(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2021-0126948
(43) 공개일자 2021년10월21일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C23C 24/04 (2006.01) *B01J 37/02* (2006.01)
C25B 1/04 (2021.01) *C25B 11/04* (2021.01)
B82Y 40/00 (2017.01)
(52) CPC특허분류
C23C 24/04 (2013.01)
B01J 37/0215 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2020-0044677
(22) 출원일자 2020년04월13일
심사청구일자 2020년04월13일

(71) 출원인
울산대학교 산학협력단
울산광역시 남구 대학로 93(무거동)
(72) 발명자
천두만
부산광역시 해운대구 달맞이길 239-11, 106동 703호(중동, 달맞이우성빌라트)
아흐메드 갈랄 압델레힘 라슈완
울산광역시 남구 대학로 93 (무거동) 2호관 104호
모하네드 모하메드 마흐무드 모하메드
울산광역시 남구 대학로 93 (무거동) 2호관 104호
(74) 대리인
특허법인태백

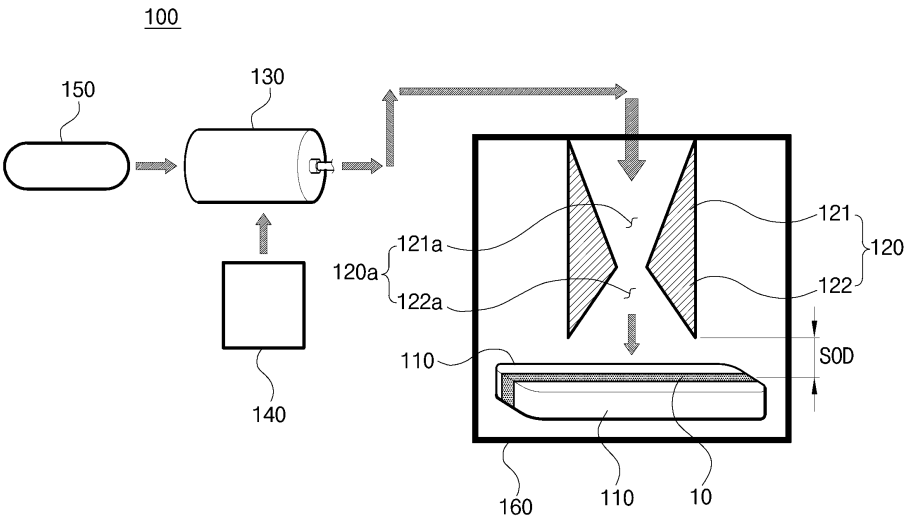
전체 청구항 수 : 총 24 항

(54) 발명의 명칭 **물 분해용 촉매 제조장치 및 이를 이용한 물 분해용 촉매 제조방법**

(57) 요 약

본 발명은, 마이크로미터 스케일의 분말을 기판에 분사하여, 나노미터 스케일의 복합재를 함유한 물 분해용 촉매를 제조하는 장치에 있어서, 상기 기판이 설치되는 고정부; 및 전이금속의 산화물 또는 수산화물과, 그라파이트(Graphite)가 혼합된 분말을 상기 기판으로 분사하는 분사부를 포함하는 물 분해용 촉매 제조장치 및 이를 이용한 물 분해용 촉매 제조방법을 제공한다.

대 표 도 - 도1



(52) CPC특허분류
C25B 1/04 (2021.01)
C25B 11/073 (2021.01)
B82Y 40/00 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 1711089959
과제번호 2018R1A2B6004012
부처명 과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명 한국연구재단
연구사업명 개인기초연구
연구과제명 레이저 가공 기반의 내구성을 가지는 초소수성 금속 및 세라믹 표면 제작을 위한 하이브리드 공정 개발 및 응용
기 여 율 7/10
과제수행기관명 울산대학교
연구기간 2019.03.01 ~ 2020.02.29
이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 1415166355
과제번호 P0002068
부처명 산업통상자원부
과제관리(전문)기관명 한국산업기술진흥원
연구사업명 지역혁신클러스터육성
연구과제명 전지·ESS 기반 에너지산업 혁신생태계 구축사업
기 여 율 3/10
과제수행기관명 (재)울산테크노파크
연구기간 2020.04.01 ~ 2020.12.31

명 세 서

청구범위

청구항 1

마이크로미터 스케일의 분말을 기판에 분사하여, 나노미터 스케일의 복합재를 함유한 물 분해용 촉매를 제조하는 장치에 있어서,

상기 기판이 설치되는 고정부; 및

전이금속의 산화물 또는 수산화물과, 그라파이트(Graphite)가 혼합된 분말을 상기 기판으로 분사하는 분사부를 포함하는 물 분해용 촉매 제조장치.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

분말을 교반하여 상기 분사부로 공급하는 교반부와,

상기 교반부로 분말을 공급하는 공급부와,

상기 교반부로 압축공기를 공급하여, 상기 교반부로부터 토출되는 분말을 상기 분사부 측으로 가압하는 가압부를 더 포함하는 물 분해용 촉매 제조장치.

청구항 3

청구항 1에 있어서,

상기 분사부와 고정부를 내부에 수용하며, 내부를 외부로부터 밀폐시키는 챔버부를 더 포함하는 물 분해용 촉매 제조장치.

청구항 4

청구항 1에 있어서,

상기 분사부는, 일 측으로 공급받은 분말을 타 측에 배치된 상기 기판으로 분사하며, 일 측에서 타 측으로 갈수록 내부 공간의 크기가 감소하다가 증가하는 형상으로 형성된 물 분해용 촉매 제조장치.

청구항 5

청구항 4에 있어서,

상기 분사부는,

일 측으로 분말을 공급받으며, 일 측에서 타 측으로 갈수록 폭이 감소하는 제1내부공간이 형성된 제1분사부와,

상기 제1분사부의 타 측에 설치되며, 일 측에서 타 측으로 갈수록 폭이 증가하는 제2내부공간이 형성된 제2분사부를 포함하는 물 분해용 촉매 제조장치.

청구항 6

청구항 1에 있어서,

상기 분사부는, 상측으로 분말을 공급받으며,

상기 고정부는, 상기 분사부의 하측에 배치되는 물 분해용 촉매 제조장치.

청구항 7

청구항 1에 있어서,

상기 고정부는, 상기 분사부에서 분말이 토출되는 방향에 대해 수직인 방향으로 서로 이격 배치되는 한 쌍으로

구비되며, 상기 기판을 사이에 두고 감싸도록 배치되는 물 분해용 촉매 제조장치.

청구항 8

청구항 1에 있어서,

상기 전이금속은, 니켈, 코발트, 망간, 철, 구리 중에서 선택된 것인 물 분해용 촉매 제조장치.

