

	(19) 대한민국특허청(KR) (12) 공개특허공보(A)	(11) 공개번호 10-2014-0101210 (43) 공개일자 2014년08월19일
(51) 국제특허분류(Int. Cl.) B22F 9/24 (2006.01) B82B 3/00 (2006.01)		(71) 출원인 임종국 광주광역시 북구 일곡로 100, 101동901호(일곡동, 현대아파트)
(21) 출원번호 10-2013-0014610		(72) 발명자 임종국 광주 북구 일곡로 100, 101동 901호 (일곡동, 현대1차아파트)
(22) 출원일자 2013년02월08일 심사청구일자 2013년02월08일		백지연 광주 북구 유림로 175, 104동 1704호 (동림동, 삼익아파트) (뒷면에 계속)
		(74) 대리인 이재량

전체 청구항 수 : 총 5 항

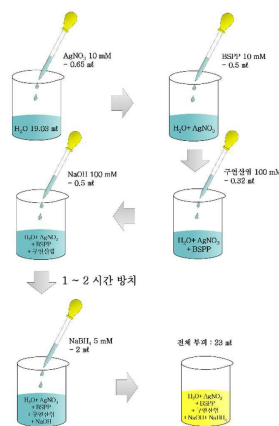
(54) 발명의 명칭 은 나노입자의 제조방법

(57) 요약

본 발명은 은 나노입자의 제조방법에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 용액의 pH를 증가시키거나 용질의 농도를 증가시켜 용액 중의 은 나노입자의 뭉침을 유도하여 큐브, 십자가, 정팔면체, 막대기 형태와 같이 다양한 모양을 갖는 은 나노입자를 제조할 수 있는 방법에 관한 것이다.

본 발명의 은 나노입자의 제조방법은 용액의 pH를 강염기로 조절해서 상기 용액 중에서 생성되는 구형 은(Ag) 입자들의 뭉침을 유도하여 다각형의 은 나노 입자를 형성시킨다. 이때 용액의 pH는 11 내지 12인 것이다. 다각형의 은 나노입자는 큐브, 십자가, 정팔면체이다.

대표도 - 도1



(72) 발명자

조지희

광주 광산구 월곡산정로 80, 12동 1404호 (월곡동,
금호타운아파트)

정병규

광주 서구 화개1로 59-2, 114동 1203호 (금호동,
종원팰리스빌아파트)

특허청구의 범위

청구항 1

용액의 pH를 강염기로 조절해서 상기 용액 중에서 생성되는 구형 은(Ag) 입자들의 뭉침을 유도하여 다각형의 은 나노 입자를 형성시키는 것을 특징으로 하는 은 나노입자의 제조방법.

청구항 2

제 1항에 있어서, 상기 용액의 pH는 11 내지 12인 것을 특징으로 하는 은 나노입자의 제조방법.

청구항 3

제 1항에 있어서, 상기 다각형은 큐브, 십자가, 정팔면체인 것을 특징으로 하는 은 나노입자의 제조방법.

청구항 4

제 1항에 있어서, 상기 다각형 은 나노입자의 제조방법은 a)은 이온이 함유된 전구용액을 수득하는 단계와, b)상기 전구용액의 pH를 강염기로 조절하는 단계와, c)상기 전구용액 중의 은 이온을 환원시켜 상기 구형의 은 입자를 생성시키는 단계와, d)상기 구형의 은 입자들이 서로 뭉쳐 상기 다각형의 은 입자를 형성시키는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 은 나노입자의 제조방법.

청구항 5

용액 중에서 생성되는 구형 은(Ag) 입자들의 농도를 조절해서 상기 구형 은 입자들의 뭉침을 유도하여 막대기형의 은 나노 입자를 형성시키는 것을 특징으로 하는 은 나노입자의 제조방법.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 은 나노입자의 제조방법에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 용액의 pH를 증가시키거나 용질의 농도를 증가시켜 용액 중의 은 나노입자의 뭉침을 유도하여 큐브, 십자가, 정팔면체, 막대기 형태와 같이 다양한 모양을 갖는 은 나노입자를 제조할 수 있는 방법에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 1990년대부터 나노과학기술이 서서히 발달하기 시작하면서 물질의 성질이 물질 자체의 종류에 의해서 바뀔 뿐만 아니라 같은 물질일 때에도 크기에 의해서도 달라진다는 사실을 알게 되었다.

