



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2021년05월24일

(11) 등록번호 10-2255059

(24) 등록일자 2021년05월17일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

B01J 37/10 (2006.01) B01D 53/94 (2006.01)

B01J 23/00 (2006.01) B01J 23/63 (2006.01)

B01J 37/02 (2006.01)

(52) CPC특허분류

B01J 37/10 (2013.01)

B01D 53/94 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2020-0011090

(22) 출원일자 2020년01월30일

심사청구일자 2020년01월30일

(56) 선행기술조사문헌

JP2004043226 A

KR100922919 B1

KR1020110050676 A

KR1020150067253 A

(73) 특허권자

창원대학교 산학협력단

경상남도 창원시 의창구 창원대학로 20(퇴촌동)

(72) 발명자

정연길

경상남도 창원시 성산구 동산로 115, 118동 606호(상남동, 대동아파트)

손정훈

경상남도 김해시 율하1로 90, 603동 603호(율하동, 율상마을모아미래도6단지)

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

김정수

전체 청구항 수 : 총 3 항

심사관 : 한상현

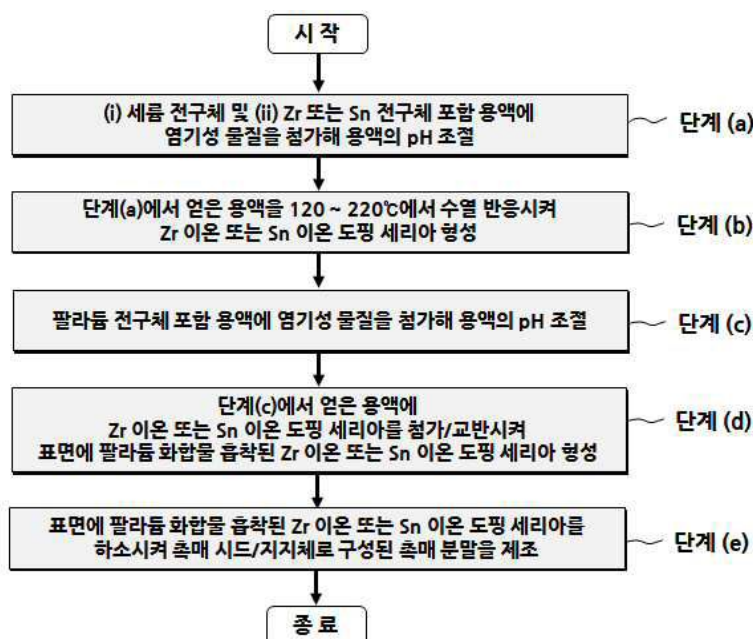
(54) 발명의 명칭 수열합성법을 이용한 대기오염 정화용 고효율 세리아 촉매의 제조방법

(57) 요약

본 발명은 (a) (i) 세륨 전구체 및 (ii) 지르코늄 또는 주석 전구체를 포함하는 용액에 염기성 물질을 첨가해 pH를 조절하는 단계; (b) 상기 단계 (a)에서 얻어진 용액을 120 ~ 220℃의 온도에서 수열 반응시켜 지르코늄 이온 또는 주석 이온이 도핑된 세리아를 형성시키는 단계; (c) 팔라듐 전구체를 포함하는 용액에 염기성 물질을 첨가해 용액의 pH 조절

(뒷면에 계속)

대표도 - 도1



가해 pH를 조절하는 단계; (d) 상기 단계 (c)에서 얻어진 용액에 상기 지르코늄 이온 또는 주석 이온이 도핑된 세리아를 첨가하고 교반하여, 표면에 팔라듐 화합물이 흡착된 지르코늄 이온 또는 주석 이온 도핑 세리아를 형성시키는 단계; 및 (e) 상기 표면에 팔라듐 화합물이 흡착된 지르코늄 이온 또는 주석 이온 도핑 세리아를 하소시켜 촉매 분말을 제조하는 단계;를 포함하는 수열 합성법을 이용한 대기오염 정화용 금속이온 도핑 세리아 촉매의 제조방법에 대한 것으로서, 본 발명에 따르면, 세리아에 금속이온(Zr 또는 Sn)을 첨가(도핑)함으로써, 첨가되는 금속이온의 종류 및 첨가량에 따라 이온반경 차이(Ce 이온 : 103pm, Zr 이온 : 72pm, Sn 이온 : 69pm)에 의한 격자 뒤틀림 현상으로 인해 격자 축소가 발생하며, 이러한 격자 축소로 인해 비표면적이 증가되고 표면 에너지의 증가로 인해 환원 반응에 참여하는 산소의 양이 증가하여 결과적으로 대기 오염 물질을 정화하는 능력인 촉매활성도가 우수한 촉매를 제조할 수 있다.

