

(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2022-0053775

(43) 공개일자 2022년05월02일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

B01J 23/00 (2006.01) B01D 53/00 (2006.01)

B01D 53/94 (2006.01) B01J 23/02 (2006.01)

B01J 23/10 (2006.01) B01J 23/34 (2006.01)

B01J 23/83 (2006.01) C01B 13/28 (2006.01)

F01N 3/20 (2006.01)

(52) CPC특허분류

B01J 23/002 (2013.01)

B01D 53/005 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2020-0137911

(22) 출원일자 2020년10월23일

심사청구일자 2020년10월23일

(71) 출원인

강원대학교산학협력단

강원도 춘천시 강원대학길 1 (효자동)

고려대학교 산학협력단

서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)

(72) 발명자

이대원

강원도 춘천시 남춘천새길 11, 106동 902호(퇴계동, 휴먼시아 남춘천1단지아파트)

박태욱

강원도 춘천시 스포츠타운길 535, 6동 1004호(온의동, 금호1차아파트)

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

송인호, 윤형근, 최관락

전체 청구항 수 : 총 6 항

(54) 발명의 명칭 저온에서 탄소입자상 물질의 연소활성이 가능한 페로브스카이트 촉매 및 이를 이용한 탄소입자상 물질의 오존 산화 시스템

(57) 요약

본 발명은, 저온에서 탄소입자상 물질의 연소활성이 가능한 페로브스카이트 촉매 및 이를 이용한 탄소입자상 물질의 오존 산화 시스템을 개시한다. 본 발명에 따르면, ABO_3 구조에서 A/B 몰 비율이 1 보다 크고 1.1 이하인 비양론비를 갖는 오존을 이용한 저온에서 탄소입자상 물질의 연소활성이 가능한 페로브스카이트 촉매가 제공된다.

대표도 - 도5

촉매	$La_{1.2}MnO_3$	$La_{1.1}MnO_3$	$LaMnO_3$	$La_{0.95}MnO_3$	$La_{0.9}MnO_3$
250°C 이하에서 연소된 탄소입자상 물질의 분율 (wt.%)	37.5	58.7	51.4	39.3	15.4

(52) CPC특허분류

B01D 53/94 (2013.01)
B01J 23/02 (2013.01)
B01J 23/10 (2013.01)
B01J 23/34 (2013.01)
B01J 23/83 (2013.01)
C01B 13/28 (2013.01)
F01N 3/2006 (2013.01)

(72) 발명자

진소민

강원도 속초시 중앙로82번길 11, 2층(청학동)

이관영

서울특별시 용산구 한강대로 26, 101동 1807호(한강로3가, 한강대우트럼프월드3차)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711105487
과제번호	2016R1A5A1009592
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	집단연구지원(R&D)
연구과제명	초저에너지 자동차 초저배출 사업단
기 여 율	1/1
과제수행기관명	고려대학교 산학협력단
연구기간	2016.06.01 ~ 2022.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

ABO_3 구조에서 A/B 몰 비율이 1 보다 크고 1.1 이하인 비양론비를 갖는 오존을 이용한 저온에서 탄소입자상 물질의 연소활성이 가능한 페로브스카이트 촉매.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 A site는 La, K, Ag, Sr 및 Mg 중 하나 또는 이들의 조합으로 선택되는 페로브스카이트 촉매.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 B site는 Mn, Fe, Co, Zr, Cr, Ti, Cu 및 V 중 하나 또는 이들의 조합으로 선택되는 페로브스카이트 촉매.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 오존은 상압 저온 플라즈마 반응기에서의 산소 또는 공기의 산화 반응을 통해 공급되는 페로브스카이트 촉매.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 탄소입자상 물질의 저온 연소는 100 내지 300℃ 범위 내에서 이루어지는 페로브스카이트 촉매.

