(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2021년07월22일
(11) 등록번호 10-2280843
(24) 등록일자 2021년07월19일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
B82B 3/00 (2017.01) *H01L 51/00* (2006.01)
H01L 51/50 (2006.01) *H01L 51/56* (2006.01)
B82Y 20/00 (2017.01) *B82Y 40/00* (2017.01)
(52) CPC특허분류
B82B 3/008 (2013.01)
H01L 51/0045 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2020-0022229
(22) 출원일자 2020년02월24일
심사청구일자 2020년02월24일
(56) 선행기술조사문헌
J. Mater. Chem., 2011, 21, 8002 (2011.04.04.) 1부.*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
인하대학교 산학협력단
인천광역시 미추홀구 인하로 100(용현동, 인하대학교)
(72) 발명자
박동혁
인천광역시 서구 청라사파이어로 158 (경서동, 청라골드클래스) 573동 1901호
김석호
강원도 홍천군 삼현길 70-16 (동면) (삼현리 519)
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
이원희

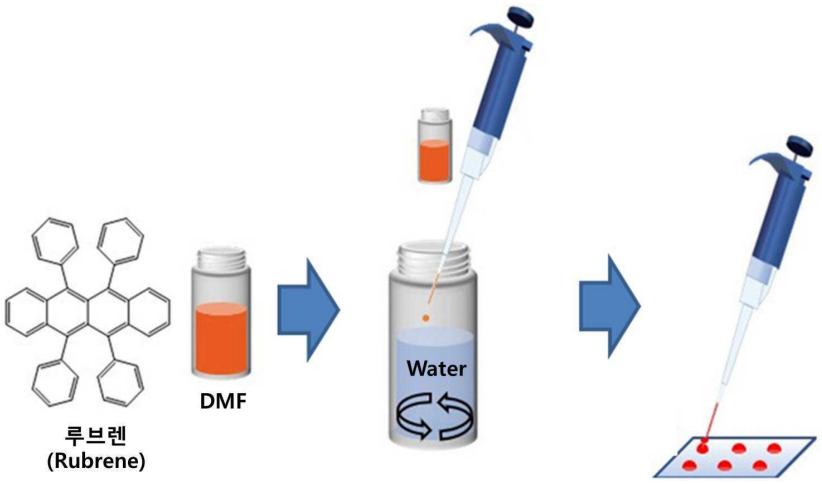
전체 청구항 수 : 총 8 항 심사관 : 양정화

(54) 발명의 명칭 **루브린 나노입자의 발광 스펙트럼에서의 반치폭 조절방법**

(57) 요 약

본 발명은 루브린 나노입자의 발광 스펙트럼에서의 반치폭 조절방법에 관한 것으로, 상세하게는 루브린 분말을 양용매에 용해시키는 제 1 단계; 친수성 용매에 상기 루브린 분말이 용해된 용액을 투입하여 제 1 루브린 나노입자를 침전시키는 제 2 단계; 및 상기 제 1 루브린 나노 입자를 열처리하여 제 2 루브린 나노 입자를 제조하는 제 3 단계;를 포함하는, 루브린 나노입자의 발광 스펙트럼에서의 반치폭 조절방법에 관한 것이다.

대 표 도 - 도1



(52) CPC특허분류
H01L 51/5012 (2013.01)
H01L 51/56 (2013.01)
B82Y 20/00 (2013.01)
B82Y 40/00 (2013.01)

(72) 발명자
최진호
경기도 성남시 수정구 산성대로405번길 9-15 (단대동) 101호

박정운
서울특별시 은평구 갈현로37가길 18 (갈현동) 정우빌라 101호

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711085800
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	중견연구
연구과제명	[Ezbaro] 기능성 유기물 기반의 다차원 양자나노구조체 개발
기 여 율	1/1
과제수행기관명	인하대학교
연구기간	2019.03.01 ~ 2020.02.29

명 세 서

청구범위

청구항 1

루브린 분말을 디메틸포름아미드(DMF)에 용해시키는 제 1 단계;

친수성 용매에 상기 루브린 분말이 용해된 용액을 투입하여 제 1 루브린 나노 입자를 침전시키는 제 2 단계; 및

상기 제 1 루브린 나노 입자를 열처리하여 제 2 루브린 나노 입자를 제조하는 제 3 단계;를 포함하며,

상기 제 2 루브린 나노 입자의 발광(PL) 스펙트럼의 발광 피크는 상기 제 1 루브린 나노 입자의 발광(PL) 스펙트럼의 발광 피크보다 적색 전이(red shift)되는 것을 특징으로 하는,

루브린 나노입자의 발광 스펙트럼에서의 반치폭 조절방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 열처리는 130 내지 170 ℃에서 수행하는,

루브린 나노입자의 발광 스펙트럼에서의 반치폭 조절방법.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 제 2 루브린 나노 입자는 정육면체(cubic) 형태이고, 발광(PL) 스펙트럼에서 단일 발광 피크가 나타나는,

루브린 나노입자의 발광 스펙트럼에서의 반치폭 조절방법.

청구항 4

루브린 분말을 디메틸포름아미드(DMF)에 용해시키는 제 1 단계;

친수성 용매에 상기 루브린 분말이 용해된 용액을 투입하여 제 1 루브린 나노 입자를 침전시키는 제 2 단계; 및

상기 제 1 루브린 나노 입자를 열처리하여 제 2 루브린 나노 입자를 제조하는 제 3 단계;를 포함하며,

상기 제 2 루브린 나노 입자는 발광(PL) 스펙트럼의 550nm 내지 580nm 파장영역에서 나타나는 발광 피크의 반치폭(FWHM)이 30nm 내지 50nm이며,

상기 제 2 루브린 나노 입자의 발광(PL) 스펙트럼의 발광 피크는 상기 제 1 루브린 나노 입자의 발광(PL) 스펙트럼의 발광 피크보다 적색 전이(red shift)되는 것을 특징으로 하는,

발광 스펙트럼에서 좁은 반치폭을 갖는 루브린 나노입자의 제조방법.

청구항 5

삭제

청구항 6

삭제

청구항 7

제 4 항에 있어서,

상기 제 2 루브린 나노 입자의 발광(PL) 스펙트럼의 발광 피크는 상기 제 1 루브린 나노 입자의 발광(PL) 스펙트럼의 발광 피크보다 적색 전이(red shift)되는 것을 특징으로 하는,

발광 스펙트럼에서 좁은 반치폭을 갖는 루브린 나노입자의 제조방법.

청구항 8

제 4 항의 제조방법으로 제조되며,

발광(PL) 스펙트럼의 550nm 내지 580nm 파장영역에서 나타나는 발광 피크의 반치폭(FWHM)이 30nm 내지 50nm인,

발광 스펙트럼에서 좁은 반치폭을 갖는 루브린 나노입자.

청구항 9

제 8 항에 있어서,

상기 루브린 나노입자는

정육면체(cubic) 형태이고,

발광(PL) 스펙트럼에서 단일 발광 피크가 나타나는,

루브린 나노 입자.

청구항 10

제 8 항의 루브린 나노입자를 포함하는 유기 발광 소자.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 루브린 나노입자의 발광 스펙트럼의 반치폭 조절방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0003] 유기 발광 다이오드(Organic Light Emitting Diode, OLED)는 전류에 반응하여 빛을 내는 발광층의 발광 재료로 유기 반도체를 사용한 발광 다이오드이다.

[0004] 유기 발광 다이오드(OLED)는 음극으로부터 이동한 전자와 양극으로부터 이동한 정공이 발광층에서 재결합하면서 엑시톤(exciton)을 형성하고, 상기 엑시톤이 낮은 에너지 상태로 떨어지면서 에너지가 방출되면서 특정 파장의 빛을 발광하는 원리로 작동한다. 이때, 발광층을 구성하는 유기 반도체 물질이 무엇이냐에 따라 발광하는 빛의 색이 달라지며, 적색(Red), 녹색(Greed), 및 청색(Blue)의 빛을 발광하는 각각의 유기 반도체를 이용하여 총천연색(Full color)을 구현할 수 있다.

