



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2016-0031184

(43) 공개일자 2016년03월22일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

H01M 4/90 (2006.01) H01M 12/08 (2015.01)

H01M 4/88 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2014-0120830

(22) 출원일자 2014년09월12일

심사청구일자 2014년09월12일

(71) 출원인

울산과학기술원

울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50

(72) 발명자

조재필

울산광역시 남구 문수로 409번길 20, 105동 1701호(신정동, 문수로아이파크1단지아파트)

정재일

경상북도 포항시 남구 지곡로 260, 103동 403호(지곡동, 효자그린1차아파트)

(74) 대리인

유미특허법인

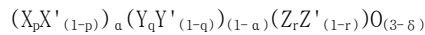
전체 청구항 수 : 총 20 항

(54) 발명의 명칭 공기 금속 전지용 양극 촉매 및 제조방법

(57) 요약

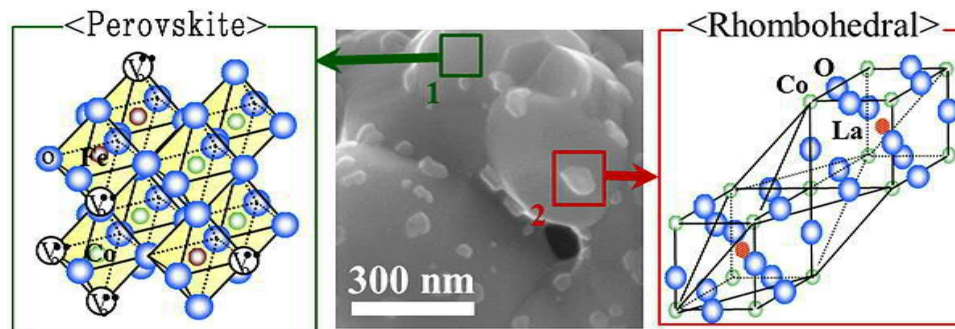
공기 전지용 양극 촉매가 개시된다. 본 발명의 일 구현례에 따른 공기 전지용 양극 촉매는, 하기 [화학식 1]로 표현되는 페로브스카이트 구조 화합물을 포함할 수 있다.

[화학식1]



(여기서 X는 란타넘족 원소 중 하나 이상의 원소를, Y는 알칼리 토금속 원소 중 하나 이상의 원소를, Z는 철족원소 중 하나 이상의 원소를, O는 산소를 의미한다)

대표도 - 도1



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 10042575

부처명 산업통상자원부

연구관리전문기관 한국산업기술평가관리원

연구사업명 차세대 이차전지 핵심기술개발 및 기술지원사업

연구과제명 5kW급 전기자동차용 공기아연전지 및 3.3V-1,000F급 Pouch type 고출력 슈퍼커패시터 기술
개발

기 여 율 1/1

주관기관 한국전기연구원

연구기간 2014.06.01 ~ 2015.05.31

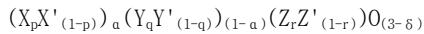
명세서

청구범위

청구항 1

하기 [화학식 1]로 표현되는 페로브스카이트 구조 화합물을 포함하는 공기 전지용 양극 촉매.

[화학식1]



(여기서 X 및 X'은 서로 독립적으로 란타넘족 원소 중 하나 이상의 원소를, Y 및 Y'은 서로 독립적으로 알칼리 토금속 원소 중 하나 이상의 원소를, Z 및 Z'은 서로 독립적으로 철족원소 중 하나 이상의 원소를, O는 산소를 의미한다. 또한, 여기서 a는 0.1 내지 0.5 이고, p, q, 또는 r 은 0초과 1이하이다.)

청구항 2

제 1 항에 있어서,

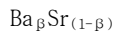
상기 X는 란탄(La)인 공기 전지용 양극 촉매.

청구항 3

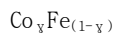
제 2 항에 있어서,

상기 Y는 하기 [화학식2]로 표현되고, 상기 Z는 하기 [화학식 3]으로 표현되는 공기 전지용 양극 촉매.

[화학식 2]



[화학식 3]



(여기서, β는 0.3 내지 0.7이고, γ는 0.6 내지 1.0 이다)

청구항 4

제 3 항에 있어서,

상기 페로브스카이트 구조 화합물의 입경은 0.2μm 내지 3.2μm 인 공기 전지용 양극 촉매.