청구항 6

탄소입자상 물질의 오존 산화 시스템으로서,

산소 또는 공기의 산화 반응을 통해 생성된 오존을 공급하는 상압 저온 플라즈마 반응기; 및

ABO_3 구조에서 A/B 몰 비율이 1 보다 크고 1.1 이하인 비양론비를 갖는 페로브스카이트 촉매가 충전되며, 상기 상압 저온 플라즈마 반응기로부터 공급되는 오존을 이용하여 내연기관 배출 탄소입자상 물질을 저온 조건 하에서 연소시키는 탄소입자상 물질 연소 반응기를 포함하는 탄소입자상 물질의 오존 산화 시스템.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 저온에서 탄소입자상 물질의 연소활성이 가능한 페로브스카이트 촉매 및 이를 이용한 탄소입자상 물질의 오존 산화 시스템에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 급격한 산업화로 인한 환경문제가 크게 대두되고 있는 현 상황에서, 이 중 큰 비중을 차지하고 있는 미세먼지에 관한 우려가 확대되고 있다. 때문에 도로 이동 오염원, 화력 발전 유래 오염원 등 여러 미세먼지 배출원으로부터 발생하는 미세먼지 배출량을 저감시키기 위한 노력이 다방면으로 진행되고 있다.

- [0003] 특히, 도시지역 미세먼지 배출량 중 절반가량을 차지하고 있는 도로 이동 오염원에서의 미세먼지 배출량을 줄이는 것은, 불가피하게 대부분의 동력을 화석연료를 통해 얻을 수 밖에 없는 현재의 상황에서 환경적으로 꼭 이루어내야 하는 과제로 볼 수 있다.
- [0004] 대표적인 도로 이동 오염원인 내연기관 자동차에서의 탄소입자상 물질 저감 배출장치로 DPF(Diesel Particulate Filter) 장치가 배출가스 내의 미세먼지를 후처리하여 배출하는 시스템으로 사용되고 있다. 하지만 산소를 통해 연소를 진행하는 경우, 500℃에 달하는 높은 열에너지가 필요하여, 이는 다시 열에너지를 공급하기 위한 화석연료의 사용으로 연결된다. 연소온도를 낮추기 위해 Pt 계열 촉매를 적용하는 경우가 많지만 값비싼 가격으로 인해 범용적으로 사용할 수 없는 한계가 존재한다. 때문에 탄소입자상 물질을 효율적으로 연소시키기 위해서는 높은 열에너지로 인한 에너지 비용의 부담을 현저히 낮출 수 있는 저온 연소 방법의 도입이 필요하다.
- [0005] ABO_3 구조의 페로브스카이트 촉매는 기존에 상용화되어 있는 귀금속 (Pt, Pd) 계열 탄소입자상 물질 산화촉매들과 대등한 활성을 지닌 저가(低價) 고효율 산화촉매로 알려져 있으며, 산소를 산화제로 사용한다고 전제했을 때 약 350℃부터 탄소입자상 물질의 연소반응이 가능한 것으로 알려져 있다. 한편 산화제를 질소산화물로 교체하면 질소산화물 저감 효과를 기대할 수 있는 동시에 탄소입자상 물질의 연소개시 온도를 300℃ 부근으로 낮추는 것이 가능하다. 하지만 촉매개선 등의 방법을 통해 그 이하의 온도로 낮추는 것은 어려운 것으로 알려져 있다.
- [0006] 본 발명자들은 대한민국 특허등록 제10-2044604호 “디젤엔진 배출 입자상 물질의 저온 연소를 위한 페로브스카이트 촉매 및 이를 이용한 입자상 물질의 오존산화 시스템”에서 ABO_3 구조의 페로브스카이트 촉매를 사용하고 오존을 산화제로 사용했을 때 300℃ 이하 저온에서 탄소입자상 물질 연소반응 구현이 가능함을 밝힌 바 있다.
- [0007] 그러나 종래의 ABO_3 구조의 페로브스카이트 촉매의 탄소입자상 물질의 연소성능을 더욱 향상시키기 위한 연구가 필요한 실정이다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0008] (특허문헌 0001) 한국등록특허 10-2044604

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0009] 상기한 종래기술의 문제점을 해결하기 위해, 본 발명에서는 촉매활성을 더욱 강화할 수 있는 저온에서 탄소입자상 물질의 연소활성이 가능한 페로브스카이트 촉매 및 이를 이용한 탄소입자상 물질의 오존 산화 시스템을 제안하고자 한다.