[0006] 이러한 유기 발광 다이오드(OLED)는 발광층이 무기 반도체로 이루어진 발광 다이오드(Light Emitting Diode, LED)에 비해 제조 비용이 매우 저렴하고, 유기 반도체가 자체 발광함으로써 별도의 백라이트 없이 색과 빛을 표현할 수 있어 박막화가 가능하며, 재현율이 높고 시야각이 넓어 차세대 디스플레이 장치로서 많은 관심을 끌고 있다.

[0008] 하지만, 이러한 장점에도 불구하고, 유기 발광 다이오드(OLED)의 발광층에 사용하기 위한 다수의 유기 반도체들은 발광(photoluminescence, PL) 스펙트럼의 반치폭(Full Width at Half Maximum, FWHM)이 넓고 이에 따라 발

광 색의 순도가 낮아 발광 재료로 사용하기 어려운 문제가 있다.

[0009] 발광(PL) 스펙트럼에서 반치폭(FWHM)이란, 발광 스펙트럼에서 나타나는 발광 피크의 1/2 강도를 가진 두 파장 사이의 간격을 의미하는 값으로, 유기 발광 다이오드(OLED)가 보다 선명한 색을 구현하기 위해서는 발광층에 사용되는 유기 반도체 물질이 색 순도가 높아야 하고, 이를 위해서는 발광(PL) 스펙트럼에서 나타나는 발광 피크의 반치폭(FWHM)이 좁은 특징을 나타내야 한다. 이에, 선명한 색을 구현하는 유기 발광 다이오드(OLED)를 제조하기 위해 유기 반도체 물질의 발광(PL) 스펙트럼에서 나타나는 발광 피크의 반치폭(FWHM)을 줄이기 위한 기술이 계속해서 연구되고 있다.

[0011] 이와 관련하여, 유기 반도체 물질로서 발광(PL) 스펙트럼의 반치폭(FWHM)이 약 30nm 내지 70nm 정도로 좁은 인광 발광 재료인 Ir(ppy)3 또는 Pt(OEP)이 보고된 바 있지만, 상기 물질은 값비싼 희귀 금속을 포함하고 있어 제조 가격이 매우 높고, 수명이 매우 짧아 상용화하기 어려운 문제가 있다. 이에, 이를 극복한 신규 발광 재료에 대한 연구가 필요한 실정이다.

[0013] 한편, 유기 반도체는 구성 단위 분자들의 길이에 따라 유기 단분자 또는 유기 고분자로 나뉘며, 그 중 유기 단분자는, 옥소퀴놀린 알루미늄(Ⅲ)(oxoquinoline aluminum(Ⅲ), AlQ3), 펜타센(Pentacene), 루브린(Rubrene) 등으로, 화합물을 구성하는 탄소 원자들 사이에 $2P_z$ 궤도의 파이 전자를 공유하면서 단일 공유결합과 이중 공유결합을 반복하는 파이-공액 구조를 가지는 구조적 특징으로 인해 전기 및 광 반응성이 우수한 것으로 알려져 있으며, 더욱이 나노 크기의 유기 반도체는 벌크의 유기 반도체 보다 부피 대비 표면적 비율이 높고, 전자 이동도가 높은 것으로 알려져 있어, 유기 단분자 나노 입자를 제조하여 유기 발광 다이오드(OLED)의 발광 재료로 활용하기 위한 연구가 활발히 진행되고 있다.

[0015] 이와 관련된 종래의 기술로, Q Sun et al, Nature Photonics 2007, 1, 717 및 D Das et al, Nature Mater 2010, 9, 36에서는 수열 합성법을 이용하여 유기 단분자의 결정 정도, 물리적 크기 및 모양을 조절하는 방법이 개시된 바 있고, 일본특허공보 제2,723,200호 및 일본특허공보 제3,423,922호에서는 재침전법(Reprecipitation method) 즉, 유기 화합물을 용해한 용액을 빈용매(통상은 증류수)에 주입함으로써 유기 단분자 나노 입자를 침전 생성하는 방법이 개시된 바 있다.

[0016] 하지만, 현재까지 기술은 유기 단분자 나노 입자를 제조하는 기술만 개시되어 있을 뿐인 바, 유기 단분자 나노 입자에서 발광(PL) 스펙트럼의 반치폭(FWHM)을 줄이는 방법에 대해서는 연구가 부족한 상황이다.

[0018] 이에, 본 발명자는 유기 반도체 물질의 발광(PL) 스펙트럼의 반치폭(FWHM)을 줄이는 방법에 대해 연구하던 중, 재침전법 및 열처리를 통해 루브린(Rubrene) 나노 입자에 대해 발광(PL) 스펙트럼에서의 반치폭(FWHM)을 줄이는 방법을 개발하고 본 발명을 완성하였다.

선행기술문헌

특허문헌

[0020] (특허문헌 0001) 일본특허공보 제2,723,200호

(특허문헌 0002) 일본특허공보 제3,423,922호

비특허문헌

[0021] (비특허문헌 0001) Q. Sun et al, Nature Photonics 2007, 1, 717.

(비특허문헌 0002) D. Das et al, Nature Mater 2010, 9, 36.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0022] 본 발명의 목적은 루브린 나노입자의 발광 스펙트럼에서의 반치폭 조절방법을 제공하는 데 있다.

과제의 해결 수단

[0024] 상기 목적을 달성하기 위하여,

[0025] 본 발명의 일 측면에서는

[0026] 루브린 분말을 양용매에 용해시키는 제 1 단계;

[0027] 친수성 용매에 상기 루브린 분말이 용해된 용액을 투입하여 제 1 루브린 나노 입자를 침전시키는 제 2 단계; 및

[0028] 상기 제 1 루브린 나노 입자를 열처리하여 제 2 루브린 나노 입자를 제조하는 제 3 단계;를 포함하는,

[0029] 루브린 나노입자의 발광 스펙트럼에서의 반치폭 조절방법이 제공된다.

[0031] 이때, 상기 열처리는 130 내지 170 ℃에서 수행될 수 있다.

[0033] 또한, 상기 제 2 루브린 나노 입자는 정육면체(cubic) 형태이고, 발광(PL) 스펙트럼에서 단일 발광 피크가 나타날 수 있다.

[0035] 본 발명의 다른 일 측면에서는

[0036] 루브린 분말을 양용매에 용해시키는 제 1 단계;

[0037] 친수성 용매에 상기 루브린 분말이 용해된 용액을 투입하여 제 1 루브린 나노 입자를 침전시키는 제 2 단계; 및

[0038] 상기 제 1 루브린 나노 입자를 열처리하여 제 2 루브린 나노 입자를 제조하는 제 3 단계;를 포함하며,

[0039] 상기 제 2 루브린 나노 입자는 발광(PL) 스펙트럼의 550nm 내지 580nm 파장영역에서 나타나는 발광 피크의 반치폭(FWHM)이 30nm 내지 50nm인,

[0040] 발광 스펙트럼에서 좁은 반치폭을 갖는 루브린 나노입자의 제조방법이 제공된다.

[0042] 이때, 상기 양용매는 디메틸포름아미드(DMF)일 수 있다.

[0044] 또한, 상기 제 2 루브린 나노 입자의 발광(PL) 스펙트럼의 발광 피크는 상기 제 1 루브린 나노 입자의 발광(PL) 스펙트럼의 발광 피크보다 적색 전이(red shift)될 수 있다.

[0046] 본 발명의 다른 일 측면에서는

[0047] 상기 제조방법으로 제조되며,

[0048] 발광(PL) 스펙트럼의 550nm 내지 580nm 파장영역에서 나타나는 발광 피크의 반치폭(FWHM)이 30nm 내지 50nm인,

[0049] 발광 스펙트럼에서 좁은 반치폭을 갖는 루브린 나노입자가 제공된다.

[0051] 이때, 상기 루브린 나노입자는

[0052] 정육면체(cubic) 형태이고,

[0053] 발광(PL) 스펙트럼에서 단일 발광 피크가 나타나는,

[0054] 루브린 나노 입자일 수 있다.

