

(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)(11) 공개번호 10-2023-0000278
(43) 공개일자 2023년01월02일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

C09K 11/02 (2006.01) C08K 5/544 (2006.01)
C08L 101/00 (2006.01) C08L 53/00 (2006.01)
C09K 11/58 (2006.01) B82Y 20/00 (2017.01)
B82Y 40/00 (2017.01)

(52) CPC특허분류

C09K 11/025 (2021.01)
C08K 5/544 (2022.05)

(21) 출원번호 10-2021-0082515

(22) 출원일자 2021년06월24일

심사청구일자 2021년06월24일

(71) 출원인

이화여자대학교 산학협력단

서울특별시 서대문구 이화여대길 52 (대현동, 이화여자대학교)

(72) 발명자

김동하

서울특별시 마포구 서강로9길 45, 101동 703호 (창전동, 태영아파트)

김민주

경기도 부천시 소삼로14번길 22, 202호 (소사본동, 삼성드림빌)

(74) 대리인

특허법인엠에이피에스

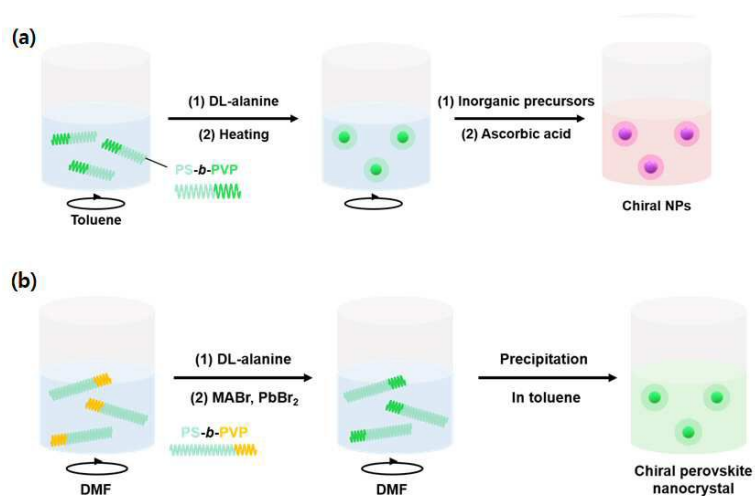
전체 청구항 수 : 총 14 항

(54) 발명의 명칭 블록 공중합체를 이용한 키랄성 나노구조체의 제조 방법

(57) 요약

본원은, 블록 공중합체 및 라세믹 화합물의 자기조립에 의한 키랄성 나노구조체의 제조 방법, 및 이를 통해 제조된 키랄성 나노구조체에 관한 것이다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

C08L 101/005 (2013.01)

C08L 53/00 (2013.01)

C09K 11/58 (2013.01)

B82Y 20/00 (2013.01)

B82Y 40/00 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711129871
과제번호	2020R1A2C3003958
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	개인기초연구(과기정통부)(R&D)
연구과제명	융복합 키랄 플라즈모닉스 기반 새로운 패러다임의 빛-물질 상호작용 시스템 개발

연구

기 여 율	7/10
과제수행기관명	이화여자대학교
연구기간	2021.03.01 ~ 2022.02.28

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1345330707
과제번호	2020R1A6C101B194
부처명	교육부
과제관리(전문)기관명	한국기초과학지원연구원
연구사업명	이공학학술연구기반구축(R&D)
연구과제명	핵심연구지원센터 조성 지원 과제(나노바이오 · 에너지 소재 센터)

기 여 율	3/10
과제수행기관명	이화여자대학교
연구기간	2021.03.01 ~ 2022.02.28

명세서

청구범위

청구항 1

- (a) 블록 공중합체 및 라세믹 화합물을 제 1 비극성 용매에서 혼합하여 혼합물을 수득하고,
 (b) 상기 혼합물에 나노구조체의 전구체를 첨가하여, 중심부가 키랄성을 갖는 나노구조체를 수득하는 것을 포함하는, 키랄성 나노구조체의 제조방법.

청구항 2

- 제 1 항에 있어서,
 상기 (a) 단계에서, 상기 라세믹 화합물은 아미노산을 포함하는 것인, 키랄성 나노구조체의 제조방법.

청구항 3

- 제 2 항에 있어서,
 상기 라세믹 화합물의 아미노산은 DL-알라닌, DL-발린, DL-이소류신, DL-시스테인, DL-글라이신 및 DL-류신 중에서 선택되는 하나 이상인 것인, 키랄성 나노구조체의 제조방법.

청구항 4

- 제 1 항에 있어서,
 상기 (a) 단계에서, 상기 블록 공중합체는 폴리스티렌-블록-폴리비닐피리딘, 폴리(2-비닐피리딘)-블록-폴리스타이렌, 폴리(4-비닐피리딘)-블록-폴리스타이렌, 폴리스티렌-블록-폴리에틸렌옥사이드, 및 폴리스티렌-블록-폴리아크릴릭에씨드 중에서 선택되는 하나 이상인 것인, 키랄성 나노구조체의 제조방법.

청구항 5

- 제 1 항에 있어서,
 상기 (a) 단계에서, 상기 제 1 비극성 용매는 톨루엔, 벤젠, 자일렌, 클로로벤젠, 디클로로벤젠, 테트라하이드로퓨란, 디클로로메탄, 디메틸포름아미드, 다이에틸 에터, 아이소프로필 알코올 및 디메틸 설펍사이드 중에서 선택되는 하나 이상을 포함하는 것인, 키랄성 나노구조체의 제조방법.

청구항 6

- 제 1 항에 있어서,
 상기 (b) 단계에서, 상기 나노구조체의 전구체는 무기 나노입자 전구체를 포함하는 것이고,
 상기 무기 나노입자 전구체는 HAuCl_4 , AgNO_3 , TiCl_4 , PtCl_4 , CuCl_2 및 PdCl_2 에서 선택되는 하나 이상을 포함하는 것인, 키랄성 나노구조체의 제조방법.

청구항 7

제 1 항에 있어서,

상기 (b) 단계에서, 상기 나노구조체의 전구체는 페로브스카이트 나노결정 전구체를 포함하는 것이고,

상기 페로브스카이트 나노결정은 MAPbBr_3 , CsPbBr_3 , CsPbI_3 , CsPbCl_3 , 및 MAPbCl_3 에서 선택되는 하나 이상인 것인, 키랄성 나노구조체의 제조방법.

청구항 8

제 6 항에 있어서,

상기 (a) 단계 이후 가열을 수행하여 구형, 관형, 자이로이드 구조 또는 라멜라의 구조를 형성하는, 키랄성 나노구조체의 제조방법.

청구항 9

제 6 항에 있어서,

상기 (b) 단계에서 전구체 투여 이후, 환원제를 추가 투여하여 중심부가 키랄성을 갖는 나노구조체를 수득하는, 키랄성 나노구조체의 제조방법.

청구항 10

제 7 항에 있어서,

상기 (b) 단계에서 전구체 투여 이후, 제 2 비극성 용매를 투여하여 중심부에 페로브스카이트 나노결정을 수득하는, 키랄성 나노구조체의 제조방법.

청구항 11

제 8 항에 있어서,

상기 가열은 70°C 내지 100°C 의 온도에서 수행되는 것인, 키랄성 나노구조체의 제조방법.

청구항 12

제 9 항에 있어서,

(a) 단계는 실온에서 교반이 수행되는 것인, 키랄성 나노구조체의 제조방법.

청구항 13

제 4 항에 있어서,

상기 블록 공중합체의 수소 결합 또는 극성 결합이 가능한 피리딘기, 카보닐기, 에터 또는 카복실기의 관능기와 상기 라세믹 화합물의 하이드록시기가 서로 수소결합되는 것인, 키랄성 나노구조체의 제조방법.

청구항 14

제 1 항 내지 제 13 항 중 어느 한 항에 따른 키랄성 나노구조체의 제조방법에 따라 제조되는, 키랄성 나노구조체.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본원은, 블록 공중합체 및 라세믹 화합물의 자기조립에 의한 키랄성 나노구조체의 제조 방법, 및 이를 통해 제조된 키랄성 나노구조체에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 블록 공중합체의 자기조립 방식은 밀도 있고, 주기적으로 정렬된 나노영역을 생성하며, 그 크기는 수십 nm 이하 수준으로 미세하다. 상기 블록 공중합체는 소프트 템플레이트로서 이의 자기조립을 활용하여 규칙적이고 주기적인 배열의 나노입자가 제조될 수 있다. 또한, 상기 블록 공중합체는 고분자 층의 도입으로 인해 나노입자의 응집이 억제되고, 다양한 유기 용매에서 나노입자의 용해도가 향상될 수 있으며, 상기 블록 공중합체는 자기조립을 제어함으로써 나노입자의 크기와 모양 또한 조절이 가능하다.