청구항 9

청구항 1에 있어서,

상기 분말은, 수산화니켈($Ni(OH)_2$)과 그라파이트의 혼합물이며, 수산화니켈($Ni(OH)_2$)의 함량은 전체 중량 대비 10 내지 30wt% 또는 70 내지 90wt%인 물 분해용 촉매 제조장치.

청구항 10

청구항 1에 있어서,

상기 분말은, 사산화코발트(Co_3O_4)와 그라파이트의 혼합물이며, 사산화코발트(Co_3O_4)의 함량은 전체 중량 대비 15 내지 35wt% 또는 40 내지 60wt%인 물 분해용 촉매 제조장치.

청구항 11

청구항 1에 있어서,

상기 기판은, 도전체 소재로 형성되며, 다공성(Porous) 구조로 형성된 물 분해용 촉매 제조장치.

청구항 12

청구항 11에 있어서,

상기 도전체는, 니켈인 물 분해용 촉매 제조장치.

청구항 13

마이크로미터 스케일의 분말을 기판에 분사하여, 나노미터 스케일의 복합재를 함유한 물 분해용 촉매를 제조하는 방법에 있어서,

(A) 전이금속의 산화물 또는 수산화물과, 그라파이트(Graphite)를 혼합하여 분말을 준비하는 단계; 및

(B) 상기 기판으로 분말을 분사하는 단계를 포함하는 물 분해용 촉매 제조방법.

청구항 14

청구항 13에 있어서,

상기 B 단계는, 압축공기로 분말을 가압하여 상기 기판으로 분사함에 따라, 마이크로미터 스케일의 분말을 나노미터 스케일로 변환시키는 물 분해용 촉매 제조방법.

청구항 15

청구항 13에 있어서,

상기 B 단계는, 상기 기판을 챔버부에 수용하여 외부로부터 밀폐시킨 상태에서, 분말을 상기 기판으로 분사하는 물 분해용 촉매 제조방법.

청구항 16

청구항 13에 있어서,

상기 A 단계는, 일 측에서 타 측으로 갈수록 내부공간의 폭이 감소하다가 증가하는 형상으로 형성된 분사부를 준비하며,

상기 B 단계는, 상기 분사부의 일 측으로 분말을 공급한 후, 상기 분사부를 이용하여 상기 분사부의 타 측에 배치된 상기 기판으로 분말을 분사하는 물 분해용 촉매 제조방법.

청구항 17

청구항 16에 있어서,

상기 분사부는,

일 측으로 분말을 공급받으며, 일 측에서 타 측으로 갈수록 폭이 감소하는 제1내부공간이 형성된 제1분사부와,

상기 제1분사부의 타 측에 설치되며, 일 측에서 타 측으로 갈수록 폭이 증가하는 제2내부공간이 형성된 제2분사부를 포함하며,

상기 B 단계는, 상기 분사부를 통과하는 분말을 가속시켜, 상기 기판에 충돌되는 분말을 나노미터 스케일의 복합재로 변환시키는 물 분해용 촉매 제조방법.

청구항 18

청구항 13에 있어서,

상기 B 단계는, 상기 기판의 상측에 분사부를 배치시킨 후, 상기 분사부의 하측으로 분말을 분사하는 물 분해용 촉매 제조방법.

청구항 19

청구항 13에 있어서,

상기 B 단계는, 한 쌍의 고정부의 사이에 기판을 배치시킨 후, 상기 기판으로 분말을 분사하는 물 분해용 촉매 제조방법.

청구항 20

청구항 13에 있어서,

상기 전이금속은, 니켈, 코발트, 망간, 철, 구리 중에서 선택된 것인 물 분해용 촉매 제조방법.

청구항 21

청구항 13에 있어서,

상기 분말은, 수산화니켈($Ni(OH)_2$)과 그라파이트의 혼합물이며, 수산화니켈($Ni(OH)_2$)의 함량은 전체 중량 대비 10 내지 30wt% 또는 70 내지 90wt%인 물 분해용 촉매 제조방법.

청구항 22

청구항 13에 있어서,

상기 분말은, 사산화코발트(Co_3O_4)와 그라파이트의 혼합물이며, 사산화코발트(Co_3O_4)의 함량은 전체 중량 대비 15 내지 35wt% 또는 40 내지 60wt%인 물 분해용 촉매 제조방법.

청구항 23

청구항 13에 있어서,

상기 기판은, 도전체 소재로 형성되며, 다공성(Porous) 구조로 형성된 물 분해용 촉매 제조방법.

청구항 24

청구항 23에 있어서,

상기 도전체는, 니켈인 물 분해용 촉매 제조방법.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 물 분해용 촉매 제조장치 및 이를 이용한 물 분해용 촉매 제조방법에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는, 물 분해를 위한 촉매를 제조하는 장치 및 이를 이용한 물 분해용 촉매의 제조방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 일반적으로, 촉매란, 자신은 변화하지 않으면서 다른 물질의 화학 반응을 매개하여 반응속도를 빠르게 하거나 늦추는 화학물질을 의미한다. 촉매는 산화-환원 반응을 매개하기도 하는데, 이를 위해 전이 금속이 촉매로 사용되기도 한다.

[0003] 한편, 그래핀(Graphene)이란, 탄소 원자가 sp2 혼성오비탈의 형태로 결합되어 벌집모양의 격자 형태를 나타내는 소재를 의미한다. 흑연(Graphite)은 이러한 그래핀이 복수개가 적층되어 형성된 소재라고 할 수 있다. 이러한 그래핀은, 나노미터 스케일로 형성되며, 전기전도도가 우수하고 단면적이 넓다는 특징이 있다.

[0004] 종래의 촉매 제조방법에 의하면, 그래핀과 같은 나노 소재 혹은 나노 구조체를 이용하여 촉매를 제조한다. 이때, 종래의 촉매 제조방법에 의하면, 제조 공정 중에 나노미터 스케일의 소재를 직접 다루어야 하므로, 촉매를 제조하는 데 있어서 시간과 비용이 과다하게 소요됨은 물론, 촉매의 수율이 다소 낮게 유지되는 문제가 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 본 발명은 상기와 같은 문제점을 해결하기 위해 창출된 것으로서, 보다 용이하게 촉매를 제조할 수 있으며, 촉매의 수율을 향상시킬 수 있는 물 분해용 촉매 제조장치 및 이를 이용한 물 분해용 촉매 제조방법을 제공하는 데 목적이 있다.

과제의 해결 수단

[0006] 본 발명은, 마이크로미터 스케일의 분말을 기판에 분사하여, 나노미터 스케일의 복합재를 함유한 물 분해용 촉매를 제조하는 장치에 있어서, 상기 기판이 설치되는 고정부; 및 전이금속의 산화물 또는 수산화물과, 그라파이트(Graphite)가 혼합된 분말을 상기 기판으로 분사하는 분사부를 포함하는 물 분해용 촉매 제조장치를 제공한다.