[0056] 본 발명의 또 다른 일 측면에서는

[0057] 상기 루브린 나노입자를 포함하는 유기 발광 소자가 제공된다.

발명의 효과

[0059] 본 발명은 재침전법 및 용융점 이하에서의 열처리를 이용하여 루브린 나노입자의 발광 스펙트럼에서의 반치폭을 조절하는 방법을 제공할 수 있고, 상세하게는 재침전법 과정에서 양용매를 선택적으로 사용함으로써 제조되는 루브린 나노 입자의 발광(PL) 스펙트럼의 반치폭(FWHM)을 줄일 수 있다.

[0061] 또한, 상기 방법을 이용하여 발광(PL) 스펙트럼에서 좁은 반치폭(FWHM)을 갖는 루브린 나노 입자를 제조할 수 있으며 이를 통해 제조된 루브린은 색 순도 및 발광 세기가 현저히 우수하여 유기 발광 소자에 활용 시 소자의 발광 색 선명도를 현저히 향상시킬 수 있다.

[0063] 또한, 본 발명은 재침전법 과정에서 양용매로, 디메틸포름아미드(Dimethylformamide, DMF)을 사용함으로써, 여러 파장 영역에서 발광하여 복합적인 발광 특성을 나타내는 벌크 상태의 루브린과는 달리 단일 파장 영역에서 발광하며 발광 세기가 현저히 높은 발광 특성을 나타내는 루브린 나노 입자를 제조할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0065] 도 1은 본 발명의 실시 예에 따른 루브린 나노입자의 발광 스펙트럼에서의 반치폭 조절방법을 나타낸 모식도이고,

도 2는 본 발명의 실시 예 1 및 비교 예 1에 따라 제조된 루브린 나노 입자를 주사전자현미경(Scanning Electron Microscope, SEM)으로 관찰한 사진이고,

도 3은 본 발명의 실시 예 2 및 비교 예 2에 따라 제조된 루브린 나노 입자를 주사전자현미경(Scanning Electron Microscope, SEM)으로 관찰한 사진이고,

도 4는 본 발명의 실시 예 1 및 비교 예 1에 따라 제조된 루브린 나노 입자의 발광(PL) 스펙트럼을 비교한 그래프이고,

도 5는 본 발명의 실시 예 2 및 비교 예 2에 따라 제조된 루브린 나노 입자의 발광(PL) 스펙트럼을 비교한 그래프이고,

도 6은 본 발명의 실시 예 1 및 실시 예 2에 따라 제조된 루브린 나노 입자의 발광(PL) 스펙트럼을 비교한 그래프이고,

도 7은 본 발명의 실시 예 1 및 2에 따라 제조된 루브린 나노 입자 및 비교예 3의 벌크 상태의 루브린의 발광(PL) 스펙트럼을 비교한 그래프이고,

도 8은 본 발명의 실시 예에 따라 제조된 루브린 나노 입자의 자외선/가시광선 흡수 분광(UV-Vis Spectrometer, UV-Vis) 스펙트럼을 비교한 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0066] 이하, 본 발명의 바람직한 실시 형태들을 다음과 같이 설명한다. 그러나, 본 발명의 실시 형태는 여러 가지 다른 형태로 변형될 수 있으며, 본 발명의 범위가 이하 설명하는 실시 형태로 한정되는 것은 아니다. 또한, 본 발명의 실시 형태는 당해 기술분야에서 평균적인 지식을 가진 자에게 본 발명을 더욱 완전하게 설명하기 위해서 제공되는 것이다. 또한, 명세서 전체에서 어떤 구성요소를 "포함"한다는 것은 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성요소를 더 포함할 수 있다는 것을 의미한다.

[0068] 본 발명의 일 측면에서는,

[0069] 루브린 분말을 양용매에 용해시키는 제 1 단계;

[0070] 친수성 용매에 상기 루브린 분말이 용해된 용액을 투입하여 제 1 루브린 나노 입자를 침전시키는 제 2 단계; 및

[0071] 상기 제 1 루브린 나노 입자를 열처리하여 제 2 루브린 나노 입자를 제조하는 제 3 단계;를 포함하는,

[0072] 루브린 나노입자의 발광 스펙트럼에서의 반치폭 조절방법이 제공된다.

[0074] 이하, 본 발명의 실시 예에 따른 루브린 나노입자의 발광 스펙트럼에서의 반치폭 조절방법을 도면을 참조하여 각 단계별로 상세히 설명한다.

[0076] 도 1은 본 발명의 실시 예에 따른 루브린 나노입자의 발광 스펙트럼에서의 반치폭 조절방법을 나타낸 모식도이다.

[0078] 먼저, 본 발명의 일 측면에서 제공되는 루브린 나노입자의 발광 스펙트럼에서의 반치폭 조절방법은 루브린 분말을 양용매에 용해시키는 제 1 단계를 포함할 수 있다.

[0080] 상기 제 1 단계는 재침전법을 수행하기 위해, 먼저 루브린 분말을 양용매에 용해하는 단계로, 사용되는 양용매의 종류에 따라, 이후 제조되는 제 1 루브린 나노 입자의 분자 배열 차이를 유도하며, 이에 따라 제 2 루브린 나노 입자의 결정형 및 발광 특성이 달라질 수 있다.

[0082] 이때, 루브린 분말에 대한 양용매로 테트라하이드로퓨란(Tetrahydrofuran, THF) 및 디메틸포름아미드

(Dimethylformamide, DMF) 중 적어도 하나를 사용할 수 있으며, 이를 통해 발광(PL) 스펙트럼에서 메인 발광 피크의 반치폭(FWHM)이 30nm 내지 50nm로 좁아 색 순도가 높은 제 2 루브린 나노 입자를 제조할 수 있다.

[0083] 상기 루브린 분말은 상기 양용매에 0.5 내지 1.5 mg/mL의 농도로 용해될 수 있으며 바람직하게는 1mg/mL의 농도로 용해될 수 있다.

[0084] 상기 제 1 단계는, 상기 양용매에 루브린 분말이 효과적으로 용해되도록 하기 위해 교반하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0086] 다음, 본 발명의 일 측면에서 제공되는 루브린 나노입자의 발광 스펙트럼에서의 반치폭 조절방법은 친수성 용매에 상기 루브린 분말이 용해된 용액을 투입하여 제 1 루브린 나노 입자를 침전시키는 제 2 단계를 포함할 수 있다.

[0088] 상기 제 2 단계는, 제 1 루브린 나노 입자를 재침전(reprecipatation)시키는 단계로, 상기 양용매에 용해된 루브린 분말의 소수성 특징으로 인해, 친수성 용매에 투입 시 용해되어 있던 루브린 분자가 자기조립(self-assemble) 현상에 의해 구형의 형태로 침전될 수 있다.

[0089] 이때 상기 친수성 용매는 소수성을 갖는 루브린에 대한 용해도가 낮은 증류수(Deionized water, D-I water)일 수 있다.

[0091] 상기 제 2 단계에서 침전되어 형성되는 제 1 루브린 나노 입자는 상기 양용매의 종류에 따라, 분자 배열이 달라질 수 있으며, 상기 양용매로 디메틸포름아미드(DMF)를 사용함으로써, 이후 제조되는 제 2 루브린 나노 입자의 색순도를 높이는 동시에 발광 세기를 현저히 향상시킬 수 있다.

[0093] 상기 제 2 단계는, 상기 침전되어 형성된 제 1 루브린 나노 입자를 회수하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0094] 상기 회수하는 단계는, 상기 제 1 루브린 나노 입자가 용해된 용액을 분산 및 희석시키고, 상기 친수성 용매를 건조시키는 방법으로 수행될 수 있다.

[0095] 일 예로, 초음파분산기(sonicator)를 이용하여 친수성 용매 내에 상기 제 1 루브린 나노 입자를 고르게 분산시키고, 분산된 용액을 약 100배 희석한 후, 상기 희석액 중 일부를 분리 및 건조하여 친수성 용매를 제거하는 방법으로 수행될 수 있고, 이때, 상기 건조는 진공 건조방법으로 수행될 수 있으나 이에 제한되지는 않는다.