(52) CPC특허분류

B01J 23/002 (2013.01)

B01J 23/63 (2013.01)

B01J 37/0201 (2013.01)

(72) 발명자

최연진

경상남도 창원시 마산회원구 내서읍 삼풍로 82,
101동 208호(삼계현대아파트)

김봉구

경상남도 김해시 삼안로255번길 8(삼방동)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1415163387
부처명	산업통상자원부
과제관리(전문)기관명	한국산업기술평가관리원
연구사업명	에너지인력양성사업
연구과제명	가스터빈 고온부품 고효율화 융복합 연구 및 인력양성 고급트랙
기 여 율	1/2
과제수행기관명	창원대학교 산학협력단
연구기간	2019.01.01 ~ 2021.12.31

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711091370
부처명	미래창조과학부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	선도연구센터지원사업
연구과제명	메카트로닉스 융합 부품 소재 연구센터
기 여 율	1/2
과제수행기관명	창원대학교 산학협력단
연구기간	2019.03.01 ~ 2021.08.31

공지예외적용 : 있음

명세서

청구범위

청구항 1

(a) (i) 세륨 전구체 및 (ii) 지르코늄 또는 주석 전구체를 포함하는 용액에 염기성 물질을 첨가해 pH를 조절하는 단계;

(b) 상기 단계 (a)에서 얻어진 용액을 120 ~ 220℃의 온도에서 수열 반응시켜 지르코늄 이온 또는 주석 이온이 도핑된 세리아를 형성시키는 단계;

(c) 팔라듐 전구체를 포함하는 용액에 염기성 물질을 첨가해 pH를 조절하는 단계;

(d) 상기 단계 (c)에서 얻어진 용액에 상기 지르코늄 이온 또는 주석 이온이 도핑된 세리아를 첨가하고 교반하여, 표면에 팔라듐 화합물이 흡착된 지르코늄 이온 또는 주석 이온 도핑 세리아를 형성시키는 단계; 및

(e) 상기 표면에 팔라듐 화합물이 흡착된 지르코늄 이온 또는 주석 이온 도핑 세리아를 하소시켜 촉매 분말을 제조하는 단계;를 포함하되,

상기 세륨 전구체는 세륨(III) 나이트레이트($\text{Ce}(\text{NO}_3)_3$)이고, 상기 지르코늄 전구체는 지르코늄 옥시클로라이드($\text{ZrOCl}_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$)이며, 주석 전구체는 염화주석(SnCl_4)이며,

상기 단계 (c)에서 팔라듐 전구체로서 염화 팔라듐(PdCl_2)을 포함하는 용액에 염기성 물질을 첨가해 수산화 팔라듐($\text{Pd}(\text{OH})_2$)을 침전시키고,

상기 단계 (d)에서 상기 수산화 팔라듐($\text{Pd}(\text{OH})_2$) 침전 용액에 상기 지르코늄 이온 또는 주석 이온이 도핑된 세리아를 첨가하고 교반하여, 표면에 수산화 팔라듐 입자가 흡착된 지르코늄 이온 또는 주석 이온 도핑 세리아를 형성시키고,

상기 단계 (e)에서 상기 표면에 수산화 팔라듐 입자가 흡착된 지르코늄 이온 또는 주석 이온 도핑 세리아를 하소시켜, 지르코늄 이온 또는 주석 이온이 도핑된 세리아로 이루어진 지지체 상에 산화 팔라듐이 부착된 구조를 가지는 촉매 분말을 제조하는 것을 특징으로 하는,

수열 합성법을 이용한 대기오염 정화용 금속이온 도핑 세리아 촉매의 제조방법.

청구항 2

삭제

청구항 3

삭제

청구항 4

삭제

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 단계 (a) 및 (c)에서 상기 염기성 물질은 수산화암모늄(NH_4OH), 수산화나트륨(NaOH) 또는 수산화칼륨(KOH)인 것을 특징으로 하는 수열 합성법을 이용한 대기오염 정화용 금속이온 도핑 세리아 촉매의 제조방법.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 수열 반응은 2 ~ 10시간 동안 실시하는 것을 특징으로 하는 수열 합성법을 이용한 대기오염 정화용 금속이온 도핑 세리아 촉매의 제조방법.

청구항 7

삭제

청구항 8

삭제

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 금속이온이 도핑된 세리아 촉매의 제조방법에 대한 것으로서, 보다 상세하게는 수열합성법을 이용해 대기오염 정화용 고효율 세리아 촉매를 제조하는 방법에 대한 것이다.

배경 기술

[0002] 최근 전세계적으로 환경 오염에 대한 규제가 점점 심해지고 있는 실정이다. 여러 가지 오염 중에서 특히 대기오염에 대한 규제가 더욱 강화되고 있는데, 대기오염 물질에 대한 정화 능력을 극대화하기 위해 높은 정화 능력을 가지는 나노 촉매 소재 개발에 대한 연구가 활발히 진행 중이다.