과제의 해결 수단

- [0010] 상기한 종래 기술의 문제점을 해결하기 위해 본 발명의 바람직한 일 실시예에 따르면, ABO_3 구조에서 A/B 몰 비율이 1 보다 크고 1.1 이하인 비양론비를 갖는 오존을 이용한 저온에서 탄소입자상 물질의 연소활성이 가능한 페로브스카이트 촉매가 제공된다.
- [0011] 상기 A site는 La, K, Ag, Sr 및 Mg 중 하나 또는 이들의 조합으로 선택될 수 있다.
- [0012] 상기 B site는 Mn, Fe, Co, Zr, Cr, Ti, Cu 및 V 중 하나 또는 이들의 조합으로 선택될 수 있다.
- [0013] 상기 오존은 상압 저온 플라즈마 반응기에서의 산소 또는 공기의 산화 반응을 통해 공급될 수 있다.
- [0014] 상기 탄소입자상 물질의 저온 연소는 100 내지 300℃ 범위 내에서 이루어질 수 있다.
- [0015] 본 발명의 다른 측면에 따르면, 탄소입자상 물질의 오존 산화 시스템으로서,
- [0016] 산소 또는 공기의 산화 반응을 통해 생성된 오존을 공급하는 상압 저온 플라즈마 반응기; 및 ABO_3 구조에서 A/B 몰 비율이 1 보다 크고 1.1 이하인 비양론비를 갖는 페로브스카이트 촉매가 충전되며, 상기 상압 저온 플라즈마 반응기로부터 공급되는 오존을 이용하여 내연기관 배출 탄소입자상 물질을 저온 조건 하에서 연소시키는 탄소입

자상 물질 연소 반응기를 포함하는 탄소입자상 물질의 오존 산화 시스템이 제공된다.

발명의 효과

[0017] 본 발명에 따르면, 페로브스카이트 촉매에 대해 오존을 산화제로 사용하는 동시에, ABO_3 페로브스카이트 구조에 대해 A/B 몰 비율을 1 보다 크고 1.1 이하인 비(非)양론비 (Non-stoichiometry)로 조성함으로써, 250℃ 이하 저온에서의 탄소입자상 물질 연소활성을 보다 향상시킬 수 있는 장점이 있다.

도면의 간단한 설명

[0018] 도 1은 본 실시예에 따른 오존 발생을 위한 DBD 플라즈마 반응기의 구성을 도시한 도면이다.
 도 2 내지 도 3은 La_xMnO_3 ($x = 0.9, 0.95, 1, 1.1$) 촉매들의 XRD 및 BET 분석결과를 각각 도시한 도면이다.
 도 4는 양론비 $LaMnO_3$ 촉매와 비양론비 La_xMnO_3 ($x = 0.9, 0.95, 1, 1.1, 1.2$) 촉매들의 탄소입자상 연소 성능(TPO 패턴)을 비교한 도면이다.
 도 5는 250℃ 이하에서 각 촉매에 의해 연소된 탄소입자상 물질의 질량 분율을 표로 제시한 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0019] 본 발명은 다양한 변형을 가할 수 있고 여러 가지 실시예를 가질 수 있는 바, 특정 실시예들을 도면에 예시하고 상세하게 설명하고자 한다.

[0020] 그러나, 이는 본 발명을 특정한 실시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변형, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다.

[0021] 이하에서, 본 발명에 따른 실시예들을 참조하여 상세하게 설명한다.

[0022] 본 발명은 내연기관에서 배출하는 탄소입자상 물질의 연소성능을 향상시키기 위해, 페로브스카이트 촉매에 대해 오존을 산화제로 사용하는 동시에, ABO_3 페로브스카이트 구조에 대해 A/B 몰 비율을 1 보다 크고 1.1 이하인 비(非)양론비 (Non-stoichiometry)로 조성하는 것을 특징으로 한다.

[0023] 본 실시예에 따른 ABO_3 구조의 페로브스카이트에서, A site의 경우 La, K, Ag, Sr 및 Mg 중 하나 또는 이들의 조합으로 선택하여 구성할 수 있으며, B site의 경우 Mn, Fe, Co, Zr, Cr, Ti, Cu 및 V 중 하나 또는 이들의 조합으로 선택하여 구성할 수 있다.

[0024] 본 실시예에 따른 ABO_3 구조 페로브스카이트촉매는 Citric Acid Sol-Gel Method(시트르산 졸-겔법)로 제조될 수 있다.

[0025] A와 B가 비양론비를 갖는 ABO_3 구조 페로브스카이트 촉매는 탄소입자상 물질 포집 장치(Diesel Particulate Filter: DPF)에 코팅되며, DBD (Dielectric Barrier Discharge) 플라즈마 반응기로부터 공급되는 오존을 이용하여 탄소입자상 물질을 저온 조건 하에서 연소시킨다.