[0003] 금속의 크기가 벌크(bulk) 크기(대략 마이크로미터 이상)일 때에는 달리 나노미터 크기가 되기 시작하면서 금속의 여러 가지 성질은 달라지기 시작한다.¹ 예를 들어, 금(gold)의 경우 벌크 크기일 경우 노란색을 나타내게 되지만 크기가 작아져서 대략 수십 나노미터의 크기가 되기 시작하면서 빨간색을 띠게 된다. 이와 같이 크기가 작아짐에 따라서 색깔이 변하는 이유는 물질의 크기가 작아짐에 따라 금속 표면에서 형성되는 표면 플라즈몬의 공명 에너지가 적외선 영역으로부터 가시광선 영역으로 이동하기 때문이다.

[0004] 물질이 나노미터의 크기가 될 경우 광학적 성질뿐만이 아니라 전기적 성질, 자기적 성질은 물론 때로는 기계적 성질까지도 달라질 수 있다고 알려져 있다. 따라서 물질이 갖고 있는 고유성질 외에 물질의 크기를 줄임으로써 새로운 성질을 나타내도록 할 수 있으며 이와 같은 새로운 성질을 이용하고자 많은 분야에서 다양한 시도가 있었다.

[0005] 금속 나노입자를 합성하는 방법은 구형의 나노입자를 만드는 방법과 그 외 다른 형태의 나노입자를 만드는 방법으로 나눌 수 있다. 구형의 금속 나노입자를 만드는 대표적인 방법으로는 금속 이온을 환원제를 이용하여 환원시키는 방법이다.² 구형 외에 다른 형태의 나노입자를 만들기 위해서 보통 취하는 방법은 소위 “seed-mediated growth”라는 방법으로서 구형의 금속 나노입자를 만든 뒤에 이 구형의 금속 나노입자를 일종의 “씨앗(seed)”

으로 이용하여 특정 방향으로 성장시키는 방법이다.³

선행기술문헌

- [0006] 1. 양성익, 물리학과 첨단기술 15, 31 (2006).
- [0007] 2. P. C. Lee, D. Meisel, J. Phys. Chem. 86, 3391 (1982).
- [0008] 3. B. Nikoobakht, M. A. El-Sayed, Chem. Mater. 15, 1957 (2003).

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0009] 본 발명에서는 다양한 형태의 은 나노입자를 손쉽게 간단하게 합성하기 위하여 기존 알려져 있는 방법이 아닌 새로운 방법을 제시하고자 한다.
- [0010] 본 발명은 용액의 pH를 증가시키거나 용질의 농도를 증가시켜 용액 중의 은 나노입자의 뭉침을 유도하여 큐브, 십자가, 정팔면체, 막대기 형태와 같이 다양한 모양을 갖는 은 나노입자를 제조할 수 있는 제조방법을 제공하는 데 그 목적이 있다.

과제의 해결 수단

- [0011] 상기의 목적을 달성하기 위한 본 발명의 은 나노입자의 제조방법은 일 예로 용액의 pH를 강염기로 조절해서 상기 용액 중에서 생성되는 구형 은(Ag) 입자들의 뭉침을 유도하여 다각형의 은 나노 입자를 형성시키는 것을 특징으로 한다.
- [0012] 상기 용액의 pH는 11 내지 12인 것을 특징으로 한다.
- [0013] 상기 다각형은 큐브, 십자가, 정팔면체인 것을 특징으로 한다.
- [0014] 상기 다각형 은 나노입자의 제조방법은 a)은 이온이 함유된 전구용액을 수득하는 단계와, b)상기 전구용액의 pH를 강염기로 조절하는 단계와, c)상기 전구용액 중의 은 이온을 환원시켜 상기 구형의 은 입자를 생성시키는 단계와, d)상기 구형의 은 입자들이 서로 뭉쳐 상기 다각형의 은 입자를 형성시키는 단계를 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [0015] 그리고 상기의 목적을 달성하기 위한 본 발명의 은 나노입자의 제조방법은 다른 예로 용액 중에서 생성되는 구형 은(Ag) 입자들의 농도를 조절해서 상기 구형 은 입자들의 뭉침을 유도하여 막대기형의 은 나노 입자를 형성시키는 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