[0003] 키랄성은 거울면 또는 반전 대칭이 없는 분자 구조를 가지고 있는 물질을 의미하며, 좌편광 및 우편광에 다르게 반응하는 물리적 특성을 통해 상기 키랄성이 확인될 수 있다. 자연에 존재하는 모든 물질은 키랄성을 지니고 있으며, 예를 들어, 아미노산의 경우, 대부분 L-아미노산으로 이루어져 있고, 당류의 경우 D-당류가 주류를 이루고 있다. 이와 같이 생체 유기물들은 항상 한쪽-키랄성을 지니고 있기 때문에, 이를 거르는 물질과 생체 반응을 하게 될 경우, 유기체에 치명적인 손상이 나타나게 된다. 상기 키랄성을 가지는 나노구조체는 키랄 나노입자 코어를 합성하거나, 키랄 유기 리간드로 표면을 감싸거나, 또는 비키랄 나노입자를 키랄 조직 앙상블로 배열하여 제조될 수 있다. 키랄성을 가지는 나노구조체는 좌편광과 우편광의 빛에 대해 서로 다른 굴절률을 가지게 되며, 이에 따라 키랄성 물질에 선형 편광의 빛이 입사하면 편광 상태가 회전하는 광활성 특성이 나타나게 된다. 키랄성을 가지는 유-무기 나노입자는 키랄 촉매, 거울상 이성질체 분리, 센싱, 및 의학적 진단에 유망한 소재로서 최근 많은 관심을 받고 있다. 종래 키랄 나노구조체는 키랄 리간드를 도입하거나 비키랄 나노입자를 키랄 조직 앙상블로 배열함으로써 제조되나, 합성 과정이 복잡하고 정제 과정에서 키랄성이 사라지거나 용액 공정이 불가능하다는 단점이 있다. 또한, 키랄 분자 및 템플레이트의 도움 없이 합성한 종래의 키랄 나노구조체는 비대칭의 구조와 비대칭 키랄 표면 결합에 의해 키랄성을 가지게 되어 속이 빈 다공성의 내부 구조를 가지므로 약하고 불안정한 키랄성을 가지게 된다.

선행기술문헌

특허문헌

[0004] (특허문헌 0001) 대한민국 등록특허공보 제 10-2173227호

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 본원은, 블록 공중합체 및 라세믹 화합물의 자기조립에 의한 키랄성 나노구조체의 제조 방법, 및 이를 통해 제조된 키랄성 나노구조체에 관한 것이다.

[0006] 그러나, 본원이 해결하고자 하는 과제는 이상에서 언급한 과제로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 과제들은 아래의 기재로부터 통상의 기술자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

[0007] 본원의 제 1 측면은, (a) 블록 공중합체 및 라세믹 화합물을 제 1 비극성 용매에서 혼합하여 혼합물을 수득하고, (b) 상기 혼합물에 나노구조체의 전구체를 첨가하여, 중심부가 키랄성을 갖는 나노구조체를 수득하는 것을 포함하는, 키랄성 나노구조체의 제조방법을 제공한다.

[0008] 본원의 제 2 측면은, 제 1 측면에 따른 키랄성 나노구조체의 제조방법에 따라 제조되는, 키랄성 나노구조체를

제공한다.

발명의 효과

- [0009] 본원의 구현예들에 따르면, 블록 공중합체와 라세믹 혼합물의 자기조립으로 인해 키랄성 나노구조체가 형성될 수 있다 구체적으로, 비키랄성 분자인 블록 공중합체 및 라세믹 혼합물을 이용하여 역마이셀 구조의 코어에 키랄성을 가지는 나노구조체가 형성될 수 있다.
- [0010] 본원의 구현예들에 따른 키랄성 나노구조체의 제조방법은 간단한 전구체의 투여 및 간단한 교반 과정으로 제조될 수 있으며, 키랄 리간드 또는 비키랄 나노입자를 키랄 조직 양상블로 배열하는 복잡한 합성 과정을 갖는 종래 기술의 제조방법에 비해 간단한 제조방법을 사용한다. 구체적으로, 본원의 구현예들에 따른 상기 키랄성 나노구조체는 키랄 분자 및 키랄 템플레이트를 사용하지 않음에도 불구하고, 제조된 상기 키랄성 나노구조체가 키랄 분자 및 키랄 템플레이트를 사용한 종래의 키랄 나노구조체와 유사한 수준의 키랄성을 가질 수 있다.
- [0011] 본원의 구현예들에 따른 키랄성 나노구조체는 상기 블록공중합체 템플레이트 내에서 in-situ 합성되는 특징으로 인해 정제 과정 후에도 키랄성이 안정하게 유지된다.

도면의 간단한 설명

- [0012] 도 1의 a는, 본원의 실시예에 따른 블록 공중합체와 무기 나노입자의 구조체가 자기조립하여 역마이셀 및 키랄성을 갖는 무기 나노입자의 제조방법을 나타낸 것이다.
- 도 1의 b는, 본원의 실시예에 따른 블록 공중합체와 유-무기 페로브스카이트 나노결정의 구조체가 자기조립하여 역마이셀 및 키랄성을 갖는 유-무기 페로브스카이트 나노결정의 제조방법을 나타낸 것이다.
- 도 2는, 본원의 실시예 1에 따라 제조된, 키랄 플라즈모닉 금 나노입자, 키랄 플라즈모닉 은 나노입자, 키랄 플라즈모닉 팔라듐 나노입자 및 키랄 TiO_2 나노입자의 흡광 스펙트럼을 각각 나타낸 것이다.
- 도 3은, 본원의 실시예 2에 따라 제조된, 유-무기 페로브스카이트 나노결정의 흡광 스펙트럼을 나타낸 것이다.
- 도 4는, 본원의 실시예 2에 따라 제조된, 키랄성을 갖는 유-무기 페로브스카이트 나노결정의 XRD 패턴을 나타낸 것이다.
- 도 5는, 본원의 실시예 2에 따라 제조된, 키랄성을 갖는 유-무기 페로브스카이트 나노결정의 형광 스펙트럼을 나타낸 것이다.
- 도 6은, 본원의 실시예에 따른, DL-알라닌(청색), PS-b-PVP(흑색), PS-b-PVP/DL-알라닌(적색)의 푸리에 변환 적외선 스펙트럼을 나타낸 것이다.
- 도 7은, 본원의 실시예에 따른, PS-b-PVP와 DL-알라닌의 수소결합된 분자 구조를 나타낸 것이다.
- 도 8은, 본원의 실시예 1에 따른, 다양한 무기 전구체를 사용한 무기 나노입자(Au NP, Ag NP, TiO_2 NP, Pd NP) 및 PS-b-PVP/DL-알라닌의 푸리에 변환 적외선 스펙트럼을 나타낸 것이다.
- 도 9는, 본원의 실시예에 따른 DL-알라닌(청색), PS-b-PVP/DL-알라닌(적색) 및 PS-b-PVP/DL-알라닌/MAPbBr₃(녹색)의 푸리에 변환 적외선 스펙트럼을 나타낸 것이다.
- 도 10은, 본원의 실시예에 따라 에탄올/물의 혼합 용매 또는 톨루엔의 용매를 사용하여 DL-알라닌과 PVP을 혼합한 물질의 원편광 이색성 스펙트럼을 나타낸 것이다.
- 도 11은, 본원의 실시예에 따라 PS-b-PVP 또는 DL-알라닌/PS-b-PVP을 톨루엔에 용해하였을 때의 원편광 이색성 스펙트럼을 나타낸 것이다.
- 도 12는, 본원의 실시예 1에 따라 제조된, 키랄 플라즈모닉 금 나노입자, 키랄 플라즈모닉 은 나노입자, 키랄 플라즈모닉 팔라듐 나노입자 및 키랄 TiO_2 나노입자의 원편광 이색성 스펙트럼을 각각 나타낸 것이다.
- 도 13은, 본원의 실시예 2에 따라 제조된, 키랄성을 갖는 유-무기 페로브스카이트 나노결정의 원편광 이색성 스펙트럼을 나타낸 것이다.
- 도 14는, 본원의 실시예에 따라 제조된, 키랄성 무기 나노구조체(키랄 플라즈모닉 금 나노입자, 키랄 플라즈모닉 은 나노입자 및 키랄 유-무기 페로브스카이트 나노결정)를 원심 분리한 후의 원편광 이색성 스펙트럼을 각각

나타낸 것이다.

도 15는, 본원의 실시예에 따른, DL-알라닌과 PS-b-PVP을 혼합한 물질의 원자힘 현미경 이미지를 나타낸 것이다.

도 16은, 본원의 실시예 1에 따라 제조된, 키랄 플라즈모닉 금 나노입자, 키랄 플라즈모닉 은 나노입자, 키랄 플라즈모닉 팔라듐 나노입자 및 키랄 TiO_2 나노입자의 투과전자현미경 이미지를 각각 나타낸 것이다.