[0026] 기존에 문헌 등을 통해 알려진 사실인, 가시적인 탄소입자상 물질 연소를 위해서는 매우 많은 양의 오존을 주입해야 한다는 문제점을 해결하기 위해, 구현가능한 적정한 수준의 농도라 할 수 있는 수백~수천 ppm의 오존 농도에서 탄소입자상 물질 산화반응을 효과적으로 가속시킬 수 있는 촉매물질을 매칭시키는 것을 고려한다.

[0027] 이를 실현하기 위해서는 오존에 의한 탄소입자상 물질 연소의 산화환원 주기(Redox Cycle)에 대해 반응메커니즘 혹은 속도론적으로 상승효과를 낼 수 있는 최적의 산화촉매를 선정해야 한다. 이렇게 선정된 촉매는 DPF 상에 코팅되어 적용되고, DPF 전단에 적절한 온도조건에서 제어된 양의 오존을 주입하는 기계적 장치를 설치함으로써 구현이 가능하다.

[0028] 이에 본 발명에서는 적은 전력소모량으로 작동되는 저온 플라즈마 시스템을 이용하여 오존을 생산하고, 주입된 오존에 대하여 A와 B가 비양론비 조성을 갖는 ABO_3 구조의 페로브스카이트 촉매를 매칭함으로써 100~300℃의 저온 조건에서도 효과적으로 탄소입자상 물질 연소시킬 수 있는 방안을 제시하고자 한다.

[0029] 본 발명에 따른 내연기관 배출 탄소입자상 물질의 저온 연소를 위해 오존을 생성할 수 있는 장치가 필요하다. 그러나 오존 발생에 많은 에너지가 요구될 경우 고연비 엔진에 적합하지 못하므로, 전력소모량이 적은 오존 발

생 시스템이 필요하다. 오존의 발생은 상압 저온 플라즈마 방식 중 하나인 유전체 방전 플라즈마 (Dielectric barrier discharge, 이하 DBD) 반응기에서의 산소 혹은 공기의 산화 반응을 통해 쉽게 구현된다. 이러한 DBD 방식 플라즈마 반응기는 반응기 운영에 필요한 전력이 매우 작아, 자동차와 같은 이동원 후처리장치로서 다양하게 응용되어 오고 있다. 오존 생산에 필요한 산소나 공기는 엔진연소실에 공기를 공급하는 공기압축기로부터 공급 받을 수 있으며, 플라즈마 방전전력의 크기를 제어함으로써 원하는 농도의 오존을 배출가스 흐름에 분사할 수 있다.

[0030] 그밖에 코로나 방전 (Corona Discharge) 플라즈마 반응기가 사용될 수도 있다.

[0031] 저온 플라즈마의 안정성과 에너지 효율 등의 측면에서 유전체 방전 플라즈마가 바람직하나 반드시 이에 한정되는 것은 아니다.

[0032] 본 실시예에 따르면, 오존이 공급되는 환경에서 탄소입자상 물질의 저온 연소 효율을 높이기 위해, A와 B가 비양론비로 조성된 ABO_3 구조인 페로브스카이트(Perovskite) 촉매를 이용한다.

[0033] 전술한 바와 같이, A site는 La, K, Ag, Sr 및 Mg 중 하나 또는 이들의 조합으로 선택하여 구성할 수 있다.

[0034] B site는 Mn, Fe, Co, Zr, Cr, Ti, Cu 및 V 중 하나 또는 이들의 조합으로 선택하여 구성할 수 있다.

[0035] 이하에서는 도면을 참조하여, 본 실시예에 따른 오존 생산, A와 B가 비양론비로 조성된 페로브스카이트 촉매의 합성 및 이를 이용한 저온 연소 과정을 상세하게 설명한다.

[0036] 1) DBD 플라즈마 반응기를 통한 오존의 생성

[0037] 도 1은 본 실시예에 따른 DBD 플라즈마 반응기의 구성을 도시한 도면이다.

[0038] DBD 플라즈마 반응기의 전극으로는 유전체인 Quartz Tube의 외부를 둘러싸고 있는 SUS mesh와 원통 중앙에 Copper rod로 구성하였다.

[0039] Power Supplier (Jungwoo System)를 이용하여 610 Hz에 해당하는 주파수와 2차단 기준 13.2 ~ 13.8 kV 크기의 교류 (AC) 전압 입력을 DBD 플라즈마 반응기에 공급하였고, Oscilloscope (Tektronix TDS 220)를 이용하여 플라즈마 반응기 상에서 형성되는 전압 및 전류 파형과 크기를 관찰하였다.