[0003] 특히 촉매 소재 중 산화세륨(cerium oxide) 즉, 세리아(ceria)는 산화/환원 반응성이 우수한 특성으로 인해 자동차 배기 가스를 정화시킬 수 있는 삼원 촉매로 널리 알려져 있는데, 세리아의 우수한 산화/환원 반응은 4f-5d 궤도의 전자가 비슷한 에너지를 가지는 상태여서 상대적으로 전자 교환이 쉽게 일어날 수 있다고 알려져 있다.

[0004] 나노 크기의 입자는 기존 벌크 크기 입자에 비해 단위 부피당 높은 비표면적을 가지기 때문에 촉매소재를 나노 크기로 하여 오염원을 정화하는 촉매로 사용시 높은 응용 가능성을 가대할 수 있다.

[0005] 나노 크기 분말을 만드는 방법은 공침법, 수열합성법, 용매열합성법, 역-마이셀법, 졸-겔법 등 다양한 방법이 있는데, 이 중에서 수열합성법은 간단한 공정으로 도핑(doping)물과 같은 화합물을 합성하는데 적합한 공정이며, 반응온도, 반응시간, pH, 전구체의 종류와 같은 공정 변수 제어를 통하여 결정성을 가지는 나노 분말을 합성하기에 유리한 방법으로 잘 알려져 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0006] (특허문헌 0001) 한국 공개특허 제10-2016-0121229호 (공개일: 2016.10.19.)

(특허문헌 0002) 일본 공개특허 특개 2004-43226 (공개일: 2004.02.12.)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 본 발명이 해결하고자 하는 기술적 과제는, 대기오염을 정화할 수 있는 소재로 널리 알려져 있는 세리아보다 더욱 우수한 촉매활성도를 가지는 소재를 제조하는 방법을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0008] 상기 기술적 과제를 달성하기 위해, 본 발명은 도 1에 도시한 바와 같이 (a) (i) 세륨 전구체 및 (ii) 지르코늄 또는 주석 전구체를 포함하는 용액에 염기성 물질을 첨가해 pH를 조절하는 단계; (b) 상기 단계 (a)에서 얻어진 용액을 120 ~ 220℃의 온도에서 수열 반응시켜 지르코늄 이온 또는 주석 이온이 도핑된 세리아를 형성시키는 단계; (c) 팔라듐 전구체를 포함하는 용액에 염기성 물질을 첨가해 pH를 조절하는 단계; (d) 상기 단계 (c)에서 얻어진 용액에 상기 지르코늄 이온 또는 주석 이온이 도핑된 세리아를 첨가하고 교반하여, 표면에 팔라듐 화합

물이 흡착된 지르코늄 이온 또는 주석 이온 도핑 세리아를 형성시키는 단계; 및 (e) 상기 표면에 팔라듐 화합물이 흡착된 지르코늄 이온 또는 주석 이온 도핑 세리아를 하소시켜 촉매 분말을 제조하는 단계;를 포함하는 수열 합성법을 이용한 대기오염 정화용 금속이온 도핑 세리아 촉매의 제조방법을 제안한다.

[0009] 또한, 상기 세륨 전구체, 상기 지르코늄 전구체, 상기 주석 전구체 및 상기 팔라듐 전구체는, 아세테이트계(acetate based) 전구체, 알콕시드계(alkoxide based) 전구체, 할로겐화물계(halide based) 전구체, 옥시할로겐화물계(oxyhalide based) 전구체 또는 나이트레이트계(nitrate based) 전구체인 것을 특징으로 하는 수열 합성법을 이용한 대기오염 정화용 금속이온 도핑 세리아 촉매의 제조방법을 제안한다.

[0010] 또한, 상기 세륨 전구체는 세륨(III) 나이트레이트($Ce(NO_3)_3$)이고, 상기 지르코늄 전구체는 지르코늄 옥시클로라이드($ZrOCl_2 \cdot 8H_2O$)이며, 주석 전구체는 염화주석($SnCl_4$)인 것을 특징으로 하는 수열 합성법을 이용한 대기오염 정화용 금속이온 도핑 세리아 촉매의 제조방법을 제안한다.

[0011] 또한, 상기 단계 (c)에서 팔라듐 전구체로서 염화 팔라듐($PdCl_2$)을 포함하는 용액에 염기성 물질을 첨가해 수산화 팔라듐($Pd(OH)_2$)을 침전시키고, 상기 단계 (d)에서 상기 수산화 팔라듐($Pd(OH)_2$) 침전 용액에 상기 지르코늄 이온 또는 주석 이온이 도핑된 세리아를 첨가하고 교반하여, 표면에 수산화 팔라듐 입자가 흡착된 지르코늄 이온 또는 주석 이온 도핑 세리아를 형성시키고, 상기 단계 (e)에서 상기 표면에 수산화 팔라듐 입자가 흡착된 지르코늄 이온 또는 주석 이온 도핑 세리아를 하소시켜, 지르코늄 이온 또는 주석 이온이 도핑된 세리아로 이루어진 지지체 상에 산화 팔라듐이 부착된 구조를 가지는 촉매 분말을 제조하는 것을 특징으로 하는 수열 합성법을 이용한 대기오염 정화용 금속이온 도핑 세리아 촉매의 제조방법을 제안한다.