- [0016] 상술한 바와 같이 본 발명은 용액의 pH를 증가시켰을 때 나노입자의 뭉침이 유도됨을 이론을 통해 입증하였고 이러한 이론에 따라 pH를 증가시켰을 때 구형 나노입자의 뭉침에 의해 다양한 형태(큐브, 십자가, 정팔면체)의 은 나노입자가 손쉽게 합성될 수 있음을 제시하고 있다.
- [0017] 그리고 은 나노입자의 뭉침을 유도하기 위한 또 다른 방법으로서 과량의 질산은과 환원제를 사용함으로써 용질의 농도를 높였다. 구형의 은 나노입자가 합성된다고 알려져 있는 농도보다 훨씬 진한 농도의 질산은과 환원제를 사용하였을 때 막대기 형태의 은 나노입자가 형성된다는 사실을 발견하였다.
- [0018] 본 발명에서 소개되고 있는 제조방법은 지금까지 보고된 바 없는 새로운 방법으로서, 새로운 형태의 나노입자를 합성할 수 있는 손쉬운 방법을 제공해준다. 특히, 십자가 형태의 은 나노입자는 지금까지 보고된 바 없는 새로운 형태의 나노입자이다.

도면의 간단한 설명

- [0019] 도 1은 본 발명의 일 실시 예로 큐브, 십자가, 정팔면체 형태의 은 나노입자를 합성하는 과정을 보여주는 그림이고,
- 도 2는 본 발명의 다른 실시 예로 막대기 형태의 은 나노입자를 합성하는 과정을 보여주는 그림이고,

