



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2014-0086590
(43) 공개일자 2014년07월08일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B82B 1/00 (2006.01) B82B 3/00 (2006.01)
H01M 4/92 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2012-0157274
(22) 출원일자 2012년12월28일
심사청구일자 2012년12월28일

(71) 출원인
고려대학교 산학협력단
서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)
(72) 발명자
성윤모
경기 성남시 분당구 내정로 24, 604동 2501호 (정자동, 정든마을한진6단지아파트)
김주환
경기도 광주시 오포읍 새말길 19-16 (동궁빌라) 1동 401호
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
특허법인충현

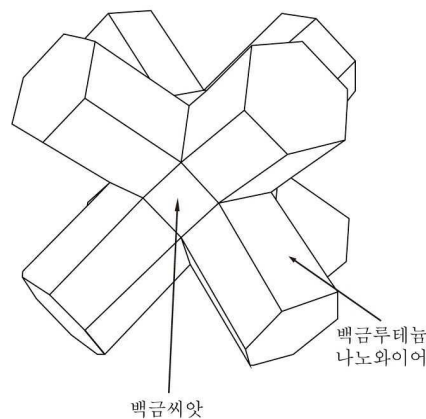
전체 청구항 수 : 총 13 항

(54) 발명의 명칭 직접 메탄을 연료전지 촉매용 멀티포트 구조의 나노 와이어 및 이의 제조방법

(57) 요약

본 발명은 백금의 (100)면을 계면활성제로 캐핑하고, (111)면에 백금루테늄 나노와이어를 선택적으로 성장시킨 것으로, 백금루테늄 합금의 비표면적을 증대시켜 직접 메탄을 연료전지의 반응속도 및 효율을 증대시킨 새로운 멀티포트 나노와이어에 관한 것이다. 본 발명에 따른 멀티포트 구조의 나노와이어는 직접 메탄을 연료전지의 촉매로 사용시에 일산화탄소에 의해 피독되는 현상이 발생되지 않으며, 벌크 타입의 백금루테늄 합금에 비해 비표면적이 크게 증대되어, 적은 양의 사용에도 직접메탄을 전지의 반응속도 및 효율을 향상시킬 수 있다.

대표도 - 도3



(72) 발명자

변영운

경기도 고양시 일산서구 주엽로 122 (주엽동, 문촌
마을16단지아파트) 1601동 1006호

최종연

서울특별시 서초구 잠원로 195 (잠원동, 신반포한
신아파트) 311동 201호

이우진

서울특별시 강서구 양천로63길 51 (염창동, 월드메
르디앙 아파트) 101동 1502호

권순철

경상남도 창원시 마산회원구 내서읍 호원로 361-3
(코오롱타운아파트) 219동 1901호

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	M00003830300199587
부처명	한국산업기술진흥원
연구사업명	국제공동기술개발사업
연구과제명	[1단계3차]Development of high-performance thermoelectric composites and sputtering targets by SPS
기 여 율	1/2
주관기관	고려대학교 산학협력단
연구기간	2012.06.01 ~ 2013.05.31이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호	20120005316
부처명	한국연구재단
연구사업명	중견연구자지원_핵심연구
연구과제명	[중견-2차]반도체나노라드 소결을 이용한 고효율 열전발전 복합재료 개발
기 여 율	1/2
주관기관	고려대학교 산학협력단
연구기간	2012.05.01 ~ 2013.04.30

특허청구의 범위

청구항 1

큐복타헤드론(Cuboctahedron) 모양의 백금씨앗; 및

상기 백금씨앗의 정육각면에 성장된 백금루테늄 나노와이어;를 포함하는 것을 특징으로 하는 멀티포트 구조의 나노와이어로서,

상기 큐복타헤드론은 6개의 정사각면과 8개의 정육각면으로 구성되는 트룬케이티드 옥타헤드론이며,

상기 백금씨앗의 8개의 정육각면에 성장된 백금루테늄 나노와이어는 단면의지름이 1-10 nm이며, 길이가 30-200 nm인 것을 특징으로 하는 멀티포트 구조의 나노와이어.