청구항 5

제 1 항 내지 제 4 항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 페로브스카이트 구조 화합물의 표면에는 하기 [화학식 4]로 표현되는 능면체 구조의 화합물이 형성되어 있는 공기 전지용 양극 촉매.

[화학식4]



(여기서 X는 란타넘족 원소 중 하나 이상의 원소를, Y는 알칼리 토금속 원소 중 하나 이상의 원소를, Z는 철족 원소 중 하나 이상의 원소를, O는 산소를 의미한다.

청구항 6

제 4 항에 있어서,

상기 [화학식4]는 $\text{LaCoO}_{(3-\epsilon)}$ 인 공기 전지용 양극 촉매.

청구항 7

제 5 항에 있어서,

상기 능면체 구조의 화합물의 입경은 0.8nm 내지 1.2nm 인 공기 전지용 양극 촉매.

청구항 8

암모니아를 포함하는 완충용액에 란타넘족 원소의 질산화합물, 알칼리 토금속 원소의 질산화합물, 철족원소의 질산화합물 및 카복실산을 첨가하여 전구체 용액을 제조하는 단계;

상기 전구체 용액을 교반한 후 1차 열처리하여 전구체를 제조하는 단계; 및

상기 전구체를 분쇄한 후 2차 열처리 하는 단계;를 포함하는 공기 전지용 양극 촉매 제조방법.

청구항 9

제 8 항에 있어서,

상기 란타넘족 원소의 질산화합물은 질산 란타넘인 공기 전지용 양극 촉매 제조방법.

청구항 10

제 8 항에 있어서,

상기 알칼리 토금속 원소의 질산화합물은 질산 바륨, 질산 스트론튬, 또는 이들의 조합인 공기 전지용 양극 촉매 제조방법.

청구항 11

제 9 항에 있어서,

상기 철족원소의 질산화합물은 질산 코발트, 질산 철, 또는 이들의 조합인 공기 전지용 양극 촉매 제조방법.

청구항 12

제 10 항에 있어서,

상기 질산 란타넘 : 질산 바륨 : 질산 스트론튬 : 질산 코발트 : 질산 철의 몰비율은,

0.4 내지 0.8 : 0.5 내지 0.9 : 0.5 내지 0.9 : 1.4 내지 1.8 : 0.2 내지 0.6 인 공기 전지용 양극 촉매 제조 방법.

청구항 13

제 10 항에 있어서,

상기 첨가되는 질산 란타늄의 양은,

첨가되는 질산 란타늄, 질산 바륨, 질산 스트론튬, 질산 코발트 및 질산 철의 중량 대비 19 내지 23 wt%인 공기 전지용 양극 촉매 제조방법.

청구항 14

제 10 항에 있어서,

상기 암모니아를 포함하는 완충용액은,

수산화 암모늄 용액 및 상기 수산화 암모늄의 몰(mol)량 대비 0.9 내지 1.1몰(mol)량의 에틸렌디아민테트라에세트산을 혼합하여 제조한 것인 공기 전지용 양극 촉매 제조방법.

청구항 15

제 11 항에 있어서,

상기 카복실산은 구연산인 공기 전지용 양극 촉매 제조방법.

청구항 16

제 12 항에 있어서,

상기 구연산은 수산화 암모늄의 몰(mol)량 대비 1.3 내지 1.7 몰(mol)량 첨가되는 공기 전지용 양극 촉매 제조 방법.

청구항 17

제 13 항에 있어서,

상기 전구체 용액의 pH는 7 내지 8 인 공기 전지용 양극 촉매 제조방법.

청구항 18

제 14 항에 있어서,

상기 교반은 80℃ 내지 120℃에서, 20시간 내지 28시간 교반하는 것인 공기 전지용 양극 촉매 제조방법.

청구항 19

제 18 항에 있어서,

상기 1 차 열처리 하는 단계는,

180℃ 내지 240℃ 에서, 4시간 내지 8시간 행하는 것인 공기 전지용 양극 촉매 제조방법.

