



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2019년06월13일
(11) 등록번호 10-1989295
(24) 등록일자 2019년06월09일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01M 4/86 (2006.01) H01M 4/88 (2006.01)
H01M 4/90 (2006.01) H01M 8/124 (2016.01)
(52) CPC특허분류
H01M 4/8652 (2013.01)
H01M 4/8621 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2018-0019675
(22) 출원일자 2018년02월20일
심사청구일자 2018년02월20일
(56) 선행기술조사문헌
JP2011198758 A*
KR1020130047534 A*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
인하대학교 산학협력단
인천광역시 미추홀구 인하로 100(용현동, 인하대학교)
(72) 발명자
황해진
서울특별시 강남구 삼성로64길 5 현대아파트 107-1304
이민진
인천광역시 남구 경원대로 717 (주안동, 인천관교 한신희플러스아파트) 112동 201호
신재화
인천광역시 남구 노적산로 43 (학익동, 인천학익두산위브) 102동 403호
(74) 대리인
이익배

전체 청구항 수 : 총 4 항

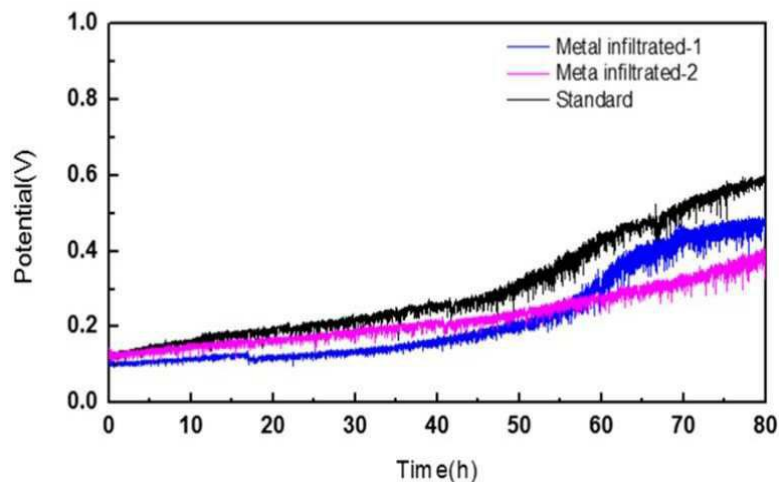
심사관 : 윤유립

(54) 발명의 명칭 내구성이 개선된 고체산화물 연료전지용 연료극 및 그 제조방법

(57) 요약

본 발명은 Ni보다 이온화 경향이 큰 물질을 준비하고, 상기 물질을 금속염 또는 금속 분말 형태의 출발물질로 사용하여 Ni/YSZ 에 복합화하여 연료극 복합체를 제조하고, 상기 연료극 복합체를 소결하고, 소결된 연료극 복합체를 환원하는 단계를 포함하며, 상기 이온화 경향이 큰 물질은 K, Ba, Ca, Na, Mg, Al, Mn, Zn, Fe, Mo, Ti, Si 중에서 선택되는 어느 하나 이상의 물질을 포함하고, 연료극 무게의 0.1 ~ 20wt% 범위로 포함하여 균일하게 분산된 미세구조를 갖는 연료극 복합체를 제조하는 것을 특징으로 하는 고체산화물 연료전지용 연료극 제조 방법을 제공한다.

대표도 - 도3



(52) CPC특허분류

H01M 4/8663 (2013.01)

H01M 4/885 (2013.01)

H01M 4/8885 (2013.01)

H01M 4/9025 (2013.01)

H01M 4/905 (2013.01)

H01M 2008/1293 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1711059859

부처명 과학기술정보통신부

연구관리전문기관 한국연구재단

연구사업명 기후변화대응기술개발

연구과제명 평판형 양방향 수전해 셀의 성능 향상 및 양방향 전환운전 안정성 확보

기 여 율 1/1

주관기관 한국과학기술연구원

연구기간 2017.10.01 ~ 2018.07.31

명세서

청구범위

청구항 1

Ni보다 이온화 경향이 큰 금속을 준비하고,

상기 금속을 금속염 또는 금속 분말 형태의 출발물질로 사용하여 Ni/YSZ 에 복합화하여 연료극 복합체를 제조하고,

상기 연료극 복합체를 소결하고,

소결된 연료극 복합체를 환원하는 단계를 포함하며,

상기 이온화 경향이 큰 금속은 K, Ba, Ca, Na, Mg, Al, Mn, Zn, Fe, Mo, Ti, Si 중에서 선택되는 어느 하나 이상의 물질을 포함하고, 선택된 금속 물질이 연료극 무게의 0.1 ~ 20wt% 범위로 포함하여 연료극에 균일하게 분산된 미세구조를 갖는 연료극 복합체를 제조하는 것을 특징으로 하는

