 0.1Xm 이하에 배치되고, 상기 산화제 가스 유입구의 도심 (Cai) 이, 기준선 (La) 으로부터, 경계선 (Lap) 측으로 거리 0.5Yp 이하 또는 경계선 (Lam) 측으로 거리 0.1Ym 이하에 배치되고, 상기 산화제 가스 유출구의 도심 (Cao) 이, 상기 기준선 (La) 으로부터 상기 경계선 (Lap) 측으로 거리 0.1Yp 이상 0.5Yp 이하에 배치되어 있다.

[0022] 또한, Lf, La, Lfp, Lfm, Lap, Lam, Xp, Xm, Yp, Ym 의 의미는, 하기와 같다 (이하 다른 양태 등에 있어서도 동일).

[0023] Lf : 상기 연료 가스 유입구의 도심 (Cfi) 과 상기 연료 전지 단셀의 도심 (g) 을 통과하는, 상기 연료 전지 단셀 상의 직선의 기준선

[0024] La : 상기 기준선 (Lf) 과 직교하고, 상기 도심 (g) 을 통과하는, 상기 연료 전지 단셀 상의 직선의 기준선

[0025] Lfp : 상기 기준선 (Lf) 보다 상기 산화제 가스 유입구의 도심 (Cai) 에 가깝고, 상기 기준선 (Lf) 과 평행 또한 거리가 가장 먼, 상기 연료 전지 단셀 상을 통과하는 직선의 경계선

[0026] Lfm : 상기 기준선 (Lf) 보다 상기 산화제 가스 유출구의 도심 (Cao) 에 가깝고, 상기 기준선 (Lf) 과 평행 또한 거리가 가장 먼, 상기 연료 전지 단셀 상을 통과하는 직선의 경계선

[0027] Lap : 상기 기준선 (La) 보다 상기 연료 가스 유입구의 도심 (Cfi) 에 가깝고, 상기 기준선 (La) 과 평행 또한 거리가 가장 먼, 상기 연료 전지 단셀 상을 통과하는 직선의 경계선

[0028] Lam : 상기 기준선 (La) 보다 상기 연료 가스 유출구의 도심 (Cfo) 에 가깝고, 상기 기준선 (La) 과 평행 또한 거리가 가장 먼, 상기 연료 전지 단셀 상을 통과하는 직선의 경계선

[0029] Xp : 상기 기준선 (Lf) 과 상기 경계선 (Lfp) 사이의 최단 거리

[0030] Xm : 상기 기준선 (Lf) 과 상기 경계선 (Lfm) 사이의 최단 거리

[0031] Yp : 상기 기준선 (La) 과 상기 경계선 (Lap) 사이의 최단 거리

[0032] Ym : 상기 기준선 (La) 과 상기 경계선 (Lam) 사이의 최단 거리

[0033] 본 제 2 양태에서는, 상기 서술한 바와 같이 연료 가스 유출구의 도심 (Cfo), 산화제 가스 유입구의 도심 (Cai), 산화제 가스 유출구의 도심 (Cao) 이 배치되어 있으므로 (예를 들어 도 7 참조), 후술하는 실험예로부터도 분명한 바와 같이, 평판형 연료 전지의 발전 능력이 높다는 효과가 있다.

[0034] (3) 본 발명의 제 3 양태의 평판형 연료 전지에서는, 상기 적층 방향으로 볼 때, 상기 산화제 가스 유입구의 도심 (Cai) 이, 상기 기준선 (La) 으로부터 상기 경계선 (Lap) 측으로 거리 0.3Yp 이상 0.5Yp 이하에 배치되고, 상기 산화제 가스 유출구의 도심 (Cao) 이, 상기 기준선 (La) 으로부터 상기 경계선 (Lap) 측으로 거리 0.3Yp 이상 0.5Yp 이하에 배치되어 있다.

[0035] 본 제 3 양태에서는, 상기 서술한 바와 같이 산화제 가스 유입구의 도심 (Cai), 산화제 가스 유출구의 도심 (Cao) 이 배치되어 있으므로 (예를 들어 도 8 참조), 후술하는 실험예로부터도 분명한 바와 같이 평판형 연료 전지의 발전 능력이 한층 높다는 효과가 있다.

[0036] (4) 본 발명의 제 4 양태의 평판형 연료 전지에서는, 상기 적층 방향으로 볼 때, 상기 산화제 가스 유입구의 도심 (Cai) 이, 상기 기준선 (La) 으로부터, 상기 경계선 (Lap) 측으로 거리 0.1Yp 이하 또는 경계선 (Lam) 측으로 거리 0.1Ym 이하에 배치되고, 상기 산화제 가스 유출구의 도심 (Cao) 이, 상기 기준선 (La) 으로부터 상기 경계선 (Lap) 측으로 거리 0.1Yp 이상 0.5Yp 이하에 배치되어 있다.

[0037] 본 제 4 양태에서는, 상기 서술한 바와 같이 산화제 가스 유입구의 도심 (Cai), 산화제 가스 유출구의 도심 (Cao) 이 배치되어 있으므로 (예를 들어 도 9 참조), 후술하는 실험예로부터도 분명한 바와 같이, 평판형 연료 전지의 발전 능력이 높다는 효과가 있다. 또, 산화제 가스 유입구의 도심 (Cai) 의 위치를 그다지 변경하지 않고, 산화제 가스 유출구의 도심 (Cao) 의 위치를 변경하는 것에 의해서도, 발전 능력을 높일 수 있다.

[0038] (5) 본 발명의 제 5 양태의 평판형 연료 전지에서는, 연료극층과 고체 전해질층과 공기극층이 적층된 연료 전지 단셀과, 상기 연료극층측에 배치되는 연료 가스실과, 상기 공기극층측에 배치되는 산화제 가스실과, 상기 연료 가스실로 연료 가스가 유입되는 1 또는 복수의 연료 가스 유입구 및 상기 연료 가스실로부터 상기 연료 가스가 유출되는 1 또는 복수의 연료 가스 유출구와, 상기 산화제 가스실로 산화제 가스가 유입되는 1 또는 복수의 산화제 가스 유입구 및 상기 산화제 가스실로부터 상기 산화제 가스가 유출되는 1 또는 복수의 산화제 가스 유출구를 구비한 평판형 연료 전지 단위가 복수 적층된 평판형 연료 전지로서, 상기 복수의 평판형 연료 전지 단위 중 적어도 어느 것이 상기 제 1 ~ 제 4 양태 중 어느 하나에 기재된 평판형 연료 전지이다.

[0039] 본 제 5 양태의 평판형 연료 전지는, 평판형 연료 전지 단위 (예를 들어 발전 단위) 가 복수 적층된 평판형 연료 전지 (예를 들어 연료 전지 스택) 로서, 상기 서술한 제 1 ~ 제 4 양태 중 어느 하나의 평판형 연료 전지를 구비하고 있으므로, 높은 출력 전압을 얻을 수 있다.

[0040] 또한, 연료 전지의 평면 형상 (적층 방향으로 볼 때의 형상) 이 사각형상인 경우에는, 하기 구성을 채용할 수 있다.

[0041] 연료 가스 및 산화제 가스가 각각 공급되는 제 1, 제 2 주면 (主面) 을 갖는 사각형 평판상의 연료 전지 단셀과, 상기 제 1 주면측에 배치되는 연료 가스실과, 상기 제 2 주면측에 배치되는 산화제 가스실을 구비함과 함께, 평면으로 볼 때 (주면에 대해 수직으로 본 경우) 에, 상기 연료 전지 단셀의 대향하는 1 쌍의 제 1 변 (예를 들어 도 5 의 제 1 변 (H1) 및 제 2 변 (H2)) 각각에 대응하여 배치된, 상기 연료 가스실로 연료 가스를 유입시키는 1 또는 복수의 연료 가스 유입구와 상기 연료 가스실로부터 연료 가스를 유출시키는 1 또는 복수의 연료 가스 유출구와, 상기 연료 전지 단셀의 상기 제 1 변과 상이한, 대향하는 1 쌍의 제 2 변 (예를 들어 도 5 의 제 3 변 (H3) 및 제 4 변 (H4)) 각각에 대응하여 배치된, 상기 산화제 가스실로 산화제 가스를 유입시키는 산화제 가스 유입구와 상기 산화제 가스실로부터 산화제 가스를 유출시키는 산화제 가스 유출구를 구비하고, 상기 산화제 가스 유출구의 도심 (Cao) 이, 상기 연료 가스 유출구의 도심 (Cfo) 보다, 상기 연료 가스 유입구의 도심 (Cfi) 에 가까운 것을 특징으로 하는 평판형 연료 전지.

도면의 간단한 설명

[0042] 도 1 은 제 1 실시형태의 연료 전지 스택의 사시도이다.

도 2 의 (a) 는 발전 단위를 적층 방향으로 파단하여 나타내는 단면도, (b) 는 발전 단위에 있어서의 연료 가스 및 산화제 가스의 유로를 나타내는 설명도이다.

도 3 은 발전 단위를 분해하여 나타내는 사시도이다.

도 4 는 연료 전지 단셀의 중앙측으로부터 본 각 프레임의 내주면을 나타내고, (a) 는 연료극 절연 프레임의 제 1 면을 나타내는 설명도, (b) 는 연료극 절연 프레임의 제 2 면을 나타내는 설명도, (c) 는 공기극 절연 프레임의 제 3 면을 나타내는 설명도, (d) 는 공기극 절연 프레임의 제 4 면을 나타내는 설명도이다.

도 5 의 (a) 는 제 1 실시형태의 발전 단위의 적층 방향으로 볼 때에 있어서의 유로를 나타내는 설명도, (b) 는 그 발전 단위에 있어서의 발전이 많은 영역을 나타내는 설명도이다.

도 6 의 (a) 는 제 2 실시형태의 발전 단위의 적층 방향으로 볼 때에 있어서의 유로를 나타내는 설명도, (b) 는 그 발전 단위에 있어서의 발전이 많은 영역을 나타내는 설명도이다.

도 7 은 제 3 실시형태의 발전 단위의 적층 방향으로 볼 때에 있어서의 유로를 나타내는 설명도이다.

도 8 은 제 4 실시형태의 발전 단위의 적층 방향으로 볼 때에 있어서의 유로를 나타내는 설명도이다.

도 9 는 제 5 실시형태의 발전 단위의 적층 방향으로 볼 때에 있어서의 유로를 나타내는 설명도이다.

도 10 은 제 6 실시형태의 발전 단위의 적층 방향으로 볼 때에 있어서의 유로를 나타내는 설명도이다.

도 11 은 실험 모델 2 의 발전 단위의 적층 방향으로 볼 때에 있어서의 유로를 나타내는 설명도이다.

도 12 는 실험예 2 의 실험 결과를 나타내고, 각 유로의 위치와 출력 전압의 변화의 관계를 나타내는 그래프이다.

도 13 은 종래 기술을 나타내고, (a) 는 연료 전지의 온도 분포와 출력 전압의 관계를 나타내는 그래프, (b) 는 발전 단위의 적층 방향으로 볼 때에 있어서의 유로와 발전이 많은 또는 적은 영역의 관계를 나타내는 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0043] 이하, 본 발명이 적용된 평판형 연료 전지로서, 고체 산화물형 연료 전지를 예로 들어 설명한다.

[0044] [제 1 실시형태]

[0045] a) 먼저, 본 제 1 실시형태의 평판형 연료 전지의 개략 구성에 대해 설명한다.

[0046] 도 1 에 나타내는 바와 같이, 본 제 1 실시형태의 평판형 연료 전지 (이하 간단히 「연료 전지」라고 칭하는 경우도 있다)(1) 는, 연료 가스 (예를 들어 수소) 와 산화제 가스 (예를 들어 공기, 상세하게는 공기 중의 산소) 의 공급을 받아 발전을 실시하는 장치이다.

[0047] 또한, 도면에 있어서는 산화제 가스는 「A」로 나타내고, 연료 가스는 「F」로 나타낸다. 또, 「IN」은 가스가 도입되는 것을 나타내고, 「OUT」은 가스가 배출되는 것을 나타낸다. 또한, 설명의 편의상 각 도면의 방향을 기준으로 「상」, 「하」 등의 방향을 표기하지만, 실제의 연료 전지 스택의 방향성을 규정하는 것은 아니다.

[0048] 본 제 1 실시형태의 연료 전지 (1) 는, 평판 형상 (직방체) 의 고체 산화물 연료 전지이고, 도 1 의 상하 방향의 양단 (兩端) 에 배치된 엔드 플레이트 (3, 5) 와, 그 사이에 배치된 층상 (평판 형상) 의 복수 (예를 들어 20 단) 의 발전 단위 (7) 가 적층된 연료 전지 스택이다.

[0049] 엔드 플레이트 (3, 5) 및 각 발전 단위 (7) 에는, 그것들을 적층 방향 (도 1의 상하 방향) 으로 관통하는 복수 (예를 들어 8 개) 의 볼트 삽입 통과 구멍 (9) 이 형성되어 있다. 이 볼트 삽입 통과 구멍 (9) 중 2 개는, 산화제 가스의 가스 유로로서 이용되고, 다른 2 개는, 연료 가스의 가스 유로로서 이용된다.