청구항 20

제 19 항에 있어서,

상기 2 차 열처리 하는 단계는,

1050℃ 내지 1150℃ 에서 3시간 내지 5시간 행하는 것인 공기 전지용 양극 촉매 제조방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 공기 전지용 양극 촉매 및 그의 제조방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 금속 공기 전지는 공기중의 산소를 에너지원으로 이용하여, 산소의 환원에 의해 전기적 에너지를 발생하는 전지이다. 기존의 일차 전지나 대표적인 이차 전지인 리튬 이온 전지에 비해 높은 에너지 밀도와 고출력을 가지고 있는 장점이 있다.

[0003] 금속 공기 전지의 경우 산소가 환원되는 공기극인 양극과 금속이 산화되는 음극으로 나뉘고 이를 분리해주는 분리막과 이온들의 이동을 도와주는 전해액으로 나뉜다. 금속 공기 전지의 전체적인 효율을 높이기 위해서는 방전 시에는 양극에서 산소를 효율적으로 환원 시켜야 하며 충전 시에는 양극에서 효율적으로 산화 반응을 통하여 산소를 발생 시켜야한다.

[0004] 이때, 양극인 공기극 위에 촉매를 흡착시켜 두 층의 극을 만들어 산소의 환원 및 산화 활성화 시키는 방법을 사용한다. 방전 시 산소의 환원 반응에서는 음극에서 금속이 산화되면서 전자가 발생하고 이 전자는 외부 도선을 통해 이동하여 산소와 만나면서 반응하여 산소의 환원 반응이 일어나게 된다.

[0005] 반응식 1 (산소의 환원 반응: 방전)

[0006] 양극반응 : $O_2 + 2H_2O + 4e^- \rightarrow 4OH^-$

[0007]

[0008] 반응식 2 (산소의 산화 반응: 충전)

[0009] 양극반응 : $4OH^- \rightarrow O_2 + 2H_2O + 4e^-$

[0010]

[0011] 촉매를 사용하지 않고 탄소 공기극만 이용할 경우 상기 양극 반응이 효율적으로 이루어 지지 않아 산화 환원 반응 특성이 좋지 않다. 따라서 양극 촉매의 개발이 필수적이고 상용화된 촉매로 백금 촉매가 있으나 가격적인 측면에서 불리하고 전해액이 알칼리 용액이 아닌 메탄올과 같은 용액에서 좋지 않은 특성을 보이므로 새로운 촉매의 개발이 필요하다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0012] 공기 금속 전지용 양극 촉매 및 그 제조방법에 관한 것이다.

과제의 해결 수단

[0013] 본 발명의 일 구현례에 따른 공기 전지용 양극 촉매는, 하기 [화학식 1]로 표현되는 페로브스카이트 구조 화합물을 포함할 수 있다.

- [0014] [화학식1]
- [0015] $(X_p X'_{(1-p)})_a (Y_q Y'_{(1-q)})_{(1-a)} (Z_r Z'_{(1-r)})_0 O_{(3-\delta)}$
- [0016] (여기서 X 및 X'은 서로 독립적으로 란타넘족 원소 중 하나 이상의 원소를, Y 및 Y'은 서로 독립적으로 알칼리 토금속 원소 중 하나 이상의 원소를, Z 및 Z'은 서로 독립적으로 철족원소 중 하나 이상의 원소를, 0는 산소를 의미한다.)
- [0017] 상기 a는 0.1 내지 0.5 일 수 있다. 또는 상기 a는 0.2 내지 0.4 일 수 있다.
- [0018] 상기 p, q, 또는 r 은 0초과 1이하일 수 있다.
- [0019] 상기 X는 란탄(La)일 수 있다(이 경우 p의 값은 1).
- [0020] 상기 $Y_q Y'_{(1-q)}$ 는 하기 [화학식2]로 표현될 수 있다.
- [0021] [화학식 2]
- [0022] $Ba_q Sr_{(1-q)}$
- [0023] 상기 q는 0.3 내지 0.7일 수 있다. 또는, 상기 q는 0.4 내지 0.6 일 수 있다.
- [0024] 상기 $Z_r Z'_{(1-r)}$ 는 하기 [화학식 3]으로 표현될 수 있다.
- [0025] [화학식 3]
- [0026] $Co_y Fe_{(1-y)}$
- [0027] 상기 y는 0.6 내지 1.0 일 수 있다. 또는, 상기 y는 0.7 내지 0.9일 수 있다.
- [0028] 상기 δ는 0 내지 1 일 수 있다. 또는, 상기 δ 는 0.2 내지 0.8 일 수 있다.
- [0029] 상기 페로브스카이트 구조 화합물의 입경은 0.2μm 내지 3.2μm일 수 있다.
- [0030] 상기 페로브스카이트 구조 화합물의 표면에는 하기 [화학식 4]로 표현되는 능면체 구조의 화합물이 형성되어 있을 수 있다.
- [0031] [화학식4]
- [0032] $XZO_{(3-\varepsilon)}$
- [0033] (여기서 X는 란타넘족 원소 중 하나 이상의 원소를, Y는 알칼리 토금속 원소 중 하나 이상의 원소를, Z는 철족 원소 중 하나 이상의 원소를, 0는 산소를 의미한다.)
- [0034] 상기 ε 은 0 내지 0.4 일 수 있다.
- [0035] 상기 [화학식4]는 $LaCoO_{(3-\varepsilon)}$ 일 수 있다.
- [0036] 상기 능면체 구조의 화합물의 입경은 0.8nm 내지 1.2nm일 수 있다.