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 큐복타헤드론 모양의 백금씨앗은 정사각면이 계면활성제로 캐핑된 것을 특징으로 하는 멀티포트 구조의 나노와이어.

청구항 3

제2항에 있어서, 상기 계면활성제는 테트라데실트리메틸암모늄 브로마이드 인 것을 특징으로 하는 멀티포트 구조의 나노와이어.

청구항 4

(1) 큐복타헤드론(Cuboctahedron) 모양의 백금입자를 제조하고, 상기 백금입자의 정사각면을 계면활성제로 캐핑하여 백금씨앗을 제조하는 단계;

(2) H_2PtCl_6 수용액과 $RuCl_3$ 수용액을 유기용매 상에서 반응시켜 백금루테늄 합금을 제조하는 단계; 및

(3) 질소분위기 하에서, 상기 (1) 단계에서 제조한 상기 백금씨앗의 정육각면에 상기 (2)단계에서 제조한 상기 백금루테늄 합금을 선택적으로 성장시키는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 멀티포트 구조의 나노와이어 제조방법.

청구항 5

제4항에 있어서, 상기 큐복타헤드론 모양은 트룬케이티드 옥타헤드론(Truncated Octahedron) 모양인 것을 특징으로 하는 멀티포트 구조의 나노와이어 제조방법.

청구항 6

제4항에 있어서, 상기 계면활성제는 테트라데실트리메틸암모늄 브로마이드 인 것을 특징으로 하는 멀티포트 구조의 나노와이어 제조방법.

청구항 7

제4항에 있어서, 상기 (1)단계의 백금입자 크기는 1-20 nm인 것을 특징으로 하는 멀티포트 구조의 나노와이어 제조방법.

청구항 8

제4항에 있어서, 상기 유기용매는 에틸렌 글리콜, 트리옥틸포스핀 및 트리옥틸포스핀 옥사이드 중에서 선택되는 것을 특징으로 하는 멀티포트 구조의 나노와이어 제조방법.

청구항 9

제4항에 있어서, 상기 백금루테늄 합금은 H_2PtCl_6 : $RuCl_3$ 이 1 : 0.5-1.5의 몰 비율로 혼합되는 것을 특징으로 하는 멀티포트 구조의 나노와이어 제조방법.

청구항 10

제4항에 있어서, 상기 (3) 단계는 상기 백금입자 1 몰에 대하여 백금루테늄 합금이 1 내지 3 몰의 비율로 혼합하여 반응을 수행하는 것을 특징으로 하는 멀티포트 구조의 나노와이어 제조방법.

청구항 11

제4항에 있어서, 상기 백금씨앗의 정육각면에 성장된 상기 백금루테늄 나노와이어는 단면의 지름이 1-10 nm이며, 길이가 30-200 nm의 범위에서 제어되는 것을 특징으로 하는 멀티포트 구조의 나노와이어 제조방법.

청구항 12

제4항에 있어서, 상기 나노와이어는 백금씨앗의 8개 정육각면에 동시다발적으로 성장되는 것을 특징으로 하는 멀티포트 구조의 나노와이어 제조방법.

청구항 13

제4항에 따른 멀티포트 구조의 나노와이어를 포함하는 것을 특징으로 하는 고활성 촉매.

