(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2020-0076320
(43) 공개일자 2020년06월29일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C09K 11/02 (2006.01) *C09K 11/08* (2006.01)
B82Y 20/00 (2017.01) *B82Y 30/00* (2017.01)
B82Y 40/00 (2017.01)
(52) CPC특허분류
C09K 11/02 (2013.01)
C09K 11/08 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2018-0165301
(22) 출원일자 2018년12월19일
심사청구일자 2018년12월19일

(71) 출원인
한국기계연구원
대전광역시 유성구 가정북로 156 (장동)
(72) 발명자
김영국
경상남도 창원시 마산회원구 양덕서로 30 (양덕동,메트로시티)114동 3404호
정재용
경상남도 김해시 계동로 86502동 301호(대청동,갑오마을 부영아파트)
(74) 대리인
이원희

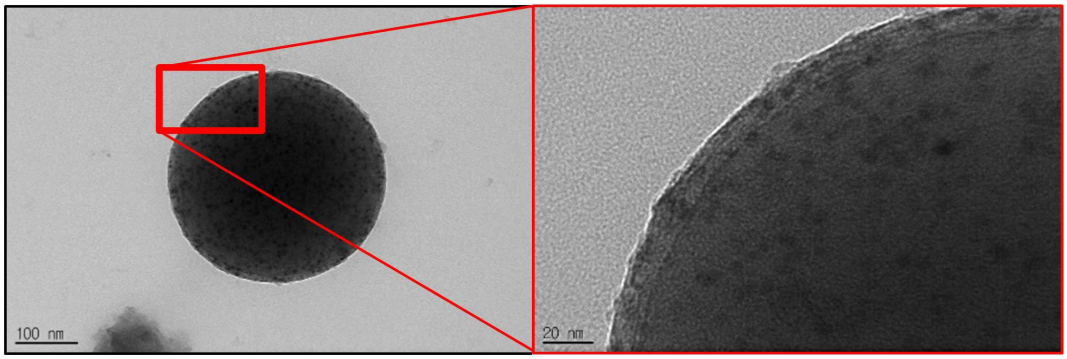
전체 청구항 수 : 총 11 항

(54) 발명의 명칭 **고안정성 형광 폴리머 비즈 및 이의 제조방법**

(57) 요 약

본 발명은 반도체 양자점 또는 유기염료의 안정성 확보 및 복합체 제조를 위한, 고안정성 형광 폴리머 비즈 및 이의 제조방법에 관한 것으로, 본 발명을 통해, 장시간 경과에도 안정적으로 발광이 유지되고, 발광 특성저하가 없으며, 함유되는 발광 소재의 종류와 수, 발광 파장, 등에 제약이 없고, 입자 크기가 균일한, 고안정성 고분자 비드가 제공되는 바, 종래 대비 향상된 기능과 효과의 광학 및 전자 소자, 태양 전지, 촉매, 생물학적 이미징, LED, 일반 공간 조명 및 발광 표시 장치 등이 제공되는 유용한 효과가 있다.

대 표 도 - 도1



(52) CPC특허분류
B82Y 20/00 (2013.01)
B82Y 30/00 (2013.01)
B82Y 40/00 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 POC2920
부처명 과학기술정보통신부
연구관리전문기관 국가과학기술연구회
연구사업명 민간수탁활성화지원사업
연구과제명 스마트 기능소재 융복합화 기술 개발(1/1)
기 여 율 1/1
주관기관 국가과학기술연구회
연구기간 2018.05.01 ~ 2018.12.31

명 세 서

청구범위

청구항 1

하나 이상의 발광 소재를 포함하는, 고분자 비드;

상기 고분자 비드를 둘러싸는, 고분자 층; 및

상기 고분자 층 위에 위치되는, 무기 보호층;을 포함하는,

고안정성 발광 비드.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 고분자 비드는, 용매 팽윤성인 것을 특징으로 하는, 고안정성 발광 비드.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 고분자 층의 고분자는 가교성 고분자인 것을 특징으로 하는, 고안정성 발광 비드.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 고분자 층의 고분자는, 상기 고분자 비드의 고분자 대비 가교도가 높은 것을 특징으로 하는, 고안정성 발광 비드.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 고분자 층의 고분자는, 상기 고분자 비드의 고분자와 동종인 것을 특징으로 하는, 고안정성 발광 비드.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 무기 보호층은 유전체, 금속 산화물, 금속 질화물, 실리카계 물질, 및 규소 산화물로 이루어진 군으로부터 선택되는 1종 이상을 포함하는 것을 특징으로 하는, 고안정성 발광 비드.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 고분자 비드 위에 형성된 고분자 층 및 무기 보호층은, 1 내지 50 ㎚의 두께를 가지는 것을 특징으로 하는, 고안정성 발광 비드.

청구항 8

고분자 비드 내로 발광 소재를 함유시키는 단계;

상기 발광 소재가 함유된 고분자 비드 위에, 고분자 층을 형성하는 단계; 및

상기 고분자 층 위에, 무기 보호층을 형성하는 단계;를 포함하는,

제1항의 고안정성 발광 비드의 제조방법.

청구항 9

제8항에 있어서,

상기 무기 보호층 형성 단계는, 졸-겔 방식으로 상기 고분자 층 표면에 산화물 층을 형성하는 것인, 고안정성 발광 비드의 제조방법.

청구항 10

제8항에 있어서,

상기 고분자 층 형성 단계는, 상기 고분자 비드의 표면을 가교성 고분자가 둘러싸는 것이되,

상기 고분자 층의 가교성 고분자는, 상기 고분자 비드의 고분자 대비 가교도가 높은 것인, 고안정성 발광 비드의 제조방법.

청구항 11

제1항의 고안정성 발광 비드를 포함하는, 발광 소자.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 반도체 양자점 또는 유기염료의 안정성 확보 및 복합체 제조를 위한, 고안정성 형광 폴리머 비즈 및 이의 제조방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0003] 2-50nm 단위 정도의 크기를 갖는 입자(양자점(Quantum dots; QDs), 나노결정(nanocrystals) 등)를 갖는 반도체 개발은, 광학 및 전자 소자, 태양 전지, 촉매, 생물학적 이미징, LED, 일반 공간 조명 및 발광 표시 장치 등, 다양한 산업 분야에 활용될 수 있는 바, 주목되고 있다.

[0004] 그러나, 용제, 잉크, 폴리머, 유리, 금속, 전기적 물질, 전기적 소자, 생체 분자 및 세포들에서 양자점 나노 입자의 물리적/화학적 불안정성과 부적합성은, 발광 특성저하와 같은 문제를 야기하는 바, 양자점 나노 입자의 다양한 산업 군에 대한 광범위한 적용은 아직까지 한계가 있는 것으로 알려져 있다.

[0005] 이에, 양자점을 더 밝고, 더 수명이 길며, 다양한 외부 조건에 보다 덜 민감할 수 있도록 양자점의 안정성을 증가시키는 방법에 대한 개발과 연구가 요구되고 있다.