[0097] 다음, 본 발명의 일 측면에서 제공되는 루브린 나노입자의 발광 스펙트럼에서의 반치폭 조절방법은 상기 제 1 루브린 나노 입자를 열처리하여 제 2 루브린 나노 입자를 제조하는 제 3 단계를 포함할 수 있다.

[0099] 상기 제 3 단계는 상기 회수한 제 1 루브린 나노 입자를 열처리하여 결정성을 갖는 제 2 루브린 나노 입자를 제조하는 단계일 수 있다. 이때 제조되는 제 2 루브린 나노 입자의 결정 형태 및 발광 특성은 상기 제 1 단계에서 사용하는 양용매의 종류에 따라 달라질 수 있다.

[0100] 상기 제 1 단계에서 양용매로 테트라하이드로퓨란(THF)을 사용함으로써, 바늘 형태(needle-like)를 가지며, 동일 파장영역에서 제 1 루브린 나노 입자보다 반치폭(FWHM)이 좁은 발광 피크가 나타나는 제 2 루브린 나노 입자를 제조할 수 있다.

[0101] 또한, 제 1 단계에서 양용매로 디메틸포름아미드(DMF)를 사용함으로써 가로 또는 세로 길이가 400nm 내지 600nm인 정육면체(cubic) 형태를 가지며, 동일 파장영역에서제 1 루브린 나노 입자보다 반치폭(FWHM)이 좁은 발광 피크가 나타나는 제 2 루브린 나노 입자를 제조할 수 있다. 또한, 이때 제조되는 제 2 루브린 나노 입자는 발광(PL) 스펙트럼에서 단일 발광 피크가 나타날 수 있다.

[0103] 이때, 상기 열처리는 루브린의 용융점 이하의 온도에서 수행될 수 있고, 바람직하게는 130 내지 170 ℃에서 수행될 수 있다.

[0104] 만약, 상기 열처리는 130℃ 미만의 온도에서 수행하거나 170℃를 초과하는 온도에서 수행할 경우, 상기 제 2 루브린 나노 입자는 발광(PL) 스펙트럼에서 나타나는 발광 피크의 반치폭(FWHM)이 상기 제 1 루브린 나노 입자의 발광 피크의 반치폭(FWHM)보다 좁아지지 않을 수 있다.

[0106] 또한, 상기 제 2 루브린 나노 입자는 상기 제 1 루브린 나노 입자보다 발광(PL) 스펙트럼의 발광 피크가 1 내지 10 nm 크기로 적색 변이(red shift)되는 광학적 특징을 나타낼 수 있다.

[0108] 이에, 본 발명의 실시 예에 따른 루브린 나노입자의 발광 스펙트럼에서의 반치폭을 조절하는 방법은 재침전법 및 상기 열처리를 통해, 루브린의 발광(PL) 스펙트럼에서 나타나는 발광 피크의 반치폭(FWHM)을 줄이는 방법으

로, 상세하게는 발광(PL) 스펙트럼의 550nm 내지 580nm 파장영역에서 나타나는 발광피크의 반치폭(FWHM)을 30nm 내지 50nm으로 줄일 수 있다.

[0110] 또한, 본 발명의 또 다른 일 측면에서는,

[0111] 루브린 분말을 양용매에 용해시키는 제 1 단계;

[0112] 친수성 용매에 상기 루브린 분말이 용해된 용액을 투입하여 제 1 루브린 나노 입자를 침전시키는 제 2 단계; 및

[0113] 상기 제 1 루브린 나노 입자를 열처리하여 제 2 루브린 나노 입자를 제조하는 제 3 단계;를 포함하며,

[0114] 상기 제 2 루브린 나노 입자는 발광(PL) 스펙트럼의 550nm 내지 580nm 파장영역에서 나타나는 발광 피크의 반치폭(FWHM)이 30nm 내지 50nm인,

[0115] 발광 스펙트럼에서 좁은 반치폭을 갖는 루브린 나노입자의 제조방법이 제공될 수 있다.

[0117] 먼저, 본 발명의 일 측면에서 제공되는 발광 스펙트럼에서 좁은 반치폭을 갖는 루브린 나노입자의 제조방법은 루브린 분말을 양용매에 용해시키는 제 1 단계를 포함할 수 있다.

[0119] 상기 제 1 단계는 재침전법을 수행하기 위해, 먼저 루브린 분말을 양용매에 용해하는 단계로, 사용되는 양용매의 종류에 따라, 이후 제조되는 제 1 루브린 나노 입자의 분자 배열 차이를 유도하며, 이에 따라 제 2 루브린 나노 입자의 결정형 및 발광 특성이 달라질 수 있다.

[0121] 이때, 루브린 분말에 대한 양용매로 테트라하이드로퓨란(Tetrahydrofuran, THF) 및 디메틸포름아미드(Dimethylformamide,DMF) 중 적어도 하나를 사용할 수 있으며, 이를 통해 발광(PL) 스펙트럼에서 메인 발광 피크의 반치폭(FWHM)이 30nm 내지 50nm로 좁아 색 순도가 높은 제 2 루브린 나노 입자를 제조할 수 있다.

[0122] 또한, 상기 양용매로 디메틸포름아미드(DMF)를 사용함으로써 발광(PL) 스펙트럼에서 단일 발광 피크가 나타나는 제 2 루브린 나노 입자를 제조할 수 있고, 상기 단일 발광 피크는 반치폭(FWHM)이 30nm 내지 50nm로 좁고, 발광 세기가 현저히 우수할 수 있다.

[0123] 일 예로, 상기 양용매로 디메틸포름아미드(DMF)을 사용한 경우, 테트라하이드로퓨란(THF)을 사용한 경우보다 발광 세기가 11배 이상 우수한 제 2 루브린 나노 입자를 제조할 수 있다.

[0125] 상기 루브린 분말은 상기 양용매에 0.5 내지 1.5 mg/mL의 농도로 용해될 수 있으며 바람직하게는 1mg/mL의 농도로 용해될 수 있다.

[0126] 상기 제 1 단계는, 상기 양용매에 루브린 분말이 효과적으로 용해되도록 하기 위해 교반하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0128] 다음, 본 발명의 일 측면에서 제공되는 발광 스펙트럼에서 좁은 반치폭을 갖는 루브린 나노입자의 제조방법은 친수성 용매에 상기 루브린 분말이 용해된 용액을 투입하여 제 1 루브린 나노 입자를 침전시키는 제 2 단계를 포함할 수 있다.

[0130] 상기 제 2 단계는, 제 1 루브린 나노 입자를 재침전(reprecipatation)시키는 단계로, 상기 양용매에 용해된 루브린 분말의 소수성 특징으로 인해, 친수성 용매에 투입 시 용해되어 있던 루브린 분자가 자기조립(self-assemble) 현상에 의해 구형의 형태로 침전될 수 있다.

[0131] 이때 상기 친수성 용매는 소수성을 갖는 루브린에 대한 용해도가 낮은 증류수(Deionized water, D-I water)일 수 있다.

[0133] 상기 제 2 단계에서 침전되어 형성되는 제 1 루브린 나노 입자는 상기 양용매의 종류에 따라, 분자 배열이 달라질 수 있으며, 상기 양용매로 바람직하게는 디메틸포름아미드(DMF)을 사용함으로써, 이후 제조되는 제 2 루브린 나노 입자의 색순도를 높이는 동시에 발광 세기를 현저히 향상시킬 수 있다.

[0135] 상기 제 2 단계는, 상기 침전되어 형성된 제 1 루브린 나노 입자를 회수하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0136] 상기 회수하는 단계는, 상기 제 1 루브린 나노 입자가 용해된 용액을 분산 및 희석시키고, 상기 친수성 용매를 건조시키는 방법으로 수행될 수 있다.