명세서

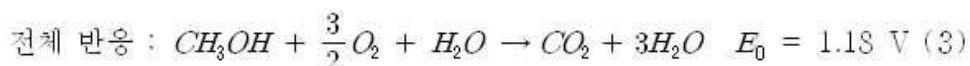
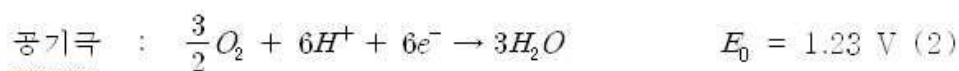
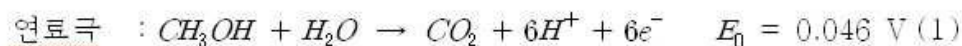
기술분야

[0001] 본 발명은 직접 메탄올 연료전지의 촉매에 관한 것으로, 백금루테늄 합금의 비표면적을 증대시켜 직접 메탄올 연료전지의 반응속도 및 효율을 증대시킨 새로운 멀티포트 나노와이어 및 이의 제조방법에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 환경에 대한 관심이 증가하면서 에너지 효율이 높고 환경오염이 적은 연료전지를 개발 하려는 노력이 전 세계적으로 활발히 이루어지고 있다. 연료전지의 가장 큰 장점은 연료를 직접 산화시켜서 전기를 발생시키기 때문에 에너지 변환 효율이 높고, 운행 과정에서 오염물을 발생시키지 않는 깨끗한 전기를 생산한다는 것이다.

[0003] 직접 메탄올 연료전지 (DMFC : Direct Methanol Fuel Cell)는 1990년대가 되어서 개발하기 시작한 새로운 타입의 연료전지이다. 고체고분자형 연료전지(PEFC)가 완성되고 나서 1/4세기 지나 출현했다. 직접 메탄올 연료전지는 수소를 사용하는 양성자 교환막 연료 전지(PEMFC)와 유사한 구조와 작동원리를 갖고 있으나 연료로서 수소 대신 메탄올을 연료극에 직접 공급하여 사용한다. 메탄올과 물을 주입하는 것만으로 실온에서 발전한다.



[0004]

[0005] 연료극에서는 메탄올과 물 분자가 반응하여 이산화탄소와 수소이온이 생성된다. 공기극 반응은 고체 고분자형 연료전지와 같다. 메탄올 분자 하나에서 6개의 전자를 빼낼 수 있으며, 게다가 표준전극전위가 수소와 거의 동일하기 때문에 이론적으로는 에너지밀도가 높은 연료전지를 만들 수 있다. 직접 메탄올 연료전지는 연료 공급체계가 단순하고 전체 장치가 간단하여 소형화가 가능하다. 또한, 메탄올만 공급해주면 사용시간을 얼마든지 늘릴 수 있어서 배터리와 같은 용량의 제한이나 충전시간에 따른 불편함이 해소될 수 있다. 직접 메탄올 연료전지는

연료인 메탄올이 가지는 높은 체적 에너지밀도와 연료저장에 있어서 안정성 그리고 수송이 용이한 장점이 있다. 직접 메탄올 연료전지는 다양한 용도로 사용이 가능하며, 특히, 1 W 정도의 소형 배터리 대체용 전원이나 500 W 이하의 휴대용 전원으로서의 사용 가능성이 매우 높다. 상당한 성능 향상이 이루어진다면 자동차용 엔진으로도 사용이 가능할 것이다.

[0006] 문제는 연료극에서의 반응속도가 느리다는 점이다. 직접 메탄올 연료전지는 음극의 손실(과전압)이 크다. 통상의 연료전지를 보면 전극에서 반응이 빠르게 발생할 수 있도록 백금촉매를 사용한다. 하지만 직접 메탄올 연료전지에서 메탄올과 같이 순수하지 않은 수소 연료를 연료극에 주입했을 때 발생하는 소량의 일산화탄소에 의해서 백금이 피독(poisoning)되는 현상이 발생한다. 일산화탄소 분자는 부분적으로 백금의 활성 자리에 강하게 흡착이 되어, 수소 흡착 자리를 막아버려서 전체적인 발생전위의 효율이 감소하는 결과가 발생한다. 이를 해결하기 위해 백금루테늄 합금을 사용한다. 백금과 산소친화적 원자(oxophilic element : 루테늄(Rh), 주석(Sn), 몰리브데넘(Mo), 오스뮴(Os) 등)과 결합하여 이중, 삼중 합금들을 만든다. 백금 루테늄이 백금을 기반으로 한 이중 합금들 중 가장 뛰어난 일산화탄소 피독 현상 저하를 유발한다. 따라서 백금촉매 대신 백금루테늄 촉매를 사용하여 연료전지의 효율 감소를 줄일 수 있다.