도 17은, 본원의 실시예 2에 따라 제조된, 키랄성을 갖는 유-무기 페로브스카이트 나노결정의 투과전자현미경 이미지를 나타낸 것이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0013] 이하, 첨부한 도면을 참조하여 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 본원의 구현예 및 실시예를 상세히 설명한다. 그러나 본원은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 구현예 및 실시예에 한정되지 않는다. 그리고 도면에서 본 발명을 명확하게 설명하기 위해서 설명과 관계없는 부분은 생략하였으며, 명세서 전체를 통하여 유사한 부분에 대해서는 유사한 도면 부호를 붙였다.
- [0014] 본원 명세서 전체에서, 어떤 부분이 다른 부분과 "연결"되어 있다고 할 때, 이는 "직접적으로 연결"되어 있는 경우뿐 아니라, 그 중간에 다른 소자를 사이에 두고 "전기적으로 연결"되어 있는 경우도 포함한다.
- [0015] 본원 명세서 전체에서, 어떤 부재가 다른 부재 "상에" 위치하고 있다고 할 때, 이는 어떤 부재가 다른 부재에 접해 있는 경우뿐 아니라 두 부재 사이에 또 다른 부재가 존재하는 경우도 포함한다.
- [0016] 본원 명세서 전체에서, 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함"한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성 요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미한다.
- [0017] 본 명세서에서 사용되는 정도의 용어 "약", "실질적으로" 등은 언급된 의미에 고유한 제조 및 물질 허용오차가 제시될 때 그 수치에서 또는 그 수치에 근접한 의미로 사용되고, 본원의 이해를 돕기 위해 정확하거나 절대적인 수치가 언급된 개시 내용을 비양심적인 침해자가 부당하게 이용하는 것을 방지하기 위해 사용된다.
- [0018] 본원 명세서 전체에서 사용되는 정도의 용어 “~ 하는 단계” 또는 “~의 단계”는 “~를 위한 단계”를 의미하지 않는다.
- [0019] 본원 명세서 전체에서, 마쿠시 형식의 표현에 포함된 "이들의 조합(들)"의 용어는 마쿠시 형식의 표현에 기재된 구성 요소들로 이루어진 군에서 선택되는 하나 이상의 혼합 또는 조합을 의미하는 것으로서, 상기 구성 요소들로 이루어진 군에서 선택되는 하나 이상을 포함하는 것을 의미한다.
- [0020] 본원 명세서 전체에서, "A 및/또는 B"의 기재는, "A 또는 B, 또는 A 및 B"를 의미한다.
- [0021] 본원 명세서 전체에서, "역마이셀"의 기재는 양친성 물질의 소수성 부위는 밖(셀)으로 향하고, 친수성 부위는 내부(코어)로 향하는 폐쇄형 미세 구조를 의미한다.
- [0022] 본원 명세서 전체에서, "라세믹 화합물"의 기재는 카이랄성 분자의 오른손잡이성 광학 이성질체와 왼손잡이형 광학 이성질체가 동일한 분량으로 섞여있는 화합물을 의미한다.
- [0023] 본원 명세서 전체에서, "나노구조체"의 기재는 무기 나노입자 및 유-무기 페로브스카이트 나노결정을 모두 포괄하여 나타내는 것이다.
- [0025] 이하, 본원의 구현예를 상세히 설명하였으나, 본원이 이에 제한되지 않을 수 있다.
- [0027] 본원의 제 1 측면은, (a) 블록 공중합체 및 라세믹 화합물을 제 1 비극성 용매에서 혼합하여 혼합물을 수득하고, (b) 상기 혼합물에 나노구조체의 전구체를 첨가하여, 중심부가 키랄성을 갖는 나노구조체를 수득하는 것을 포함하는, 키랄성 나노구조체의 제조방법을 제공한다.
- [0028] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 (a) 단계에서, 상기 라세믹 화합물은 아미노산을 포함하는 것일 수 있다.

- [0029] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 라세믹 화합물의 아미노산은 DL-알라닌, DL-발린, DL-이소류신, DL-시스테인, DL-글라이신 및 DL-류신 중에서 선택되는 하나 이상인 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0030] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 (a) 단계에서, 상기 블록 공중합체는 폴리스티렌-블록-폴리비닐피리딘, 폴리(2-비닐피리딘)-블록-폴리스타이렌, 폴리(4-비닐피리딘)-블록-폴리스타이렌, 폴리스티렌-블록-폴리에틸렌옥사이드, 및 폴리스티렌-블록-폴리아크릴릭애씨드 중에서 선택되는 하나 이상인 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0031] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 블록 공중합체 모두 비키랄 분자이며, 여기에서 상기 비키랄 분자는 키랄성을 가지지 않는 분자를 의미하며, 구조적으로 대칭성이 있으며, 거울상 이성질체가 존재하지 않고, 실제 분자와 거울상 분자가 서로 포개어지는 성질이 있다.
- [0032] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 블록 공중합체 및 상기 라세믹 화합물의 자기조립에 의해, 상기 블록 공중합체가 마이크로 상분리를 하여 규칙적이고 주기적인 배열(나노패턴 또는 나노스케일)의 나노구조체가 형성될 수 있다.
- [0033] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 블록 공중합체 및 상기 라세믹 화합물은 약 1:1 내지 약 1:4의 몰수비로 혼합되는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다. 구체적으로, 상기 블록 공중합체 및 상기 라세믹 화합물은 약 1:1 내지 약 1:4, 약 1:1 내지 약 1:3, 약 1:1 내지 약 1:2, 약 1:2 내지 약 1:4, 약 1:2 내지 약 1:3, 또는 약 1:3 내지 약 1:4의 몰수비로 혼합되는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다. 예를 들어, 상기 블록 공중합체의 피리딘 분자 당 하나의 DL-알라닌(라세믹 화합물)이 수소결합하기 때문에 약 1:1의 몰수비로 혼합될 수 있고, 톨루엔에서 DL-알라닌의 용해도가 낮기 때문에 약 1:4까지의 상기 DL-알라닌이 과량인 몰수비로 혼합될 수 있다.
- [0034] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 (a) 단계에서, 상기 제 1 비극성 용매는 톨루엔, 벤젠, 자일렌, 클로로벤젠, 디클로로벤젠, 테트라하이드로퓨란, 디클로로메탄, 디메틸포름아미드, 다이에틸 에터, 아이소프로필 알코올 및 디메틸 설펍사이드 중에서 선택되는 하나 이상을 포함하는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0035] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 (b) 단계에서, 상기 나노구조체의 전구체는 무기 나노입자 전구체 또는 페로브스카이트 나노결정 전구체를 포함하는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0036] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 무기 나노입자 전구체는 HAuCl_4 , AgNO_3 , TiCl_4 , PtCl_4 , CuCl_2 및 PdCl_2 에서 선택되는 하나 이상을 포함하는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다. 구체적으로, 상기 무기 나노입자 전구체는, 금속, 반도체 등의 무기물의 생성이 가능한 임의의 전구체 모두 제한없이 가능하다.
- [0037] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 페로브스카이트 나노결정은, 유무기 페로브스카이트 나노결정일 수 있으며, MAPbBr_3 , CsPbBr_3 , CsPbI_3 , CsPbCl_3 , 및 MAPbCl_3 에서 선택되는 하나 이상인 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다. 구체적으로, MAPbBr_3 의 페로브스카이트 나노결정을 제조할 때에는 MABr 및 PbBr_2 의 전구체를 사용하고, MAPbCl_3 의 페로브스카이트 나노결정을 제조할 때에는 MACl 및 PbCl_2 를 사용하는 것일 수 있다.
- [0038] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 무기 나노입자 전구체를 포함하는 나노구조체의 제조방법에서, 상기 (a) 단계 이후 가열을 수행하여 구형, 관형, 자이로이드 구조 또는 라멜라의 구조를 형성하는 것일 수 있으며, 상기 구형, 관형, 자이로이드 구조 또는 라멜라 구조는 미조세공성을 가질 수 있다. 구체적으로, 상기 무기 나노입자 전구체를 포함하는 나노구조체의 제조방법에서, 상기 (a) 단계 이후 블록공중합체가 상분리되는 형상은 모두 가능하다. 또한, 상기 구형 구조는 코어셸 형태일 수 있으며, 구체적으로 역마이셀 구조를 갖는 것일 수 있다. 아울러, 상기 구형, 관형, 자이로이드 등 형상은 블록 공중합체 내의 고분자 블록의 상대적인 조성비, 이들의 분자량, 사용되는 용매에 따라 달라질 수 있다.
- [0039] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 무기 나노입자 전구체를 포함하는 나노구조체의 제조방법에서, 상기 (b) 단계에서 전구체 투여 이후, 환원제를 추가 투여하여 중심부가 키랄성을 갖는 나노구조체를 수득하는 것일 수 있다.
- [0040] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 페로브스카이트 전구체를 포함하는 나노구조체의 제조방법에서, 상기 (b) 단계에서 전구체 투여 이후, 제 2 비극성 용매를 투여하여 중심부에 페로브스카이트 나노결정을 수득하는 것일 수 있다.
- [0041] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 제 2 비극성 용매는 톨루엔, 벤젠, 자일렌, 클로로벤젠, 디클로로벤젠, 테트라하이드로퓨란, 디클로로메탄, 다이에틸 에터 및 아이소프로필 알코올 중에서 선택되는 하나 이상인 것일 수

있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.