고체산화물 연료전지용 연료극 제조 방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 연료극 복합체는 상기 이온화 경향이 큰 금속 중 K, Ba, Ca, Na, Mg, Al, Mn, Zn, Fe 에서 선택되는 어느 하나 이상의 금속의 금속염을 출발물질로 준비하고, 금속염에 용매를 혼합하여 0.1 ~ 5 mol의 금속염 수용액을 제조하고, 금속염 수용액을 Ni/YSZ 연료극 백본(backbone) 또는 연료전지 셀의 Ni/YSZ 연료극 후면에 함침하여 연료극 복합체를 제조하는 것을 특징으로 하는

고체산화물 연료전지용 연료극 제조 방법.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 연료극 복합체는 상기 이온화 경향이 큰 금속 중 Mg, Al, Zn, Fe, Mo, Ti, Si 중에서 선택되는 물질의 금속 분말을 출발물질로 사용하여 연료극 무게의 0.1 ~ 20wt% 범위로 포함하도록 연료극 분말과 혼합하여 복합화하는 것을 특징으로 하는

고체산화물 연료전지용 연료극 제조 방법.

청구항 4

삭제

청구항 5

Ni 보다 이온화 경향이 큰 금속으로서 K, Ba, Ca, Na, Mg, Al, Mn, Zn, Fe, Mo, Ti, Si 중에서 선택되는 어느 하나 이상의 금속을 포함하고, 이 금속이 Ni/YSZ 연료극 무게의 0.1 ~ 20wt% 범위로 연료극에 균일하게 분산된 것을 특징으로 하는

내구성이 개선된 고체산화물 연료전지용 연료극.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 고체산화물 연료전지용 연료극에 관한 것으로서, 상세하게는 고온의 수증기 분위기 하에서도 연료극의 산화를 방지할 수 있는 새로운 방법을 제안한다.

배경 기술

- [0003] 화석연료가 점차 고갈됨에 따라 연료전지 등의 대체 에너지에 대한 연구가 활발하다.
- [0004] 고체산화물 연료전지 및 고체산화물 수전해전지의 경우, 생산된 전력을 전력계통(Grid)에 저장했다가 전력이 필요한 시기에 공급하여 에너지 효율을 높일 뿐 아니라 고온의 폐기물 열원을 이용하여 수전해 장치에서 수소 생산 및 저장으로 필요 시 전기형태로 재변환도 가능하기 때문에, 연료전지 연구를 이끌 가장 유력한 연구 주제로 부상되고 있다. 또한, 고체산화물 연료전지 및 고체산화물 수전해전지는 수전해 장치를 통한 고효율의 수소를 생산 및 저장함으로써 안정적 전력공급 실현이 가능할 뿐 아니라 전력 피크 및 대규모 정전 사고 등에 효과적으로 대응 가능하다.
- [0005] 고체산화물 연료전지 및 고체산화물 수전해전지는 연료전지 모드에서 전기에너지를 생성하고, 수전해전지 모드에서는 전기에너지를 공급하여 연료전지 반응에서 생성된 물을 전기 분해 시킴으로써 다시 수소와 산소를 발생시키는 시스템으로 구성되어 있다. 이때 재생된 수소 및 산소를 연료전지에 재공급하는 것이 기술의 핵심이고, 재생 수소를 사용하기 때문에 기존의 연료전지보다 10 ~ 16%의 수소 에너지 이용 효율을 가질 것으로 예상된다.
- [0006] 그러나 현재 개발되어 있는 고체산화물 연료전지 기술을 적용하여 수전해전지로 운전할 경우 현저히 낮은 성능을 보이며, 이때 발생하는 성능 손실의 상당부분이 연료극에서 기인한다. 구체적으로, 고체산화물 연료전지 및 고체산화물 수전해전지의 연료극으로 주로 사용되고 있는 Ni/YSZ (yttria-stabilized zirconia) 재료는 고온의 수증기 분위기에서 Ni이 NiO로 산화되는 특징이 있다. 산화된 Ni은 부피변화에 따른 미세구조의 변형 및 반응 사이트의 감소를 야기하게 된다.
- [0007] 종래에 Ni-YSZ 연료극의 성능 개선을 위한 다양한 시도가 있었다. 등록특허 10-1815470의 경우, Al₂O₃의 첨가를 통해 Ni-YSZ 연료극 지지체의 장기 열화 및 강도 안정성 향상시키는 방법을 제안한 바 있으며, 등록특허 10-1803203호의 경우에는 Ni-YSZ 연료극의 표면처리를 통해 고전도성 연료극을 제조하는 기술이 제안된 바 있다. 그러나, 기존의 연료극 관련 기술은 고온의 수증기 분위기에서 Ni이 NiO로 산화되는 문제에 관심을 두고 있지 않다.
- [0008] 따라서 고체산화물 연료전지 및 고체산화물 수전해전지 기술의 상용화를 위해서는 장기 수명, 고성능의 전극제조와 연료전지, 수전해전지 양방향 운전에서 모두 낮은 분극저항을 보이는 새로운 조성 및 구조를 갖는 연료극 개발이 요구되고 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0010] 본 발명은 전술한 기술적 배경하에서 창안된 것으로, 본 발명의 목적은 고체산화물 연료전지 또는 고체산화물 수전해 전지 연료극의 열화 특성이 개선되는 방법을 제공하는 것이다.
- [0011] 본 발명의 다른 목적은 고체산화물 연료전지, 고체산화물 수전해전지 연료극의 Ni의 산화를 억제하는 방법 및 그 연료극의 제조방법을 제공하는 것이다.
- [0012] 본 발명의 또 다른 목적은 공정 시간 및 공정 비용의 감소와 고체산화물 연료전지, 고체 산화물 수전해전지의 장기간 작동 시에도 열화의 주된 원인인 Ni의 산화를 억제함으로 내구성을 개선하는 방법을 제공하는 것이다.
- [0013] 기타, 본 발명의 또 다른 목적 및 기술적 특징은 이하의 상세한 설명에서 보다 구체적으로 제시될 것이다.