[0040] 플라즈마 반응기 내부로 O_2 (99.99%) 30 ml/min을 흘려 주었으며, 2차 전압의 제어를 통해 오존 농도 (25,000~30,000 ppm)를 조절하였다. 생성된 오존과 미반응 산소는 270 ml/min의 N_2 가스 흐름에 희석되어 탄소입자상 물질 촉매 연소 반응기에 주입되었고, 총 300 ml/min의 흐름에서 오존의 농도는 2,500 ppm 이었다.

[0041] 2) Citric Acid Sol-Gel Method에 의한 페로브스카이트 촉매의 합성

[0042] ABO_3 페로브스카이트 촉매를 구성하는 A site (La) 및 B site (Mn) 금속의 금속 질산염 수용액들을 일정 농도로 제조하고, A 및 B 금속들의 양론비가 1:1이 되도록 수용액들의 양을 결정한 후 혼합하였다. 금속 양이온 총 몰수의 값에 1.1배에 해당하는 양의 시트르산 (Citric Acid, $C_6H_8O_7$)을 수용액의 형태로 첨가하고 상온에서 30분간 교반하였다. 교반된 용액은 회전식 증발건조 장치를 통해 70 rpm, 70℃ 조건에서 증발건조하여 침전물을 얻어낸 후, 공기 조건에서 250℃에서 24시간 건조, 700℃에서 10시간 소성 과정들을 거쳐 ABO_3 구조의 페로브스카이트 촉매를 제조하였다. 비양론비 페로브스카이트 촉매들은 A site (La) 금속 질산염 수용액의 양을 목표로 하는 비양론비 조성에 비례해서 조절함으로써 제조될 수 있다.

[0043] 3) 탄소입자상 물질+촉매 연소 반응 구성 및 방법

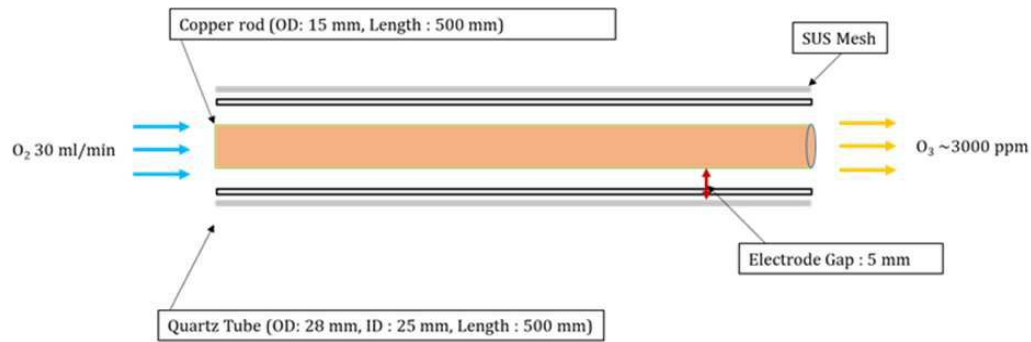
[0044] 탄소입자상 물질 (Printex-U)과 본 실시예에 따른 촉매를 1:2의 중량 비율로 Agar Mortar에서 30분간 혼합한 후, 1/2 inch Quartz tube의 Quartz Wool 지지층 위에 고정층 (Bed)을 형성하였다. 반응가스는 오존을 포함한 $O_2(10\%)/N_2(Bal.)$ 로 구성하여 Total flow 300 ml/min으로 흘려주었다. 연소반응은 TPO(Temperature Programmed Oxidation) 반응실험을 통해 진행되었으며, Bed 전단온도를 ramp rate = 3℃/min으로 300℃까지 승온시키면서 CO_2 배출농도를 관찰하였다.

[0045] 무촉매 연소반응은 SiC 입자를 촉매와 동일한 부피로 취하여 Printex-U와 10분간 Agar Mortar에서 섞어준 후 앞서 촉매 연소반응과 동일한 방법으로 연소실험을 수행하였다.

