(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2022-0014985
(43) 공개일자 2022년02월08일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01M 4/90 (2006.01) *C25B 1/04* (2022.01)
C25B 11/04 (2021.01) *C25B 13/04* (2021.01)
H01M 12/06 (2006.01) *H01M 12/08* (2015.01)
H01M 8/124 (2016.01)
(52) CPC특허분류
H01M 4/9033 (2013.01)
C25B 1/04 (2022.01)
(21) 출원번호 10-2020-0094907
(22) 출원일자 2020년07월30일
심사청구일자 2020년07월30일

(71) 출원인
울산과학기술원
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
(72) 발명자
김건태
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
김민서
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
주상욱
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
(74) 대리인
전용준

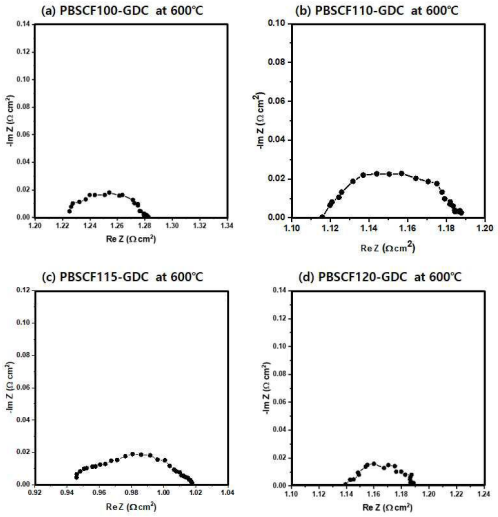
전체 청구항 수 : 총 13 항

(54) 발명의 명칭 **페로브스카이트 물질로 구성된 전극 소재, 그를 포함하는 고체 산화물 연료전지, 금속공기전지, 및 고체 산화물 수전해 셀**

(57) 요 약

본 발명은 임피던스 특성이 향상된 페로브스카이트 물질로 구성된 전극 소재를 제공한다. 본 발명의 일실시예에 따른 전극 소재는, $RzET_2O_{5+\delta}$의 화합물을 포함한다. 상기 R은 란탄족에서 선택된 하나 또는 그 이상의 원소들을 포함하고, 상기 E는 알카리토 금속족에서 선택된 하나 또는 그 이상의 원소들을 포함하고, 상기 T는 전이금속에서 선택된 하나 또는 그 이상의 원소들을 포함하고, 상기 O는 산소이고, 상기 z는 1.15 초과 내지 1.25 미만의 수이고, 상기 δ는 1 이하의 양수로서, 상기 화학식 1의 화합물을 전기적 중성으로 하는 값이다.

대 표 도 - 도3



(52) CPC특허분류
C25B 11/0773 (2021.01)
C25B 13/04 (2022.01)
H01M 12/06 (2013.01)
H01M 12/08 (2019.01)
H01M 2008/1293 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 1415167672
과제번호 20173010032120
부처명 산업통상자원부
과제관리(전문)기관명 한국에너지기술평가원
연구사업명 신재생에너지핵심기술개발(R&D)
연구과제명 다중 탄화수소 연료 기반 금속지지체형 SOFC에 대한 원천기술 및 상용화 연구
기 여 율 1/2
과제수행기관명 울산과학기술원
연구기간 2020.03.01 ~ 2020.11.30
이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 1711111121
과제번호 2018R1A2A1A05077532
부처명 과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명 한국연구재단
연구사업명 개인기초연구(과기정통부)(R&D)
연구과제명 친환경 에너지 변환을 위한 프로톤 전도성 고체산화물 전기화학적 에너지 저장 및 변환 장치용 촉매 소재의 개발 및 공정
기 여 율 1/2
과제수행기관명 울산과학기술원
연구기간 2020.03.01 ~ 2021.02.28

명 세 서

청구범위

청구항 1

페로브스카이트 결정 구조 물질을 포함하고, 하기의 화학식 1의 화합물을 포함하는, 전극 소재.

<화학식 1>

$R_ZET_2O_{5+\delta}$

상기 화학식 1에서, 상기 R은 란탄족에서 선택된 하나 또는 그 이상의 원소들을 포함하고, 상기 E는 알카리토 금속족에서 선택된 하나 또는 그 이상의 원소들을 포함하고, 상기 T는 전이금속에서 선택된 하나 또는 그 이상의 원소들을 포함하고, 상기 O는 산소이고, 상기 z는 1.15 초과 내지 1.25 미만의 수이고, 상기 δ는 1 이하의 양수로서, 상기 화학식 1의 화합물을 전기적 중성으로 하는 값이다.

청구항 2

페로브스카이트 결정 구조 물질을 포함하고, 하기의 화학식 2의 화합물을 포함하는, 전극 소재.

<화학식 2>

$R_ZE_aE'_bT_{2-x}T'_xO_{5+\delta}$

상기 화학식 2에서, 상기 R은 란탄족에서 선택된 하나 또는 그 이상의 원소들을 포함하고, 상기 E 및 E'는 알카리토 금속족에서 선택된 서로 다른 원소들을 포함하고, 상기 T 및 상기 T'는 전이금속에서 선택된 서로 다른 원소들을 포함하고, 상기 O는 산소이고, 상기 z는 1.15 초과 내지 1.25 미만의 수이고, 상기 a와 b는 0 초과 1 미만의 수로서, a+b=1을 만족하고, x는 0 초과 2 미만의 수이고, 상기 δ는 1 이하의 양수로서, 상기 화학식 2의 화합물을 전기적 중성으로 하는 값이다.

청구항 3

청구항 2에 있어서,

상기 화학식 2의 화합물은 하기의 화학식 3의 화합물을 포함하는, 전극 소재.

<화학식 3>

$R_ZBa_{0.5}Sr_{0.5}Co_{1.5}Fe_{0.5}O_{5+\delta}$

상기 화학식 3에서, 상기 R은 란탄족에서 선택된 하나 또는 그 이상의 원소들을 포함하고, 상기 O는 산소이고, 상기 z는 1.15 초과 내지 1.25 미만의 수이고, 상기 δ는 1 이하의 양수로서, 상기 화학식 3의 화합물을 전기적 중성으로 하는 값이다.

청구항 4

청구항 2에 있어서,

상기 화학식 2의 화합물은 하기의 화학식 4의 화합물을 포함하는, 전극 소재.

<화학식 4>

$R_{1.2}Ba_{0.5}Sr_{0.5}Co_{1.5}Fe_{0.5}O_{5+\delta}$

상기 화학식 4에서, 상기 R은 란탄족에서 선택된 하나 또는 그 이상의 원소들을 포함하고, 상기 O는 산소이고, 상기 δ는 1 이하의 양수로서, 상기 화학식 4의 화합물을 전기적 중성으로 하는 값이다.

청구항 5

청구항 2에 있어서,

상기 R은, 예를 들어 란탄족 원소를 포함할 수 있고, 예를 들어 이트륨(Y), 네오디뮴(Nd), 프라세오디뮴(Pr), 스칸듐(Sc), 사마륨(Sm), 가돌리늄(Gd), 유로퓸(Eu), 터븀(Tb), 에르븀(Er), 또는 이들의 혼합물을 중 어느 하나를 포함하는, 전극 소재.

청구항 6

청구항 2에 있어서,

상기 E 및 E'는, 바륨(Ba), 스트론튬(Sr), 베릴륨(Be), 마그네슘(Mg), 칼슘(Ca), 라듐(Ra) 또는 이들의 혼합물 중 어느 하나를 포함하는, 전극 소재.

청구항 7

청구항 2에 있어서,

상기 T 및 T'는, 코발트(Co), 철(Fe), 망간(Mn), 구리(Cu), 크롬(Cr), 니켈(Ni), 티타늄(Ti), 니오븀(Nb) 또는 이들의 혼합물 중 어느 하나를 포함하는, 전극 소재.

청구항 8

청구항 2에 있어서,

$Nd_{1.2}Ba_{0.5}Sr_{0.5}Co_{1.5}Fe_{0.5}O_{5+\delta}$, $Pr_{1.2}Ba_{0.5}Sr_{0.5}Co_{1.5}Fe_{0.5}O_{5+\delta}$, $Sm_{1.2}Ba_{0.5}Sr_{0.5}Co_{1.5}Fe_{0.5}O_{5+\delta}$, $Gd_{1.2}Ba_{0.5}Sr_{0.5}Co_{1.5}Fe_{0.5}O_{5+\delta}$, $Y_{1.2}Ba_{0.5}Sr_{0.5}Co_{1.5}Fe_{0.5}O_{5+\delta}$, $Sc_{1.2}Ba_{0.5}Sr_{0.5}Co_{1.5}Fe_{0.5}O_{5+\delta}$, $Eu_{1.2}Ba_{0.5}Sr_{0.5}Co_{1.5}Fe_{0.5}O_{5+\delta}$, $Tb_{1.2}Ba_{0.5}Sr_{0.5}Co_{1.5}Fe_{0.5}O_{5+\delta}$, 또는 $Er_{1.2}Ba_{0.5}Sr_{0.5}Co_{1.5}Fe_{0.5}O_{5+\delta}$ 중 적어도 어느 하나를 포함하는, 전극 소재.

청구항 9

청구항 2에 있어서,

상기 페로브스카이트 결정 구조 물질은, 단일층 페로브스카이트 결정 구조 물질 또는 이중층 페로브스카이트 결정 구조 물질을 포함하는, 전극 소재.

청구항 10

청구항 2에 있어서,

상기 전극 소재는, 기지의 표면에 10 nm 내지 100 nm 크기의 각진 형태의 입자들이 돌출된 돌출상이 형성된 미세조직을 가지는, 전극 소재.

청구항 11

캐소드;

상기 캐소드를 마주보고 배치되는 애노드; 및

상기 캐소드와 상기 애노드 사이에 배치되는 전해질을 포함하고,

상기 캐소드 및 상기 애노드 중 적어도 어느 하나는, 청구항 제1항 내지 제9항 중 어느 한 항에 따른 전극 소재로 구성된, 고체 산화물 연료전지.

청구항 12

캐소드;

상기 캐소드를 마주보고 배치되는 애노드; 및

상기 캐소드와 상기 애노드 사이에 배치되는 전해질을 포함하고,

상기 캐소드 및 상기 애노드 중 적어도 어느 하나는, 청구항 제1항 내지 제9항 중 어느 한 항에 따른 전극 소재로 구성된, 금속공기전지.

청구항 13

물이 분해되어 형성된 수소 가스를 배출하는 캐소드;

상기 캐소드를 마주보고 배치되고 상기 물이 분해되어 형성된 산소 가스를 배출하는 애노드; 및

상기 애노드와 상기 캐소드 사이에 배치되는 전해질을 포함하는, 수소 및 산소를 생성하는 고체 산화물 수전해 셀로서,

상기 캐소드 및 상기 애노드 중 적어도 어느 하나는, 청구항 제1항 내지 제9항 중 어느 한 항에 따른 전극 소재로 구성된, 고체 산화물 수전해 셀.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 전극 소재에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 페로브스카이트 물질로 구성된 전극 소재, 그를 포함하는 고체 산화물 연료전지, 금속공기전지, 및 고체 산화물 수전해 셀에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 고체 산화물 연료전지(solid oxide fuel cell: SOFC)는 연료 가스의 화학적 에너지를 전기적 에너지로 직접 변환시키는 고효율의 환경친화적인 전기화학적 발전 기술이다. SOFC는 모든 구성요소가 고체로 이루어져 있기 때문에 다른 연료전지에 비해 구조가 간단하고, 소재가 상대적으로 저렴하며, 전해질의 손실 및 보충과 부식의 문제가 없다. 고체 산화물 연료전지는 상대적으로 불순물 함량이 높은 연료도 사용할 수 있고, 복합 발전 능력(hybrid power generation capability), 높은 효율 등과 같은 많은 장점을 지니고 있다. 게다가 연료를 수소로 개질할 필요 없이 탄화수소계 연료를 직접 사용할 수 있어 연료전지 시스템의 단순화와 제작비용 감소로 이어질 수 있다.