과제의 해결 수단

- [0015] 상기 목적을 달성하기 위하여, 본 발명은 Ni보다 이온화 경향이 큰 물질을 준비하고, 상기 물질을 금속염 또는 금속 분말 형태의 출발물질로 사용하여 Ni/YSZ 에 복합화하여 연료극 복합체를 제조하고, 상기 연료극 복합체를

소결하고, 소결된 연료극 복합체를 환원하는 단계를 포함하며, 상기 이온화 경향이 큰 물질은 K, Ba, Ca, Na, Mg, Al, Mn, Zn, Fe, Mo, Ti, Si 중에서 선택되는 어느 하나 이상의 물질을 포함하고, 연료극 무게의 0.1 ~ 20wt% 범위로 포함하여 균일하게 분산된 미세구조를 갖는 연료극 복합체를 제조하는 것을 특징으로 하는 고체산화물 연료전지용 연료극 제조 방법을 제공한다.

[0016] 본 발명에 있어서, 상기 연료극 복합체는 상기 이온화 경향이 큰 물질 중 K, Ba, Ca, Na, Mg, Al, Mn, Zn, Fe 에서 선택되는 어느 하나 이상의 물질의 금속염을 출발물질을 준비하고, 금속염에 용매를 혼합하여 0.1 ~ 5 mol 의 금속염 수용액을 제조하고, 금속염 수용액을 Ni/YSZ 연료극 백본(backbone) 또는 연료전지 셀의 Ni/YSZ 연료극 후면에 함침하여 연료극 복합체를 제조할 수 있다.

[0017] 이 경우, 상기 연료극 복합체는 금속염 수용액이 함침된 Ni/YSZ 연료극을 진공 상태로 유지하고, 열처리를 통해 금속염을 제거하여 연료극 무게의 0.1 ~ 20wt% 범위로 균일 분산 미세구조를 갖는 복합체로 제조할 수 있다.

[0018] 또한, 본 발명에 있어서, 상기 연료극 복합체는 상기 이온화 경향이 큰 물질 중 상온, 대기분위기에서 금속으로 존재하는 물질들은 금속 분말 형태의 출발물질로 사용하여 연료극 무게의 0.1 ~ 20wt% 범위로 포함하도록 연료극 분말과 혼합하여 복합화할 수 있다.

[0019] 한편, 본 발명에 있어서, 상기 연료극 복합체는 K, Ba, Ca, Na, Mg, Al, Mn, Zn, Fe 중에서 상온, 대기분위기에서 금속 산화물로서 존재하는 물질들은 금속 산화물 형태의 출발물질로 사용하여 연료극 무게의 0.1 ~ 20wt% 범위로 포함하도록 연료극 분말과 혼합하여 복합화할 수 있다.

[0020] 본 발명은 또한, 전술한 제조 방법에 따라 Ni 보다 이온화 경향이 큰 물질로서 K, Ba, Ca, Na, Mg, Al, Mn, Zn, Fe, Mo, Ti, Si 중에서 선택되는 어느 하나 이상의 물질을 포함하고, 이 물질이 연료극 무게의 0.1 ~ 20wt% 범위로 균일하게 분산된 고체산화물 연료전지용 연료극을 제공한다.

