



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2020-0087116
(43) 공개일자 2020년07월20일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B22F 9/24 (2006.01) B22F 1/00 (2006.01)
(52) CPC특허분류
B22F 9/24 (2013.01)
B22F 1/0003 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2020-0085172(분할)
(22) 출원일자 2020년07월10일
심사청구일자 2020년07월10일
(62) 원출원 특허 10-2018-0049983
원출원일자 2018년04월30일
심사청구일자 2018년04월30일

(71) 출원인
고려대학교 산학협력단
서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)
(72) 발명자
조진한
서울특별시 서초구 신반포로23길 41, 108동 1001호
김동희
서울특별시 용산구 장문로45나길 5
송용권
서울특별시 성북구 안암로9가길 9-27, 303호
(74) 대리인
정은열, 김태훈

전체 청구항 수 : 총 6 항

(54) 발명의 명칭 테트라옥틸암모늄으로 안정화된 은 나노입자의 제조방법

(57) 요약

본 발명은 테트라옥틸암모늄으로 안정화된 은 나노입자의 제조방법에 관한 것이다. 본 발명에 따르면 싸이오설페이트염 처리를 통해 테트라옥틸암모늄으로 안정화되어 높은 분산 안정성을 가지는 소수성 은 나노입자를 제공할 수 있다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

B22F 2301/255 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1711052404

부처명 미래창조과학부

연구관리전문기관 한국연구재단

연구사업명 (이공)중견연구자지원_도약연구

연구과제명 초박막 계면 설계를 통한 증상자기조립형 에너지 저장/하베스팅 및 촉매용 박막

기 여 율 1/1

주관기관 고려대학교 산학협력단

연구기간 2017.05.01 ~ 2018.04.30

명세서

청구범위

청구항 1

(a) 테트라옥틸암모늄 브로마이드(TOABr)가 용해된 무극성 용매와 은 전구체가 용해된 극성 용매의 혼합물을 제조하는 단계;

(b) 상기 혼합물에 싸이오설페이트염을 첨가하여 무극성 용매 층으로 은-싸이오설페이트 음이온($[Ag(S_2O_3)_2]^{3-}$)을 상전이시키는 단계; 및

(c) 상기 은-싸이오설페이트 음이온이 상전이된 무극성 용매 층을 분리한 후, 환원제를 첨가하는 단계;를 포함하고,

상기 (a) 단계에서, 상기 혼합물은 TOABr이 용해된 무극성 용매층과 은 전구체가 용해된 극성 용매층을 형성하며,

상기 (b) 단계에서, 상기 싸이오설페이트염 첨가에 의해 은-싸이오설페이트 음이온($[Ag(S_2O_3)_2]^{3-}$)이 형성된 후, 브롬 이온(Br^-)과 음이온 치환 반응을 통해 상기 은-싸이오설페이트 음이온이 상기 무극성 용매층으로 상전이되어 테트라옥틸암모늄 이온(TOA^+)과 복합체를 형성하고,

상기 TOABr은 상기 은 전구체 대비 2 ~ 4 배의 당량비로 상기 무극성 용매에 용해되며,

상기 (c) 단계에서, 테트라옥틸암모늄으로 안정화된 구형의 은 나노입자가 다수 생성되고,

생성된 다수의 상기 은 나노입자는, 직경이 7 ~ 11 nm이며, 그 중 7 ~ 9 nm 직경이 차지하는 비율이 전체 대비 85% 이상인 것을 특징으로 하는 은 나노입자의 제조방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 무극성 용매는 벤젠(benzene), 헥세인(hexane), 톨루엔(toluene), 이황화탄소(CS_2), 사염화탄소(CCl_4), 클로로포름($CHCl_3$), 디클로로메탄(CH_2Cl_2) 및 옥타데센(Octadecene) 중에서 선택된 1종 이상인 것을 특징으로 하는 은 나노입자의 제조방법.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 은 전구체는 질산은($AgNO_3$), 과염소산은($AlClO_4$), 염소산은($AgClO_3$), 탄산은(Ag_2CO_3), 황산은(Ag_2SO_4), 염화은($AgCl$), 브롬화은($AgBr$) 및 불소은(AgF)으로 이루어진 군으로부터 선택된 1종 이상인 것을 특징으로 하는 은 나노입자의 제조방법.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 극성 용매는 물, 알코올 및 이들의 혼합물로 이루어진 군으로부터 선택된 1종 이상인 것을 특징으로 하는 은 나노입자의 제조방법.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 싸이오설페이트염은 소듐싸이오설페이트, 암모늄싸이오설페이트, 실버싸이오설페이트 및 포타슘싸이오설페