[0007] 본 발명에 따른 물 분해용 촉매 제조장치는, 분말을 교반하여 상기 분사부로 공급하는 교반부와, 상기 교반부로 분말을 공급하는 공급부와, 상기 교반부로 압축공기를 공급하여, 상기 교반부로부터 토출되는 분말을 상기 분사부 측으로 가압하는 가압부를 더 포함한다.

[0008] 본 발명에 따른 물 분해용 촉매 제조장치는, 상기 분사부와 고정부를 내부에 수용하며, 내부를 외부로부터 밀폐시키는 챔버부를 더 포함한다.

[0009] 상기 분사부는, 일 측으로 공급받은 분말을 타 측에 배치된 상기 기판으로 분사하며, 일 측에서 타 측으로 갈수록 내부 공간의 크기가 감소하다가 증가하는 형상으로 형성된다.

[0010] 상기 분사부는, 일 측으로 분말을 공급받으며, 일 측에서 타 측으로 갈수록 폭이 감소하는 제1내부공간이 형성된 제1분사부와,상기 제1분사부의 타 측에 설치 되며, 일 측에서 타 측으로 갈수록 폭이 증가하는 제2내부공간이 형성된 제2분사부를 포함한다.

[0011] 상기 분사부는, 상측으로 분말을 공급받으며, 상기 고정부는, 상기 분사부의 하측에 배치된다.

[0012] 상기 고정부는, 상기 분사부에서 분말이 토출되는 방향에 대해 수직인 방향으로 서로 이격 배치되는 한 쌍으로 구비되며, 상기 기판을 사이에 두고 감싸도록 배치된다.

[0013] 상기 전이금속은, 니켈, 코발트, 망간, 철, 구리 중에서 선택된 것일 수 있다.

[0014] 상기 분말은, 수산화니켈($Ni(OH)_2$)과 그라파이트의 혼합물이며, 수산화니켈($Ni(OH)_2$)의 함량은 전체 중량 대비

10 내지 30wt% 또는 70 내지 90wt%일 수 있다.

[0015] 상기 분말은, 사산화코발트(Co_3O_4)와 그라파이트의 혼합물이며, 사산화코발트(Co_3O_4)의 함량은 전체 중량 대비 15 내지 35wt% 또는 40 내지 60wt%일 수 있다.

[0016] 상기 기판은, 도전체 소재로 형성되며, 다공성(Porous) 구조로 형성될 수 있다.

[0017] 상기 도전체는, 니켈일 수 있다.

[0018] 또한, 본 발명은, 마이크로미터 스케일의 분말을 기판에 분사하여, 나노미터 스케일의 복합재를 함유한 물 분해용 촉매를 제조하는 방법에 있어서, (A) 전이금속의 산화물 또는 수산화물과, 그라파이트(Graphite)를 혼합하여 분말을 준비하는 단계; 및 (B) 상기 기판으로 분말을 분사하는 단계를 포함하는 물 분해용 촉매 제조방법을 제공한다.

[0019] 상기 B 단계는, 압축공기로 분말을 가압하여 상기 기판으로 분사함에 따라, 마이크로미터 스케일의 분말을 나노미터 스케일로 변환시킨다.

[0020] 상기 B 단계는, 상기 기판을 챔버부에 수용하여 외부로부터 밀폐시킨 상태에서, 분말을 상기 기판으로 분사한다.

[0021] 상기 A 단계는, 일 측에서 타 측으로 갈수록 내부공간의 폭이 감소하다가 증가하는 형상으로 형성된 분사부를 준비하며, 상기 B 단계는, 상기 분사부의 일 측으로 분말을 공급한 후, 상기 분사부를 이용하여 상기 분사부의 타 측에 배치된 상기 기판으로 분말을 분사한다.

[0022] 상기 분사부는, 일 측으로 분말을 공급받으며, 일 측에서 타 측으로 갈수록 폭이 감소하는 제1내부공간이 형성된 제1분사부와, 상기 제1분사부의 타 측에 설치되며, 일 측에서 타 측으로 갈수록 폭이 증가하는 제2내부공간이 형성된 제2분사부를 포함하며, 상기 B 단계는, 상기 분사부를 통과하는 분말을 가속시켜, 상기 기판에 충돌되는 분말을 나노미터 스케일의 복합재로 변환시킨다.

[0023] 상기 B 단계는, 상기 기판의 상측에 분사부를 배치시킨 후, 상기 분사부의 하측으로 분말을 분사한다.

[0024] 상기 B 단계는, 한 쌍의 고정부의 사이에 기판을 배치시킨 후, 상기 기판으로 분말을 분사한다.

[0025] 상기 전이금속은, 니켈, 코발트, 망간, 철, 구리 중에서 선택된 것일 수 있다.

[0026] 상기 분말은, 수산화니켈($Ni(OH)_2$)과 그라파이트의 혼합물이며, 수산화니켈($Ni(OH)_2$)의 함량은 전체 중량 대비 10 내지 30wt% 또는 70 내지 90wt%일 수 있다.

[0027] 상기 분말은, 사산화코발트(Co_3O_4)와 그라파이트의 혼합물이며, 사산화코발트(Co_3O_4)의 함량은 전체 중량 대비 15 내지 35wt% 또는 40 내지 60wt%일 수 있다.

[0028] 상기 기판은, 도전체 소재로 형성되며, 다공성(Porous) 구조로 형성될 수 있다.

[0029] 상기 도전체는, 니켈일 수 있다.

발명의 효과

[0030] 본 발명에 따른 물 분해용 촉매 제조장치 및 이를 이용한 물 분해용 촉매 제조방법에 의하면, 전이금속의 산화물 또는 수산화물로 이루어진 제1분말과, 그라파이트(Graphite)로 이루어진 제2분말을 혼합하여 제조되는 분말을 기판에 분사함으로써, 물 분해 특성이 우수한 촉매를 제조할 수 있다.

[0031] 또한, 본 발명에 따른 물 분해용 촉매 제조장치 및 이를 이용한 물 분해용 촉매 제조방법에 의하면, 기판으로 분말을 분사하는 분사부가 일 측에서 타 측으로 갈수록 내부 공간의 크기가 감소하다가 증가하는 형상으로 형성됨으로써, 분사부의 내부 공간을 통과하는 유체의 압력변화에 기초하여 분말을 가속하고, 이를 통해 기판의 표면에 분말을 충돌시켜, 마이크로미터 스케일의 분말을 나노미터 스케일의 복합재로 형성시킬 수 있다. 따라서 본 발명에 의하면, 상대적으로 저렴하고 다루기 쉬운 마이크로미터 스케일의 분말을 이용하여, 나노미터 스케일의 복합재가 함유된 촉매를 제조할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0032] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 물 분해용 촉매 제조장치를 나타낸 도면이다.

도 2는 도 1에 나타낸 물 분해용 촉매 제조장치를 이용한 물 분해용 촉매의 제조방법을 나타낸 흐름도이다.