[0007] 최근, 양자점을 고분자 비드 등에 내포하여, 양자점의 발광특성을 안정화하는 보고가 있다. 대표적으로, 발광소

재의 표면특성을 변화시키지 않고 고분자 비드 내에 발광소재를 함유시키는 방법은, i) 유기용매에 의해 팽윤이 가능한 고분자 비드에 형광소재를 흡착시키고 건조하는 방법, ii) 고분자 단량체에 형광소재를 분산시킨 후 고분자를 중합하는 방법, iii) 고분자가 용해된 유기용매에 형광소재를 분산/용해시키고 용매를 증발시키는 방법, 크게 3가지 정도로 확인된다.

[0008] 다만, 방법 (i)의 경우 안정성 확보를 위해 추가적인 표면 보호층이 필요한데, 이 보호층 형성 과정의 제조 공정 조건에서 고분자 비드에 내포되어 있던 형광소재가 다시 용출되어 고분자 비드 내 형광소재의 함유량이 현저히 낮아지는 문제점이 있으며, 방법 (ii)의 경우 고분자 비드의 중합과정에서 개시제에 의한 발광소재의 열화 발생의 문제가 있고, 방법 (iii)의 경우 고분자 비드 입자 크기의 제어가 어려워 비드 크기가 불균일한 문제가 있다.

[0010] 이에, 상기한 기술적 문제점을 해소할 수 있는, 양자점(또는 유기염료)의 안정성 확보 기술의 개발이 여전히 요구되고 있으며, 나아가 고안정성 양자점의 개발로부터, 다양한 산업 분야에서 요구되는 수준의 발광소자의 향상된 효율 달성이 요구된다.

선행기술문헌

비특허문헌

[0012] (비특허문헌 0001) Shyam V. Vaidya,† Alex Couzis, and Charles Maldarelli*, Reduction in Aggregation and Energy Transfer of Quantum Dots Incorporated in Polystyrene Beads by Kinetic Entrapment due to Cross-Linking during Polymerization, Langmuir 2015, 31, 3167-3179

발명의 내용

해결하려는 과제

[0013] 본 발명의 목적은, 장시간 경과에도 안정적으로 발광이 유지되고, 발광 특성저하가 없으며, 발광 소재의 종류와 수, 발광 파장, 등에 제약이 없으며, 입자 크기가 균일한, 고안정성 고분자 비드를 제공하는 것이다.

[0015] 본 발명의 다른 목적은, 상기 고안정성 고분자 비드의 제조방법을 제공하는 것이다.

[0017] 본 발명의 또 다른 목적은, 상기 고안정성 고분자 비드를 포함하는, 발광소자를 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0019] 상기 목적을 달성하기 위하여,

[0021] 본 발명은,

[0022] 하나 이상의 발광 소재를 포함하는, 고분자 비드;

[0023] 상기 고분자 비드를 둘러싸는, 고분자 층; 및

[0024] 상기 고분자 층 위에 위치되는, 무기 보호층;을 포함하는,

[0025] 고안정성 발광 비드를 제공한다.

[0027] 또한 본 발명은,

[0028] 고분자 비드 내로 발광 소재를 함유시키는 단계;

[0029] 상기 발광 소재가 함유된 고분자 비드 위에, 고분자 층을 형성하는 단계; 및

[0030] 상기 고분자 층 위에, 무기 보호층을 형성하는 단계;를 포함하는,

[0031] 상기 고안정성 발광 비드의 제조방법을 제공한다.

[0033] 나아가 본 발명은,

[0034] 상기 고안정성 발광 비드를 포함하는, 발광 소자를 제공한다.

발명의 효과

[0036] 본 발명은, 장시간 경과에도 안정적으로 발광이 유지되고, 발광 특성저하가 없으며, 함유되는 발광 소재의 종류와 수, 발광 파장, 등에 제약이 없고, 입자 크기가 균일한, 고안정성 고분자 비드를 제공하는 바, 종래 대비 향상된 기능과 효과의 광학 및 전자 소자, 태양 전지, 촉매, 생물학적 이미징, LED, 일반 공간 조명 및 발광 표시 장치 등이 제공되는 유용한 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

[0038] 도 1은 본 발명에서 제조한 BCDA계 폴리이미드 입자(a)와 제막된 분리막(b)의 사진을 나타낸다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0039] 이하 본 발명을 상세히 설명한다.

[0040] 단, 이하의 설명은 본 발명을 예시하는 것일 뿐, 본 발명이 하기 설명으로부터 제한되는 것은 아니다.

[0042] 본 발명의 일 측면에서,

[0043] 하나 이상의 발광 소재를 포함하는, 고분자 비드;

[0044] 상기 고분자 비드를 둘러싸는, 고분자 층; 및

[0045] 상기 고분자 층 위에 위치되는, 무기 보호층;을 포함하는,

[0046] 고안정성 발광 비드가 제공된다.

[0048] 이하, 본 발명 고안정성 발광 비드에 대하여 상세히 설명한다.

[0050] 본 발명 고안정성 발광 비드에 있어서, 상기 고분자 비드는, 상기 발광 소재를 함유할 수 있는 고분자 비드라면 특별히 제한되지 않으나, 예를 들어, 상기 고분자 비드는, 비드 또는 마이크로비드 형태이며, 예를 들어, 가교성 고분자를 포함하는 고분자 비드이다.

[0051] 상기 가교성 고분자는 상기 고분자 비드 형태로 제조될 수 있는 것이라면 제약이 없으나, 예를 들어 단량체가 방향족 비닐계 단량체, 탄소수 1~20개의 아크릴산 또는 메타크릴산 알킬 에스테르 단량체 및 탄소수 1~20개의 아크릴산 또는 메타크릴산 플루오로알킬에스테르 단량체로 이루어진 군으로부터 선택된 1종 이상이고, 이로부터 제조되는 가교성 고분자일 수 있다.

[0052] 한편, 상기 단량체의 비한정적인 예를 들면, 메틸메타크릴레이트(methylmethacrylate), 스티렌(styrene), 디비닐벤젠(divinyl benzene), 부틸메타크릴레이트(butylmethacrylate), 트리메틸올메탄 테트라아크릴레이트

(trimethylolmethane tetraacrylate), 트리메틸올메탄 트리아크릴레이트(trimethylolmethane triacrylate), 트리메틸올부탄 트리아크릴레이트(trimethylolbutane triacrylate), 에틸렌글리콜디메타크릴레이트(ethylene glycol dimethacrylate) 등이 있고, 상기 아크릴계 단량체는 단독 또는 2종 이상을 혼합하여 사용할 수 있다. 상기 단량체 중에서, 고분자 비드의 우수한 광학적 특성 확보 측면에서 메틸메타크릴레이트, 스티렌, 디비닐벤젠, 부틸메타크릴레이트 등이 바람직할 수 있다.