이트로 이루어진 군에서 선택된 1종 이상인 것을 특징으로 하는 은 나노입자의 제조방법.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 환원제는 수소화붕소나트륨, 하이드라진, 아스코브르산, 아스코브르산 나트륨 및 이들의 혼합물로 이루어진 군에서 선택된 1종 이상인 것을 특징으로 하는 은 나노입자의 제조방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 테트라옥틸암모늄으로 안정화된 은 나노입자의 제조방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 은 (Ag)은 대표적인 귀금속 중 하나지만, 전 세계 생산량의 70 % 이상이 공업용으로 사용되고 있을 만큼 산업적 응용이 매우 큰 물질로서 촉매, 항균 및 탈취 효과뿐만 아니라 높은 전기 전도성을 가지고 있기 때문에, 이러한 성질들을 이용한 은 나노입자는 유기 촉매제, 광학 센서, 각종 전자기기의 결합 소재 및 도전성 도료 등으로 널리 사용되고 있다.

[0003] 이러한 은 나노입자를 제조하는 방법으로는 화학적 합성 방법, 기계적 제조 방법 등이 있는데, 기계적 공정을 통해 분쇄하는 기계적 제조 방법의 경우 공정 중 불순물의 혼입 가능성이 굉장히 높고 균일한 나노 크기의 입자 형성이 쉽지 않은 단점이 있고, 화학적 합성 방법의 경우 은 전구체를 이용해 은 입자를 제조하는 방법으로 기상법과 액상 환원법 등이 있는데, 기상법의 경우 매우 고가의 장비가 필요하다는 단점이 있어, 수득률이 높고, 반응 시간 및 온도 조절 등을 통해 비교적 쉽게 다양한 크기의 균일한 나노 입자를 상대적으로 적은 비용으로 얻을 수 있는 액상 환원법이 선호되고 있다. 이러한 액상 환원법을 이용하면 친수성과 소수성 두 종류의 나노입자를 합성할 수 있는데, 소수성 나노입자의 합성시 보다 높은 결정성과 균일한 크기의 나노입자를 합성할 수 있다.

[0004] 소수성 은 나노입자 합성의 경우 말단 기에 아민 기나 싸이올 기를 갖는 긴 탄소 사슬의 안정제가 많이 이용되는데, 특히 싸이올 기를 갖는 안정제를 사용할 경우 나노입자에게 용액 내에서 높은 분산 안정성은 부여할 수 있지만, 싸이올 기와 입자 표면간의 매우 강한 결합에 의해 촉매나 생물학적 분야에서 요구되는 은 나노입자의 기능을 떨어뜨릴 수 있다는 단점이 있다.

[0005] 한편, 금 나노입자의 경우 금속 표면에 대해 상대적으로 약한 결합력을 갖는 테트라옥틸암모늄을 안정제로 이용한 연구가 보고된 바 있으나, 이를 은 나노입자의 합성에 적용한 예는 보고된 바 없다.

[0006] 따라서, 입자 표면과 보다 약한 결합력을 가지면서 입자의 높은 분산 안정성을 유지시킬 수 있는 안정제의 사용을 통해 은 나노입자 본연의 특성을 발휘하도록 하기 위한 새로운 은 나노입자의 합성법이 요구되는 실정이다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 본 발명은 전술한 문제점을 해결하기 위해 안출된 것으로, 본 발명에서는 싸이오설페이트염 처리를 통해 테트라옥틸암모늄으로 안정화된 은 나노입자를 제조하는 방법을 제공하고자 한다.

[0008] 또한, 본 발명은 상기 제조방법에 의해 제조된 은 나노입자를 제공하고자 한다.