발명의 효과

[0022] 본 발명은 고체 산화물 연료전지 또는 고체산화물 수전해 전지 연료극의 산화를 억제하고자 기존 사용하고 있는 Ni/YSZ 연료극 소재에 Ni보다 이온화 경향이 큰 금속을 포함하는 구성에 따라, 고온 수증기 분위기 하에서 Ni의 산화가 억제되어 Ni의 조대화 현상을 억제하고 반응 면적을 유지시키는 등의 미세구조가 변하지 않는 장점이 있으며, 장기간 운전 시 일어날 수 있는 박리 현상과 반응 사이트(site) 감소 등의 문제를 해결함으로써 고내구성 운전이 가능, 우수한 특성을 보이는 안정성이 높은 효과가 있다.

[0023] 또한, 본 발명에 따르면 고체 산화물 연료전지 또는 고체산화물 수전해 전지의 연료극에 이온화경향이 큰 금속을 적용함에 있어서, 제조가 완료된 셀에는 함침법을 이용하여 적용할 수 있고 금속분말 사용 시 초기부터 Ni/YSZ 재료에 금속을 추가하여 출발물질로 사용하기 때문에 추가적인 공정이 필요하지 않은 이점이 있다.

도면의 간단한 설명

[0025] 도 1은 Ni/YSZ 와 금속을 복합화한 후 고온의 수증기 분위기에서 산화시킨 후의 X-ray 회절분석 결과를 보인 그래프

도 2는 금속염을 Ni/YSZ 다공체에 복합화한 후 고온의 수증기 분위기에서 산화시킨 후의 X-ray 회절분석 결과를 보인 그래프

도 3은 Fe- 또는 Zn- 금속염을 Ni/YSZ 다공체에 복합화한 재료를 연료극으로 사용한 연료전지 셀을 제조한 후, 고온, 수증기의 가혹 환경(15% H₂/35% Ar/50% H₂O)에서 전압 변화를 기존의 Ni/YSZ 연료극을 사용한 연료전지 셀과 비교한 그래프

도 4 및 5는 기존의 Ni/YSZ 연료극이 적용된 연료전지 셀과 본 발명에 따른 복합화 연료극이 적용된 연료전지 셀에 대해 가혹환경 상태에서 장시간 측정을 진행한 후 미세구조를 비교한 주사전자현미경(SEM) 사진

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0026] 고체산화물연료전지(SOFC) 및 고체산화물전해전지(SOEC)의 연료극 또는 수소극으로 Ni-YSZ가 주로 사용되고 있다. 고체산화물연료전지의 경우에는 연료극이 수소가 있어서 큰 문제가 없으나, 고체산화물전해전지의 경우 수소극(연료극)에 다량의 수증기가 공급되기 때문에 Ni가 산화되는 문제가 발생한다. 산화된 Ni는 산화, 환원 반응에 의해 수축과 팽창의 부피변화를 가져오며, 이로 인하여 전해질과의 계면에서 박리 현상이 발생되고 반응

사이트를 감소시키기 때문에 연료전지의 장시간 작동 시 열화의 주된 원인이 되고 연료전지의 내구성을 떨어뜨리게 된다.

[0027] 본 발명에서는 Ni가 산화되는 것을 방지하기 위해서 다른 물질을 연료극에 복합화함으로써 연료극의 Ni가 산화되는 것을 방지하고, 연료전지 셀의 내구성을 향상시킨다. 구체적으로 연료극의 Ni보다 산화가 잘되는 물질을 연료극에 복합화하여 니켈의 산화를 방지한다. 이를 통해 고온 다습한 분위기에서도 연료극의 미세구조와 전기화학반응의 안정성이 개선되며, 결과적으로 고체산화물 연료전지 및 고체산화물 수전해전지의 장기 운전 시 열화되는 단점이 해소되어 내구성을 향상시킬 수 있다.

[0028] 본 발명의 연료극 복합체는 Ni보다 이온화 경향이 큰 금속을 금속염 형태로 사용하여 Ni/YSZ 연료극에 복합화할 수 있다. 구체적으로 Ni 금속보다 이온화 경향이 큰 금속의 금속염(Metal-salt)을 출발물질로 하고 용매는 증류수로 하여 금속염 수용액을 제조하고, Ni/YSZ 백본 또는 셀 제작이 완료된 연료극 후면에 금속염 수용액을 함침시켜 복합한다. 이후 함침된 물질의 균일한 분산을 위해 진공에서 일정시간 유지하고, 열처리를 통해 염을 제거하는 과정을 반복하여, 최종적으로 연료극 무게의 0.1 ~ 20wt%의 범위로 함침된 물질을 포함하고 균일하게 분산된 미세구조를 갖는 복합체를 얻을 수 있다. Ni보다 이온화 경향이 큰 금속염이 균일 분산된 복합체는 고온에서 소결한 후 환원시킨다.

