(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2014-0003828
(43) 공개일자 2014년01월10일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01M 8/06 (2006.01) *C25B 1/04* (2006.01)
H01M 8/12 (2006.01) *H01M 8/04* (2006.01)
(21) 출원번호 10-2012-0070698
(22) 출원일자 2012년06월29일
심사청구일자 없음

(71) 출원인
한발대학교 산학협력단
대전광역시 유성구 동서대로 125 (덕명동)
(72) 발명자
김정현
대전광역시 서구 도안동 엘드 수목토 아파트 101동 404호
(74) 대리인
특허법인 다해

전체 청구항 수 : 총 8 항

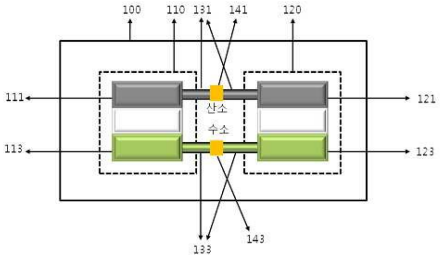
(54) 발명의 명칭 **고체산화물 전기분해셀과 고체산화물 연료전지스택을 이용한 하이브리드 발전시스템**

(57) 요 약

고체산화물 전기분해셀과 고체산화물 연료전지스택을 이용한 하이브리드 발전시스템이 제공된다.

본 발명의 일 실시예에 하이브리드 발전시스템은, 외부로부터 수증기를 입력받아 상기 수증기를 분해하여 전기를 생산하며, 수소와 산소를 부산물로 생성하는 고체산화물 전기분해셀 (Solid Oxide Electrolyzer Cell, SOEC); 및 상기 고체산화물 전기분해셀로부터 생성되는 수소와 산소를 전달받아 전기를 생산하는 고체산화물 연료전지 (Solid Oxide Fuel Cell, SOFC)로 이루어진 단위 하이브리드 셀을 적어도 둘 이상 포함하는 것을 특징으로 한다.

대 표 도 - 도1



특허청구의 범위

청구항 1

고체산화물 전기분해셀 (Solid Oxide Electrolyzer Cell, SOEC)과 고체산화물 연료전지(Solid Oxide Fuel Cell, SOFC)를 이용한 하이브리드 발전시스템으로, 상기 시스템은,

외부로부터 수증기를 입력받아 상기 수증기를 분해하여 전기를 생산하며, 수소와 산소를 부산물로 생성하는 고체산화물 전기분해셀 (Solid Oxide Electrolyzer Cell, SOEC); 및

상기 고체산화물 전기분해셀로부터 생성되는 수소와 산소를 전달받아 전기를 생산하는 고체산화물 연료전지(Solid Oxide Fuel Cell, SOFC)로 이루어진 단위 하이브리드 셀을 적어도 둘 이상 포함하는 것을 특징으로 하는 하이브리드 발전시스템.

청구항 2

제 1항에 있어서,

상기 고체산화물 전기분해셀 (Solid Oxide Electrolyzer Cell, SOEC)의 캐쏘드는 상기 고체산화물 연료전지(Solid Oxide Fuel Cell, SOFC)의 캐쏘드와 유체연통하도록 체결되며, 상기 고체산화물 전기분해셀의 캐쏘드에서 발생한 산소는 상기 고체산화물 연료전지의 캐쏘드로 유입되는 것을 특징으로 하는 하이브리드 발전시스템.

청구항 3

제 1항에 있어서,

상기 고체산화물 전기분해셀과 고체산화물 연료전지는 각각, 적어도 둘 이상의 단위 고체산화물 전기분해셀과 고체산화물 연료전지가 스택된 스택 구조를 이루는 것을 특징으로 하는 하이브리드 발전시스템.

청구항 4

제 1항에 있어서,

상기 스택된 단위 고체산화물 전기분해셀 애노드는 인접한 단위 고체산화물 연료전지 애노드와 유체연통하며, 상기 단위 고체산화물 전기분해셀 애노드로부터 발생한 수소는, 상기 단위 고체산화물 전기분해셀에 대응되는 단위 고체산화물 연료전지 애노드로 유입되는 것을 특징으로 하는 하이브리드 발전시스템.