- [0037] 상기 공기 전지용 양극 촉매를 제조하기 위하여, 하기와 같은 촉매 제조방법을 제공할 수 있다.
- [0038] 일 구현례에 의한 공기 전지용 양극 촉매 제조방법은, 암모니아를 포함하는 완충용액에 란타넘족 원소의 질산화합물, 알칼리 토금속 원소의 질산화합물, 철족원소의 질산화합물 및 카복실산을 첨가하여 전구체 용액을 제조하는 단계; 상기 전구체 용액을 교반한 후 1차 열처리하여 전구체를 제조하는 단계; 및 상기 전구체를 분쇄한 후 2차 열처리 하는 단계를 포함한다.
- [0039] 상기 란타넘족 원소의 질산화합물은 질산 란타넘이고, 상기 알칼리 토금속 원소의 질산화합물은 질산 바륨, 질산 스트론튬, 또는 이들의 조합이며, 상기 철족원소의 질산화합물은 질산 코발트, 질산 철, 또는 이들의 조합일 수 있다.
- [0040] 상기 질산 란타넘 : 질산 바륨 : 질산 스트론튬 : 질산 코발트 : 질산 철의 몰비율은, 0.4 내지 0.8 : 0.5 내지 0.9 : 0.5 내지 0.9 : 1.4 내지 1.8 : 0.2 내지 0.6 일 수 있다.
- [0041] 상기 첨가되는 질산 란타넘의 양은, 첨가되는 질산 란타넘, 질산 바륨, 질산 스트론튬, 질산 코발트 및 질산 철의 중량 대비 19 내지 23 wt% 일 수 있다.
- [0042] 상기 암모니아를 포함하는 완충용액은, 수산화 암모늄 용액 및 상기 수산화 암모늄의 몰(mol)량 대비 0.9 내지 1.1몰(mol)량의 에틸렌디아민테트라에세트산을 혼합하여 제조한 것 일 수 있다.
- [0043] 상기 카복실산은 구연산일 수 있다.
- [0044] 상기 구연산은 수산화 암모늄의 몰(mol)량 대비 1.3 내지 1.7 몰(mol)량 첨가되는 것 일 수 있다.
- [0045] 상기 전구체 용액의 pH는 7 내지 8 일 수 있다.
- [0046] 상기 교반은 80℃ 내지 120℃에서, 20시간 내지 28시간 교반하는 것 일 수 있다.
- [0047] 상기 1 차 열처리 하는 단계는, 180℃ 내지 240℃ 에서, 4시간 내지 8시간 행하는 것일 수 있다.
- [0048] 상기 2 차 열처리 하는 단계는, 1050℃ 내지 1150℃ 에서 3시간 내지 7시간 행하는 것 일 수 있다.
- [0049] 상기 2차 열처리 하는 단계 이후 분쇄하는 단계를 더 포함할 수 있다.

발명의 효과

- [0050] 본 발명의 일 실시예에 의하면 산소 환원과 산소 발생이 모두 가능한 이기능성(Bi-functional) 공기 금속 전지용 양극 촉매를 제공할 수 있다.
- [0051] 또한 공기극에 산소의 환원 반응 및 생성 반응이 일어날 수 있는 표면적을 증가 시킴으로써 보다 더 효율적으로 산소 환원 반응 및 생성 반응이 일어날 수 있도록 해준다.

