



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2024-0149213
(43) 공개일자 2024년10월14일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

C23C 14/34 (2006.01) C23C 14/04 (2006.01)
C23C 14/06 (2006.01) C23C 14/50 (2006.01)
C25D 11/02 (2006.01) H01M 4/00 (2015.01)
H01M 8/10 (2016.01)

(52) CPC특허분류

C23C 14/34 (2013.01)
C23C 14/046 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2023-0044878

(22) 출원일자 2023년04월05일

심사청구일자 2023년04월05일

(71) 출원인

서울대학교산학협력단
서울특별시 관악구 관악로 1 (신림동)

경희대학교 산학협력단

경기도 용인시 기흥구 덕영대로 1732 (서천동, 경희대학교 국제캠퍼스내)

(72) 발명자

차석원

서울특별시 강남구 삼성로 151, 3동 1305호(대치동, 선경아파트)

이명석

서울특별시 관악구 양녕로1길 7-2, 503호(봉천동, 태진럭스빌)

유원중

서울특별시 서초구 방배로 21, 105동 1302호(방배동, 방배그랑자이)

(74) 대리인

김정수

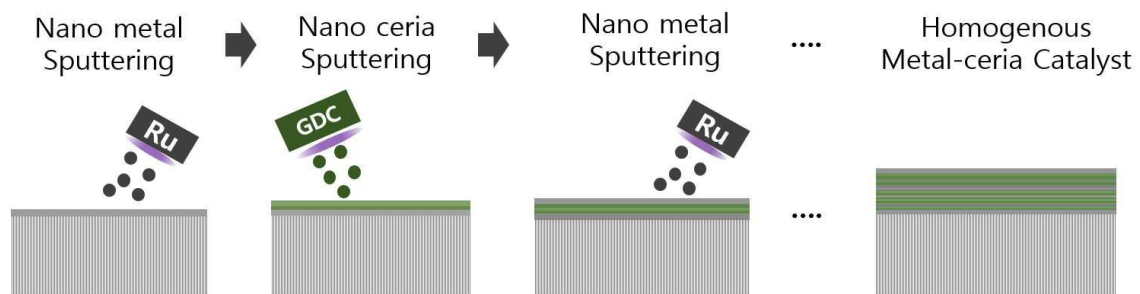
전체 청구항 수 : 총 9 항

(54) 발명의 명칭 교차 스퍼터링 방법을 이용한 금속-세라믹 복합재료 박막의 제조방법, 이에 의해 제조된 금속-세라믹 복합재료 박막, 이를 포함하는 고체산화물 연료전지 전극 및 촉매층

(57) 요약

본 발명은, (a) 하나 이상의 스퍼터링용 금속 타겟 및 하나 이상의 스퍼터링용 세라믹 타겟을 준비하는 단계 및 (b) 상기 금속 타겟에 대한 스퍼터링 공정과 상기 세라믹 타겟에 대한 스퍼터링 공정을 교대로 연속적으로 실시해 기판 상에 서멧(cermet) 박막을 형성하는 단계를 포함하되, 상기 단계 (b)에서 금속 타겟에 대한 스퍼터링 공 (뒷면에 계속)

대표도 - 도1



정을, 세라믹 타겟에 대한 스퍼터링 공정에 비해 보다 짧은 시간 동안 실시하는 것을 특징으로 하는, 교차 스퍼터링 방법을 이용한 금속-세라믹 복합재료 박막의 제조방법, 이에 의해 제조된 금속-세라믹 복합재료 박막, 이를 포함하는 고체산화물 연료전지 전극 및 촉매층에 대한 것으로서, 본 발명에 의하면 공동 스퍼터링 방법을 통한 서멧 박막 제조시 금속 타겟에 대한 스퍼터링 공정과 세라믹 타겟에 대한 스퍼터링 공정을 번갈아 연속적으로 실시하되, 금속 타겟에 대한 스퍼터링 공정을 세라믹 타겟에 대한 스퍼터링 공정에 비해 보다 짧은 시간 동안 실시함으로써, 박막 내 금속 함량이 극소량으로 감소되고 균일한 조성을 가지는 서멧 박막을 제조할 수 있다.