도 3 내지 도 6은 라만 스펙트럼에 따른 분석결과를 나타낸 것으로서, 도 3은 그래핀, 도 4는 수산화니켈($Ni(OH)_2$), 도 5는 본 발명에 의해 제조된 촉매가 수산화니켈($Ni(OH)_2$)을 20%의 질량비로 함유한 경우, 도 6은 본 발명에 의해 제조된 촉매가 수산화니켈($Ni(OH)_2$)을 80%의 질량비로 함유한 경우에 대한 것이다.

도 7 내지 도 11은 SEM(Scanning electron microscope) 이미지 및 EDS(Energy Dispersive X-ray Spectrometer) 스펙트럼을 나타낸 것으로서, 도 7은 니켈 기판, 도 8은 그래핀, 도 9는 본 발명에 의해 제조된 촉매가 수산화니켈($Ni(OH)_2$)을 20%의 질량비로 함유한 경우, 도 10은 본 발명에 의해 제조된 촉매가 수산화니켈($Ni(OH)_2$)을 80%의 질량비로 함유한 경우, 도 11은 수산화니켈($Ni(OH)_2$)에 대한 것이다.

도 12는 본 발명에 따른 물 분해용 촉매 제조장치에 의해 제조된 촉매의 물 분해 특성을 나타낸 것으로서, 제1분말이 수산화니켈($Ni(OH)_2$)일 때 수산화니켈($Ni(OH)_2$)의 다양한 성분비에서의 촉매의 OER(Oxygen evolution reaction)과 HER(Hydrogen evolution reaction) 특성을 나타낸 도면이다.

도 13은 본 발명에 따른 물 분해용 촉매 제조장치에 의해 제조된 촉매의 물 분해 특성을 나타낸 것으로서, 제1분말이 사산화코발트(Co_3O_4)일 때 사산화코발트(Co_3O_4)의 다양한 성분비에서의 촉매의 OER(Oxygen evolution reaction)과 HER(Hydrogen evolution reaction) 특성을 나타낸 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0033] 본 발명은 도면에 도시된 실시예를 참고로 설명되었으나 이는 예시적인 것에 불과하며, 본 기술 분야의 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 다른 실시예가 가능하다는 점을 이해할 것이다. 따라서 본 발명의 진정한 기술적 보호 범위는 첨부된 청구범위의 기술적 사상에 의하여 정해져야 할 것이다.

[0034] 도 1을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 물 분해용 촉매 제조장치(100)는, 마이크로미터 스케일의 분말을 기판(10)에 분사하여, 기판(10) 상에서 나노미터 스케일의 복합체를 형성하고, 이를 통해 나노미터 스케일의 복합재를 함유한 촉매를 제조하는 장치에 관한 것이다.

[0035] 상기 분말은, 전이금속(Transition metal)의 산화물(Oxide) 또는 수산화물(hydroxide)로 이루어진 제1분말과, 그라파이트(Graphite; 또는 흑연)로 이루어진 제2분말의 혼합물이다. 이때, 상기 전이금속은, 니켈(Ni; Nickel), 코발트(Co; Cobalt), 망간(Mn; Manganese), 철(Fe; Iron), 구리(Cu; Copper) 중에서 선택된 어느 하나 혹은 두 개 이상의 것일 수 있다. 도 3 내지 도 12에 도시된 결과는, 상기 제1분말이 수산화니켈($Ni(OH)_2$)인 것을 예로 들었으나, 반드시 이에 한정되는 것은 아니다.

[0036] 상기 기판(10)은, 도전체 소재로 형성되며, 다공성(Porous) 구조로 형성될 수 있다. 이때, 상기 도전체는, 니켈일 수 있다.

[0037] 본 발명에 따른 물 분해용 촉매 제조장치(100)에 의해 상기 분말이 기판(10)으로 분사되는 경우, 상기 분말 중 제1분말은 마이크로미터 스케일에서 나노미터 스케일로 쪼개지게 되며, 마이크로미터 스케일의 상기 제2분말은 나노미터 스케일의 그래핀(Graphene)으로 쪼개지게 된다. 그래핀은 전기전도도가 우수하고 단면적이 넓다는 특징이 있다.

[0038] 또한, 상기 기판(10)이 다공질(Porous) 구조로 형성됨으로써, 상기 기판(10)의 표면적은 보다 넓어지게 되며, 상기 기판(10)으로 분사되어 상기 기판(10)의 표면에 코팅되는 그래핀 박막은 보다 넓은 면적에 대하여 형성된다.

[0039] 따라서 본 발명에 따른 물 분해용 촉매 제조장치(100)에 의하면, 전기화학적 특성이 우수한 촉매를 보다 저렴하고 다루기 쉬운 마이크로미터 스케일의 분말을 이용하여 제조할 수 있게 된다.

[0040] 도 1을 참조하면, 본 발명에 따른 물 분해용 촉매 제조장치(100)는, 고정부(110), 분사부(120), 교반부(130), 공급부(140), 가압부(150) 및 챔버부(160)를 포함한다.

[0041] 상기 고정부(110)는, 상기 기판(10)이 설치된다. 이때, 상기 고정부(110)는, 서로 이격 배치된 한 쌍으로 구비

될 수 있다. 이 경우, 상기 고정부(110)는, 상기 기판(10)을 사이에 두고 감싸도록 배치된다.

[0042] 상기 분사부(120)는, 일 측으로 분말을 공급받으며, 타 측에 배치된 상기 기판(10)으로 분말을 분사한다.

[0043] 상기 분사부(120)는, 일 측에서 타 측으로 갈수록 내부공간(120a)의 크기가 감소하다가 증가하는 형상으로 형성된다. 더욱 상세하게는, 상기 분사부(120)는, 제1분사부(121)와 제2분사부(122)를 포함한다. 상기 제1분사부(121)는, 상기 교반부(130)로부터 분말을 공급받으며, 일 측에서 타 측으로 갈수록 폭이 감소하는 제1내부공간(121a)이 형성된다. 상기 제2분사부(122)는, 상기 분사부(120)의 타 측에 설치되며, 일 측에서 타 측으로 갈수록 폭이 증가하는 제2내부공간(122a)이 형성된 제2분사부(122)를 포함한다.

[0044] 상기 교반부(130)는, 상기 분사부(120)의 일 측으로 분말을 공급한다. 이때, 상기 교반부(130)는, 공급받은 분말을 교반시켜 상기 분사부(120)로 공급한다.

[0045] 상기 공급부(140)는, 상기 교반부(130)로 분말을 공급한다. 이때, 상기 공급부(140)는, 실린더(미도시)와, 상기 실린더와 축을 공유하는 회전 브러시(미도시)를 포함할 수 있다.