도면의 간단한 설명

- [0052] 도 1 은, 실시예에 따라 제조된 공기 전지용 양극 촉매의 SEM 사진이다.
- 도 2 는 종래 양극촉매로 사용되는 $Ba_{0.5}Sr_{0.5}Co_{0.8}Fe_{0.2}O$ 의 SEM 사진(a)과 실시예에 의한 양극촉매의 SEM 사진(b)이다.
- 도 3 는 실시예 및 비교예에 대한 양극촉매의 ORR 성능을 측정한 선형 주사 볼타모그램 그래프이다.
- 도 4 는 실시예 및 비교예에 대한 양극촉매의 OER 성능을 측정한 선형 주사 볼타모그램 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0053] 본 발명의 이점 및 특징, 그리고 그것들을 달성하는 방법은 첨부되는 도면과 함께 상세하게 후술되어 있는 실시예들을 참조하면 명확해질 것이다. 그러나, 본 발명은 이하에서 개시되는 실시예들에 한정되는 것이 아니라 서로 다른 다양한 형태로 구현될 수 있으며, 단지 본 실시예들은 본 발명의 개시가 완전하도록 하고, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 발명의 범주를 완전하게 알려주기 위해 제공되는 것이며, 본 발명은 청구항의 범주에 의해 정의될 뿐이다. 명세서 전체에 걸쳐 동일 참조 부호는 동일 구성요소를 지칭한다.

- [0054] 따라서, 몇몇 실시예들에서, 잘 알려진 기술들은 본 발명이 모호하게 해석되는 것을 피하기 위하여 구체적으로 설명되지 않는다. 다른 정의가 없다면 본 명세서에서 사용되는 모든 용어(기술 및 과학적 용어를 포함)는 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 공통적으로 이해될 수 있는 의미로 사용될 수 있을 것이다. 명세서 전체에서 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함"한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미한다. 또한 단수형은 문구에서 특별히 언급하지 않는 한 복수형도 포함한다.
- [0055] 본 발명의 일 실시예에 따른 공기 전지용 양극 촉매는, 하기 [화학식 1]로 표현되는 페로브스카이트 구조 화합물을 포함할 수 있다.
- [0056] [화학식1]
- [0057] $(X_p X'_{(1-p)})_a (Y_q Y'_{(1-q)})_{(1-a)} (Z_r Z'_{(1-r)})_0 O_{(3-\delta)}$
- [0058] (여기서 X 및 X'은 서로 독립적으로 란타넘족 원소 중 하나 이상의 원소를, Y 및 Y'은 서로 독립적으로 알칼리 토금속 원소 중 하나 이상의 원소를, Z 및 Z'은 서로 독립적으로 철족원소 중 하나 이상의 원소를, 0는 산소를 의미한다)
- [0059] 상기 δ 는 0 내지 1 일 수 있다. 또는, 상기 δ 는 0.2 내지 0.8 일 수 있다.
- [0060] 즉, X, X', Y 또는 Y'이 단순 입방격자를 형성하고 상기 단순 입방격자의 중심에 산소(O)가 존재하며, X, X', Y 또는 Y'으로 만들어지는 평면의 중심에 Z 또는 Z'이 존재하는 페로브스카이트형 구조이다.
- [0061] 상기 a 는 0.1 내지 0.5 일 수 있다. 또는 상기 a 는 0.2 내지 0.4 일 수 있다.
- [0062] 상기 p, q, 또는 r 은 0초과 1이하일 수 있다. 여기서, p, q, 또는 r의 값이 1인 경우는 이종의 원소가 아닌 단일의 원소로 이루어짐을 의미한다.
- [0063] 상기 X는 란탄(La)일 수 있다.
- [0064] 상기 $Y_q Y'_{(1-q)}$ 는 하기 [화학식2]로 표현될 수 있다.
- [0065] [화학식 2]
- [0066] $Ba_q Sr_{(1-q)}$
- [0067] 상기 q는 0.3 내지 0.7일 수 있다. 또는, 상기 q는 0.4 내지 0.6 일 수 있다.
- [0068] 상기 Z는 하기 [화학식 3]으로 표현될 수 있다.
- [0069] [화학식 3]
- [0070] $Co_r Fe_{(1-r)}$
- [0071] 상기 r는 0.6 내지 1.0 일 수 있다. 또는, 상기 γ 는 0.7 내지 0.9일 수 있다.
- [0072] 상기 페로브스카이트 구조 화합물의 입경은 $0.2\mu m$ 내지 $3.2\mu m$ 일 수 있다.
- [0073] 상기 페로브스카이트 구조 화합물의 표면에는 하기 [화학식 4]로 표현되는 능면체 구조의 화합물이 형성되어