[0050] 그리고, 각 볼트 삽입 통과 구멍 (9) 에 배치된 각 볼트 (11a, 11b, 11c, 11d, 11e, 11f, 11g, 11h)(11 로 총칭한다) 와 각 볼트 (11) 에 나사 결합하는 각 너트 (13) 에 의해, 양 엔드 플레이트 (3, 5) 와 각 발전 단위 (7) 가 일체로 고정되어 있다.

[0051] 이 볼트 (11) 중 특정 (4 개) 볼트 (11b, 11d, 11f, 11h) 에는, 축 방향 (도 1 의 상하 방향) 을 따라, 산화제 가스 또는 연료 가스가 흐르는 내부 유로 (15) 가 형성되어 있다. 또한, 볼트 (11b) 는 연료 가스의 도입에 이용되고, 볼트 (11d) 는 산화제 가스의 도입에 이용되고, 볼트 (11f) 는 연료 가스의 배출에 이용되고, 볼트 (11h) 는 산화제 가스의 배출에 이용된다.

[0052] b) 다음으로, 발전 단위 (7) 의 구성에 대해, 상세하게 설명한다.

[0053] 도 2 에 나타내는 바와 같이, 발전 단위 (7) 는, 적층 방향 (도 2(a) 의 상하 방향) 의 양측에 배치된 1 쌍의 인터커넥터 (21a, 21b)(21 로 총칭한다) 사이에, 후술하는 연료 전지 단셀 (이하 간단히 「단셀」로 칭하는 경우도 있다)(17) 등의 발전에 필요한 구성을 배치한 것이다.

[0054] 상세하게는, 발전 단위 (7) 는, 금속제의 인터커넥터 (21a) 와, 공기극 절연 프레임 (23) 과, 금속제의 세퍼레이터 (25) 와, 금속제의 연료극 프레임 (27) 과, 연료극 절연 프레임 (29) 과, 금속제의 인터커넥터 (21b) 등이 적층된 것이다. 또한, 적층된 각 부재 (21, 23, 24, 27, 29) 에는, 각 볼트 (11) 가 삽입 통과되는 각 볼트 삽입 통과 구멍 (9) 이 형성되어 있다.

[0055] 또, 세퍼레이터 (25) 에는, 단셀 (17) 이 접합되고, 공기극 절연 프레임 (23) 의 프레임 내의 유로 (산화제 가스가 흐르는 공기 유로 : 산화제 가스실)(31) 에는, 공기극 집전체 (33) 가 배치되고, 연료극 프레임 (27) 및 연료극 절연 프레임 (29) 의 프레임 내의 유로 (연료 가스가 흐르는 연료 유로 : 연료 가스실)(35) 에는, 연료극 집전체 (37) 가 배치되어 있다.

[0056] 이하, 각 구성에 대해, 더욱 상세하게 설명한다.

[0057] <인터커넥터 (21)>

[0058] 도 3 에 나타내는 바와 같이, 인터커넥터 (21) 는, 도전성을 갖는 판재 (예를 들어 SUS430 등의 스테인리스강 등의 금속판) 로 이루어진다. 이 인터커넥터 (21) 는, 단셀 (17) 간의 도통을 확보하고, 또한 단셀 (17) 사이 (따라서 발전 단위 (7) 사이) 에서의 가스의 혼합을 방지하는 것이다.

[0059] 또한, 인터커넥터 (21) 는, 인접하는 발전 단위 (7) 사이에 배치되는 경우에는, 1 장 배치되어 있으면 된다. 또, 연료 전지 (1) 의 상단 (上端) 및 하단 (下端) 의 인터커넥터 (21) 는, 엔드 플레이트 (3, 5) 로서 이용되고 있다 (도 1 참조).

[0060] <공기극 절연 프레임 (23)>

[0061] 공기극 절연 프레임 (23) 은, 전기 절연성을 갖고, 적층 방향으로 볼 때 (도 2(a) 의 상하 방향으로 본 경우) 사각 (장방형) 프레임상의 판재이다. 공기극 절연 프레임 (23) 에는, 예를 들어 연질 마이카로 이루어지는 마이카 프레임이 사용된다. 이 공기극 절연 프레임 (23) 에는, 적층 방향으로 볼 때 그 중앙부에, 산화제 가스실 (31) 을 구성하는 장방형의 개구부 (23a) 가 형성되어 있다.

[0062] 또, 공기극 절연 프레임 (23) 에 있어서, 대향하는 프레임 부분 (장방형의 대변에 해당하는 부분) 에는, 산화제 가스의 유로로서 1 쌍의 긴 구멍인 구멍부 (41d, 41h) 가 형성되어 있다. 그리고, 후에 상세히 서술하는 바와 같이 일방의 구멍부 (41d) 에는, 개구부 (23a) 에 연통하는 유로인 복수 (예를 들어 4 개) 의 홈 (산화제 가스 유입구 (Ain) 용의 홈)(43d) 이 형성되고, 타방의 구멍부 (41h) 에는, 개구부 (23a) 에 연통하는 유로인 복수 (예를 들어 4 개) 의 홈 (산화제 가스 유출구 (Aout) 용의 홈)(43h) 이 형성되어 있다.

[0063] <공기극 집전체 (33)>

[0064] 공기극 집전체 (33) 는, 길이가 긴 도전성을 갖는 부재 (예를 들어 SUS430 등의 스테인리스강의 기둥재) 이다. 이 공기극 집전체 (33) 는, 공기극 절연 프레임 (23) 의 개구부 (23a) 내에서, 1 쌍의 볼트 삽입 통과 구멍 (9 (9d, 9h)) 의 배치 방향을 따라, 즉 산화제 가스의 유로를 따라 복수개가 배치되어 있다. 또한, 공기극 집전체 (33) 로는, 인터커넥터 (21) 의 산화제 가스실 (31) 측에, 직방체 형상의 볼록부를 격자상으로 배치한 것을 사용해도 된다.

[0065] <세퍼레이터 (25)>

[0066] 세퍼레이터 (25) 는, 적층 방향으로 볼 때 사각 (장방형) 프레임상의 도전성을 갖는 판재 (예를 들어 SUS430 등의 스테인리스강 등의 금속판) 이다. 이 세퍼레이터 (25) 에는, 적층 방향으로 볼 때 그 중앙부에, 장방형의 개구부 (25a) 가 형성되어 있고, 이 개구부 (25a) 를 따른 가장자리부 (하면측) 에, 단셀 (17) 의 외주 가장자리부 (상면측) 가 납땜 접합되어 있다. 요컨대, 단셀 (17) 은, 세퍼레이터 (25) 의 개구부 (25a) 를 폐색하도록 접합되어 있다.

[0067] <연료극 프레임 (27) >

[0068] 연료극 프레임 (27) 은, 적층 방향으로 볼 때 사각 (장방형) 프레임상의 도전성을 갖는 판재 (예를 들어 SUS430

등의 스테인리스강 등의 금속판) 이다. 이 연료극 프레임 (27) 에는, 적층 방향으로 볼 때 그 중앙부에, 연료 가스실 (35) 을 구성하는 장방형의 개구부 (27a) 가 형성되어 있다.

[0069] <연료극 절연 프레임 (29)>

[0070] 연료극 절연 프레임 (29) 은, 공기극 절연 프레임 (23) 과 마찬가지로, 전기 절연성을 갖는 적층 방향으로 볼 때 사각 (장방형) 프레임상의 판재이고, 연질 마이카로 이루어지는 마이카 프레임이다. 이 연료극 절연 프레임 (29) 에는, 적층 방향으로 볼 때 그 중앙부에, 연료 가스실 (35) 을 구성하는 장방형의 개구부 (29a) 가 형성되어 있다.

[0071] 또, 연료극 절연 프레임 (29) 에 있어서, 대향하는 프레임 부분 (장방형의 대변에 해당하는 부분) 에는, 연료 가스의 유로로서 1 쌍의 긴 구멍인 구멍부 (45b, 45f) 가 형성되어 있다. 그리고, 후에 상세히 서술하는 바와 같이 일방의 구멍부 (45b) 에는, 개구부 (29a) 에 연통하는 유로인 복수 (예를 들어 6 개) 의 홈 (연료 가스 유입구 (Fin) 용의 홈)(47b) 이 형성되고, 타방의 구멍 부분 (45f) 에는, 개구부 (29a) 에 연통하는 유로인 복수 (예를 들어 6 개) 의 홈 (연료 가스의 유출구 (Fout) 용의 홈)(47f) 이 형성되어 있다.

[0072] <연료극 집전체 (37)>

[0073] 연료극 집전체 (37) 는, 도 2(a) 에 나타내는 바와 같이, 마이카제의 심재인 탄성 (쿠션성) 을 갖는 스페이서 (51) 와 금속제의 도전판 (예를 들어 니켈제의 평판 형상의 망 또는 박)(53) 이 조합된 공지의 격자상 부재 (예를 들어 일본 공개특허공보 2013-55042호에 기재된 집전 부재 (19) 참조) 이다.

[0074] <연료 전지 단셀 (17)>

[0075] 단셀 (17) 은, 이른바 연료극 지지형의 단셀 (17) 이고, 고체 전해질층 (55) 을 사이에 두고 공기극층 (57) 과 연료극층 (59) 이 일체로 적층된 것이다. 또한, 단셀 (17) 은, 적층 방향으로 볼 때 사각형 (장방형) 이고, 그 제 1 주면측 (연료극층 (59) 측) 으로 연료 가스가 공급되고, 제 2 주면측 (공기극층 (57) 측) 으로 산화제 가스가 공급된다.

[0076] 이 중, 고체 전해질층 (55) 을 구성하는 재료로는, 예를 들어 지르코니아계, 세리아계, 페로브스카이트계의 전해질 재료를 들 수 있다. 지르코니아계 재료로는, 이트리아 안정화 지르코니아 (YSZ), 스칸디아 안정화 지르코니아 (ScSZ), 및 칼시아 안정화 지르코니아 (CaSZ) 를 들 수 있고, 일반적으로는 이트리아 안정화 지르코니아 (YSZ) 가 사용되는 예가 많다. 세리아계 재료로는, 이른바 희토류 원소 첨가 세리아가 사용되고, 페로브스카이트계 재료로는, 란탄 원소를 함유하는 페로브스카이트형 복산화물이 사용된다.

[0077] 공기극층 (57) 을 구성하는 재료로는, 페로브스카이트계 산화물, 각종 귀금속 및 귀금속과 세라믹의 서멧 등을 사용할 수 있다.

[0078] 연료극층 (59) 을 구성하는 재료로는, 예를 들어 Ni 및 Fe 등의 금속과, Sc, Y 등의 희토류 원소 중 적어도 1 종에 의해 안정화된 지르코니아 등의 ZrO_2 계 세라믹, CeO 계 세라믹 등의 세라믹의 혼합물을 들 수 있다. 또, Ni 등의 금속, 혹은 Ni 와 상기 세라믹의 서멧이나 Ni 기 합금을 사용할 수 있다.

[0079] c) 다음으로, 본 제 1 실시형태의 주요부인 연료 가스 및 산화제 가스의 유로에 대해 상세하게 설명한다.

[0080] 본 제 1 실시형태의 연료 전지 (1) 에서는, 도 3 및 도 4(a), (b) 에 나타내는 바와 같이, 상기 홈 (47b, 47f) 의 개구부 (29a) 측의 개구 부분으로서, 연료 가스실 (35) 로 연료 가스가 유입되는 복수 (예를 들어 6 개) 의 연료 가스 유입구 (Fin) 와, 연료 가스실 (35) 로부터 연료 가스가 유출되는 복수 (예를 들어 6 개) 의 연료 가스 유출구 (Fout) 를 구비하고 있다.

[0081] 또, 도 3 및 도 4(c), (d) 에 나타내는 바와 같이, 상기 홈 (41d, 41h) 의 개구부 (23a) 측의 개구 부분으로서, 산화제 가스실 (31) 로 산화제 가스가 유입되는 복수 (예를 들어 4 개) 의 산화제 가스 유입구 (Ain) 와, 산화제 가스실 (31) 로부터 산화제 가스가 유출되는 복수 (예를 들어 4 개) 의 산화제 가스 유출구 (Aout) 를 구비하고 있다. 또한, 각 유입구 (Fin, Ain) 나 각 유출구 (Fout, Aout) 는, 각각 복수개라도 1 개라도 된다.

[0082] 또, 이 연료 전지 (1) 에서는, 도 5(a) 에 나타내는 바와 같이, 적층 방향으로 볼 때, 연료 가스 유입구 (Fin) 의 도심 (Cfi) 과 연료 가스 유출구 (Fout) 의 도심 (Cfo) 을 잇는 제 1 직선 (L1) 과, 산화제 가스 유입구 (Ain) 의 도심 (Cai) 과 산화제 가스 유출구 (Aout) 의 도심 (Cao) 을 잇는 제 2 직선 (L2) 이, 단셀 (17) 의 도심 (g) 에서 교차하고 있다. 요컨대, 연료 전지 (1) 의 유로는, 연료 가스의 유로와 산화제 가스의 유로

가 교차하는 이른바 크로스 플로우이다 (도 2(b) 참조).