[0029] 본 발명에서 Ni보다 이온화 경향이 큰 물질로는 K, Ba, Ca, Na, Mg, Al, Mn, Zn, Fe 중에서 선택되는 어느 하나의 물질을 사용할 수 있으며, nitrate나 chloride와 같은 염과 결합된 0.1 ~ 5 mol의 금속염(Metal-Salt)을 수용액 형태로 제조하여 함침에 이용할 수 있다.

[0030] 또한, 본 발명의 연료극 복합체는 Ni보다 이온화 경향이 큰 물질을 분말 형태로 사용하여 Ni/YSZ 분말에 혼합하여 복합화된 연료극을 제조할 수 있다. Ni보다 이온화 경향이 큰 물질로서 상온, 대기분위기에서 금속염(metal-salt)이 아닌 금속 분말(metal-powder)로 존재하는 물질들, 예를 들어 Mg, Al, Zn, Fe, Mo, Ti, Si 을 출발물질로 사용할 수 있다. 또한, Ni보다 이온화 경향이 큰 물질들, K, Ba, Ca, Na, Mg, Al, Mn, Zn, Fe 중에서 상온, 대기분위기에서 금속 산화물로서 존재하는 물질들은 금속 산화물(Metal Oxide)을 출발물질로 사용할 수도 있다.

[0031] 분말 형태의 출발물질은 Ni/YSZ 연료극 무게의 0.1 ~ 20wt% 범위로 Ni/YSZ 분말과 균일하게 혼합하여 연료극을 제조할 수 있다.

[0032] 제조된 연료극 복합체는 Ni보다 이온화경향이 큰 물질의 복합화에 따른 열화특성 변화를 기존의 Ni/YSZ 연료극과 비교하였다. 연료극 복합체에 산화반응을 유도시키고 Ni의 산화를 억제하는지 확인하였으며, 추가 물질의 복합화에 따라 산화반응이 유도된 후에도 미세구조의 변화가 없는지 확인하였다.

[0034] 실시예 1 - 금속 분말을 혼합하여 복합화된 연료극

[0035] Ni보다 이온화 경향이 큰 물질 중 상온, 대기분위기에서 금속(metal)으로 존재하는 물질 Al, Zn, Fe 과 추가적인 물질 Mo, Ti, Si 에 대하여 각 물질의 분말을 기존의 연료극 재료(Ni/YSZ)와 유성밀을 이용하여 균일하게 복합화된 연료극 분말을 제조하였다.

[0036] 각 물질의 분말이 Ni/YSZ 와 복합화된 분말로 연료극 시편을 제조하고, 800℃ 온도에서 50% 수증기 분위기하에 4시간 동안 산화시켰다.

[0037] 각 시편에 대하여 고온의 수증기 분위기에서 산화 시킨 후의 X-ray 회절분석 패턴을 도 1에 나타내었다. Xray 회절분석을 확인한 결과 기존의 Ni/YSZ 샘플은 Ni의 peak이 NiO peak으로 거의 다 변화하였지만, 본 발명에 따라 추가 물질이 금속 분말 형태로 복합화된 연료극 복합체 시편은 Ni peak가 그대로 존재하며 NiO peak가 거의 낮은 인텐시티로 존재하게 된다. 이러한 결과로부터 추가 물질이 복합화됨으로써 고온 다습의 분위기에서도 Ni의 산화를 억제함을 확인할 수 있다.

[0038] 본 실시예에 따라 복합화된 금속 혼합 분말('Ni/YSZ+Metal')을 디스크 형태의 소결체를 제조하고, 후 그 위에 전해질을 스크린 프린팅 한 후 1400℃에서 소성하였다. 소성이 완료된 지지체 위에 공기극을 스크린 프린팅으로 적층하고 1150℃에서 소결하여 단전지 모양의 셀을 제작하였다.