도 3은 pH에 따른 DLVO 계산결과를 보여주는 그래프이고,

도 4는 본 발명의 실시 예에 따라 제조된 큐브, 십자가, 정팔면체, 막대기 형태의 은 나노입자를 찍은 전자현미경 이미지들이고,

도 5는 구형의 은 나노입자들이 뭉쳐서 도 4와 같은 형태의 입자로 완성되어 가고 있는 모습을 보여주고 있는 이미지들이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0020] 이하, 본 발명의 바람직한 실시 예에 따른 은 나노입자의 제조방법에 대하여 구체적으로 설명한다.
- [0021] 본 발명은 큐브, 십자가, 정팔면체, 막대기와 같은 다양한 형상의 은 나노입자를 제공한다.
- [0022] 본 발명의 일 실시 예에 따른 은 나노입자의 제조방법은 용액의 pH를 강염기로 조절해서 상기 용액 중에서 생성되는 구형 은(Ag) 입자들의 뭉침을 유도하여 은 나노입자를 제조한다. 구형 은 입자들은 서로 뭉쳐 큐브, 십자가, 정팔면체와 같은 다각형으로 성장한다.
- [0023] 다각형의 은 나노입자를 제조하기 위한 방법은 더 구체적으로 보면, a)은 이온이 함유된 전구용액을 수득하는 단계와, b)상기 전구용액의 pH를 강염기로 조절하는 단계와, c)상기 전구용액 중의 은 이온을 환원시켜 상기 구형의 은 입자를 생성시키는 단계와, d)상기 구형의 은 입자들이 서로 뭉쳐 상기 다각형의 은 입자를 형성시키는 단계로 구분될 수 있다.
- [0024] 전구용액의 일 예로 물에 질산은을 녹인 것이다. 이러한 전구용액에는 은 이온이 일정한 농도로 존재한다. 전구용액이 준비되면 전구용액의 pH를 강염기로 조절한다. pH를 강염기로 조절하기 위해 수산화나트륨 등과 같은 알칼리 물질을 첨가한다.
- [0025] 본 발명에서 전구용액의 바람직한 pH는 11 내지 12의 강염기이다. pH가 11미만으로 낮을 경우 구형 은 입자들이 뭉치기 위해서 넘어야 할 장벽이 높아 효과적으로 뭉치기 어렵고, 반대로 pH가 12를 초과하면 구형의 은 입자들이 특정 방향을 갖기 위해 배열되는 속도보다 뭉치는 속도가 더 빠르기 때문에 특정 형태의 입자를 형성하기 어렵다.
- [0026] 전구용액의 pH를 강염기로 조절한 후 환원제를 첨가하여 전구용액 중의 은 이온을 환원시켜 구형의 은 입자를 생성시킨다. 환원제로 구연산염 또는 소듐 보로하이드라이드(Sodium Borohydride, NaBH_4)를 이용할 수 있다. 구연산염으로 구연산나트륨($\text{C}_6\text{H}_5\text{Na}_3\text{O}_7$)을 이용할 수 있다.
- [0027] 환원되어 강염기의 용액 내에 존재하는 구형 은 입자들은 나노 크기를 갖는다. 이러한 구형 은 입자들은 강염기 조건에서 서로 뭉쳐 큐브, 십자가, 정팔면체의 형태의 다각형으로 생성된다. 하나의 용액 내에서 은 나노입자는 큐브형, 십자가형, 정팔면체형이 공존하거나 어느 하나의 형태만이 단독으로 존재할 수 있다.
- [0028] 한편, 본 발명의 다른 실시 예에 따른 은 나노입자의 제조방법은 용액 중에 함유된 은 이온의 농도를 증가시켜 용액 중의 은 나노입자의 뭉침을 유도하여 막대기형의 은 나노 입자를 형성시킨다. 은 이온의 농도가 증가되면, 은 이온을 환원시키기 위한 환원제의 농도도 증가되고, 그에 따라 환원되는 구형 은 입자의 농도가 높아진다.
- [0029] 막대기형의 은 나노입자를 제조하기 위한 방법의 일 예로 132.5mM 질산은(AgNO_3) 250 mL와, 3.4M 구연산염 10 mL를 혼합한 후 마그네틱 바로 격렬하게 교반하면서 가열한다. 약 20분간 가열하게 되면 용액의 색깔이 하얀색에서 짙은 갈색으로 변하게 되는데, 이때 가열을 중지한다. 가열 후 용액 내에 점도가 큰 회색의 입자들이 존재하게 되는데, 이 입자들이 바로 막대기형 은 나노입자이다.
- [0030] 이하, 실시 예를 통하여 본 발명의 은 나노입자의 제조방법에 대해 설명하고자 한다. 다만, 하기의 실시 예는 본 발명을 구체적으로 설명하기 위한 것으로, 본 발명의 범위를 하기의 실시 예로 한정하는 것은 아니다.
- [0031] 1. 실시 예
- [0032] 본 발명에서 제시하는 제조방법은 크게 두 가지로 나뉜다. 하나는 큐브, 십자가, 정팔면체 형태의 은 나노입자를 만들기 위한 방법(도 1 참고)이고, 다른 하나는 막대기 형태의 은 나노입자를 합성하는 방법(도 2 참고)이다.
- [0033] 특별히 언급되지 않는 한, 화학물질은 시약등급을 사용하였으며, 18.2 MΩcm 이상의 저항을 갖는 3차 증류수를

사용하여 수용액을 제조하였다. 각각의 구체적인 제조방법은 다음과 같다.

[0034] (1)큐브, 십자가, 정팔면체 형태의 은 나노입자의 제조

[0035] 물 19.03mL가 들어있는 용기에 10mM의 질산은(AgNO_3) 0.65mL를 첨가한다. 이어서 10mM의 BSPP(Bis(p-sulfonatophenyl) phenyl phosphine dihydrate dipotassium salt) 0.5 mL, 100mM의 구연산나트륨($\text{C}_6\text{H}_5\text{Na}_3\text{O}_7$) 0.32mL를 넣고 마지막으로 100mM의 수산화나트륨(NaOH) 0.5mL를 넣는다. 용기를 알루미늄 호일로 가려서 외부로부터 빛이 들어가지 않도록 차단한 상태에서 상온에서 1~2시간 교반없이 보관한다.

[0036] 그리고 5mM의 소듐 보로하이드라이드(NaBH_4) 2mL를 한 번에 빠른 속도로 첨가하면 용액의 색깔이 옅은 노란색으로 변하게 된다. 용기를 다시 알루미늄 호일로 둘러싸서 외부로부터 빛이 들어가지 않도록 하고 상온에서 교반없이 14 ~ 24 시간 정도 보관한 뒤 원심분리를 한다. 원심분리(Minispin Plus 5453, Eppendorf)는 9600rpm에서 약 10 ~ 15분간 실시하였다. 원심분리를 하기 전과 원심분리를 하고 난 뒤의 용액을 육안으로 보았을 때 큰 차이가 나지는 않지만 원심분리를 하고 난 뒤 회색의 침전물이 가라앉아 있음을 확인할 수 있었다. 이 회색 침전물이 바로 도 4(a, b, c)에서 볼 수 있는 큐브, 십자가, 정팔면체 형태의 은 나노입자이다.