[0003] SOFC는 수소 또는 탄화수소와 같은 연료가 산화되는 애노드(anode 또는 연료극, 음극), 산소 기체가 산소 이온(O^{2-})으로 환원되는 캐소드(cathode 또는 공기극, 양극) 및 산소 이온이 전도되는 산소 이온 전도성 고체 전해질을 포함하며, 사용되는 소재의 종류에 따라 특별한 물성이 요구된다.

[0004] 기존의 SOFC는 모든 연료전지의 형태 중에서 가장 높은 800 내지 1,000℃ 범위의 고온에서 작동하였기 때문에 고온에서 견딜 수 있는 고온 합금이나 값비싼 세라믹 소재들이 사용되어야 하고, 시스템의 초기 구동 시간이 오래 걸리며, 장시간 운전시 소재의 내구성이 저하되는 문제점이 있다. 또한, 상용화하는데 가장 큰 걸림돌인 전체적인 비용 상승의 문제가 뒤따랐다. 이에 따라, 작동 온도가 800℃ 이하, 예를 들어 약 400 내지 800℃의 온도에서도 효과적으로 전기를 발생할 수 있는 이른바 중온 고체 산화물 연료전지(IT-SOFC)를 개발하려는 연구가 많이 진행되고 있다.

[0005] 그러나 작동 온도의 저감은 SOFC 소재의 전기 저항을 급격히 증가시키게 되고 이는 결국 SOFC의 출력 밀도를 감소시키는 주된 원인으로 작용한다. 작동 온도 저감시 문제되는 이러한 전기 저항은 대부분이 캐소드에서 발생하는 것으로 알려져 있다. 따라서 SOFC의 작동 온도를 낮추는데 있어서 캐소드 저항을 줄이는 것이 중요한 문제가 되었다. 종래에는 Haile 등이 2004년에 $Ba_{0.5}Sr_{0.5}Co_{0.8}Fe_{0.2}O_{3-\delta}$ 캐소드 소재를 제시하고 있다. 그러나 이 캐소드 소재를 이용하여 Haile 등이 제시한 성능 수준을 검증하는 유사 연구가 아직 발표된 바 없고 아직 상업화가 이루어지지 않는 것으로 보아 충분한 검증이 필요한 것으로 판단된다.

[0006] 이처럼 중간 온도에서의 SOFC의 작동을 위해서는 산소의 환원 및 연료 산화 반응이 일어나는 3상 계면에서 신속하게 이온을 수송해 줄 수 있는 전해질과 전해질 물질의 신규한 조합이 필수적인데, 이에 대한 업계의 요구는 아직 충족시키지 못하고 있는 실정이다.

[0007] 특히, 캐소드 소재는 높은 산소의 환원도, 높은 전자전도도 및 높은 이온전도도를 가져야 한다. 전자전도도가 낮을 경우에는 애노드 반응에 필요한 전자들의 이동이 용이하지 않게 되어 전기화학반응의 효율이 떨어지며, 이온전도도가 낮을 경우에는 캐소드 반응을 통해 발생한 산소이온의 이동이 제한되어 산소의 환원반응이 일어나는 활성점이 충분하지 못하게 된다.

[0008] 한편, 종래의 캐소드 소재는 사용 시간이 증가함에 따라 안정성이 급격하게 저하되는 현상이 발생한다. 즉, 캐소드에서 산소의 환원반응이 원활하게 일어나지 못하고, 그 결과 SOFC 시스템의 작동시 전압 강하가 일어나게 되며 이는 전지의 성능을 감소시키게 된다. 따라서, 임피던스 특성이 향상된 캐소드 소재가 요구된다.

[0009] 또한, 촉매로서 사용되는 니켈이 탄소 증착(carbon deposition)에 의하여 애노드 전극이 급격히 파괴되는 문제점이 있다. 또한, 애노드 전극이 수소 환경에서 구조 상이 안정해야 되며, 동시에 일정 값 이상의 전기 전도도를 유지하는 것이 매우 중요하다. 이러한 수소 환경에서 장기간 사용시 애노드의 성능 저하가 발생할 우려가 있으므로, 열적 화학적 안정성이 우수하고 전기 전도도가 높은 애노드 전극의 개발이 요구된다.

선행기술문헌

특허문헌

[0010] (특허문헌 0001) 한국특허출원번호 제10-2006-0120675호

발명의 내용

해결하려는 과제

[0011] 본 발명의 기술적 과제는 임피던스 특성이 향상된 페로브스카이트 물질로 구성된 전극 소재를 제공하는 것이다.

[0012] 본 발명의 다른 기술적 과제는 상기 전극 소재를 포함하는 고체 산화물 연료전지를 제공하는 것이다.

[0013] 본 발명의 다른 기술적 과제는 상기 전극 소재를 포함하는 금속공기전지를 제공하는 것이다.

[0014] 본 발명의 다른 기술적 과제는 상기 전극 소재를 포함하는 고체 산화물 수전해 셀을 제공하는 것이다.

[0015] 그러나 이러한 과제는 예시적인 것으로, 본 발명의 기술적 사상은 이에 한정되는 것은 아니다.

과제의 해결 수단

[0016] 상기 기술적 과제를 달성하기 위한 본 발명의 기술적 사상에 따른 전극 소재는, 페로브스카이트 결정 구조 물질을 포함하고, 하기의 화학식 1의 화합물을 포함한다.

[0017] <화학식 1>

[0018] $R_ZET_2O_{5+\delta}$

[0019] 상기 화학식 1에서, 상기 R은 란탄족에서 선택된 하나 또는 그 이상의 원소들을 포함하고, 상기 E는 알카리토 금속족에서 선택된 하나 또는 그 이상의 원소들을 포함하고, 상기 T는 전이금속에서 선택된 하나 또는 그 이상의 원소들을 포함하고, 상기 O는 산소이고, 상기 z는 1.15 초과 내지 1.25 미만의 수이고, 상기 δ는 1 이하의 양수로서, 상기 화학식 1의 화합물을 전기적 중성으로 하는 값이다.

[0020] 본 발명의 일실시예에 있어서, 상기 전극 소재는, 페로브스카이트 결정 구조 물질을 포함하고, 하기의 화학식 2의 화합물을 포함할 수 있다.

[0021] <화학식 2>

[0022] $R_ZE_aE'_bT_{2-x}T'_xO_{5+\delta}$

[0023] 상기 화학식 2에서, 상기 R은 란탄족에서 선택된 하나 또는 그 이상의 원소들을 포함하고, 상기 E 및 E'는 알카리토 금속족에서 선택된 서로 다른 원소들을 포함하고, 상기 T 및 상기 T'는 전이금속에서 선택된 서로 다른 원소들을 포함하고, 상기 O는 산소이고, 상기 z는 1.15 초과 내지 1.25 미만의 수이고, 상기 a와 b는 0 초과 1 미만의 수로서, a+b=1을 만족하고, x는 0 초과 2 미만의 수이고, 상기 δ는 1 이하의 양수로서, 상기 화학식 2의 화합물을 전기적 중성으로 하는 값이다.

[0024] 본 발명의 일실시예에 있어서, 상기 화학식 2의 화합물은 하기의 화학식 3의 화합물을 포함할 수 있다.

[0025] <화학식 3>

[0026] $R_zBa_{0.5}Sr_{0.5}Co_{1.5}Fe_{0.5}O_{5+\delta}$

[0027] 상기 화학식 3에서, 상기 R은 란탄족에서 선택된 하나 또는 그 이상의 원소들을 포함하고, 상기 O는 산소이고, 상기 z는 1.15 초과 내지 1.25 미만의 수이고, 상기 δ는 1 이하의 양수로서, 상기 화학식 3의 화합물을 전기적 중성으로 하는 값이다.

[0028] 본 발명의 일실시예에 있어서, 상기 화학식 2의 화합물은 하기의 화학식 4의 화합물을 포함할 수 있다.

[0029] <화학식 4>

[0030] $R_{1.2}Ba_{0.5}Sr_{0.5}Co_{1.5}Fe_{0.5}O_{5+\delta}$

[0031] 상기 화학식 4에서, 상기 R은 란탄족에서 선택된 하나 또는 그 이상의 원소들을 포함하고, 상기 O는 산소이고, 상기 δ는 1 이하의 양수로서, 상기 화학식 4의 화합물을 전기적 중성으로 하는 값이다.

[0032] 본 발명의 일실시예에 있어서, 상기 R은, 예를 들어 란탄족 원소를 포함할 수 있고, 예를 들어 이트륨(Y), 네오디뮴(Nd), 프라세오디뮴(Pr), 스칸듐(Sc), 사마륨(Sm), 가돌리늄(Gd), 유로퓸(Eu), 터븀(Tb), 에르븀(Er), 또는 이들의 혼합물을 중 어느 하나를 포함할 수 있다.

[0033] 본 발명의 일실시예에 있어서, 상기 E 및 E'는, 바륨(Ba), 스트론튬(Sr), 베릴륨(Be), 마그네슘(Mg), 칼슘(Ca), 라듐(Ra) 또는 이들의 혼합물 중 어느 하나를 포함할 수 있다.

[0034] 본 발명의 일실시예에 있어서, 상기 T 및 T'는, 코발트(Co), 철(Fe), 망간(Mn), 구리(Cu), 크롬(Cr), 니켈(Ni), 티타늄(Ti), 니오븀(Nb) 또는 이들의 혼합물 중 어느 하나를 포함할 수 있다.

[0035] 본 발명의 일실시예에 있어서, $Nd_{1.2}Ba_{0.5}Sr_{0.5}Co_{1.5}Fe_{0.5}O_{5+\delta}$, $Pr_{1.2}Ba_{0.5}Sr_{0.5}Co_{1.5}Fe_{0.5}O_{5+\delta}$, $Sm_{1.2}Ba_{0.5}Sr_{0.5}Co_{1.5}Fe_{0.5}O_{5+\delta}$, $Gd_{1.2}Ba_{0.5}Sr_{0.5}Co_{1.5}Fe_{0.5}O_{5+\delta}$, $Y_{1.2}Ba_{0.5}Sr_{0.5}Co_{1.5}Fe_{0.5}O_{5+\delta}$, $Sc_{1.2}Ba_{0.5}Sr_{0.5}Co_{1.5}Fe_{0.5}O_{5+\delta}$, $Eu_{1.2}Ba_{0.5}Sr_{0.5}Co_{1.5}Fe_{0.5}O_{5+\delta}$, $Tb_{1.2}Ba_{0.5}Sr_{0.5}Co_{1.5}Fe_{0.5}O_{5+\delta}$, 또는 $Er_{1.2}Ba_{0.5}Sr_{0.5}Co_{1.5}Fe_{0.5}O_{5+\delta}$ 중 적어도 어느 하나를 포함할 수 있다.

[0036] 본 발명의 일실시예에 있어서, 상기 페로브스카이트 결정 구조 물질은, 단일층 페로브스카이트 결정 구조 물질 또는 이중층 페로브스카이트 결정 구조 물질을 포함할 수 있다.

[0037] 본 발명의 일실시예에 있어서, 상기 전극 소재는, 기지의 표면에 10 nm 내지 100 nm 범위의 크기를 가지는 각진 형태의 입자들이 돌출된 돌출상이 형성된 미세조직을 가질 수 있다.

[0038] 상기 기술적 과제를 달성하기 위한 본 발명의 기술적 사상에 따른 고체 산화물 연료전지는, 캐소드; 상기 캐소드를 마주보고 배치되는 애노드; 및 상기 캐소드와 상기 애노드 사이에 배치되는 전해질을 포함하고, 상기 캐소드 및 상기 애노드 중 적어도 어느 하나는 상술한 전극 소재로 구성된다.

[0039] 상기 기술적 과제를 달성하기 위한 본 발명의 기술적 사상에 따른 금속공기전지는, 캐소드; 상기 캐소드를 마주보고 배치되는 애노드; 및 상기 캐소드와 상기 애노드 사이에 배치되는 전해질을 포함하고, 상기 캐소드 및 상기 애노드 중 적어도 어느 하나는 상술한 전극 소재로 구성된다.

