

	(19) 대한민국특허청(KR) (12) 공개특허공보(A)	(11) 공개번호 10-2017-0025028 (43) 공개일자 2017년03월08일
(51) 국제특허분류(Int. Cl.) C09K 11/70 (2006.01) C09K 11/62 (2006.01) H01L 33/50 (2010.01) H05B 33/14 (2006.01)	(52) CPC특허분류 C09K 11/70 (2013.01) C09K 11/62 (2013.01)	(71) 출원인 주식회사 동진세미켐 인천광역시 서구 백범로 644 (가좌동) 울산과학기술원 울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
(21) 출원번호 10-2015-0120827 (22) 출원일자 2015년08월27일 심사청구일자 없음		(72) 발명자 최규범 경기도 성남시 분당구 판교로 255번길 35 한재영 경기도 성남시 분당구 판교로 255번길 35 (뒷면에 계속) (74) 대리인 유미특허법인, 원영호

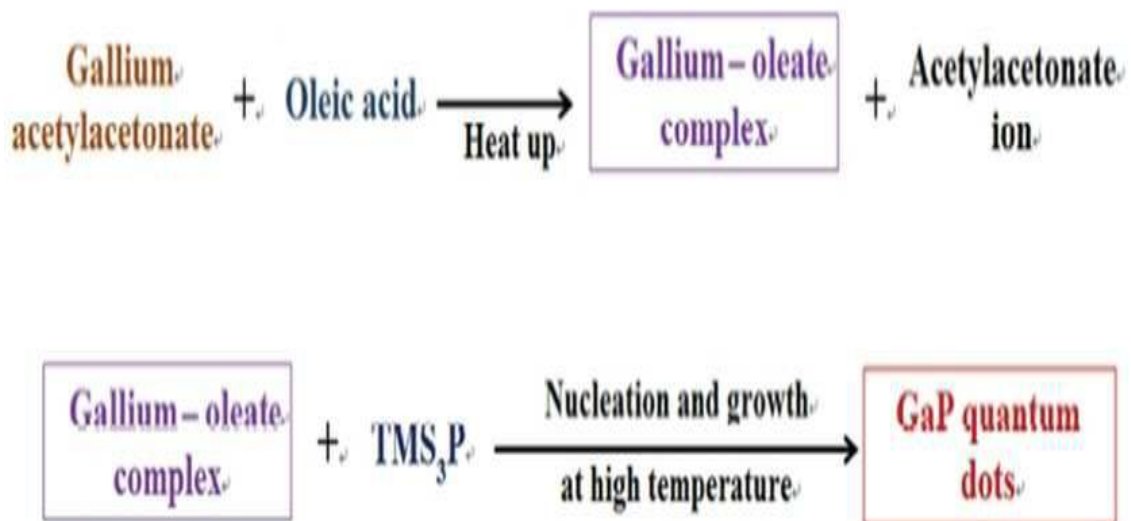
전체 청구항 수 : 총 16 항

(54) 발명의 명칭 GaP 콜로이드 양자점의 제조방법

(57) 요약

본 발명은 GaP 양자점 제조방법에 관한 것으로, 특히 적절한 Gallium precursor를 사용하고 hot injection method를 통하여 이전 방법에 비교하여 합성 시간이 짧고 월등히 향상된 광학 특성을 가질 뿐만 아니라 color conversion material로 적용이 가능한 GaP 양자점의 제조방법에 관한 것이다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

H01L 33/502 (2013.01)

H05B 33/145 (2013.01)

(72) 발명자

주유찬

경기도 성남시 분당구 판교로 255번길 35

박은주

경기도 성남시 분당구 판교로 255번길 35

신규순

경기도 성남시 분당구 판교로 255번길 35

박종남

울산광역시 울주군 범서읍 구영로 75-9, 308동
1103호(구영우미린1차아파트)

최창훈

서울특별시 성북구 인촌로17가길 4, 204호(안암동
2가)

서요한

서울특별시 관악구 은천로5길 39, 3동 506호

명세서

청구범위

청구항 1

- (1) 갈륨 전구체와 제1계면활성제를 용매에 녹여 제 1 혼합물을 제조하는 단계;
- (2) 상기 제 1혼합물의 온도를 승온시켜 갈륨-제1계면활성제 착물을 형성하는 단계;
- (3) 포스핀 전구체와 제2계면활성제를 상기 갈륨-제1계면활성제 착물에 첨가하여 제2 혼합물을 제조하는 단계;
- (4) 상기 제2 혼합물을 고온에서 교반하여 금속-포스파이드 양자점을 성장시키는 단계; 및
- (5) 상기 성장된 양자점을 정제하는 단계;

를 포함하는 GaP 양자점의 제조방법.