[0012] 또한, 상기 단계 (a) 및 (c)에서 상기 염기성 물질은 수산화암모늄(NH_4OH), 수산화나트륨($NaOH$) 또는 수산화칼륨(KOH)인 것을 특징으로 하는 수열 합성법을 이용한 대기오염 정화용 금속이온 도핑 세리아 촉매의 제조방법을 제안한다.

[0013] 또한, 상기 수열 반응은 2 내지 10 시간 동안 실시하는 것을 특징으로 하는 수열 합성법을 이용한 대기오염 정화용 금속이온 도핑 세리아 촉매의 제조방법을 제안한다.

[0014] 그리고, 본 발명은 발명의 다른 측면에서 상기 제조방법에 의해 제조된 대기오염 정화용 금속이온 도핑 세리아 촉매를 포함하는 배기가스 정화용 촉매를 제안한다.

[0015] 또한, 지르코늄 이온 또는 주석 이온이 도핑된 세리아로 이루어진 지지체 상에 산화 팔라듐이 부착된 구조를 가지는 것을 특징으로 하는 배기가스 정화용 촉매를 제안한다.

발명의 효과

[0016] 본 발명에 따르면, 세리아에 금속이온(Zr 또는 Sn)을 첨가(도핑)함으로써, 첨가되는 금속이온의 종류 및 첨가량에 따라 이온반경 차이(Ce 이온 : 103pm, Zr 이온 : 72pm, Sn 이온 : 69pm)에 의한 격자 뒤틀림 현상으로 인해 격자 축소가 발생하며, 이러한 격자 축소로 인해 비표면적이 증가되고 표면 에너지의 증가로 인해 환원 반응에 참여하는 산소의 양이 증가하여 결과적으로 대기 오염 물질을 정화하는 능력인 촉매활성도가 우수한 촉매를 제조할 수 있다.

[0017] 또한, 본 발명에 의하면 계면활성제나 추가 열처리 없이 수열 합성법을 통해 고비표면적 및 결정성을 가지는 금속이온(Zr 또는 Sn) 도핑 세리아를 경제적으로 합성할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0018] 도 1은 본 발명에 따른 수열 합성법을 이용한 대기오염 정화용 금속이온 도핑 세리아 촉매의 제조방법의 공정 흐름도이다.

도 2는 본원 실시예에서 금속이온 도핑량에 따른 $Zr_xCe_{1-x}O_2$ 나노 분말의 결정성을 분석하기 위한 XRD 측정 결과이다.

도 3은 본원 실시예에서 금속이온 도핑량DP 따른 $Sn_xCe_{1-x}O_2$ 나노 분말의 결정성을 분석하기 위한 XRD 측정 결과이다.

도 4는 본원 실시예에서 금속이온 도핑량에 따른 $Zr_xCe_{1-x}O_2$ 나노 분말의 미세 구조 분석을 위한 FE-TEM 측정 결

과이다.

도 5는 본원 실시예에서 금속이온 도핑량에 따른 $\text{Sn}_x\text{Ce}_{1-x}\text{O}_2$ 나노 분말의 미세 구조 분석을 위한 FE-TEM 측정 결과이다.

도 6은 본원 실시예에서 금속이온 도핑량에 따른 $\text{Zr}_x\text{Ce}_{1-x}\text{O}_2$ 나노 분말의 비표면적 분석을 위한 BET 측정 결과이다.

도 7은 본원 실시예에서 금속이온 도핑량에 따른 $\text{Sn}_x\text{Ce}_{1-x}\text{O}_2$ 나노 분말의 비표면적 분석을 위한 BET 측정 결과이다.

도 8은 본원 실시예에서 PdO@Zr doped CeO_2 와 PdO@Sr doped CeO_2 촉매의 촉매특성(H_2 -TPR) 평가결과이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0019] 본 발명을 설명함에 있어서 관련된 공지 기능 또는 구성에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명을 생략할 것이다.

[0020] 본 발명의 개념에 따른 실시예는 다양한 변경을 가할 수 있고 여러 가지 형태를 가질 수 있으므로 특정 실시예들을 도면에 예시하고 본 명세서 또는 출원에 상세하게 설명하고자 한다. 그러나 이는 본 발명의 개념에 따른 실시예를 특정한 개시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다.

[0021] 본 명세서에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시예를 설명하기 위해 사용된 것으로, 본 발명을 한정하려는 의도가 아니다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 명세서에서, "포함하다" 또는 "가지다" 등의 용어는 실시된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.

[0022] 이하, 실시예를 들어 본 발명에 대해 보다 상세하게 설명하기로 한다.

