



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2019-0037484
(43) 공개일자 2019년04월08일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C01G 23/053 (2006.01) B01J 21/06 (2006.01)
B01J 35/00 (2006.01)
(52) CPC특허분류
C01G 23/053 (2013.01)
B01J 21/063 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2017-0126889
(22) 출원일자 2017년09월29일
심사청구일자 2017년09월29일

(71) 출원인
계명대학교 산학협력단
대구광역시 달서구 달구벌대로 1095, 계명대학교
산학협력관 201호(신당동)
(72) 발명자
배재영
대구광역시 달서구 와룡로 169, 102동 602호 (감
삼동, 월드마크웨스트엔드)
손민희
대구광역시 수성구 신천동로 320, 12동 101호 (수
성동1가, 신세계타운)
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
김일환

전체 청구항 수 : 총 9 항

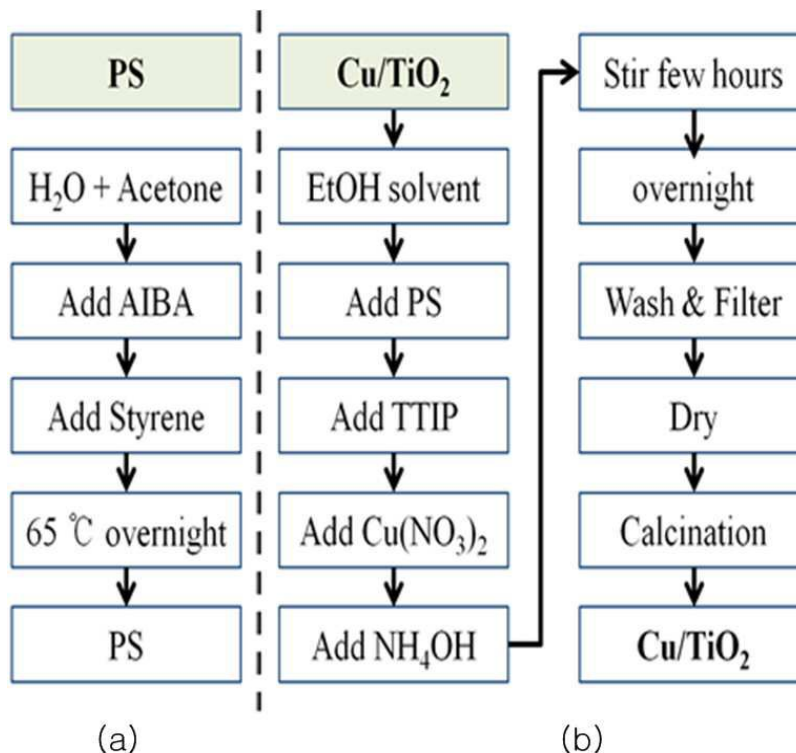
(54) 발명의 명칭 다양한 농도의 구리가 포함된 중공형 TiO_2 나노물질의 제조방법

(57) 요약

본 발명은, 일정한 비율로 혼합한 증류수와 아세톤 용매에 전구체인 스타이렌과 열 개시제인 AIBA를 첨가하고 소정시간 교반하여 폴리스타이렌을 형성하는 단계; (b) 에탄올 용매에 상기 (a) 단계에서 형성한 폴리스타이렌을 첨가하고, 이어 TiO_2 전구체인 TTIP를 첨가하여 소정 시간 교반하고, 이어 구리 전구체인 $Cu(NO_3)_2$ 를 첨가하여 소

(뒷면에 계속)

대표도 - 도2



정시간 교반한 다음, 암모니아수를 첨가하고 소정시간 상온에서 반응시켜, 폴리스타이렌 코어에 TiO_2 셸이 씌어진 코어-셸 형태를 형성하는 단계; 및 (c) 상기 (b) 단계를 통해 형성된 코어-셸 형태 물질을 여과 후 세척과 건조 단계를 거치고 소성과정을 거쳐 메조포러스 중공형 TiO_2 를 형성하는 단계;를 포함하는 중공형 TiO_2 나노물질의 제조방법을 제공한다.

이를 통해, 첨가되는 구리의 농도를 조절하면서 중공 형태를 가지도록 합성하여 광촉매 특성을 향상시킬 수 있게 한다.