[0040] 실시예 2 - 금속염이 함침된 연료극

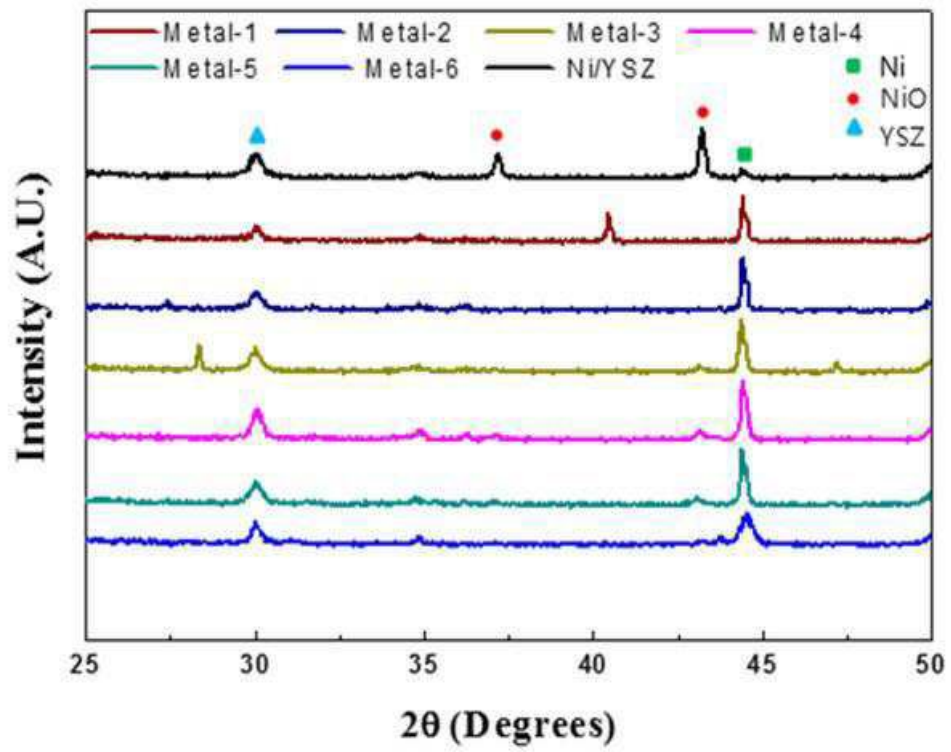
[0041] Ni보다 이온화 경향이 큰 물질 K, Ba, Ca, Na, Mg, Al, Mn, Zn, Fe 중에서 선택된 어느 하나의 물질에 대해 염과 결합된 0.1~5 mol의 금속염을 수용액으로 준비하였다. 선택된 금속염 수용액을 연료극 재료인 Ni/YSZ 백본

(back-bone)에 함침하였다.