(52) CPC특허분류

C23C 14/0688 (2013.01)

C23C 14/3414 (2013.01)

C23C 14/3464 (2013.01)

C23C 14/505 (2013.01)

C25D 11/02 (2013.01)

H01M 4/00 (2022.01)

H01M 8/10 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1415180771
과제번호	20213030030150
부처명	산업통상자원부
과제관리(전문)기관명	한국에너지기술평가원
연구사업명	에너지기술개발사업
연구과제명	페라이트계 스테인리스 금속지지체를 기반으로 한 금속지지형 SOFC 셀/스택 기술 개발
발	
기 여 율	1/1
과제수행기관명	서울대학교 산학협력단
연구기간	2021.05.01 ~ 2025.04.30

명세서

청구범위

청구항 1

- (a) 하나 이상의 스퍼터링용 금속 타겟 및 하나 이상의 스퍼터링용 세라믹 타겟을 준비하는 단계; 및
- (b) 상기 금속 타겟에 대한 스퍼터링 공정과 상기 세라믹 타겟에 대한 스퍼터링 공정을 교대로 연속적으로 실시해 기판 상에 서멧(cermet) 박막을 형성하는 단계;를 포함하되,

상기 단계 (b)에서 금속 타겟에 대한 스퍼터링 공정을, 세라믹 타겟에 대한 스퍼터링 공정에 비해 보다 짧은 시간 동안 실시하는 것을 특징으로 하는,

교차 스퍼터링 방법을 이용한 금속-세라믹 복합재료 박막의 제조방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 금속 타겟은 Pt, Pd, Ir, Ni, Al, Cu, Ti, Mg, K, Ca, Sc, V, Cr, Mn, Fe, Co, Zn, Ga, Rb, Sr, Y, Zr, Mo, Ru, Rh, Ag, Cd, In, Sn, Cs, Ba, La, Ce, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, W, Cd, Sn, Hf 및 Pb로 이루어진 군으로부터 선택되는 1종의 금속 또는 2종 이상의 금속의 합금을 포함하는 것을 특징으로 하는,

교차 스퍼터링 방법을 이용한 금속-세라믹 복합재료 박막의 제조방법.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 세라믹 타겟은 (i) 산화물계 세라믹 또는 (ii) 질화물, 탄화물, 붕화물 및 규화물로부터 선택되는 비산화물계 세라믹 중 1종 또는 2종 이상의 세라믹을 포함하는 것을 특징으로 하는,

교차 스퍼터링 방법을 이용한 금속-세라믹 복합재료 박막의 제조방법.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 금속 타겟은 루테튬(Ru)을 포함하고,

상기 세라믹 타겟은 가돌리늄(Gd)이 도핑된 세리아(gadolinium-doped ceria, GDC)를 포함하는 것을 특징으로 하는,

교차 스퍼터링 방법을 이용한 금속-세라믹 복합재료 박막의 제조방법.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 단계 (b)에서 진공도 50 mTorr 이상의 저진공 분위기 하에서 회전하는 다공성 기판 상에 스퍼터링 공정을 실시해 나노 다공성 주상 구조(columnar structure)를 가지는 서멧 박막을 형성하는 것을 특징으로 하는,

교차 스퍼터링 방법을 이용한 금속-세라믹 복합재료 박막의 제조방법.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 다공성 기판은 양극 알루미늄 산화물(anodic aluminum oxide, AAO)을 포함하는 것을 특징으로 하는,

교차 스퍼터링 방법을 이용한 금속-세라믹 복합재료 박막의 제조방법.

청구항 7

제1항 내지 제6항 중 어느 한 항의 제조방법에 따라 제조된 금속-세라믹 복합재료 박막.

청구항 8

제7항에 따른 금속-세라믹 복합재료 박막을 포함하는 고체산화물 연료전지 전극.