[0046] 상기 가압부(150)는, 외부로부터 공기를 흡입하여 압축시킨 후, 압축공기를 상기 교반부(130)로 공급한다. 그리고 상기 가압부(150)는, 상기 공급부(140)로부터 상기 교반부(130)로 공급되는 분말을, 상기 분사부(120) 측으로 가압한다.

[0047] 상기 챔버부(160)는, 상기 분사부(120)와 고정부(110)를 내부에 수용한다. 그리고 상기 챔버부(160)는, 내부를 외부로부터 밀폐시켜, 상기 분사부(120)와 고정부(110)로 외부의 이물질이 공급되는 것을 차단한다.

[0048] 한편, 도 1을 기준으로, 상술한 일 측은 상측이 될 수 있고, 타 측은 하측이 될 수 있다. 이 경우, 상기 교반부(130)는 분말을 상기 분사부(120)의 상측으로 공급하며, 상기 고정부(130)는 상기 분사부(120)의 하측에 배치될 수 있다. 그리고 상기 한 쌍의 고정부(110)는, 상기 분사부(120)에서 분말이 토출되는 방향에 대해 수직인 방향, 즉 수평방향으로 서로 이격되도록 배치될 수 있다.

[0049] 또한, 상기 고정부(110) 및 기판(10)은, 상기 분사부(120)의 타 측으로부터 SOD(Standoff distance)만큼 이격되도록 배치될 수 있다.

[0050] 이하부터는, 도 2를 참조하여 상술한 물 분해용 촉매 제조장치(100)를 이용한 물 분해용 촉매의 제조방법에 대해 설명하도록 한다.

[0051] 우선, 상기 공급부(140)는 상기 교반부(130)로 분말을 공급한다(S1). 이때, 상기 가압부(150)는, 압축공기를 상기 교반부(130)로 공급하여, 상기 교반부(130)로 공급되는 분말을 상기 분사부(120) 측으로 고압으로 공급하게 된다.

[0052] 상기 분사부(120)의 일 측으로 공급된 분말은, 상기 가압부(150)의 고압의 압축공기에 의해 타 측으로 가압되어 이동한다(S2). 이때, 상기 분사부(120)는, 일 측에서 타 측으로 갈수록 폭이 점점 감소하는 제1내부공간(121a)과, 일 측에서 타 측으로 갈수록 폭이 점점 증가하는 제2내부공간(122a)이 형성되어 있으므로, 상기 분사부(120)의 일 측으로 공급된 분말은, 상기 제1내부공간(121a)과 제2내부공간(122a)을 차례로 통과하면서, 상기 제1내부공간(121a)과 제2내부공간(122a)을 통과하는 압축공기의 압력변화에 의해 점점 가속된다(S3).

[0053] 즉, 상기 분사부(120)의 일 측으로 공급된 분말은, 상기 제1내부공간(121a)과 제2내부공간(122a)을 차례로 통과하면서, 상기 제1내부공간(121a)과 제2내부공간(122a)을 통과하는 압축공기의 압력 변화에 의해 점점 운동에너지(Kinetic energy)가 상승하게 된다. 이와 같이 매우 높은 운동에너지를 나타내는 분말이 상기 분사부(120)의 타 측으로 토출되면서 상기 기판(10)에 충돌하게 되고, 기판(10)에 충돌한 분말은 기판(10)에 국부적으로 고압 고온을 발생시키게 된다.

[0054] 이 경우, 분말이 상기 분사부(120)로부터 토출되어 상기 기판(10)에 강한 운동에너지로 충돌함에 따라, 제1분말은 나노스케일로 쪼개지며, 제2분말은 그래핀으로 변하게 된다(S4). 그리고 이와 같이 나노스케일로 변한 제1분말과 그래핀은, 상기 기판(10)상에 코팅되어 상기 기판(10) 상에서 나노미터 스케일의 복합체를 이루게 된다. 이때, 상기 기판(10)에 충돌한 분말이 기판(10)에 국부적으로 고압 고온을 발생시킴에 따라, 기판(10) 상에서 생성된 나노미터 스케일의 복합체는, 상온에서의 별다른 열처리 없이, 기판(10)에 보다 우수한 결합력으로 결합하게 된다. 이에 따라 본 발명에 따른 물 분해용 촉매 제조장치(100)는, 나노미터 스케일의 복합체를 함유한 우수한 전기화학적 성능의 촉매를 제조하게 된다.

[0055] 도 3 내지 도 6은 라만 스펙트럼에 따른 분석결과를 나타낸 것으로서, 도 3은 그래핀, 도 4는 수산화니켈

($Ni(OH)_2$), 도 5는 본 발명에 의해 제조된 촉매가 수산화니켈($Ni(OH)_2$)을 20%의 질량비로 함유한 경우, 도 6은 본 발명에 의해 제조된 촉매가 수산화니켈($Ni(OH)_2$)을 80%의 질량비로 함유한 경우에 대한 것이다.

[0056] 도 5 및 도 6을 참조하면, 본 발명에 따른 물 분해용 촉매 제조장치(100)에 의해 제조된 촉매는, 라만 스펙트럼에 따른 분석결과가, 도 4에 도시된 수산화니켈($Ni(OH)_2$)보다, 도 3에 도시된 그래핀과 더 일치하는 것을 알 수 있다.

[0057] 이와 같이 도 3 내지 도 6을 참조하면, 본 발명에 따른 물 분해용 촉매 제조장치(100)에 의해 기판(10)으로 분사되어 적층되는 분말은, 마이크로미터 스케일에서 나노미터 스케일로 변하게 된다(더욱 상세하게는, 제2분말이 그래핀으로 변하게 된다)는 것을 알 수 있다.

[0058] 도 7 내지 도 11은 SEM(Scanning electron microscope) 이미지 및 EDS(Energy Dispersive X-ray Spectrometer) 스펙트럼을 나타낸 것으로서, 도 7은 니켈 기판, 도 8은 그래핀, 도 9는 본 발명에 의해 제조된 촉매가 수산화니켈($Ni(OH)_2$)을 20%의 질량비로 함유한 경우, 도 10은 본 발명에 의해 제조된 촉매가 수산화니켈($Ni(OH)_2$)을 80%의 질량비로 함유한 경우, 도 11은 수산화니켈($Ni(OH)_2$)에 대한 것이다.

[0059] 이와 같은 도 7 내지 도 11을 참조하면, 본 발명에 따른 물 분해용 촉매 제조장치(100)에 의해 마이크로미터 스케일의 분말이 기판(10)에 적층된 후에는 나노미터 스케일로 작게 만들어진다는 것을 알 수 있으며, 본 발명에 따른 물 분해용 촉매 제조장치(100)에 따라 제조된 촉매는 마이크로미터 스케일이 아닌 나노미터 스케일을 나타내는 것을 알 수 있다.