[0053] 일 측면에서, 상기 고분자 비드에 사용되는 고분자는, 친유성 고분자가 바람직할 수 있다. 이는 발광소재, 예를 들어 양자점의 경우, 표면에 친유성 작용기를 포함하는 것이 일반적이고, 친유성 용매(비극성 용매)에 분산된다. 따라서, 상기 고분자 비드에 사용되는 고분자를 친유성 고분자로 사용하는 것으로부터, 양자점 제조에 사용되었던 친유성 용매를 그대로 사용하여도 고분자 비드를 팽윤시킬 수 있어 공정상 유리한 이점이 있고, 나아가, 친유성 고분자를 이루는 주쇄가 친유성인 바, 팽윤된 고분자 비대 내로 역시 친유성인 발광소재(예, 양자점)이 쉽게 함유될 수 있는 이점이 있다.

[0054] 만일, 친수성 고분자를 사용할 경우, 여기에 함유시키 위해, 양자점을 친수성 용매에 분산시켜야 하는데, 결과적으로 양자점의 표면 작용기를 친수성으로 개질하는 추가적인 공정이 요구되고, 개질 중 표면 작용기 일부가 떨어져 나가 양자점의 표면에 결함(dangling bond)이 많이 발생하고 발광 세기가 급격히 약해지는 문제가 있어 바람직하지 못하다.

[0055] 또한, 양자점을 고분자 비드에 함유시킨 후 용매를 제거하고 양자점 함유 비드만을 수득하기 위해 에탄올 등의 친수성 용매로 처리하는데, 이때 친수성 고분자의 고분자 비드를 사용한 경우, 함유되었던 양자점이 재용해되는 문제가 발생할 수 있어, 바람직하지 못하다.

[0057] 한편, 상기 고분자 비드에 포함되는 가교성 고분자는, 고분자 비드에 발광 소재를 함유시키기 위하여, 가교도가 낮은 것이 바람직할 수 있다.

[0058] 다르게는, 상기 고분자 비드의 가교도는, 발광 소재가 상기 고분자 비드로 함유될 수 있도록, 상기 고분자 비드를 팽윤시킬 수 있는 가교도라면 특별히 제한되지 않으나, 예를 들어,

[0059] 본 발명의 일 구체예에서,

[0060] 상기 고분자 비드는, 스티렌과 디비닐벤젠으로부터 얻어지는 고분자일 수 있고, 이 경우, 스티렌 : 디비닐벤젠의 중량비는, 100 : 1.5 - 3, 100 : 1.7 - 2.8, 100 : 1.8 - 2.5, 또는 약 100 : 2일 수 있다.

[0061] 여기서, 스티렌 단량체 대비 1.5wt% 이하의 디비닐벤젠(DVB)을 사용하는 경우, 용매에 의한 팽윤 과정에서 구형의 비드가 녹아버리는 문제가 있으며, 3wt% 이상인 경우, 양자점이 고분자 비드 내로 침입하기 어려운 문제가 있다.

[0063] 나아가, 본 발명 고안정성 발광 비드에 있어서, 상기 발광 소재는, 양자점, 나노결정체, 유기염료 등 특별한 제약이 없고, 상기 고분자 비드로 함유될 수 있는 발광 소재라면 제약 없이 본 발명에 포함된다.

[0064] 또한, 상기 발광 소재는 양자점, 나노결정체, 유기염료 등으로 이루어진 군으로부터 선택되는 1종 이상일 수 있고, 1종류 이상의 발광 소재를 상기 고분자 비드에 하나 이상으로, 바람직하게 2개 이상, 10개 이상의 군으로 함유시킬 수 있다.

[0065] 특히, 상술한 바와 같이, 본 발명 고분자 비드는 팽윤성인 바, 용매, 바람직하게 유기용매의 조건에서 팽윤될 수 있고, 다량의 기공을 포함하고 있어 여기에 적어도 하나 이상의 발광 소재가 함유될 수 있다.

[0066] 한편, 상기 발광 소재는 특별히 파장대가 한정되지는 않으나, 예를 들어, 자외선, 적외선, 근적외선, 가시광선대의 파장을 갖는 발광소재일 수 있고, 또 다르게는, 100 nm - 1500nm, 200 nm - 1000nm, 300 nm - 800nm, 350 nm - 700nm, 400 nm - 650nm, 또는 450 nm - 600nm대의 파장 특성을 갖는 발광 소재일 수 있다.

[0067] 각 고분자 비드는 원하는 개수 및/또는 타입의 발광 소재(반도체 나노 입자)들을 포함할 수 있다. 따라서, 고분자 비드는 특정 크기 범위의 반도체 나노 입자들, 예를 들면, InP, InP/ZnS 또는 CdSe의 단일 타입을 포함할 수 있고, 복수의 코팅된 QD 포함 비드들은 미리-정의된(pre-defined) 파장, 즉 컬러의 단색 광을 방출한다. 상기 방출된 광의 컬러는 사용된 반도체 나노 입자 물질의 타입을 다양하게 함으로써 조절될 수 있는데, 예를 들면,

나노 입자의 크기를 변화시키고, 나노 입자 코어 반도체 물질을 변화시키고/변화시키거나 서로 다른 반도체 물질들의 하나 이상의 외곽 쉘을 추가하는 방법으로 조절될 수 있다.

[0068] 또한, 서로 다른 타입의 발광 소재들, 예를 들면, 서로 다른 크기 및/또는 화학적 조성의 반도체 나노 입자들을 각 고분자 비드 내에 포함시킴으로써 컬러를 조절할 수 있다.

[0069] 더 나아가, 각 비드 내에 적절한 수의 반도체 나노 입자들을 선택함으로써 상기 컬러 및 컬러의 강도를 조절할 수 있다. 바람직하게는, 각 고분자 비드는 적어도 약 1000개의 하나 또는 그 이상의 서로 다른 타입들의 반도체 나노 입자들을 포함하고, 더 바람직하게는 적어도 약 10,000개의, 더 바람직하게는 적어도 약 50,000개, 가장 바람직하게는 적어도 약 100,000개의 서로 다른 타입의 반도체 나노 입자들을 포함할 수 있다.

[0070] 상기 비드들의 일부 또는 전부는 바람직하게는 1차 광원(예를 들면, LED)로부터 방출된 1차 광에 의해 여기된 후 2차 발광이 가능한 하나 또는 그 이상의 반도체 나노 입자들을 포함하는 것일 수 있다.

[0072] 또한, 본 발명 고안정성 발광 비드에 있어서, 상기 고분자 비드를 둘러싸는 고분자 층은 상기 고분자 비드 표면에 코팅될 수 있는 것이라면 특별히 제한되지 않으나, 예를 들어 상기 고분자 층은 상기 고분자 비드를 통과하는 산소, 습기나 자유 라디칼, 또는 모든 유형의 산화제의 투과를 방지할 수 있는 고분자 층이라면 모두 본 발명에 포함된다.

[0073] 상기 고분자층은 상기 고분자 비드 내에 발광소재(예, 양자점)이 흡수된 후, 발광소재의 안정성 향상을 위해, 무기 보호층 코팅을 진행할 수 있는데 이때 균일한 무기 보호층 코팅 가능성 확보를 위해, 톨루엔 등 친유성 용매에 무기 보호층 코팅 전의 고분자 비드를 용해시켜 공정을 진행하게된다. 이때 친유성 용매를 사용하면 1차 고분자 비드가 다시 팽윤하여 내부에 포함된 양자점이 친유성 용매로 재용해되어 고분자 비드 내에 함유된 양자점의 수가 줄어드는 문제점가 발생할 수 있다.