청구항 5

제 4항에 있어서,

상기 스택된 단위 고체산화물 전기분해셀 애노드 및 캐소드와, 상기 인접한 단위 고체산화물 연료전지 애노드 및 캐소드 사이에는 각각 유체 채널이 구비되는 것을 특징으로 하는 하이브리드 발전시스템.

청구항 6

제 3항에 있어서,

적어도 둘 이상의 고체산화물 전기분해셀로 이루어진 스택 어셈블리의 애노드는 적어도 둘 이상의 고체산화물 연료전지로 이루어진 스택 어셈블리의 애노드와 유체연통하도록 체결되며, 상기 고체산화물 전기분해셀 스택 어셈블리의 애노드에서 발생한 수소는 상기 고체산화물 연료전지 스택 어셈블리의 애노드로 유입되는 것을 특징으로 하는 하이브리드 발전시스템.

청구항 7

제 6항에 있어서,

상기 고체산화물 전기분해셀 스택 어셈블리의 애노드와 캐소드와, 상기 고체산화물 연료전지 스택 어셈블리의

애노드와 캐소드 사이에는 각각 유체 채널이 구비되는 것을 특징으로 하는 하이브리드 발전시스템.

청구항 8

제 5항 내지 제 7항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 유체채널은 절연된 금속 채널인 것을 특징으로 하는 하이브리드 발전시스템.

명 세 서

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 고체산화물 전기분해셀과 고체산화물 연료전지스택을 이용한 하이브리드 연료전지스택발전시스템에 관한 것으로, 보다 상세하게는 별도의 수소 등의 공급없이 수증기만 공급하여도, 고체산화물 전기 분해셀(Solid Oxide Electrolyzer Cell, 이하 SOEC)에서 수소를 생산하고 , 별도의 저장장치 없이 고체산화물 연료전지(Solid Oxide Fuel Cell , 이하 SOFC)에 수소를 공급함으로서 수소의 연료비를 절감할 수 있다는 장점이 있는 고체산화물 전기분해셀과 고체산화물 연료전지를 이용한 하이브리드 발전시스템을 이용하여 고출력 및 실제 적용에 용이하게 SOEC와 SOFC의 스택의 하이브리드 발전에 관한 것으로, SOEC 단전지(SOEC single cell) 및 SOFC 단전지(SOFC single cell)의 각 부분을 적층한 SOEC 스택과 SOFC 스택을 체결하여 전력을 생산하는 하이브리드 발전시스템에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 1870년대 Jules Vemes가 물이 미래에 연료로써 사용될 것이라 주창한 이래 물은 수소와 산소로 반복하여 이용 가능한 재생가능성을 갖는 이상적인 수소 연료로 생각되고 있다. 현재 지구 온난화와 화석연료의 고갈에 따른 대체에너지의 연구개발에 대한 요구가 지속적으로 높아지고 있는 가운데 실용 가능성 있는 환경 및 에너지 문제 해결의 유일한 대안으로 수소에너지가 주목받고 있는데, 전기에너지를 이용하여 순수한 물로부터 수소를 생산하는 기술 중의 하나인 고체산화물을 이용한 고온수증기 전해기술의 경우 전해질과 분리막으로 구성되며 수소 또는 산소이온 전도성을 갖는 산화물 막을 이용하는 기술로 700-900°C의 고온운전조건을 특징으로 하며 고체산화물 전기분해셀 (Solid Oxide Electrolyzer Cell, 이하 SOEC)이다. 이는 표1에 의해서 정리된 전기화학반응을 통해서 설명이 가능하다. 이에 대해서 상술하자면 고체산화물 전기분해셀에 주입된 수증기는 외부 전원을 고체산화물에 인가했을 경우 연료극에서 순수한 수소가 발생되며 캐쏘드에서 순수한 산소와 함께 2개의 전자가 발생하게 된다.