[0083] 또한, 적층 방향으로 볼 때, 산화제 가스 유출구 (Aout) 의 도심 (Cao) 이, 연료 가스 유출구 (Fout) 의 도심 (Cfo) 보다, 연료 가스 유입구 (Fin) 의 도심 (Cfi) 에 가깝도록 설정되어 있다. 또한, 이 조건을 이하에서는 「유로 배치 조건 1」로 칭한다.

[0084] 또한, 도 5 에 있어서, 외측의 선으로 둘러싸인 장방형의 제 1 프레임 (W1) 이, 공기극 절연 프레임 (23) 및 연료극 절연 프레임 (29) 의 내주 (내주면의 어느 위치) 를 나타내고, 내측의 선으로 둘러싸인 장방형의 제 2 프레임 (W2) 이, 단셀 (17) 의 외주를 나타내고 있다 (이하 동일). 또, 도 5 에 있어서 Lf, La, Lfp, Lfm, Lap, Lam, Xp, Xm, Yp, Ym 의 의미는, 상기 서술한 바와 같다 (이하 동일).

[0085] 여기서, 도심에 대해 도 3 ~ 도 5 를 참조하여 설명한다.

[0086] 도심이란, 각 유입구 (Fin, Ain) 또는 각 유출구 (Fout, Aout) 를 적층 방향 (도 3, 도 4 의 상하 방향) 과 수직의 방향으로 본 경우 (예를 들어 공기극층 (57) 이 확장되는 평면 방향을 따라 본 경우), 그 평면 형상에 있어서의 무게 중심을 나타내고 있다. 또한, 유입구 (Fin, Ain) 또는 유출구 (Fout, Aout) 가 복수 있는 경우에는, 각 유입구 (Fin, Ain) 또는 각 유출구 (Fout, Aout) 를 합한 평면 도형 (즉 전체의 평면 도형) 에 있어서의 무게 중심을 도심으로 한다.

[0087] 구체적으로는, 연료극 절연 프레임 (29) 의 내주면 중, 연료 가스 유입구 (Fin) 가 형성된 측을, 내주면에 대해 수직으로 본 경우에는, 상기 도 4(a) 에 나타내는 바와 같이, 내주면의 1 개 면 (단책상의 제 1 면 (M1)) 에는 6 개의 연료 가스 유입구 (Fin) 가 있으므로, 6 개의 연료 가스 유입구 (Fin) 전체의 평면 도형에 있어서의 무게 중심을 도심 (Cfi) 으로 한다.

[0088] 여기서는, 예를 들어 연료 가스 유입구 (Fin) 전체의 도심 (Cfi) 은, 제 1 면 (M1) 의 좌우 방향에 있어서의 중앙에 설정되어 있다. 따라서, 적층 방향으로 볼 때에는, 연료 가스 유입구 (Fin) 전체의 도심 (Cfi) 은, 제 1 프레임 (W1) 의 제 1 변 (H1) 의 중점에 위치하고 있다 (도 5(a) 참조).

[0089] 마찬가지로, 연료극 절연 프레임 (29) 의 내주면 중, 연료 가스 유출구 (Fout) 가 형성된 측을, 내주면에 대해 수직으로 본 경우에는, 상기 도 4(b) 에 나타내는 바와 같이 제 1 면 (M1) 과 반대측인 단책상의 제 2 면 (M2) 에는 6 개의 연료 가스 유출구 (Fout) 가 있으므로, 6 개의 연료 가스 유출구 (Fout) 전체의 평면 도형에 있어서의 무게 중심을 도심 (Cfo) 으로 한다.

[0090] 여기서는, 예를 들어 연료 가스 유출구 (Fout) 전체의 도심 (Cfo) 은, 제 2 면 (M2) 의 좌우 방향에 있어서의 중앙에 설정되어 있다. 따라서, 적층 방향으로 볼 때에는, 연료 가스 유출구 (Fout) 전체의 도심 (Cfo) 은, 제 1 프레임 (W1) 의 제 1 변 (H1) 과 대향하는 제 2 변 (H2) 의 중점에 위치하고 있다 (도 5(a) 참조).

[0091] 한편, 공기극 절연 프레임 (23) 의 내주면 중, 산화제 가스 유입구 (Ain) 가 형성된 측을, 내주면에 대해 수직으로 본 경우에는, 상기 도 4(c) 에 나타내는 바와 같이 내주면의 1 개 면 (단책상의 제 3 면 (M3)) 에는 4 개의 산화제 가스 유입구 (Ain) 가 있으므로, 4 개의 산화제 가스 유입구 (Ain) 전체의 평면 도형에 있어서의 무게 중심을 도심 (Cai) 으로 한다.

[0092] 여기서는, 예를 들어 각 산화제 가스 유입구 (Ain) 는, 동 도면의 좌측으로 치우쳐 배치되어 있으므로, 산화제 가스 유입구 (Ain) 전체의 도심 (Cai) 은, 제 3 면 (M3) 의 좌우 방향에 있어서의 중앙으로부터 좌측으로 어긋나 있다. 따라서, 적층 방향으로 볼 때에는, 산화제 가스 유입구 (Ain) 전체의 도심 (Cai) 은, 제 1 프레임 (W1) 의 제 3 변 (H3) 의 중점으로부터 제 1 변 (H1) 측으로, 바꾸어 말하면 연료 가스 유입구 (Fin) 의 도심 (Cfi) 측으로 어긋나 있다 (도 5(a) 참조).

[0093] 마찬가지로, 공기극 절연 프레임 (23) 의 내주면 중, 산화제 가스 유출구 (Aout) 가 형성된 측을, 내주면에 대해 수직으로 본 경우에는, 상기 도 4(d) 에 나타내는 바와 같이 제 3 면 (M3) 과 반대측인 단책상의 제 4 면 (M4) 에는 4 개의 산화제 가스 유출구 (Aout) 가 있으므로, 4 개의 산화제 가스 유출구 (Aout) 전체의 평면 도형에 있어서의 무게 중심을 도심 (Cao) 으로 한다.

[0094] 여기서는, 각 산화제 가스 유출구 (Aout) 는, 동 도면의 우측으로 치우쳐 배치되어 있으므로, 산화제 가스 유출구 (Aout) 전체의 도심 (Cao) 은, 제 4 면 (M4) 의 좌우 방향에 있어서의 중앙으로부터 우측으로 어긋나 있다. 따라서, 적층 방향으로 볼 때에는, 산화제 가스 유출구 (Aout) 전체의 도심 (Cao) 은, 제 1 프레임 (W1) 의 제 4 변 (H4) 의 중점으로부터 제 1 변 (H1) 측으로, 바꾸어 말하면 연료 가스 유입구 (Fin) 의 도심 (Cfi) 측

으로 어긋나 있다 (도 5(a) 참조).

[0095] 또한, 도 3 ~ 도 5 에 나타내는 바와 같은 각 유입구 (Fin, Ain) 나 각 유출구 (Fout, Aout) 의 위치는, 바람직한 일례를 나타내고 있는 것이고, 상기 서술한 「(크로스 플로우에 있어서의) 유로 배치 조건 1」의 조건을 만족하고 있는 한은, 이 예로 한정되는 것은 아니다.

[0096] d) 다음으로, 연료 전지 (1) 의 제조 방법에 대해 간단하게 설명한다.

[0097] [각 부재의 제조 공정]

[0098] 먼저, 예를 들어 SUS430 으로 이루어지는 판재를 타발하여, 인터커넥터 (21), 연료극 프레임 (27), 세퍼레이터 (25), 엔드 플레이트 (3, 5) 를 제작하였다.

[0099] 또, 주지의 연질 마이카로 이루어지는 마이카 시트에 대해, 펀칭 가공이나 홈 가공 등에 의해, 상기 도 3 에 나타내는 프레임 형상의 공기극 절연 프레임 (23) 과 연료극 절연 프레임 (29) 을 제작하였다.

[0100] [연료 전지 단셀 (17) 의 제조 공정]

[0101] 단셀 (17) 을, 정법에 따라 제조하였다.

[0102] 구체적으로는, 먼저 연료극층 (59) 을 형성하기 위해서, 예를 들어 이트리아 안정화 지르코니아 (YSZ) 분말을 40 ~ 70 질량부와, 산화니켈 분말을 40 ~ 70 질량부와, 바인더 용액으로 이루어지는 재료를 사용하여, 연료극 페이스트를 제조하였다. 그리고, 이 연료극 페이스트를 사용하여, 연료극 그린 시트를 제작하였다.

[0103] 또, 고체 전해질층 (55) 을 제작하기 위해서, 예를 들어 YSZ 분말과 바인더 용액으로 이루어지는 재료를 사용하여, 고체 전해질 페이스트를 제조하였다. 그리고, 이 고체 전해질 페이스트를 사용하여, 고체 전해질 그린 시트를 제작하였다.

[0104] 다음으로, 연료극 그린 시트 상에, 고체 전해질 그린 시트를 적층하였다. 그리고, 그 적층체를, 1200 ~ 1500 ℃ 에서 1 ~ 10 시간 가열함으로써, 소결 적층체를 형성하였다.

[0105] 또, 공기극층 (57) 을 형성하기 위해서, 예를 들어 $La_{1-x}Sr_xCo_{1-y}Fe_yO_3$ 분말과, 바인더 용액으로 이루어지는 재료를 사용하여, 공기극 페이스트를 제조하였다.

[0106] 다음으로, 상기 소결 적층체에 있어서의 고체 전해질층 (55) 의 표면에, 공기극 페이스트를 인쇄하였다. 그리고, 그 인쇄한 공기극 페이스트를, 소성에 의해 치밀해지지 않도록, 900 ~ 1200 ℃ 에서 1 ~ 5 시간 소성하여, 공기극층 (57) 을 형성하였다.

[0107] 이로써, 단셀 (17) 이 완성되었다. 또한, 단셀 (17) 에는, 세퍼레이터 (25) 를 납땜하여 고정하였다.

[0108] [연료 전지 (1) 의 제조 공정]

[0109] 다음으로, 상기 서술한 각 부재를, 상기 도 1 에 나타내는 바와 같이 원하는 단수 적층하고, 그 적층 방향의 양방의 단부 (端部) 에, 엔드 플레이트 (3, 5) 를 적층하여, 적층체를 구성하였다.

[0110] 그리고, 이 적층체의 볼트 삽입 통과 구멍 (9) 에 볼트 (11) 를 끼워 넣음과 함께, 각 볼트 (11) 에 너트 (13) 를 나사 결합시켜 체결하고, 적층체를 가압하여 일체화하여 고정하였다.

[0111] 이로써, 본 제 1 실시형태의 연료 전지 (1) 가 완성되었다.

[0112] e) 본 제 1 실시형태의 효과에 대해 설명한다.

[0113] 본 제 1 실시형태의 연료 전지 (1) 는, 연료 가스의 유로와 산화제 가스의 유로가 교차하는, 이른바 크로스 플로우의 유로를 가지고 있다. 그리고, 이 크로스 플로우의 유로를 갖는 연료 전지 (1) 에 있어서, 적층 방향으로 볼 때에 산화제 가스 유출구 (Aout) 의 도심 (Cao) 이, 연료 가스 유출구 (Fout) 의 도심 (Cfo) 보다, 연료 가스 유입구 (Fin) 의 도심 (Cfi) 에 가깝도록 설정되어 있다. 즉, 상기 서술한 「유로 배치 조건 1」을 만족하도록, 연료 가스의 유로와 산화제 가스의 유로가 설정되어 있다.

[0114] 이와 같이 산화제 가스 유출구 (Aout) 의 도심 (Cao) 이 설정되어 있음으로써, 종래 기술과 같은, 연료 가스의 농도가 높지만 산화제 가스의 농도가 낮아, 그다지 반응 (발전) 하지 않는 영역이 적어지고, 도 5(b) 에 나타내는 바와 같이 연료 가스의 농도 및 산화제 가스의 농도가 함께 높은 영역 RH 가 많아진다. 예를 들어, 영역 RH 가 단셀 (17) 의 절반 정도나 되므로, 출력 전압 (따라서 발전 성능) 이 높아진다는 현저한 효과를

발휘한다.

[0115] 또, 본 제 1 실시형태에서는, 단셀 (17) 자체의 발전 능력 (발전 효율) 을 향상시킬 수 있으므로, 복수의 단셀 (17) 을 적층한 연료 전지 스택에 한정하지 않고, 1 개의 단셀 (17) 을 사용한 1 단의 연료 전지 (1) 에도 적용할 수 있다는 효과가 있다.

[0116] 또한, 예를 들어 연료 가스의 농도가 높지만 산화제 가스의 농도가 낮은 영역에 있어서는, 단셀 (17) 의 열화가 생기기 쉽지만, 본 제 1 실시형태에서는, 그러한 영역이 적기 때문에, 단셀 (17) 의 열화를 억제할 수 있어, 연료 전지 (1) 의 내구성이 향상된다는 이점이 있다.

[0117] [제 2 실시형태]

[0118] 다음으로, 제 2 실시형태에 대해 설명하지만, 제 1 실시형태와 동일한 내용의 설명은 생략한다. 또한, 제 1 실시형태와 동일한 구성에는, 동일한 번호를 붙이고 설명한다.

[0119] 본 제 2 실시형태의 연료 전지 (1) 는, 산화제 가스의 유로와 연료 가스의 유로를, 상기 서술한 제 1 실시형태의 「유로 배치 조건 1」을 만족하도록 규정한 것이다.