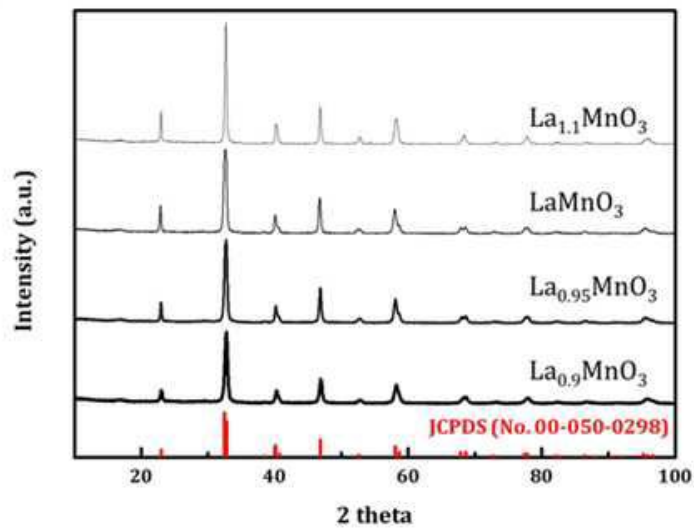
- [0046] 탄소입자상 물질의 연소생성물은 CO, CO₂이며 촉매반응기 후단에 2 wt% Pt/Alumina가 장착된 Reactor (온도 : 400℃)를 설치함으로써 미반응 오존을 제거하는 동시에 생성되는 CO를 모두 CO₂로 전환하여 Total CO_x(=CO+CO₂)를 측정하였다. CO₂ 농도 분석은 IR Type CO₂ 분석기 (Teledyne T360M)를 이용하였다.
- [0047] **실시예**
- [0048] 이하에서는, ABO₃ 구조 페로브스카이트 촉매에서 A/B 몰 비율을 조절하여 제조한 비양론비 페로브스카이트 촉매를 사용했을 때 기대할 수 있는 효과에 대해 설명하고자 한다.
- [0049] ABO₃ 구조 페로브스카이트 촉매는 일반적으로 격자구조 내에 형성되는 산소결합의 양이 증가되거나 B site를 구성하는 금속 양이온 일부의 산화수가 3가에서 4가로 높아짐에 따라 활성산소의 활동도 (oxygen mobility)가 향상되고 redox 촉매활성이 강화되는 것으로 알려져 있다.
- [0050] 본 실시예에 따른 비양론비 페로브스카이트 촉매의 경우, 비양론비 조성에 의해 발생한 결정구조 내에서의 전하 불균형을 해소하기 위해 산소결합 및 B⁴⁺의 양이 조정되게 되는데, 이에 의해 촉매의 redox 활성의 향상되는 것을 기대할 수 있다.
- [0051] 단, 비양론비 페로브스카이트 촉매의 합성은 모든 비양론비 조건에서 가능한 것이 아니라 페로브스카이트 격자구조가 유지될 수 있는 제한된 A/B 몰 비율 범위 ($0.9 \leq A/B \leq 1.1$)에서만 허용될 수 있다.
- [0052] **(실시예 1) 양론비 LaMnO₃ 촉매와 비양론비 La_xMnO₃ 촉매들의 격자구조 및 비표면적 분석**
- [0053] 도 2 내지 도 3은 La_xMnO₃ (x = 0.9, 0.95, 1, 1.1) 촉매들의 XRD 및 BET 분석결과를 각각 도시한 도면이다.
- [0054] 도 2에 도시된 XRD 결과에 의하면 비양론비 페로브스카이트 촉매들의 A/B 몰비율 (x)이 0.9~1.1 사이에서 제조되었을 때 ABO₃ 페로브스카이트의 격자구조를 잘 유지하고 있음을 보여주고 있다.
- [0055] 도 3에 도시된 BET 분석 결과를 보면, 제조된 촉매들의 비표면적이 5.9~29.7 m²/g, 기공부피가 0.024~0.176 cm³/g으로, 시트르산 졸-겔법을 통해 제조된 페로브스카이트 물질이 보일 수 있는 통상적인 범위의 비표면적과 기공부피 값들을 보이고 있음을 알 수 있다.
- [0056] **(실시예 2) 양론비 LaMnO₃ 촉매와 비양론비 La_xMnO₃ 촉매 (x = 0.9, 0.95, 1.1, 1.2) 촉매들의 탄소입자상 연소 성능의 비교**
- [0057] 도 4는 양론비 LaMnO₃ 촉매와 비양론비 La_xMnO₃ (x = 0.9, 0.95, 1, 1.1, 1.2) 촉매들의 탄소입자상 연소 성능 (TPO 패턴)을 비교하였고, 도 5에서는 250℃ 이하에서 각 촉매에 의해 연소된 탄소입자상 물질의 질량 분율을 표로 제시하였다.
- [0058] 도 4의 가로축에서는 TPO 반응실험에서 일정 속도로 상승하며 기록된 온도를 나타내었고, 세로축에는 탄소입자상 물질 연소반응이 진행됨에 따라 발생한 Total CO_x (=CO+CO₂)의 농도를 나타내었다. 도 5에 제시된 “250℃ 이하에서 연소된 탄소입자상 물질의 분율 (wt.%)”은 250℃ 이하 온도 구간에서의 Total CO_x 농도 패턴을 적분하여 ‘연소된 탄소입자상 물질의 질량’을 계산하고, 이 값을 초기 탄소입자상 물질의 질량으로 나누어 계산하였다.
- [0059] 도 4의 그래프를 통해 양론비 촉매(x=1)와 비교했을 때 비양론비 x=1.1 촉매 (La_{1.1}MnO₃)가 사용되었을 때 촉매의 연소성능이 향상됨을 확인할 수 있으며, 도 5에서는 해당 촉매에 의해 연소된 탄소입자상 물질의 분율이 58.7%로, 양론비 촉매의 값인 51.4%보다 향상되는 것을 또한 확인할 수 있다.
- [0060] 상기한 본 발명의 실시예는 예시의 목적을 위해 개시된 것이고, 본 발명에 대한 통상의 지식을 가지는 당업자라면 본 발명의 사상과 범위 안에서 다양한 수정, 변경, 부가가 가능할 것이며, 이러한 수정, 변경 및 부가는 하기의 특허청구범위에 속하는 것으로 보아야 할 것이다.