표 1

[0003]

고체산화물 전기분해셀(SOEC)
캐쏘드(EC): $O^{2-} \rightarrow \frac{1}{2}O_2 + 2e^-$
애노드(EC): $H_2O + 2e^- \rightarrow H_2 + O^{2-}$
전체반응(EC): $H_2O \rightarrow H_2 + \frac{1}{2}O_2$

[0004] 반면, 대기 중에 풍부한 수소와 산소를 이용, 전력을 생산하는 시스템 중 하나는 고체산화물 연료전지(Solid Oxide Fuel Cell, 이하 SOFC)이다. 고체산화물 연료전지는 공기와 산소의 반응에 따른 화학에너지를 전기에너지로 변환시킨다. 이는 표2에 의해서 정리된 전기화학반응을 통해서 설명이 가능하다. 이에 대해서 상술하자면 고체산화물 연료전지에서는 캐쏘드에 공기가 주입될 경우 산소분자는 산소이온으로 환원이 되며 산소이온은 전해질을 통과하여 애노드에 공급된 수소와 산화작용을 하여 물과 함께 외부 전원을 제공할 수 있는 두 개의 전자를 발생시킨다.

표 2

[0005]

고체산화물 연료전지(SOFC)
캐쏘드(FC): $\frac{1}{2}O_2 + 2e^- \rightarrow O^{2-}$

애노드(FC) : $H_2 + O^{2-} \rightarrow H_2O + 2e^-$
전체반응(FC) : $H_2 + \frac{1}{2}O_2 \rightarrow H_2C$

[0006] 현재 수소를 기반으로 하여 사용중인 신재생에너지 생성 수단으로 SOEC와 SOFC의 경우 SOEC는 외부전력을 공급하여 수소를 발생시키는 연구에 집중하고 있으며 SOFC는 수소와 산소를 이용하여 전력을 발생시키는 연구가 수행되고 있다. 하지만 현재까지 SOEC와 SOFC를 연동하고 있는 에너지 발전은 연구되고 있지 않다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 본 발명이 해결하고자 하는 과제는 단전지 스택 (single cell stack) 또는 숏스택(short stack)으로 구성된 SOEC와 SOFC를 이용하여, 이를 하나의 시스템에서 융합시키는 하이브리드형 발전 시스템을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0008] 상기 과제를 해결하기 위하여, 본 발명은 고체산화물 전기분해셀 (Solid Oxide Electrolyzer Cell, SOEC)과 고체산화물 연료전지(Solid Oxide Fuel Cell, SOFC)를 이용한 하이브리드 발전시스템으로, 상기 시스템은, 외부로부터 수증기를 입력받아 상기 수증기를 분해하여 전기를 생산하며, 수소와 산소를 부산물로 생성하는 고체산화물 전기분해셀 (Solid Oxide Electrolyzer Cell, SOEC); 및 상기 고체산화물 전기분해셀로부터 생성되는 수소와 산소를 전달받아 전기를 생산하는 고체산화물 연료전지(Solid Oxide Fuel Cell, SOFC)로 이루어진 단위 하이브리드 셀을 적어도 둘 이상 포함하는 것을 특징으로 하는 하이브리드 발전시스템을 제공한다.

[0009] 본 발명의 일 실시예에서, 상기 고체산화물 전기분해셀 (Solid Oxide Electrolyzer Cell, SOEC)의 캐쏘드는 상기 고체산화물 연료전지(Solid Oxide Fuel Cell, SOFC)의 캐쏘드와 유체연통하도록 체결되며, 상기 고체산화물 전기분해셀의 캐쏘드에서 발생한 산소는 상기 SOFC의 캐쏘드로 유입된다.

[0010] 본 발명의 일 실시예에서, 상기 고체산화물 전기분해셀과 고체산화물 연료전지는 각각, 적어도 둘 이상의 단위 고체산화물 전기분해셀과 고체산화물 연료전지가 스택된 스택 구조를 이룬다.

[0011] 본 발명의 일 실시예에서, 상기 스택된 단위 고체산화물 전기분해셀 애노드는 인접한 단위 고체산화물 연료전지 애노드와 유체연통하며, 상기 단위 고체산화물 전기분해셀 애노드로부터 발생한 수소는, 상기 단위 고체산화물 전기분해셀에 대응되는 단위 고체산화물 연료전지 애노드로 유입된다.

[0012] 본 발명의 일 실시예에서, 상기 스택된 단위 고체산화물 전기분해셀 애노드 및 캐소드와, 상기 인접한 단위 고체산화물 연료전지 애노드 및 캐소드 사이에는 각각 유체 채널이 구비된다.