[0040] 상기 기술적 과제를 달성하기 위한 본 발명의 기술적 사상에 따른 고체 산화물 수전해 셀은, 물이 분해되어 형성된 수소 가스를 배출하는 캐소드; 상기 캐소드를 마주보고 배치되고 상기 물이 분해되어 형성된 산소 가스를 배출하는 애노드; 및 상기 애노드와 상기 캐소드 사이에 배치되는 전해질을 포함하는, 수소 및 산소를 생성하는 고체 산화물 수전해 셀로서, 상기 캐소드 및 상기 애노드 중 적어도 어느 하나는 상술한 전극 소재로 구성된다.

발명의 효과

[0041] 본 발명의 일 구현예에 의하면, $R_zE_aE'_bT_{2-x}T'_xO_{5+\delta}$ 화합물에서, 란탄족 원소를 더 포함하여 구성한 페로브스카이트 물질을 포함하는 전극 소재를 제공한다. 특히, 프라세오디뮴(Pr)을 20% 초과량을 넣은 $Pr_{1.2}Ba_{0.5}Sr_{0.5}Co_{1.5}Fe_{0.5}O_{5+\delta}$ 은 기존의 $PrBa_{0.5}Sr_{0.5}Co_{1.5}Fe_{0.5}O_{5+\delta}$ 에 비하여 향상된 임피던스 특성을 나타내었다. 상기 $Pr_{1.2}Ba_{0.5}Sr_{0.5}Co_{1.5}Fe_{0.5}O_{5+\delta}$ 의 형성은 $PrBa_{0.5}Sr_{0.5}Co_{1.5}Fe_{0.5}O_{5+\delta}$ 를 형성하는 페치니 방법을 적용할 수 있고, 간단하게 프라세오디뮴(Pr)의 함량을 더 추가하여 형성할 수 있다. 또한, 기저물의 물질에 프라세오디뮴(Pr)계 전도성 물질이 일정하게 분산된 미세구조를 가지므로, 목표 성질을 구현하기가 용이하다.

도면의 간단한 설명

[0042] 도 1은 본 발명의 일실시예에 따른 전극 소재를 구성하는 페로브스카이트 결정 구조체를 도시하는 개략도이다.

도 2는 본 발명의 일실시예에 따른 전극 소재를 구성하는 페로브스카이트 결정 구조체에서, 일부 원자가 치환된 경우를 도시하는 개략도이다.

도 3은 본 발명의 일 실시예에 따라 제조된 전극 소재에 대한 임피던스의 주파수 스펙트럼을 나타내는 니퀴스트 플롯을 도시하는 그래프들이다.

도 4 내지 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따라 제조된 전극 소재의 미세조직을 나타내는 주사전자현미경 사진들이다.

도 7은 본 발명의 일 실시예에 따라 제조된 전극 소재의 X-선 회절분석 결과를 나타내는 그래프이다.

도 8은 본 발명의 일실시예에 따른, 전극 소재로 형성된 전극을 포함하는 고체산화물 연료전지를 설명하는 개략도이다.

도 9는 본 발명의 일실시예에 따른, 전극 소재로 형성된 전극을 포함하는 금속공기전지를 설명하는 개략도이다.

도 10은 본 발명의 일실시예에 따른, 전극 소재로 형성된 전극을 포함하는 고체 산화물 수전해 셀을 설명하는 개략도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0043] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예를 상세히 설명하기로 한다. 본 발명의 실시예들은 당해 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 본 발명의 기술적 사상을 더욱 완전하게 설명하기 위하여 제공되는 것이며, 하기 실시예는 여러 가지 다른 형태로 변형될 수 있으며, 본 발명의 기술적 사상의 범위가 하기 실시예에 한정되는 것은 아니다. 오히려, 이들 실시예는 본 개시를 더욱 충실하고 완전하게 하고, 당업자에게 본 발명의 기술적 사상을 완전하게 전달하기 위하여 제공되는 것이다. 동일한 부호는 시종 동일한 요소를 의미한다. 나아가, 도면에서의 다양한 요소와 영역은 개략적으로 그려진 것이다. 따라서, 본 발명의 기술적 사상은 첨부한 도면에 그려진 상대적인 크기나 간격에 의해 제한되지 않는다.

[0044] 본 발명의 기술적 사상에 따른 전극 소재는 페로브스카이트 결정 구조 물질을 포함하는 우수한 전도성을 가지는 산화물 물질로서, 단일층 페로브스카이트 결정 구조체 또는 이중층 페로브스카이트 결정 구조체를 포함할 수 있다. 이하에서는, 페로브스카이트 결정 구조체에 대하여 설명하기로 한다.

[0045] 도 1은 본 발명의 일실시예에 따른 전극 소재를 구성하는 페로브스카이트 결정 구조체를 도시하는 개략도이다.

[0046] 도 1을 참조하면, 이중층 페로브스카이트 결정 구조 물질이 도시되어 있다. 페로브스카이트 결정 구조 물질은 크게 단일 페로브스카이트 결정 구조 물질과 이중층 페로브스카이트 결정 구조 물질로 구분될 수 있다.

[0047] 단일 페로브스카이트(simple perovskite) 결정 구조 물질은 ABO_3의 화학식을 가질 수 있다. 상기 단일 페로브스카이트 결정 구조는, 큐빅 격자(cubic lattice)의 코너 위치인 A-자리(A-site)에 이온반경이 상대적으로 큰 원소들이 위치할 수 있고, 산소 이온에 의해 12 배위수(CN, Coordination number)를 가질 수 있다. 예를 들어, 상기 A-자리에는 희토류 원소, 알카라인 희토류 원소, 알카라인 원소들이 위치할 수 있다. 상기 큐빅 격자의 체심(body center) 위치인 B-자리(B-site)에는 이온반경이 상대적으로 작은 원소들이 위치할 수 있고, 산소 이온에 의해 6 배위수를 가질 수 있다. 예를 들어, 상기 B-자리에는 코발트(Co), 철(Fe) 등과 전이금속이 위치할 수 있다. 상기 큐빅 격자의 각 면심(face center)에는 산소이온이 위치할 수 있다. 이러한 단일 페로브스카이트 구조는 일반적으로 A-자리(site)에 다른 물질이 치환될 경우 구조적인 변위가 발생할 수 있고, 주로 B-자리(site)에 위치한 원소를 중심으로 이의 최인접 산소이온(6개)으로 이루어지는 BO_6의 8면체에서 구조적인 변이가 발생할 수 있다.

[0048] 예를 들어, 수소 분위기에서 환원을 시키면, 단일 페로브스카이트 구조체는 이중층 페로브스카이트 구조체로 변화게 된다. 이런 이중층 페로브스카이트 구조체가 되면 산소 이온의 움직임이 빨라지고 열적 및 화학적 안정성이 향상될 수 있다.

[0049] 도 2에 도시된 바와 같이 이중층 페로브스카이트 결정 구조는, A-자리(site)에 두 원소 이상이 규칙적으로 배열

된 결정 격자 구조로서, $AA'BO_{5+\delta}$의 화학식을 가질 수 있다. 이러한 이중층 페로브스카이트 결정 구조 물질은 산소 공공 군집이 존재하여 이온의 움직임을 보다 용이하게 함으로써, 캐소드에 향상된 이온 전도성을 부여할 수 있다.

[0050] 도 2는 본 발명의 일실시예에 따른 전극 소재를 구성하는 페로브스카이트 결정 구조체에서, 일부 원자가 치환된 경우를 도시하는 개략도이다.

[0051] 도 2를 참조하면, 이중층 페로브스카이트 구조는 A-자리(site)에 두 원소 이상이 규칙적으로 배열된 결정 격자 구조로서, 예를 들어 $AA'B_2O_{5+\delta}$의 화학식을 가질 수 있다. 구체적으로, 이중층 페로브스카이트 구조를 가지는 란탄족 화합물은 기본적으로 $[BO_2]$-[AO]-$[BO_2]$-[A'O] 의 적층 순열이 c축을 따라 반복될 수 있다. 예를 들어, 상기 B는 코발트(Co) 또는 철(Fe)이고, 상기 A는 프라세오디뮴(Pr) 등을 포함하는 란탄족일 수 있고, 상기 A'는 바륨(Ba) 또는 스트론튬(Sr)일 수 있다.

[0052] 수소 분위기에서 환원을 시키면 단일 페로브스카이트 결정 구조 물질에서 이중층 페로브스카이트 결정 구조 물질로 변하게 된다. 이러한 이중층 페로브스카이트 결정 구조가 되면 산소 이온의 움직임이 빨라지고 열적 및 화학적 안정성이 향상될 수 있다. 또한 종래의 전극 소재에 비하여 수소 분위기에서의 전기 전도성이 높고 열적 화학적 안정성을 가지고 우수한 성능을 나타내는 전극 소재를 구현할 수 있다.

[0053] 본 발명의 일실시예에 따른 전극 소재는 하기의 화학식 1의 화합물을 포함할 수 있다.

[0054] <화학식 1>

[0055] $R_ZET_2O_{5+\delta}$

[0056] 상기 화학식 1에서, 상기 R은 란탄족에서 선택된 하나 또는 그 이상의 원소들을 포함하고, 상기 E는 알카리토금속족에서 선택된 하나 또는 그 이상의 원소들을 포함하고, 상기 T는 전이금속에서 선택된 하나 또는 그 이상의 원소들을 포함하고, 상기 O는 산소이고, 상기 z는 1.15 초과 내지 1.25 미만의 수이고, 상기 δ는 1 이하의 양수로서, 상기 화학식 1의 화합물을 전기적 중성으로 하는 값이다. 상기 δ는 하기의 이중층 페로브스카이트 구조에서의 침입형 산소(interstitial oxygen)를 나타내고 구체적인 결정 구조에 따라 상기 δ의 값이 정해질 수 있다.

[0057] 상기 화학식 1에서, 상기 R은, 예를 들어 란탄족 원소를 포함할 수 있고, 예를 들어 네오디뮴(Nd), 프라세오디뮴(Pr), 사마륨(Sm), 가돌리늄(Gd), 이트륨(Y), 스칸듐(Sc), 유로퓸(Eu), 터븀(Tb), 에르븀(Er), 또는 이들의 혼합물을 중 어느 하나를 포함할 수 있다.

[0058] 상기 화학식 1에서, 상기 E는, 예를 들어 알칼리토 금속을 포함할 수 있고, 예를 들어, 바륨(Ba), 스트론튬(Sr), 베릴륨(Be), 마그네슘(Mg), 칼슘(Ca), 라듐(Ra) 또는 이들의 혼합물을 중 어느 하나를 포함할 수 있다.

[0059] 상기 화학식 1에서, 상기 T는, 예를 들어 전이 금속을 포함할 수 있고, 예를 들어, 코발트(Co), 철(Fe), 망간(Mn), 구리(Cu), 크롬(Cr), 니켈(Ni), 티타늄(Ti), 니오븀(Nb) 또는 이들의 혼합물을 중 어느 하나를 포함할 수 있다.

[0060] 상기 화학식 1의 화합물은 상기 R에 따라 다양한 화합물을 포함할 수 있다. 예를 들어, 상기 화학식 1의 화합물은 $Nd_zBaCo_2O_{5+\delta}$, $Pr_zBaCo_2O_{5+\delta}$, $Sm_zBaCo_2O_{5+\delta}$, $Gd_zBaCo_2O_{5+\delta}$, $Y_zBaCo_2O_{5+\delta}$, $Sc_zBaCo_2O_{5+\delta}$, $Eu_zBaCo_2O_{5+\delta}$, $Tb_zBaCo_2O_{5+\delta}$, $Er_zBaCo_2O_{5+\delta}$, $Nd_zSrCo_2O_{5+\delta}$, $Pr_zSrCo_2O_{5+\delta}$, $Sm_zSrCo_2O_{5+\delta}$, $Gd_zSrCo_2O_{5+\delta}$, $Y_zSrCo_2O_{5+\delta}$, $Sc_zSrCo_2O_{5+\delta}$, $Eu_zSrCo_2O_{5+\delta}$, $Tb_zSrCo_2O_{5+\delta}$, $Er_zSrCo_2O_{5+\delta}$, $Nd_zBaFe_2O_{5+\delta}$, $Pr_zBaFe_2O_{5+\delta}$, $Sm_zBaFe_2O_{5+\delta}$, $Gd_zBaFe_2O_{5+\delta}$, $Nd_zSrFe_2O_{5+\delta}$, $Pr_zSrFe_2O_{5+\delta}$, $Sm_zSrFe_2O_{5+\delta}$, $Gd_zSrFe_2O_{5+\delta}$, $Y_zSrFe_2O_{5+\delta}$, $Sc_zSrFe_2O_{5+\delta}$, $Eu_zSrFe_2O_{5+\delta}$, $Tb_zSrFe_2O_{5+\delta}$, 또는 $Er_zSrFe_2O_{5+\delta}$로 표시되는 화합물일 수 있다. 또한, 상기 화합물이 바륨(Ba) 또는 스트론튬(Sr)을 대신하여 다른 알카리토 금속을 포함하거나, 코발트(Co) 또는 철(Fe)을 대신하여 다른 전이금속을 포함하는 경우도 본 발명의 기술적 사상에 포함된다.