[0074] 따라서, 고분자 비드의 고분자와 동일한 조성이면서 고분자 사슬 간의 가교crosslinking)로 치밀한 네트워크 구조를 형성할 수 있는 고분자 층을 사용한다면, 상기한 바와 같이, 친유성 용매에 의해 고분자 비드가 팽윤되고 양자점이 재용해되는 문제가 해결될 수 있다.

[0075] 여기서, 상기 고분자 층의 가교도는 상기 고분자 비드를 통과하는 산소, 습기나 자유 라디칼, 또는 모든 유형의 산화제의 투과를 방지할 수 있는 고분자 층이 형성될 수 있는 수준의 가교도라면 제한 없이 본 발명에 포함되고, 다르게는, 상기 고분자 비드에 내포되는 발광소재(예, 양자점)가 용매로의 재용해와 같이 고분자 비드 밖으로 방출되는 것을 방지할 수 있는 가교도라면 제한 없이 본 발명에 포함되나, 예를 들어, 상기 고분자 층의 가교도는, 스티렌 및 디비닐벤젠으로부터 얻어지는 고분자의 경우, 스티렌 : 디비닐벤젠의 중량비가, 100 : 3 - 20, 100 : 3.5 - 15, 100 : 4 - 15, 100 : 4 - 12, 100 : 8 - 12, 100 : 9 - 11, 또는 약 100 : 10일 수 있다.

[0076] 여기서, 스티렌 단량체 대비 3wt% 이하인 경우, 가교도가 충분하지 못해 고분자 층 내부의 고분자 비드에 함유되어 있는 발광소재(예, 양자점)의 방출을 효과적으로 방지할 수 없고, 또는 외부 물질의 침입을 효과적으로 방지할 수 없다.

[0078] 나아가, 상기 고분자 층은 고분자 비드에 사용되었던 고분자와 동일하거나 또는 유사한 고분자를 사용하는 것이 바람직할 수 있다. 이는, 일반적으로 고분자 입자 위에 고분자를 코팅하는 것은 용액공정 상에서 매우 어렵고, 특히 고분자 입자와 고분자 코팅층이 서로 다른 소재라면 경우에 따라서는 모노머(예, 스티렌 및 디비닐벤젠)가 쉽게 입자 표면에서 중합되어 성장하지 않고, 오히려 별도의 입자를 형성시키는 경우가 발생할 수 있어, 문제가 된다. 이 경우 가교된 치밀한 조직을 갖는 고분자 코팅층이 형성되지 못하며, 결과적으로 고분자 비드 내에 함유되었던 양자점이 재용해되는 문제가 있다.

[0080] 한편, 상기 고분자 층을 이루는 고분자는 원하는 정도의 보호가 된다면 어떠한 두께로도 형성될 수 있으며 상기 고분자 비드의 표면 상에 코팅 물질층으로 제공될 수 있다.

[0081] 예를 들어, 고분자 비드 표면 층 코팅, 즉 고분자 층의 두께는, 1 내지 100 nm, 1 내지 50 nm, 1 내지 30 nm, 2 내지 50 nm, 2 내지 30 nm, 3 내지 50 nm, 3 내지 30 nm, 바람직하게 1 내지 20nm 또는 3 내지 20 nm일 수

있다.

[0082] 한편, 상기 고분자 층은 고분자성 물질을 포함한다. 고분자성 물질은 포화 또는 불포화 탄화수소 고분자일 수 있고, 또는 하나 이상의 헤테로 원자들(예를 들면, O,N,S, 할로겐) 또는 헤테로 원자 포함한 작용기들(예를 들면, 카르보닐(carbonyl), 시아노(cyano), 에테르(ether), 에폭시드(epoxide), 아미드(amide) 등)을 포함할 수 있다.

[0083] 바람직한 고분자성 물질의 예는, 아크릴레이트 고분자(예를 들면, 폴리메틸(메트)아크릴레이트(polymethy(meth)acrylate), 폴리부틸메타크릴레이트(polybutylmethacrylate), 폴리옥틸메타크릴레이트(polyoctylmethacrylate), 알킬시아노아크릴레이트(alkylcyanoacrylate), 폴리에틸렌글리콜(polyethyleneglycol), 디메타크릴레이트(dimethacrylate), 폴리비닐아세테이트(polyvinylacetate) 등), 에폭시들(예를 들면, EPOTEK 301 A+ 열경화 에폭시, EPOTEK OG112-4 단일 팟 UV 경화 에폭시, 또는 EX0135A 및 B 열경화 에폭시), 폴리아마이드(polyamides), 폴리이미드(polyimides), 폴리에스테르(polyesters), 폴리카보네이트(polycarbonates), 폴리티오에테르(polythioethers), 폴리아크릴로니트릴(polyacrylonitryls), 폴리디엔(polydienes), 폴리스티렌 폴리부타디엔 공중합체(polystyrene polybutadiene copolymers(Kratons)), 피렐렌(pyrelenes), (폴리-파라-크실렌(파릴렌)(poly-para-xylylene(parylenes)), 폴리에테르에테르케톤(polyetheretherrketone(PEEK)), 폴리비닐리덴 플로라이드(polyvinylidene fluoride(PVDF)), 폴리디비닐 벤젠(polydivinyl benzene), 폴리에틸렌(polyethylene), 폴리프로필렌(polypropylene), 폴리에틸렌 테레프탈레이트(polyethylene terephthalate(PET)), 폴리이소부티렌(부틸 고무)(polyisobutylene(butyl rubber)), 폴리이소프렌(polyisoprene), 및 셀룰로오스 유도체(메틸 셀룰로오스(methyl cellulose), 에틸 셀루로오스(ethyl cellulose), 히드록시프로필메틸 셀루로오스(hydroxypropylmethly cellulose), 히드록시프로필메틸 셀룰로오스 프탈레이트(hydroxypropylmethly cellulose phthalate), 니트로셀룰로오스(nitrocellulose)) 및 이들의 조합일 수 있다.

[0085] 다르게는, 상기 고분자 층의 고분자는, 상기 고분자 비드의 고분자와 동일 종류의 고분자일 수 있다.

[0086] 다만, 상기 고분자 층의 고분자는, 상기 고분자 비드의 고분자와 다르게 가교도가 상대적으로 높은 것이 바람직하다.

[0087] 특히 여기서, 상기 고분자 층의 고분자 가교도는, 완전한 가교 수준, 또는 적어도 상기 고분자 비드의 고분자의 가교도 보다 높은 가교도이어야 한다.

[0088] 일 측면에서, 고분자 층의 가교도는 고분자 비드에 함유되는 발광 소재의 방출을 방지할 수 있는 수준으로 설정되어야 하며, 다르게는 외부 물질의 유입을 방지할 수 있는 수준의 가교도를 갖는 고분자 층이어야 한다.