있을 수 있다.

- [0074] [화학식4]
- [0075] $XZO_{(3-\varepsilon)}$
- [0076] (여기서 X는 란타넘족 원소 중 하나 이상의 원소를, Y는 알칼리 토금속 원소 중 하나 이상의 원소를, Z는 철족 원소 중 하나 이상의 원소를, O는 산소를 의미한다.
- [0077] 상기 ε 은 0 내지 0.4 일 수 있다.
- [0078] 상기 [화학식4]는 $LaCoO_{(3-\varepsilon)}$ 일 수 있다.
- [0079] 상기 능면체 구조의 화합물의 입경은 0.8nm 내지 1.2nm일 수 있다.
- [0080] 상기 공기 전지용 양극 촉매를 제조하기 위하여, 하기와 같은 실시예에 따른 촉매 제조방법을 제공할 수 있다.
- [0081] [실시예1]
- [0082] 1M 수산화 암모늄(NH_4OH)에 수산화 암모늄과 동일한 mol량의 에틸렌디아민테트라세트산(ethylenediamine tetraacetic acid)을 혼합하여 완충용액을 만들었다.
- [0083] 이후, 란탄늄 질산 욕수염 ($La(NO_3)_3 \cdot 6H_2O$) : 질산 바륨 ($Ba(NO_3)_2$) : 질산 스트론튬 ($Sr(NO_3)_2$) : 코발트 질산 욕수염 ($Co(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$) : 질산 철($Fe(NO_3)_3 \cdot 9H_2O$)을 0.6mol : 0.7mol : 0.7mol : 1.6mol : 0.4mol 비율로 완충 용액에 첨가하였다.
- [0084] 상기 란탄늄 질산 욕수염 ($La(NO_3)_3 \cdot H_2O$)양은 첨가되는 질산 란타늄, 질산 바륨, 질산 스트론튬, 질산 코발트 및 질산 철의 중량 대비 21.31wt% 첨가하였다.
- [0085] 또한, 수산화 암모늄 mol량의 1.5배에 해당하는 구연산을 완충용액에 첨가하였다.
- [0086] 이 후, 용액의 pH를 8로 조절하고, 100℃에서 24시간 동안 교반하면서 젤(gel)화 시켰다.
- [0087] 젤화된 용액을 오븐에서 200℃ 에서 6 시간 동안 열처리하여 전구체를 제조하였다.
- [0088] 열처리가 완료된 전구체를 30분간 막자 사발에서 분쇄한 후, 분쇄된 전구체를 1100℃에서 5시간 동안 열처리하였다. 열처리가 완료된 후 30분간 막자 사발에서 분쇄하였다.
- [0089] [실험예1]
- [0090] 도 1 은, 실시예에 따라 제조된 공기 전지용 양극 촉매의 SEM 사진이다.
- [0091] 도 1 을 참고하면 제조된 양극 촉매는 페로브스카이트 구조 화합물의 표면에 능면체 구조의 화합물이 석출되어 분포되어 있다.
- [0092] 상기 페로브스카이트 구조 화합물의 화학식은 하기와 같이 표현된다.
- [0093] $La_{0.3}(Ba_{0.5}Sr_{0.5})_{0.7}Co_{0.8}Fe_{0.2}O_{(2.7)}$
- [0094] 또한 상기 능면체 구조의 화합물의 화학식은 하기와 같이 표현된다.