[0061] 상기 화학식 1의 화합물은 단일층 페로브스카이트 결정 구조 또는 이중층 페로브스카이트 결정 구조를 가질 수 있다.

[0062] 본 발명의 일실시예에 따른 전극 소재는 하기의 화학식 2의 화합물을 포함할 수 있다.

[0063] <화학식 2>

[0064] $R_zE_aE'_bT_{2-x}T'_xO_{5+\delta}$

[0065] 상기 화학식 2에서, 상기 R은 란탄족에서 선택된 하나 또는 그 이상의 원소들을 포함하고, 상기 E 및 E'는 알카리토 금속족에서 선택된 서로 다른 원소들을 포함하고, 상기 T 및 상기 T'는 전이금속에서 선택된 서로 다른 원소들을 포함하고, 상기 O는 산소이고, 상기 z는 1.15 초과 내지 1.25 미만의 수이고, 상기 a와 b는 0 초과 1 미만의 수로서, a+b=1을 만족하고, x는 0 초과 2 미만의 수이고, 상기 δ는 1 이하의 양수로서, 상기 화학식 2의 화합물을 전기적 중성으로 하는 값이다.

[0066] 상기 화학식 2에서, 상기 R은, 예를 들어 란탄족 원소를 포함할 수 있고, 예를 들어 이트륨(Y), 네오디뮴(Nd), 프라세오디뮴(Pr), 스칸듐(Sc), 사마륨(Sm), 가돌리늄(Gd), 유로퓸(Eu), 터븀(Tb), 에르븀(Er), 또는 이들의 혼합물을 중 어느 하나를 포함할 수 있다.

[0067] 상기 화학식 2에서, 상기 E 및 E'는 알카리토 금속족에서 선택된 하나 또는 그 이상의 원소들을 포함할 수 있고, 예를 들어, 바륨(Ba), 스트론튬(Sr), 베릴륨(Be), 마그네슘(Mg), 칼슘(Ca), 라듐(Ra) 또는 이들의 혼합물 중 어느 하나를 포함할 수 있다. 상기 E'는, 상기 화학식 2의 화합물에서, 상기 E의 위치를 차지하도록 상기 E를 치환하는 물질이거나, 또는 도핑되는 도판트 물질일 수 있다.

[0068] 상기 화학식 2에서, 상기 T 및 T'는 전이금속에서 선택된 하나 또는 그 이상의 원소들을 포함할 수 있고, 예를 들어, 코발트(Co), 철(Fe), 망간(Mn), 구리(Cu), 크롬(Cr), 니켈(Ni), 티타늄(Ti), 니오븀(Nb) 또는 이들의 혼합물 중 어느 하나를 포함할 수 있다. 상기 T'는, 상기 화학식 2의 화합물에서, 상기 T의 위치를 차지하도록 상기 T를 치환하는 물질이거나, 또는 도핑되는 도판트 물질일 수 있다.

[0069] 상기 화학식 2의 화합물은, 상기 R에 따라 다양한 화합물을 포함할 수 있다. 예를 들어, 상기 화학식 2의 화합물은, $Nd_zBa_aSr_bCo_{2-x}Fe_xO_{5+\delta}$, $Pr_zBa_aSr_bCo_{2-x}Fe_xO_{5+\delta}$, $Sm_zBa_aSr_bCo_{2-x}Fe_xO_{5+\delta}$, $Gd_zBa_aSr_bCo_{2-x}Fe_xO_{5+\delta}$, $Y_zBa_aSr_bCo_{2-x}Fe_xO_{5+\delta}$, $Sc_zBa_aSr_bCo_{2-x}Fe_xO_{5+\delta}$, $Eu_zBa_aSr_bCo_{2-x}Fe_xO_{5+\delta}$, $Tb_zBa_aSr_bCo_{2-x}Fe_xO_{5+\delta}$, 또는 $Er_zBa_aSr_bCo_{2-x}Fe_xO_{5+\delta}$로 표시되는 화합물을 포함할 수 있다. 또한, 상기 화합물이 바륨(Ba) 또는 스트론튬(Sr)을 대신하여 다른 알카리토 금속을 포함하거나, 코발트(Co) 또는 철(Fe)을 대신하여 다른 전이금속을 포함하는 경우도 본 발명의 기술적 사상에 포함된다.

[0070] 본 발명의 일실시예에 따른 전극 소재의 상기 화학식 2의 화합물은 하기의 화학식 3의 화합물을 포함할 수 있다.

[0071] <화학식 3>

[0072] $R_zBa_{0.5}Sr_{0.5}Co_{1.5}Fe_{0.5}O_{5+\delta}$

[0073] 상기 화학식 3에서, 상기 R은 란탄족에서 선택된 하나 또는 그 이상의 원소들을 포함하고, 상기 O는 산소이고, 상기 z는 1.15 초과 내지 1.25 미만의 수이고, 상기 δ는 1 이하의 양수로서, 상기 화학식 3의 화합물을 전기적 중성으로 하는 값이다.

[0074] 상기 화학식 3에서, 상기 R은, 예를 들어 란탄족 원소를 포함할 수 있고, 예를 들어 이트륨(Y), 네오디뮴(Nd), 프라세오디뮴(Pr), 스칸듐(Sc), 사마륨(Sm), 가돌리늄(Gd), 유로퓸(Eu), 터븀(Tb), 에르븀(Er), 또는 이들의 혼합물을 중 어느 하나를 포함할 수 있다.

[0075] 상기 화학식 3의 화합물은, 상기 R에 따라 다양한 화합물을 포함할 수 있다. 예를 들어, 상기 화학식 3의 화합물은, $Nd_zBa_{0.5}Sr_{0.5}Co_{1.5}Fe_{0.5}O_{5+\delta}$, $Pr_zBa_{0.5}Sr_{0.5}Co_{1.5}Fe_{0.5}O_{5+\delta}$, $Sm_zBa_{0.5}Sr_{0.5}Co_{1.5}Fe_{0.5}O_{5+\delta}$, $Gd_zBa_{0.5}Sr_{0.5}Co_{1.5}Fe_{0.5}O_{5+\delta}$, $Y_zBa_{0.5}Sr_{0.5}Co_{1.5}Fe_{0.5}O_{5+\delta}$, $Sc_zBa_{0.5}Sr_{0.5}Co_{1.5}Fe_{0.5}O_{5+\delta}$, $Eu_zBa_{0.5}Sr_{0.5}Co_{1.5}Fe_{0.5}O_{5+\delta}$, $Tb_zBa_{0.5}Sr_{0.5}Co_{1.5}Fe_{0.5}O_{5+\delta}$, 또는 $Er_zBa_{0.5}Sr_{0.5}Co_{1.5}Fe_{0.5}O_{5+\delta}$로 표시되는 화합물을 포함할 수 있다. 또한, 상기 화합물이 바륨(Ba) 또는 스트론튬(Sr)을 대신하여 다른 알카리토 금속을 포함하거나, 코발트(Co) 또는 철(Fe)을 대신하여 다른 전이금속을 포함하는 경우도 본 발명의 기술적 사상에 포함된다.

[0076] 본 발명의 일실시예에 따른 전극 소재의 상기 화학식 2의 화합물은 하기의 화학식 4의 화합물을 포함할 수 있다.

[0077] <화학식 4>

[0078] $R_{1.2}Ba_{0.5}Sr_{0.5}Co_{1.5}Fe_{0.5}O_{5+\delta}$

[0079] 상기 화학식 4에서, 상기 R은 란탄족에서 선택된 하나 또는 그 이상의 원소들을 포함하고, 상기 O는 산소이고, 상기 δ는 1 이하의 양수로서, 상기 화학식 4의 화합물을 전기적 중성으로 하는 값이다.

[0080] 상기 화학식 4에서, 상기 R은, 예를 들어 란탄족 원소를 포함할 수 있고, 예를 들어 이트륨(Y), 네오디뮴(Nd), 프라세오디뮴(Pr), 스칸듐(Sc), 사마륨(Sm), 가돌리늄(Gd), 유로퓸(Eu), 터븀(Tb), 에르븀(Er), 또는 이들의 혼합물을 중 어느 하나를 포함할 수 있다.

[0081] 상기 화학식 4의 화합물은, 상기 R에 따라 다양한 화합물을 포함할 수 있다. 예를 들어, 상기 화학식 4의 화합물은, $Nd_{1.2}Ba_{0.5}Sr_{0.5}Co_{1.5}Fe_{0.5}O_{5+\delta}$, $Pr_{1.2}Ba_{0.5}Sr_{0.5}Co_{1.5}Fe_{0.5}O_{5+\delta}$, $Sm_{1.2}Ba_{0.5}Sr_{0.5}Co_{1.5}Fe_{0.5}O_{5+\delta}$, $Gd_{1.2}Ba_{0.5}Sr_{0.5}Co_{1.5}Fe_{0.5}O_{5+\delta}$, $Y_{1.2}Ba_{0.5}Sr_{0.5}Co_{1.5}Fe_{0.5}O_{5+\delta}$, $Sc_{1.2}Ba_{0.5}Sr_{0.5}Co_{1.5}Fe_{0.5}O_{5+\delta}$, $Eu_{1.2}Ba_{0.5}Sr_{0.5}Co_{1.5}Fe_{0.5}O_{5+\delta}$, $Tb_{1.2}Ba_{0.5}Sr_{0.5}Co_{1.5}Fe_{0.5}O_{5+\delta}$, 또는 $Er_{1.2}Ba_{0.5}Sr_{0.5}Co_{1.5}Fe_{0.5}O_{5+\delta}$로 표시되는 화합물을 포함할 수 있다. 또한, 상기 화합물이 바륨(Ba) 또는 스트론튬(Sr)을 대신하여 다른 알카리토 금속을 포함하거나, 코발트(Co) 또는 철(Fe)을 대신하여 다른 전이금속을 포함하는 경우도 본 발명의 기술적 사상에 포함된다.

[0082] 이하에서는, 본 발명의 기술적 사상에 따른 전극 소재를 이용한 전극의 제조 방법을 설명하기로 한다.

[0083] 상기 전극의 제조 방법은 먼저 상술한 페로브스카이트 결정 구조체를 형성한다. 상기 페로브스카이트 결정 구조체를 형성하는 방법은, 상기 화학식 1 내지 상기 화학식 4 중 어느 하나의 화합물의 조성에 맞도록 계량된 각 금속 전구체를 (예를 들어 용매를 이용하여 습식) 혼합하는 단계, 상기 혼합물로부터 고형물을 얻는 단계, 상기 고형물을 공기 중에서 소성하여 소성물을 얻는 단계 및 상기 소성물을 연마하는 단계를 포함한다.

[0084] 상기 금속 전구체는 상기 화학식의 화합물을 얻을 수 있는 화학양론적 비율로 혼합한다. 금속 전구체의 예는 상기 화학식의 상기 전극을 구성하는 각 성분의 질화물, 산화물, 할로겐화물 등을 사용할 수 있지만 이에 한정되는 것은 아니다. 예를 들어, 상기 금속 전구체는 Pr, Ba, Sr, Co, Fe 등의 적어도 하나를 포함하는 질화물, 산화물, 할로겐화물 등일 수 있다.