[0023] 본 명세서에 따른 실시예들은 여러 가지 다른 형태로 변형될 수 있으며, 본 명세서의 범위가 아래에서 상술하는 실시예들에 한정되는 것으로 해석되지 않는다. 본 명세서의 실시예들은 당업계에서 평균적인 지식을 가진 자에게 본 명세서를 보다 완전하게 설명하기 위해 제공되는 것이다.

[0024] <실시예>

[0025] 금속이온(Zr 또는 Sn) 도핑 세리아를 합성하기 위해, 전구체는 지르코늄 옥시클로라이드($\text{ZrOCl}_2 \cdot 8\text{H}_2\text{O}$, 99%)와 염화주석(SnCl_4 , 98%), 세륨(III) 나이트레이트($\text{Ce}(\text{NO}_3)_3$, 99%)를 사용하였다. 'Ce' 대비 "'Zr'과 'Sn'의 비율이 0, 30, 50, 70 mol%가 되도록 증류수(D. I. Water)와 혼합하여 균일한 혼합을 위해 30분간 300rpm에서 교반 실시하였다. 여기에 pH 조절을 위해 KOH, NaOH 또는 NH_4OH 를 drop by drop 형식으로 첨가하여 각 전구체 용액의 pH를 9, 10, 11로 조절한 뒤 발생하는 수산화물의 균일한 분산을 위해 1시간 동안 300rpm에서 교반을 실시하였다. 분산된 각 금속이온 수용액을 테플론 용기에 담아 Autoclave에 넣고 반응온도 120~220℃에서 2~10 시간 동안 반응시켰다. 반응된 용액은 원심분리기를 이용하여 5000rpm에서 에탄올 및 증류수를 이용하여 총 5회 세척한 다음 건조기에서 100℃에서 24시간 건조 후 Zr/Sn-doped CeO_2 분말을 회수하였다.

[0026] 도 2는 금속이온 도핑량에 따른 $\text{Zr}_x\text{Ce}_{1-x}\text{O}_2$ 나노 분말의 결정성을 분석하기 위한 XRD 측정 결과이다. 분석 결과, 0~50 mol%의 Zr^{4+} 이온 도핑량 조건별로 단일상의 Cubic 구조를 가지는 CeO_2 결정 피크가 확인되었으며, 70 mol%의 Zr^{4+} 이온 도핑 조건에서는 Tetragonal 구조의 ZrO_2 상이 혼재되어 있는 것을 확인할 수 있었다.

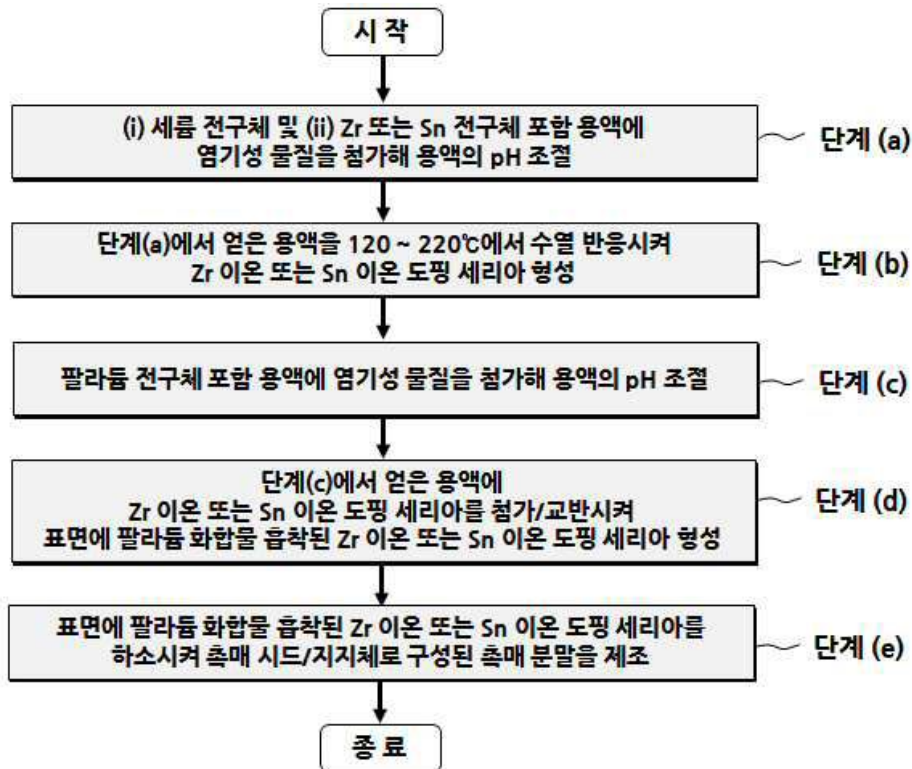
[0027] 도 3은 금속이온 도핑량에 따른 $\text{Sn}_x\text{Ce}_{1-x}\text{O}_2$ 나노 분말의 결정성을 분석하기 위한 XRD 측정 결과이다. 분석 결과, 0, 30 mol%의 Sn^{4+} 이온 도핑량 조건까지는 단일상의 Cubic 구조를 가지는 CeO_2 결정 피크가 확인되었으며, 50, 70 mol%의 Sn^{4+} 이온 도핑량 조건에서는 Tetragonal 구조의 SnO_2 결정피크가 혼재되어 있는 것을 확인할 수 있었

다.