[0089] 일 측면에서, 외부 환경으로부터 상기 고분자 비드를 거쳐 발광 소재에 이르는, 예를 들어, 산소, 습기나 자유 라디칼과 같은, 잠재적으로 유해한 종의 통과나 확산을 막기 위해서, 상기 고분자 층이 제공되는 것이다.

[0090] 그 결과, 발광 소재는 외부 환경 및, 특히, 발광 소자의 제조와 같은 응용에서 발광 소재를 이용하는데 일반적으로 요구되는 다양한 공정 조건들에 덜 민감할 수 있다.

[0091] 다르게는, 상기 고분자 층은 상기 고분자 비드를 통과할 수 있는 산소 또는 모든 유형의 산화제의 투과에 대한 배리어일 수 있다. 상기 고분자 층은 상기 고분자 비드에 대한 자유 라디칼 종들의 통과에 대한 배리어일 수 있으며, 또는 수분에 대한 배리어일 수 있다.

[0093] 나아가, 본 발명 고안정성 발광 비드에 있어서, 상기 무기 보호층은, 무기 재료의 보호층으로서 상기 고분자 층의 위에 형성될 수 있는 것이라면 특별히 제한되지 않으나, 상기 무기 보호층은 예를 들어, 유전체(절연체), 금속 산화물(metal oxide), 금속 질화물(metal nitride), 실리카계 물질, 및 규소 산화물로 이루어진 군으로부터 선택되는 1종 이상을 포함하는 무기 보호층일 수 있다.

[0094] 여기서, 상기 금속 산화물(metal oxide)은 단일(single) 금속 산화물(즉, 단일 금속 이온 형태에 결합된 산소이온들, 예를 들면 단일(Al_2O_3) 또는 복합(mixed) 금속 산화물(즉, 둘 이상의 금속 이온 형태에 결합된 산소이온들, 예를 들면 $SrTiO_3$)일 수 있다. (복합)금속 산화물의 금속이온(들)은 2족, 13족, 14족 또는 15족과 같은 주기율표의 적당한 족으로부터 선택될 수 있고, 또는 전이 금속, d-구역 금속 또는 란탄 계열(lanthanid

e)금속일 수 있다.

[0095] 예를 들어, 금속 산화물은 Al_2O_3, B_2O_3, Co_2O_3, Cr_2O_3, CuO, Fe_2O_3, Ga_2O_3, HfO_2, In_2O_3, MgO, Nb_2O_5, NiO, SiO_2, SnO_2, Ta_2O_5, TiO_2, ZrO_2, Sc_2O_3, Y_2O_3, GeO_2, La_2O_3, CeO_2, PrO_x (x=1-10), Nd_2O_3, Sm_2O_3, EuO_y (y=1-10), Gd_2O_3, Dy_2O_3, Ho_2O_3, Er_2O_3, Tm_2O_3, Yb_2O_3, Lu_2O_3, $SrTiO_3$, $BaTiO_3$, $PbTiO_3$, $PbZrO_3$, Bi_mTi_nO(m=1-10, n=1-10), Bi_aSi_bO (a=1-10, b=1-10), $SrTa_2O_6$, $SrBi_2Ta_2O_9$, $YScO_3$, $LaAlO_3$, $NbAlO_3$, $GdScO_3$, $LaScO_3$, $LaLuO_3$, $Er_3Ga_5O_{13}$ 으로 이루어진 군에서 선택되는 1종 이상일 수 있다.

[0096] 한편, 예를 들어, 금속 질화물은 BN, AlN, GaN, InN, Zr_3N_4, Cu_2N, Hf_3N_4, SiN_c (c=1-10), TiN, Ta_3N_5, Ti-Si-N, Ti-Al-N, TaN, NbN, MoN, WnN_d (d=1-10), WN_eC_f (e=1-10, f=1-10)로 이루어진 군에서 선택되는 1종 이상일 수 있다.

[0097] 다른 한편, 무기 보호층은 적절한 결정형을 갖는 실리카를 포함할 수 있다. 예를 들어, 상기 무기 보호층은 실리카-아크릴레이트 하이브리드(silica-acrylate hybrid) 물질과 같은 무기/고분자 하이브리드일 수 있다.

[0098] 다르게는, 상기 무기 보호층은 졸-겔법에 의해 형성되는 무기 보호층일 수 있다. 예를 들어, 통상적으로 알려진 졸-겔법에 의한 것으로, 전구체 화합물은 예를 들어, 금속 전구체 화합물, 실리카 전구체 화합물의 가수분해 반응에 의하여, 축합 중합되어 제조되는 무기 보호층일 수 있다.

[0099] 여기서, 상기 금속 산화물 전구체는, 특별히 제한되지 않으나, 예를 들어, 금속 알콕사이드 화합물일 수 있고, 금속 알콕사이드로 특별히 제한되지 않으나, 티타늄 알콕사이드, 알루미늄 알콕사이드, 지르코니움 알콕사이드, 세륨 알콕사이드 및 실리콘 알콕사이드로 이루어진 군에서 선택된 하나 이상의 화합물일 수 있고, 상기 실리카 전구체는 유기 실란계 화합물로서, 상기 유기 실란계 화합물은 페닐실란, 에폭시 실란, 메틸 실란, 비닐 실란, 알킬실란, 알콕시 실란, 클로로 실란, 메타아크릴레이트 실란, 클로로 실란, 설파 실란, 아세톡시 실란 및 아미노 실란으로 이루어진 군에서 선택된 하나 이상의 화합물일 수 있다.

[0100] 한편, 상기 금속 산화물 전구체와, 실리카 전구체의 비율은 특별히 한정되지는 않고, 상기 무기 보호층이 상기 고분자 층 위에 형성될 수 있는 최소한의 비율 이상이라면 본 발명에 모두 포함된다.

[0101] 다른 한편, 상기 무기 보호층의 두께는 특별히 제한되지 않으나, 예를 들어, 1 내지 100 nm, 1 내지 50 nm, 1 내지 30 nm, 2 내지 50 nm, 2 내지 30 nm, 3 내지 50 nm, 3 내지 30 nm, 바람직하게 1 내지 20nm 또는 3 내지 20 nm일 수 있다.

[0102] 또 다른 한편, 상기 무기 보호층은 고분자 층 바로 위에 형성되는 것이 바람직할 수 있다. 그렇지 않고, 무기 보호층을 고분자 층과 간격을 두거나, 또는 그 사이에 추가의 층을 갖는 경우, 추가적인 공정이 요구되는 것인 바, 복잡하고, 특히, 추가의 층 형성 과정에서 발생할 수 있는 비드 입자 자체의 파손, 발광소재(양자점) 자체의 손상이나 발광특성 저하 문제가 야기될 수 있다. 예를 들어, 진공 장비 투입을 위해서는 양자점 함유 비드의 용매를 완전히 제거해야 하는데, 이를 위해 열, 진공 등을 가하는 과정에서 무기 보호층 형성 이전의 비드와 발광소재(양자점)가 손상되는 문제가 있다.

[0104] 다른 한편, 단수 또는 복수의 코팅된 고분자 비드는, LED 봉지재와 같은, 봉지 매질 내에 분산되어, 견고한(robust) QD 포함 제재를 제공할 수 있다.