(52) CPC특허분류

B01J 35/004 (2013.01)

B01J 35/0073 (2013.01)

C01P 2004/34 (2013.01)

C01P 2004/64 (2013.01)

(72) 발명자

이재영

경상북도 칠곡군 약목면 복성13길 24, 101동 1005호 (복성리, 약목오성타워맨션)

장수관

대구광역시 북구 팔달로37길 94-33 (노원동팔달로37길 94-33 (노원동2가))

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 C0267392

부처명 중소기업청

연구관리전문기관 중소기업기술정보진흥원

연구사업명 기업부설연구소설치지원사업

연구과제명 가시광 평균특성을 가지는 구조특이성 TiO_2 나노물질이 적용된 메디컬 섬유개발

기 여 율 1/1

주관기관 계명대학교 산학협력단

연구기간 2015.06.01 ~ 2017.05.31

명세서

청구범위

청구항 1

- (a) 일정한 비율로 혼합한 증류수와 아세톤 용매에 전구체인 스타이렌과 열 개시제인 AIBA를 첨가하고 소정시간 교반하여 폴리스타이렌을 형성하는 단계;
- (b) 에탄올 용매에 상기 (a) 단계에서 형성한 폴리스타이렌을 첨가하고, 이어 TiO_2 전구체인 TTIP를 첨가하여 소정 시간 교반하고, 이어 구리 전구체인 $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ 를 첨가하여 소정시간 교반한 다음, 암모니아수를 첨가하고 소정시간 상온에서 반응시켜, 폴리스타이렌 코어에 TiO_2 셸이 씌어진 코어-셸 형태를 형성하는 단계; 및
- (c) 상기 (b) 단계를 통해 형성된 코어-셸 형태 물질을 여과 후 세척과 건조 단계를 거치고 소성과정을 거쳐 메조포러스 중공형 TiO_2 를 형성하는 단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 중공형 TiO_2 나노물질의 제조방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 (a) 단계에서, 상기 증류수: 아세톤 용매= 40 ~ 100%: 0 ~ 60%의 부피비로 혼합하는 것을 특징으로 하는 중공형 TiO_2 나노물질의 제조방법.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 (a) 단계에서, 상기 AIBA는 상기 스타이렌의 몰 비율에 맞춰 첨가되며,

상기 몰 비율은, 스타이렌 : AIBA = 1: 2mol% 이하의 범위를 갖는 것을 특징으로 하는 중공형 TiO_2 나노물질의 제조방법.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 (b) 단계에서, 상기 TTIP는 상기 에탄올 용매의 전체 부피 대비 1% 이하의 범위에서 첨가 후 15 ~30분 교반하고, 상기 $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ 첨가 후 20 ~30분 교반하는 것을 특징으로 하는 중공형 TiO_2 나노물질의 제조방법.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 (b) 단계에서, 상기 $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ 은 상기 TTIP의 몰% 비율에 맞춰 첨가되며,

상기 몰 비율은, TTIP : $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ = 1: 1 ~ 10mol% 범위를 갖는 것을 특징으로 하는 중공형 TiO_2 나노물질의 제조방법.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 (a) 단계에서, 상기 증류수, 아세톤, AIBA와 스타이렌을 순차적으로 첨가한 후 60℃ 이상 ~ 70℃ 이하의 온도 범위에서 12 ~ 24시간 동안 교반하는 것을 특징으로 하는 중공형 TiO₂ 나노물질의 제조방법.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 (c) 단계에서, 상기 소성과정은 500℃ 이상 ~ 600℃ 이하의 온도범위에서 수행되는 것을 특징으로 하는 중공형 TiO₂ 나노물질의 제조방법.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 (c) 단계에서, 교반된 용액에 전체 용매 부피 대비 1~3% 범위에서 암모니아수를 첨가하여 pH를 8~10으로 설정하는 것을 특징으로 하는 중공형 TiO₂ 나노물질의 제조방법.