청구항 2

제1항에 있어서

상기 갈륨 전구체는 Gallium(III) acetylacetonate 인 GaP 양자점의 제조방법.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 제1계면활성제는 oleic acid, lauric acid, palmitic acid, stearic acid, myristic acid로 이루어지는 군으로부터 1종 이상 선택되는 물질인 GaP 양자점의 제조방법.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 제1계면활성제는 oleic acid인 GaP 양자점의 제조방법.

청구항 5

제1항에 있어서,

갈륨전구체와 제1계면활성제의 함량비율은 갈륨전구체 1 몰(mole)에 대하여 제1계면활성제 0.01 내지 50몰인 GaP 양자점의 제조방법.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 (2)단계의 온도는 120 내지 350 °C인 GaP 양자점의 제조방법.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 (3)단계의 포스핀 전구체의 함량은 갈륨전구체 1 몰에 대하여 0.01 내지 50 몰이고, 제2계면활성제는 갈륨 전구체 1 몰에 대하여 0.01 내지 50몰인 GaP 양자점의 제조방법.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 (4)단계의 고온은 상기 (2)단계의 승온된 온도인 것을 특징으로 하는 GaP 양자점의 제조방법.

청구항 9

제1항에 있어서

정제는 원심분리를 이용하는 GaP 양자점의 제조방법.

청구항 10

제1항 기재의 제조방법에 의하여 제조된 GaP 양자점.

청구항 11

제10항에 있어서,

상기 양자점의 입자크기는 2 내지 4 nm인 GaP 양자점.

청구항 12

제10항에 있어서,

상기 양자점의 최대발광피크는 400 내지 520 nm인 GaP 양자점.

청구항 13

제10항에 있어서,

상기 양자점의 광발광양자수율(photoluminescence Quantum yield)은 10% 내지 60%인 GaP 양자점.

청구항 14

제10항에 있어서,

상기 양자점의 색변환효율(color conversion efficiency)은 5% 내지 40%인 GaP 양자점.

청구항 15

제10항 기재의 GaP 양자점을 포함하는 발광소자.

청구항 16

제10항 기재의 GaP 양자점을 포함하는 색변환 소자.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 GaP 콜로이드 양자점 제조방법에 관한 것으로, 특히 적절한 갈륨전구체(Gallium precursor)를 사용하고 hot injection method를 통하여 이전 방법에 비교하여 합성 시간이 짧고 월등히 향상된 광학 특성을 가질 뿐만 아니라 색변환 물질(color conversion material)로 적용이 가능한 GaP 양자점의 제조방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 양자점은 0차원의 구형태를 띠는 반도체 나노입자로 같은 물질임에도 불구하고 벌크물질과는 다른 광학적, 전기적 특성을 보인다. 그 이유는 크기가 작아지면서 본래 무기 결정이 가지고 있는 연속적인 에너지 상태로 구성된 밴드가 불연속적으로 변하게 되어 특성이 변하기 때문이다. 이는 양자제한효과(Quantum confinement effect)로 설명할 수 있다. 물질별로 양자제한효과는 각각의 Bohr radius에 따라 달라지는데 입자의 크기가 Bohr radius보다 작아지면 양자제한효과가 매우 크게 작용하며, 이것이 물질이 가지고 있는 밴드갭을 불연속적으로 만들게 된다. 밴드갭이 변하게 되면 전도대와 가전자대에서 전자와 정공의 움직임이 달라지면서 광학적, 전기적 특성이 변하고, 이는 나노입자의 크기를 조절하면서 양자 제한 효과를 조절하여 물질에서 원하는 특성을 쉽게 이끌어 낼 수 있음을 의미한다.

[0004] 이러한 광학적, 전기적 특성을 바탕으로 양자점은 light emitting diode (LEDs), bio application, photovoltaic devices와 같은 다양한 분야에 적용되어 왔다. 특히 II-VI족 양자점은 90년대 이후 MIT대학의 Bawendi 그룹에서 양자효율이 높은 Cadmium 계열의 양자점 합성법을 보고한 후 Cadmium 계열의 양자점에 대한 연구가 가속화 되었으며 현재까지도 가장 많이 사용되고 있다.