[0105] 이 제재는 이 후 공정 단계들, 예를 들면, QD/LED 기반 발광 소자를 제공하기 위해 LED 칩 상에 원하는 양의 이러한 제재를 형성(deposit)하는 단계 내에서 안전하게 사용될 수 있다. 필요한 수의 비드들이 봉지 매질 내에 분산되거나 임베드될 수 있는데, 예를 들면, 상기 제재는 1 내지 10,000개의 비드들, 바람직하게는 1 내지 5000개의 비드들, 더욱 바람직하게는 5 내지 1000개의 비드들을 포함할 수 있다.

[0107] 한편, 상기 반도체 나노 입자는 바람직하게 이온들을 함유하며, 상기 이온들은 주기율표의 적절한 족에서 선택될 수 있는 바, 예를 들어 주기율표의 11, 12, 13, 14, 15 또는 16족일 수 있으며, 이에 한정되는 것은 아니다. 상기 나노 입자들은 전이 금속 이온들 또는 d-구역 금속 이온들을 포함할 수 있다. 상기 나노 입자들은 제1 및 제2 이온들을 함유하는 것이 바람직하며, 상기 제1 이온들은 주기율표의 11, 12, 13 또는 14족에서 적절하게 선택되고 상기 제2 이온들은 14, 15, 또는 16족에서 적절하게 선택될 수 있다. 상기 나노 입자들은 CdO, CdS,

CdSe, CdTe, ZnO, ZnS, ZnSe, ZnTe, InP, InAs, InSb, AlP, AlS, AlAs, AlSb, GaN, GaP, GaAs, GaSb, PbS, PbSe, Si, Ge, MgS, MgSe, MgTe과 이들의 조합들로 이루어진 군에서 선택된 하나 또는 그 이상의 반도체 물질을 포함할 수 있다.

[0108] 또한, 상기 나노 입자들은 2차(binary), 3차(tertiary) 또는 4차(quaternary)의 코어, 코어-쉘 또는 코어-다중쉘, 도핑된 또는 선별된(graded) 나노 입자들일 수 있다.

[0109] 본 발명의 다양한 측면에 채용된 상기 반도체 나노 입자들을 제조하기 위해서, 적절한 방법이 채용될 수 있다. 기술하였던 바와 같이, 상기 반도체 나노 입자들은 분자 클러스터 화합물에 존재하고, 분자 클러스터 화합물 상에 나노 입자들의 시딩(seeding)과 성장을 가능하게 하는 조건의 상기 클러스터 화합물의 존재 하에서, 나노 입자 전구체 조성물을 상기 나노 입자 물질로 전환하여 제조되는 것이 바람직하다.

[0110] 본 발명의 발명자들은 준비된 양자점들을 고분자 비드 내로 함유시키고, 이 후, 상기 비드들 위에 유기용매에 팽윤성인 스티렌 디비닐벤젠 공중합체와 같은 고분자 층을 형성하고, 다시 이 위에 트리에톡시 실란 및 알루미늄 이소프로폭사이드와 같은 전구체를 사용항 졸-겔 법으로 무기 보호층을 형성하여, 2층 구조의 베리어 층을 갖으면서 양저점과 같은 발광 소재를 내포하는 고안정성 고분자 비들을 제공한다.

[0112] 또한 본 발명은,

[0113] 고분자 비드 내로 발광 소재를 함유시키는 단계;

[0114] 상기 발광 소재가 함유된 고분자 비드 위에, 고분자 층을 형성하는 단계; 및

[0115] 상기 고분자 층 위에, 무기 보호층을 형성하는 단계;를 포함하는,

[0116] 상기 고안정성 발광 비드의 제조방법을 제공한다.

[0118] 여기서, 상기 고분자 비드 내로 발광 소재를 함유시키는 단계는, 상기 고분자 비드를 용매에 팽윤시켜 팽윤된 비드 내로 발광 소재를 내포시키는 단계로 이해될 수 있다.

[0119] 한편, 상기 고분자 비드, 발광 소재는 상기한 바와 같은 바, 중복된 설명은 생략하고, 상기 용매는, 특별히 제약이 없으며, 예를 들어, 일반적인 유기 용매일 수 있다.

[0120] 나아가, 상기 고분자 층을 형성하는 단계는, 상기 발광 소재가 함유된 고분자 비드 위에, 바람직하게 고분자 비드 표면 위에, 더욱 바람직하게 상기 고분자 비드를 둘러싸는 고분자 층을 형성하는 단계로 이해될 수 있다.

[0121] 한편, 상기 고분자 층은 상기한 바와 같은 바, 중복된 설명은 생략하고, 상기 고분자 층의 형성 단계응 바람직하게,

[0122] 발광 소재(양자점) 함유 고분자 비드의 표면을 예를 들면, 메틸메타크릴레이트(methylmethacrylate), 스티렌(styrene), 디비닐벤젠(divinyl benzene), 부틸메타크릴레이트(butylmethacrylate), 트리메틸올메탄 테트라아크릴레이트(trimethylolmethane tetraacrylate), 트리메틸올메탄 트리아크릴레이트(trimethylolmethane triacrylate), 트리메틸올부탄 트리아크릴레이트(trimethylolbutane triacrylate), 에틸렌글리콜디메타크릴레이트(ethylene glycol dimethacrylate) 등의 1종 이상의 단량체를 중합시켜 고분자 층을 형성하는 단계일 수 있다.

[0123] 일반적으로 상기 단량체 중합에 요구되는 개시제는 특별히 제한되지 않으나, 예를 들어, 비닐계 단량체의 중합에 중합에 KPS나 AIBA와 같은 전하를 가지는 중합개시제를 사용할 수 있고, 선택적으로 triton X-100과 같은 계면활성제를 사용하여 구형의 입자 위로 보다 용이하게 고분자 층을 형성시킬 수 있다.

[0124] 다르게는, 상기 개시제는 2,2'-Azodi(isobutyronitrile) (AIBN), 2,2'-Azodi(2-methylbutyronitrile) (AMBN-GR), tert-Butyl peroxyisobutyrate (ACCN) 등으로 이루어진 군으로부터 선택되는 1종 이상을 사용할 수 있다.

[0125] 다르게는, 상기 계면활성제는 sodium lauryl sulfate, poly vinylpyrrolidone (PVP), aerosil AOT (Dioctyl sulfosuccinate sodium salt) 등으로 이루어진 군으로부터 선택되는 1종 이상을 사용할 수 있다.

[0127] 다른 한편, 상기 무기 보호층 형성 단계는,

[0128] 상기 고분자 층이 형성된 비드에 상기한 바와 같은 무기 보호층을 형성할 수 있는 방법이라면, 제약 없이 본 발명에 포함되는 것이나, 바람직하게, 잘 알려진 졸-겔법으로 무기 보호층의 형성일 수 있고, 여기서 졸-겔법에 사용되는 전구체 용액에 포함되는, 각각의 금속 산화물 전구체 및 실리카 전구체는 역시 상기한 바와 동일하며, 중복된 설명은 생략한다.