[0137] 일 예로, 초음파분산기(sonicator)를 이용하여 친수성 용매 내에 상기 제 1 루브린 나노 입자를 고르게 분산시키고, 분산된 용액을 약 100배 희석한 후, 상기 희석액 중 일부를 분리 및 건조하여 친수성 용매를 제거하는 방

법으로 수행될 수 있고, 이때, 상기 건조는 진공 건조방법으로 수행될 수 있으나 이에 제한되지는 않는다.

[0139] 다음, 본 발명의 일 측면에서 제공되는 발광 스펙트럼에서 좁은 반치폭을 갖는 루브린 나노입자의 제조방법은 상기 제 1 루브린 나노 입자를 열처리하여 제 2 루브린 나노 입자를 제조하는 제 3 단계를 포함할 수 있다.

[0141] 상기 제 3 단계는 상기 회수한 제 1 루브린 나노 입자를 열처리하여 결정성을 갖는 제 2 루브린 나노 입자를 제조하는 단계일 수 있다. 이때 제조되는 제 2 루브린 나노 입자의 결정 형태 및 발광 특성은 상기 제 1 단계에서 사용하는 양용매의 종류에 따라 달라질 수 있다.

[0142] 상기 제 1 단계에서 양용매로 테트라하이드로퓨란(THF)을 사용함으로써, 바늘 형태(needle-like)를 가지며, 동일 파장영역에서 제 1 루브린 나노 입자보다 반치폭(FWHM)이 좁은 발광 피크가 나타나는 제 2 루브린 나노 입자를 제조할 수 있다.

[0143] 또한, 제 1 단계에서 양용매로 디메틸포름아미드(DMF)를 사용함으로써 가로 또는 세로 길이가 400nm 내지 600nm인 정육면체(cubic) 형태를 가지며, 동일 파장영역에서제 1 루브린 나노 입자보다 반치폭(FWHM)이 좁은 발광 피크가 나타나는 제 2 루브린 나노 입자를 제조할 수 있다. 또한, 이때 제조되는 제 2 루브린 나노 입자는 발광(PL) 스펙트럼에서 단일 발광 피크가 나타날 수 있다.

[0145] 이때, 상기 열처리는 루브린의 용융점 이하의 온도에서 수행될 수 있고, 바람직하게는 130 내지 170 ℃에서 수행될 수 있다.

[0146] 만약, 상기 열처리는 130℃ 미만의 온도에서 수행하거나 170℃를 초과하는 온도에서 수행할 경우, 상기 제 2 루브린 나노 입자는 발광(PL) 스펙트럼에서 나타나는 발광 피크의 반치폭(FWHM)이 상기 제 1 루브린 나노 입자의 발광 피크의 반치폭(FWHM)보다 좁아지지 않을 수 있다.

[0148] 이에, 본 발명의 실시 예에 따른 발광 스펙트럼에서 좁은 반치폭을 갖는 루브린 나노입자의 제조방법은 재침전법 및 상기 열처리를 통해 발광(PL) 스펙트럼의 반치폭(FWHM)이 현저히 좁은 루브린 나노입자, 상세하게는 발광(PL) 스펙트럼의 50nm 내지 580nm 파장영역에서 나타나는 발광피크의 반치폭(FWHM)이 30nm 내지 50nm인 루브린 나노 입자를 제조할 수 있다.

[0150] 또한 재침전법 과정에서 사용되는 양용매를 선택적으로 사용하는 간단한 방법으로, 발광 피크의 반치폭을 현저히 좁히는 동시에 발광 세기를 현저히 향상시킨 루브린 나노 입자를 제조할 수 있다.

[0152] 본 발명의 다른 측면에서는,

[0153] 상기 제조방법으로 제조되며,

[0154] 발광(PL) 스펙트럼의 550nm 내지 580nm 파장영역에서 나타나는 발광 피크의 반치폭(FWHM)이 30nm 내지 50nm인,

[0155] 발광 스펙트럼에서 좁은 반치폭을 갖는 루브린 나노입자가 제공될 수 있다.

[0157] 이하, 본 발명의 실시 예에 따른 발광 스펙트럼에서 좁은 반치폭을 갖는 루브린 나노입자를 상세히 설명한다.

[0159] 상기 루브린 나노 입자는 결정성을 갖는 나노 입자로, 바늘 형태(needle-lke)의 나노 입자일 수 있고, 정육면체(cubic) 형태의 나노 입자일 수 있고, 바람직하게는 발광(PL) 스펙트럼에서 단일 발광 피크가 나타나는 정육면체(cubic) 형태의 나노 입자일 수 있다. 또한, 상기 정육면체(cubic) 형태의 나노 입자는 가로 또는 세로 길이가 400nm 내지 600nm인 정육면체(cubic) 형태일 수 있다.

[0161] 상기 루브린 나노 입자는 발광(PL) 스펙트럼에서 550nm 내지 580nm, 620nm 내지 650nm, 585nm 내지 615nm에서 나타나는 3개의 발광 피크에 의해 복합적인 발광 특성을 갖는 벌크 상태의 루브린과는 달리, 550nm 내지 580nm 및 620nm 내지 650nm에서 발광 피크가 나타나거나, 또는 550nm 내지 580nm의 파장 영역에서 단일 발광 피크가 나타날 수 있다.

[0163] 또한, 상기 루브린 나노 입자는 메인 발광 피크인 상기 550nm 내지 580nm의 발광 피크의 반치폭(FWHM)이 30nm 내지 50nm일 수 있고, 바람직하게는 35nm 내지 45 nm로 매우 좁아 색 순도가 높고, 발광 세기가 현저히 우수한 발광 특성을 가져, 유기 발광 소자에 적용시 소자의 상기 파장의 색을 보다 선명하게 제공할 수 있다.

[0165] 본 발명의 실시 예에 따른 루브린 나노입자는 발광(PL) 스펙트럼의 550nm 내지 580nm 파장 영역에서 단일 발광 피크가 나타나며, 상기 단일 발광 피크의 반치폭(FWHM)이 30nm 내지 50nm으로 매우 좁아 색 순도가 현저히 높은 유기 반도체이다.

[0167] 한편, 본 발명의 다른 일 측면은 상기 루브린 나노입자를 포함하는 유기 발광 소자를 제공할 수 있다.

[0168] 상기 유기 발광 소자는, 유기발광다이오드(OLED)일 수 있으나 이에 제한된 것은 아다.

[0169] 상기 유기 발광 소자는 발광층에 루브린 나노 입자가 배치되고 상기 루브린나노 입자는 발광(PL) 스펙트럼에서 550nm 내지 580nm 파장영역에서 발광 피크가 나타나고, 상기 발광 피크의 반치폭(FWHM)이 30nm 내지 50nm일 수 있으며, 이를 통해 550nm 내지 580nm 파장영역 빛을 보다 선명하게 발광할 수 있다.

[0171] 전술한 바와 같이, 본 발명은 재침전법 및 용융점 이하에서의 열처리를 이용하여 루브린 나노입자의 발광 스펙트럼에서의 반치폭을 조절하는 방법을 제공할 수 있고, 상세하게는 재침전법 과정에서 양용매를 선택적으로 사용함으로써 제조되는 루브린 나노 입자의 발광(PL) 스펙트럼의 반치폭(FWHM)을 줄일 수 있다.

[0173] 또한, 상기 방법을 이용하여 발광(PL) 스펙트럼에서 좁은 반치폭(FWHM)을 갖는 루브린 나노 입자를 제조할 수 있으며 이를 통해 제조된 루브린은 색 순도 및 발광 세기가 현저히 우수하여 유기 발광 소자에 활용 시 소자의 발광 색 선명도를 현저히 향상시킬 수 있다.

[0175] 또한, 본 발명은 재침전법 과정에서 양용매로, 디메틸포름아미드(Dimethylformamide, DMF)을 사용함으로써, 여러 파장 영역에서 발광하여 복합적인 발광 특성을 나타내는 벌크 상태의 루브린과는 달리 단일 파장 영역에서 발광하며 발광 세기가 현저히 높은 발광 특성을 나타내는 루브린 나노 입자를 제조할 수 있다.