과제의 해결 수단

[0009] 본 발명은 상기 과제를 해결하기 위하여,

[0010] (a) 테트라옥틸암모늄 브로마이드(TOABr)가 용해된 무극성 용매와 은 전구체가 용해된 극성 용매의 혼합물을 제조하는 단계;

[0011] (b) 상기 혼합물에 싸이오설페이트염을 첨가하여 무극성 용매 층으로 은-싸이오설페이트 음이온($[Ag(S_2O_3)_2]^{3-}$)을

상전이시키는 단계; 및

- [0012] (c) 상기 은-싸이오설페이트 음이온이 상전이된 무극성 용매 층을 분리한 후, 환원제를 첨가하는 단계;를 포함하고,
- [0013] 상기 (a) 단계에서, 상기 혼합물은 TOABr이 용해된 무극성 용매층과 은 전구체가 용해된 극성 용매층을 형성하며,
- [0014] 상기 (b) 단계에서, 상기 싸이오설페이트염 첨가에 의해 은-싸이오설페이트 음이온($[Ag(S_2O_3)_2]^{3-}$)이 형성된 후, 브롬 이온(Br^-)과 음이온 치환 반응을 통해 상기 은-싸이오설페이트 음이온이 상기 무극성 용매층으로 상전되어 테트라옥틸암모늄 이온(TOA^+)과 복합체를 형성하고,
- [0015] 상기 TOABr은 상기 은 전구체 대비 2 ~ 4 배의 당량비로 상기 무극성 용매에 용해되며,
- [0016] 상기 (c) 단계에서, 테트라옥틸암모늄으로 안정화된 구형의 은 나노입자가 생성되고,
- [0017] 생성된 상기 은 나노입자는, 직경이 7 ~ 11 nm이며, 그 중 7 ~ 9 nm 직경이 차지하는 비율이 전체 대비 85% 이상인 것을 특징으로 하는 은 나노입자의 제조방법을 제공한다.
- [0018] 본 발명에 따르면, 상기 무극성 용매는 벤젠(benzene), 헥세인(hexane), 톨루엔(toluene), 이황화탄소(CS_2), 사염화탄소(CCl_4), 클로로포름($CHCl_3$), 디클로로메탄(CH_2Cl_2) 및 옥타데센(Octadecene) 중에서 선택된 1종 이상일 수 있다.
- [0019] 본 발명에 따르면, 상기 은 전구체는 질산은($AgNO_3$), 과염소산은($AlClO_4$), 염소산은($AgClO_3$), 탄산은(Ag_2CO_3), 황산은(Ag_2SO_4), 염화은($AgCl$), 브롬화은($AgBr$) 및 불소은(AgF)으로 이루어진 군으로부터 선택된 1종 이상일 수 있다.
- [0020] 본 발명에 따르면, 상기 극성 용매는 물, 알코올 및 이들의 혼합물로 이루어진 군으로부터 선택된 1종 이상일 수 있다.
- [0021] 본 발명에 따르면, 상기 싸이오설페이트염은 소듐싸이오설페이트, 암모늄싸이오설페이트, 실버싸이오설페이트 및 포타슘싸이오설페이트로 이루어진 군에서 선택된 1종 이상일 수 있다.
- [0022] 본 발명에 따르면, 상기 환원제는 수소화붕소나트륨, 하이드라진, 아스코브르산, 아스코브르산 나트륨 및 이들의 혼합물로 이루어진 군에서 선택된 1종 이상일 수 있다.