[0037] (2)막대 형태의 은 나노입자의 제조

[0038] 132.5mM 질산은(AgNO_3) 250mL와, 3.4 M의 구연산나트륨($\text{C}_6\text{H}_5\text{Na}_3\text{O}_7$) 10 mL를 도 2와 같이 섞는다. 두 용액을 섞게 되면 불투명한 하얀색의 용액이 되는데 이 용액을 마그네틱 바로 격렬하게 교반하면서 가열한다. 약 20분간 가열하게 되면 용액의 색깔이 하얀색에서 짙은 갈색으로 변하게 되는데 이때 가열을 중지한다. 점도가 큰 회색의 입자들이 용액 속에 존재하게 되는데, 이 입자들이 바로 막대기형 은 나노입자이다.

[0039] 2. 실험결과

[0040] 본 발명은 구형의 은 입자들을 외부적인 환경변화를 통해 강제로 뭉치게 만들어 특정 형태의 나노 입자를 손쉽게 만드는 방법에 대해 소개하는 것이다. 나노입자를 강제로 뭉치도록 하기 위해서 본 발명에서 시도했던 방법은 두 가지인데, 하나는 용액의 pH를 변화시키는 방법이고, 두 번째는 용질의 농도를 증가시키는 방법이다. 용액의 pH를 변화시켰을 때 큐브, 십자가, 팔면체 형태의 은 나노입자가 합성되었으며, 용질의 농도를 증가시켰을 때 막대 모양의 은 나노 입자가 합성되었다.

[0041] (1)강염기 조건에서 나노입자의 뭉침을 유도하고, 이를 통해 합성한 큐브, 십자가, 정팔면체 형태의 은 나노입자

[0042] 수용액에서 콜로이드 입자의 안정성을 평가하기 위해 주로 사용되는 이론은 소위 "DLVO(Derjaguin, Landau, Verwey, Overbeek의 첫 자를 따서 지어진 이름)" 라는 이론이다(T. Kim, K. Lee, M. -S. Gong, S. -W. Joo, *Langmuir* **21**, 9524 (2005)). 이 이론의 핵심은 콜로이드 입자 간의 상호작용을 반데르발스 인력과 정전기적 반발력으로 설명하는 것으로서, 상호작용하는 두 개의 입자가 직경 a nm의 크기를 가진 구형의 은 나노입자라고 가정했을 경우, 입자 중심 사이의 거리 " R "에 따른 인력은 아래 공식에 의해 표현된다.

$$V_{\text{attr}} = -\frac{A_B}{6} \left[\frac{2a^2}{R^2 - (2a)^2} + \frac{2a^2}{R^2} + \ln \left\{ \frac{R^2 - (2a)^2}{R^2} \right\} \right]$$

[0044] 정전기적 반발력의 경우 두 입자 표면 사이의 거리를 " x "라고 했을 경우, 이에 따른 정전기적 반발력은 아래 공식에 의해 계산된다.

$$V_{\text{elec}} = 4\pi\epsilon_0\epsilon_r a^2 Y^2 \left(\frac{kT}{e} \right)^2 \frac{\exp(-\kappa x)}{x + 2a}$$

[0046] 여기서, " κ " 와 " Y "는 각각 아래의 식과 같다.

$$\kappa = \left[\frac{1000e^2 N_A (2I)}{\epsilon_0 \epsilon_r kT} \right]^{1/2}$$

$$Y_i = \frac{\text{Stanh}(e\psi_0/4kT)}{1 + \left[1 - \frac{2\kappa a + 1}{(\kappa a + 1)^2} \tanh^2(e\psi_0/4kT) \right]^{1/2}}$$

[0048]

[0049]

DLVO 이론에 의하면 두 입자 사이의 상호작용 에너지는 아래 공식과 같이 반데르발스 인력과 정전기적 반발력의 합으로 주어진다.