[0177] 이하, 실시 예 및 실험 예를 통해 본 발명을 상세하게 설명한다.

[0178] 단, 하기 실시 예 및 실험 예는 본 발명을 예시하는 것일 뿐, 본 발명의 내용이 하기의 실시 예에 의해 한정되는 것은 아니다.

[0180] <실시 예 1>

[0181] 단계 1: 루브린 분말(5, 6, 11, 12- tetraphenyltetracene, Rubrene powder, Sigma Aldrich) 10mg을 10mL의 디메틸포름아미드(DMF)에 용해시켜 루브린 분말이 1mg/mL의 농도로 용해된 용액을 제조하였다.

[0182] 단계 2: 1000 rpm으로 교반하는 10mL의 증류수(D-I water)에 상기 용액을 1mL씩 투입하여 제 1 루브린 나노 입자를 침전시켰다. 이후 상기 용액을 초음파 분산기(sonicator)를 이용하여 상온에서 10분 동안 교반하여 상기 제 1 루브린 나노 입자를 용액 내에 고르게 분산시키고, 상기 제 1 루브린 나노 입자가 고르게 분산된 용액 중 200㎕를 200 mL의 증류수(D-I water)와 혼합하여 희석액을 제조한 후 상기 희석액을 마이크로 피펫(micro pipet)을 이용하여 커버글래스(cover glass)상에 위치시켰다. 이후, 상기 커버 글래스를 진공 건조하여 용매를 제거함으로써 건조된 제 1 루브린 나노 입자를 회수하였다.

[0183] 단계 3: 상기 건조된 루브린 나노 입자가 배치된 커버글래스를 오븐에 넣어 150℃로 10시간동안 열처리하여 제 2 루브린 나노 입자를 제조하였다.

[0185] <실시 예 2>

[0186] 실시 예 1의 단계 1에서, 디메틸포름아미드(DMF)를 테트라하이드로퓨란(Tetrahydrofuran, THF, Sigma Aldrich, anhydrous, >99%)으로 변경하는 것을 제외하고, 실시 예 1과 동일한 방법을 수행하여 루브린 나노 입자를 제조하였다.

[0188] <비교 예 1>

[0189] 실시 예 1에서, 단계 3을 수행하지 않는 것을 제외하고, 실시 예 1과 동일한 방법을 수행하였다.

[0191] <비교 예 2>

[0192] 실시 예 2에서, 단계 3을 수행하지 않는 것을 제외하고, 실시 예 1과 동일한 방법을 수행허여 루브린 나노 입자를 제조하였다.

[0194] <비교 예 3>

[0195] 벌크 상태의 루브린을 준비하였다.

[0197] <실험 예 1> 루브린 나노입자의 형태 분석

[0198] 본 발명의 실시 예 및 비교 예에 따라 제조된 루브린 나노 입자의 형상을 확인하기 위해, 실시 예 1 및 2, 비교 예 1 및 2에 의해 제조된 루브린 나노 입자를 주사전자현미경(Scanning Electron Microscope, SEM)을 이용하여

관찰하였으며, 그 결과를 도 2 및 3에 나타내었다.

[0199] 도 2는 실시 예 1에 의해 제조된 루브린 나노 입자와 실시 예 1의 과정 중 열처리를 수행하지 않은 비교 예 1의 루브린 나노 입자와 비교한 사진으로, 도 2에 나타난 바와 같이, 비교 예 1에 의해 제조된 나노 입자는 무정형에 가까운 구형의 나노 입자가 형성된 반면, 실시 예 1에 의해 제조된 나노 입자는 정육면체(cubic) 형태를 가짐을 알 수 있다.

[0200] 또한, 도 3은 재침전법 과정에서 루브린 분말을 용해시키는 양용매로 테트라하이드로퓨란(THF)을 사용했을 때 열처리 전(비교 예 2) 및 후(실시 예 2) 제조된 루브린 나노 입자의 형태를 비교한 사진으로, 도 3에 나타난 바와 같이, 비교 예 3에 의해 제조된 나노 입자는 무정형에 가까운 구형의 나노 입자가 형성된 반면, 실시 예 2에 의해 제조된 나노 입자는 바늘형태(needle-like)를 가짐을 알 수 있다.

[0201] 이를 통해, 루브린 분말을 재침전하여 나노 입자를 형성하는 경우, 용매와 무관하게 무정형에 가까운 구형의 나노 입자가 형성되는 반면, 열처리를 수행할 경우, 용해시키는 데 사용한 양용매의 종류에 따라 제조되는 루브린 나노 입자의 형태가 달라짐을 알 수 있다.

[0202] 이는 재침전법에 사용된 양용매의 종류에 따라 증류수와의 혼화성(miscibility) 차이가 발생해 나노 입자의 분자 배열의 차이를 유도했기 때문인 것으로 볼 수 있다.

[0204] <실험 예 2> 루브린 나노입자의 발광(PL) 특성 분석

[0205] 본 발명의 실시 예 및 비교 예에 따라 제조된 루브린 나노 입자의 발광특성을 확인하기 위해, 실시 예 1 및 2, 비교 예 1 및 2에 의해 제조된 루브린 나노 입자 및 비교 예 3의 벌크 형태의 루브린에 대해 발광(PL) 분석기를 이용하여 발광 특성을 분석하였으며, 그 결과를 도 4 내지 7에 나타내었다.

[0206] 도 4는 실시 예 1에 의해 제조된 루브린 나노 입자와 실시 예 1의 과정 중 열처리를 수행하지 않은 비교 예 1의 루브린 나노 입자의 발광(PL) 스펙트럼을 비교한 것으로, 도 4에 나타난 바와 같이, 비교 예 1의 루브린 나노 입자의 경우, 약 565nm의 메인 피크(c축 피크)과 함께 약 600nm에 솔더 피크(b축 피크)가 나타나는 반면, 실시 예 1의 루브린 나노 입자는 약 600nm에 솔더 피크(b축 피크)가 나타나지 않고, 약 565nm(c축 피크)에서 단일 발광 피크가 나타남을 알 수 있고, 비교 예 1 대비 실시 예 1의 발광(PL) 스펙트럼이 전체적으로 적색 변이(red shift)된 것을 알 수 있다.

[0207] 또한, 비교 예 1의 루브린 나노 입자의 경우, 약 565nm의 발광 피크(a축 피크)의 반치폭(FWHM)이 약 65nm인 반면, 실시 예 1의 루브린 나노 입자의 경우, 약 565nm의 발광 피크(c축 피크)의 반치폭(FWHM)은 약 40nm로 현저히 좁아진 것을 알 수 있다.

[0209] 이를 통해, 재침전법으로 생성한 제 1 루브린 나노 입자를 열처리하여 제 2 루브린 나노 입자를 형성함으로써 약 565nm의 발광 피크(c축 피크)의 발광색을 노이즈 없이 보다 선명하게 나타낼 수 있고, 상기 약 565nm의 발광 피크의 반치폭(FWHM)을 줄이고 발광 세기를 향상시킬 수 있음을 알 수 있다.

[0211] 도 5는 재침전법 과정에서 루브린 분말을 용해시키는 양용매로 테트라하이드로퓨란(THF)을 사용했을 때 열처리 전(비교 예 2) 및 후(실시 예 2) 제조된 루브린 나노 입자의 발광(PL) 스펙트럼을 비교한 것으로, 도 5에서 나타난 바와 같이, 열처리 전인 비교 예 2의 루브린 나노 입자의 경우, 약 565nm의 발광 피크(c축 피크)의 반치폭(FWHM)이 약 60nm인 반면, 열처리 후인 실시 예 2의 루브린 나노 입자의 경우, 약 565nm의 발광 피크(c축 피크)의 반치폭(FWHM)은 약 40nm로 좁아진 것을 알 수 있다.