청구항 9

제7항에 따른 금속-세라믹 복합재료 박막을 포함하는 고체산화물 연료전지 촉매층.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 물리적 증착법(PVD)인 스퍼터링(sputtering)을 이용해 서멧(cermet) 등의 금속-세라믹 복합재료로 이루어진 박막을 제조하는 방법, 이에 의해 제조된 복합재료 박막, 이를 포함하는 고체산화물 연료전지 전극 및 촉매층에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 금속 물질과 세라믹(금속 산화물) 물질이 혼합되어 있는 형태인 서멧(Cermet, Ceramic+Metal) 물질은 단순 금속 물질에 비해 촉매 활성과 구조 안전성, 보다 넓은 반응 면적 확보를 위해 고체산화물 연료전지 분야에서 전극이나 촉매층 물질로 자주 사용되는 형태로서, 대표적으로 루테튬(Ru, Ruthenium)과 가돌리늄 도핑된 세리아(GDC, Gadolinium-doped ceria)가 알려져 있으며, 백금, 니켈, 팔라듐, 이리듐 같은 금속 물질과 이트리아 안정화 지르코니아(YSZ, Yttria-stabilized zirconia) 같은 세라믹 물질들 역시 조합되어 사용되어 왔다.

[0003] 전술한 서멧에 포함된 금속 물질 중 백금, 팔라듐, 이리듐, 루테튬은 니켈 등 금속에 비해 높은 촉매 활성을 보이는 반면 값비싼 귀금속에 해당하여 사용량을 최소화/최적화하는 연구가 많이 진행되어 왔다.

[0004] 특히, 박막 전극 서멧을 제작하기 위한 방법으로 물리적증착법(PVD, Physical vapor deposition) 중 하나인 공동 스퍼터링(co-sputtering) 방법이 자주 사용되어 왔으나, 금속 물질에 비해 세라믹 물질은 증착물이 매우 낮은 특성이 있어서 금속 물질의 조성을 줄이는 데 한계가 있었다.

선행기술문헌

특허문헌

[0005] (특허문헌 0001) 일본 공개특허 제2008-173751호 (공개일 : 2008.07.31)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 본 발명이 해결하고자 하는 기술적 과제는, 공동 스퍼터링 방법을 이용하여 서멧 물질을 제작하되 금속 촉매량을 극소량으로 줄일 수 있는 새로운 서멧 박막 제조방법, 이에 의해 제조된 서멧 박막, 이를 포함하는 고체산화물 연료전지 전극 및 촉매층을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0007] 본 발명은 금속 함량이 최소화되고 균일한 나노 주상 구조를 가지는 서멧 기반 고체산화물 연료전지용 촉매 물질 제조 등에 적용할 수 있는 연속 스퍼터링 공정 방법에 대한 것으로서, 공동 스퍼터링 방법과 유사하게 두 가지 이상의 물질을 사용하되, 공동 스퍼터링과 달리 각 물질의 증착 시간을 달리해 번갈아 연속적으로 스퍼터링 공정을 실시해 박막을 증착시킴으로써 금속 물질의 조성을 조절하면서도 균일한 구조를 갖는 박막을 증착시키는 방법에 대한 것이다.

[0008] 이를 위해, 본 발명은 (a) 하나 이상의 스퍼터링용 금속 타겟 및 하나 이상의 스퍼터링용 세라믹 타겟을 준비하

는 단계 및 (b) 상기 금속 타겟에 대한 스퍼터링 공정과 상기 세라믹 타겟에 대한 스퍼터링 공정을 교대로 연속적으로 실시해 기판 상에 서멧(cermet) 박막을 형성하는 단계를 포함하되, 상기 단계 (b)에서 금속 타겟에 대한 스퍼터링 공정을, 세라믹 타겟에 대한 스퍼터링 공정에 비해 보다 짧은 시간 동안 실시하는 것을 특징으로 하는, 교차 스퍼터링 방법을 이용한 금속-세라믹 복합재료 박막의 제조방법을 제안한다.