[0129] 예를 들어, 상기 고분자 층이 형성된 비드의 표면을 산화물 전구체 용액에 노출시켜, 졸-겔 법으로 무기 보호층을 형성한다.

[0131] 이 후, 선택적으로, 상기한 고분자 층 또는 무기 보호층은 목적하는 바에 따라, 1층 이상으로 제조될 수 있다. 다만, 상기 반복되는 층 형성은 고부낮 비드에 내포되는 발광 소재의 발광 발색의 기능적 효과적 측면에서의 손실이 최소화 될 수 있는 정도로 반복하는 것이 바람직하다.

[0133] 다른 한편, 상기 고분자 비드의 고분자 또는 상기 고분자 층의 고분자 형성은 선택적으로 가교제(crosslinking agent) 및, 필요하다면, 광개시제(photoinitiator)와 같은 중합 개시제(polymerisation initiator)를 더 포함할 수 있다.

[0134] 다만, 상기 고분자 비드의 고분자 가교도는 상기 고분자 층의 고분자 가교도 보다 작으며, 다르게는 상기 고분자 비드는 팽윤성의 특성이 나타날 수 있는 가교도이어야 하고, 발광 소재를 적어도 하나 이상은 내포시킬 수 있는 가교도를 갖는 것으로 조절되어야 한다. 반면, 상기 고분자 층의 고분자 가교도는 완전한 것이어도 좋고, 최소한 내포되는 발광 소재의 방출을 방지할 수 있는 정도의 가교도이어야 하고, 다르게는 외부의 물질이 유입되지 않을 수 있는 가교도를 갖는 것이어야 한다.

[0135] 또 다른 한편, 상기 고분자 비드의 고분자와 상기 고분자 층의 고분자는 동종인 것이 바람직할 수 있고, 특히 공정 측면에서의 용이성, 비드의 안정성 측면에서 유리할 수 있다.

[0136] 이는, 일반적으로 고분자 입자 위에 고분자를 코팅하는 것은 용액공정 상에서 매우 어렵고, 특히 고분자 입자와 고분자 코팅층이 서로 다른 소재라면 경우에 따라서는 모노머(예, 스티렌 및 디비닐벤젠)가 쉽게 입자 표면에서 중합되어 성장하지 않고, 오히려 별도의 입자를 형성시키는 경우가 발생할 수 있어, 문제가 된다. 이 경우 가교된 치밀한 조직을 갖는 고분자 코팅층이 형성되지 못하며, 결과적으로 고분자 비드 내에 함유되었던 양자점이 재용해되는 문제가 있다.

[0138] 나아가 본 발명은,

[0139] 상기 고안정성 발광 비드를 포함하는, 발광 소자를 제공한다.

[0141] 여기서, 상기 발광 소자는 본 발명에서 제공하는 고안정성 발광 비드를 포함하는 것을 특징으로, 보다 향상된 기능과 효과의 발광 소자임을 알 수 있다.

[0142] 특히, 종래 발광 소재(양자점 등)가 용제, 잉크, 폴리머, 유리, 금속, 전기적 물질, 전기적 소자, 생체 분자 및 세포들에서 물리적/화학적 불안정성과 부적합성을 갖는 것이었고, 이로부터 발광 특성저하와 같은 소자의 기능과 효과 측면에서 문제가 되었음을 고려하였을 때, 본 발명 고안정성 발광 비드는 상기한 종래 기술의 문제점을 해소할 수 있는 기술인 바, 이를 포함하는 다양한 분야의 발광 소자의 기능과 효과를 향상시킨다. 예를 들어, 본 발명 고안정성 발광 비드를 포함하는 것으로부터, 종래 대비 향상된 기능과 효과의 광학 및 전자 소자, 태양전지, 촉매, 생물학적 이미징, LED, 일반 공간 조명 및 발광 표시 장치 등이 제공될 수 있다.

[0144] 이하, 본 발명을 제조예, 실시예 및 실험예를 통하여 상세히 설명한다.

[0145] 단, 이하의 제조예, 실시예 및 실험예는 본 발명을 제한하기 보다는 일 실시예로서 이해되어야 한다.

[0147] **<제조예 1> 고분자 비드의 제조**

[0148] 스티렌 : 디비닐 벤젠 = 1: 0.02의 중량비로 혼합한 단량체 혼합물(11.2g)을 개시제인 AIBA(0.185g)이 녹아 있는 증류수 112g과 혼합하였다.

[0149] 이후, 반응기 온도를 70℃로 올려 19시간 동안 반응시킨 후, 원심분리 시키고 건조하여, 목적하는 고분자 비드를 제조하였다.

[0151] **<실시예 1> 고안정성 고분자 비드의 제조**

[0152] 단계 1: 고분자 비드로의 양자점 내포 단계

[0153] 톨루엔에 양자점을 5g/Liter의 비율로 분산시켜 용액 20ml를 준비한 후, 상기 용액에 상기 제조예 1에서 제조한 고분자 비드 0.1g 투입하였고, 48시간 교반한 뒤, 원심분리하여 잔여 양자점 용액을 제거하고, 에탄올을 첨가한 후, 다시 원심분리하고, 건조하여, 양자점이 내포된 고분자-양자점 복합 비드를 제조하였다.

[0155] 단계 2: 고분자 층 형성 단계

[0156] 스티렌 : 디비닐 벤젠 = 1: 0.1의 무게비율로 혼합하여 제조한 단량체 1g과 계면활성제(triton X-100) 1g을, 개시제인 AIBA가 0.185g 녹아 있는 증류수 112g과 혼합하였다. 이 용액에 상기 단계 1의 고분자-양자점 복합비드 0.1g을 투입하고, 상온에서 빠른 속도로 교반시켜 현탁액을 제조한 후, 70도℃ 가열하고 10시간 동안 유지하였다. 이후, 비드를 원심분리하고 에탄올로 세척한 후 건조하였다.

[0158] 단계 3: 무기 보호층 형성 단계

[0159] 상기 단계 2에서 제조한 고분자 층이 형성된 고분자-양자점 복합비드 0.1g을 톨루엔 100ml에 재분산시키고, 여기에 트리에톡시실란 1ml를 투입한 후 1시간 가량 교반하였다. 이후 여기에 알루미늄 이소프로폭사이드 1g을 투입하여 2시간 가량 유지한 후, 원심분리하고 에탄올로 세척하고, 건조하였다.

[0161] 상기 실시예 1에서 제조한 본 발명 고안정성 고분자 비드를 현미경 이미지로 확인하였고, 그 결과를 도 1에 나타내었다.

[0162] 도 1을 살펴보면, 본 발명 고안정성 고분자 비드는 양자점을 고분자 비드 내로 함유하고 있을 뿐 아니라, 각각 고분자 층 및 무기 보호층이 고분자 비드를 잘 감싸고 있는 구형의 형상이 확인되고, 또한 각각의 고분자 층 및 무기 보호층이 약 20 nm 이하의 수준으로 균일한 두께로 잘 형성되어 있음이 확인된다.