[0212] 또한, 열처리 전인 비교 예 2의 루브린 나노 입자의 경우, 약 565nm의 메인 피크(c축 피크)과 함께 약 600nm(b축 피크)에 솔더 피크가 나타나는 반면, 열처리 후인 실시 예 2의 루브린 나노 입자는 약 600nm(b축 피크)의 솔더 피크는 감소하는 반면, 약 635nm(a축 피크)에 새로운 발광 피크가 나타남을 알 수 있으며, 비교 예 2 대비 실시 예 2의 발광(PL) 스펙트럼이 전체적으로 적색 변이(red shift)된 것을 알 수 있다.

[0214] 이를 통해, 재침전법 과정에서 루브린 분말을 용해시키는 양용매로 테트라하이드로퓨란(THF)을 사용했을 경우, 약 565nm의 발광 피크(c축 피크)의 반치폭(FWHM)을 줄일 수는 있으나, 새로운 발광 피크가 나타나, 다중 발광 피크에 의해 복합적인 발광 특성이 나타날 것으로 예상해볼 수 있다.

[0216] 도 6은 재침전법 과정에서 루브린 분말을 용해시키는 양용매로 디메틸포름아미드(DMF)를 사용한 실시 예 1 및 테트라하이드로퓨란(THF)을 사용한 실시 예 2의 약 565nm의 발광 피크(c축 피크)의 발광 세기를 비교한 그래프로, 도 6에 나타난 바와 같이, 양용매로 디메틸포름아미드(DMF)를 사용하여 제조한 루브린 나노 입자의 경우,

테트라하이드로퓨란(THF)을 사용하여 제조한 루브린 나노 입자보다 약 11배 이상 우수한 발광 세기를 갖는 것을 알 수 있다.

[0217] 이를 통해, 재침전법 과정에서 양용매로 디메틸포름아미드(DMF)를 사용함으로써, 발광 피크의 발광 세기가 현저히 향상된 루브린 나노 입자를 제조할 수 있음을 알 수 있다.

[0219] 도 7은 용매를 달리하여 제조한 실시 예 1 및 실시 예 2의 루브린 나노 입자 및 비교 예 3의 벌크 형태의 루브린의 발광(PL) 스펙트럼을 비교한 것으로, 도 7에 나타난 바와 같이, 비교 예 3의 벌크 형태의 루브린은 발광(PL) 스펙트럼의 약 635nm(a축 피크), 약 600nm(b축 피크) 및 약 565nm(c축 피크)에서 발광 피크에 의해 발광하고, 실시 예 2의 경우, 약 565nm(c축 피크) 및 약 635nm(a축 피크)의 발광 피크에 의해 발광을 하는 바면, 실시 예 1의 경우에 약 635nm(c축 피크)의 매우 좁은 반치폭(FWHM)을 가지는 단일 발광 피크에 의해서만 발광을 가짐을 알 수 있다.

[0221] 이를 통해, 재침전법 과정에서 양용매로 디메틸포름아미드(DMF)를 사용함으로써, 침전되어 생성된 나노 입자의 분자 배열이 조절되고, 이에 따라 약 565nm의단일 발광 피크를 가지며, 상기 단일 발광 피크의 반치폭(FWHM)이 매우 좁고, 발광 세기가 현저히 우수한 나노 입자를 제조할 수 있음을 알 수 있다.

[0223] <실험 예 3> 자외선/가시광선 흡수 분광(UV-Vis Spectrometer, UV-Vis) 분석

[0224] 재침전법 과정에서 루브린 분말을 용해시킬 때 사용되는 양용매의 차이에 따른 흡광 차이를 확인하기 위해 이하와 같은 실험을 수행하였다.

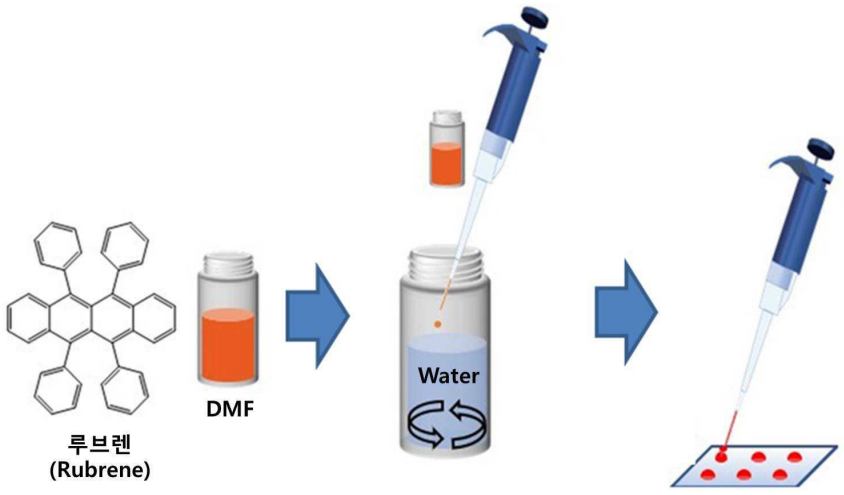
[0225] 실시 예 1 및 실시 예 2의 단계 1을 수행하여 제조된 루브린 용액에 대해 자외선/가시광선 흡수 분광(UV-Vis Spectrometer, UV-Vis)분석을 수행하였으며, 그 결과를 도 8에 나타내었다.

[0227] 도 8에 나타난 바와 같이, 실시 예 1 및 실시 예 2에 의해 제조된 루브린 용액은 300nm 및 500nm의 파장영역의 빛을 흡수하는 피크와 함께, 460nm 및 530nm의 파장영역의 빛을 흡수하는 피크가 나타나는 것을 알 수 있고, 실시 예 1의 스펙트럼이 실시 예 2의 스펙트럼보다 1 내지 10nm크기로 적색 전이(red shift)된 것을 알 수 있다.

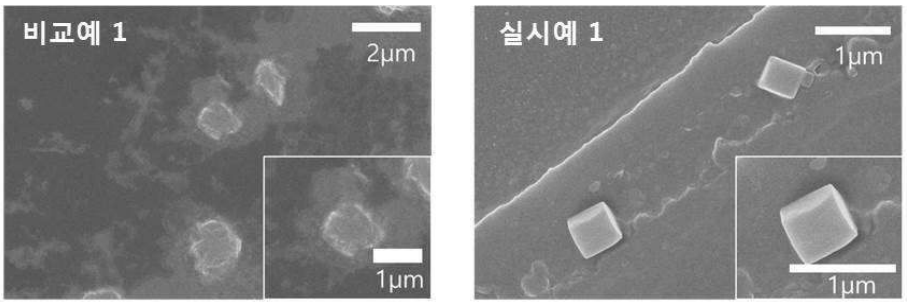
[0228] 이를 통해 상리 실시 예 1 및 실시 예 2에서 사용된 양용매의 극성(polarity) 차이가 루브린의 용해성(solubility)의 차이를 일으킬 것이고, 재침전법(reprecipitation) 과정에서 정제수(D-I water)와 상기 양용매의 혼화성(miscibility) 차이가 발생해 제조되는 나노 입자의 발광 스펙트럼에 영향을 미칠 것을 예측할 수 있다.