[0006] 그러나 Cadmium 계열 양자점의 경우에는 Cadmium의 독성으로 인하여 사용에 제한이 되고 있는 실정이다. 현재 Cd계 양자점의 대안으로 III-V족 양자점이 연구되고 있으며, 이러한 III-V족 양자점의 경우 가시광선 영역을 전체 혹은 일부를 구현할 수 있는 다양한 후보군이 존재하지만 그 중에서 Indium phosphide (InP)에 그 연구가 집중되고 있다. 그러나 InP 양자점은 Cadmium 계열의 양자점에 비하여 양자효율이 상대적으로 낮고, 가격이 비싸기 때문에 새로운 양자점은 계속적으로 요구되어 왔으며, 그 후보 중의 하나가 Gallium phosphide (GaP) 양자점이다.

[0008] GaP 양자점은 1990년도부터 몇몇 논문에서 합성 및 분석에 대한 내용이 발표되어 왔으나 이 기간 동안 개발된 GaP 양자점은 합성 시간이 길고, 입자의 크기 분포가 고르지 못하며, 입자 형태의 조절이 어려운 한계점을 가지고 있었다.

[0010] 또한 2000년대 이후에도 나노물질을 합성하는 방법이 다양하게 개발되어 GaP 양자점 합성에도 적용되기 시작되었다. Thermal decomposition method, solvothermal method, ion exchange method와 같은 다양한 합성 방법이 적용되어 GaP 양자점 합성에 이용되었음에도 불구하고 낮은 광학 특성과 낮은 결정성으로 인하여 여전히 optical device에는 사용이 어려운 상황이다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0012] 상기와 같은 문제점을 해결하기 위해, 적절한 갈륨전구체(Gallium precursor)를 사용하고 hot injection method를 통하여 이전 방법에 비교하여 합성 시간이 짧고 월등히 향상된 광학 특성을 가질 뿐만 아니라 색변환 물질(color conversion material)로 적용이 가능한 GaP 양자점의 제조방법, 상기 방법에 의하여 제조된 GaP 양자점, 상기 양자점을 포함하는 발광소자 및 색변환소자를 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

[0013] 상기 목적을 달성하기 위하여 본 발명은,

[0014] (1) 갈륨 전구체와 제1계면활성제를 용매에 녹여 제 1 혼합물을 제조하는 단계;

[0015] (2) 상기 제 1혼합물의 온도를 승온시켜 갈륨-제1계면활성제 착물을 형성하는 단계;

[0016] (3) 포스핀 전구체와 제2계면활성제를 상기 갈륨-제1계면활성제 착물에 첨가하여 제2 혼합물을 제조하는 단계;

[0017] (4) 상기 제2 혼합물을 고온에서 교반하여 금속-포스파이드 양자점을 성장시키는 단계; 및

[0018] (5) 상기 성장된 양자점을 정제하는 단계;

[0019] 를 포함하는 GaP 양자점의 제조방법을 제공한다.

[0021] 또한 본 발명은 상기 제조방법에 의하여 제조된 GaP 양자점을 제공한다.

[0023] 또한 본 발명은 상기 GaP 양자점을 포함하는 발광소자 및 색변환소자를 제공한다.

발명의 효과

[0024] 본 발명의 GaP 양자점의 제조방법은 적절한 갈륨전구체를 사용하고 hot injection method를 통하여 이전 방법에 비하여 합성 시간이 짧고 월등히 향상된 광학 특성을 가질 뿐만 아니라 색변환 물질로 적용이 가능한 GaP 양자점을 제조할 수 있다. 또한 본 발명에 따른 양자점은 GaMP(M = metal)와 같은 Ternary 형태의 양자점으로 적용이 가능하며, InGaP와 같이 alloy 또는 Gradient 형태인 GaP 양자점 또는 InGaP와 같이 Ternary 이상의 형태가 가능한 GaP 양자점으로 적용이 가능하다.

도면의 간단한 설명

[0025] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 GaP 양자점의 제조방법에 대한 모식도이며,
 도 2는 실시예 1에서 제조된 양자점의 XRD 패턴을 나타내며,
 도 3은 실시예 1 내지 3에서 제조한 GaP 양자점의 absorbance spectrum을 나타내며,
 도 4는 실시예 1 내지 3에서 제조한 GaP 양자점의 Photoluminescence spectrum을 나타내며,
 도 5는 실시예 4 내지 6에서 제조된 양자점의 흡광도 및 Photoluminescence spectrum을 측정한 결과이며,
 도 6은 본 발명에 따라 제조한 film(GaP 2wt%)의 blue LED에 대한 color conversion EL spectrum이며,
 도 7은 본 발명에 따라 제조한 film의 blue LED에 대한 color conversion efficiency이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0027] 이하 본 발명을 상세히 설명한다.