[0060] 도 12는 본 발명에 따른 물 분해용 촉매 제조장치에 의해 제조된 촉매의 물 분해 특성을 나타낸 것으로서, 제1분말이 수산화니켈($Ni(OH)_2$)일 때 수산화니켈($Ni(OH)_2$)의 다양한 성분비에서의 촉매의 OER(Oxygen evolution reaction)과 HER(Hydrogen evolution reaction) 특성을 나타낸 도면이다.

[0061] 도 12를 참조하면, 본 발명에 따른 물 분해용 촉매 제조장치(100)에 의해 제조된 촉매는, 수산화니켈($Ni(OH)_2$)의 함유량 변화에 따라 촉매의 OER과 HER의 특성이 상대적으로 변화되긴 하나, 전체적으로 수산화니켈의 함량이 20wt%(10~30wt%)일 때 촉매의 OER이 가장 좋게 되고, 수산화니켈의 함량이 80wt%(70~90wt%)일 때 촉매의 HER이 가장 좋게 된다. 즉, 이 경우, OER과 HER에 필요한 오버포텐셜(Over potential)의 절대값이 가장 낮게 나타나고, 테팔 슬로프(Tefal slope)도 상대적으로 낮게 나타나는 것을 확인할 수 있다. 그 이유는 OER의 경우 전하의 이동이 좋은 그라핀 함량이 충분할 때 전기촉매 활성부위 농도의 개선을 가능하게 하기 때문이고, HER의 경우 해당 함량에서 표면 습윤성 개선(소수성 그라핀 함량이 낮을 때) 및 전하 이동 동역학(Charge transfer kinetics) 개선이 되어 효과가 발현되기 때문이다. 이렇듯, 본 발명에 의해 제조된 촉매는, 매우 우수한 전기화학적 특성을 나타내는 것을 알 수 있다.

[0062] 도 13은 본 발명에 따른 물 분해용 촉매 제조장치에 의해 제조된 촉매의 물 분해 특성을 나타낸 것으로서, 제1분말이 사산화코발트(Co_3O_4)일 때 사산화코발트(Co_3O_4)의 다양한 성분비에서의 촉매의 OER(Oxygen evolution reaction)과 HER(Hydrogen evolution reaction) 특성을 나타낸 도면이다.

[0063] 도 13을 참조하면, 상기 제1분말이 수산화니켈($Ni(OH)_2$)이 아닌 사산화코발트(Co_3O_4)인 경우에도, 도 11에서와 마찬가지로 사산화코발트(Co_3O_4)의 함유량 변화에 따라 OER과 HER의 특성이 상대적으로 변화되는 것을 확인할 수 있다. 전체적으로 사산화코발트의 함량이 25wt%(15~35wt%)일 때 촉매의 OER이 가장 좋게 되고, 사산화코발트의 함량이 50wt%(40~60wt%)일 때 촉매의 HER이 가장 좋게 된다. 즉, 이 경우, OER과 HER에 필요한 오버포텐셜(Over potential)의 절대값이 가장 낮게 나타나고, 테팔 슬로프(Tefal slope)도 상대적으로 낮게 나타나는 것을 확인할 수 있다. 그 이유는 OER의 경우 전하의 이동이 좋은 그라핀 함량이 충분할 때 전기촉매 활성부위 농도의 개선을 가능하게 하기 때문이고, HER의 경우 해당 함량에서 사산화코발트의 경우 고 스핀 활성 부위(high spin active site, Co2+)의 농도가 높게 나타나기 때문이다. 이렇듯, 본 발명에 의해 제조된 촉매는, 제1분말이 수산화니켈($Ni(OH)_2$)이 아닌 사산화코발트(Co_3O_4)인 경우에도, 매우 우수한 전기화학적 특성을 나타내는 것을 알 수 있다.

[0064] 이상에서 살펴 본 바와 같이, 본 발명에 따른 물 분해용 촉매 제조장치(100) 및 이를 이용한 물 분해용 촉매 제조방법에 의하면, 전이금속의 산화물 또는 수산화물로 이루어진 제1분말과, 그라파이트(Graphite)로 이루어진

제2분말을 혼합하여 제조되는 분말을 기판(10)에 분사함으로써, 물 분해 특성이 우수한 촉매를 제조할 수 있다.

[0065] 또한, 본 발명에 따른 물 분해용 촉매 제조장치(100) 및 이를 이용한 물 분해용 촉매 제조방법 의하면, 기판(10)으로 분말을 분사하는 분사부(120)가 일 측에서 타 측으로 갈수록 내부 공간(120a)의 크기가 감소하다가 증가하는 형상으로 형성됨으로써, 분사부(120)의 내부 공간(120a)을 통과하는 유체의 압력변화에 기초하여 분말을 가속하고, 이를 통해 기판(10)의 표면에 분말을 충돌시켜, 마이크로미터 스케일의 분말을 나노미터 스케일의 복합재로 형성시킬 수 있다. 따라서 본 발명에 의하면, 상대적으로 저렴하고 다루기 쉬운 마이크로미터 스케일의 분말을 이용하여, 나노미터 스케일의 복합재가 함유된 촉매를 제조할 수 있다.