[0007] 백금루테늄 촉매의 사용으로 피독에 의한 문제는 이미 해결되었지만, 백금과 루테늄 모두 아주 비싼 물질이다. 때문에 연료전지의 효율을 최대한 높이기 위해 촉매의 나노 크기로 비표면적을 증가시킬 필요성이 있다.

[0008] 한편, 나노와이어를 제작할 때는, 씨앗(seed)으로 작용하는 양자점(quantum dot)에 원자 간 결합력이 등방(isotropic)하게 작용하는 계가 어느 특정 1차원 방향으로만 성장하기 위해서 등방성 혹은 대칭성을 극복할 수 있는 결정성장기구가 존재해야한다. 종래의 일차원 나노템플릿을 사용하여 특정 방향에 국한된 화학반응을 유도하여 제작하는 방법은 합성이 간편하다는 장점이 있으나, 이로 인해 합성된 나노와이어가 다결정 구조를 가짐으로서, 단결정 구조의 합성물에 비해 전기비저항이 높아진다는 단점이 있다.

[0009] 이에 씨앗의 결정면에 선택적으로 작용하는 표면활성물질을 사용하여 성장방향을 제한하는 방법이 주목받게 되었으며, 이를 캐핑(capping)이라고 한다. 성장환경으로 조성된 용액 내에서, 화학적 흡착 또는 표면 캐핑은 성장한 나노결정의 모양을 결정하는데 영향을 미친다. 일반적으로, 캐핑 물질의 결합 친화도는 결정면마다 다르게 작용한다. 이와 같은 성질을 통해 캐핑은 나노 입자에서 특정 결정면의 성장을 방해할 수 있게 되어 여러 결정면에서의 상대적인 면적을 제어할 수 있는 수단으로 작용한다.

[0010] 따라서, 씨앗의 표면을 캐핑하여 성장시키는 방법을 이용하여 나노 구조를 구현함으로써 비표면적을 최대한 넓힐 수 있음에 착안하여 백금루테늄 촉매의 효율을 증대시킬 수 있는 본 발명을 고안하게 되었다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0011] 본 발명이 해결하고자 하는 첫 번째 과제는 큐브타헤드론 모양의 백금씨앗과 백금루테늄 합금을 반응시켜 백금 씨앗의 8개 정육각면에서 백금루테늄이 성장된 멀티포트 구조의 나노와이어를 제공하는 것이다.

[0012] 본 발명이 해결하고자 하는 두 번째 과제는, 상기 백금씨앗의 8개 정육각면에서 백금루테늄이 성장된 멀티포트 구조의 나노와이어의 제조방법을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0013] 본 발명의 대표적인 일 측면에 따르면,

[0014] 큐브타헤드론(Cuboctahedron) 모양의 백금씨앗; 및

[0015] 상기 백금씨앗의 정육각면에 성장된 백금루테늄 나노와이어;를 포함하는 것을 특징으로 하는 멀티포트 구조의 나노와이어로서,

[0016] 상기 큐브타헤드론은 6개의 정사각면과 8개의 정육각면으로 구성되는 트룬케이트드 옥타헤드론이며,

[0017] 상기 백금씨앗의 8개의 정육각면에 성장된 백금루테늄 나노와이어는 단면의 지름이 1-10 nm이며, 길이가 30-200 nm인 것을 특징으로 하는 멀티포트 구조의 나노와이어를 제공한다.