- [0042] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 제 1 비극성 용매와 상기 제 2 비극성 용매는 동일하거나 상이할 수 있다. 상기 비극성 용매인 톨루엔을 사용하면, 상기 페로브스카이트 나노전구체가 톨루엔과 접촉을 피하기 위하여, 역마 이셀 친수성 코어에서 결정을 형성할 수 있다.
- [0043] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 키랄성 나노구조체에 사용되는 환원제는 아스코르브산, 하이드로퀴논, 옥살산 및 소듐시트레이트 에서 선택되는 하나 이상인 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다. 상기 환원제는 약한 환원제일 수 있으며, 하이드라진, 소듐보로하이드라이드 등의 강한 환원제를 사용할 경우 상기 키랄성 나노구조체가 형성되지 않을 수 있다.
- [0044] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 무기 나노입자 전구체를 포함하는 상기 나노구조체의 제조방법에서, 상기 가열은 약 70℃ 내지 약 100℃의 온도에서 수행되는 것일 수 있다. 구체적으로, 상기 가열은 약 70℃ 내지 약 100℃, 약 70℃ 내지 약 95℃, 약 70℃ 내지 약 90℃, 약 70℃ 내지 약 85℃, 약 70℃ 내지 약 80℃, 또는 약 70℃ 내지 약 75℃의 온도에서 수행되는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다. 이때 무기 나노입자는 형성되나 키랄성은 관찰되지 않는다. 상기 가열이 약 100℃ 초과 온도에서 수행될 때, 상기 무기 나노구조체가 형성되지 않는다.
- [0045] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 무기 나노입자 전구체를 포함하는 상기 나노구조체의 제조방법에서, 상기 (b) 단계는 상온에서 수행되는 것일 수 있으며, 상기 (b) 단계 이후 중심부가 키랄성을 갖는 나노구조체를 수득하는 것일 수 있다. 이때 (a) 단계와 같이 고온에서 진행될 경우에는 무기 나노입자는 형성될 수 있으나, 키랄성 나노구조체는 수득되지 않을 수 있다.
- [0046] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 페로브스카이트 전구체를 포함하는 나노구조체의 제조방법에서, (a) 단계는 실온에서 교반이 수행되는 것일 수 있다. 구체적으로, 상기 페로브스카이트 전구체를 포함하는 나노구조체의 경우, 자체적으로 온도 불안정성을 가지고 있기 때문에, 상기 제조방법에서 고온으로 교반이 수행되는 경우, 구조적으로 변화가 일어나고 상분리가 일어나게 된다.
- [0047] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 페로브스카이트 전구체를 포함하는 나노구조체의 제조방법에서, (b) 단계에서 침전제를 추가 첨가하여 제 2 비극성 용매에 용해하는 것일 수 있다.
- [0048] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 침전제는 n-헥산, 펜탄, 사이클로헥산, 헵탄 및 옥탄 중에서 선택되는 하나 이상인 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0049] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 블록 공중합체의 수소 결합 또는 극성 결합이 가능한 피리딘기, 카보닐기, 에터 또는 카복실기의 관능기와 상기 라세믹 화합물의 하이드록시기가 서로 수소 결합되는 것일 수 있다.
- [0050] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 키랄성 나노구조체의 제조방법에서, (b) 단계에서 상기 나노구조체를 수득한 후 원심분리하여 정제하는 단계를 추가 포함하는 것일 수 있다.
- [0051] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 키랄성 나노구조체의 제조방법에서, 상기 정제 과정 후 중심부가 키랄성을 갖는 나노구조체를 수득하는 것일 수 있으며, 상기 키랄성을 갖는 나노구조체는 상기 블록공중합체 템플레이트 내에서 in-situ 합성되는 특징으로 인해 정제 과정 후에도 키랄성이 유지되는 이점이 있다.
- [0052] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 키랄성 나노구조체의 제조방법은 간단한 교반 과정으로 제조되어, 키랄 리간드 또는 비키랄 나노입자를 키랄 조직 양상물로 배열하는 종래 기술의 제조방법보다 간단하게 제조될 수 있는 이점이 있다.
- [0054] 본원의 제 2 측면은, 제 1 측면에 따른 키랄성 나노구조체의 제조방법에 따라 제조되는, 키랄성 나노구조체를 제공한다.
- [0055] 본원의 제 1 측면과 중복되는 부분들에 대해서는 상세한 설명을 생략하였으나, 본원의 제 1 측면에 대해 설명한 내용은 본원의 제 2 측면에서 그 설명이 생략되었다더라도 동일하게 적용될 수 있다.
- [0056] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 키랄성 나노구조체는 키랄 유기물 페로브스카이트 나노결정, 무기물 나노입자 및 반도체 나노입자 중에서 선택되는 것을 포함할 수 있다. 상기 무기물 나노입자는 플라즈모닉 금속 나노입자, 및 플라즈모닉 금속 산화물 나노입자 중에서 선택되는 것을 포함할 수 있으며, 상기 금속은 금, 은, 팔라듐 및

티타늄 중에서 선택되는 것일 수 있다.

[0057] 상기 키랄성 나노구조체는 키랄 촉매, 거울상 이성질체 분리, 센싱, 및 의학적 진단에 사용되는 소재로 사용될 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.

[0059] 이하, 본원에 대하여 실시예를 이용하여 좀더 구체적으로 설명하지만, 하기 실시예는 본원의 이해를 돕기 위하여 예시하는 것일 뿐, 본원의 내용이 하기 실시예에 한정되는 것은 아니다.

[0061] [실시예]

[0062] 실시예 1: 블록 공중합체 기반 키랄 무기 나노입자 제조

[0063] 블록 공중합체와 무기 나노입자의 전구체가 자기조립하여 역마이셀 구조의 키랄성을 갖는 무기 나노입자의 제조 방법을 도 1의 a에 나타내었다. 도 1의 a에 따른 제조방법은, 먼저 블록 공중합체인 폴리스티렌-블록-폴리비닐 피리딘(PS-b-PVP; polystyrene-block-polyvinylpyridine; 고분자 용액 농도 0.5 mg/mL; 키랄성을 갖지 않음)과 DL-알라닌(키랄성을 갖지 않음; 라세믹화 혼합물)을 1:4의 몰수 비로 톨루엔 용매(비극성 용매)에 첨가하여 80 °C의 온도에서 하룻동안 교반하여 역마이셀 구조를 갖는 제 1 혼합물을 획득하였다. 이후, 무기 나노입자 전구체(HAuCl_4 , AgNO_3 , TiCl_4 , PdCl_2 ; vinylpyridine 몰 수의 0.5 배)를 이소프로필 알코올(isopropyl alcohol) 또는 디메틸포름아미드(DMF; dimethylformamide)에 녹인 후 제 2 혼합물을 획득하였으며, 이를 상기 제 1 혼합물에 하룻동안 교반하여 용해하였다. 환원제로서 아스코르브 산(ascorbic acid; 무기 전구체 몰 수의 4 배)을 사용하였고, 상기 환원제를 상기 제 1 혼합물에 첨가하여 5 일 동안 교반한 후 PTFE 필터로 녹지 않은 잔여물을 제거하여, 역마이셀 구조의 키랄성을 갖는 무기 나노입자(플라즈모닉 금 나노입자, 플라즈모닉 은 나노입자, 플라즈모닉 팔라듐 나노입자 및 TiO_2 나노입자)를 획득하였다.

[0064] 여기에서, 상기 PS-b-PVP를 소수성인 PS와 선택적으로 상호작용하는 비극성 용매인 톨루엔에 용해하면 PS 셸과 PVP 코어로 구성된 역마이셀이 형성되며, 상기 DL-알라닌의 카르복실기는 피리딘과 수소결합을 형성하고 아민기는 상기 무기 전구체와 강한 상호작용을 하기 때문에, 결과적으로 DL-알라닌이 결합된 PVP 코어에 무기 나노입자가 생성되는 것이다.

[0066] 실시예 2: 블록 공중합체 기반 키랄 유-무기 페로브스카이트 나노결정 제조

[0067] 블록 공중합체와 페로브스카이트 전구체가 자기조립하여 역마이셀 구조의 키랄성을 갖는 유-무기 페로브스카이트 나노결정의 제조방법을 도 1의 b에 나타내었다. 도 1의 b에 따른 제조방법은, 먼저 블록 공중합체인 폴리스티렌-블록-폴리비닐피리딘(PS-b-PVP; polystyrene-block-polyvinylpyridine; 고분자 용액 농도 0.5 mg/mL)과 DL-알라닌을 1:4의 몰수 비로 혼합하여 디메틸포름아미드(dimethylformamide) 용매에 첨가하여 상온에서 하루 정도 교반하여 제 1 혼합물을 획득하였다(역마이셀 구조 아님). 그 후, 페로브스카이트 전구체(MABr , PbBr_2 ; VP와 동일한 몰수)를 제 1 혼합물에 첨가하여 하룻동안 교반하였다(역마이셀 구조 아님). 이후, 상기 제 1 혼합물 용액(50 μL)을 톨루엔(2 mL)에 에 격렬하게 교반하는 상태에서 투하하였고, 침전제인 n-헥산(n-hexane)을 상기 전체 혼합물의 부피의 2 배만큼 첨가하여 원심분리(10,000 rpm, 10 분)한 후 침전물을 톨루엔에 용해하여 환원 시킴으로써 역마이셀 구조의 키랄성을 갖는 유-무기 페로브스카이트 나노결정을 획득하였다.

[0069] 실험예

[0070] 1. 흡광 스펙트럼 분석

[0071] 실시예 1에서 획득한 역마이셀 나노구조체에서 무기 나노입자가 존재함을 확인하기 위하여, 키랄성을 갖는 다양한 나노입자들 즉, 플라즈모닉 금 나노입자, 플라즈모닉 은 나노입자, 플라즈모닉 팔라듐 나노입자 및 TiO_2 나노입자의 흡광 스펙트럼을 각각 측정하였다(도 2). 도 2를 보면 알 수 있듯이, 상기 키랄 플라즈모닉 금 나노입자는 513 nm에서 표면 플라즈몬 공명 피크가 나타났고, 키랄 플라즈모닉 은 나노입자는 390 nm와 515 nm에서 표면 플라즈몬 공명 피크가 나타났으며, 키랄 플라즈모닉 팔라듐 나노입자는 290 nm에서 표면 플라즈몬 공명 피크가

나타났고, 키랄 TiO_2 나노입자는 370 nm에서 넓은 흡광 피크가 나타났다. 따라서, 흡광 스펙트럼에서 각각의 무기 나노입자에 해당하는 피크가 나타남을 보았을 때, 수득한 역마이셀 나노구조체에서 무기 나노입자가 존재함이 확인되었다.

[0072] 마찬가지로, 실시예 2에서 수득한 역마이셀 유-무기 페로브스카이트 나노결정이 존재함을 확인하기 위하여, 흡광 스펙트럼을 측정하여 도 3에 나타내었다. 도 3에서, 상기 유-무기 페로브스카이트 나노결정은 페로브스카이트 나노결정 해당하는 514 nm에서 넓은 피크가 나타났기 때문에, 흡광 스펙트럼을 통하여 수득한 역마이셀 나노구조체에서 페로브스카이트 나노결정이 존재함이 확인되었다.

[0073] 2. XRD 패턴(X선 회절 패턴)

[0074] 유-무기 페로브스카이트 나노결정이 수득되었는지 확인하기 위하여, 상기 나노결정의 XRD 패턴을 측정하였다(도 4). 도 4를 보면, (100), (110), (200) 및 (210)에서 피크가 나타났으며, 상기 피크의 위치가 벌크한 MAPbBr_3 페로브스카이트와 일치함을 알 수 있으며, 그 결과 페로브스카이트 나노결정이 수득되었음이 확인되었다.