[0120] 상세하게는, 도 6(a) 에 나타내는 바와 같이 산화제 가스 유입구 (Ain) 의 도심 (Cai) 은, 제 1 프레임 (W1) 의 제 3 변 (H3) 의 중점에 설정되어 있고, 산화제 가스 유출구 (Aout) 의 도심 (Cao) 은, 제 1 프레임 (W1) 의 제 4 변 (H4) 의 중점보다 연료 가스 유입구 (Fin) 의 도심 (Cfi) 측으로 치우쳐 설정되어 있다. 이로써, 산화제 가스의 흐름은, 대략 도 6 의 우측으로부터 비스듬하게 좌상방을 향하는 흐름이 된다.

[0121] 본 제 2 실시형태에 있어서도, 상기 서술한 「유로 배치 조건 1」을 만족하도록, 연료 가스의 유로와 산화제 가스의 유로가 설정되어 있으므로, 도 6(b) 에 나타내는 바와 같이 연료 가스의 농도 및 산화제 가스의 농도가 함께 높은 영역 RH 가 많아진다.

[0122] 이로써, 상기 제 1 실시형태와 동일한 효과를 발휘한다.

[0123] [제 3 실시형태]

[0124] 다음으로, 제 3 실시형태에 대해 설명하지만, 제 1 실시형태와 동일한 내용의 설명은 생략한다. 또한, 제 1 실시형태와 동일한 구성에는, 동일한 번호를 붙이고 설명한다.

[0125] 본 제 3 실시형태의 연료 전지 (1) 는, 산화제 가스의 유로와 연료 가스의 유로를, 상기 제 1 실시형태의 「유로 배치 조건 1」을 만족함과 함께, 하기 「유로 배치 조건 2」를 만족하도록 규정한 것이다.

[0126] 상세하게는, 본 제 3 실시형태의 연료 전지 (1) 에서는, 도 7 에 나타내는 바와 같이 적층 방향으로 볼 때, 연료 가스 유출구 (Fout) 의 도심 (Cfo) 이, 기준선 (Lf) 으로부터 경계선 (Lfp) 측으로 거리 0.1Xp 이하 또는 경계선 (Lfm) 측으로 거리 0.1Xm 이하에 배치되고, 산화제 가스 유입구 (Ain) 의 도심 (Cai) 이, 기준선 (La) 으로부터, 경계선 (Lap) 측으로 거리 0.5Yp 이하 또는 경계선 (Lam) 측으로 거리 0.1Ym 이하에 배치되고, 산화제 가스 유출구 (43h) 의 도심 (Cao) 이, 기준선 (La) 으로부터 경계선 (Lap) 측으로 거리 0.1Yp 이상 0.5Yp 이하에 배치되어 있다 (유로 배치 조건 2).

[0127] 또한, 도 7 에 있어서, 제 3 변 (H3) 의 띠상의 사선 부분이, 산화제 가스 유입구 (Ain) 의 도심 (Cai) 이 배치되는 범위이고, 제 4 변 (H4) 의 띠상의 사선 부분이, 산화제 가스 유출구 (Aout) 의 도심 (Cao) 이 배치되는 범위이다.

[0128] 이와 같은 구성에 의해, 본 제 3 실시형태에서는, 상기 제 1 실시형태와 동일한 효과를 발휘한다. 또, 후술하는 실험예 1 에 나타내는 바와 같이, 「유로 배치 조건 2」를 만족함으로써 한층 발전 능력이 높다는 효과를 발휘한다.

[0129] [제 4 실시형태]

[0130] 다음으로, 제 4 실시형태에 대해 설명하지만, 제 1 실시형태와 동일한 내용의 설명은 생략한다. 또한, 제 1 실시형태와 동일한 구성에는, 동일한 번호를 붙이고 설명한다.

[0131] 본 제 4 실시형태의 연료 전지 (1) 는, 산화제 가스의 유로와 연료 가스의 유로를, 상기 제 1 실시형태의 「유로 배치 조건 1」을 만족함과 함께, 하기 「유로 배치 조건 3」을 만족하도록 규정한 것이다.

[0132] 상세하게는, 본 제 4 실시형태의 연료 전지 (1) 에서는, 도 8 에 나타내는 바와 같이 적층 방향으로 볼 때, 산

화제 가스 유입구 (Ain) 의 도심 (Cai) 이, 기준선 (La) 으로부터 경계선 (Lap) 측으로 거리 0.3Yp 이상 0.5Yp 이하에 배치되고, 산화제 가스 유출구 (Aout) 의 도심 (Cao) 이, 기준선 (La) 으로부터 경계선 (Lap) 측으로 거리 0.3Yp 이상 0.5Yp 이하에 배치되어 있다 (유로 배치 조건 3).

[0133] 또한, 도 8 에 있어서, 제 3 변 (H3) 의 띠상의 사선 부분이, 산화제 가스 유입구 (Ain) 의 도심 (Cai) 이 배치되는 범위이고, 제 4 변 (H4) 의 띠상의 사선 부분이, 산화제 가스 유출구 (Aout) 의 도심 (Cao) 이 배치되는 범위이다.

[0134] 이와 같은 구성에 의해, 본 제 4 실시형태에서는, 상기 제 1 실시형태와 동일한 효과를 발휘한다. 또, 후술하는 실험예 1 에 나타내는 바와 같이 「유로 배치 조건 3」을 만족하는 것에 의해, 한층 더 발전 능력이 높다는 효과를 발휘한다.

[0135] [제 5 실시형태]

[0136] 다음으로, 제 5 실시형태에 대해 설명하지만, 제 1 실시형태와 동일한 내용의 설명은 생략한다. 또한, 제 1 실시형태와 동일한 구성에는, 동일한 번호를 붙이고 설명한다.

[0137] 본 제 5 실시형태의 연료 전지 (1) 는, 산화제 가스의 유로와 연료 가스의 유로를, 상기 제 1 실시형태의 「유로 배치 조건 1」을 만족함과 함께, 하기 「유로 배치 조건 4」를 만족하도록 규정한 것이다.

[0138] 상세하게는, 본 제 5 실시형태의 연료 전지 (1) 에서는, 도 9 에 나타내는 바와 같이 적층 방향으로 볼 때, 산화제 가스 유입구 (Ain) 의 도심 (Cai) 이, 기준선 (La) 으로부터, 경계선 (Lap) 측으로 거리 0.1Yp 이하 또는 경계선 (Lam) 측으로 거리 0.1Ym 이하에 배치되고, 산화제 가스 유출구 (Aout) 의 도심 (Cao) 이, 기준선 (La) 으로부터 경계선 (Lap) 측으로 거리 0.1Yp 이상 0.5Yp 이하에 배치되어 있다 (유로 배치 조건 4).

[0139] 또한, 도 9 에 있어서, 제 3 변 (H3) 의 띠상의 사선 부분이, 산화제 가스 유입구 (Ain) 의 도심 (Cai) 이 배치되는 범위이고, 제 4 변 (H4) 의 띠상의 사선 부분이, 산화제 가스 유출구 (Aout) 의 도심 (Cao) 이 배치되는 범위이다.

[0140] 이와 같은 구성에 의해, 본 제 5 실시형태에서는, 상기 제 1 실시형태와 동일한 효과를 발휘한다. 또, 후술하는 실험예 1 에 나타내는 바와 같이, 「유로 배치 조건 4」를 만족하는 것에 의해, 발전 능력이 높다는 효과를 발휘한다.

[0141] 또, 산화제 가스 유입구 (Ain) 의 도심 (Cai) 의 위치를 그다지 바꾸지 않고, 산화제 가스 유출구 (Aout) 의 도심 (Cao) 의 위치를 바꾸는 것에 의해서도, 발전 능력을 높일 수 있다는 이점이 있다.

[0142] [제 6 실시형태]

[0143] 다음으로, 제 6 실시형태에 대해 설명하지만, 제 1 실시형태와 동일한 내용의 설명은 생략한다. 또한, 제 1 실시형태와 동일한 구성에는 동일한 번호를 붙이고 설명한다.

[0144] 본 제 6 실시형태의 연료 전지 (1) 는, 도 10 에 나타내는 바와 같이, 단셀 (17) 이나 공기극 절연 프레임 (23) 이나 연료극 절연 프레임 (29) 등의 평면 형상은, 상기 제 1 실시형태와 동일한 장방형이지만, 연료 가스 유입구 (Fin) 의 도심 (Cfi) 과 연료 가스 유출구 (Fout) 의 도심 (Cfo) 의 위치를, 동 도면의 상하 방향으로 일치시키는 것이 아니라, 동 도면의 좌우 방향으로 크게 어긋나게 한 것이다.

[0145] 예를 들어, 연료 가스 유입구 (Fin) 의 도심 (Cfi) 을 제 1 변 (H1) 의 중점보다 우측으로 어긋나게 하고, 연료 가스 유출구 (Fout) 의 도심 (Cfo) 을 제 2 변 (H2) 의 중점보다 좌측으로 어긋나게 하고 있다.

[0146] 또, 산화제 가스 유입구 (Ain) 의 도심 (Cai) 을 제 3 변 (H3) 의 중점으로 하고, 산화제 가스 유출구 (Aout) 의 도심 (Cao) 을 제 4 변 (H4) 의 중점보다 상방으로 어긋나게 하고 있다.

[0147] 이와 같은 구성의 경우라도, 상기 서술한 「유로 배치 조건 1」의 조건을 만족하는 것에 의해, 혹은 「유로 배치 조건 1」에 추가로 「유로 배치 조건 2」 ~ 「유로 배치 조건 4」 중 어느 조건을 만족하는 것에 의해, 상기 각 실시형태와 동일한 효과를 발휘한다.

[0148] [실험예]

[0149] 다음으로, 본 발명의 효과를 확인하기 위해서 실시한 실험예에 대해 설명한다.

[0150] <실험예 1>

[0151] 본 실험예 1 에서는, 컴퓨터 시뮬레이션을 위해서, 1 장의 단셀을 사용한 1 단의 발전 단위의 평판형의 고체 산화물형 연료 전지에 대해, 실험 대상의 모델 (실험 모델 1) 과 기준의 모델 (기준 모델 : 기준 셀) 을 설정하였다.

[0152] 그리고, 시뮬레이션에 의해, 실험 모델 1 의 산화제 가스 유입구의 도심 (Cai) 과 산화제 가스 유출구의 도심 (Cao) 의 위치를 변경하고, 각각의 출력 전압을 구함과 함께, 기준 모델의 출력 전압을 구하고, 기준 모델에 대한 실험 모델 1 의 출력 전압의 변화량을 구하였다. 이하, 상세하게 설명한다.

[0153] a) 실험 모델 1 의 구조

[0154] 실험 모델 1 의 기본적인 구조는, 예를 들어 상기 제 1 실시형태에 있어서의 1 개의 발전 단위와 동일한 것이다.

[0155] 상세하게는, 실험 모델 1 에서는, 발전 단위, 단셀, 연료 가스실, 산화제 가스실 등의 각 부재의 평면 형상 (적층 방향으로 봄) 을, 정방형으로 하고, 각 부재의 사이즈는 하기와 같이 설정하였다. 또, 각 부재의 재질은, 상기 제 1 실시형태와 동일하게 하였다.

[0156] 평면으로 볼 때의 사이즈

[0157] 연료 가스실 및 산화제 가스실 : 12 cm × 12 cm, 단셀 : 9 cm × 9 cm

[0158] 또, 연료 가스 유입구의 도심 (Cfi) 의 위치는, 예를 들어 도 7(a) 에 나타내는 바와 같이 제 1 변 (H1) 의 중점으로 하였다. 연료 가스 유출구의 도심 (Cfo) 에 대해서는, 제조 편차 등을 고려하여 Xp, Xm 의 10 % 이내의 범위의 임의의 위치로 하였다.

[0159] 또한, 기준 모델에서는, 연료 가스 유입구의 도심 (Cfi), 연료 가스 유출구의 도심 (Cfo), 산화제 가스 유입구의 도심 (Cai), 산화제 가스 유출구의 도심 (Cao) 의 위치는, 제 1 프레임 (W1) 의 각 변 (H1 ~ H4) 의 중점에 설정하였다.

[0160] b) 실험 모델 1 및 기준 모델의 운전의 조건

[0161] 연료 전지의 소정의 발전 온도로, 소정 시간, 연료 가스 (예를 들어, 수소, 질소, 물 (수증기) 의 혼합 가스 등) 와 산화제 가스 (예를 들어, 공기 (산소, 질소의 혼합 가스 등)) 를, 유량 일정으로서 공급하고, 실험 모델 1 및 기준 모델의 운전을 실시하였다.

[0162] 그리고, 하기 표 1 ~ 표 3 에 나타내는 바와 같이, 연료 가스 유출구의 도심 (Cfo) 을, 0, 0.1Xm, 0.1Xp 로 하고, 산화제 가스 유입구의 도심 (Cai) 및 산화제 가스 유출구의 도심 (Cao) 을 Ym ~ Yp 의 범위 내의 각 값으로 하고, 상기 서술한 운전 조건으로 시뮬레이션을 실시하고, 실험 모델 1 의 각 도심 (Cfo), Cai, Cao 를 변경했을 때의 기준 모델로부터의 출력 전압의 변화량을 구하였다.