청구항 9

제1항에 있어서,

상기 중공형 TiO₂ 나노물질은 광촉매로 사용되는 것을 특징으로 하는 중공형 TiO₂ 나노물질의 제조방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 메조포러스 중공형 TiO₂ 나노물질의 제조방법에 관한 것으로, 보다 상세하게는 첨가되는 구리의 농도를 조절하면서 중공 형태를 가지도록 합성하여 광촉매 특성을 향상시킬 수 있는 메조포러스 중공형 TiO₂ 나노물질의 제조방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 메조포러스 물질(mesoporous materials)은 IUPAC(International Union of Pure and Applied Chemistry)에 의거하여 나노미터 크기의 기공을 가지는 다공성 물질 중, 기공의 크기가 2~50nm 크기의 물질을 말한다. 또한, 2nm 이하의 더 작은 기공을 가지는 물질의 경우는 마이크로다공성 물질(microporous materials)이라고 하며, 50nm 이상의 기공 크기를 가지는 물질의 경우 마크로다공성 물질(macroporous materials)로 분류된다.

[0003] 한편, 고급산화법은 촉매와 자외선을 이용하여 분해하는 방법으로 이때 사용되는 촉매는 광에 대한 내구성, 안정성 및 활성도가 우수하여야 한다. 광촉매에 사용되는 물질로는 ZnO, CdS, WO 및 TiO₂ 가 있으며, 이 중 물리적, 화학적 특성이 변하지 않아 반영구적으로 사용이 가능하고, 모든 유기물을 산화시켜 이산화탄소와 물로 분해하는 TiO₂가 가장 많이 연구되고 사용되어지고 있다.

[0004] 이러한 TiO₂는 벌크, 메조포러스 및 비금속 혹은 금속이 도핑된 TiO₂ 등 다양하게 연구되어왔다. 그 중 구조적 특이성에 의한 다양한 물리적 성질을 가지고 있는 중공형 TiO₂ 나노물질에 관한 연구도 활발히 진행되고 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0005] (특허문헌 0001) 일본공개특허공보 2005-89218호(2005년 4월 7일 공개)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 본 발명은 구리가 포함된 중공형 TiO_2 나노물질로 내부가 비워져 있고, 껍질부분에 구리가 포함된 TiO_2 로 이루어져 있는 물질을 제공한다. 이를 합성하는 방법으로는 내부 코어 물질에 TiO_2 를 씌어줄 때 구리를 혼입하여 코어-셸 구조(core-shell structure)를 형성한 뒤 고온의 소성과정을 거쳐 내부 코어물질을 제거하는 방법으로 합성할 수 있다.

[0007] 이에 본 발명에서는 혼입하는 구리의 농도를 조절하면서 중공형태가 이루어지도록 하는 합성함으로써, 합성된 나노물질의 광촉매 특성으로 광에 대한 내구성, 안정성 및 활성도를 향상시킬 수 있는 메조포러스 중공형 TiO_2 나노물질의 제조방법을 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

[0008] 이를 위해, 본 발명은, (a) 일정한 비율로 혼합한 증류수와 아세톤 용매에 전구체인 스타이렌과 열 개시제인 AIBA를 첨가하고 소정시간 교반하여 폴리스타이렌을 형성하는 단계; (b) 에탄올 용매에 상기 (a) 단계에서 형성한 폴리스타이렌을 첨가하고, 이어 TiO_2 전구체인 TTIP를 첨가하여 소정 시간 교반하고, 이어 구리 전구체인 $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ 를 첨가하여 소정시간 교반한 다음, 암모니아수를 첨가하고 소정시간 상온에서 반응시켜, 폴리스타이렌 코어에 TiO_2 셸이 씌어진 코어-셸 형태를 형성하는 단계; 및 (c) 상기 (b) 단계를 통해 형성된 코어-셸 형태 물질을 여과 후 세척과 건조 단계를 거치고 소성과정을 거쳐 메조포러스 중공형 TiO_2 를 형성하는 단계;를 포함하는 중공형 TiO_2 나노물질의 제조방법을 제공한다.

[0009] 바람직하게는, 상기 (a) 단계에서, 상기 증류수: 아세톤 용매= 40 ~ 100%: 0 ~ 60%의 부피비로 혼합할 수 있다.

[0010] 바람직하게는, 상기 (a) 단계에서, 상기 AIBA는 상기 스타이렌의 몰 비율에 맞춰 첨가되며, 상기 몰 비율은, 스타이렌 : AIBA = 1: 2mol% 이하의 범위를 가질 수 있다.

[0011] 바람직하게, 상기 (a) 단계에서, 상기 증류수, 아세톤, AIBA와 스타이렌을 순차적으로 첨가한 후 60℃ 이상 ~ 70℃ 이하의 온도 범위에서 12 ~ 24시간 동안 교반할 수 있다.