[0013] 본 발명의 일 실시예에서, 적어도 둘 이상의 고체산화물 전기분해셀로 이루어진 스택 어셈블리의 애노드는 적어도 둘 이상의 고체산화물 연료전지로 이루어진 스택 어셈블리의 애노드와 유체연통하도록 체결되며, 상기 고체산화물 전기분해셀 스택 어셈블리의 애노드에서 발생한 수소는 상기 고체산화물 연료전지 스택 어셈블리의 애노드로 유입된다.

[0014] 본 발명의 일 실시예에서, 상기 고체산화물 전기분해셀 스택 어셈블리의 애노드와 캐소드와, 상기 고체산화물 연료전지 스택 어셈블리의 애노드와 캐소드 사이에는 각각 유체 채널이 구비된다.

[0015] 본 발명의 일 실시예에서, 상기 유체채널은 절연된 금속 채널이다.

발명의 효과

[0016] 별도의 수소 등의 공급없이 수증기만 공급하여도, SOEC에서 수소 및 산소를 생산하고, 별도의 저장장치 없이 SOFC에 수소를 직접 공급함으로서 수소의 연료비를 절감할 수 있다는 장점이 있다. 아울러, 별도의 에너지 저장장치 없이 친환경의 전력생산이 가능하다. 동시에 SOEC 스택과 SOFC 스택을 직접체결하여 수소의 생산성을 획기적으로 증가시킬 뿐만 아니라, 증가된 수소를 SOFC 스택으로 공급하여 고출력의 전력을 생산할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0017] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 하이브리드 발전시스템의 모식도이다.

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 발전시스템에 따른 발전 흐름의 모식도이다.

도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 단전지(singel cell)의 개념도와 단전지를 스택화한 단전지 스택(short stack 또는 single cell stack)의 모식도이며 고체산화물 전기분해셀(SOEC)과 고체산화물 연료전지(SOFC)의 역할에 따른 구분을 명기하였다.

도 4 및 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 고체산화물 전기분해셀 스택과 고체산화물 연료전지 스택의 체결개념도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0018] 이하 도면을 이용하여 본 발명을 상세히 설명한다. 하지만, 하기의 내용은 모두 본 발명을 예시하기 위한 것으로서, 본 발명의 범위가 이에 제한되거나, 한정되지 않는다.

[0019] 본 발명에 따른 하이브리드 발전시스템은 고체산화물 전기분해셀(SOEC)과 고체산화물연료전지(SOFC)를 하나의 시스템 내에서 바로 연결한 구성을 갖는다.

[0020] 이로써 고체산화물 전기분해셀로 유입된 수증기는 산소와 수소로 전기분해되며, 이에 따라 제 1 전력이 발생한다. 더 나아가, 본 발명은 SOEC에서 생성된 산소와 수소를 각각 SOFC의 캐쏘드와 애노드에 직접 공급한다. 이로써 별도의 수소공급 없이, 수증기의 고급만으로 전력을 생산할 수 있다.

[0021] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 하이브리드 발전시스템의 모식도이다.

[0022] 도 1을 참조하면, 본 발명에 따른 하이브리드 발전시스템(100)은 고체산화물 전기분해셀 (Solid Oxide Electrolyzer Cell, SOEC, 110)과 고체산화물 연료전지(Solid Oxide Fuel Cell, SOFC, 120)를 포함한다.

[0023] 본 발명의 일 실시예에서 상기 SOEC(110)과 SOFC(120)는 각각 캐쏘드와 애노드를 포함하며, 각 단위 셀(110, 120)의 반응식은 하기 표 3과 같다.