[0029] 본 발명의 GaP 양자점의 제조방법은

- [0030] (1) 갈륨 전구체와 제1계면활성제를 용매에 녹여 제 1 혼합물을 제조하는 단계;
 [0031] (2) 상기 제 1혼합물의 온도를 승온시켜 갈륨-제1계면활성제 착물을 형성하는 단계;
 [0032] (3) 포스핀 전구체와 제2계면활성제를 상기 갈륨-제1계면활성제 착물에 첨가하여 제2 혼합물을 제조하는 단계;
 [0033] (4) 상기 제2 혼합물을 고온에서 교반하여 금속-포스파이드 양자점을 성장시키는 단계; 및
 [0034] (5) 상기 성장된 양자점을 정제하는 단계;
 [0035] 를 포함한다.

[0037] (1) 갈륨 전구체와 제1계면활성제를 용매에 녹여 제 1 혼합물을 제조하는 단계

[0038] 본 발명에서는 갈륨 전구체로 Gallium(III) acetylacetonate를 사용한다. 상기 갈륨 전구체를 사용하는 경우 다른 갈륨 전구체를 사용하는 경우에 비하여 제조되는 양자점의 광학특성이 더욱 우수하다.

[0039] 상기 제1계면활성제는 탄소수 8 내지 26 의 지방산이 사용될 수 있으며, 일례로 oleic acid, lauric acid, palmitic acid, stearic acid, myristic acid로 이루어지는 군으로부터 1종 이상 선택되는 물질이 사용될 수 있으며, 구체적으로는 oleic acid를 사용하는 것이 좋다. 이 경우 제조되는 양자점의 광학특성이 더욱 우수하다.

[0040] 상기 용매는 양자점의 제조에 통상적으로 사용가능한 용매가 사용될 수 있으며, 일례로 올레핀계 탄화수소화합물이 사용될 수 있으며 구체적인 예로는 1-octadecene, tetradecene, hexadecane, squalene 가 사용될 수 있으며, 구체적으로 1-octadecene인 것이 좋다.

[0041] 상기 갈륨전구체와 제1계면활성제의 함량비율은 갈륨전구체 1 몰(mole)에 대하여 제1계면활성제 0.01 내지 50몰인 것이 좋으며, 구체적으로는 갈륨전구체 1 몰(mole)에 대하여 제1계면활성제 0.2 내지 30몰, 더욱 구체적으로

는 0.55 내지 3.0몰을 사용하며, 상기 범위에서 제조되는 양자점은 광학특성이 더욱 우수하다.

[0042] 용매는 상기 갈륨전구체와 제1계면활성제를 용해시킬 수 있는 충분한 양을 사용하는 것이 좋다.

[0043] 특히 본 발명에서는 갈륨전구체와 제1계면활성제의 함량비율에 따라 제조되는 GaP 양자점의 발광피크가 400 nm 내지 520 nm로 달라지는 특성을 가지며, 이는 제 1 계면활성제의 함량에 따라 생성되는 나노입자의 크기가 변화가 있고, 결과적으로 양자제한 효과에 의한 발광스펙트럼의 변화를 가져오기 때문이다.

[0045] (2) 상기 제 1혼합물의 온도를 승온시켜 갈륨-제1계면활성제 착물을 형성하는 단계;

[0046] 본 단계에서는 갈륨 전구체와 제1계면활성제가 용매에 용해된 상기 (1)단계의 혼합물의 온도를 승온시켜 갈륨-제1계면활성제 착물을 형성하는 단계이다. 온도는 120 내지 350 °C까지 승온시키는 것이 좋으며, 승온의 속도는 임의로 조절가능하며, 구체적으로는 0.1 내지 50 °C/min의 속도로 승온시킬 수 있다. 상기 온도로 승온시킬 경우 제조되는 양자점의 광학특성이 더욱 우수하다.