[0012] 바람직하게, 상기 (b) 단계에서, 상기 TTIP는 상기 에탄올 용매의 전체 부피 대비 1% 이하의 범위에서 첨가 후 15 ~ 30분 교반하고, 상기 $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ 첨가 후에 20 ~ 30분 교반할 수 있다.

[0013] 바람직하게, 상기 (b) 단계에서, 상기 $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ 는 상기 TTIP의 몰% 비율에 맞춰 첨가되며, 상기 몰 비율은, TTIP : $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ = 1: 1 ~ 10mol% 범위를 가질 수 있다.

[0014] 바람직하게, 상기 (c) 단계에서, 상기 소성과정은 500℃ 이상 ~ 600℃ 이하의 온도범위에서 수행될 수 있다.

[0015] 바람직하게, 상기 (c) 단계에서, 교반된 용액에 전체 용매 부피 대비 1~3% 범위에서 암모니아수를 첨가하여 pH를 8~10으로 설정할 수 있다.

[0016] 바람직하게, 상기 중공형 TiO_2 나노물질은 광촉매로 사용될 수 있다.

발명의 효과

[0017] 본 발명은 메조포러스 중공형 TiO_2 나노물질의 합성과정에서 첨가되는 구리의 농도를 조절하면서 중공형태를 가지도록 합성함으로써, 메조포러스 TiO_2 나노물질의 광촉매 특성으로서 광에 대한 내구성, 안정성 및 활성도를 향상시킬 수 있다.

[0018] 또한, 구리의 농도를 증가시키에 따라 가시광 흡수율이 증가하므로, 혼입되는 구리의 농도를 조절하여 광촉매 특성을 조절할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0019] 도 1은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 메조포러스 중공형 TiO_2 합성 모식도,
- 도 2는 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 메조포러스 중공형 TiO_2 합성 과정을 나타낸 도면,
- 도 3은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 합성된 내부 코어물질 폴리스타이렌(a)과 다양한 농도의 구리가 포함된 중공형 TiO_2 나노물질의 TEM 사진,
- 도 4는 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 구리가 포함된 다양한 크기의 중공형 TiO_2 나노물질의 XRD 패턴을 나타낸 그래프,
- 도 5는 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 구리가 포함된 중공형 TiO_2 나노물질의 광흡수 특성을 나타낸 DRS 분석 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0020] 본 발명의 이점 및 특징, 그리고 그것을 달성하는 방법은 첨부되는 도면과 함께 상세하게 후술되어 있는 실시예들을 통해 설명될 것이다. 그러나 본 발명은 여기에서 설명되는 실시예들에 한정되지 않고 다른 형태로 구체화될 수도 있다. 단지, 본 실시예들은 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 본 발명의 기술적 사상을 용이하게 실시할 수 있을 정도로 상세히 설명하기 위하여 제공되는 것이다.
- [0021] 도면들에 있어서, 본 발명의 실시예들은 도시된 특정 형태로 제한되는 것이 아니며 명확성을 기하기 위하여 과장된 것이다. 또한, 명세서 전체에 걸쳐서 동일한 참조번호로 표시된 부분들은 동일한 구성요소를 나타낸다.
- [0022] 본 명세서에서 단수형은 문구에서 특별히 언급하지 않는 한 복수형도 포함한다. 또한, 명세서에서 사용되는 "포함한다" 또는 "포함하는"으로 언급된 구성요소, 단계, 동작 및 소자는 하나 이상의 다른 구성요소, 단계, 동작, 소자 및 장치의 존재 또는 추가를 의미한다.
- [0024] 이하에서 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 중공형 TiO_2 나노물질의 제조과정을 상세히 설명한다.
- [0025] 본 발명은 (a) 일정한 비율로 혼합한 증류수와 아세톤 용매에 전구체인 스타이렌과 열 개시제인 AIBA를 첨가하고 소정시간 교반하여 폴리스타이렌을 형성하는 단계; (b) 에탄올 용매에 상기 (a) 단계에서 형성한 폴리스타이렌을 첨가하고, 이어 TiO_2 전구체인 TTIP를 첨가하여 소정 시간 교반하고, 이어 구리 전구체인 $\text{Cu}(\text{NO}_3)_2$ 를 첨가하여 소정시간 교반한 다음, 암모니아수를 첨가하고 소정시간 상온에서 반응시켜, 폴리스타이렌 코어에 TiO_2 셸이 씌어진 코어-셸 형태를 형성하는 단계; 및 (c) 상기 (b) 단계를 통해 형성된 코어-셸 형태 물질을 여과 후 세척과 건조 단계를 거쳐 소성과정을 거쳐 메조포러스 중공형 TiO_2 를 형성하는 단계;를 포함하는 중공형 TiO_2 나노물질의 제조방법을 제공한다.
- [0026] 도 1은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 중공형 TiO_2 나노 물질을 합성하는 과정을 나타낸 도면이고, 도 2는 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 중공형 TiO_2 나노 물질의 합성 과정을 보다 세분하게 나타낸 순서도이다.
- [0027] 도 1 및 도 2를 참조하면, 우선 중공형 TiO_2 나노 구조를 합성하기 위해 코어 물질로 폴리스타이렌(Polystyrene)을 합성한다. 이때, 내부 코어물질인 폴리스타이렌의 크기 조절을 위하여 용매인 증류수와 아세톤의 혼합비율을 조절하였다. 여기서, 증류수는 전체 용매 부피의 40~60%, 아세톤은 0~60%로 조절을 하여 혼합하는데, 아세톤이 전혀 첨가되지 않은 상황에서도 폴리스타이렌의 합성이 진행될 수 있지만, 폴리스타이렌을 균일하게 합성할 수 있도록 상기 범위 내에서 아세톤이 충분한 비율로 첨가될 필요가 있다.
- [0028] 이어, 증류수와 아세톤을 일정한 비율로 혼합한 용매에 폴리스타이렌(PS)의 전구체인 스타이렌과 열 개시제인 2,2'-azobis(2-methylpropionamidine) dihydrochloride(AIBA)를 첨가하여 코어 물질을 합성한다. 이때, 상기 열 개시제인 AIBA의 첨가는 스타이렌의 몰 비율에 맞춰 첨가되며, 상기 몰 비율은, 스타이렌 : AIBA = 1: 2mol% 이하의 범위를 가지는 것이 바람직하고, 여기서는 스타이렌의 2%로 고정하여 실험하였다. 이를 통해, 구조가 부