도면

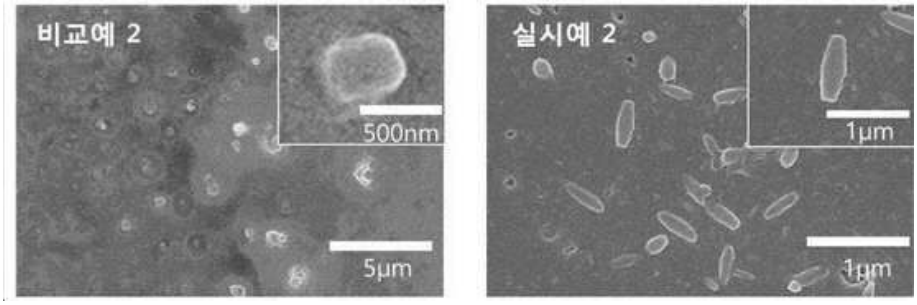
도면1



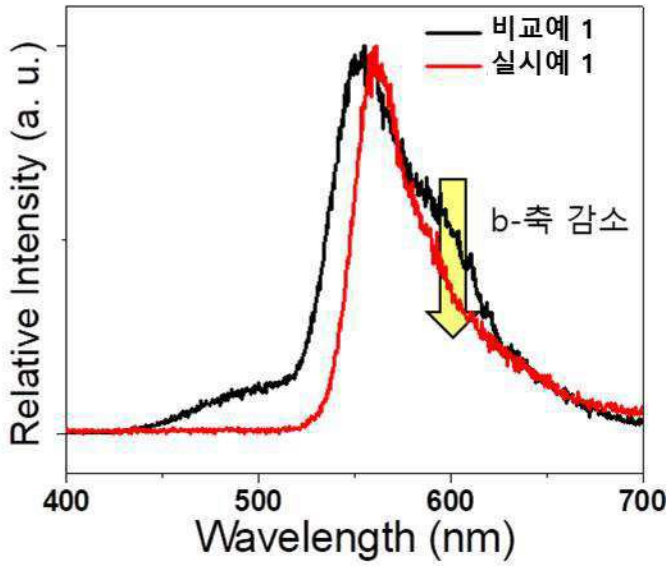
도면2


비교예 1
2μm
1μm
실시예 1
1μm
1μm

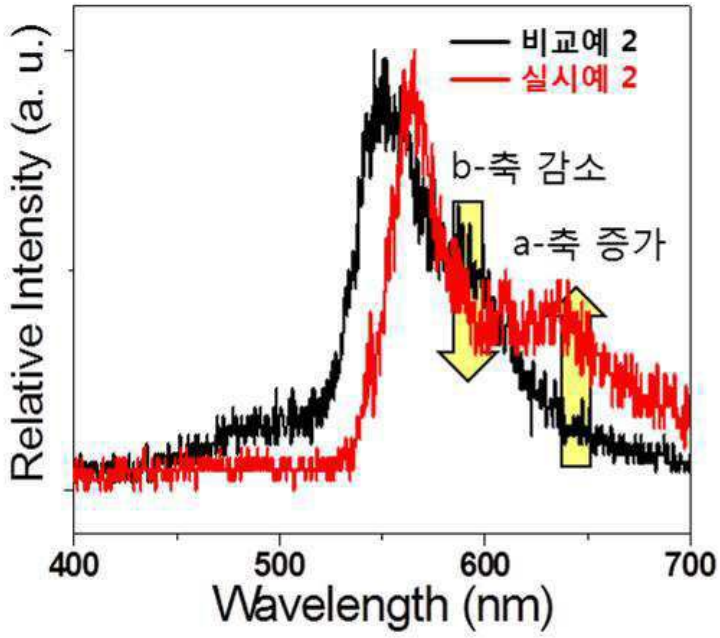
도면3


비교예 2
500nm
5μm
실시예 2
1μm
1μm

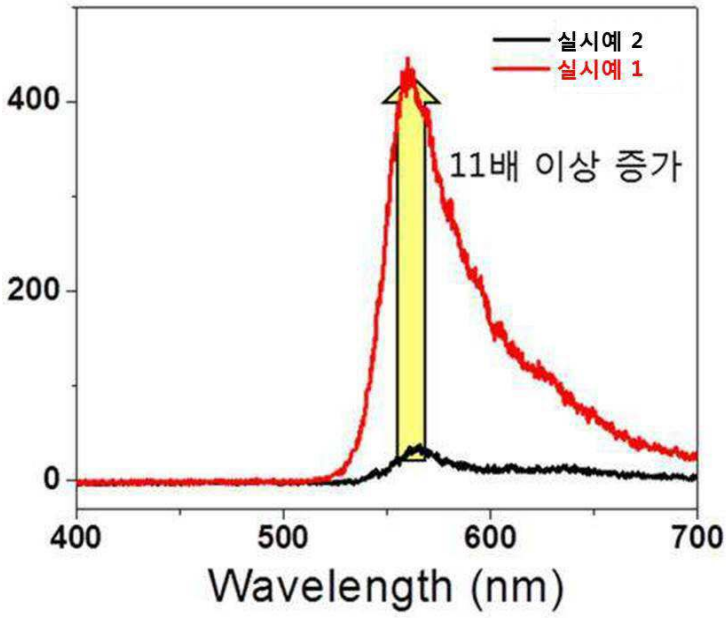
도면4


비교예 1
실시예 1
b-축 감소
Relative Intensity (a. u.)
400
500
600
700
Wavelength (nm)

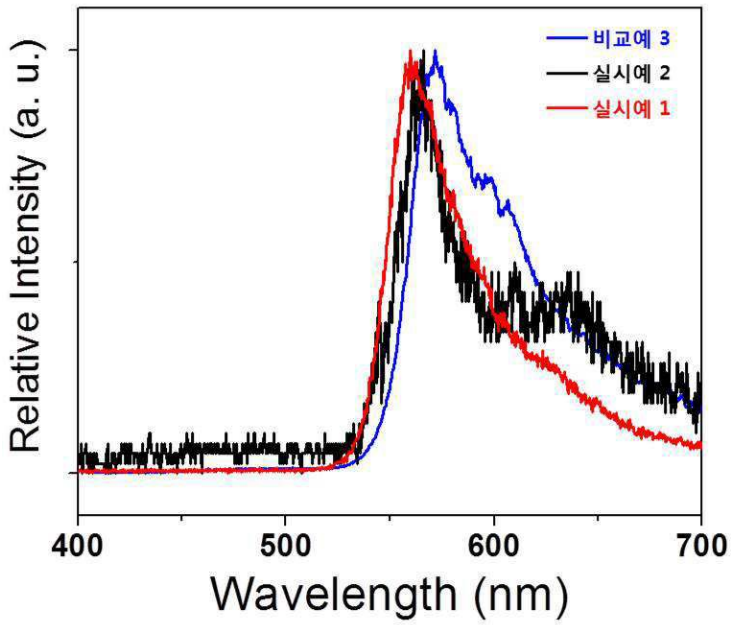
도면5


비교예 2
실시예 2
b-축 감소
a-축 증가
Relative Intensity (a. u.)
400
500
600
700
Wavelength (nm)

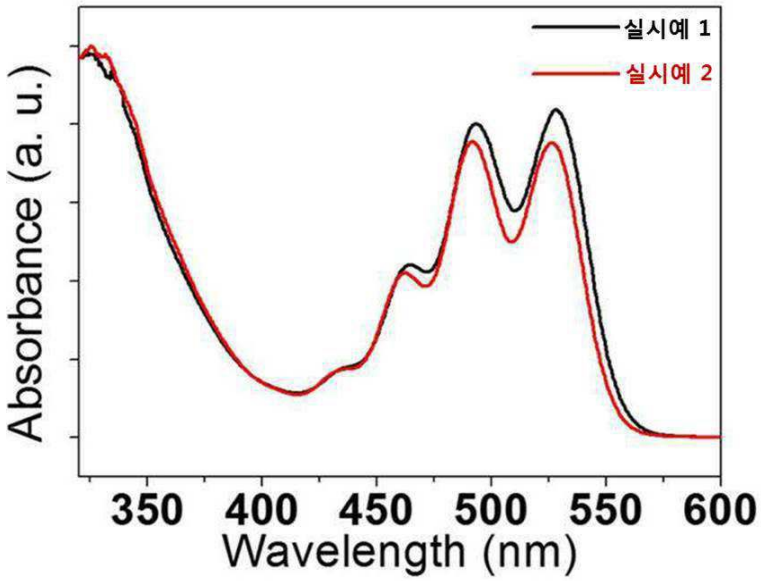
도면6


실시예 2
실시예 1
11배 이상 증가
400
200
0
400
500
600
700
Wavelength (nm)

도면7


비교예 3
실시예 2
실시예 1
Relative Intensity (a. u.)
400
500
600
700
Wavelength (nm)

도면8


실시예 1
실시예 2
Absorbance (a. u.)
350
400
450
500
550
600
Wavelength (nm)