- [0095] LaCoO_3
- [0096] 도 2 는 종래 양극촉매로 사용되는 $\text{Ba}_{0.5}\text{Sr}_{0.5}\text{Co}_{0.8}\text{Fe}_{0.2}\text{O}$ 의 SEM 사진(a)과 실시예에 의한 양극촉매의 SEM 사진(b)이다.
- [0097] 도 2 를 참고하면, 상기 페로브스카이트 구조 화합물의 입경은 $0.2\mu\text{m}$ 내지 $3.2\mu\text{m}$ 으로 나타났으며, 상기 능면체 구조의 화합물의 입경은 0.8nm 내지 1.2nm 였다.
- [0098] 종래 양극촉매로 사용되는 $\text{Ba}_{0.5}\text{Sr}_{0.5}\text{Co}_{0.8}\text{Fe}_{0.2}\text{O}$ (이하, BSCF5582라고 한다)의 경우 평균입경은 $4.1\mu\text{m}$ 내지 $16.7\mu\text{m}$ 이다. 즉, 종래 양극촉매에 비하여 평균입경이 작아서, 산소의 환원 및 생성 반응이 일어날 수 있는 표면적을 증가시켜 보다 더 효율적으로 산소 환원 반응 및 생성 반응이 일어날 수 있다.
- [0099] 또한, 페로브스카이트 구조 화합물의 표면에 화합물에 석출 분포된 능면체 구조의 화합물에 의하여 표면적은 더욱 증가된다.
- [0100] [실험예2]
- [0101] 실시예1에 의한 양극촉매 80 wt%에 케첸블랙(ketjenblack) 20wt%를 혼합하여 촉매의 ORR(oxygen reduction reaction) 성능을 측정하였다.
- [0102] 또한 비교예1로써 BSCF5582 80 wt%과 케첸블랙(ketjenblack) 20wt% 혼합물을, 비교예2로써 RuO_2 80 wt%과 케첸블랙(ketjenblack) 20wt% 혼합물을, 비교예3 으로써 20wt% 의 Pt와 Vulcan XC-72 carbon black(VCB) 혼합물(이하, Pt/C 20% 라 한다)을 사용하였다.
- [0103] 도 3 는 실시예 및 비교예에 대한 양극촉매의 ORR 성능을 측정한 선형 주사 볼타모그램 그래프이다.
- [0104] (0.1M KOH 전해액, 주사속도: 10mVs^{-1}). 선형 주사 전압법의 측정 방법은 rotating ring disk electrode (RRDE) 에서 1600rpm 으로 전극을 회전시키고 potentiostat으로 주사속도를 10mVs^{-1} 로 가해주었다.
- [0105] 도3(a)는 디스크 전류(i_d)를, 도3(b)는 하이드로과산화물 생성량을, 도3(c)는 링 전류(i_r)를, 도3(d)는 전자전달계수(electron transfer number)를 나타낸다.
- [0106] 도3 을 참고하면, 실시예에 의한 촉매를 사용하였을때, 비교예 1 및 비교예 4 보다 디스크 전류(i_d)는 약 20% 정도 향상되었고, 비교예 3 및 비교예 4 보다 링 전류(i_r) 특성이 좋은 것을 알 수 있다.
- [0107] 또한, 하이드로과산화물 생성량(HO_2^- %)은 비교예1 보다 현저이 낮았으며, 전자전달계수는 비교예 1보다 우수하게 나타났다.
- [0108] [실험예3]
- [0109] 실시예1에 의한 양극촉매 80 wt%에 케첸블랙(ketjenblack) 20wt%를 혼합하여 촉매의 OER(oxygen evolution reaction) 성능을 측정하였다.
- [0110] 또한 비교예1로써 BSCF5582 80 wt%과 케첸블랙(ketjenblack) 20wt% 혼합물을, 비교예2로써 IrO_2 80 wt%과 케첸블랙(ketjenblack) 20wt% 혼합물을 사용하였다.
- [0111] 도 4 는 실시예 및 비교예에 대한 양극촉매의 OER 성능을 측정한 선형 주사 볼타모그램 그래프이다.
- [0112] 도 4 를 참고하면, 실시예에 의한 촉매의 OER 성능이 우수한 것을 알 수 있다.
- [0113] 이하, 실시예를 통해 본 발명을 상세히 설명한다. 단 하기의 실시예는 본 발명을 예시하는 것일 뿐, 본 발명의 내용이 하기의 실시예에 의하여 한정되는 것은 아니다.
- [0114] 이상 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 실시예를 설명하였지만, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을