서지지 않고 균일한 크기의 구형 형태를 형성할 수 있다.

- [0029] 이어, 상기 증류수, 아세톤, AIBA와 스타이렌을 순차적으로 첨가한 후 60℃ 이상 ~ 70℃ 이하의 온도 범위에서, 바람직하게는 65에서 12 ~ 24시간 동안 교반하여 폴리스타이렌(PS) 코어물질을 합성한다. 이때, 상기 시간보다 적은 시간을 합성하면 반응이 미완료될 수 있고 상기 시간을 초과하면 균일성이 감소할 수 있다.
- [0031] 이어, 도 2b를 참조하여, 폴리스타이렌 코어-TiO₂ 셸(PS@TiO₂/Cu) 구조 합성과정을 살펴보면, 다음과 같다. 즉, EtOH(에탄올) 용매에 도 2a에서 합성된 PS, Titanium tetraisopropoxide(TTIP) 및 Cu(NO₃)₂를 첨가한다. 이때, 합성된 폴리스타이렌을 이용한 구리가 포함된 중공형 TiO₂ 나노물질의 합성시에 사용한 용매는 99.9%의 에탄올을 사용하였으며, TiO₂ 전구체로서 TTIP(Daejung, 97%)를 사용하였고, 구리의 전구체로서 Copper nitrate trihydrate(Daejung, 99%)를 사용하였다.
- [0032] 가령, 에탄올 용매에 합성한 코어 물질을 첨가하고, 이어 TTIP는 상기 에탄올 용매의 전체 부피 대비 1% 이하의 범위에서 첨가하는 데, 첨가되는 TTIP의 양을 1%로 고정함으로써 TiO₂ 셸의 두께를 일정하게 유지할 수 있다. 또한, 구리 전구체로서 Copper nitrate trihydrate를 TiO₂ 전구체인 TTIP의 몰비율(농도)에 맞춰 첨가하는데, 상기 몰 비율은 TTIP : Cu(NO₃)₂ = 1: 1 ~ 10mol% 범위에서 첨가하여 균일한 크기의 구형 형태를 형성할 수 있다. 이때, 상기 TTIP 첨가 후 15 ~ 30분 교반하여 충분히 분산시키는데, 상기 시간보다 작은 시간을 교반하면 충분히 분산이 안되어 입자가 뭉칠 수 있고, 초과 시간은 크게 영향을 미치는 요소가 없는 것으로 판단된다. 또한, Cu(NO₃)₂ 첨가 후 20 ~ 30분 교반하는데, 충분한 시간동안 교반하지 않으면 구리 입자가 단독으로 형성되고, 초과시간은 크게 영향을 미치는 요소가 없는 것으로 판단된다.
- [0033] 이어, 교반된 용액에 중합을 위한 pH 조절을 위하여 암모니아수(NH₄OH)를 사용하였으며, 첨가되는 암모니아수는 전체 용매 부피 대비하여 1~3% 범위에서 첨가하여 pH를 8~10으로 맞춘다. 이어 소정시간 교반하고 12 ~ 24시간 동안 상온에서 반응시키면, 폴리스타이렌 코어(core)에 TiO₂ 셸(shell)이 씌어진 코어-셸 형태를 이루게 된다. 이때, TTIP는 TiO₂ 전구체로서 폴리스타이렌에 셸을 형성하는 역할을 수행하고, Copper nitrate trihydrate는 상기 셸에 형성된 기공의 지지체 역할을 수행하며, 암모니아수는 촉매로 교반된 용액의 pH를 8~10으로 조절해주는 역할을 수행한다.