[0075] 3. 형광 스펙트럼

[0076] 상기 수득한 유-무기 페로브스카이트 나노결정이 균일하게 형성되었는지 확인하기 위하여, 키랄성을 갖는 유-무기 페로브스카이트 나노결정의 형광 스펙트럼을 365 nm 자외선 조사 하에서 측정하였다(도 5). 도 5에서, 상기 유-무기 페로브스카이트 나노결정은 530 nm에서 형광 피크가 나타났고, 반치전폭이 22 nm로 작게 나타났으며, 발광효율은 12%로 측정되었다. 상기 반치전폭이 작게 나타났기 때문에 균일한 페로브스카이트 나노결정이 형성되었음이 확인되었다. 여기에서, 상기 반치전폭은 함수의 폭을 나타내는 것으로서, 피크에 1/2이 되는 위치에서의 스펙트럼 폭을 의미하는 것이다.

[0077] 4. 푸리에 변환 적외선 스펙트럼

[0078] PS-b-PVP와 DL-알라닌이 어떤 결합을 하고 있는지 확인하기 위하여 푸리에 변환 적외선 스펙트럼을 측정하였으며, 구체적으로, DL-알라닌(청색), PS-b-PVP(흑색), PS-b-PVP/DL-알라닌(적색)의 스펙트럼을 비교해보았다(도 6). 도 6에서는, PS-b-PVP에서 피리딘의 피크인 1439 cm^{-1} 에서 진동 피크가 나타나며, PS-b-PVP/DL-알라닌에서는 PS-b-PVP과 DL-알라닌과의 결합에 의해 피리딘의 피크가 두 밴드로 분리되는 것을 확인할 수 있다. 따라서 도 6을 참고했을 때, PS-b-PVP/DL-알라닌에서 DL-알라닌의 하이드록실기와 PS-b-PVP의 피리딘기 간의 수소결합이 발생하였음을 확인할 수 있으며, 이에 따른 PS-b-PVP와 DL-알라닌의 수소결합된 분자 구조를 도 7에 나타내었다.

[0079] 상기 내용을 참고하여, 다양한 무기 나노입자(Au NP, Ag NP, TiO_2 NP, Pd NP)와 PS-b-PVP/DL-알라닌의 푸리에 변환 적외선 스펙트럼을 비교해보았다(도 8). 도 8에서는 다양한 무기 나노입자 전구체를 사용한 상기 PS-b-PVP/DL-알라닌의 스펙트럼에서, DL-알라닌의 아민기에 해당하는 진동 피크(1594 cm^{-1})가 감소하고, 1600 cm^{-1} 내지 1660 cm^{-1} 에서 넓은 피크가 발생하였다. 이것은 아민기와 상기 나노입자 전구체 이온 간의 강한 상호작용(배위결합)이 발생하였음을 의미하며, 이러한 강한 상호작용에 의해 DL-알라닌이 결합된 피리딘의 키랄성이 폴리비닐피리딘 코어에 in-situ로 생성된 유-무기 나노입자에 효과적으로 전달된 것으로 이해될 수 있다.

[0080] 또한, DL-알라닌, PS-b-PVP/DL-알라닌 및 PS-b-PVP/DL-알라닌/ MAPbBr_3 의 푸리에 변환 적외선 스펙트럼도 마찬가지로 비교해보았다(도 9). 도 9에서는 상기 PS-b-PVP/DL-알라닌/ MAPbBr_3 (녹색)의 푸리에 변환 적외선 스펙트럼에서 DL-알라닌의 아민기에 해당하는 진동 피크(1594 cm^{-1})가 감소하고, 1600 cm^{-1} 내지 1660 cm^{-1} 에서 넓은 피크가 발생함을 알 수 있었다. 이것은 아민기와 전구체 이온 간의 강한 상호작용(배위결합)이 발생하였음을 알 수 있으며, 이러한 강한 상호작용에 의해 DL-알라닌이 결합된 피리딘의 키랄성이 폴리비닐피리딘 코어에 in-situ로 생성된 유-무기 페로브스카이트 나노결정에 효과적으로 전달된 것으로 이해될 수 있다.

[0081] 5. 원편광 이색성 스펙트럼

[0082] DL-알라닌과 결합된 PVP은 L또는 D-알라닌을 함유한 폴리페닐이소시아나이드(polyphenylisocyanides 또는 폴리페닐아세틸렌(polyphenylacetylenes)과 유사한 화학구조를 가지며, DL-알라닌의 경우 비극성 용매에 용해되지 않지만, PVP와 함께 비극성 용매에서 혼합하였을 때 피리딘기와 수소결합을 형성하면서 용해된다. 상기 화합물의 특정 이성질체와의 선택적인 상호작용 및 키랄성을 확인하기 위하여 원편광 이색성 스펙트럼을 측정하였다

(도 10). 여기에서 원편광 이색성 스펙트럼은 거울상 이성질체에 빛이 투과될 때 생기는 편광 현상을 이용하는 것이다.

[0083] 도 10을 보면, 에탄올/물의 혼합 용매 또는 톨루엔의 용매를 사용하여 DL-알라닌과 PVP를 결합한 물질의 원편광 이색성 스펙트럼을 나타내었으며, 상기 톨루엔을 사용하였을 때 280 nm 에서 음의 원편광 이색성 피크가 나타남을 확인할 수 있었다. 여기에서, 상기 음의 피크가 나타나는 부분은 혼합물의 아로마틱 부분(235 nm 내지 280 nm)에 해당하는 것이며, 즉 DL-알라닌이 수소결합된 PVP의 피리딘기에 기인하는 것이다. 따라서, 235 nm 내지 280 nm 범위에서 피크가 나타남을 보았을 때, DL-알라닌과 PVP를 톨루엔에 용해하였을 때, 피리딘기가 L-알라닌과 수소결합하는 것보다 D-알라닌과 수소결합하는 것을 더 선호하기 때문에 키랄성을 가짐을 유추할 수 있다.

[0084] 또한, PS-b-PVP를 톨루엔에 용해하였을 때 또는 DL-알라닌/PS-b-PVP를 톨루엔에 용해하였을 때의 원편광 이색성 스펙트럼을 확인하였다(도 11), DL-알라닌/PS-b-PVP를 톨루엔에 용해하였을 때 280 nm에서 음의 원편광 이색성 피크가 나타남을 확인할 수 있었다. 여기에서, 상기 음의 피크가 나타나는 부분은 혼합물의 아로마틱 부분(235 nm 내지 280 nm)에 해당하는 것이며, 즉 DL-알라닌이 수소결합된 PVP의 피리딘기에 기인하는 것이다. 또한, 300 nm 이상에서 나타나는 넓은 음의 원편광 이색성 신호는 고분자 사슬에 기인한다. 따라서, 음의 원편광 이색성 신호를 보았을 때, 상기 DL-알라닌/PS-b-PVP를 톨루엔에 용해하였을 때, 피리딘기가 L-알라닌과 수소결합하는 것보다 D-알라닌과 수소결합하는 것을 더 선호하기 때문에 키랄성을 가짐을 유추할 수 있다.

[0085] 상기 내용을 참고하여, 키랄 플라즈모닉 금 나노입자, 키랄 플라즈모닉 은 나노입자, 키랄 플라즈모닉 팔라듐 나노입자 및 키랄 TiO_2 나노입자의 원편광 이색성 스펙트럼을 측정하였으며, 각각의 결과를 도 12에 나타내었다.

상기 키랄 플라즈모닉 금 나노입자는 -8.0×10^{-4} (513 nm에서)의 g-factor를 나타내었고, 키랄 플라즈모닉 은 나노입자는 -4.6×10^{-4} (390 nm에서) 및 -8.0×10^{-4} (513 nm에서)를 나타내었다. 또한, 키랄 플라즈모닉 팔라듐 나노입자는 -1.3×10^{-4} (285 nm에서)의 g-factor를 나타내었고, 키랄 TiO_2 나노입자는 -1.0×10^{-4} (360 nm에서)의 g-factor를 나타내었다. 따라서, 무기 나노입자 전구체를 사용한 무기 나노입자는 흡광 피크 부근에서 음의 g-factor를 가짐으로 인해 역마이스셀 코어에 형성된 상기 무기 나노입자가 키랄성을 가짐이 확인되었다.

[0086] 또한, 키랄성을 갖는 유-무기 페로브스카이트 나노결정의 원편광 이색성 스펙트럼을 측정하였다(도 13). 도 13을 보면, 상기 유-무기 페로브스카이트 나노결정은 -2.0×10^{-4} 의 g-factor(비대칭인자, anisotropy factor)를 나타내었고, 음의 g-factor를 나타낸 것으로 보아, 역마이스셀 코어에 형성된 상기 유-무기 페로브스카이트 나노결정 또한 키랄성을 가짐이 확인되었다.

[0087] 상기 내용을 참고하여, 상기 키랄성 나노구조체(키랄 무기 나노입자 및 키랄 유-무기 페로브스카이트 나노결정)가 정제 과정 후에도 키랄성을 유지할 수 있는지 확인하기 위해 원편광 이색성 스펙트럼을 측정하였다. 상기 키랄 무기 나노입자의 경우, 상기 나노입자를 원심 분리한 후 침전시켜 다시 톨루엔에 용해하여 원편광 이색성 스펙트럼을 측정하였으며, 상기 키랄 유-무기 페로브스카이트 나노결정의 경우, 상기 나노결정에 n-헥산 침전제를 첨가하여 원심분리를 통해 침전시키고, 테트라하이드로퓨란(비극성 용매이지만 톨루엔보다 극성이 큰 용매)에 용해한 후 원편광 이색성 스펙트럼을 측정하였다(도 14). 도 14에서 Au NP, Ag NP 및 MAPbBr_3 를 이용한 나노구조체 모두 음의 g-factor를 낸 것을 알 수 있다. 따라서, 정제 과정 후에도 상기 나노구조체들이 키랄성을 유지하였음을 알 수 있으며, 이것을 통하여 상기 키랄성 나노구조체가 정제 과정이 필요한 다양한 키랄 소자 및 시스템에 응용될 수 있음을 유추할 수 있다.