- [0009] 상기 단계 (a)는 본 발명에 따른 교차 스퍼터링 방법에 사용할 금속 타겟과 세라믹 타겟을 각각 준비하는 단계로서, 최종적으로 얻고자 하는 금속-세라믹 복합재료 박막의 조성에 따라 각 타겟을 구성하는 금속 소재와 세라믹 소재를 선정해 타겟을 준비한다.
- [0010] 예를 들어, 상기 금속 타겟은 Pt, Pd, Ir, Ni, Al, Cu, Ti, Mg, K, Ca, Sc, V, Cr, Mn, Fe, Co, Zn, Ga, Rb, Sr, Y, Zr, Mo, Ru, Rh, Ag, Cd, In, Sn, Cs, Ba, La, Ce, Nd, Sm, Eu, Gd, Tb, W, Cd, Sn, Hf 및 Pb로 이루어진 군으로부터 선택되는 1종의 금속 또는 2종 이상의 금속의 합금을 포함할 수 있으나, 반드시 상기 금속 또는 그 합금으로 제한되는 것은 아니다.
- [0011] 또한, 상기 세라믹 타겟은 산화물계 세라믹 및 비산화물계 세라믹을 포함할 수 있으나, 반드시 이들로 제한되는 것은 아니다.
- [0012] 상기 산화물계 세라믹으로는 이트리아 안정화 지르코니아(yttria-stabilized zirconia, YSZ), 가돌리늄(Gd) 도핑 세리아(gadolinium-doped ceria, GDC), Al_2O_3 , SiO_2 , TiO_2 , Y_2O_3 , ZrO_2 , Ta_2O_5 , ThO_2 , $ZrSiO_2$, BeO , CeO_2 , Cr_2O_3 , HfO_2 , La_2O_3 , MgO , Nb_2O_3 등을 포함할 수 있다.
- [0013] 또한, 상기 비산화물계 세라믹은 질화물(nitride), 탄화물(carbide), 붕화물(boride) 및 규화물(silicide)로부터 선택할 수 있으며, 상기 질화물은 AlN , GaN , InN , BN , Be_3N_2 , Cr_2N , HfN , MoN , NbN , Si_3N_4 , TaN , Ta_2N , Th_2N_3 , TiN , WN_2 , W_2N , VN , 및 ZrN 중 적어도 어느 하나를 포함하고, 상기 탄화물은 B_4C , Cr_3C_2 , HfC , LaC_2 , Mo_2C , Nb_2C , SiC , Ta_2C , ThC_3 , TiC , W_2C , WC , V_2C , 및 ZrC 중 적어도 어느 하나를 포함하고, 상기 붕화물은 AlB_2 , BeB_2 , CrB_2 , HfB_2 , LaB_2 , MoB_2 , MoB , NbB_2 , SiB_2 , TaB_2 , ThB_4 , TiB_2 , WB , VB_2 , 및 ZrB_2 중 적어도 어느 하나를 포함하고, 상기 규화물은 $CrSi_2$, Cr_2Si , $HfSi$, $MoSi_2$, $NbSi_2$, $TaSi_2$, Ta_5Si_3 , $ThSi_2$, Ti_5Si_3 , WSi_2 , W_5Si_3 , V_3Si 및 $ZrSi_2$ 중 적어도 어느 하나를 포함할 수 있다.
- [0014] 다음으로, 상기 단계 (b)에서는 공동 스퍼터링을 이용한 서멧 박막 증착방법 등과 같은 종래 기술에 비해 서멧 박막 내 금속 함량을 대폭 감소시키기 위해, 상기 금속 타겟에 대한 스퍼터링 공정과 상기 세라믹 타겟에 대한 스퍼터링 공정을 교대로 연속적으로 실시해 기판 상에 서멧 박막을 형성하되, 금속 타겟에 대한 스퍼터링 공정을 세라믹 타겟에 대한 스퍼터링 공정에 비해 보다 짧은 시간 동안 실시한다.
- [0015] 일례로, 금속으로서 루테튬(Ru), 세라믹으로서 가돌리늄 도핑 세리아(GDC)를 포함하는 서멧 박막 증착을 위해 Ru 금속 타겟과 GDC 세라믹 타겟 두 개를 두 개의 스퍼터 건에 동시에 달아 놓은 후, 상대적으로 매우 짧은 금속 스퍼터링 시간(3~5초)과 상대적으로 긴 세라믹 스퍼터링 시간(15~30분) 동안 번갈아가며 서멧을 증착시키는 공정을 1회 이상, 바람직하게는 10회 이상 반복하여 원하는 두께의 박막을 증착시킨다.
- [0016] 상기와 같이 세라믹 스퍼터링 공정 대비 금속 스퍼터링 공정 수행 시간을 대폭 단축함으로써, 일반적으로 세라믹에 비해 높은 증착률을 가지는 금속의 박막 내 함량을 3 부피% 미만까지 감소시키면서도 균일한 조성의 박막을 얻을 수 있다.
- [0017] 나아가, 상기 단계 (b)에서는 진공도 50 mTorr 이상, 보다 바람직하게는 50 ~ 100 mTorr의 저진공 분위기 하에서 회전하는 다공성 기판 상에 스퍼터링 공정을 실시해 서멧 박막의 미세구조를 나노 다공성 주상 구조(columnar structure)로 제어할 수 있다.
- [0018] 이때, 상기 다공성 기판은 양극 알루미늄 산화물(anodic aluminum oxide, AAO)을 포함할 수 있다.
- [0019] 상기와 같이 나노 스케일의 다공성 구조를 가지는 서멧 박막을 고체산화물 연료전지의 전극 소재로 적용하면 기체 연료의 출입이 용이하고 연료와 박막 내 금속 촉매 물질 간의 접촉 면적을 극대화하여 부피당/무게당 촉매 물질의 활성을 끌어올릴 수 있다.
- [0020] 그리고, 본 발명은 발명의 다른 측면에서 상기 제조방법에 따라 제조된 금속-세라믹 복합재료 박막을 제안한다.
- [0021] 나아가, 본 발명은 발명의 또 다른 측면에서 상기 금속-세라믹 복합재료 박막을 포함하는 고체산화물 연료전지