- [0034] 이렇게 합성된 물질은 여과(필터링) 후 세척 과정을 통하여 불순물을 제거하였고, 건조 후 소성작업을 거쳐 내부 코어물질인 폴리스타이렌을 제거하고 다양한 농도의 구리가 포함된 중공형 TiO₂ 나노물질(Hollow Cu/TiO₂)을 추출한다. 이때, 소성과정은 500℃ 이상 ~ 600℃ 이하의 온도범위에서 수행되는 데, 500℃ 미만으로 소성할 경우에는 코어물질이 완전히 제거되지 않고 600℃를 초과하면 결정성이 변화할 수 있기 때문이다.
- [0036] 이하에서, 도 3 내지 도 5를 참조하여, 본 발명의 바람직한 실시예에 따라 제조된 중공형 TiO₂ 물질의 분석 결과를 상세히 설명한다. 이때, 분석의 대상은 전술한 도 2에서 합성한 중공형 TiO₂ 구체를 통해 이루어진다.
- [0038] 도 3은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 합성된 내부 코어물질 폴리스타이렌(a)과 다양한 농도의 구리가 포함된 중공형 TiO₂ 나노물질의 TEM 사진이다.
- [0039] 즉, 도 3a에서 합성된 폴리스타이렌의 경우 균일하게 구체의 형태로 합성되었음을 확인할 수 있다.
- [0040] 또한, 다양한 농도의 구리, 가령, (b) 1%, (c) 3%, (d) 5%, (e) 7%, (f) 9%가 포함된 경우에 있어, Copper nitrate의 양이 증가할수록 1차 입자의 크기가 커지며 TiO₂ 셸의 두께가 두꺼워짐을 확인할 수 있다.
- [0042] 도 4는 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 구리가 포함된 다양한 크기의 중공형 TiO₂ 나노물질의 XRD 패턴을 나타낸 그래프이다.

[0043] 도 4를 참조하면, 다양한 농도의 중공형 TiO_2 나노물질의 결정구조를 확인하기 위한 XRD 분석을 나타낸 것이다. 이에 따르면, 구리 전구체 농도를 조절한 5종류의 중공형 TiO_2 나노물질 모두 TiO_2 의 결정구조 중 하나인 anatase와 같은 패턴인 (101), (004), (200), (105), (211), (204), (116), (220), (115)의 결정면은 나타내는 것을 확인할 수 있다. 또한, XRD 피크들을 확인하였을 때 결정성 또한 높게 나타났음을 확인할 수 있다.

[0045] 도 5는 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 구리가 포함된 중공형 TiO_2 나노물질의 광흡수 특성을 나타낸 DRS 분석 그래프이다.

[0046] 도 5를 참조하면, 다양한 농도의 구리가 포함된 중공형 TiO_2 나노물질의 광흡수 특성을 분석하기 위해 DRS를 측정하였으며, 분석 결과 구리의 농도가 증가할 수록 가시광 흡수율이 증가함을 확인할 수 있다.