[0163] 이 결과를, 동일하게 표 1 ~ 표 3 에 기재한다. 또한, 표 1 ~ 표 3 에서는, 기준 모델에 대한 실험 모델 1 의 출력 전압의 변화량 dVolt [%] 를 나타내고 있다.

[0164] 또한, 연료 가스 유출구의 도심 (Cfo) 에 대해서는, Xp 로 표현하고 있는 경우에는 Lf 보다 Lfp 측, Xm 으로 표현하고 있는 경우에는 Lf 보다 Lfm 측에 있는 것으로 한다. 또, Lf 상에 위치하는 경우에는 0 으로 한다.

[0165] 산화제 가스 유입구의 도심 (Cai), 산화제 가스 유출구의 도심 (Cao) 에 대해서는, Yp 로 표현하고 있는 경우에는 La 보다 Lap 측, Ym 으로 표현하고 있는 경우에는 La 보다 Lam 측에 있는 것으로 한다. 또, La 상에 위치하는 경우에는 0 으로 한다.

표 1

[0166]

Cfo	Cai	Cao																				
		Ym	0.9Ym	0.8Ym	0.7Ym	0.6Ym	0.5Ym	0.4Ym	0.3Ym	0.2Ym	0.1Ym	0	0.1Yp	0.2Yp	0.3Yp	0.4Yp	0.5Yp	0.6Yp	0.7Yp	0.8Yp	0.9Yp	Yp
0	Ym	-4.51	-4.35	-4.17	-3.96	-3.73	-3.47	-3.20	-2.92	-2.62	-2.33	-2.02	-1.71	-1.41	-1.13	-0.90	-0.75	-0.71	-0.81	-1.06	-1.44	-1.92
	0.9Ym	-4.36	-4.16	-3.93	-3.67	-3.38	-3.09	-2.79	-2.48	-2.19	-1.89	-1.60	-1.30	-1.02	-0.76	-0.54	-0.40	-0.38	-0.50	-0.77	-1.18	-1.70
	0.8Ym	-4.18	-3.92	-3.64	-3.32	-2.99	-2.66	-2.34	-2.03	-1.74	-1.47	-1.20	-0.94	-0.69	-0.46	-0.28	-0.16	-0.16	-0.30	-0.60	-1.03	-1.57
	0.7Ym	-3.97	-3.66	-3.31	-2.94	-2.57	-2.21	-1.88	-1.58	-1.32	-1.08	-0.86	-0.65	-0.44	-0.26	-0.10	-0.02	-0.05	-0.21	-0.52	-0.97	-1.52
	0.6Ym	-3.74	-3.37	-2.96	-2.54	-2.13	-1.75	-1.43	-1.16	-0.93	-0.74	-0.58	-0.42	-0.27	-0.12	-0.01	0.03	-0.02	-0.21	-0.53	-0.99	-1.54
	0.5Ym	-3.52	-3.08	-2.61	-2.14	-1.70	-1.32	-1.01	-0.77	-0.59	-0.46	-0.35	-0.25	-0.15	-0.05	0.03	0.04	-0.04	-0.25	-0.59	-1.06	-1.62
	0.4Ym	-3.30	-2.81	-2.29	-1.78	-1.32	-0.94	-0.65	-0.45	-0.33	-0.25	-0.19	-0.13	-0.07	-0.00	0.04	0.02	-0.09	-0.32	-0.68	-1.16	-1.72
	0.3Ym	-3.12	-2.58	-2.03	-1.49	-1.02	-0.64	-0.38	-0.22	-0.14	-0.10	-0.08	-0.05	-0.01	0.04	0.06	0.02	-0.12	-0.38	-0.76	-1.26	-1.82
	0.2Ym	-3.00	-2.43	-1.85	-1.30	-0.82	-0.46	-0.22	-0.09	-0.04	-0.03	-0.02	0.00	0.04	0.09	0.10	0.04	-0.12	-0.41	-0.82	-1.33	-1.91
	0.1Ym	-2.95	-2.37	-1.78	-1.23	-0.76	-0.41	-0.19	-0.07	-0.03	-0.01	0.00	0.04	0.11	0.16	0.18	0.11	-0.08	-0.40	-0.85	-1.39	-1.98
	0	-2.98	-2.41	-1.84	-1.30	-0.85	-0.51	-0.29	-0.16	-0.10	-0.06	0.00	0.08	0.18	0.26	0.28	0.20	-0.01	-0.36	-0.84	-1.41	-2.03
	0.1Yp	-3.09	-2.55	-2.01	-1.50	-1.07	-0.74	-0.51	-0.35	-0.25	-0.15	-0.03	0.12	0.26	0.38	0.41	0.33	0.09	-0.30	-0.82	-1.43	-2.07
	0.2Yp	-3.26	-2.78	-2.29	-1.82	-1.41	-1.08	-0.83	-0.63	-0.46	-0.28	-0.08	0.14	0.35	0.50	0.55	0.45	0.18	-0.24	-0.80	-1.44	-2.10
	0.3Yp	-3.50	-3.08	-2.64	-2.22	-1.84	-1.51	-1.23	-0.97	-0.72	-0.45	-0.16	0.14	0.41	0.60	0.66	0.55	0.26	-0.20	-0.79	-1.45	-2.13
	0.4Yp	-3.76	-3.41	-3.04	-2.67	-2.31	-1.98	-1.67	-1.35	-1.02	-0.65	-0.27	0.11	0.44	0.66	0.73	0.60	0.28	-0.20	-0.82	-1.50	-2.18
	0.5Yp	-4.02	-3.74	-3.44	-3.12	-2.80	-2.47	-2.12	-1.75	-1.34	-0.89	-0.42	0.03	0.41	0.65	0.72	0.58	0.25	-0.26	-0.89	-1.58	-2.26
	0.6Yp	-4.27	-4.05	-3.81	-3.55	-3.25	-2.93	-2.56	-2.14	-1.67	-1.15	-0.61	-0.11	0.29	0.55	0.62	0.48	0.13	-0.39	-1.02	-1.70	-2.37
	0.7Yp	-4.48	-4.33	-4.14	-3.92	-3.66	-3.34	-2.97	-2.52	-2.00	-1.44	-0.87	-0.34	0.09	0.35	0.42	0.27	-0.08	-0.59	-1.21	-1.87	-2.51
	0.8Yp	-4.65	-4.55	-4.41	-4.23	-4.00	-3.70	-3.32	-2.87	-2.34	-1.76	-1.17	-0.64	-0.22	0.05	0.11	-0.04	-0.39	-0.88	-1.47	-2.09	-2.69
	0.9Yp	-4.78	-4.71	-4.61	-4.47	-4.26	-3.99	-3.63	-3.19	-2.67	-2.10	-1.54	-1.02	-0.61	-0.36	-0.31	-0.45	-0.77	-1.23	-1.78	-2.35	-2.90
	Yp	-4.86	-4.82	-4.75	-4.64	-4.46	-4.22	-3.89	-3.48	-2.99	-2.47	-1.94	-1.46	-1.08	-0.86	-0.81	-0.94	-1.23	-1.65	-2.14	-2.65	-3.14

표 2

[0167]

Cfo	Cai	Cao																				
		Ym	0.9Ym	0.8Ym	0.7Ym	0.6Ym	0.5Ym	0.4Ym	0.3Ym	0.2Ym	0.1Ym	0	0.1Yp	0.2Yp	0.3Yp	0.4Yp	0.5Yp	0.6Yp	0.7Yp	0.8Yp	0.9Yp	Yp
0.1Xm	Ym	-4.51	-4.36	-4.19	-3.98	-3.75	-3.50	-3.24	-2.96	-2.69	-2.41	-2.14	-1.87	-1.61	-1.37	-1.17	-1.05	-1.03	-1.14	-1.37	-1.73	-2.17
	0.9Ym	-4.37	-4.17	-3.94	-3.69	-3.41	-3.12	-2.83	-2.54	-2.25	-1.98	-1.71	-1.46	-1.21	-0.99	-0.82	-0.71	-0.71	-0.84	-1.10	-1.49	-1.96
	0.8Ym	-4.19	-3.94	-3.66	-3.35	-3.02	-2.70	-2.38	-2.09	-1.81	-1.55	-1.31	-1.09	-0.88	-0.69	-0.54	-0.46	-0.49	-0.64	-0.92	-1.33	-1.83
	0.7Ym	-3.98	-3.68	-3.33	-2.97	-2.60	-2.25	-1.92	-1.63	-1.38	-1.16	-0.96	-0.78	-0.61	-0.46	-0.35	-0.30	-0.35	-0.53	-0.83	-1.26	-1.77
	0.6Ym	-3.76	-3.39	-2.99	-2.57	-2.16	-1.79	-1.47	-1.20	-0.98	-0.80	-0.65	-0.52	-0.40	-0.29	-0.22	-0.21	-0.29	-0.49	-0.81	-1.25	-1.78
	0.5Ym	-3.54	-3.10	-2.64	-2.17	-1.74	-1.35	-1.04	-0.80	-0.63	-0.50	-0.41	-0.33	-0.25	-0.18	-0.14	-0.16	-0.27	-0.50	-0.84	-1.29	-1.83
	0.4Ym	-3.32	-2.84	-2.32	-1.81	-1.35	-0.97	-0.68	-0.47	-0.35	-0.27	-0.22	-0.18	-0.14	-0.10	-0.09	-0.14	-0.27	-0.52	-0.89	-1.35	-1.90
	0.3Ym	-3.15	-2.61	-2.06	-1.52	-1.05	-0.67	-0.40	-0.23	-0.14	-0.11	-0.09	-0.07	-0.05	-0.03	-0.03	-0.10	-0.26	-0.54	-0.93	-1.42	-1.97
	0.2Ym	-3.02	-2.46	-1.88	-1.33	-0.85	-0.48	-0.23	-0.09	-0.03	-0.01	-0.01	0.01	0.03	0.05	0.04	-0.04	-0.23	-0.53	-0.95	-1.46	-2.03
	0.1Ym	-2.97	-2.40	-1.81	-1.26	-0.78	-0.43	-0.19	-0.06	-0.00	0.02	0.03	0.07	0.11	0.15	0.14	0.05	-0.16	-0.50	-0.95	-1.49	-2.08
	0	-2.99	-2.43	-1.86	-1.32	-0.86	-0.51	-0.28	-0.14	-0.07	-0.02	0.04	0.11	0.20	0.26	0.26	0.16	-0.07	-0.44	-0.92	-1.50	-2.11
	0.1Yp	-3.10	-2.57	-2.02	-1.51	-1.07	-0.73	-0.49	-0.32	-0.21	-0.11	0.01	0.15	0.28	0.38	0.40	0.29	0.03	-0.37	-0.89	-1.50	-2.13
	0.2Yp	-3.27	-2.79	-2.29	-1.82	-1.40	-1.06	-0.80	-0.60	-0.42	-0.24	-0.04	0.17	0.36	0.50	0.53	0.41	0.13	-0.30	-0.86	-1.49	-2.15
	0.3Yp	-3.49	-3.07	-2.63	-2.21	-1.82	-1.48	-1.19	-0.94	-0.68	-0.41	-0.13	0.16	0.42	0.59	0.63	0.51	0.20	-0.26	-0.85	-1.51	-2.18
	0.4Yp	-3.75	-3.39	-3.02	-2.65	-2.29	-1.95	-1.63	-1.31	-0.98	-0.62	-0.25	0.12	0.43	0.64	0.69	0.55	0.23	-0.26	-0.87	-1.55	-2.23
	0.5Yp	-4.01	-3.72	-3.41	-3.09	-2.76	-2.43	-2.08	-1.71	-1.30	-0.86	-0.41	0.03	0.39	0.62	0.67	0.53	0.19	-0.32	-0.95	-1.63	-2.31
	0.6Yp	-4.25	-4.03	-3.79	-3.51	-3.22	-2.89	-2.52	-2.11	-1.64	-1.13	-0.61	-0.13	0.26	0.51	0.57	0.41	0.06	-0.45	-1.08	-1.75	-2.41
	0.7Yp	-4.46	-4.30	-4.11	-3.89	-3.62	-3.30	-2.93	-2.49	-1.98	-1.43	-0.88	-0.36	0.05	0.30	0.36	0.20	-0.15	-0.66	-1.27	-1.92	-2.55
	0.8Yp	-4.63	-4.52	-4.38	-4.19	-3.96	-3.66	-3.29	-2.84	-2.32	-1.76	-1.19	-0.67	-0.26	-0.01	0.04	-0.11	-0.45	-0.94	-1.52	-2.14	-2.73
	0.9Yp	-4.76	-4.68	-4.58	-4.43	-4.23	-3.96	-3.60	-3.17	-2.66	-2.11	-1.56	-1.06	-0.66	-0.43	-0.38	-0.52	-0.84	-1.29	-1.83	-2.39	-2.94
	Yp	-4.85	-4.80	-4.72	-4.61	-4.43	-4.19	-3.87	-3.46	-2.99	-2.48	-1.96	-1.50	-1.13	-0.92	-0.87	-1.00	-1.29	-1.70	-2.18	-2.69	-3.17