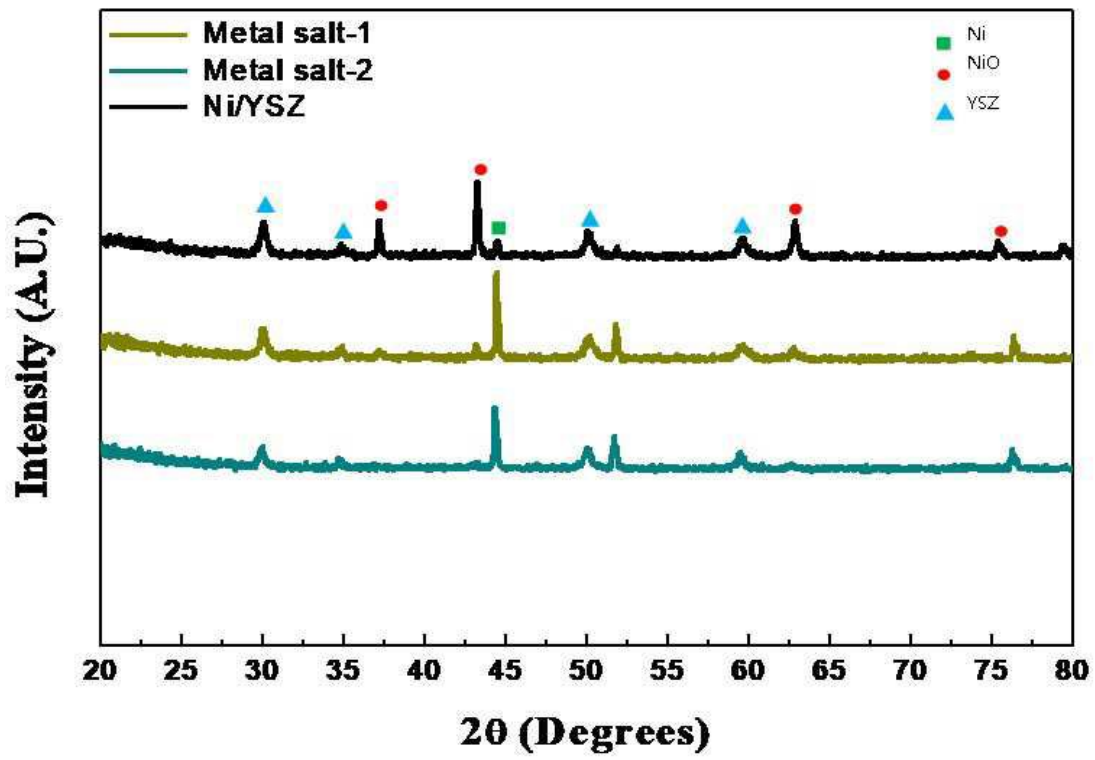
- [0042] 이때 함침은 연료극/전해질/공기극까지 셀 제조가 완료된 완제품 셀에 대해서도 진행하였으며, 이 경우 연료극 후면에 금속염 수용액을 함침하였다. 연료극의 후면에 금속염 수용액을 고르게 분포 후 모세관력을 이용하기 위한 진공상태에서 셀을 유지한 후, 350℃ 열처리를 반복하여 연료극 무게의 0.1 ~ 20wt%의 범위로 복합화된 물질이 균일 분산되도록 하였다.
- [0043] Ba, K 를 선택하여 금속염 수용액으로 제조하고, Ni/YSZ 백본 시편에 금속염 수용액을 함침한 후, 열처리를 반복 진행 하였다. 금속염을 Ni/YSZ 다공체에 함침하여 복합화하고, 제조된 연료극 복합체를 고온의 수증기 분위기에서 산화 시킨 후의 X-ray 회절분석 패턴을 도 2에 나타내었다.
- [0044] Xray 회절분석 결과 기존의 Ni/YSZ 샘플은 Ni의 peak이 NiO peak으로 거의 다 변하였지만, 본 실시예에 따라 Ba(Metal salt-1) 함침된 연료극 복합체 샘플과 K(Metal salt-2) 함침된 연료극 복합체 샘플은 Ni peak가 그대로 존재하며 NiO peak가 거의 낮은 인텐시티로 존재하게 된다. 이러한 결과로부터는 고온 다습의 분위기에서 Ba 금속 또는 K 금속이 Ni의 산화를 억제함을 확인 할 수 있다.
- [0046] 실시예 3 - 연료극 복합체를 이용한 고체산화물 연료전지의 장기 성능평가
- [0047] 금속염을 사용하여 연료극에 복합화시킨 연료전지 셀로서, Fe-금속염 함침(Metal infiltrated 1) 또는 Zn-금속염 함침(Metal infiltrated 2)된 Ni/YSZ 복합체를 연료극으로 사용한 두 개의 연료전지 셀을 제조하였다. 또한 연료전지 셀의 성능을 평가하기 위하여 위해 기존의 Ni/YSZ 연료극을 사용한 연료전지 셀을 준비하였다.
- [0048] 제조된 연료전지 셀들에 대하여 임피던스 측정기를 이용하여 100mA의 전류를 흘려준 상태로 가혹한 상태인 수소 15%, 아르곤 35%, 수증기 50% 분위기에서 80시간 이상 전압 변화를 측정하였다. 도 3은 고온, 수증기의 가혹 환경 상태에서 장시간 측정에 따른 전압 변화를 기존의 Ni/YSZ 연료극 셀과 비교한 그래프로서, Ni보다 이온화 경향이 큰 금속분말을 복합화한 연료극의 경우 기존의 Ni/YSZ 셀보다 가혹한 측정 분위기에서 전압 변화가 적은 것을 확인할 수 있다. 이는 금속 복합화에 따라 Ni/YSZ 산화가 억제되어 셀 열화가 줄어든 것으로 판단된다.
- [0049]
- [0050] 실시예 4 - 연료극 복합체의 미세구조
- [0051] 실시예 3의 평가 방법대로 80시간 평가한 Ni/YSZ 셀과 Ni/YSZ+metal 복합화 셀의 미세구조를 주사전자현미경(SEM)을 이용하여 비교하였다.
- [0052] 고온, 다습한 분위기에서의 80시간 평가에 따라 기존의 Ni/YSZ의 경우 Ni의 형상이 주름진 형태로 다르게 변하였지만(도 4 참조), Ni보다 이온화 경향이 큰 금속이 복합화된 셀의 경우 80시간의 가혹한 분위기의 측정에도 불구하고 Ni 입자의 미세구조 변화를 확인할 수 없었다(도 5 참조).
- [0054] 이러한 결과를 통해, 본 발명에 따른 연료극 복합체는 연료극에서 Ni의 산화를 억제함으로써 고체산화물 연료전지 및 고체산화물 수전해전지의 장기 특성 열화를 억제하고 고내구성 운전을 가능하게 할 것으로 기대된다.
- [0055] 이상에서 바람직한 실시예를 통하여 본 발명을 예시적으로 설명하였으나, 본 발명은 이와 같은 특정 실시예에만 한정되는 것은 아니며 본 발명에서 제시한 기술적 사상, 구체적으로는 특허청구범위에 기재된 범주 내에서 다양한 형태로 수정, 변경, 또는 개선될 수 있을 것이다.