부호의 설명

[0066] 10 : 기판 100 : 물 분해용 촉매 제조장치

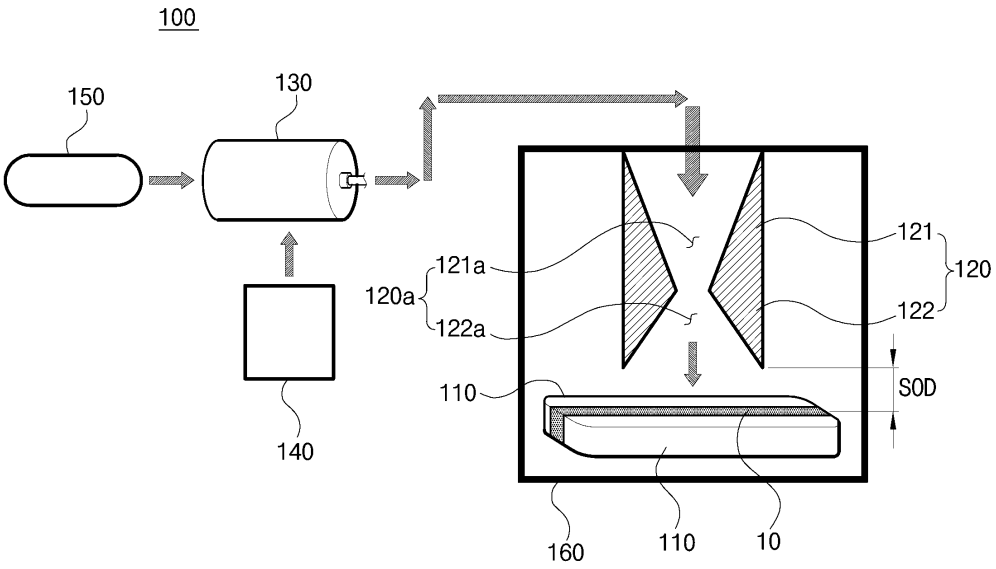
110 : 고정부 120 : 분사부

130 : 교반부 140 : 공급부

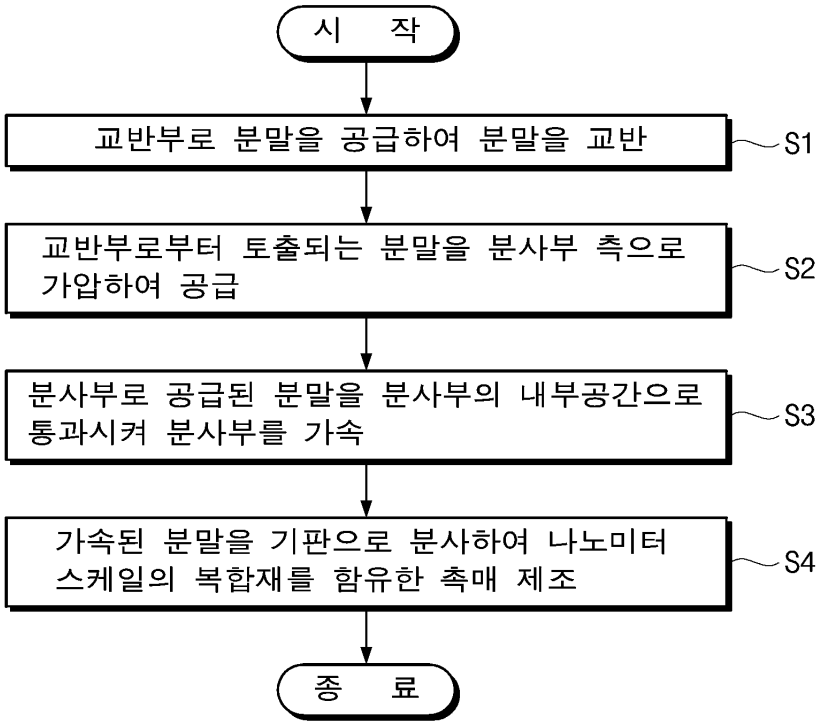
150 : 가압부 160 : 챔버부

도면

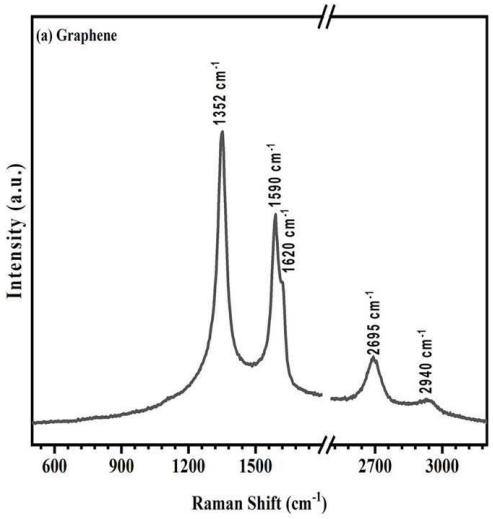
도면1



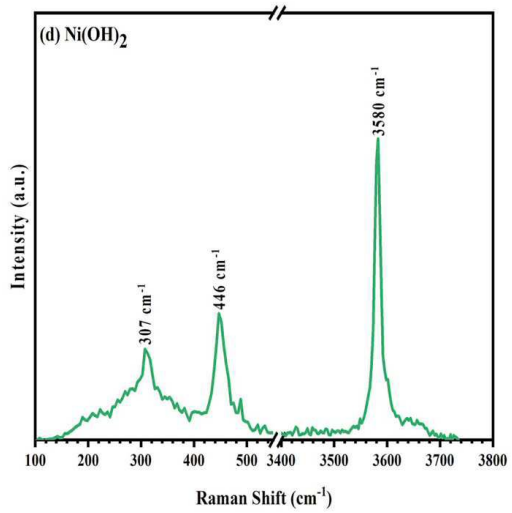
도면2


시 작
교반부로 분말을 공급하여 분말을 교반
S1
교반부로부터 토출되는 분말을 분사부 측으로 가압하여 공급
S2
분사부로 공급된 분말을 분사부의 내부공간으로 통과시켜 분사부를 가속
S3
가속된 분말을 기판으로 분사하여 나노미터 스케일의 복합재를 함유한 촉매 제조
S4
종 료

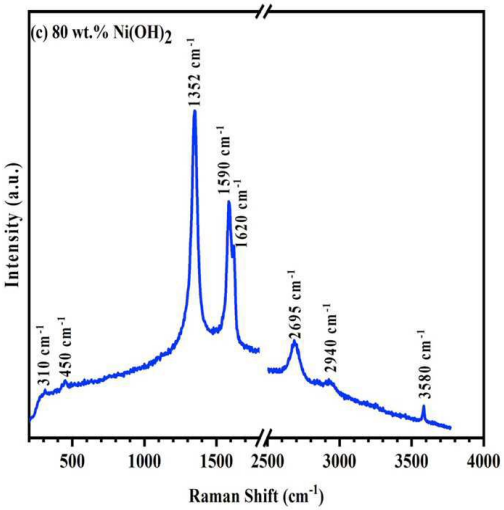
도면3


(a) Graphene
1352 cm-1
1590 cm-1
1620 cm-1
2695 cm-1
2940 cm-1
Intensity (a.u.)
600
900
1200
1500
2700
3000
Raman Shift (cm-1)

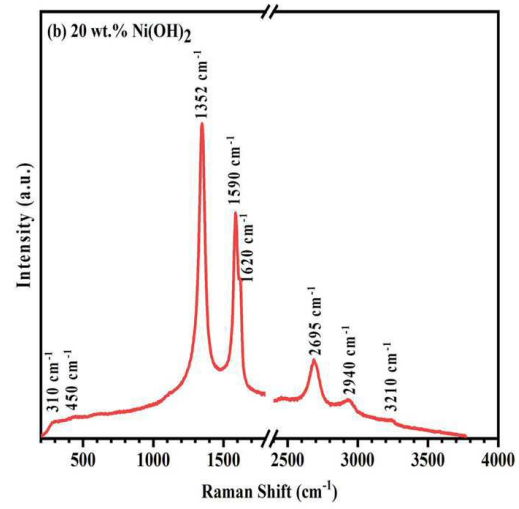
도면4


(d) Ni(OH)2
Intensity (a.u.)
307 cm-1
446 cm-1
3580 cm-1
100 200 300 400 500 3400 3500 3600 3700 3800
Raman Shift (cm-1)