전극 및 촉매층을 제안한다.

발명의 효과

[0022] 본 발명에 의하면 공동 스퍼터링 방법을 통한 서멧 박막 제조시 금속 타겟에 대한 스퍼터링 공정과 세라믹 타겟에 대한 스퍼터링 공정을 번갈아 연속적으로 실시하되, 금속 타겟에 대한 스퍼터링 공정을 세라믹 타겟에 대한 스퍼터링 공정에 비해 보다 짧은 시간 동안 실시함으로써, 박막 내 금속 함량이 극소량으로 감소되고 균일(homogenous)한 조성을 가지는 서멧 박막을 제조할 수 있다.

[0023] 나아가, 상기 본 발명에 따른 교차 스퍼터링 방법에 따라 저진공 분위기에서 회전하는 다공성 기판 상에 형성되는 서멧 박막은 다공성 주상 구조(columnar structure)를 가져 기체 연료의 출입이 용이하고 보다 많은 반응 면적을 제공해 높은 촉매 활성을 얻을 수 있기 때문에 고체산화물 연료전지의 전극 및 촉매층 소재로 매우 유용하게 활용될 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0024] 도 1은 본 발명에 따른 교차 스퍼터링 방법을 이용한 금속-세라믹 복합재료 박막의 제조방법의 일례에 따른 공정을 모식적으로 나타낸 도면이다.

도 2는 본원 실시예에서 제조한 서멧 박막의 단면 FESEM 이미지이다.

도 3은 본원 실시예에서 제조한 서멧 박막에 대한 TEM-EDS 분석 결과이다.

도 4는 본원 실시예에서 제조한 서멧 박막 표면 및 단면의 FESEM 이미지이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0025] 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.

[0026] 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 실시 예를 특정한 개시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다.

[0027] 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.

[0028] 이하, 실시예를 들어 본 발명에 대해 보다 상세하게 설명하기로 한다.

[0029] 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.

[0030] <실시예>

[0031] 먼저, Ru 금속 타겟과 GDC 세라믹 타겟을 스퍼터링 시스템의 건에 각각 고정하고 9×10^{-5} mTorr까지 베이스 진공을 잡아준 후, 아르곤과 산소의 80대 20 혼합 가스를 흘려주면서 90 mTorr의 증착 환경을 만들어졌다.