표 3

[0024]

고체산화물 연료전지(SOFC)	고체산화물 전기분해셀(SOEC)
캐쏘드(FC): $\frac{1}{2}O_2+2e^-\rightarrow O^{2-}$	캐쏘드(EC): $O^{2-}\rightarrow\frac{1}{2}O_2+2e^-$
애노드(FC): $H_2+O^{2-}\rightarrow H_2O+2e^-$	애노드(EC): $H_2O+2e^-\rightarrow H_2+O^{2-}$
전체반응(FC): $H_2+\frac{1}{2}O_2\rightarrow H_2C$	전체반응(EC): $H_2O\rightarrow H_2+\frac{1}{2}O_2$

[0025] 본 발명의 일 실시예에 따른 하이브리드 발전시스템(100)은 외부로 유입되는 수증기를 이용, 먼저 SOEC에서 수소 및 산소를 생산하게 된다. 즉, SOEC의 캐쏘드(111)에서는 산소가, 애노드(113)에서는 수소가 발생하며, 이때의 반응식은 상기 표 3의 SOEC에 관련된 반응식을 따른다.

[0026] 이후, SOEC(110)의 캐쏘드(111), 애노드(113)에서 발생한 산소, 수소는 SOFC(120)의 캐쏘드(121), 애노드(123)로 유입되는데, 이때 상기 캐쏘드(111)-캐쏘드(121), 애노드(113)-애노드(123) 간 유체이동은 두 전극을 유체연통하도록 구성된 채널(131, 133)에 의한다. 이 경우, 산소는 절연된 절연층(141)이 형성된 금속 채널라인(131)을, 수소 또한 절연층(143)이 형성된 금속 채널라인 (133)을 통하여 유동하게 된다.

[0027] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 발전시스템에 따른 발전 흐름의 모식도이다.

[0028] 도 2를 참조하면, 캐쏘드와 애노드 사이로 산소와 수소가 흐르며, SOEC 셀에서는 전력이 발생한다. 따라서, 별도의 수소, 산소의 공급 없이 외부로부터 수증기만을 공급함으로써 전력이 생산된다.

[0029] 도 3은 도 1 및 2에서 설명한 본 발명의 일 실시예에 따른 각 SOEC 및 SOFC의 단전지 및 스택 구조의 개념도를 정리하였다.

[0030] 도 3을 참조하면, 본 발명에 따른 하이브리드 발전 시스템은 도 1 및 2에서 설명한 SOEC-SOFC 단위 하이브리드셀을 적어도 하나 이상 포함하며, 상기 SOFC 및 SOEC의 캐쏘드 및 애노드에서는 상기 표 3에서 설명한 전기화학반응이 일어나게 된다. 즉, 본 발명의 일 실시에에 따른 하이브리드 발전시스템은, 상기 고체산화물 전기분해셀과 고체산화물 연료전지는, 각각 적어도 둘 이상의 단위 고체산화물 전기분해셀과 고체산화물 연료전

지가 스택된 스택 구조를 이루며, 상기 스택된 단위 고체산화물 전기분해셀 애노드는 인접한 단위 고체산화물 연료전지 애노드와 유체연통하며, 상기 단위 고체산화물 전기분해셀 애노드로부터 발생한 수소는, 상기 단위 고체산화물 전기분해셀에 대응되는 단위 고체산화물 연료전지 애노드로 유입된다.

[0031] 아울러, 상기 스택된 단위 고체산화물 전기분해셀 애노드 및 캐소드와, 상기 인접한 단위 고체산화물 연료전지 애노드 및 캐소드 사이에는 각각 유체 채널이 구비되는데, 본 발명의 일 실시예에서는 이러한 스택 구조를 위하여. 캐쏘드 및 애노드의 접촉부위에 스테인레스 스틸(Stainless Steel)로 구성된 금속을 접촉시킨다. 이것을 인터코넥터라고 일반적으로 명명하며 산소 및 수소의 가스 공급과 함께 산화/환원에 의해서 발생된 전자를 외부로 보낼 수 있는 전기패스(채널)의 역할을 한다.

[0032] 도 4는 도 3에서 설명한 단전지 또는 단전지 스택을 확장한 SOEC 및 SOFC 스택으로서, 단일셀로 구성된 단전지를 여러 장으로 적층시킨 구조를 나타내는 도면이다.