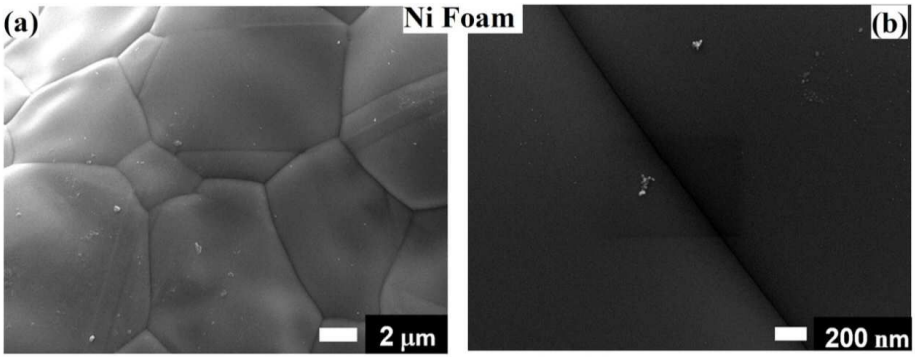
도면5


(c) 80 wt.% Ni(OH)2
Intensity (a.u.)
310 cm-1
450 cm-1
1352 cm-1
1590 cm-1
1620 cm-1
2695 cm-1
2940 cm-1
3580 cm-1
500 1000 1500 2500 3000 3500 4000
Raman Shift (cm-1)

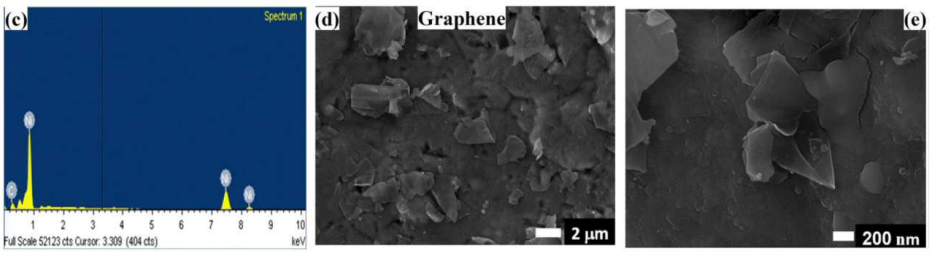
도면6


(b) 20 wt.% Ni(OH)2
Intensity (a.u.)
310 cm-1
450 cm-1
1352 cm-1
1590 cm-1
1620 cm-1
2695 cm-1
2940 cm-1
3210 cm-1
500 1000 1500 2500 3000 3500 4000
Raman Shift (cm-1)

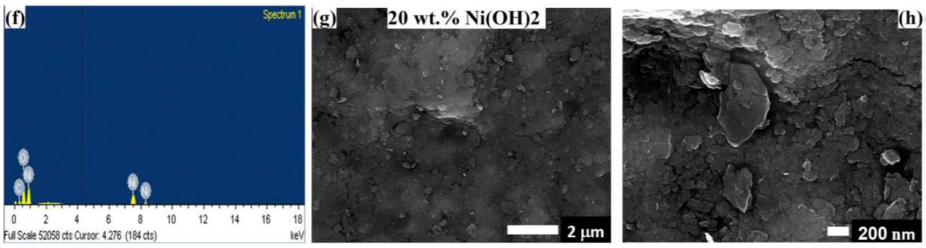
도면7



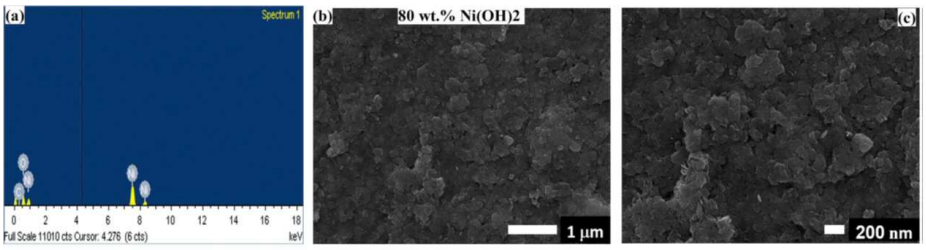
도면8



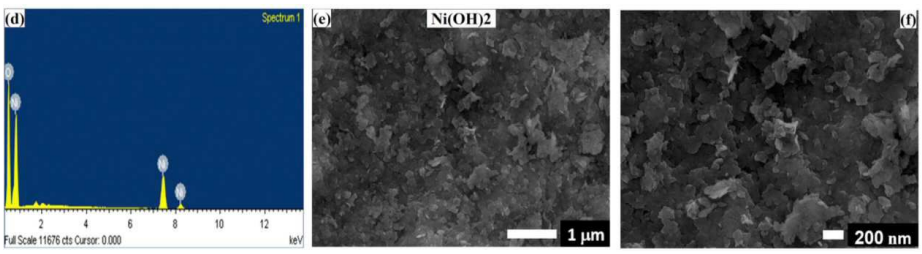
도면9



도면10



도면11



도면12

	Composition (wt.%)		Overpotential η (mV)						Tafel Analysis		
	$Ni(OH)_2$	Gr	10	20	50	100	150	200	B	A	J_o*10^{-3}
			mA·cm^{-2}						mV·dec^{-1}	mV	mA·cm^{-2}
OER	Bare Ni Foam		290	379	438	-	-	-	199.4	105.7	295
	0	100	-	357	384	400	411	-	57.79	276	0.0168
	20	80	-	-	330	355	368	384	78.7	207.2	2.34
	40	60	-	345	386	411	-	-	84	258	0.848
	60	40	-	-	433	471	-	-	129.5	206.3	25.52
	80	20	-	405	461	-	-	-	125.5	247.3	10.7
	100	0	-	340	430	-	-	-	185.5	124.4	213.49
HER	Bare Ni Foam		-	240	310	404	-		267	145	286.4
	0	100	-	178	220	255	273	287	107.6	39	434
	20	80	-	206	243	269	281	292	86.32	96.44	76.63
	40	60		204	243	273	291	302	93	71	172
	60	40	-	172	212	242	260	270	97	45	343
	80	20	-	154	192	220	236	247	92	23	562
	100	0		206	286	370	456	-	159	12	840

도면13

	Composition ratio (wt.%)		Overpotential η (mV)					Tafel slope (mV.dec^{-1})	Co_3O_4 (wt.%)	ECSA mF.cm^{-2}
	Co_3O_4	Gr	10	20	50	100	150			
			mA.cm^{-2}							
OER	Bare Ni Foam		372	398	440	-	-	164	Ni foam	3.5
	0	100	283	294	310	320	328	32		
	25	75	283	294	307	315	318	25	0	4.6
	50	50	295	308	324	335	340	36		
	75	25	316	332	353	370	-	50	25	12.04
	100	0	349	370	398	422	-	77		
HER	Bare Ni Foam		230	273	333	386		179	50	23.12
	0	100	213	254	302	340	360	125		
	25	75	137	176	219	248	265	99	75	14.9
	50	50	108	149	195	223	236	90		
	75	25	147	187	234	269	288	117	100	4.32
	100	0	188	223	260	288	305	97		