표 3

Cfo	Cai	Cao																					
		Ym	0.9Ym	0.8Ym	0.7Ym	0.6Ym	0.5Ym	0.4Ym	0.3Ym	0.2Ym	0.1Ym	0	0.1Yp	0.2Yp	0.3Yp	0.4Yp	0.5Yp	0.6Yp	0.7Yp	0.8Yp	0.9Yp	Yp
0.1Xp	Ym	-4.51	-4.36	-4.18	-3.97	-3.74	-3.48	-3.21	-2.92	-2.62	-2.30	-1.98	-1.58	-1.26	-0.95	-0.77	-0.64	-0.51	-0.58	-0.83	-1.23	-1.73
	0.9Ym	-4.37	-4.17	-3.94	-3.68	-3.40	-3.10	-2.80	-2.49	-2.18	-1.87	-1.56	-1.18	-0.88	-0.59	-0.42	-0.30	-0.19	-0.29	-0.56	-0.98	-1.51
	0.8Ym	-4.19	-3.94	-3.66	-3.34	-3.02	-2.68	-2.36	-2.04	-1.74	-1.46	-1.17	-0.84	-0.57	-0.32	-0.17	-0.07	0.01	-0.11	-0.40	-0.84	-1.39
	0.7Ym	-3.99	-3.68	-3.33	-2.97	-2.60	-2.24	-1.90	-1.60	-1.32	-1.07	-0.84	-0.57	-0.35	-0.14	-0.02	0.06	0.10	-0.05	-0.35	-0.80	-1.37
	0.6Ym	-3.77	-3.40	-2.99	-2.57	-2.16	-1.78	-1.45	-1.17	-0.94	-0.74	-0.56	-0.36	-0.20	-0.05	0.04	0.10	0.10	-0.09	-0.40	-0.86	-1.42
	0.5Ym	-3.54	-3.11	-2.65	-2.18	-1.74	-1.36	-1.04	-0.79	-0.60	-0.46	-0.35	-0.22	-0.11	-0.01	0.05	0.08	0.04	-0.18	-0.51	-0.97	-1.53
	0.4Ym	-3.34	-2.85	-2.34	-1.83	-1.37	-0.98	-0.68	-0.47	-0.34	-0.25	-0.19	-0.12	-0.06	0.01	0.04	0.05	-0.04	-0.30	-0.64	-1.11	-1.66
	0.3Ym	-3.17	-2.64	-2.08	-1.55	-1.07	-0.69	-0.42	-0.24	-0.15	-0.11	-0.09	-0.06	-0.02	0.02	0.03	0.02	-0.11	-0.40	-0.77	-1.25	-1.80
	0.2Ym	-3.05	-2.49	-1.92	-1.37	-0.89	-0.52	-0.26	-0.11	-0.05	-0.03	-0.03	-0.01	0.02	0.05	0.05	0.03	-0.14	-0.47	-0.87	-1.37	-1.93
	0.1Ym	-3.00	-2.44	-1.86	-1.31	-0.84	-0.48	-0.24	-0.10	-0.04	-0.02	-0.01	0.03	0.07	0.11	0.10	0.08	-0.12	-0.50	-0.93	-1.45	-2.03
	0	-3.04	-2.49	-1.92	-1.39	-0.93	-0.58	-0.34	-0.20	-0.12	-0.07	-0.02	0.08	0.14	0.19	0.19	0.17	-0.06	-0.49	-0.95	-1.50	-2.10
	0.1Yp	-3.15	-2.64	-2.10	-1.60	-1.17	-0.82	-0.57	-0.40	-0.28	-0.17	-0.06	0.10	0.23	0.30	0.31	0.28	0.02	-0.45	-0.95	-1.53	-2.15
	0.2Yp	-3.34	-2.87	-2.39	-1.93	-1.51	-1.17	-0.91	-0.69	-0.51	-0.32	-0.12	0.12	0.31	0.42	0.43	0.40	0.11	-0.40	-0.94	-1.55	-2.19
	0.3Yp	-3.57	-3.17	-2.74	-2.33	-1.95	-1.61	-1.32	-1.05	-0.78	-0.51	-0.22	0.12	0.37	0.51	0.54	0.50	0.18	-0.37	-0.94	-1.58	-2.23
	0.4Yp	-3.83	-3.49	-3.14	-2.78	-2.43	-2.09	-1.77	-1.44	-1.09	-0.72	-0.34	0.09	0.39	0.57	0.59	0.56	0.21	-0.37	-0.97	-1.63	-2.29
	0.5Yp	-4.09	-3.83	-3.54	-3.23	-2.91	-2.58	-2.23	-1.84	-1.42	-0.97	-0.51	0.01	0.36	0.55	0.58	0.54	0.18	-0.43	-1.04	-1.70	-2.36
	0.6Yp	-4.33	-4.14	-3.91	-3.65	-3.37	-3.04	-2.67	-2.24	-1.76	-1.24	-0.72	-0.14	0.24	0.45	0.49	0.44	0.07	-0.55	-1.17	-1.82	-2.47
	0.7Yp	-4.54	-4.40	-4.23	-4.02	-3.76	-3.45	-3.07	-2.62	-2.10	-1.54	-0.97	-0.37	0.04	0.25	0.28	0.24	-0.14	-0.75	-1.35	-1.99	-2.61
	0.8Yp	-4.70	-4.61	-4.49	-4.32	-4.09	-3.80	-3.42	-2.96	-2.43	-1.86	-1.28	-0.67	-0.26	-0.05	-0.02	-0.07	-0.44	-1.02	-1.59	-2.19	-2.78
	0.9Yp	-4.82	-4.77	-4.68	-4.54	-4.35	-4.08	-3.72	-3.28	-2.76	-2.20	-1.64	-1.04	-0.66	-0.45	-0.43	-0.47	-0.82	-1.36	-1.89	-2.45	-2.98
	Yp	-4.90	-4.87	-4.81	-4.70	-4.53	-4.29	-3.97	-3.56	-3.08	-2.55	-2.03	-1.48	-1.12	-0.94	-0.91	-0.95	-1.27	-1.76	-2.23	-2.73	-3.20

[0168]

[0169] 이 표 1 ~ 표 3 으로부터 분명한 바와 같이, 상기 도 7 과 같이 산화제 가스 유입구의 도심 (Cai) 을 0.1Ym ~ 0.5Yp 로 하고, 또한 산화제 가스 유출구의 도심 (Cao) 을 0.1Yp ~ 0.5Yp 로 한 경우 (각 표의 우측 및 좌측으로 경사진 사선 부분 참조) 에는, 출력 전압이 향상된 것을 알 수 있다.

[0170] 또, 상기 도 8 과 같이, 산화제 가스 유입구의 도심 (Cai) 을 0.3p ~ 0.5Yp 로 하고, 또한 산화제 가스 유출구의 도심 (Cao) 을 0.3Yp ~ 0.5Yp 로 한 경우 (각 표의 우측으로 경사진 사선 부분 참조) 에는, 더욱 출력 전압이 향상되는 것을 알 수 있다.

[0171] <실험예 2>

[0172] 본 실험예 2 에서는, 상기 실험예 1 에 있어서, 연료 가스 유입구의 도심 (Cfi) 의 위치를 기준으로 하여, 다른 연료 가스 유출입구의 도심 (Cfo), 산화제 가스 유입구의 도심 (Cai), 산화제 가스 유출입구의 도심 (Cao) 의

위치를 설정한 근거를, 실험 모델 2 를 사용하여 확인한 실험예 (시뮬레이션) 에 대해 설명한다.

[0173] 도 11 에 실험 모델 2 의 구조를 나타내지만, 실험 모델 2 에서는, 연료 가스 유입구의 도심 (Cfi) 은 제 1 변 (H1) 의 중점에 설정되고, 연료 가스 유출구의 도심 (Cfo) 은 제 2 변 (H2) 의 중점에 설정되고, 산화제 가스 유입구의 도심 (Cai) 은 제 3 변 (H3) 의 중점에 설정되고, 산화제 가스 유출구의 도심 (Cao) 은 제 4 변 (H4) 의 중점에 설정되어 있다.

[0174] 그리고, 이 실험 모델 2 에 있어서, 하기 표 4 및 도 12 에 나타내는 바와 같이, 1 개의 유로 (도심) 의 위치를 변경하고 (단 나머지 3 개의 유로의 위치는 실험 모델 2 그대로), 상기 실험예 1 의 운전 조건으로 발전을 실시한 경우의 출력 전압을 구하였다. 그리고, 이 유로를 변경한 경우의 출력 전압과 유로를 변경하지 않은 기준의 실험 모델 2 (이 경우의 기준 셀) 의 출력 전압의 경우를 비교하였다. 즉, 기준 셀에 대한 유로를 변경한 실험 모델 2 의 출력 전압의 변화량을 구하였다. 그 결과를, 동일하게 표 4 및 도 12 에 나타낸다.

[0175] 또한, 도 12 의 가로축은, 각 변에 있어서의 각 유로의 위치 (즉 연료 가스 유입구의 도심 (Cfi), 연료 가스 유출구의 도심 (Cfo), 산화제 가스 유입구의 도심 (Cai), 산화제 가스 유출구의 도심 (Cao)) 의 중점으로부터의 어긋남을 나타내고 있고, 0 이 중점의 위치에 있는 것을 나타내고 있다.

표 4

[0176]

유로 위치	기준 셀에 대한 출력 전압의 변화량 [%]			
	Cfi	Cfo	Cai	Cao
Xm Ym	-8.31	-2.06	-2.02	-2.98
0.75Xm 0.75Ym	-8.09	-0.79	-1.03	-1.56
0.5Xm 0.5Ym	-6.37	-0.04	-0.35	-0.51
0.25Xm 0.25Ym	-2.42	0.10	-0.05	-0.12
0	0.00	0.00	0.00	0.00
0.25Xp 0.25Yp	-1.78	-0.02	-0.12	0.23
0.5Xp 0.5Yp	-5.51	-0.11	-0.42	0.20
0.75Xp 0.75Yp	-7.42	-0.66	-1.01	-0.59
Xp Yp	-7.81	-1.75	-1.94	-2.03

[0177] 이 표 4 및 도 12 로부터 분명한 바와 같이, 연료 가스 유입구의 도심 (Cfi) 의 위치의 출력 전압에 대한 감도가, 다른 유로 (즉 연료 가스 유출구의 도심 (Cfo), 산화제 가스 유입구의 도심 (Cai), 산화제 가스 유출구의 도심 (Cao)) 의 위치에 비해 현저히 큰 것을 알 수 있다. 또, 연료 가스 유입구의 도심 (Cfi) 의 위치가 0 일 때, 즉 연료의 흐름 방향에 대한 셀폭의 중앙부 (즉 제 1 변 (H1) 의 중점) 에 존재할 때, 출력 전압은 극대가 되는 것을 알 수 있다. 따라서, 연료 가스 유입구의 도심 (Cfi) 의 위치를 기준으로 하는 것이 바람직한 것을 알 수 있다.

[0178] 요컨대, 연료 가스 유입구의 도심 (Cfi) 을 셀 중심선 (제 1 변 (H1) 의 중점을 통과하는 선) 으로부터 어긋나게 하면, 출력 전압이 현저하게 저하하므로, 연료 가스 유입구의 도심 (Cfi) 을 셀 중심선 상에 고정하였다.

[0179] 또한, 연료 가스 유출구의 도심 (Cfo) 에 대해서도, 셀 중심선 (제 2 변 (H2) 의 중점을 통과하는 선) 에 있을 때, 출력 전압이 가장 높기 때문에, 동일하게 고정하였다 (단 제조 편차는 고려한 범위로 하였다).

[0180] 이 실험예 2 로부터 분명한 바와 같이, 연료 전지에 있어서는, 적층 방향으로 볼 때에 있어서의 산소 농도의 분포가 중요하다고 생각되므로, 상기 서술한 각 실시형태에서는, 특히 산화제 가스 유입구의 도심 (Cfi) 과 산화제 가스 유입구의 도심 (Cao) 의 위치 등에 대해 규정하고 있다.

[0181] 이상, 본 발명의 실시형태에 대해 설명했지만, 본 발명은, 상기 실시형태로 한정되는 것은 아니고, 여러 가지 양태를 취할 수 있다.

[0182] (1) 예를 들어, 본 발명은, 예를 들어 ZrO_2 계 세라믹 등을 전해질로 하는 고체 산화물형 연료 전지 (SOFC), 고

분자 전해질막을 전해질로 하는 고체 고분자형 연료 전지 (PEFC), Li-Na/K 계 탄산염을 전해질로 하는 용융 탄산염형 연료 전지 (MCFC), 인산을 전해질로 하는 인산형 연료 전지 (PAFC) 등의 연료 전지에 적용할 수 있다.

[0183] (2) 또, 본 발명에서는, 단셀, 발전 단위, 연료 전지 스택 등의 평면 형상으로는, 사각형상 (예를 들어 장방형, 정방형) 에 한정하지 않고, 다각형이나 만곡된 형상 (예를 들어 원형) 등, 각종 형상을 채용할 수 있다.

[0184] (3) 또한, 본 발명의 연료 전지로는, 판상의 단셀 (발전 단위) 이 적층된 복수단의 연료 전지 스택 이외에, 1 개의 판상의 단셀 (발전 단위) 로 이루어지는 1 단의 연료 전지를 채용할 수 있다. 또, 연료 전지 스택의 전부의 발전 단위 중, 1 또는 복수단만 본 발명의 구성을 구비한 발전 단위로 해도 된다.