[0018] 본 발명의 다른 일 측면에 따르면,

[0019] (1) 큐브타헤드론(Cuboctahedron) 모양의 백금입자를 제조하고, 상기 백금입자의 정사각면을 계면활성제로 캐핑

하여 백금씨앗을 제조하는 단계;

[0020] (2) H_2PtCl_6 수용액과 $RuCl_3$ 수용액을 유기용매 상에서 반응시켜 백금루테늄 합금을 제조하는 단계; 및

[0021] (3) 질소분위기 하에서, 상기 (1) 단계에서 제조한 상기 백금씨앗의 정육각면에 상기 (2) 단계에서 제조한 상기 백금루테늄 합금을 선택적으로 성장시키는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 멀티포트 구조의 나노와이어 제조방법을 제공한다.

발명의 효과

[0022] 본 발명에 따른 백금씨앗에 백금루테늄 합금을 선택적으로 성장시킨 멀티포트 구조의 나노와이어는 큐빅타헤드럴 구조를 가지는 백금의 (111)면에 백금루테늄 합금을 균일하게 성장시켜 나노포트를 형성한 것으로, 직접 메탄을 연료전지의 촉매로 사용시에 일산화탄소에 의해 피독되는 현상이 발생되지 않으며, 벌크 타입의 백금루테늄 합금에 비해 비표면적이 크게 증대되어, 적은 양의 사용에도 직접메탄을 전지의 반응속도 및 효율을 향상시킬 수 있어 경제적이다. 또한 본 발명에 따른 멀티포트 구조의 나노와이어는 촉매, 바이오센서, 세포이미징 및 광전소자에 광범위하게 활용될 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0023] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따라 백금을 폴리아크릴산나트륨으로 캐핑하여 큐빅타헤드럴 모양으로 제조한 백금씨앗을 나타낸 도이다.

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따라 백금의 정사각면(100)에 테트라데실트리메틸암모늄 브로마이드(tetradecyltrimethylammonium bromide, TTAB) 계면활성제를 이용하여 백금루테늄이 백금의 정육각면(111)에서만 성장할 수 있도록 캐핑한 것을 도시적으로 나타낸 도면이다.

도 3은 본 발명의 일 실시예에 따라 백금씨앗(Pt Seed)의 정육각면에 백금루테늄 나노와이어를 멀티포트 구조로 성장시킨 최종 모양을 나타낸 도이다.

도 4는 본 발명의 일 실시예에 따라 백금씨앗의 정육각면에 백금루테늄 나노와이어를 멀티포트 구조로 성장시키기 위한 흐름도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0024] 본 발명은 직접 메탄을 연료전지의 촉매로 사용되는 백금루테늄 합금의 비표면적을 증대시켜 직접 메탄을 연료전지의 반응속도 및 효율을 증대시킨 새로운 멀티포트 나노와이어 및 이의 제조방법에 관한 것이다.

[0025] 이하, 본 발명을 상세하게 설명한다.

[0026] 본 발명에 따른 멀티포트 구조의 나노와이어는 큐빅타헤드론(Cuboctahedron) 모양의 백금씨앗; 및 상기 백금씨앗의 정육각면에 성장된 백금루테늄 나노와이어;를 포함하는 것을 특징으로 하는 멀티포트 구조의 나노와이어로서,

[0027] 상기 큐빅타헤드론 모양의 백금씨앗은 6개의 정사각면(100)과 8개의 정육각면(111)으로 구성되는 트룬케이티드 옥타헤드론 구조일 수 있다.

[0028] 상기 큐빅타헤드론 모양의 백금씨앗은 큐빅타헤드론 모양의 백금입자의 정사각면(100)을 계면활성제로 캐핑하여 제조될 수 있으며, 상기 계면활성제는 테트라데실트리메틸암모늄 브로마이드일 수 있으나 이에 제한되지는 않는다.