발명의 효과

- [0023] 본 발명에 따르면 싸이오설페이트염 처리를 통해 테트라옥틸암모늄으로 안정화되어 높은 분산 안정성을 가지는 소수성 은 나노입자를 제공할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0024] 도 1은 본 발명에 따른 은 나노입자의 제조 공정을 개략적으로 나타낸 도면이다.
- 도 2는 본 발명에 따라 싸이오설페이트염을 첨가하여 상전이가 일어난 무극성 용매층의 1H NMR 분석 결과를 나타낸 것이다.
- 도 3은 본 발명의 실시예 1에 따라 톨루엔 중에 분산된, 싸이오설페이트염 처리를 통해 테트라옥틸암모늄으로 안정화된 은 나노입자(TOAS-Ag NPs)의 HR-TEM 이미지이다.
- 도 4는 도 3의 HR-TEM 이미지로부터 측정된 TOAS-Ag NPs의 크기 분포를 나타낸 그래프이다.
- 도 5는 본 발명의 비교예 1에 따라 합성된 은 나노입자의 HR-TEM 이미지이다.
- 도 6은 본 발명의 실시예 1에 따라 합성된 TOAS-Ag NPs의 합성 5일 후 TEM 이미지를 나타낸 것이다.
- 도 7은 본 발명의 실시예 1에 따라 합성된 TOAS-Ag NPs의 UV 흡광도를 나타낸 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0025] 이하, 본 발명을 보다 상세하게 설명한다.
- [0027] 종래 소수성 은 나노입자 합성의 경우 말단 기에 아민 기나 싸이올 기를 갖는 긴 탄소 사슬의 안정제가 많이 이용되어 왔는데, 특히 싸이올 기를 갖는 안정제를 사용할 경우 나노입자에게 용액 내에서 높은 분산 안정성은 부여할 수 있지만, 싸이올 기와 입자 표면간의 매우 강한 결합에 의해 촉매나 생물학적 분야에서 요구되는 은 나노입자의 기능을 떨어뜨릴 수 있다는 단점이 있다.
- [0028] 이러한 문제로 인해 금속 표면에 대해 상대적으로 약한 결합력을 갖는 테트라옥틸암모늄을 안정제로 이용하여 금 나노입자를 합성하는 연구가 보고된 바 있으나, 은 나노입자의 경우 은 전구체의 원활한 상전이가 이루어지지 않는 문제로 인해 테트라옥틸암모늄을 안정제로 이용한 합성에는 보고된 바 없다.
- [0029] 이러한 기술적 배경 하에서 본 발명자들은 테트라옥틸암모늄을 안정제로 이용하여 입자 표면과 보다 약한 결합력을 가지면서도 입자의 분산 안정성을 높이는 방법에 대해 연구하던 중, 합성 과정 중에 싸이오설페이트염을 처리할 경우 테트라옥틸암모늄으로 안정화되어 높은 분산 안정성을 가지는 소수성 은 나노입자를 합성할 수 있음을 확인하고 본 발명을 완성하였다.
- [0031] 이에, 본 발명에서는 (a) 테트라옥틸암모늄 브로마이드(TOABr)가 용해된 무극성 용매와 은 전구체가 용해된 극성 용매의 혼합물을 제조하는 단계; (b) 상기 혼합물에 싸이오설페이트염을 첨가하여 무극성 용매 층으로 은-싸이오설페이트 음이온($[Ag(S_2O_3)_2]^{3-}$)을 상전이시키는 단계; 및 (c) 상기 은-싸이오설페이트 음이온이 상전이된 무극성 용매 층을 분리한 후, 환원제를 첨가하는 단계;를 포함하는 은 나노입자의 제조방법을 제공한다.
- [0032] 구체적으로 상기 (a) 단계는 테트라옥틸암모늄 브로마이드(TOABr)가 용해된 무극성 용매와 은 전구체가 용해된 극성 용매의 혼합물을 제조하는 단계이다. 상기 (a) 단계를 통해 상기 혼합물은 TOABr이 용해된 무극성 용매층과 은 전구체가 용해된 극성 용매층을 형성하게 된다.
- [0033] 다음으로, 상기 (b) 단계는 상기 혼합물에 싸이오설페이트염을 첨가하여 무극성 용매 층으로 은-싸이오설페이트 음이온($[Ag(S_2O_3)_2]^{3-}$)을 상전이시키는 단계이다. 테트라옥틸암모늄 브로마이드(TOABr)는 Au 및 Pd NP와 같은 소수성 금속 NP를 합성하는데 광범위하게 사용되었지만, TOA^+Br^- 및 Ag 전구체 이온(예를 들어 $Ag^+NO_3^-$) 사이의 상대적으로 낮은 친화성 때문에 소수성 은 나노입자 합성을 위한 안정제로는 사용되지 못하였으나, 상기 혼합물에 싸이오설페이트염이 첨가될 경우 은-싸이오설페이트 음이온($[Ag(S_2O_3)_2]^{3-}$)이 형성되고, 상기 은-싸이오설페이트 음이온은 브롬 이온(Br^-)과 음이온 치환 반응을 통해 무극성 용매층으로 상전이가 일어나게 되며, 상기 상전이된 은-싸이오설페이트 음이온은 TOA^+ 와 복합체를 형성하게 된다.
- [0034] [반응식]
- [0035] $Ag^+_{(aq)}S_2O_3^{2-}_{(aq)} \ll Ag(S_2O_3)^-_{(aq)} \quad k_1=7.4 \times 10^8 \quad (1)$
- [0036] $Ag(S_2O_3)^-_{(aq)} + S_2O_3^{2-}_{(aq)} \ll [Ag(S_2O_3)_2]^{3-}_{(aq)} \quad k_2=3.9 \times 10^4 \quad (2)$
- [0038] 마지막으로, 상기 (c) 단계는 상기 은-싸이오설페이트 음이온이 상전이된 무극성 용매 층을 분리한 후, 환원제를 첨가하는 단계로, 상기 (c) 단계의 환원을 통해 최종적으로 소수성 은 나노입자를 수득할 수 있다.
- [0039] 이때, 상기 ToABr은 상기 은 전구체 대비 2-4 배의 당량비로 혼합되는 것이 바람직하다. 상기 ToABr의 당량비가 상기 하한치 미만이거나 상기 상한치를 초과할 경우 입자의 크기가 너무 크거나 작게되고, 상대적으로 불균일하게 합성된다는 문제가 있다.
- [0040] 또한, 상기 무극성 용매는 벤젠(benzene), 헥세인(hexane), 톨루엔(toluene), 이황화탄소(CS_2), 사염화탄소