[0085] 상기 금속 전구체를 상기 용매와 혼합하는 단계에서는, 물을 용매로서 사용할 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다. 상기 금속 전구체를 용해시킬 수 있는 것이라면 제한 없이 사용할 수 있으며, 예를 들어 메탄올, 에탄올, 1-프로판올, 2-프로판올, 부탄올 등의 총 탄소수가 5 이하의 저급 알코올; 질산, 염산, 황산, 구연산 등의 산성 용액; 물; 톨루엔, 벤젠, 아세톤, 디에틸에테르, 에틸렌 글리콜 등의 유기용매; 등을 단독으로 혹은 혼합하여 사용할 수 있다.

[0086] 상기 금속 전구체를 상기 용매와 혼합하는 단계는, 약 100℃ 내지 약 200℃ 범위의 온도에서 수행될 수 있고, 각 성분이 충분히 혼합될 수 있도록 교반 하에 소정 시간 동안 수행할 수 있다. 상기 혼합 과정과 용매 제거 및 이를 위하여 필요한 첨가제 부가는 예를 들어 페치니법(pechini method) 등으로 잘 알려져 있으니 여기서는 상술하지 않는다.

[0087] 상기 혼합 과정을 거친 후, 자발 연소(Self-combustion) 과정에 의해 초미세 고형물을 얻을 수 있다. 이어서, 약 400℃ 내지 약 950℃의 온도 범위로 약 1 시간 내지 약 5 시간 범위 동안, 예를 들어 약 600℃에서 약 4시간 동안 상기 초미세 고형물을 열 처리(하소, 소결)할 수 있다. 이에 따라 페로브스카이트 결정 구조체가 형성된다.

[0088] 필요한 경우 상기 전극 소재를 제 2의 열 처리(하소, 소결)를 할 수도 있다. 이 제 2 열처리 공정은 공기 중에서 소성하는 공정으로서 약 950℃ 내지 약 1500℃ 범위의 온도에서 약 1 시간 내지 약 24 시간 범위 동안, 예를 들어 약 950℃ 내지 약 1500℃ 범위의 온도에서 약 12 시간 동안 수행하여 분말상의 결과물을 얻게 된다.

[0089] 이어서, 상기 소성된 결과물은 연마하거나 분쇄하여 일정 크기의 미세 분말상을 얻을 수 있다. 예를 들어, 약 24 시간 동안 아세톤 내에서 볼 밀링 하여 분쇄 및 혼합한다. 다음으로, 혼합된 분말을 금속몰드에 넣고 프레스한 후, 가압된 펠렛(Pellet)을 대기 중에서 소결하여 전극 소재를 제조할 수 있다. 소결은 약 950℃ 내지 약 1500℃ 범위의 온도로 약 12 시간 내지 약 24 시간 범위 동안, 예를 들어 약 950 내지 약 1500℃ 범위의 온도에서 약 24 시간 동안 수행할 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다. 상기 소성된 결과물은 연마하거나 분쇄하여 일정 크기의 미세 분말상의 전극 소재를 얻을 수 있다.

[0090] 상기 전극 소재로부터 애노드 또는 캐소드의 전극을 제조할 수 있다. 예를 들어 상기 전극 소재를 기재 상에 코팅한 후 열처리하여 애노드 또는 캐소드의 전극을 형성할 수 있다. 상기 열처리는 수소 분위기와 같은 환원

분위기에서 수행될 수 있다. 상기 열처리는, 예를 들어 약 700℃ 내지 약 800℃ 범위의 온도에서 수행될 수 있다. 상기 열처리는, 예를 들어 약 3 atm 의 수소 압력 하에서 수행될 수 있다. 상기 전극의 두께는 약 1 ㎛ 내지 약 100 ㎛의 범위일 수 있다. 예를 들어, 상기 전극의 두께는 약 5 ㎛ 내지 약 50 ㎛의 범위일 수 있다.

[0091] 실험예

[0092] 이하의 실험예에서는, 전극 소재를 구성하는 물질로서 하기와 같은 화합물을 선택하였다. 본 발명의 실시예로서, $Pr_{1.2}Ba_{0.5}Sr_{0.5}Co_{1.5}Fe_{0.5}O_{5+\delta}$ (이하에서는 "PBSCF120"으로 기재함)을 선택하였다. 또한, 비교예들로서 프라세오디뮴(Pr)의 함량을 변화시켰으며, 구체적으로 비교예1은 $PrBa_{0.5}Sr_{0.5}Co_{1.5}Fe_{0.5}O_{5+\delta}$ (이하에서는 "PBSCF100"으로 기재함), 비교예2는 $Pr_{1.1}Ba_{0.5}Sr_{0.5}Co_{1.5}Fe_{0.5}O_{5+\delta}$ (이하에서는 "PBSCF110"으로 기재함), 비교예3은 $Pr_{1.15}Ba_{0.5}Sr_{0.5}Co_{1.5}Fe_{0.5}O_{5+\delta}$ (이하에서는 "PBSCF115"로 기재함), 및 비교예4는 $Pr_{1.25}Ba_{0.5}Sr_{0.5}Co_{1.5}Fe_{0.5}O_{5+\delta}$ (이하에서는 "PBSCF125"로 기재함)을 선택하였다.

[0093] 상기 실시예 및 비교예들의 화합물을 형성하기 위하여 상술한 페치니법을 이용하였고, 구체적으로 해당 금속 전구체들을 에틸렌글리콜, 시트르산, 및 증류수가 혼합된 용매에 용해하였다. 용해 후에는 자발 연소 과정을 통해 초미세 고형물을 얻을 수 있다. 상기 초미세 고형물을 600℃에서 4시간 동안 열처리 한 후, 아세톤 내에서 24시간 동안 볼밀(ball mill) 하여 분쇄 및 혼합한 다음, 건조 후, 5 MPa에서 펠렛으로 압축시키고 공기 중에서 24시간 동안 1500℃로 소결하였다. 그리고 이중층 페로브스카이트 구조를 형성하기 위해 100% H_2 (3% H_2O에 상응함)의 분위기에서 환원된 후 전극 소재를 형성하였다. 상기 전극 소재의 상기 펠릿을 분쇄한 후, 산소 이온 전도성 산화물인 $Ce_{0.9}Gd_{0.1}Gd_{2-\delta}$(이하 GDC로 줄임)와 혼합하고 볼밀링을 수행하고, 유기 바인더(Heraeus V006)와 혼합하여 슬러리를 형성한다. 상기 GDC는 해당 금속 질산염과 글리신을 써서 글리신-질산염법(GNP)으로 합성할 수 있다.

[0094] 이어서 스크린 프린팅 방법을 이용하여, 상기 GDC를 전해질로 하는 대칭형 전지를 형성한다. 구체적으로 임피던스 측정을 위하여 전극/GDC/전극 구조의 대칭 반전지(symmetric half cell)를 제조할 수 있다. GDC 분말을 펠렛으로 압축하고 공기 중에서 4시간 동안 1350℃로 소결하여 치밀한 전해질을 얻을 수 있다. 이 치밀한 GDC 전해질의 양면에 대칭이 되도록 상기 슬러리들을 각각 도포하고 이어서 공기 중에서 4시간 동안 900℃로 소결하였다. 본 실험예에서는 상기 슬러리를 이용하여 캐소드 전극을 형성하였다.

[0095] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따라 제조된 전극 소재에 대한 임피던스의 주파수 스펙트럼을 나타내는 니퀴스트 플롯을 도시하는 그래프들이다.

[0096] 도 3에서, (a), (b), (c)는 비교예들로서 각각 PBSCF100, PBSCF110, 및 PBSCF115에 해당되고, (d)는 실시예로서 PBSCF120에 해당된다. 측정 온도는 연료 전지의 목표 작동온도 범위인 600℃ 이다.

[0097] 도 3의 결과에 따른 오믹 저항과 비오믹 저항을 표 1에 나타내었다.

표 1

[0098]

분류	비교예1 (PBSCF100)	비교예2 (PBSCF110)	비교예3 (PBSCF115)	실시예 (PBSCF120)
오믹 저항(Ωcm^2)	1.2250566	1.115791	0.94991	1.139225
비오믹 저항(Ωcm^2)	0.057629	0.071998	0.058505	0.049754

[0099] 도 3 및 표 1을 참조하면, 상기 PBSCF100를 기준으로, 프라세오디뮴(Pr)의 양이 10% 증가된 상기 PBSCF110에서는 비오믹 저항이 증가되었고, 다시 프라세오디뮴(Pr)의 양이 15% 증가된 상기 PBSCF115에서는 비오믹 저항이 감소되어 상기 PBSCF100와 비슷한 수준을 나타내었다. 반면, 프라세오디뮴(Pr)의 양이 20% 증가된 상기 PBSCF120에서는 비오믹 저항이 더 감소되어, 0.049754 Ωcm^2 으로 나타났으며, 이는 상기 PBSCF100의 0.057629 Ωcm^2 에 비하여 낮은 수치이다. 따라서, 상기 PBSCF 화합물에서 상기 프라세오디뮴(Pr)의 양이 15% 더 초과하면(즉, 1.15의 수치임), 비오믹 저항이 감소되고 따라서 임피던스 특성이 향상된다.

[0100] 참고로, 프라세오디뮴(Pr)의 양이 25% 증가된 화합물, 즉 $Pr_{1.25}Ba_{0.5}Sr_{0.5}Co_{1.5}Fe_{0.5}O_{5+\delta}$ 의 경우에는, 상기 화합물의 구조가 불안정하여 합성이 어려운 한계가 있다

[0101] 따라서, 상기 화학식 2의 $R_zE_aE'_bT_{2-x}T'_xO_{5+\delta}$ 화합물 및 상기 화학식 3의 $R_zBa_{0.5}Sr_{0.5}Co_{1.5}Fe_{0.5}O_{5+\delta}$ 화합물에서 z의 범위는 1.15 초과 내지 1.25 미만의 수로 설정될 수 있다.

[0102] 도 4 내지 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따라 제조된 전극 소재의 미세조직을 나타내는 주사전자현미경 사진들이다.

[0103] 도 4에서, (a), (b), (c)는 비교예들로서 각각 PBSCF100, PBSCF110, 및 PBSCF115에 해당되고, (d)는 실시예로서 PBSCF120에 해당된다. 도 5는 도 4를 확대한 사진으로서, (a)는 비교예1로서 PBSCF100에 해당되고, (b)는 실시예로서 PBSCF120에 해당된다. 모든 경우는 1150℃에서 4 시간 동안 소결한 결과물이다.

[0104] 도 4 및 도 5를 참조하면, 비교예들인 상기 PBSCF100, 상기 PBSCF110, 및 상기 PBSCF115는 거의 유사한 미세조직을 가짐을 알 수 있다. 반면, 실시예인 상기 PBSCF120의 경우에는, 기지의 표면에 수십 nm 크기, 예를 들어 10 nm 내지 100 nm 범위의 크기를 가지는 각진 형태의 입자들이 돌출된 돌출상들이 형성된 미세조직을 가진다. 이러한 돌출상에 의하여 비오믹 저항의 감소 및 임피던스 특성의 향상이 발생한 것으로 분석된다.

[0105] 도 6을 참조하면, (a)는 실시예로서 PBSCF120에 해당되고, (b)는 비교예4로서 PBSCF125에 해당된다. 실시예에서는 상기 돌출상이 관찰되는 반면, 비교예4에서는 상기 돌출상이 관찰되지 않는다. 따라서, 비교예4는 상기 돌출상을 가지지 않음으로, 비오믹 저항의 감소되지 않고, 임피던스 특성의 향상되지 않을 것으로 분석된다.

[0106] 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따라 제조된 전극 소재의 X-선 회절분석 결과를 나타내는 그래프이다.

[0107] 도 7을 참조하면, 실시예와 비교예1 내지 비교예3은 거의 유사한 X-선 회절 패턴을 나타낸다. 반면, 비교예4는 원형으로 표시한 바와 같이. 페로브스카이트 상 이외에 다른 상이 발생하는 것이 관찰된다. 따라서, 프라세오디뮴(Pr)이 25%를 가지는 경우에는 상에 변화가 발생하고, 이러한 변화에 의하여 성능의 저하가 발생한 것으로 분석된다.