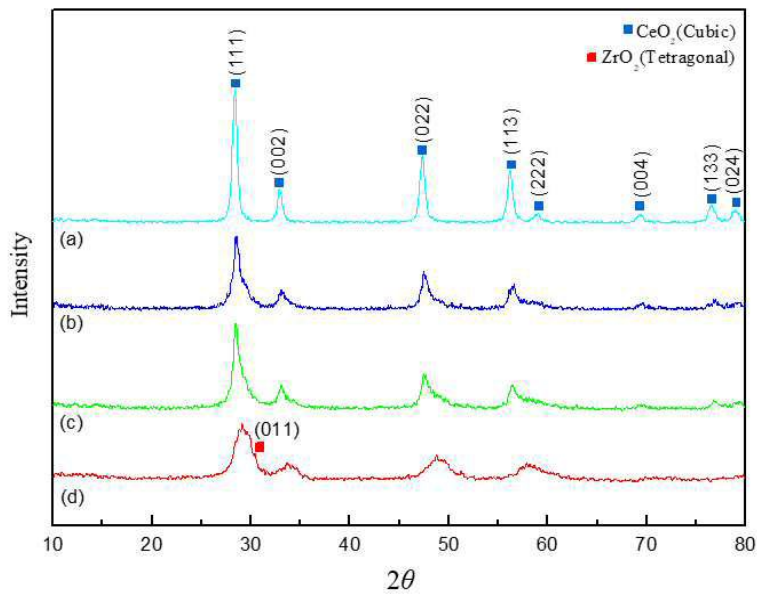
- [0028] 도 4는 금속이온 도핑량에 따른 $Zr_xCe_{1-x}O_2$ 나노 분말의 미세 구조 분석을 위한 FE-TEM 측정 결과이다. 분석 결과, Zr 이온 도핑량이 0, 30, 50, 70 mol%로 증가함에 따라 합성되는 입자의 크기가 약 15nm 정도에서 수nm로 감소하는 경향을 확인할 수 있고, 이를 통해 금속이온이 도핑되지 않은 순수 세리아보다 Zr 금속이온을 도핑하였을 때 기존 세리아 격자가 축소됨에 따라 입자의 크기가 더욱 미세해지는 것을 알 수 있었다.
- [0029] 도 5는 금속이온 도핑량에 따른 $Sn_xCe_{1-x}O_2$ 나노 분말의 미세 구조 분석을 위한 FE-TEM 측정 결과이다. 분석 결과, 각 조건별로 평균 10nm 이하의 미세한 구형의 입자들이 균일하게 분포하고 있는 것을 확인할 수 있었으며, 도핑량이 증가함에 따라 합성된 입자의 크기가 점점 감소하는 경향을 보였다.
- [0030] 도 6은 금속이온 도핑량에 따른 $Zr_xCe_{1-x}O_2$ 나노 분말의 비표면적 분석을 위한 BET 측정 결과이다. Zr 이온 도핑량이 0, 30, 50, 70 mol%로 증가할수록 비표면적이 $52.0m^2/g$, $132.3m^2/g$, $198.9m^2/g$, $226.5m^2/g$ 로 점점 증가하는 경향을 확인할 수 있었다.
- [0031] 도 7은 금속이온 도핑량에 따른 $Sn_xCe_{1-x}O_2$ 나노 분말의 비표면적 분석을 위한 BET 측정 결과이다. Sn 이온 도핑량이 0, 30, 50, 70 mol%로 증가할수록 비표면적이 $52.0m^2/g$, $78.5m^2/g$, $123.5m^2/g$, $174.6m^2/g$ 로 점점 증가하는 경향을 확인할 수 있었다.
- [0032] 다음으로, PdO@Metal doped CeO_2 촉매의 합성은 먼저, 앞서 합성한 Zr/Sn-doped CeO_2 지지체 나노 분말 무게 대비 1 wt%의 $PdCl_2(99\%, SIGMA-ALDRICH)$ 를 증류수 50ml와 혼합하여 30분간 300rpm에서 교반을 실시하였다. 교반 후 NH_4OH 를 drop by drop 형식으로 첨가하여 $Pd(OH)_2$ 의 침전이 발생하는 적정 pH인 4.6 이상으로 pH를 조절한 뒤 균일 분산을 위해 30분간 300rpm에서 교반을 실시하였다. 그리고 상대적으로 우수한 비표면적 특성을 가지는 Metal doped CeO_2 지지체 나노 분말을 0.5g 첨가한 후 지지체 표면에 $Pd(OH)_2$ 가 적절히 흡착될 수 있도록 교반을 실시한 후 aging을 실시하였다. 그리고 건조기 내에서 $100^\circ C$ 에서 24시간 동안 건조를 실시하여 분말을 회수한 후 Furnace를 이용하여 $500^\circ C$ 에서 3시간 동안 하소를 진행하여 PdO@Metal doped CeO_2 촉매 분말을 합성하였다.
- [0033] 도 8은 PdO@Zr-doped CeO_2 와 PdO@Sr-doped CeO_2 촉매의 촉매특성(H_2 -TPR) 평가결과이다. 순수 세리아 촉매 수소 소비량은 $243 \mu mol/g$ 로 확인되었다. 반면에, PdO@ $Zr_{0.5}Ce_{0.5}O_2$ 촉매의 수소 소비량은 $500^\circ C$ 이상의 고온에서 $104365 \mu mol/g$ 의 우수한 특성의 촉매활성도를 확인할 수 있었고, PdO@Sr doped CeO_2 는 $600^\circ C$ 이상의 고온에서 $222502 \mu mol/g$ 의 우수한 특성의 촉매활성도를 확인할 수 있었다.
- [0034] 본 발명은 상기 실시예들에 한정되는 것이 아니라 서로 다른 다양한 형태로 제조될 수 있으며, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자는 본 발명의 기술적 사상이나 필수적인 특징을 변경하지 않고서 다른 구체적인 형태로 실시될 수 있다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로 이상에서 기술한 실시예들은 모든 면에서 예시적인 것이며 한정적이 아닌 것으로 이해해야만 한다.