도면

도면1



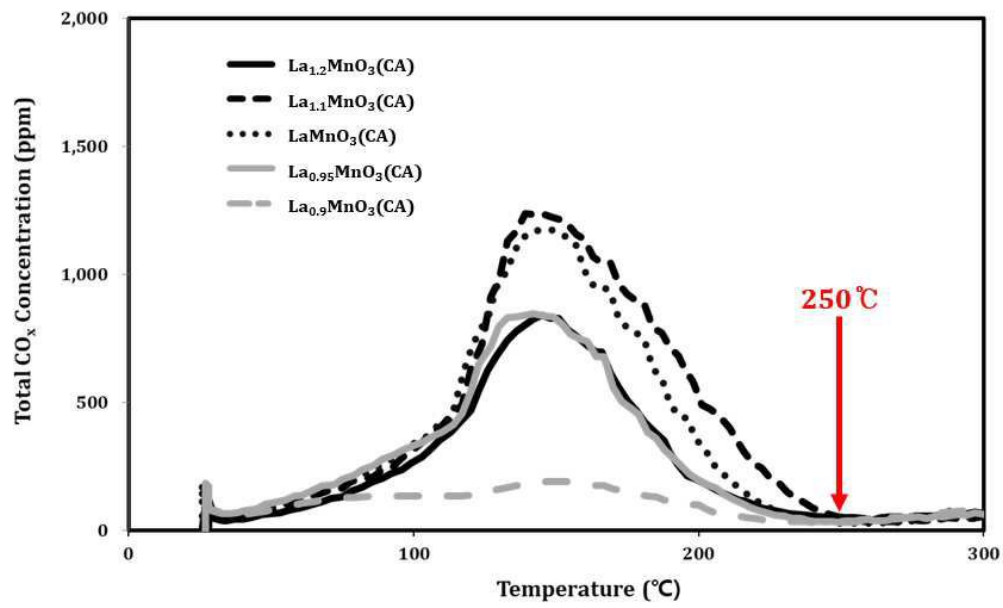
도면2



도면3

측매	La _{1.2} MnO ₃	La _{1.1} MnO ₃	LaMnO ₃	La _{0.95} MnO ₃	La _{0.9} MnO ₃
비표면적 (m ² /g)	5.9	8.7	10.0	7.5	29.7
기공부피 (cm ³ /g)	0.02	0.02	0.04	0.03	0.18

도면4



도면5

축매	La _{1.2} MnO ₃	La _{1.1} MnO ₃	LaMnO ₃	La _{0.95} MnO ₃	La _{0.9} MnO ₃
250°C 이하에서 연소된 탄소입자상 물질의 분율 (wt.%)	37.5	58.7	51.4	39.3	15.4