[0032] 이후 도 1에 도시한 바와 같이 GDC 타겟에 100W의 전력을 인가하여 30분간 스퍼터링 하고 이어서 Ru 타겟에 100W의 전력을 인가하여 5초간 스퍼터링 하는 교차 스퍼터링 과정을 13회 연속적으로 실시해 평균 기공 크기 80 nm의 나노 다공성 양극 알루미늄 산화물(anodic aluminum oxide, AAO) 기판 상에 약 150nm 두께의 박막 서멧(Ru-GDC) 박막을 증착시켰다.

[0033] 이때, 상기 실험의 셋업 상 각 타겟의 증착물은 Ru의 경우 분당 15nm, GDC는 분당 1.2nm 수준이며 타겟과 증착 기판 간의 거리는 약 15cm이고, 균일한 증착을 위해 스퍼터링 공정을 실시하는 동안 AAO 기판을 약 8.3 rpm으로

회전시켰다.

[0034] 증착된 서멧(Ru-GDC) 박막 샘플의 구조 및 조성 분석을 위해 XPS 정량 비율 분석 및 샘플 단면 FESEM, TEM-EDS 등이 분석법을 시행하였으며, 그 결과는 도 2 내지 도 4와 아래 표 1에 나타났다.

[0035] 도 2는 본 실시예에서 제조한 박막의 단면 FESEM 이미지로서, 도 2를 참조하면 서멧 물질이 나노 다공성을 갖는 기판 위에 고르게 증착된 모습을 확인할 수 있다.

[0036] 아래 표 1에 박막에 대한 XPS 정량 분석 결과로서 박막을 구성하는 원소별 비율을 원자별 조성 및 부피비로 나타냈다.

[0037] <표 1>

Sample Number	Atomic Conc. (at. %)				Volume Ratio	Volume fraction (vol. %)
	Ru	Gd	Ce	O	V_{Ru}/V_{GDC}	V_{Ru}/V_{Ru+GDC}
1	2.03	1.07	17.81	58.95	0.013	1.3

[0038]

[0039] 도 3은 박막에 대한 TEM-EDS 분석 결과로서, 도 3을 참조하면 본 실시예에서 제조한 Ru-GDC 서멧은 나노 스케일 다공성 주상 구조를 가지며, Ru, Gd, Ce, O에 해당하는 원소들이 고르게 분포되어 있는 것을 확인할 수 있다.

[0040] 도 4는 박막 표면 및 단면의 FESEM 이미지로서, 도 4에 따르면 650℃에서 50시간 동안 환원 분위기에서 소결시킨 전/후의 표면 및 단면 사진으로 소결 후에도 촉매 구조의 손상이 거의 없이 나노 주상구조를 유지하는 것을 알 수 있다.

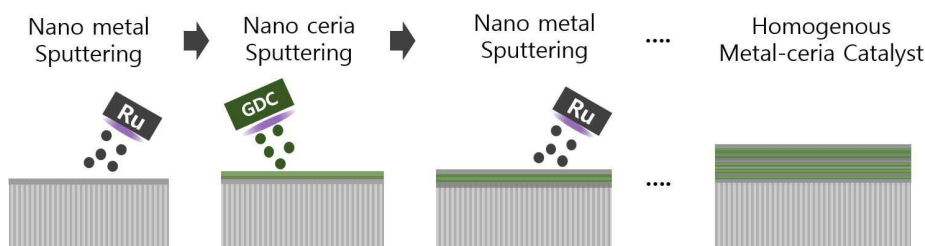
[0041] 상기 실시예에서 확인된 바와 같이, 본 발명에 따른 교차 스퍼터링 방법을 이용해 서멧 박막을 제조하면 종래의 공동 스퍼터링 방법 등으로 제작하였을 때 발생하는 높은 금속 비율(10 부피% 이상)에 비해 3 부피% 이하의 낮은 금속 조성 비율을 갖는 박막을 증착함으로써 값비싼 귀금속의 사용을 최소화할 수 있다.