도면

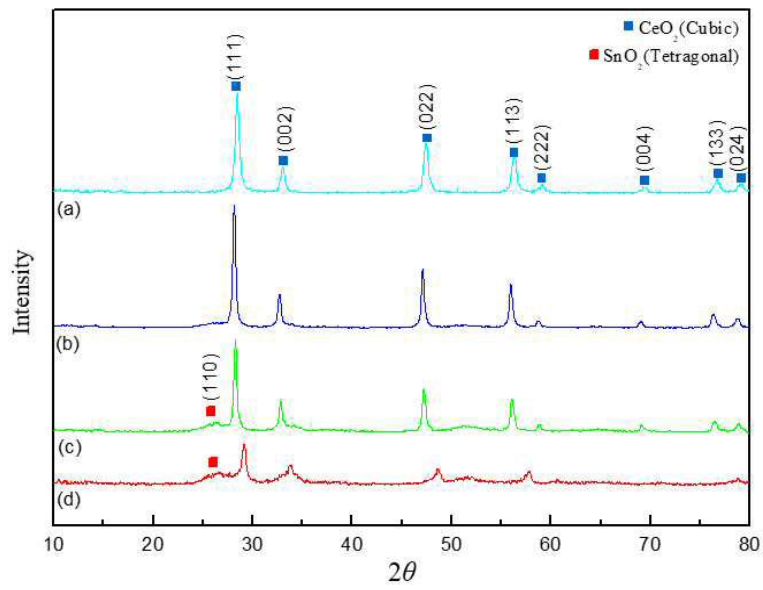
도면1



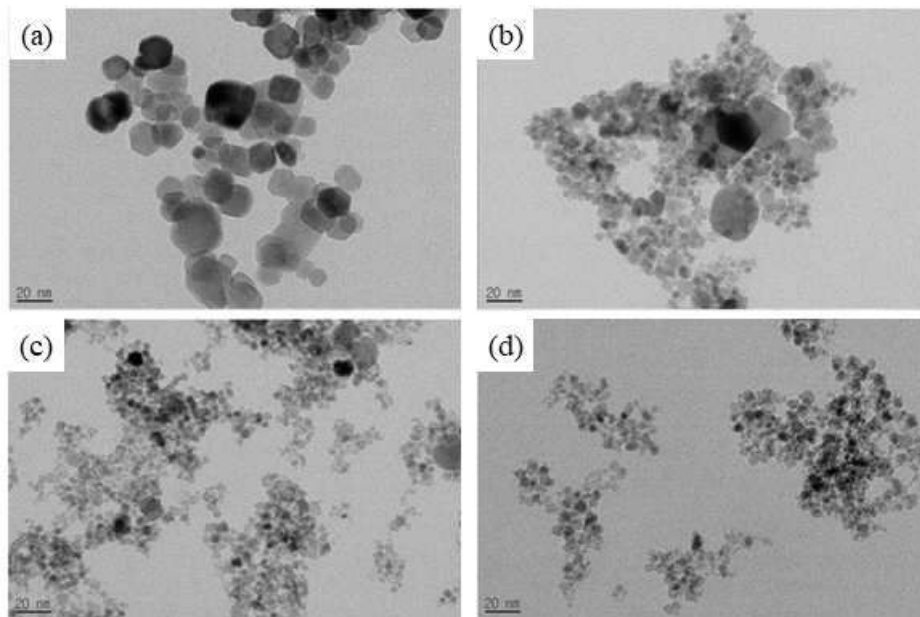
도면2



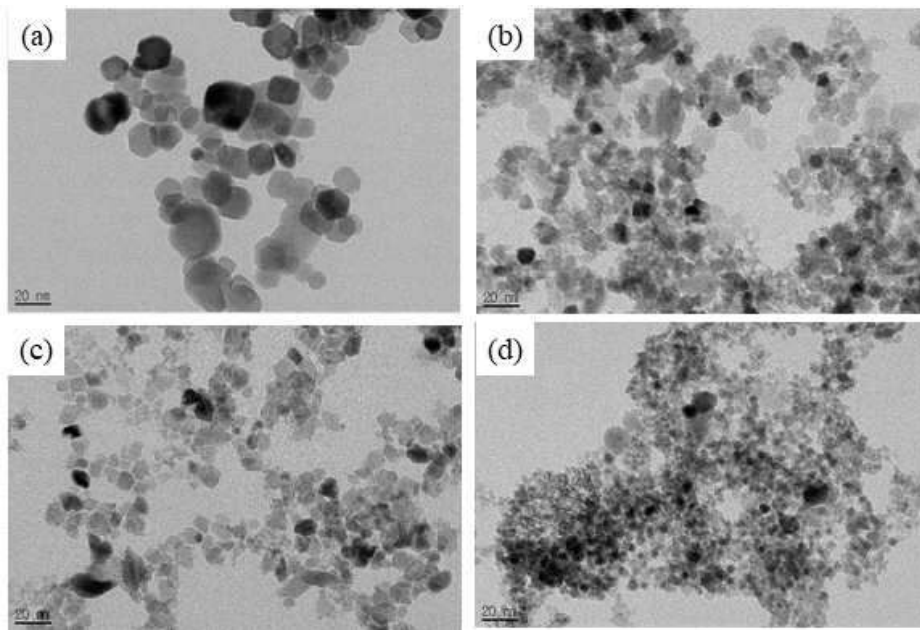