(CCl₄), 클로로포름(CHCl₃), 디클로로메탄(CH₂Cl₂) 및 옥타데센(Octadecene) 중에서 선택된 1종 이상일 수 있다.

[0041] 또한, 상기 은 전구체는 질산은(AgNO₃), 과염소산은(AlClO₄), 염소산은(AgClO₃), 탄산은(Ag₂CO₃), 황산은(Ag₂SO₄), 염화은(AgCl), 브롬화은(AgBr) 및 불소은(AgF)으로 이루어진 군으로부터 선택된 1종 이상일 수 있다.

[0042] 또한, 상기 극성 용매는 물, 알코올 및 이들의 혼합물로 이루어진 군으로부터 선택된 1종 이상일 수 있다. 이때, 상기 알코올은 프로판올(propanol), 부탄올(butanol), 펜탄올(pentanol), 헥산올(hexanol) 및 이들의 혼합물로 이루어진 군으로부터 선택될 수 있다.

[0043] 또한, 상기 싸이오설페이트염은 소듐싸이오설페이트, 암모늄싸이오설페이트, 실버싸이오설페이트 및 포타슘싸이오설페이트로 이루어진 군에서 선택된 1종 이상일 수 있다.

[0044] 또한, 상기 환원제는 수소화붕소나트륨, 하이드라진, 아스코브르산, 아스코브르산 나트륨 및 이들의 혼합물로 이루어진 군에서 선택된 1종 이상일 수 있다.

[0046] 이하에서는 바람직한 실시예 등을 들어 본 발명을 더욱 상세하게 설명한다. 그러나 이들 실시예 등은 본 발명을 보다 구체적으로 설명하기 위한 것으로, 본 발명의 범위가 이에 의하여 제한되지 않는다는 것은 당업계의 통상의 지식을 가진 자에게 자명할 것이다.

[0048] 실시예 1. 싸이오설페이트염 처리를 통해 테트라옥틸암모늄으로 안정화된 은 나노입자(TOAS-Ag NPs)의 합성

[0049] 먼저, 8 mL의 DI water 중의 0.3 mmol의 은 전구체(AgNO₃) 및 8 mL의 톨루엔에 용해된 0.75 mmol(은 전구체 대비 2.5배 당량비)의 테트라옥틸암모늄 브로마이드 (TOABr)를 반응 플라스크에서 혼합하였다. 상기 반응 혼합물을 실온에서 10분 동안 교반한 후에 1.2 mmol의 소듐싸이오설페이트(Na₂S₂O₃)를 첨가함으로써, 은-싸이오설페이트 음이온([Ag(S₂O₃)₂]³⁻)이 형성한 후 음이온 치환을 통해 톨루엔 층으로 상전이 시켰다. 이러한 상전이는 탁한 반응 혼합물 용액이 투명 용액이 되는 것을 관찰함으로써 확인하였다. 10분 후 상전이된 톨루엔 층을 분리하였으며, 환원제인 수소화붕소나트륨(NaBH₄) 0.45 mmol을 DI water 8 mL에 넣은 후 상기 상전이된 톨루엔 용액과 혼합 및 10분 동안 격렬히 교반하였다. 환원제 첨가 및 교반을 통해 투명한 톨루엔 용액이 진한 갈색으로 변함을 확인하였으며, 이를 통해 테트라옥틸암모늄으로 안정화된 은 나노입자(TOAS-Ag NPs)가 형성됨을 확인하였다. 반응 후 상기 진한 갈색의 TOAS-Ag NP를 분리하고, DI water, 10 mM HCl 및 10 mM NaOH로 세척하였으며, 원심 분리(10 분 동안 8,000 rpm)를 통해 균일한 크기의 TOAS-Ag NP를 수득하였다.