[0050]

$$V_{total} = V_{vdW} + V_{elec}$$

[0051]

용액의 pH를 8부터 12까지 변화시키면서 입자와 입자 사이에 작용하는 전체 상호작용 에너지를 계산하였고, 두 입자 표면과 표면사이의 거리에 따라 상호작용 에너지가 어떻게 변화하는지를 도 3의 그래프에 나타내었다.

[0052]

도 3을 참조하면, pH가 증가함에 따라 뚜렷이 보이는 차이점 중 하나는 pH가 8, 9일 경우 나노입자들이 뭉치기 위해서는 에너지 장벽을 넘어야 하지만 pH가 10, 11, 12인 경우에는 나노입자들이 뭉치기 위한 장벽이 사실상 존재하지 않는다는 것이다. 즉, 강염기가 될 경우 나노입자들은 스스로 뭉치게 된다는 것이다. 이러한 이론적 결과는 실험적으로 이미 증명이 된바 있다(J. K. Lim, S. -W. Joo, *Applied Spectroscopy* 60, 847 (2006)).

[0053]

본 발명은 수용액에 존재하는 은 이온들을 강염기 상태에서 급작스럽게 환원시켜 나노입자가 만들어짐과 동시에 뭉침을 유도하고 특정 형태의 나노입자를 손쉽게 만드는 방법에 대한 것이다.

[0054]

위에서 설명한 바와 같이 강염기 상에 존재하는 이온들을 환원시키기 위해 강염기 상태의 물에 녹아있는 질산은 수용액에 소듐 보로하이드라이드를 빠르게 첨가하였다. 회색 침전물이 소듐 보로하이드라이드 첨가와 함께 일시적으로 생겼다가 곧 사라지면 용액은 노란색을 유지하게 된다. 장시간 뒤 (대략 14 ~ 24시간) 원심분리기를 통해 용액을 분리하면 바닥에 회색 침전물이 생기는데 이를 분리하여 전자현미경으로 형태를 관찰하여 도 4의 (a), (b), (c)에 나타내었다.

[0055]

도 4의 (a), (b), (c)에 나타난 것처럼 3가지 종류의 형태((a) 큐브, (b) 십자가, (c) 팔면체)를 가진 나노입자가 합성되었다. 전자현미경을 이용하여 형성된 입자들을 자세히 관찰해보았을 때 모양이 매끄럽지 않고 규칙적이지 않은 표면구조들이 존재한다는 사실들을 알 수 있었다(도 5(a)). 본 발명에서 합성된 이와 같은 형태의 나노입자는 종래의 결정성 나노입자와는 다른 형태이다. 강염기 조건에서 갑작스럽게 환원된 구형의 나노입자들이 뭉쳐서 도 4(a, b, c)와 같은 형태의 입자가 형성되었다고 유추해 볼 수 있다. 용액에 존재하는 입자 중에는 미처 반응이 완결되지 못하여 큐브나, 십자가, 정팔면체 형태를 아직 이루지 못한 것들을 더러 관찰할 수 있었다. 이와 같이 아직 완성되지 못한 입자들의 이미지가 도 5(b, c, d)이다.

[0056]

도 5(b, c, d)를 통해서 구형의 나노입자들이 뭉쳐 큐브, 십자가, 정팔면체 형태의 나노입자가 합성되는 것임을 확인할 수 있는데, 도 5(b)를 보면 나노입자들이 뭉치면서 큐브를 형성해 가고 있는 모습을 볼 수 있다. 큐브의 형상이 완성되지 않았지만 나노입자들이 모여서 큐브 형태를 만들어가고 있었다. 큐브 형태뿐만이 아니라 다른 pH조건에서는 나노입자들이 뭉쳐서 십자가와 정팔면체 형태를 이루어가고 있음을 도 5(c, d)를 통해 볼 수 있다.