[0042] 또한, 교차적으로 스퍼터링 공정을 실시하였음에도 금속과 세라믹 물질이 따로 구분되는 층 구조를 이루지 않고, 박막 전체에 걸쳐 금속과 세라믹이 균일한 조성과 분포를 갖는 다공성 주상 구조를 갖는 복합재료 박막을 제작할 수 있으며, 그로 인해 다공성 주상 구조 표면에 고르게 분포된 나노 수준의 금속 촉매 입자들로부터 높은 촉매 활성을 얻을 수 있음은 물론, 고온(400~800℃)에서 작동되는 고체산화물 연료전지 전극 물질로서 서멧의 구조적 안정성도 증진된다.

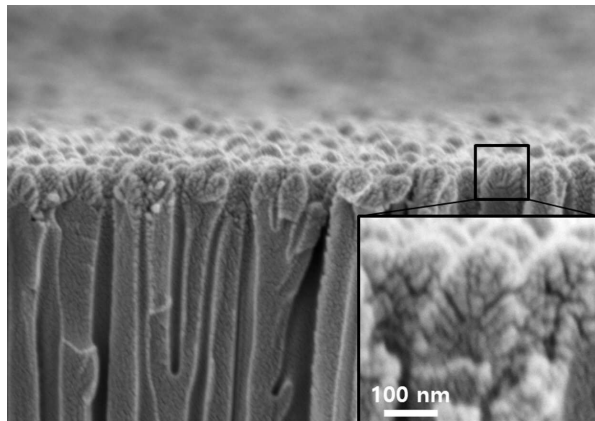
[0043] 본 발명은 상기 실시예들에 한정되는 것이 아니라 서로 다른 다양한 형태로 제조될 수 있으며, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자는 본 발명의 기술적 사상이나 필수적인 특징을 변경하지 않고서 다른 구체적인 형태로 실시될 수 있다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로 이상에서 기술한 실시예들은 모든 면에서 예시적인 것이며 한정적이 아닌 것으로 이해해야만 한다.

도면

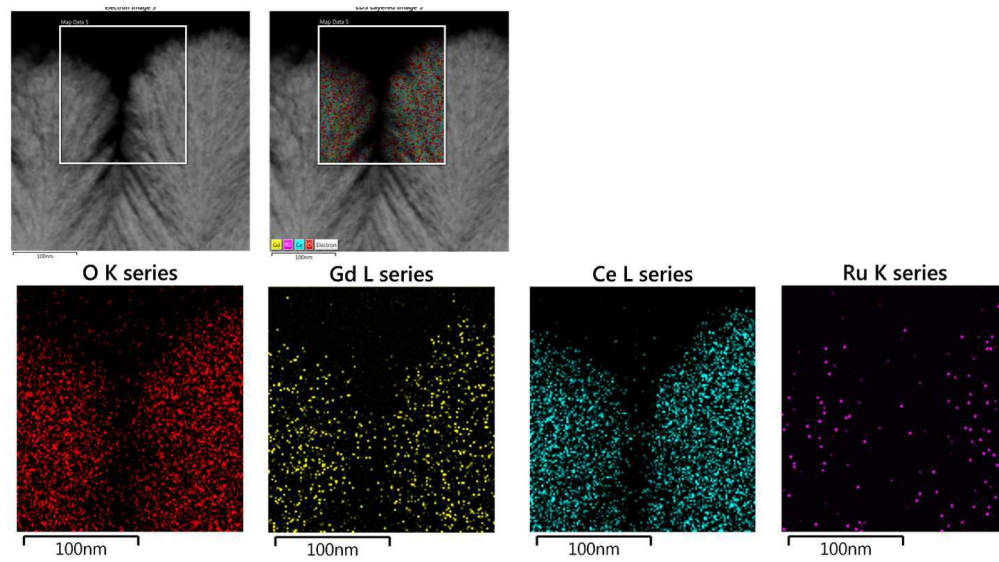
도면1



도면2



도면3



도면4