[0029] 상기 백금입자의 크기는 1-20 nm의 범위 일 수 있으며,

[0030] 상기 백금씨앗의 8개의 정육각면에 성장된 백금루테늄 나노와이어는 단면의 지름이 1-10 nm이고, 길이가 30-200 nm의 범위일 수 있으며,

[0031] 상기 백금루테늄 나노와이어는 백금과 루테늄이 1 : 0.5-1.5 의 몰비율로 혼합된 합금일 수 있다.

[0032] 또한, 본 발명의 다른 구체적인 구현예에 따르면, 멀티포트 구조의 나노와이어를 제조하는 아래와 같은 방법을 제공한다.

[0033] 본 발명의 멀티포트 구조의 나노와이어를 제조하는 방법은 (1) 큐빅타헤드론(Cuboctahedron) 모양의 백금입자를

제조하고, 상기 백금입자의 정사각면(100)을 계면활성제로 캐핑하여 백금씨앗을 제조하는 단계; (2) H_2PtCl_6 수용액과 $RuCl_3$ 수용액을 유기용매 상에서 반응시켜 백금루테늄 합금을 제조하는 단계; 및 (3) 질소분위기 하에서, 상기 (1) 단계에서 제조한 상기 백금씨앗의 정육각면(111)에 상기 (2) 단계에서 제조한 상기 백금루테늄 합금을 선택적으로 성장시키는 단계를 포함한다.

[0034] 본 발명의 또 다른 구체적인 구현예에 따르면, 상기 큐빅타헤드론 모양은 6개의 정사각면(100)과 8개의 정육각면(111)으로 구성되는 트룬케이티드 옥타헤드론 (Truncated Octahedron) 모양일 수 있다.

[0035] 상기 (1) 단계의 큐빅타헤드론 모양의 백금입자는 $NaBH_4$ 의 분해로 인한 수소가스의 생성에 의해 K_2PtCl_4 가 환원시키는 단계 및 폴리아크릴산 나트륨을 이용하여 캐핑하는 단계를 수행함으로써 제조될 수 있고,

[0036] 상기 백금입자 크기는 1-20 nm의 범위에서 제어될 수 있으며,

[0037] 상기 백금씨앗은 상기 폴리아크릴산으로 캐핑된 백금의 (100)면을 계면활성제를 이용하여 캐핑함으로써 제조될 수 있고

[0038] 상기 계면활성제는 트라데실트리메틸암모늄 브로마이드를 포함할 수 있다.

[0039] 본 발명의 또 다른 구체적인 구현예에 따르면, 상기 (2) 단계의 유기용매는 에틸렌 글리콜, 트리옥틸포스핀 및 트리옥틸포스핀 옥사이드 중에서 선택되는 1종 이상일 수 있으며,

[0040] 상기 (2) 단계의 백금루테늄 합금은 $H_2PtCl_6 : RuCl_3$ 이 1 : 0.5-1.5의 몰 비율로 혼합된 합금일 수 있는데, 상기 범위인 것이 메탄올을 연료전지로 사용하였을때 발생하는 일산화탄소에 의해 백금이 피독되는 현상을 최소화할 수 있어 바람직하다.

[0041] 상기 백금루테늄 합금을 합성하는데 있어서 백금과 루테늄은 각각 면심입방구조 (Face centered cubic, FCC), 육각조밀구조 (Hexagonal closed-packed structure, HCP)으로 구조가 다르지만 원자 반지름이 각각 139 pm와 134 pm로 크기가 비슷하여 치환 확산을 통해 합금을 이루며, 따라서 백금루테늄 합금은 모테인 백금의 면심입방 구조를 가진다.

[0042] 또한, 상기 백금루테늄 합금을 합성하는데 있어서 백금의 전기음성도는 2.28 (파울링 스케일)이고, 루테늄은 2.2 (파울리 스케일)로 비슷하며, 베가스 법칙에 따라 백금과 루테늄의 비율에 따라 전기음성도는 백금과 루테늄의 중간값을 형성하여 백금씨앗과 결합이 잘 이루어진다.