부호의 설명

[0185] 1 : 평판형 연료 전지 (연료 전지 스택)

7 : 발전 단위

17 : 연료 전지 단셀

31 : 산화제 가스실 (공기 유로)

35 : 연료 가스실 (연료 유로)

55 : 고체 전해질층

59 : 연료극

57 : 공기극층

Fin : 연료 가스 유입구

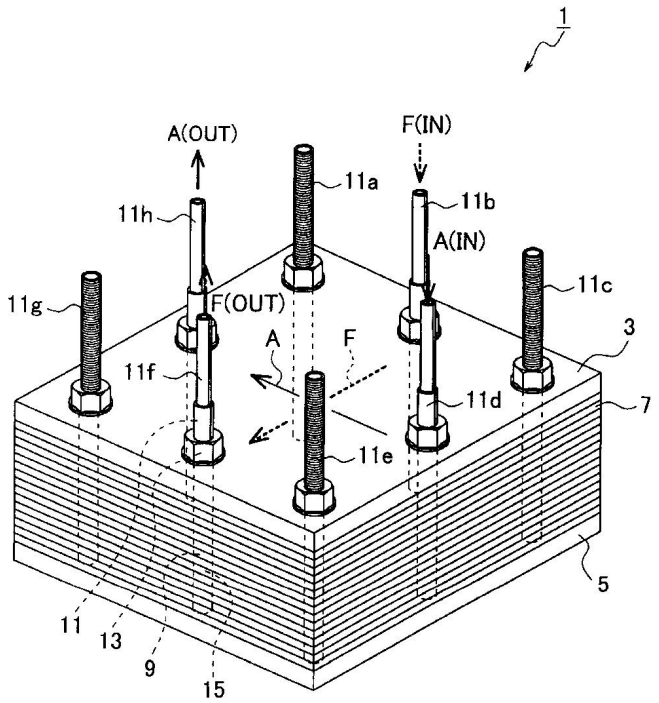
Fout : 연료 가스 유출구

Ain : 산화제 가스 유입구

Aout : 산화제 가스 유출구

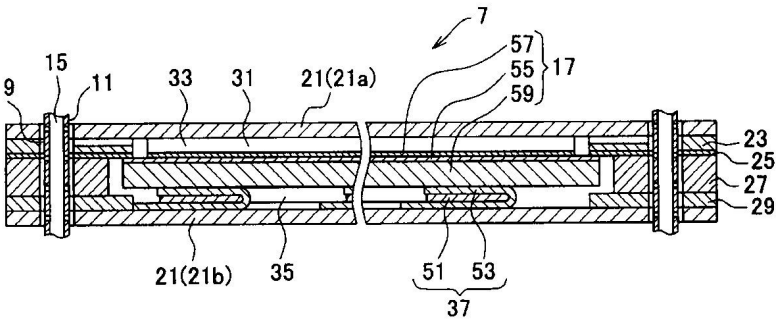
도면

도면1

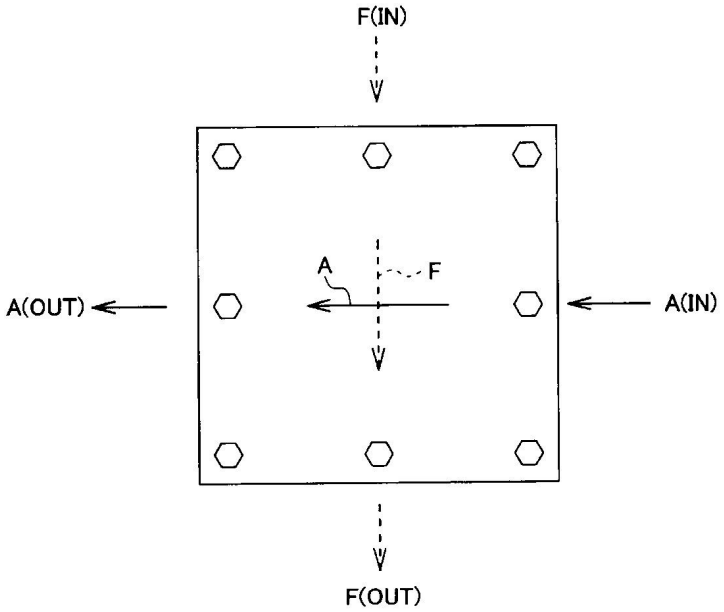


도면2

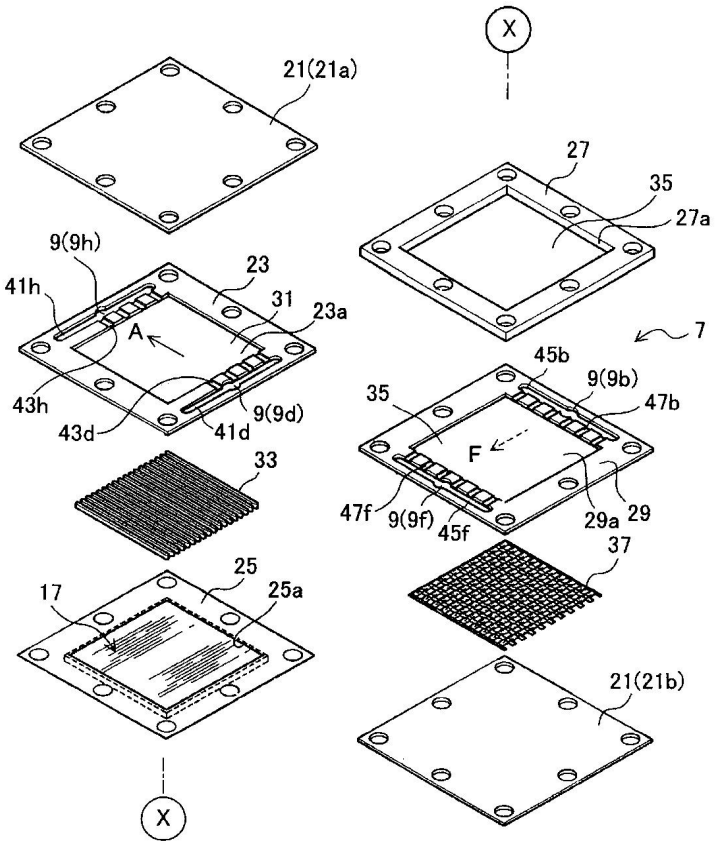
(a)


7
57
55
59
17
15
9
11
33
31
21(21a)
23
25
27
29
21(21b)
35
51
53
37

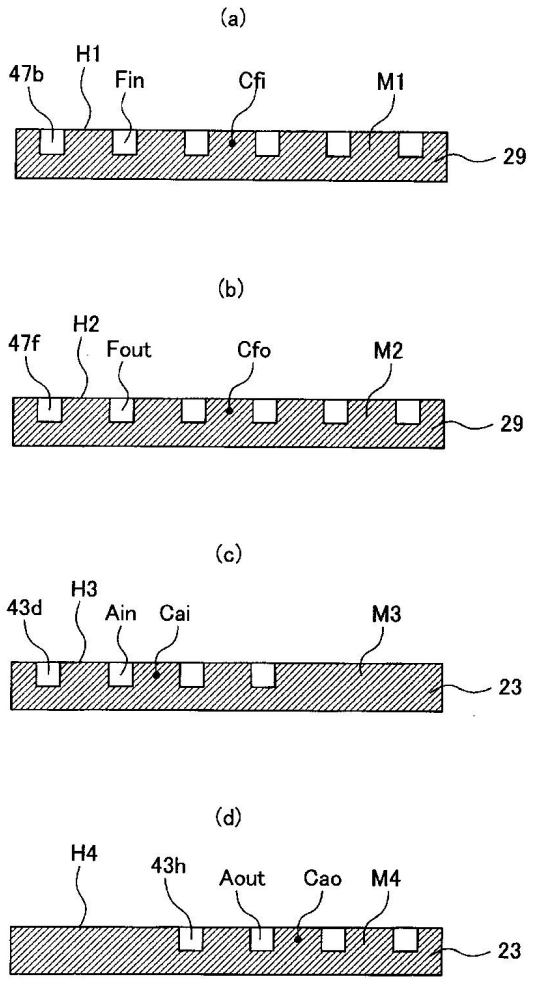
(b)


F(IN)
A
F
A(OUT)
A(IN)
F(OUT)

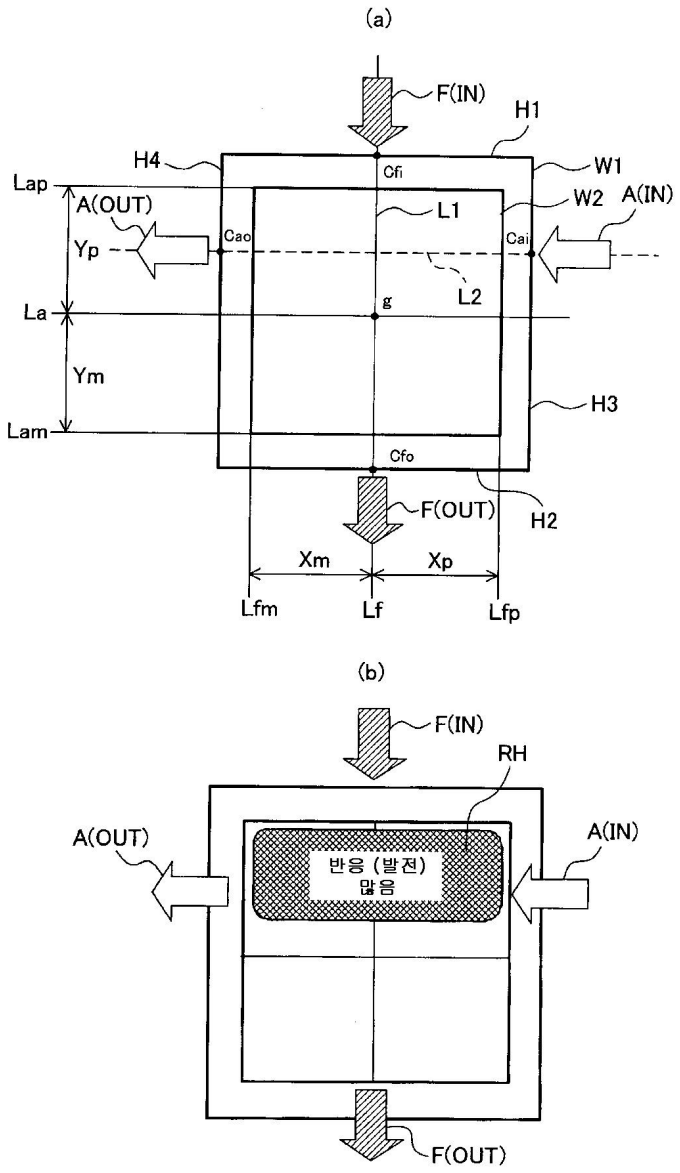
도면3


X
21(21a)
27
35
27a
9(9h)
23
41h
31
23a
A
7
45b
9(9b)
35
47b
43h
9(9d)
43d
41d
F
33
47f
9(9f)
45f
29a
29
37
25
17
25a
21(21b)
X

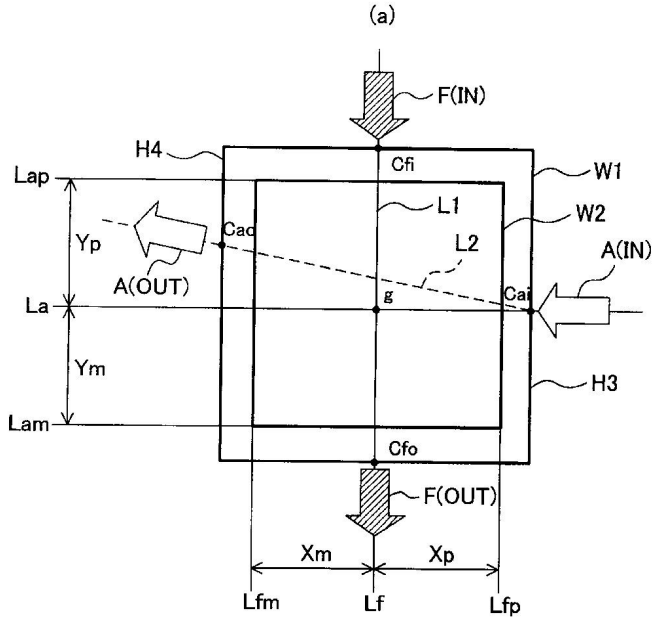
도면4

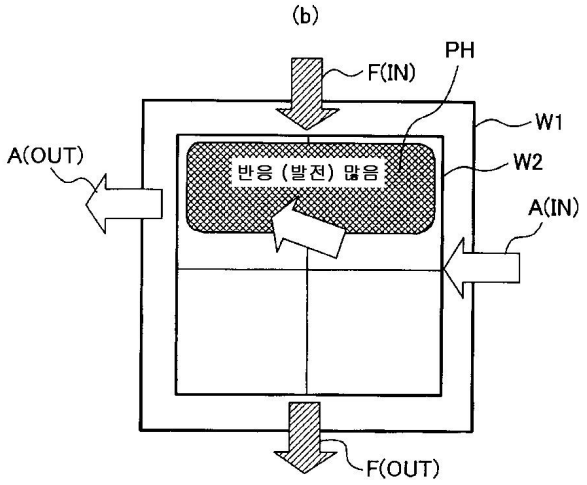

(a)
47b
H1
Fin
Cfi
M1
29
(b)
47f
H2
Fout
Cfo
M2
29
(c)
43d
H3
Ain
Cai
M3
23
(d)
H4
43h
Aout
Cao
M4
23