[0051] 비교예 1.

[0052] 8 mL의 톨루엔에 용해된 1.5 mmol(은 전구체 대비 5배 당량비)의 테트라옥틸암모늄 브로마이드 (TOABr)를 사용한 것을 제외하고는 상기 실시예 1과 동일한 방법을 통해 은 나노입자를 합성하였다.

[0054] 실험예 1. ¹H NMR 분석

[0055] 도 2는 본 발명에 따라 싸이오설페이트염을 첨가하여 상전이가 일어난 무극성 용매층의 ¹H NMR 분석 결과를 나타낸 것이다.

[0056] 분석 결과, 테트라옥틸암모늄 분자의 N⁺로부터의 첫 번째 메틸기(*) 신호가 상향 전이(upfield shift)됨을 확인할 수 있었는데, 이를 통해 싸이오설페이트염 첨가시 은-싸이오설페이트 음이온([Ag(S₂O₃)₂]³⁻)이 형성되고, 상기 은-싸이오설페이트 음이온이 브롬 이온(Br⁻)과 음이온 치환 반응을 통해 무극성 용매층으로 상전이가 일어나게 됨을 확인하였다.

[0058] 실험예 2. TOAS-Ag NPs의 HR-TEM 이미지 및 크기 분포 측정

[0059] 도 3은 본 발명의 실시예 1에 따라 톨루엔 중에 분산된, 싸이오설페이트염 처리를 통해 테트라옥틸암모늄으로 안정화된 은 나노입자(TOAS-Ag NPs)의 HR-TEM 이미지이고, 도 4는 상기 도 2의 HR-TEM 이미지로부터 측정된 TOAS-Ag NPs의 크기 분포를 나타낸 그래프이며, 도 5는 비교예 1에 따라 합성된 은 나노입자의 HR-TEM 이미지이다.

[0060] 이를 통해 은 전구체 대비 5배 당량비로 ToABr을 사용한 비교예 1의 경우 입자의 평균 직경이 약 5 nm이며 상대적으로 불균일하게 합성되는 반면, 은 전구체 대비 2.5배 당량비로 ToABr을 사용한 실시예 1의 경우 균일한 크기의 구형 은 나노입자가 안정적으로 제조됨을 확인하였으며, 구체적으로 평균 직경 약 8.29 nm의 균일한 크기 분포를 가지는 은 나노입자가 제조됨을 확인하였다.

[0062] 실험예 3. TOAS-Ag NPs의 안정성 측정

[0063] 도 6은 실시예 1에 따라 합성된 TOAS-Ag NPs의 합성 5일 후 TEM 이미지를 나타낸 것이다.

[0064] 이를 통해 본 발명에 따라 싸이오설페이트염 처리를 통해 테트라옥틸암모늄으로 안정화된 은 나노입자는 싸이오설페이트 음이온의 처리 및 S 함유 분자와 은 표면의 상호 작용으로 인하여 합성 5일 후에도 매우 안정적인 상태를 유지한다는 것을 확인하였다.

[0066] 실험예 4. TOAS-Ag NPs의 UV 흡광도 측정

[0067] 도 7은 실시예 1에 따라 합성된 TOAS-Ag NPs의 UV 흡광도를 나타낸 그래프이다.