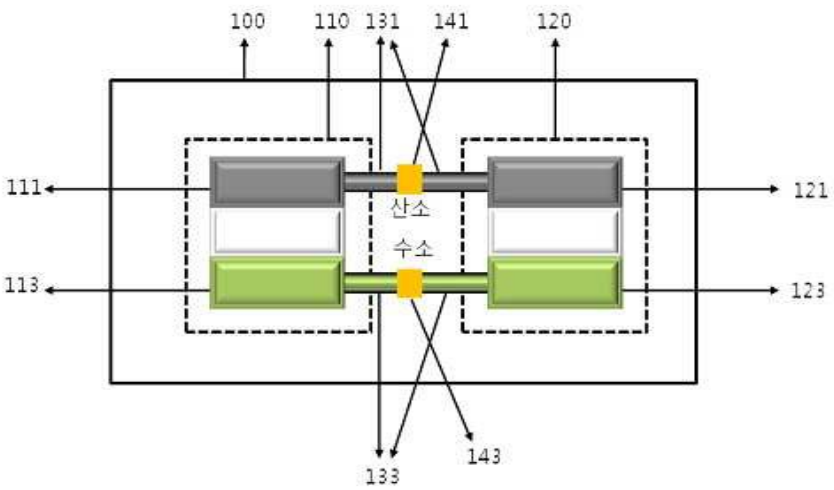
[0033] 이것은 단전지 스택에서 생성된 가스 및 전력을 증폭한 개념으로서 실제 적용이 가능한 장점이 있다. 도 4에서 표기한 SOEC 스택 구조(SOEC stack mode)에서는 과량의 수소 및 산소를 전기화학반응을 통해서 생성하며 SOEC 스택 구조에서 SOFC 스택구조(SOFC stack mode)로 연결되어진 수소 가스라인 및 산소 가스라인을 통하여 수소 및 산소를 SOFC 구조로 직접 연결을 시키게 된다. 따라서 공급된 수소 및 산소는 SOFC 스택 구조에서 산화 및 환원이 발생하게 되어 고출력의 전력밀도를 구현하게 된다.

[0034] 도 5는 도 4에서 명기한 SOEC 스택구조와 SOFC 스택구조의 전기적인 절연을 위한 절연방법을 명기하고 있다. 상기 캐쏘드-캐쏘드, 애노드-애노드간 유체이동은 두 전극을 유체연통하도록 구성된 채널에 의한다. 산소의 경우 금속 채널라인이 절연이 된 상태에서 연결된다. 수소의 경우 금속 채널라인이 절연이 된 상태에서 연결되며, 상기 금속 체널라인에는 별도의 흐름을 제어하기 위한 밸브 등이 구비될 수 있다.

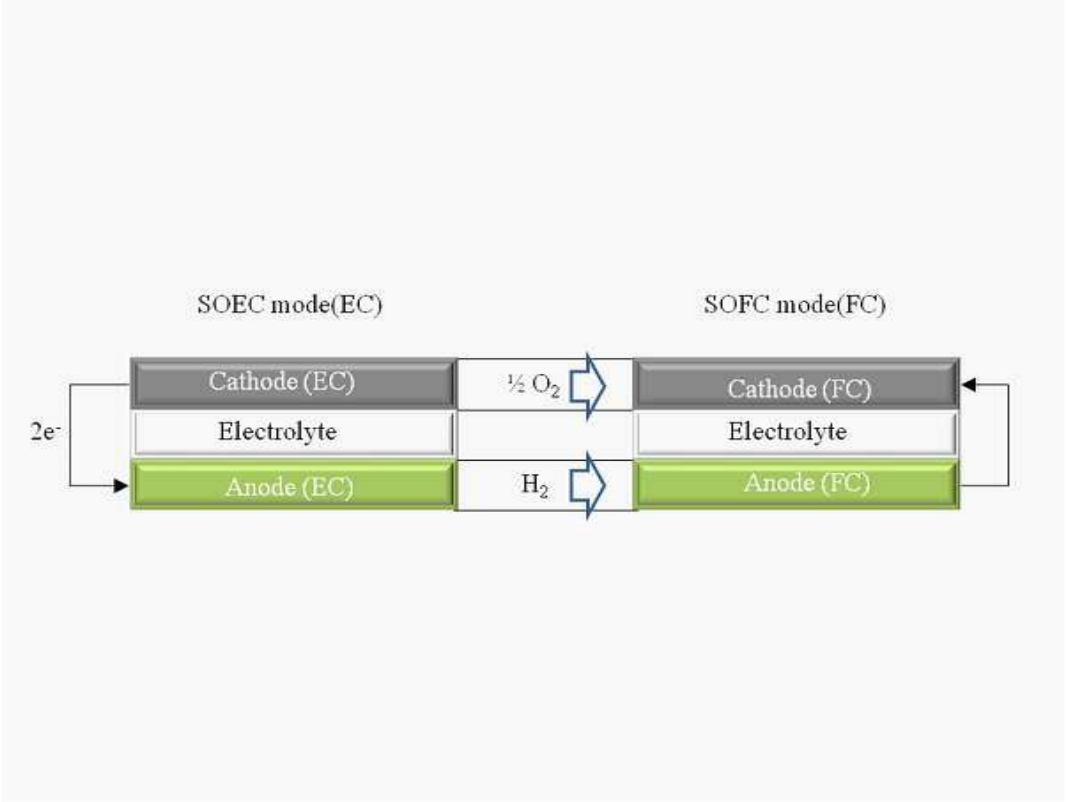
[0035] 상술한 본 발명의 하이브리드 발전시스템은 상술한 바와 같이 별도의 수소와 같은 반응가스의 공급없이 수증기만 공급하여도, SOEC 스택 에서 수소를 생산하고 , 별도의 저장장치 없이 SOFC 스택에 수소를 공급함으로서 수소의 연료비를 절감할 수 있다는 장점이 있다. 아울러, 별도의 에너지 저장장치 없이 친환경의 전력생산이 가능하다.