[0048] (3) 포스핀 전구체와 제2계면활성제를 상기 갈륨-제1계면활성제 착물에 첨가하여 제2 혼합물을 제조하는 단계;

[0049] 본 단계는 승온(120 내지 350 °C)된 (2)단계의 혼합물에 포스핀 전구체와 제2계면활성제를 첨가하는 단계이다. 상기 포스핀 전구체는 tris(trimethylsilyl)phosphine인 것이 좋으며, 제2계면활성제는 trioctylphosphine(TOP), Tributylphosphine (TBP), triphenylphosphine (TPP)을 단독 또는 혼합하여 사용할 수 있다.

[0050] 구체적으로 포스핀 전구체의 함량은 갈륨전구체 1 몰에 대하여 0.01 내지 50 몰이고, 제2계면활성제는 갈륨전구체 1 몰에 대하여 0.01 내지 50몰을 사용한다. 더욱 구체적으로는 포스핀 전구체의 함량은 갈륨전구체 1 몰에 대하여 0.4 내지 0.6 몰을 사용하며, 이 경우 제조되는 양자점의 광학특성이 더욱 우수하다.

[0052] (4) 상기 제2 혼합물을 고온에서 교반하여 금속-포스파이드 양자점을 성장시키는 단계;

[0053] 상기 (3) 단계에서 상기 포스핀 전구체와 제2계면활성제를 첨가하면 혼합물의 온도가 일정정도 낮아지므로 본 단계에서는 신속히 (2)단계의 승온온도(280 내지 330 °C, 구체적으로는 300 내지 310 °C)로 다시 승온시켜 교반을 함으로써 금속-포스파이드 양자점을 성장시킨다. 교반은 25 내지 40분 진행될 수 있으며, 구체적인 일예로 30분 동안 교반을 진행할 수 있다.

[0055] (5) 상기 성장된 양자점을 정제하는 단계;

[0056] 상기 (4)단계에서 성장된 양자점은 상온으로 냉각된 후 에탄올, 아세톤, 부탄올 등의 용액을 사용하여 침전시켜서 원심분리를 통하여 분리될 수 있으며, 일예로 7000 rpm에서 5분 동안 원심분리한 후 위상공정을 거쳐 정제될 수 있다. 최종 정제된 GaP 양자점은 헥산에 분산시켜 보관할 수 있다. 상기 원심분리와 위상공정은 3 내지 4회 반복하여 실시될 수 있다.

[0058] 일예로 본 발명의 GaP 양자점의 제조방법은 도 1에 기재된 모식도와 같은 방법일 수 있다.

[0060] 본 발명의 제조방법에 따르면, 이전 방법에 비교하여 합성 시간이 짧고, 현저히 향상된 광학 특성을 가지는 GaP 양자점을 제조할 수 있다.

[0062] 또한 본 발명은 상기 GaP 양자점의 제조방법에 제조된 GaP 양자점 및 상기 양자점을 포함하는 발광소자 및 색변환소자를 제공하는 바, 상기 GaP 양자점은 입자크기가 2 내지 4 nm의 크기를 가지며, 합성에 사용된 갈륨 전구체와 제1계면활성제의 함량 비율에 따라 400 내지 520 nm 사이의 최대발광피크를 나타낸다. 일예로 갈륨 전구체 1 몰에 대한 제1계면활성제의 함량이 0.5 몰인 경우에 제조된 GaP 양자점의 경우 520 nm의 최대발광피크를 나타

내며, 제1계면활성제의 함량을 높여서 제조한 GaP 양자점의 경우 점점 단파장의 최대발광피크를 나타내며, 갈륨 전구체 1 몰에 대한 제1계면활성제의 함량이 2.4 몰인 경우에 제조된 GaP 양자점의 경우 400 nm의 최대발광피크를 나타낼 수 있다. 또한 본 발명에 따른 GaP 양자점은 10 내지 60%의 광발광양자수율(photoluminescence Quantum yield)을 가지므로 공지의 발광소자의 제조방법을 이용하여 발광소자에 유용하게 사용될 수 있으며, 5 내지 40%의 우수한 색변환효율(color conversion efficiency)을 가지므로 공지의 색변환 소자의 제조방법을 이용하여 색변환 소자에 유용하게 사용할 수 있다.

[0064] 이하, 본 발명의 이해를 돕기 위하여 바람직한 실시예를 제시하나, 하기 실시예는 본 발명을 예시하는 것일 뿐 본 발명의 범위가 하기 실시예에 한정되는 것은 아니다.