[0088] 6. 원자힘 현미경 이미지

[0089] DL-알라닌과 PS-b-PVP를 톨루엔과 혼합한 후 상기 용액을 기관 상에 스핀코팅(2000 rpm, 60 초)하여 원자힘 현미경 이미지를 측정하였다(도 15). 상기 역마이스셀 구조는, 상기 원자힘 현미경 이미지(도 15)에서 도트 패턴(dot pattern)을 형성하는 것을 참고하여, 역마이스셀 구조가 형성됨을 확인할 수 있었으며, 종래 기술에 잘 알려져 있는 것처럼 PS-b-PVP를 톨루엔에 열을 가하면서 용해하였을 때 역마이스셀 구조를 형성하기 때문에, 상기 DL-알라닌을 같이 첨가하였을 때에도 역마이스셀 구조가 유지되어 DL-알라닌은 블록 공중합체의 자기 조립 구조에 영향을 미치지 않음을 확인하였다.

[0090] 7. 투과 전자 현미경 이미지

[0091] 키랄성을 갖는 다양한 무기 나노입자가 역마이스셀 구조를 갖는지 확인하기 위하여, 키랄 플라즈모닉 금

나노입자, 키랄 플라즈모닉 은 나노입자, 키랄 플라즈모닉 팔라듐 나노입자 및 키랄 TiO_2 나노입자의 투과전자현미경 이미지를 측정하였다(도 16). 도 16을 보면, 상기 키랄 플라즈모닉 금 나노입자는 역마이셀 코어에 평균 지름이 12 nm인 하나의 구형 나노입자가 형성되었고, 키랄 플라즈모닉 은 나노입자는 역마이셀 코어에 평균 지름이 7 nm인 여러 개의 구형 은 나노입자가 형성되었으며, 키랄 플라즈모닉 팔라듐 나노입자는 역마이셀 코어에 평균 지름이 3 nm인 여러 개의 구형 팔라듐 나노입자가 형성되었으며, 키랄 TiO_2 나노입자는 역마이셀 코어에 평균 지름이 37 nm인 하나의 TiO_2 나노입자가 형성되었다. 따라서, 투과 전자 현미경 이미지를 통해서, 역마이셀 구조를 갖는 키랄성 무기 나노입자가 생성됨을 확인할 수 있다.

[0092] 키랄성을 갖는 다양한 무기 나노입자의 투과 현미경을 측정한 것과 같이, 키랄성을 갖는 유-무기 페로브스카이트 나노결정의 투과 현미경 이미지를 측정하였다(도 17). 도 17을 보면 알 수 있듯이, 상기 유-무기 페로브스카이트 나노결정은 하나의 역마이셀 코어에 평균 지름이 40 nm인 하나의 페로브스카이트 나노결정이 형성된 것을 볼 수 있다. 따라서, 투과 전자 현미경 이미지를 통해서 역마이셀 구조를 갖는 유-무기 페로브스카이트 나노결정이 생성됨을 확인할 수 있다.

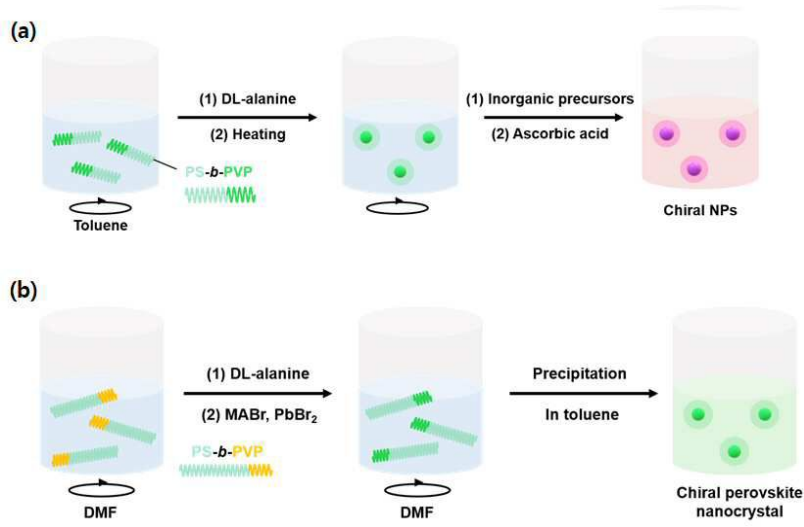
[0093] 종합하면, 본원은 PS-b-PVP과 DL-알라닌을 혼합하면 PS-b-PVP의 피리딘기와 DL-알라닌의 하이드록실기가 수소결합하며 역마이셀 나노구조체가 형성되고, 상기 나노구조체의 코어에 키랄성을 갖는 특징이 있다. 또한, 본원은 종래 기술보다 간단한 전구체의 투여 및 교반 과정으로 키랄성 나노구조체를 수득할 수 있으며, 상기 블록공중합체 템플레이트 내에서 in-situ 합성되는 특징으로 인해 정제 과정 후에도 이들의 키랄성이 안정하게 유지될 수 있는 이점이 있음이 확인되었다. 이에 반해, 종래 기술은 키랄 리간드 또는 키랄 템플레이트를 사용하여 키랄 나노구조체를 수득하는 것이기 때문에 가격적인 면에서 단점이 있는 반면, 본원은 키랄 리간드 또는 키랄 템플레이트를 사용하지 않고 비키랄성 물질만 사용하여 저비용의 이점이 있으며, 블록공중합체의 소프트 템플레이트라는 간단한 공정 방법을 사용하여 키랄성 유-무기 나노구조체를 수득할 수 있는 이점이 있다. 또한, 본원의 상기 키랄성 나노구조체는 키랄 분자 및 키랄 템플레이트를 사용하지 않음에도 불구하고, 제조된 상기 키랄성 나노구조체가 키랄 분자 및 키랄 템플레이트를 사용한 종래의 키랄 나노구조체와 유사한 수준의 키랄성을 가진다.

[0095] 전술한 본원의 설명은 예시를 위한 것이며, 본원이 속하는 기술분야의 통상의 지식을 가진 자는 본원의 기술적 사상이나 필수적인 특징을 변경하지 않고서 다른 구체적인 형태로 쉽게 변형이 가능하다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로 이상에서 기술한 실시예들은 모든 면에서 예시적인 것이며 한정적이 아닌 것으로 이해해야만 한다. 예를 들어, 단일형으로 설명되어 있는 각 구성 요소는 분산되어 실시될 수도 있으며, 마찬가지로 분산된 것으로 설명되어 있는 구성 요소들도 결합된 형태로 실시될 수도 있다.

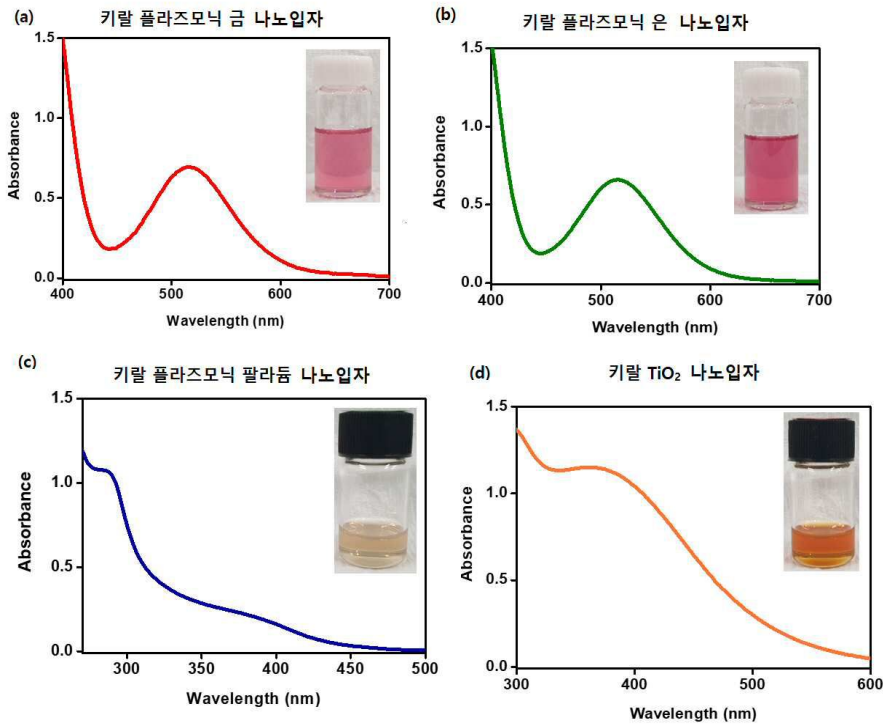
[0096] 본원의 범위는 상기 상세한 설명보다는 후술하는 특허청구범위에 의하여 나타내어지며, 특허청구범위의 의미 및 범위, 그리고 그 균등 개념으로부터 도출되는 모든 변경 또는 변형된 형태가 본원의 범위에 포함되는 것으로 해석되어야 한다.