도면3



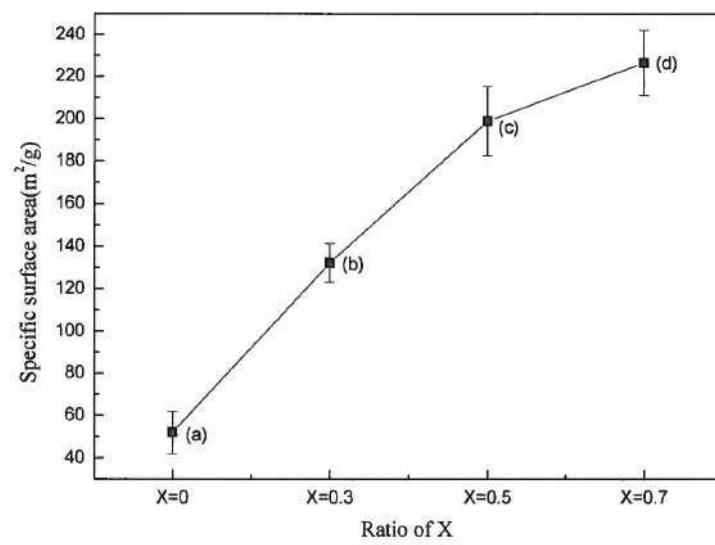
도면4



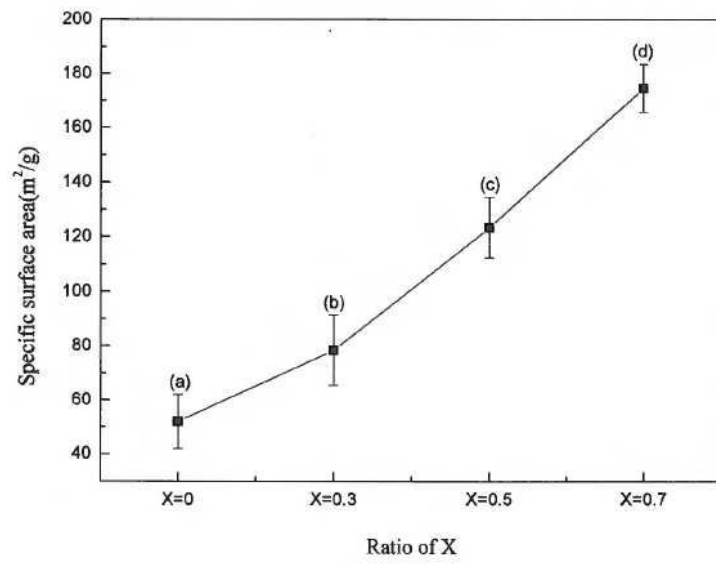
도면5



도면6



도면7



도면8