[0043] 따라서, 이러한 물리적, 화학적 유사성으로 인해 백금루테늄 합금은 (1) 단계에서 제조한 계면활성제로 캐핑된 백금의 정사각면(100)을 제외한 8 개의 정육각면(111)에 선택적으로 성장할 수 있다.

[0044] 본 발명의 또 다른 구체적인 구현예에 따르면, 상기 (3) 단계는 상기 백금입자 1 몰에 대해서 백금루테늄 합금을 1 내지 3 몰의 비율로 혼합하여 수행될 수 있는데, 백금루테늄 합금이 상기 범위를 벗어나면 백금씨앗의 계면활성제로부터 자유로운 8개의 정육각면(111)에 균일하게 나노와이어가 성장되기 어렵다.

[0045] 상기 나노와이어는 백금씨앗의 8개 정육각면(111)에 동시다발적으로 균일하게 성장될 수 있으며,

[0046] 상기 백금씨앗의 8개의 정육각면(111)에 성장되는 상기 백금루테늄 나노와이어는 길이가 30-200 nm의 범위일 수 있다.

[0047] 이하, 본 발명의 이해를 돕기 위하여 바람직한 실시예를 제시하나, 하기 실시예는 본 발명을 예시하는 것 일뿐 본 발명의 범주 및 기술사상 범위 내에서 다양한 변경 및 수정이 가능함은 당업자에게 있어서 명백한 것이며, 이러한 변형 및 수정이 첨부된 특허청구범위에 속하는 것도 당연한 것이다.

[0048] 실시예 1.

[0049] 0.1 mM의 K_2PtCl_4 수용액 250 ml와 0.1 M의 폴리아크릴산나트륨 0.2 ml를 섞고, 0.1 M 테트라데실트리메틸암모늄 브로마이드(tetradecyltrimethylammonium bromide, TTAB)를 추가한 후 아르곤 가스를 20분간 버블링시켰다. 그 다음, 수소 기체를 빠른 속도로 5 분간 버블링 시켜 Pt를 환원시킴으로써 큐빅타헤드럴 모양의 백금씨앗을 제조하였다.

[0050] 실시예 2.

[0051] 0.05 M의 H_2PtCl_6 2.0 ml 수용액과 0.05 M의 RuCl_3 2 ml 수용액을 25 ml의 에틸렌글리콜이 담긴 100 ml 비이커에 넣고 마이크로웨이브 오븐에서 800 와트로 90초 동안 반응시켜 백금루테늄 합금을 합성하였다.

[0052] 실시예 3.

[0053] 0.1 M의 큐빅타헤드럴 모양의 백금씨앗, 0.05 M의 TTAB 계면활성제를 20 ml의 용매에 넣고 반응시켜 백금의 100 면을 TTAB 계면활성제로 캐핑시킨 후, 질소분위기 하에서, 0.1 M의 백금루테늄 합금을 첨가하여 반응시켜, 백금의 111면 8개에 동시에 백금루테늄 나노와이어를 성장시켰다.