도면

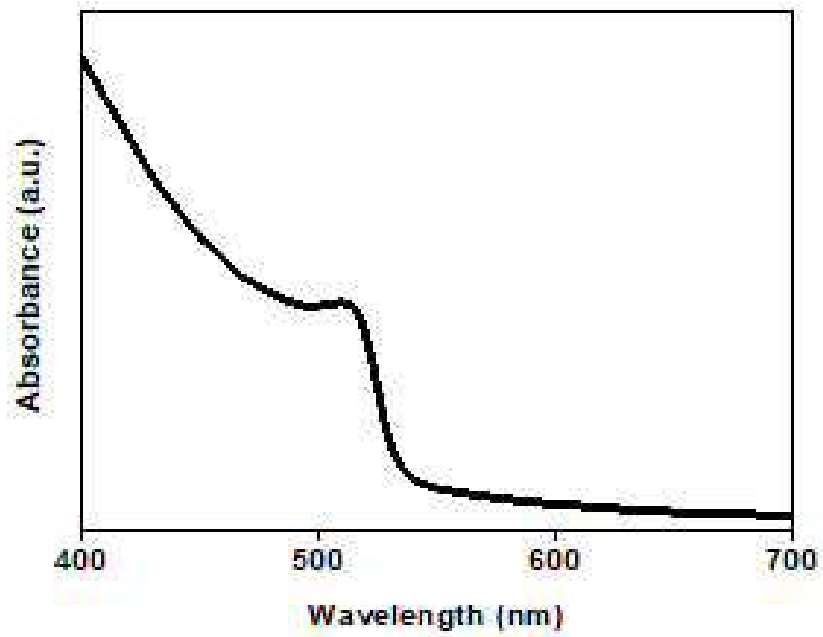
도면1



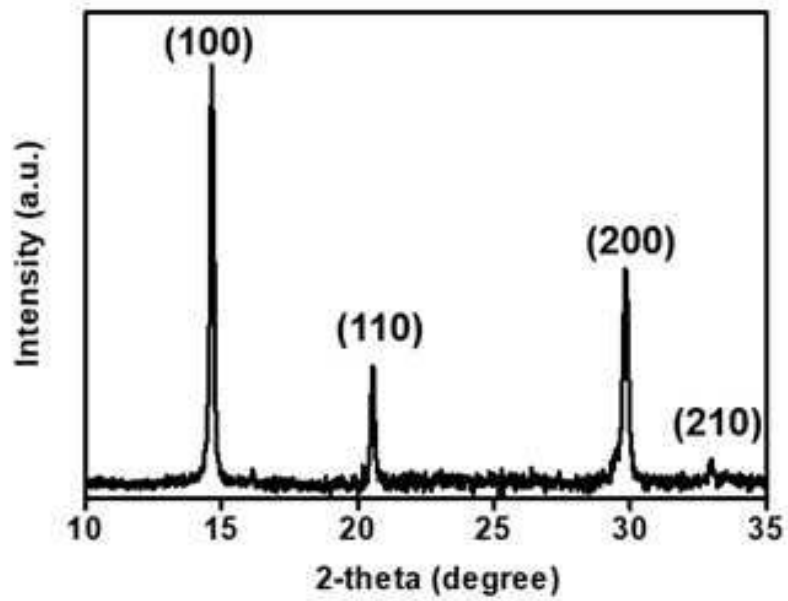
도면2



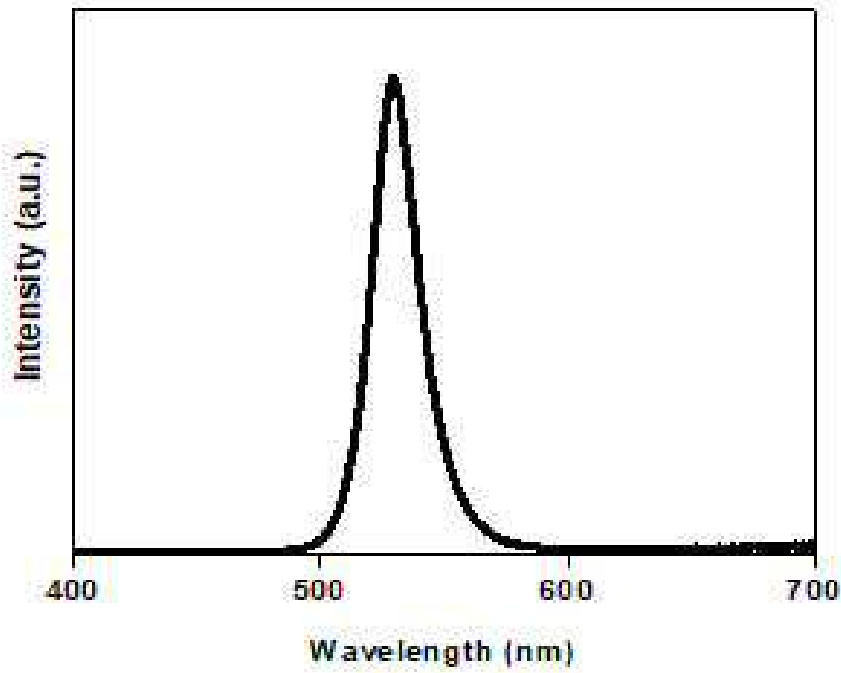
도면3



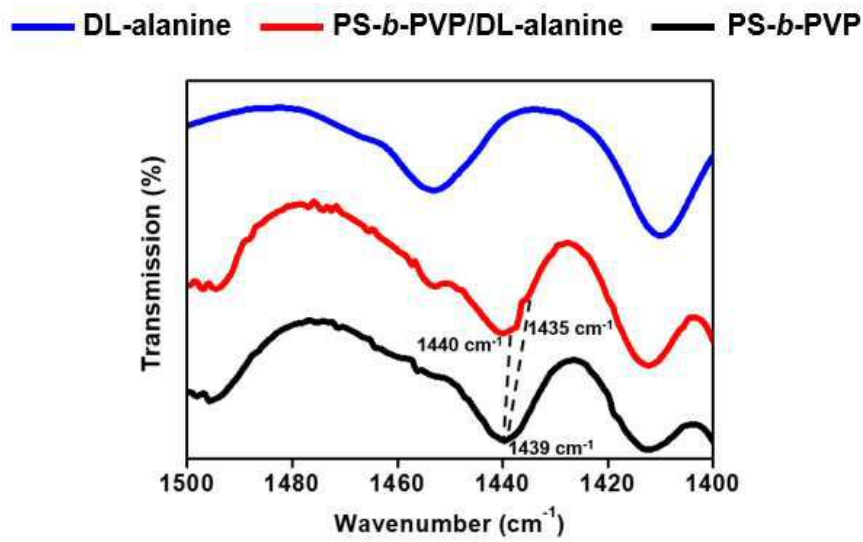
도면4



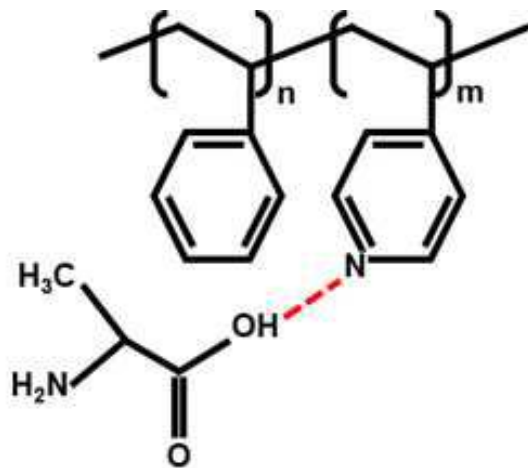
도면5



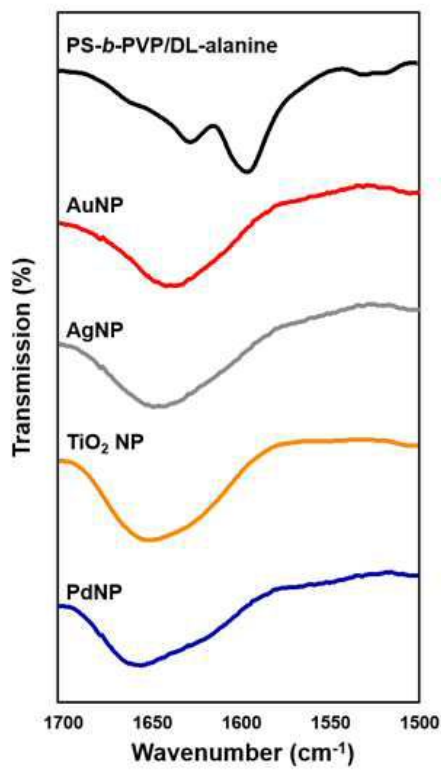
도면6



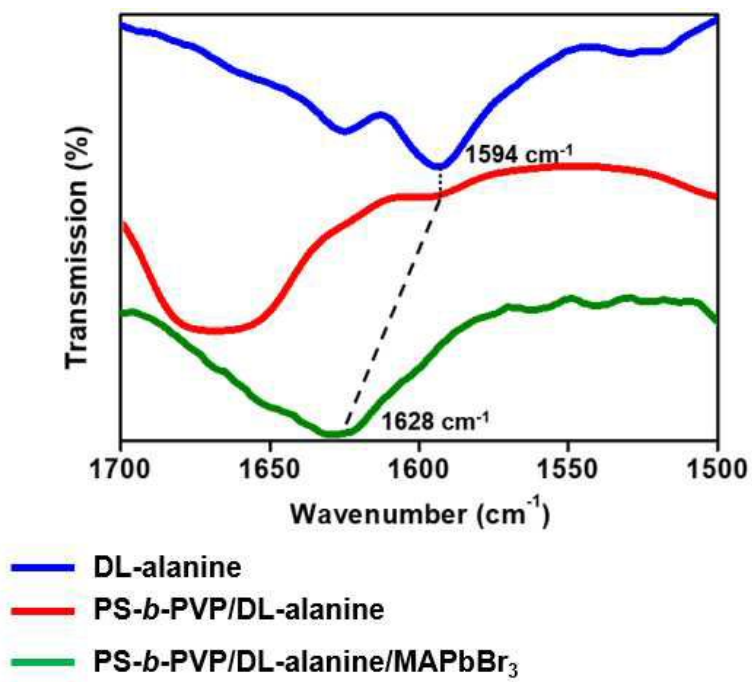
도면7