도면

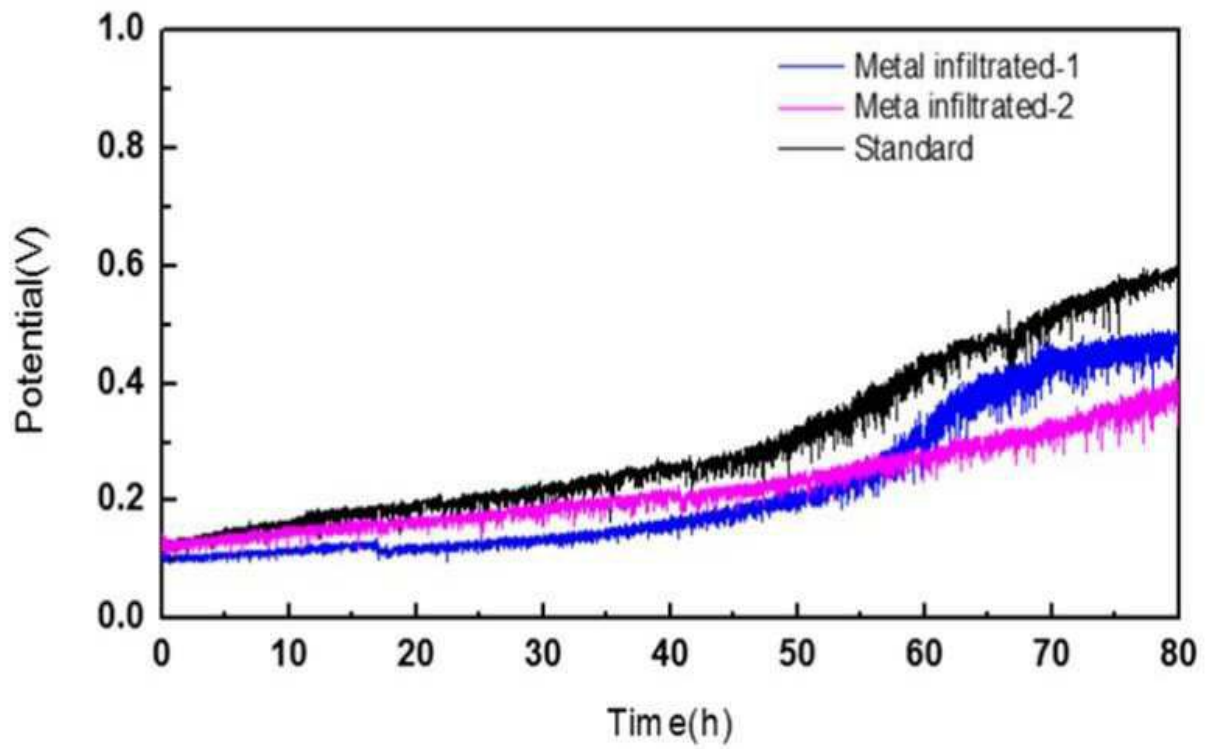
도면1



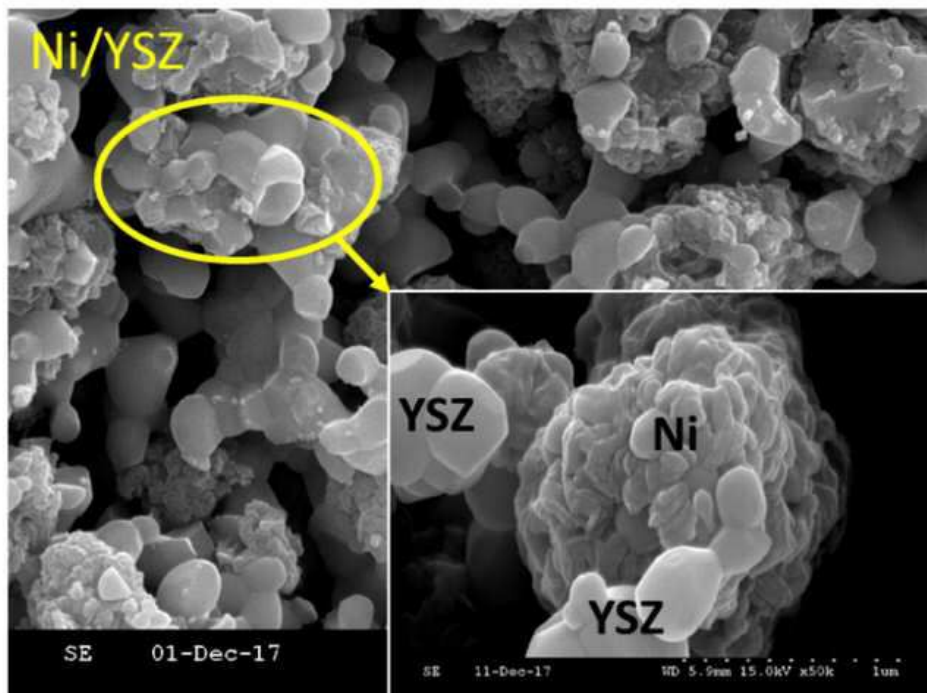
도면2



도면3



도면4



도면5