[0108] 결론적으로, 본 발명의 일 구현예에 의하면, $R_zE_aE'_bT_{2-x}T'_xO_{5+\delta}$ 화합물에서, 란탄족 원소를 더 포함하여 구성한 페로브스카이트 물질을 포함하는 전극 소재를 제공한다. 특히, 프라세오디뮴(Pr)을 20%를 더 넣은 $Pr_{1.2}Ba_{0.5}Sr_{0.5}Co_{1.5}Fe_{0.5}O_{5+\delta}$ 은 기존의 $PrBa_{0.5}Sr_{0.5}Co_{1.5}Fe_{0.5}O_{5+\delta}$ 에 비하여 향상된 임피던스 특성을 나타내었다. 프라세오디뮴(Pr)의 함량은 15% 초과 내지 25% 미만의 범위로 더 포함되는 것이 바람직하므로, 결과적으로 프라세오디뮴(Pr)의 전체 함량은 1.15 초과 내지 1.25 미만의 범위일 수 있다.

[0109] 상기 $Pr_{1.2}Ba_{0.5}Sr_{0.5}Co_{1.5}Fe_{0.5}O_{5+\delta}$ 의 형성은 $PrBa_{0.5}Sr_{0.5}Co_{1.5}Fe_{0.5}O_{5+\delta}$ 를 형성하는 페치니 방법을 적용할 수 있고, 간단하게 프라세오디뮴(Pr)의 함량을 더 추가하여 형성할 수 있다. 또한, 기저물의 물질에 프라세오디뮴(Pr)계 전도성 물질이 일정하게 분산된 돌출상을 가지는 미세구조를 가지므로, 목표 성질을 구현하기가 용이하다.

[0111] 고체산화물 연료전지에의 적용

[0112] 하기에 설명하는 전극 소재가 고체산화물 연료전지의 애노드와 캐소드에 적용되는 경우도 본 발명의 기술적 사상에 포함된다.

[0113] 도 8은 본 발명의 일실시예에 따른, 전극 소재로 형성된 전극을 포함하는 고체산화물 연료전지(100)를 설명하는 개략도이다.

[0114] 도 8을 참조하면, 고체산화물 연료전지(100)는 애노드(110), 애노드(110)를 마주보고 배치되는 캐소드(120), 및 애노드(110)와 캐소드(120) 사이에 배치되는 산소 이온 전도성 고체 산화물인 전해질(electrolyte)(130)을 포함한다. 선택적으로(optionally), 애노드(110)와 전해질(130) 사이에 배치되는 버퍼층(140)을 더 포함할 수 있다.

[0115] 고체산화물 연료전지(100)의 전기화학반응은 하기 반응식에 나타낸 바와 같이, 캐소드(120)의 산소가스 O_2가 산소이온 O^{2-}으로 변하는 양극반응과 애노드(110)의 연료(H_2 또는 탄화수소)와 전해질을 통해 이동해 온 산소이온이 반응하는 음극반응으로 이루어진다.

[0116] <반응식>

[0117] 양극반응: $1/2\ O_2 + 2e^- \rightarrow O^{2-}$

[0118] 음극반응: $H_2 + O^{2-} \rightarrow H_2O + 2e^-$

[0119] 고체산화물 연료전지(100)의 캐소드(120)에서는 전극표면에 흡착된 산소가 해리 및 표면 확산을 거쳐 전해질(130), 캐소드(120), 기공(미도시)이 만나는 삼상계면(triple phase boundary)으로 이동하여 전자를 얻어 산소 이온으로 되고 생성된 산소이온은 전해질(130)을 통해 연료극인 애노드(110)로 이동하게 된다.

[0120] 고체산화물 연료전지(100)의 애노드(110)에서는 이동한 산소이온이 연료 내에 포함된 수소와 결합하여 물을 생성한다. 이때 수소는 전자를 배출하여 수소 이온(H^+)으로 변화하여 상기 산소이온과 결합한다. 배출된 전자는 배선(미도시)를 통하여 캐소드(120)로 이동하여 산소를 산소 이온으로 변화시킨다. 이러한 전자 이동을 통하여, 고체산화물 연료전지(100)는 전지 기능을 수행할 수 있다.

[0121] 고체산화물 연료전지(100)는 해당 기술 분야에서 각종 문헌에 공지되어 있는 통상적인 방법을 이용하여 제조할 수 있으므로, 여기서는 그에 대한 상세한 설명은 생략하기로 한다. 또한, 고체산화물 연료전지(100)는 원통형(tubular) 스택, 평관형(flat tubular) 스택, 평판형(planar type) 스택 등 다양한 구조에 적용될 수 있다.

[0122] 고체산화물 연료전지(100)는 단위 전지의 스택(stack) 형태일 수 있다. 예를 들어, 애노드(110), 캐소드(120), 및 전해질(130)로 구성되는 단위 전지(MEA, Membrane and Electrode Assembly)가 직렬로 적층되고 상기 단위 전지들 사이에 이들을 전기적으로 연결하는 분리판(separator)가 개재되어 단위 전지의 스택(stack)이 얻어질 수 있다.

[0123] 애노드(110) 및 캐소드(120) 중 적어도 어느 하나는 본 발명의 기술적 사상에 따른 전극 소재를 이용하여 형성될 수 있다.

[0124] 전해질(130)은 본 기술 분야에서 일반적으로 사용할 수 있는 것이라면 특별히 제한되지 않는다. 예를 들어, 전해질(130)은, 이트리아 안정화 지르코니아(YSZ), 스칸디아 안정화 지르코니아(ScSZ) 등의 안정화 지르코니아계; 사마리아 도핑된 세리아(SDC), 가돌리니아 도핑된 세리아(GDC) 등과 같은 희토류 원소가 첨가된 세리리아계; 기타 LSGM ((La, Sr)(Ga, Mg)O_3)계; 등을 포함할 수 있다. 또한, 전해질(130)은, 스트론튬 또는 마그네슘이 도핑된 란타늄 갈레이트(lanthanum gallate) 등을 포함할 수 있다.

[0125] 버퍼층(140)은 애노드(110)와 전해질(130) 사이에 위치하여 원활한 접촉을 제공하는 기능을 수행할 수 있다. 버퍼층(140)은, 예를 들어 애노드(110)와 전해질(130) 사이의 결정 격자 뒤틀림을 완화하는 기능을 수행할 수 있다. 버퍼층(140)은, 예를 들어 LDC($La_{0.4}Ce_{0.6}O_{2-\delta}$) 를 포함할 수 있다. 버퍼층(140)은 선택적인 구성요소로서 생략될 수 있다.

[0126] 본 발명의 기술적 사상에 따른 상기 전극 소재는 상기 캐소드 및 상기 애노드의 전극 기재를 구성하거나 또는 상기 전극 기재에 부착되는 촉매체를 구성할 수 있다.

[0127] 금속공기전지에의 적용

[0128] 상기 전극 소재가 금속공기전지의 애노드 또는 캐소드에 적용되는 경우도 본 발명의 기술적 사상에 포함된다.

[0129] 도 9는 본 발명의 일실시예에 따른, 전극 소재로 형성된 전극을 포함하는 금속공기전지(200)를 설명하는 개략도이다.

[0130] 도 9를 참조하면, 금속공기전지(200)는, 음극인 애노드(210), 양극인 캐소드(220) 및 애노드(210)와 캐소드(220) 사이에 위치하는 전해질(230)을 포함한다. 캐소드(220)는 집전체(240)와 촉매체(250)를 더 포함할 수 있다.

[0131] 금속공기전지(200)는 금속과 산소의 반응을 이용하여 전력을 생성한다. 금속공기전지(200)의 최대 장점은 자연계에 무한히 존재하는 산소를 활물질로 이용하며, 다른 이차전지에 비하여 매우 높은 이론 에너지 밀도를 가지고, 또한 친화경적인 특성을 보유하는 것이다. 또한, 금속공기전지(200)는 내부에 화학 산화제를 포함하지 않으므로 폭발이나 화재의 우려가 없으며 무게를 크게 감소시킬 수 있다. 또한, 수소나 알코올을 사용하는 연료 전지에 비하여 매우 경제적이고 안정성이 우수하고 낮은 온도에서의 작동능력도 우수하다.

[0132] 애노드(210)는, 방전 시에 전자를 잃어 양이온이 되는 물질을 포함할 수 있고, 예를 들어 금속을 포함할 수 있고, 예를 들어 리튬, 아연, 마그네슘, 알루미늄, 칼슘을 포함할 수 있다. 특히, 리튬은 이론적인 에너지 밀도가 11,140 Wh/kg으로서 13,000 Wh/kg의 가솔린에 거의 유사한 수준을 나타낸다. 참고로, 알루미늄은 8130 Wh/kg,

칼슘은 4180 Wh/kg, 아연은 1350 Wh/kg의 이론적인 에너지 밀도를 가진다. 또한, 애노드(210)는 본 발명의 기술적 사상에 따른 전극 소재를 이용하여 구성될 수 있다.

[0133] 캐소드(220)는 공기 중의 산소를 이용하도록 구성되며, 상기 산소를 집전할 수 있다. 캐소드(220)는 산소를 집전하는 다공성 물질의 집전체(240) 및 산소의 환원반응을 활성화하는 촉매체(250)를 더 포함할 수 있다. 캐소드(220)는 본 발명의 기술적 사상에 따른 전극 소재를 이용하여 구성될 수 있다. 금속공기전지(200)는 캐소드(220)를 공기 중의 산소를 이용할 수 있으므로, 이론적으로는 캐소드(220)의 무게를 0으로 또는 비약적으로 감소시킬 수 있다. 그러므로, 캐소드(220)의 무게를 감소시킴에 따라 애노드(210)의 무게를 증가시킬 수 있으므로, 금속공기전지(200)의 전체 무게에 대한 애노드(210)의 무게 비율이 증가되어, 결과적으로 전지 단위 무게 당 높은 에너지 밀도를 제공할 수 있다.

[0134] 전해질(230)은 애노드(210)와 캐소드(220) 사이에 위치하고, 전해 물질을 포함할 수 있다. 전해질(230)은, 예를 들어 수산화나트륨(NaOH) 용액이나 수산화칼슘(KOH) 용액을 포함할 수 있다. 또한, 전해질(230)은 고상의 매체로 구성될 수 있다.

[0135] 이하에서는, 금속공기전지(200)에서의 전력 생성에 대하여 설명하기로 한다. 애노드(210)와 캐소드(220)에서는 방전 반응과 충전 반응이 이루어질 수 있다. 애노드(210)와 캐소드(220)에서의 방전 반응은 다음과 같다. 충전 반응은 하기의 반응들이 반대 반향으로 향하게 된다. 아래의 반응식에서 "M"은 애노드(210)를 구성하는 물질로서 금속일 수 있다.

[0136] <애노드 반응>

[0137] $M \rightarrow M^{+} + e^{-}$

[0138] <캐소드 반응>

[0139] $2(M^{+} + e^{-}) + O_2 \rightarrow M_2O_2$

[0140] 이러한 방전 반응에 의하여 애노드(210)에서 형성된 양이온(270)은 전해질(230)을 통과하여 캐소드(220)로 향하게 된다. 이때, 상이 양이온이 잃어버린 전자는 별도의 도선을 거쳐 부하(290)를 통과함으로써, 결과적으로 부하(290)에 전력을 공급하게 된다.

[0141] 외부로부터 산소(280)가 캐소드(220)에 제공되고, 양이온(270)은 산소(280)와 캐소드(220)에서 반응하여 산화물을 형성한다. 이때에, 부하(290)를 통과한 전자가 캐소드(220)에 제공되어 상기 산화물을 함께 형성한다.

[0142] 반면, 충전 시에는 상기 산화물이 분해되어 상기 양이온은 전자를 획득하여 캐소드(220)로부터 전해질(230)을 거쳐서 애노드(210)로 다시 돌아가게 된다.

[0143] 본 발명의 기술적 사상에 따른 상기 전극 소재는 상기 캐소드 및 상기 애노드의 전극 기재를 구성하거나 또는 상기 전극 기재에 부착되는 촉매체를 구성할 수 있다.

[0144] 고체 산화물 수전해 셀에의 적용

[0145] 또한, 상기 전극 소재가 고체 산화물 수전해 셀의 애노드와 캐소드에 적용되는 경우도 본 발명의 기술적 사상에 포함된다.