[0057]

pH에 따라 나노입자들이 특정 방향으로 뭉쳐서 이러한 형태의 나노입자가 형성되는 것인지 좀 더 확인하기 위해서, 다른 조건은 동일한 상태로 놓고 pH만을 변화시켜서 실험을 반복해 보았다. 지나친 강염기(pH 12 초과)나 약한 염기(pH 11미만)에서 동일한 실험을 수행했을 때 도 4와 같은 형태의 입자가 만들어지지 않았다. 즉, 도 4와 같은 입자가 만들어지기 위해서는 pH가 11 내지 12라는 것을 확인할 수 있었다. DLVO 이론에 의하면 pH가 낮을 경우 입자들이 뭉치기 위해서 넘어야 할 장벽의 높이가 점점 커지게 되고 이로 인해 효과적으로 뭉치지 않기 때문에 도 4와 같은 형태의 입자가 형성되지 않는다고 이해할 수 있다. 반대로 pH가 클 경우 지나치게 빠른 속도로 뭉치게 되는데 이럴 경우 구형의 나노입자들이 특정 방향을 갖기 위해 배열되는 속도보다 뭉치는 속도가 더 빠르기 때문에 도 4와 같은 형태의 입자가 만들어지지 않는다고 이해할 수 있다.

[0058]

(2)과량의 용질을 첨가하여 나노입자의 뭉침을 유도하고, 이를 통해 제조한 막대 형태의 은 나노입자

[0059]

과량의 구연산염을 통해 과량의 질산은을 환원시켰을 때 점도가 큰 졸 형태의 용액이 얻어졌다. 용액 중에 함유되어 있는 입자의 모양을 전자 현미경으로 확인해 보았을 때 도 4(d)와 같은 막대기 형태의(~100 nm 두께, ~500 nm 길이) 은 나노입자가 형성되었음을 확인할 수 있었다. 이와 같은 방법은 막대기 형태의 나노입자를 만들기 위한 종래 방법들보다 훨씬 간단하고 쉬운 방법이다. 과량의 질산은과 구연산염을 사용하여 생성된 구형 은

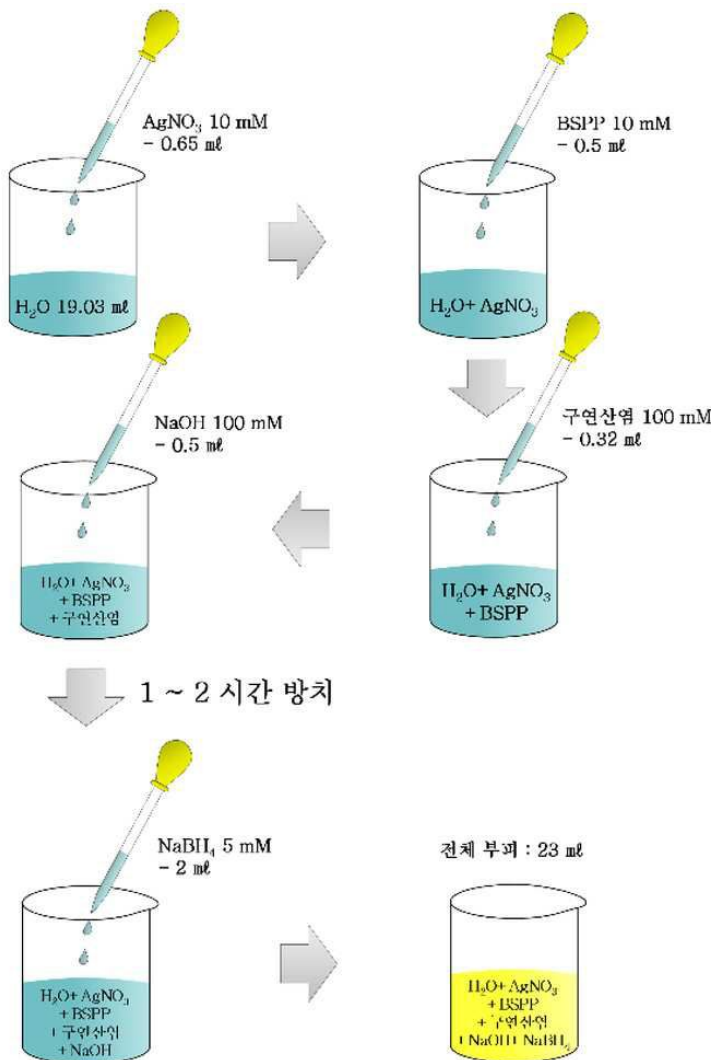
입자들의 뭉침을 유도할 수 있고, 이러한 뭉침이 특정 방향으로 일어날 때 다양한 형태의 나노입자가 만들어질 수 있는 것이다.