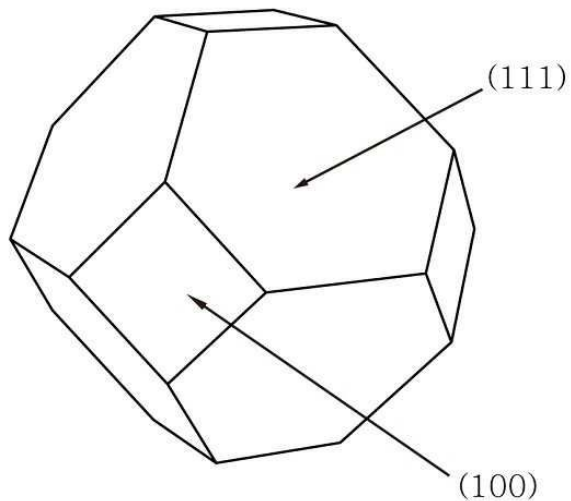
부호의 설명

[0054] 100 백금씨앗의 정사각면

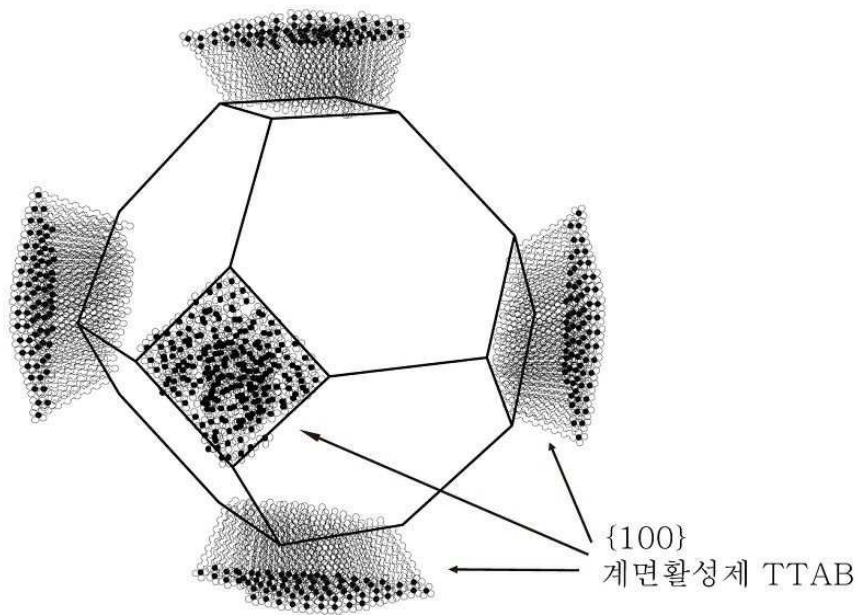
111 백금씨앗의 정육각면

도면

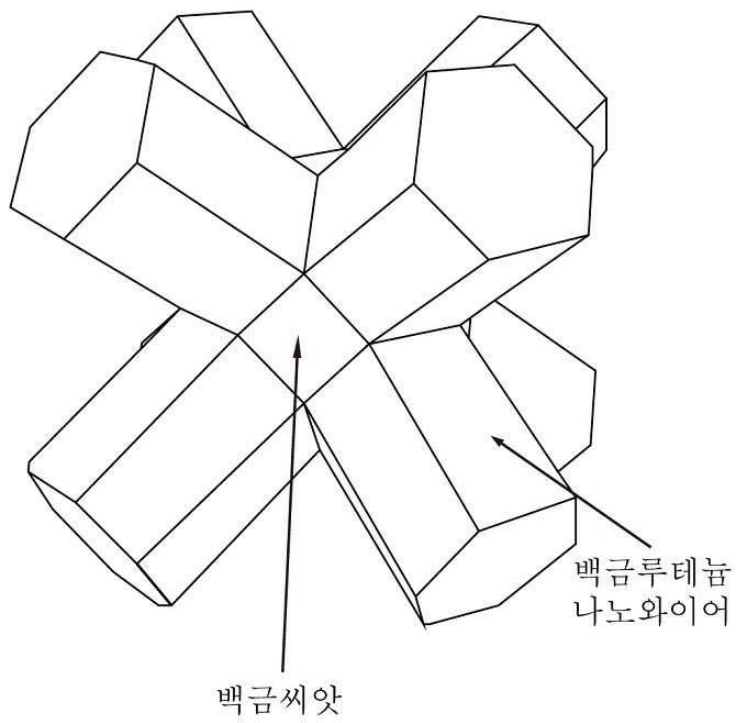
도면1



도면2



도면3



도면4