[0146] 도 10은 본 발명의 일실시예에 따른, 전극 소재로 형성된 전극을 포함하는 고체 산화물 수전해 셀(300)을 설명하는 개략도이다.

[0147] 도 10을 참조하면, 고체 산화물 수전해 셀(300)은 애노드(310), 애노드(310)를 마주보고 배치되는 캐소드(320), 및 애노드(310)와 캐소드(320) 사이에 배치되는 산소 이온 전도성 고체 산화물인 전해질(electrolyte)(330)을 포함한다. 캐소드(320)는 수소 가스와 접촉하므로 수소 전극으로 지칭될 수 있고, 애노드(310)는 산소 가스와 접촉하므로 산소 전극으로 지칭될 수 있다.

[0148] 고체 산화물 수전해 셀(300)의 전기화학반응은 하기 반응식에 나타낸 바와 같이, 캐소드(320)의 물(H_2O)이 수소 가스(H_2)와 산소 이온(O^{2-})으로 변하는 음극반응과 전해질(330)을 통해 이동해 온 상기 산소 이온이 산소 가스(O_2)로 변하는 양극반응으로 이루어진다. 이러한 반응은 통상적인 연료 전지의 반응 원리와는 반대이다.

[0149] <반응식>

[0150] 음극반응: $H_2O + 2e^- \rightarrow O^{2-} + H_2$

[0151] 양극반응: $O^{2-} \rightarrow 1/2\ O_2 + 2e^-$

[0152] 고체 산화물 수전해 셀(300)에 외부 전원(340)으로부터 전력이 인가되면, 외부 전원(340)으로부터 고체 산화물 수전해 셀(300)에 전자가 제공된다. 상기 전자는 캐소드(320)에 제공되는 물과 반응하여 수소 가스와 산소 이온을 생성한다. 상기 수소 가스는 외부로 배출되고, 상기 산소 이온은 전해질(330)을 통과하여 애노드(310)로 이동된다. 애노드(310)로 이동된 상기 산소 이온은 전자를 잃고 산소 가스로 변환하여 외부로 배출된다. 상기 전자는 외부 전원(340)으로 흐르게 된다. 이러한 전자 이동을 통하여, 고체 산화물 수전해 셀(300)는 물을 전기분해하여, 캐소드(320)에서 수소 가스를 형성하고, 애노드(310)에서 산소 가스를 형성할 수 있다.

[0153] 애노드(310) 및 캐소드(320) 중 적어도 어느 하나는 본 발명의 기술적 사상에 따른 전극 소재를 이용하여 형성될 수 있다.

[0154] 전해질(330)은 본 기술 분야에서 일반적으로 사용할 수 있는 것이라면 특별히 제한되지 않는다. 전해질(330)은 상술한 고체 산화물 연료전지(200)의 전해질(230)과 동일한 물질을 포함하거나 동일한 구조를 가질 수 있다.

[0155] 본 발명의 기술적 사상에 따른 상기 전극 소재는 상기 캐소드 및 상기 애노드의 전극 기재를 구성하거나 또는 상기 전극 기재에 부착되는 촉매체를 구성할 수 있다.

[0156] 이상에서 설명한 본 발명의 기술적 사상이 전술한 실시예 및 첨부된 도면에 한정되지 않으며, 본 발명의 기술적 사상을 벗어나지 않는 범위 내에서 여러 가지 치환, 변형 및 변경이 가능하다는 것은, 본 발명의 기술적 사상이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 있어 명백할 것이다.