도면

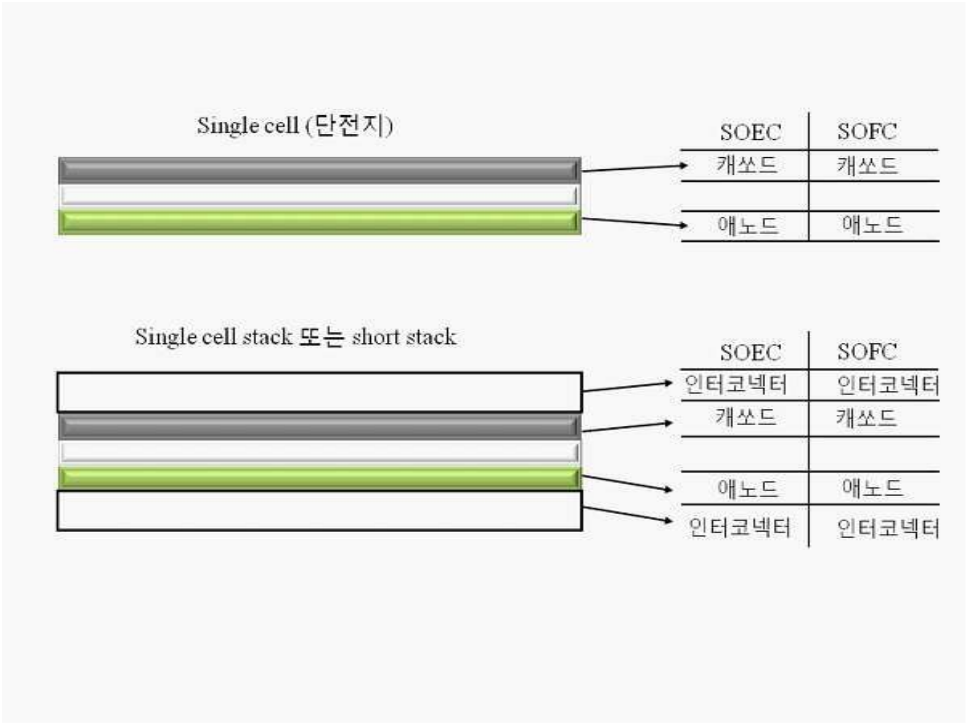
도면1



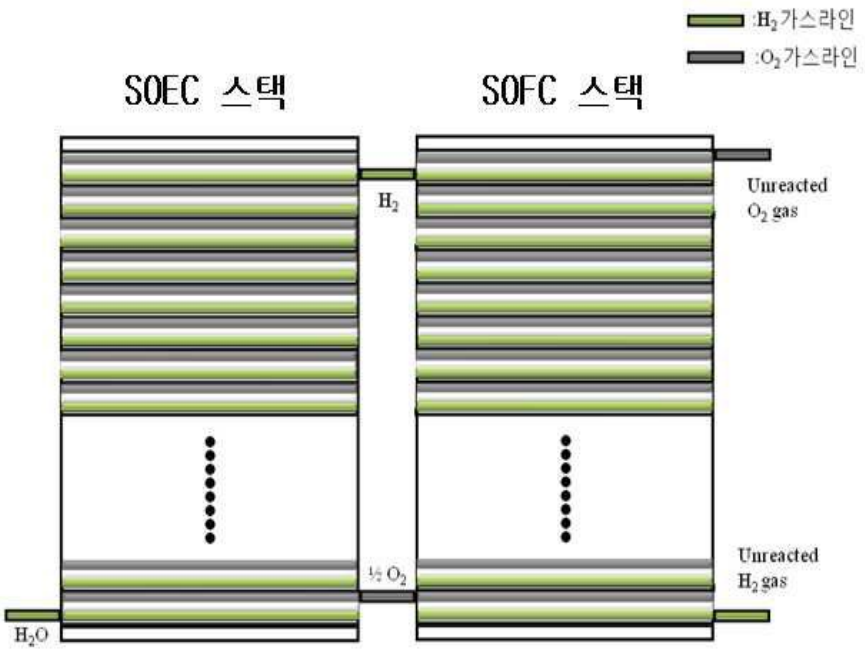
도면2


SOEC mode(EC)
SOFC mode(FC)
2e-
Cathode (EC)
Electrolyte
Anode (EC)
½ O2
H2
Cathode (FC)
Electrolyte
Anode (FC)

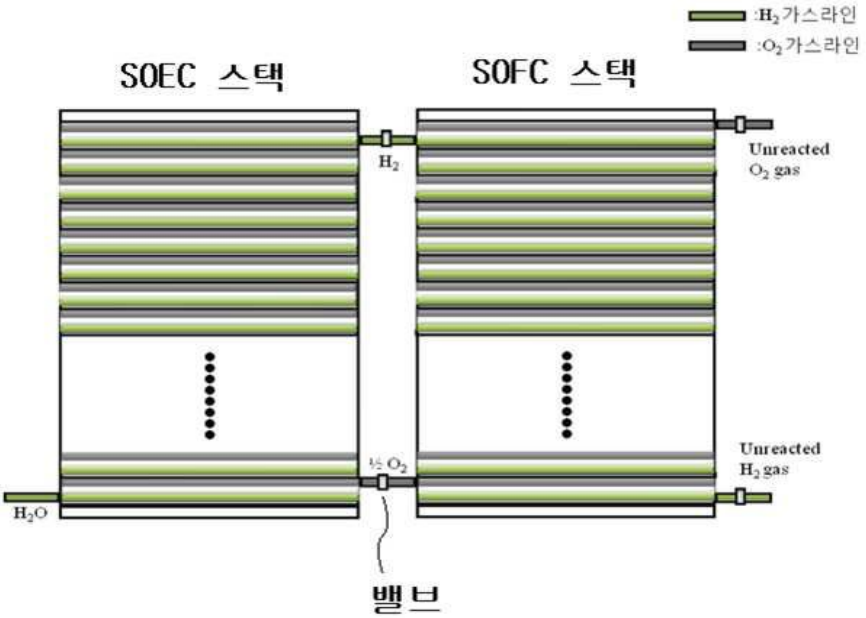
도면3


Single cell (단전지)
SOEC
SOFC
캐쏘드
캐쏘드
애노드
애노드
Single cell stack 또는 short stack
SOEC
SOFC
인터코넥터
인터코넥터
캐쏘드
캐쏘드
애노드
애노드
인터코넥터
인터코넥터

도면4


:H2가스라인
:O2가스라인
SOEC 스택
SOFC 스택
H2
Unreacted
O2 gas
½ O2
Unreacted
H2 gas
H2O

도면5


:H2가스라인
:O2가스라인
SOEC 스택
SOFC 스택
H2
Unreacted
O2 gas
½ O2
Unreacted
H2 gas
H2O
밸브