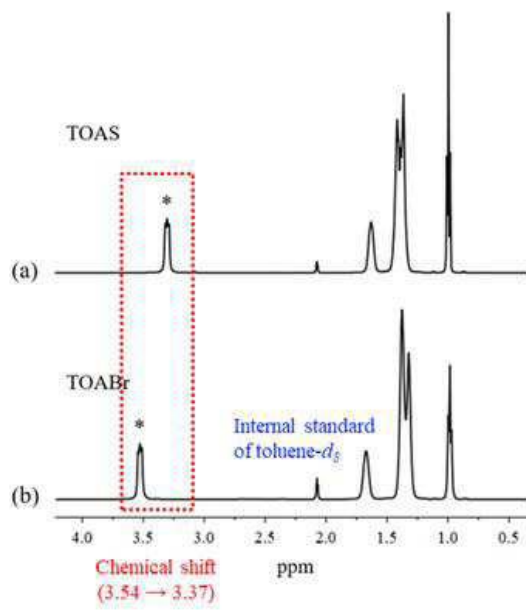
[0068] 측정 결과 418 nm에서 표면 플라즈몬 흡수 피크가 관찰되었는바, 이를 통해 본 발명에 따라 합성된 은 나노입자는 종래 보고된 은 나노입자(Yang *et al.*, *Langmuir* (2003))의 고유 특성을 잃지 않고 안정적으로 유지하고 있음을 확인하였다.

도면

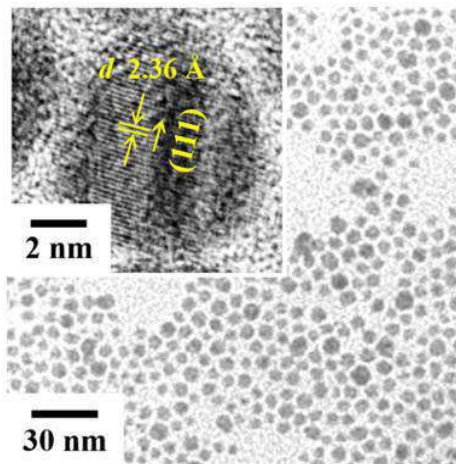
도면1



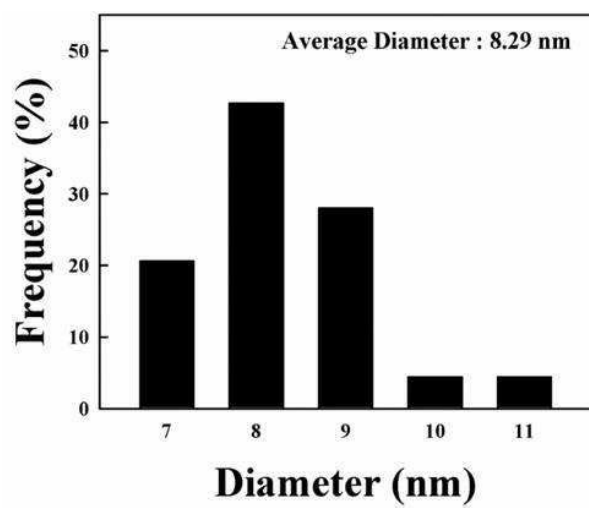
도면2



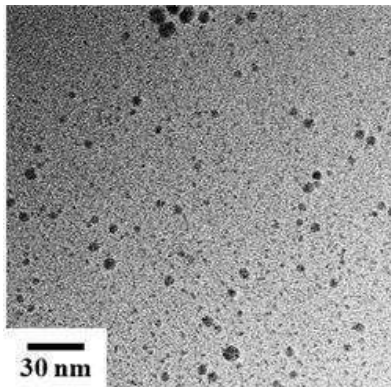
도면3



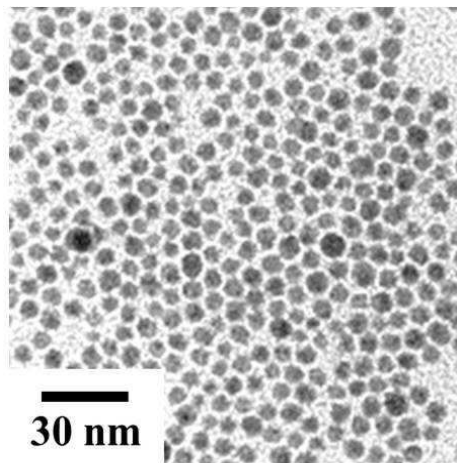
도면4



도면5



도면6



도면7