부호의 설명

[0157] 100: 고체산화물 연료전지, 110: 애노드,

120: 캐소드, 130: 전해질,

140: 버퍼층,

200: 금속공기전지, 210: 애노드,

220: 캐소드, 230: 전해질,

240: 집전체, 250: 촉매체,

270: 양이온, 280: 산소,

290: 부하,

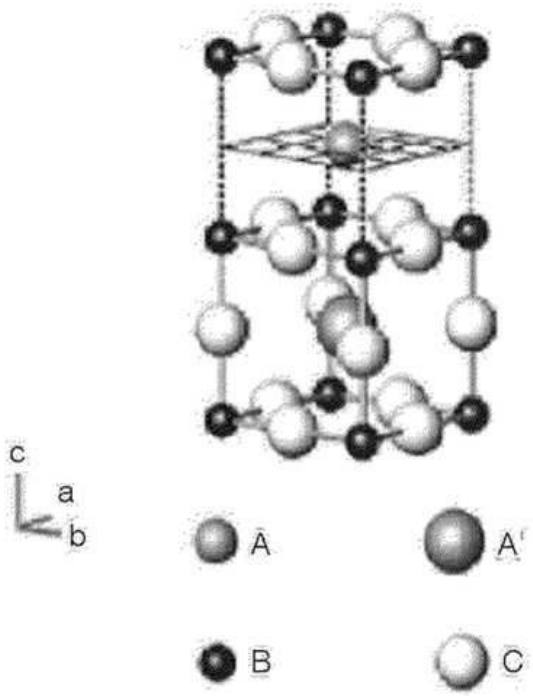
300: 고체 산화물 수전해 셀,

310: 애노드, 320: 캐소드,

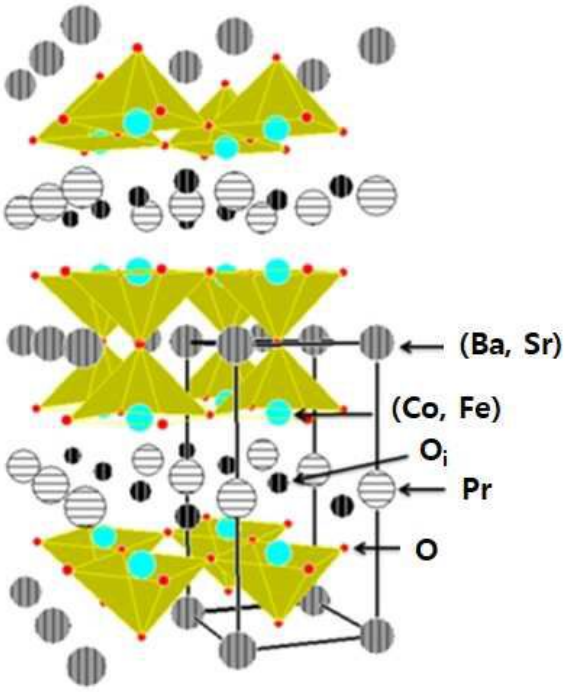
330: 전해질, 340: 외부 전원,

도면

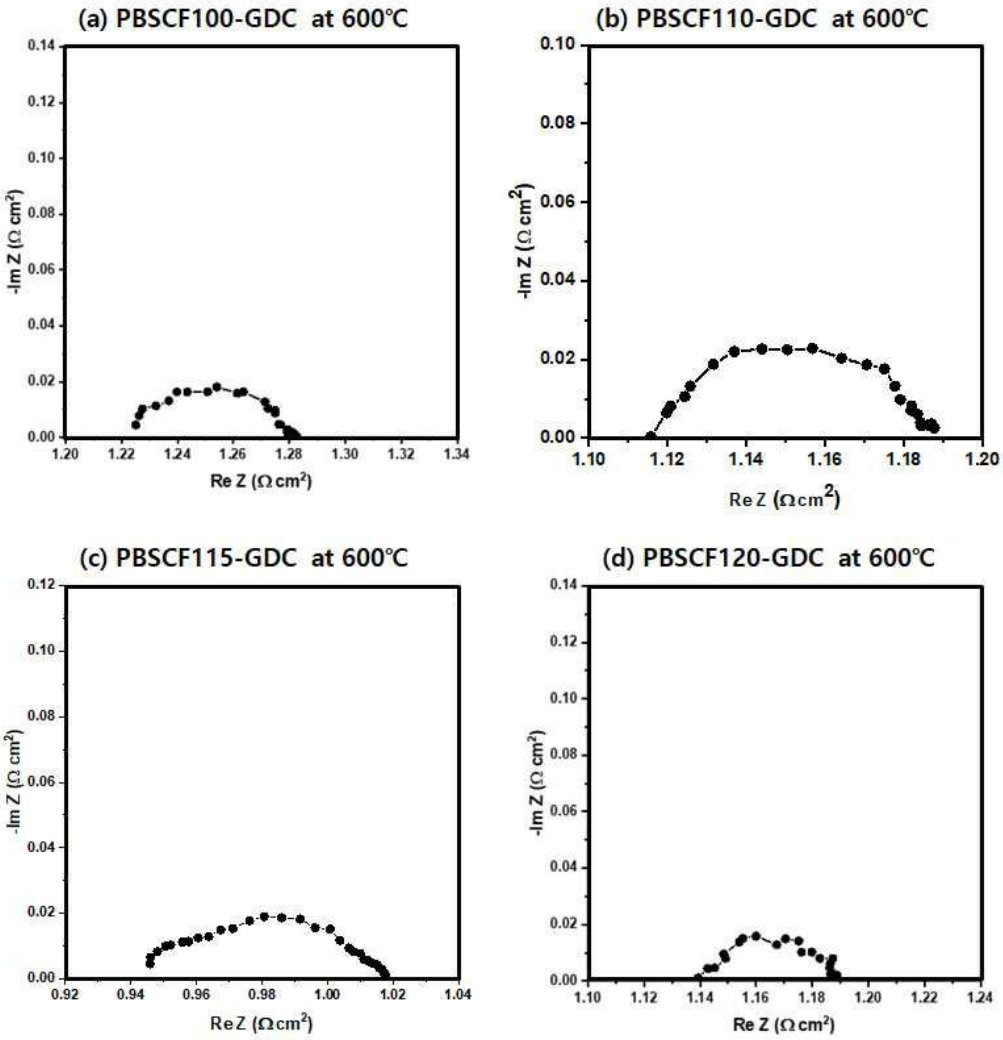
도면1



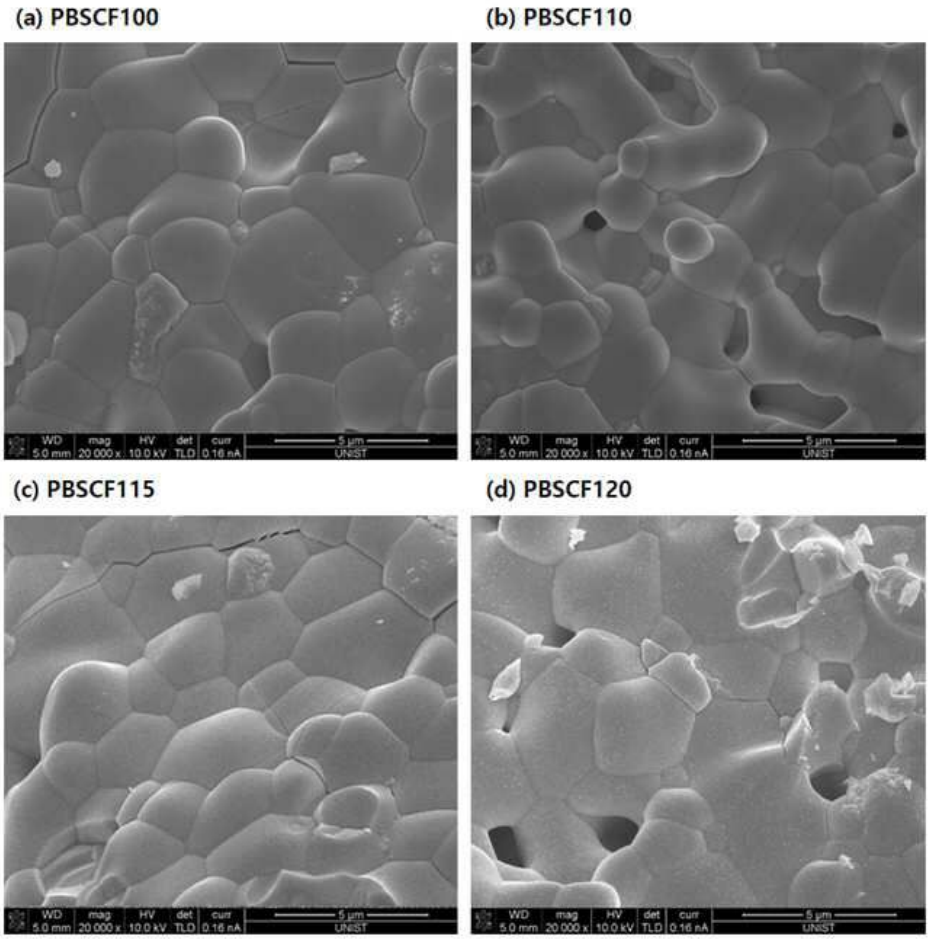
도면2



도면3

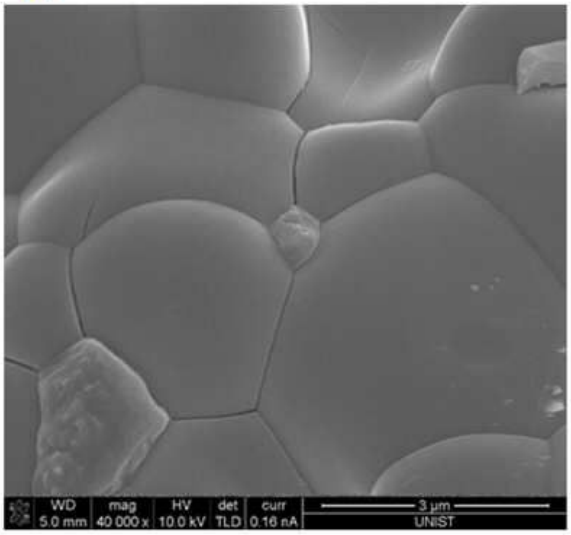

(a) PBSCF100-GDC at 600℃
-Im Z (Ω cm²)
Re Z (Ω cm²)
(b) PBSCF110-GDC at 600℃
-Im Z (Ω cm²)
Re Z (Ω cm²)
(c) PBSCF115-GDC at 600℃
-Im Z (Ω cm²)
Re Z (Ω cm²)
(d) PBSCF120-GDC at 600℃
-Im Z (Ω cm²)
Re Z (Ω cm²)

도면4

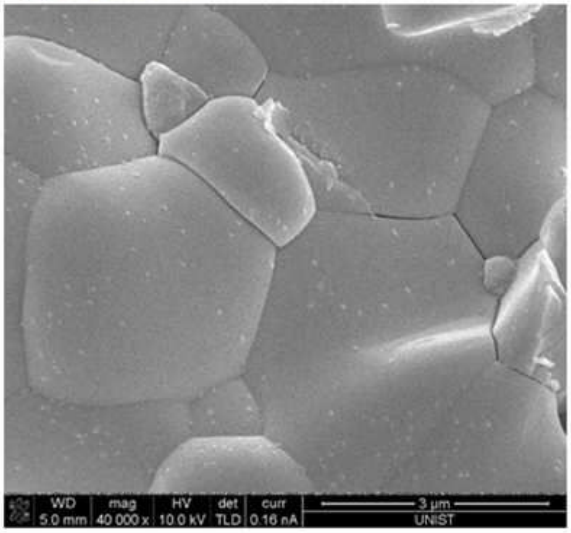


도면5

(a) PBSCF100

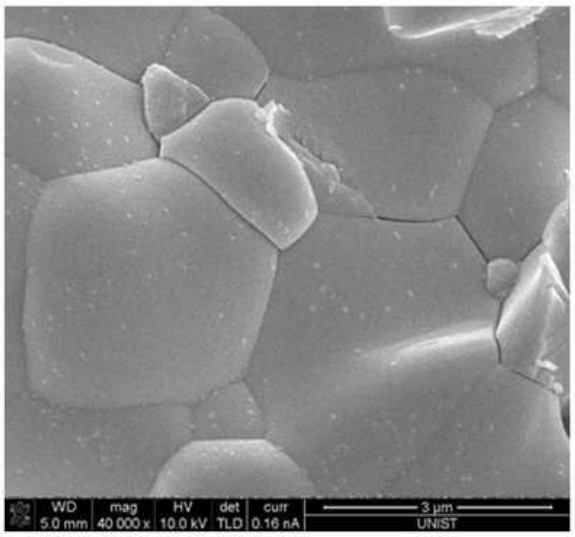


(b) PBSCF120

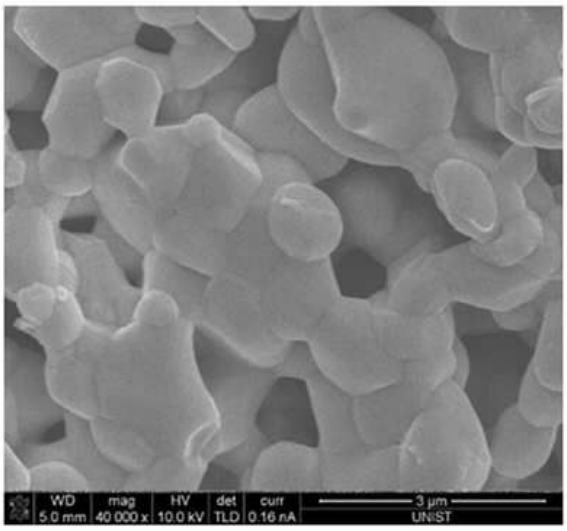


도면6

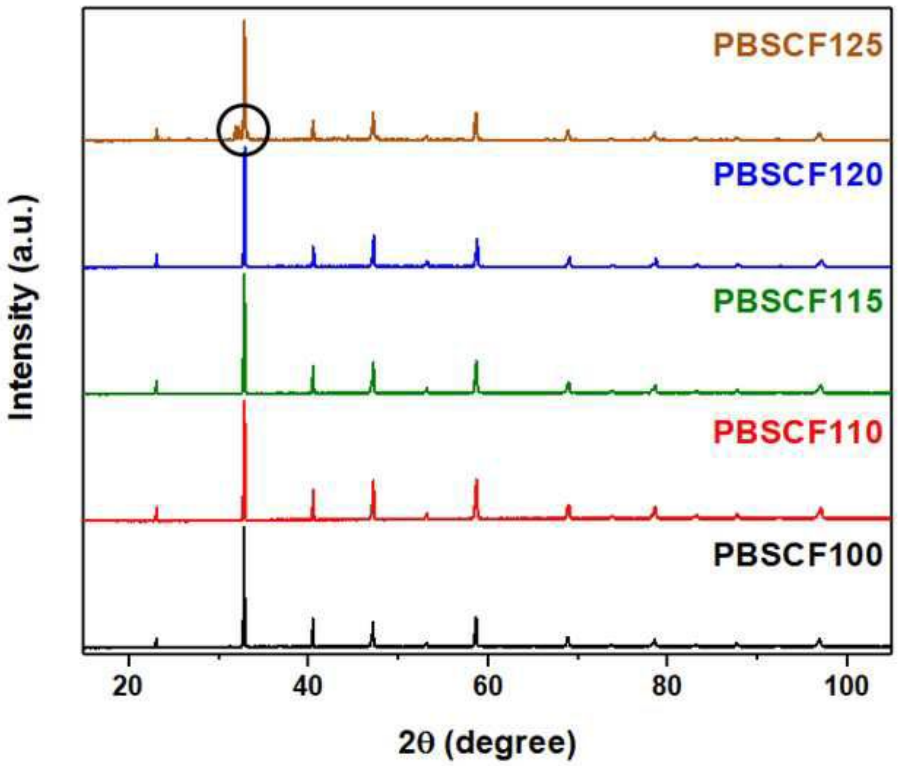
(a) PBSCF120



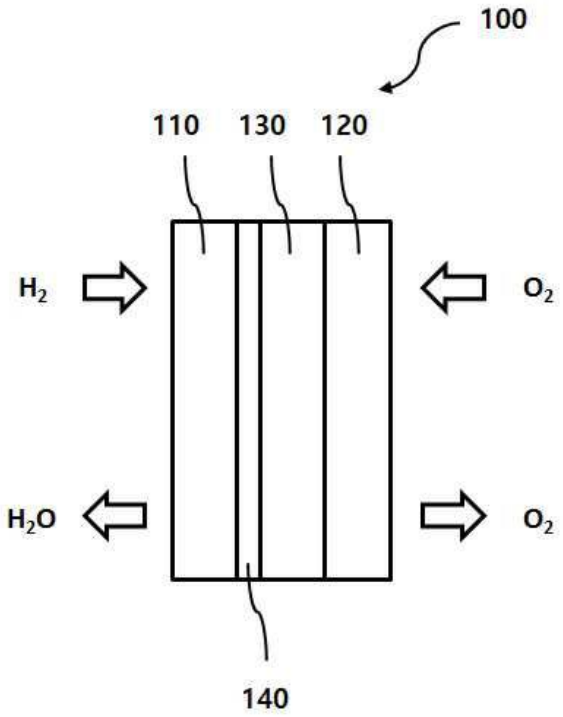
(b) PBSCF125



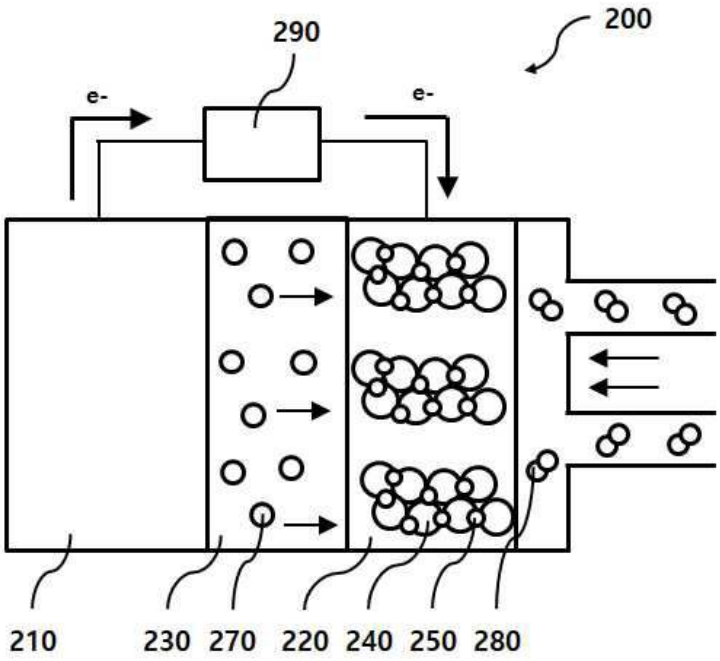
도면7


PBSCF125
PBSCF120
PBSCF115
PBSCF110
PBSCF100
Intensity (a.u.)
20
40
60
80
100
2θ (degree)

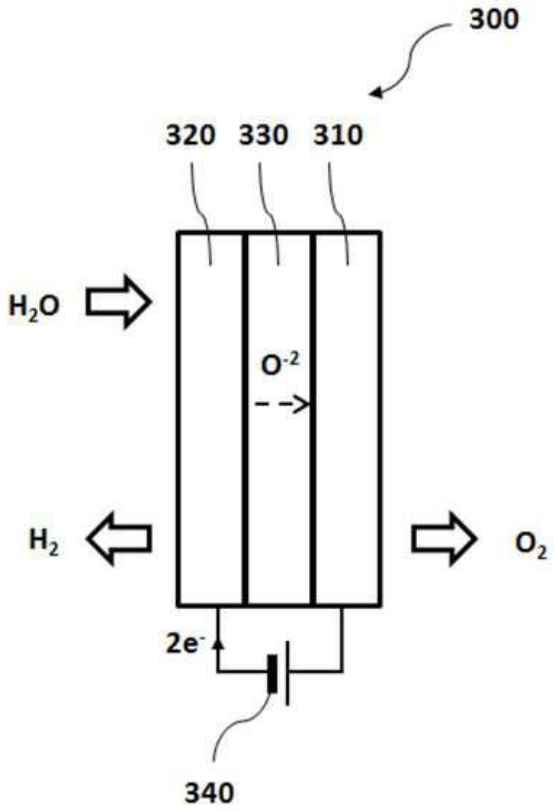
도면8


100
110
130
120
H2
O2
H2O
O2
140

도면9


290
200
e-
e-
210
230
270
220
240
250
280

도면10


300
320
330
310
H2O
O-2
H2
O2
2e-
340