도면5

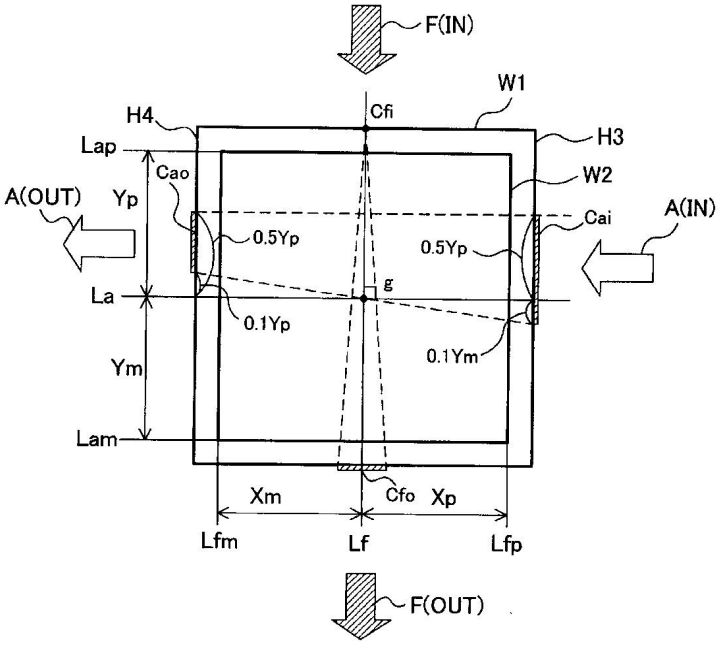

(a)
F(IN)
H1
H4
W1
Lap
Cfi
A(OUT)
L1
W2
A(IN)
Cao
Cai
Yp
L2
g
La
Ym
H3
Lam
Cfo
F(OUT)
H2
Xm
Xp
Lfm
Lf
Lfp
(b)
F(IN)
RH
A(OUT)
A(IN)
반응 (발전)
많음
F(OUT)

도면6

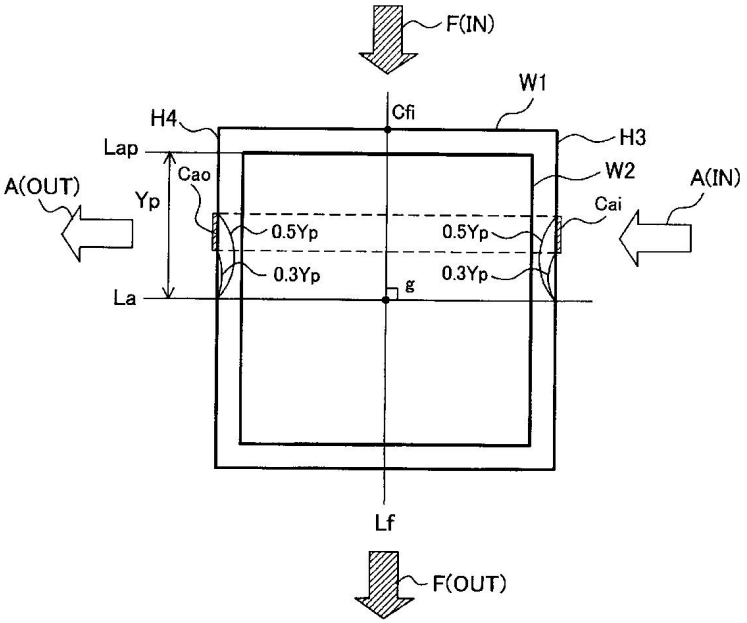

(a)
F(IN)
H4
Cfi
W1
Lap
L1
W2
Yp
Cao
L2
A(IN)
A(OUT)
g
Cai
La
Ym
H3
Lam
Cfo
F(OUT)
Xm
Xp
Lfm
Lf
Lfp


(b)
PH
F(IN)
W1
A(OUT)
반응 (발전) 많음
W2
A(IN)
F(OUT)

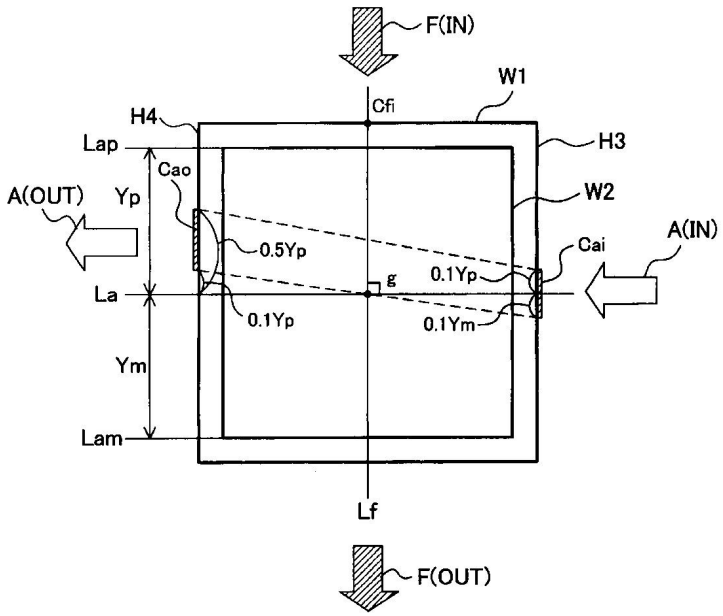
도면7


F(IN)
W1
Cfi
H4
H3
Lap
Cao
W2
A(OUT)
Yp
Cai
A(IN)
0.5Yp
0.5Yp
g
La
0.1Yp
0.1Ym
Ym
Lam
Xm
Cfo
Xp
Lfm
Lf
Lfp
F(OUT)

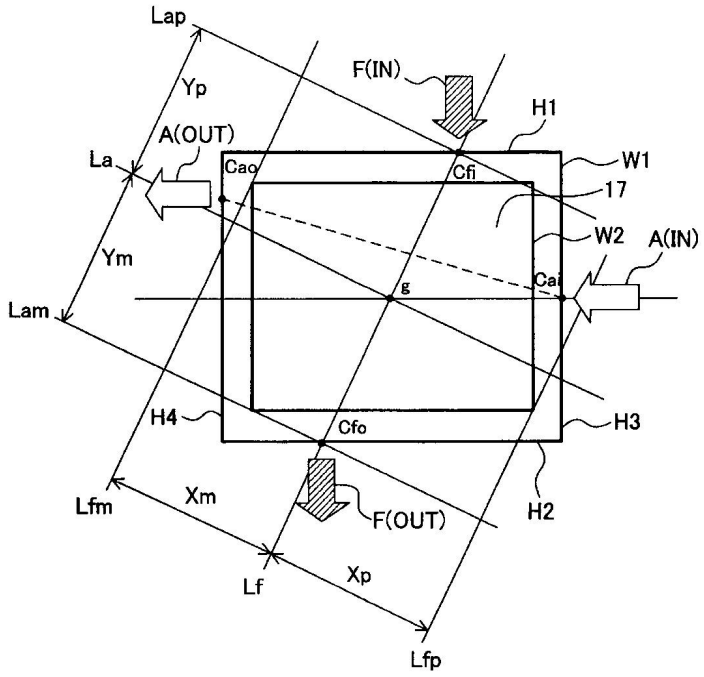
도면8


F(IN)
W1
Cfi
H4
H3
Lap
Cao
W2
A(IN)
A(OUT)
Yp
Cai
0.5Yp
0.5Yp
0.3Yp
0.3Yp
g
La
Lf
F(OUT)

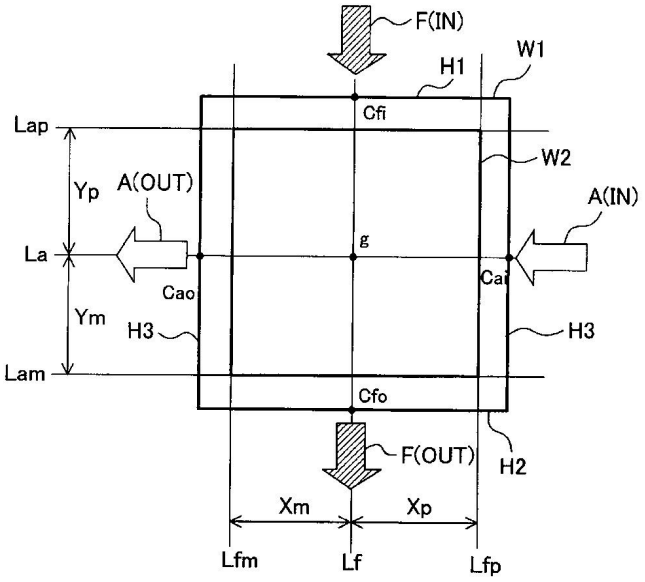
도면9


F(IN)
W1
Cfi
H4
H3
Lap
Cao
W2
A(OUT)
Yp
A(IN)
Cai
0.5Yp
0.1Yp
g
La
0.1Yp
0.1Ym
Ym
Lam
Lf
F(OUT)

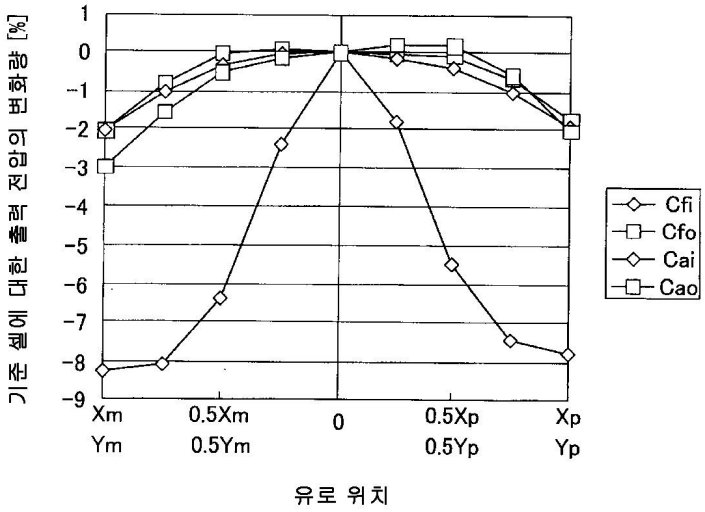
도면10


Lap
Yp
F(IN)
H1
A(OUT)
La
Cao
Cfi
W1
17
W2
A(IN)
Ym
Cai
g
Lam
H4
Cfo
H3
Lfm
Xm
F(OUT)
H2
Lf
Xp
Lfp

도면11

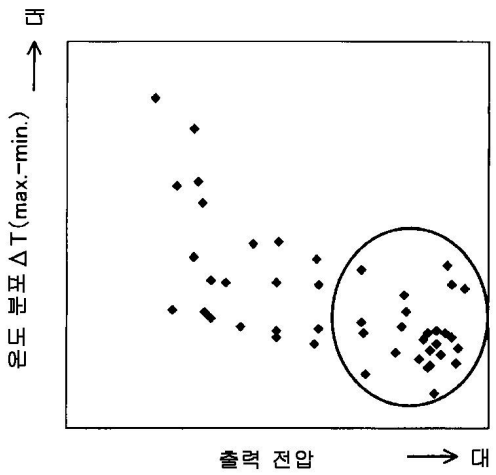
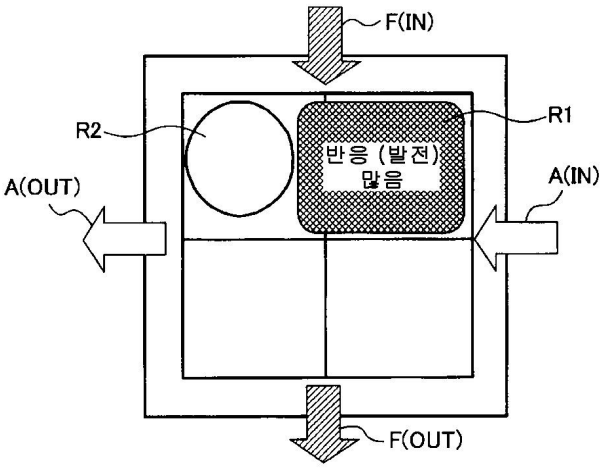

F(IN)
W1
H1
Cfi
Lap
W2
Yp
A(OUT)
A(IN)
La
g
Cao
Cai
Ym
H3
H3
Lam
Cfo
F(OUT)
H2
Xm
Xp
Lfm
Lf
Lfp

도면12


기준 셀에 대한 출력 전압의 변화량 [%]
1
0
-1
-2
-3
-4
-5
-6
-7
-8
-9
Xm
Ym
0.5Xm
0.5Ym
0
0.5Xp
0.5Yp
Xp
Yp
유로 위치
Cfi
Cfo
Cai
Cao

도면13

(a)



(b)