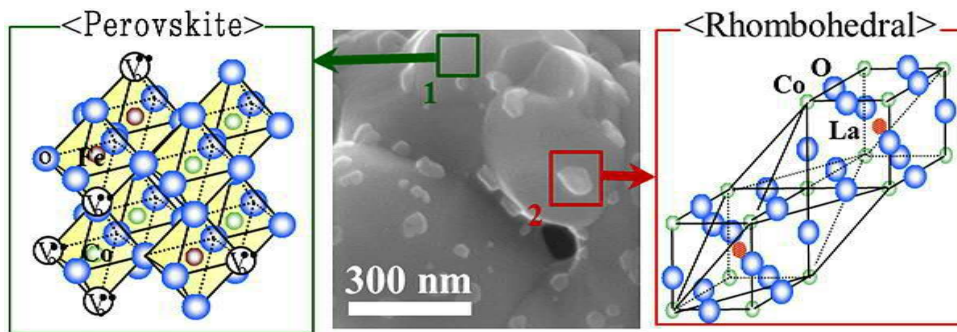
가진 자는 본 발명이 그 기술적 사상이나 필수적인 특징을 변경하지 않고서 다른 구체적인 형태로 실시될 수 있다는 것을 이해할 수 있을 것이다.

[0115]

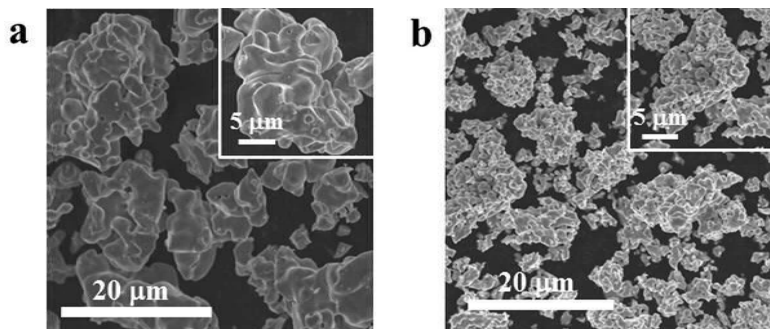
그러므로 이상에서 기술한 실시예들은 모든 면에서 예시적인 것이며 한정적이 아닌 것으로 이해해야만 한다. 본 발명의 범위는 상기 상세한 설명보다는 후술하는 특허청구범위에 의하여 나타내어지며, 특허청구범위의 의미 및 범위 그리고 그 균등 개념으로부터 도출되는 모든 변경 또는 변경된 형태가 본 발명의 범위에 포함되는 것으로 해석되어야 한다.

도면

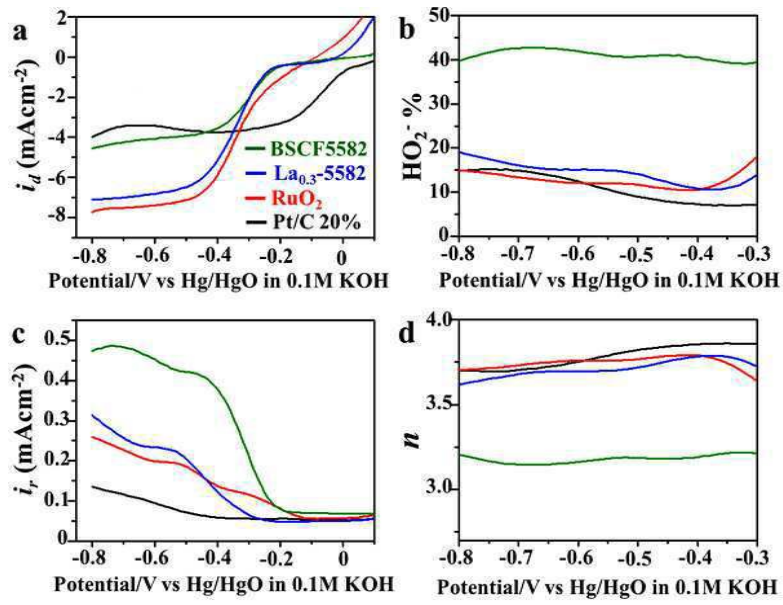
도면1



도면2



도면3



도면4