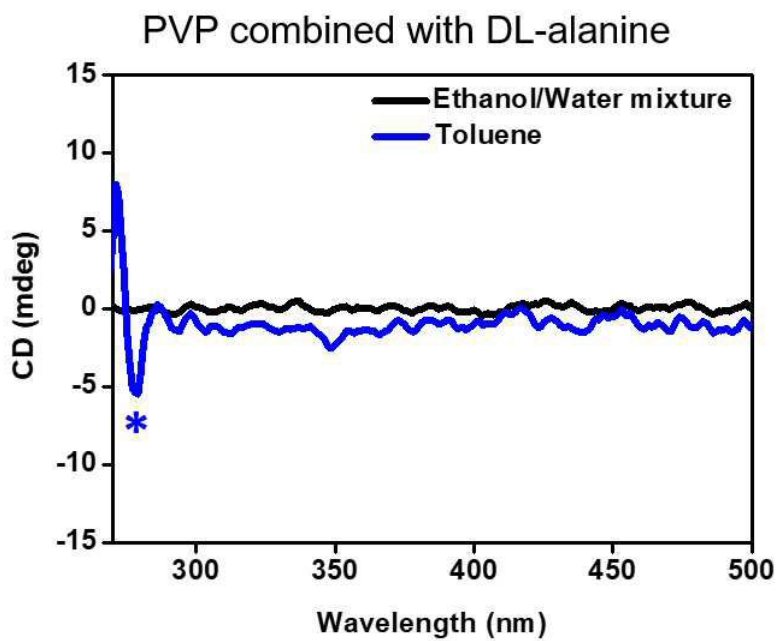
도면8



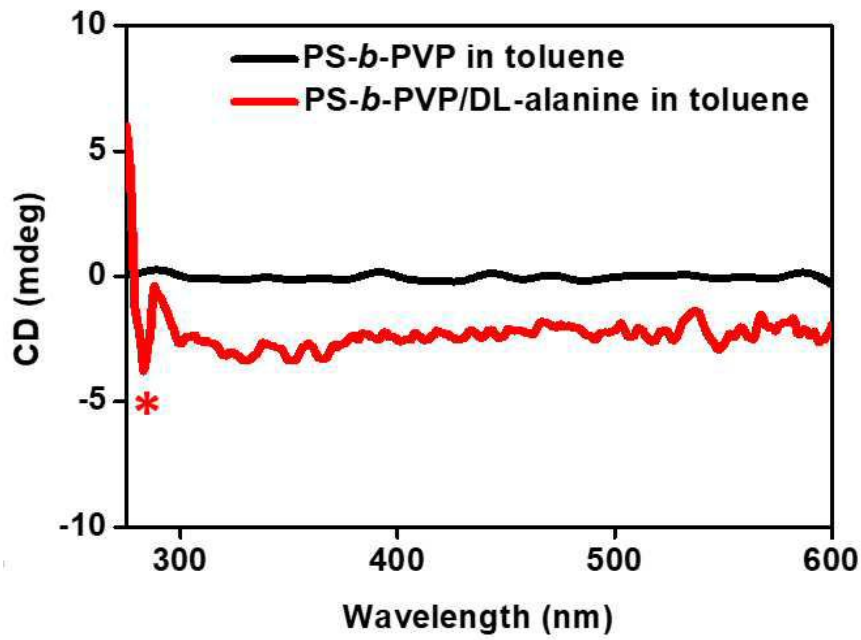
도면9



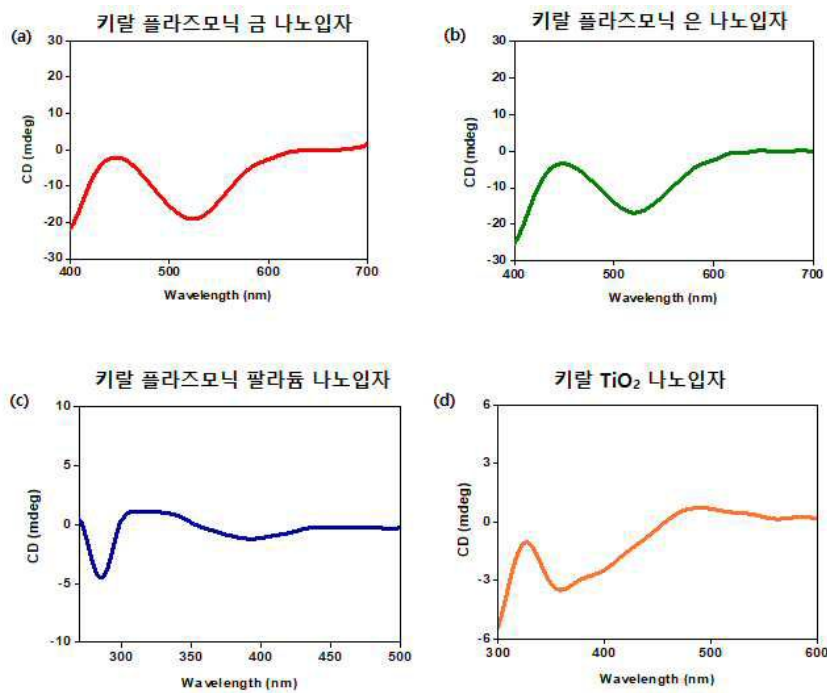
도면10



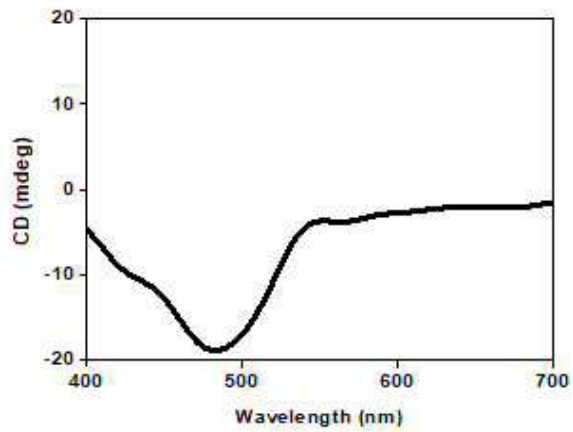
도면11



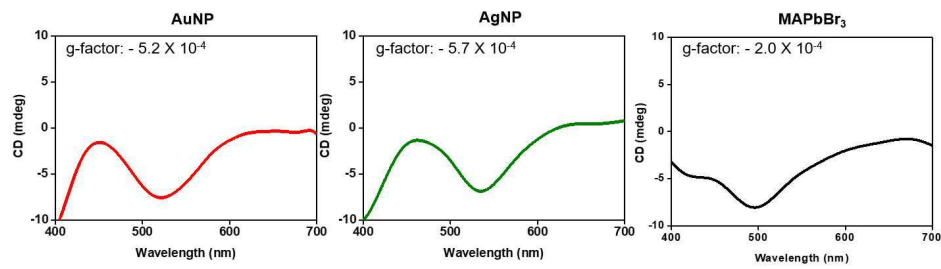
도면12



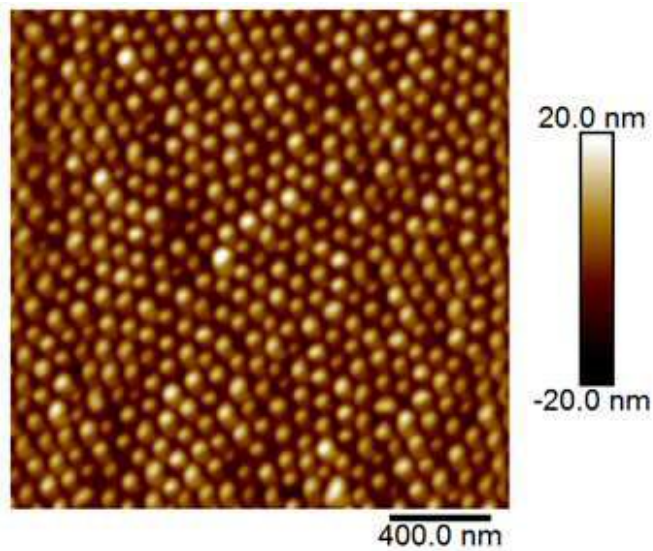
도면13



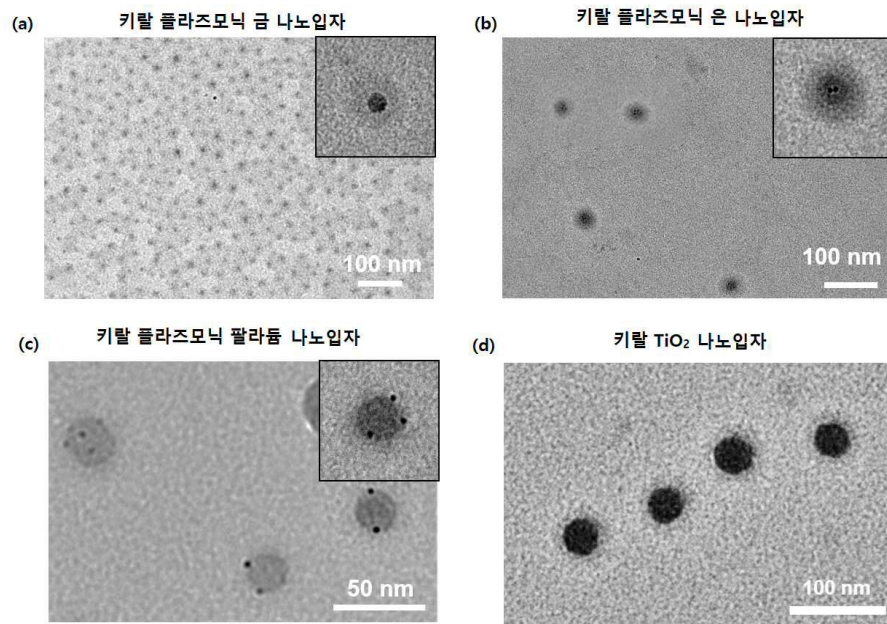
도면14



도면15



도면16



도면17