[0060]

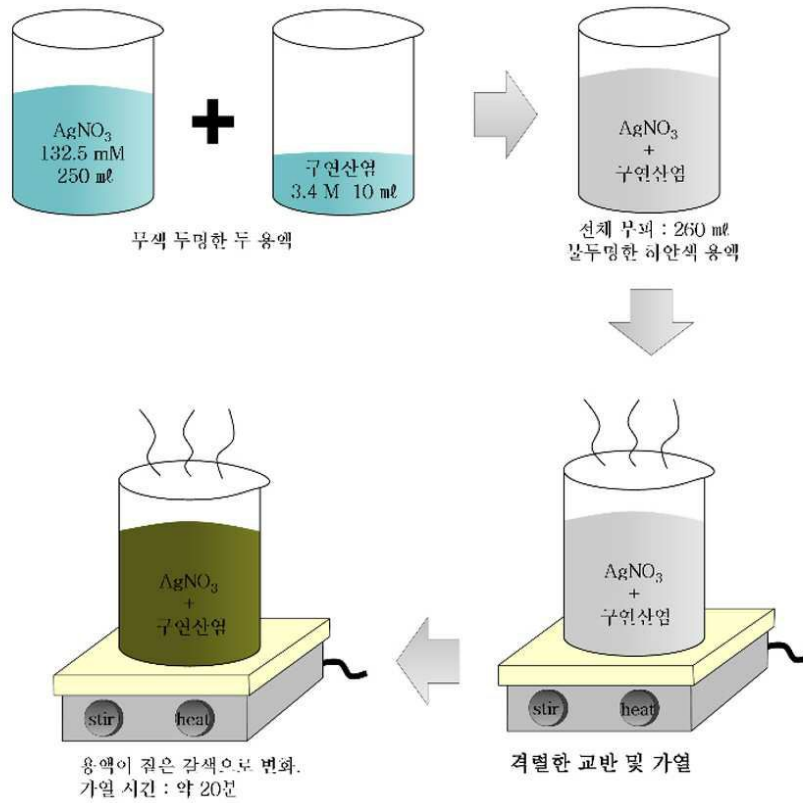
이상, 본 발명은 일 실시 예를 참고로 설명되었으나 이는 예시적인 것에 불과하며, 당해 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 실시 예가 가능하다는 점을 이해할 것이다. 따라서 본 발명의 진정한 보호 범위는 첨부된 청구범위에 의해서만 정해져야 할 것이다.

도면

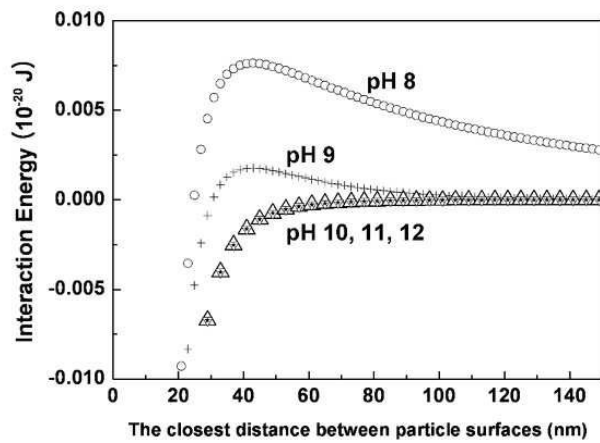
도면1



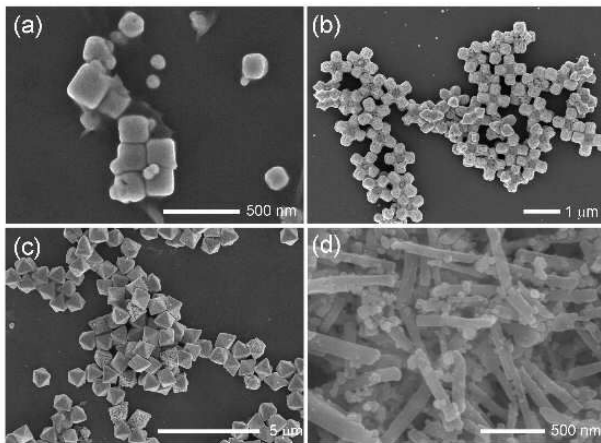
도면2



도면3



도면4



도면5