[0164] 이로부터, 본 발명의 고 안정성 고분자 비드는, 고분자 층 및 무기 보호층의 2층 구조의 쉘이 고분자 비드 위로 균일한 두께로 잘 형성되어 있는 바, 양자점의 방출 및 외부 물질의 유입을 효율적으로 방지할 수 있고, 또한, 20 nm 이하의 얇은 두께의 층을 갖는 바, 발광 소재(양자점)의 발광 효율 및 특성 저하가 없는 것임을 확인할 수 있다.

[0166] **<실험예 1> 고안정성 고분자 비드의 발광 효율 및 특성 분석**

[0167] 구체적으로, 상기 실시예 1에서 제조한 본 발명의 고안정성 고분자 비드에 내포된 양자점(발광 소재)의 발광 효율 및 특성에 어떠한 영향을 주는지 분석하기 위하여, 다음과 같이 실험하였다.

[0168] 구체적으로, QDs 용액, QDs 파우더, QDs + PS 파우더, QDs +PS + 산화물 파우더를 각각 시료 홀더에 장입하고 325nm의 빛을 인가하여 해당 샘플리 발광하는 빛을 spectrometer로 분석하는 형광 (PL, photoluminescence) 실

험을 통해 얻은 결과를, 도 2에 나타내었다.

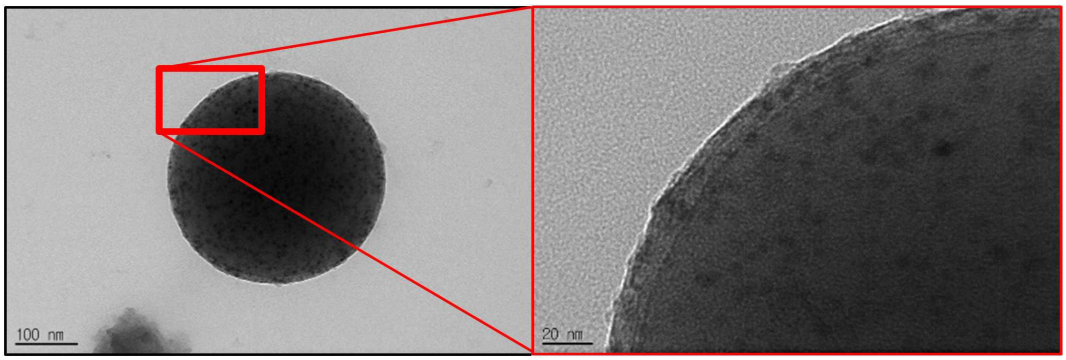
[0169] (PS: 실시예 1의 단계 2와 같은 가교도가 높은 고분자 층, 산화물(Oxides): 실시예 1의 단계 3과 같은 산화물 층)

[0171] 도 2를 살펴보면, 양자점을 그대로 건조하여 분말화시킨 경우, 양자점 간의 응집이 발생하며, 입자간 거리가 가까워지는 바, 광여기에 의해 에너지 전달 현상이 발생할 수 있고(양자점 간 거리가 가까우면 빛을 받아 여기된 양자점이 빛을 내면서 안정상태로 가지않고, 가까이 있는 양자점에게 에너지를 전달하는 과정(Forster-Dexter energy transfer)이 발생), 양자점의 발광 강도가 약해지고 발광스펙트럼이 적색방향(장파장)으로 이동되는 것이 확인되는 반면, 양자점을 고분자 비드 내에 흡착시키고 표면처리한 샘플의 경우, 양자점 간의 거리가 충분하여 상호간 에너지 전달이 없어 발광스펙트럼의 파장 이동이 없고 높은 발광 강도를 가지는 것으로 확인된다.

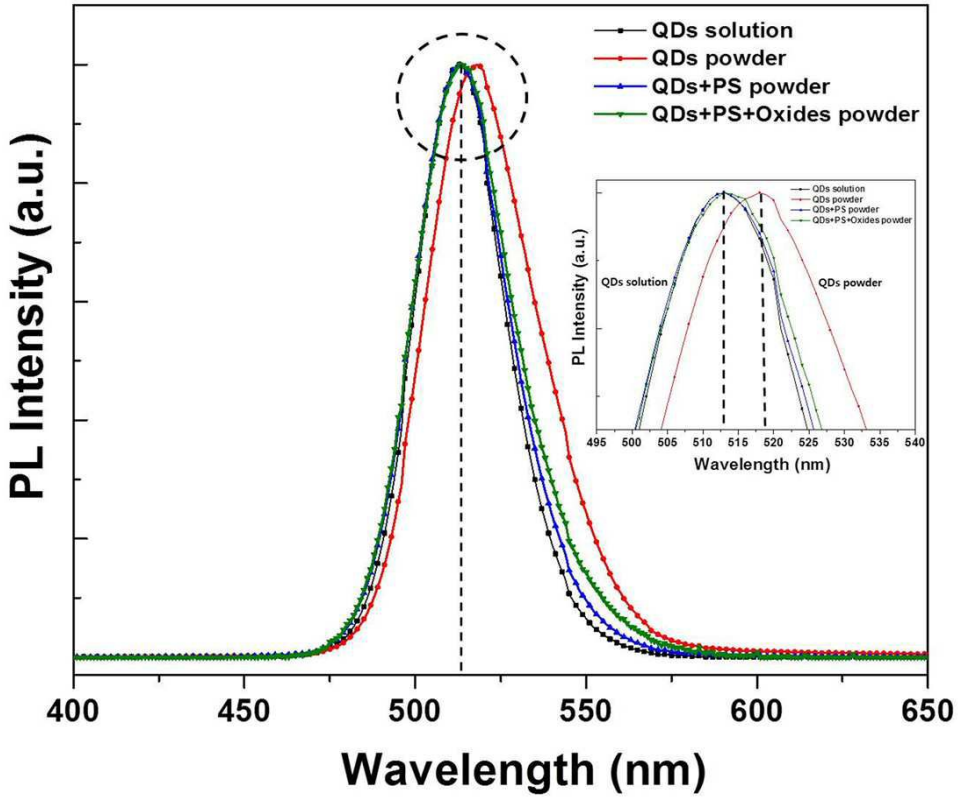
[0172] 따라서, 본 발명 고안정성 고분자 비드는 용액에서의 양자점과 같이 양자점 간의 거리가 충분히 확보되어 입자간 에너지 전달이 거의 없는, 즉 발광 특성에 손실이 없는 것을 확인할 수 있는 바, 장시간 경과에도 안정적으로 발광이 유지되고, 발광 특성저하가 없으며, 함유되는 발광 소재의 종류와 수, 발광 파장, 등에 제약이 없고, 입자 크기가 균일한, 고안정성 고분자 비드로 제공될 수 있다.

도면

도면1



도면2


QDs solution
QDs powder
QDs+PS powder
QDs+PS+Oxides powder
PL Intensity (a.u.)
Wavelength (nm)
400
450
500
550
600
650
QDs solution
QDs powder
QDs+PS powder
QDs+PS+Oxides powder
PL Intensity (a.u.)
Wavelength (nm)
495
500
505
510
515
520
525
530
535
540