[0048] 표 1은 구리가 포함된 중공형 TiO_2 나노물질의 N_2 -sorption 분석 결과를 나타낸 것이다.

표 1

[0049]

Sample	pore size (nm)	pore volume (cc/g)	BET (m^2/g)
Cu/ TiO_2 1%	3.798	0.152	44
Cu/ TiO_2 3%	3.786	0.147	39
Cu/ TiO_2 5%	3.783	0.141	35
Cu/ TiO_2 7%	3.772	0.139	35
Cu/ TiO_2 9%	3.778	0.142	32

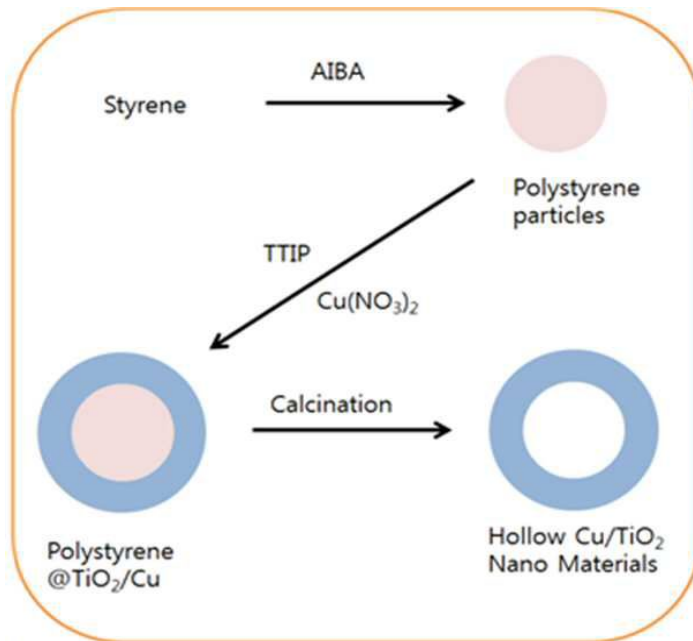
[0050] 표 1을 참조하면, BET를 통해 물질의 비표면적을 계산한 결과 평균 $37\text{m}^2/\text{g}$ 의 비표면적을 가지고, 이는 코어를 이루는 유기물질 제거를 통해 높은 비표면적 값이 나옴을 간접적으로 확인할 수 있다.

[0051] 또한, 메조 기공의 크기는 평균 3.7834 nm이며 기공의 부피는 평균 0.144 cc/g로 측정되었다.

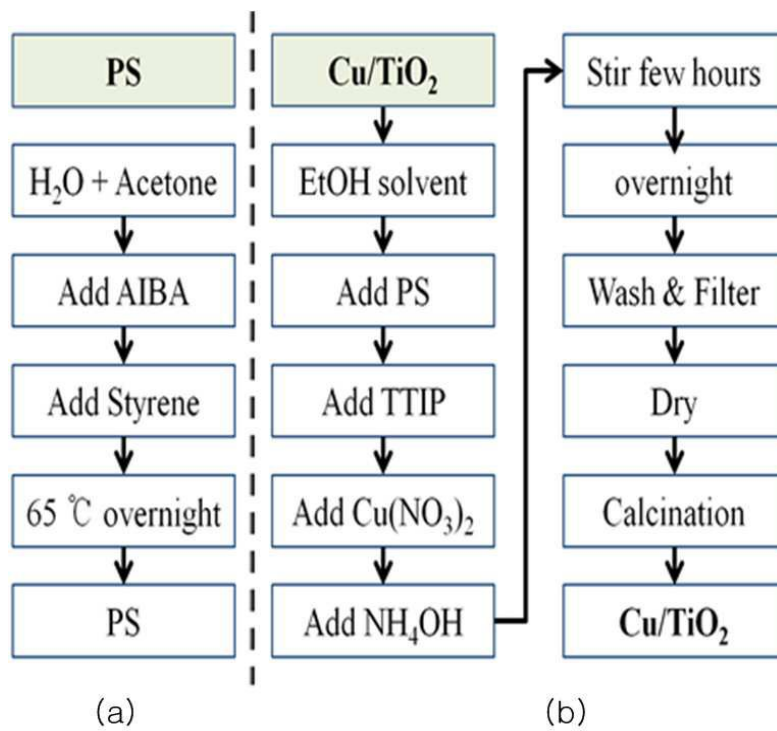
[0052] 이상의 설명에서 본 발명은 특정의 실시 예와 관련하여 도시 및 설명하였지만, 특허청구범위에 의해 나타난 발명의 사상 및 영역으로부터 벗어나지 않는 한도 내에서 다양한 개조 및 변화가 가능하다는 것은 당 업계에서 통상의 지식을 가진 자라면 누구나 쉽게 알 수 있을 것이다.

도면

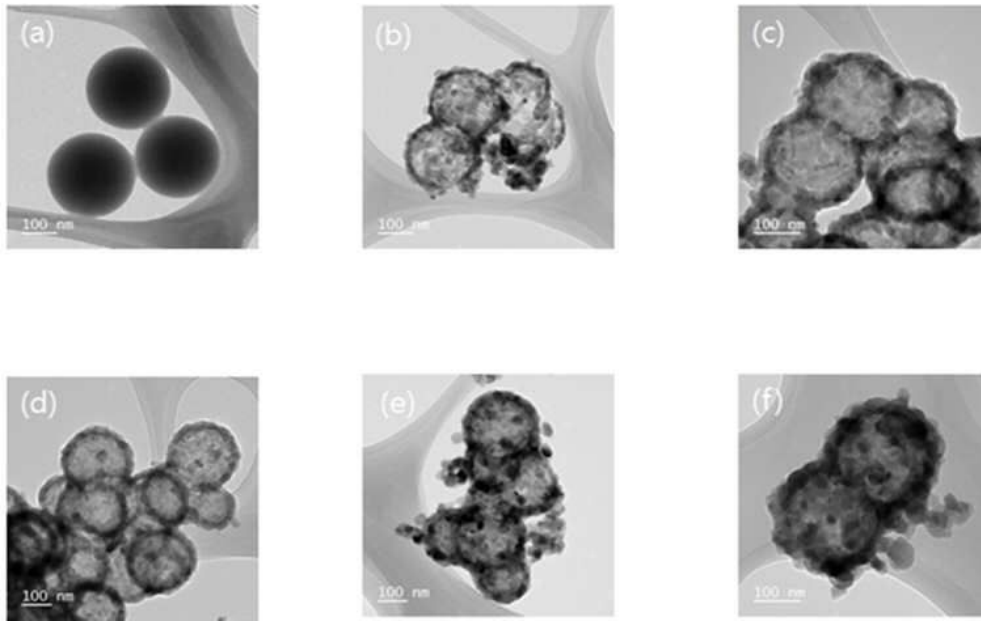
도면1



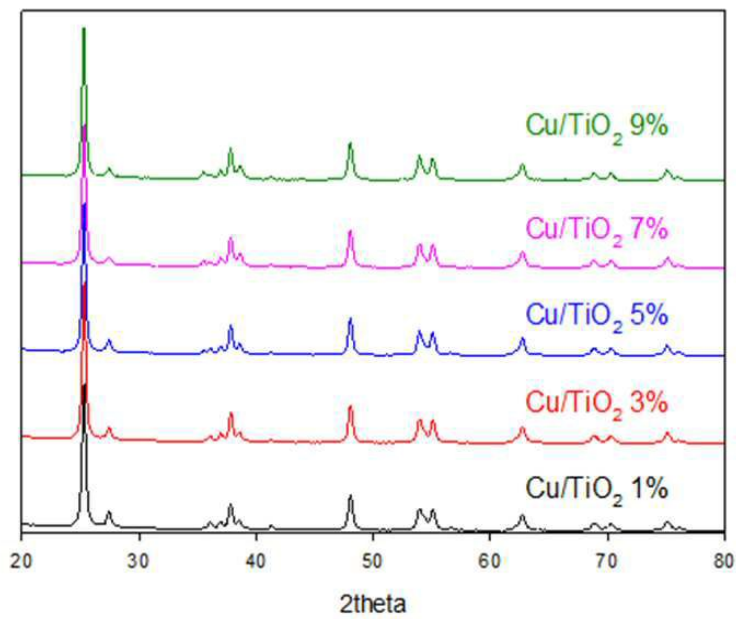
도면2



도면3



도면4



도면5