[실시예 1] Gap 양자점의 제조

[0067] Gallium(III) acetylacetonate(99.99% trace metal basis) 0.367 g(1 mmole), Oleic acid(technical grade) 0.155 g(0.055 mmole)을 1-octadecene(90% technical grade) 4.5 ml에 녹이고 30분간 동안 진공으로 건조하였다. 이후 플라스크를 불활성 아르곤 가스로 치환하고 용액을 300 ℃로 승온(9 ℃/분)하였다.

[0068] 상기 용액에 Trioctylphosphine(97%) 0.92 ml(2 mmole)와 tris(trimethylsilyl)phosphine(95%) 0.153 ml(0.5 mmole)를 혼합한 용액을 첨가 후 300 ℃에서 30분간 교반하였다. 상기 교반된 용액을 상온으로 식힌 후 n-butanol을 첨가하고 원심분리를 3~4회 반복하여 생성된 분말을 정제하였다. 생성된 분말에 n-hexane을 첨가하여 녹인 후 원심분리를 3~4회 반복하여 석출된 갈륨 산화물을 제거하여 n-hexane에 분산된 GaP 양자점을 합성하였다.

[실시예 2] Gap 양자점의 제조

[0071] 상기 실시예 1에서 사용된 Oleic acid의 양을 1.2 mmole를 사용한 것을 제외하고는 상기 실시예 1과 동일한 방법으로 GaP 양자점을 합성하였다.

[실시예 3] Gap 양자점의 제조

[0074] 상기 실시예 1에서 사용된 Oleic acid의 양을 2.4 mmole를 사용한 것을 제외하고는 상기 실시예 1과 동일한 방법으로 GaP 양자점을 합성하였다.

[실시예 4] Gap 양자점의 제조

[0077] 상기 실시예 1에서 사용된 Oleic acid의 양을 0.4 mmole를 사용한 것을 제외하고는 상기 실시예 1과 동일한 방법으로 GaP 양자점을 합성하였다.

[실시예 5] Gap 양자점의 제조

[0080] 상기 실시예 1에서 사용된 Oleic acid의 양을 0.5 mmole를 사용한 것을 제외하고는 상기 실시예 1과 동일한 방법으로 GaP 양자점을 합성하였다.

[실시예 6] Gap 양자점의 제조

[0083] 상기 실시예 1에서 사용된 Oleic acid의 양을 0.3 mmole를 사용한 것을 제외하고는 상기 실시예 1과 동일한 방법으로 GaP 양자점을 합성하였다.

[비교예 1] GaP 양자점의 제조

[0086] Gallium(III) chloride (99.99% trace metal basis) 0.18g (1mmole)과 tris(trimethylsilyl)phosphine(95%) 0.25g (1mmole)을 trioctylphosphine

[0087] oxide 0.1g (0.26mmole), trioctylphosphine 2g (5.4mmole)에 혼합 후 플라스크를 불활성 아르곤 가스로 치환하고 270℃로 승온 후 1시간 동안 교반하였다. 이후 trioctylphosphine oxide 10g (25.9mmole)을 첨가하고 400도로 승온하여 3일 동안 교반하였다. 상기 교반된 용액을 상온으로 식힌 후 methanol을 첨가하고 원심분리를 3~4회 반복하여 생성된 분말을 정제하였다. 생성된 분말에 n-hexane을 첨가하여 녹인 후 원심분리를 3~4회 반복하여 석출된 불순물을 제거하여 n-hexane에 분산된 GaP 양자점을 합성하였다.

[0089] **양자점 광학특성 실험**

[0090] 합성된 양자점의 Photoluminescence spectra는 Cary Eclipse fluorescence spectrophotometer(Agilent Technologies)를 이용하여 측정하였으며, Coumarin 510(95% in Ethanol)과 9,10-diphenylanthracene(97% in cyclohexane)과 비교하여 photoluminescence Quantum yield를 측정하여 하기 표 1 및 도 2 내지 3에 나타내었다. 도 2는 실시예 1에서 제조된 양자점의 XRD 패턴을 나타내며, 도 3은 실시예 1 내지 3에서 제조한 GaP 양자점의 absorbance spectrum을 나타내며, 도 4는 실시예 1 내지 3에서 제조한 GaP 양자점의 Photoluminescence spectrum을 나타낸다.

표 1

	Molar ratio			PL intensity maximum wavelength (nm)	Photoluminescence Quantum Yield (%)
	Ga	P	Oleic acid		
실시예 1	1	0.5	0.55	520	35~40%
실시예 2	1	0.5	1.20	460	15~20%
실시예 3	1	0.5	2.40	400	15~20%
비교예 1	1	1	-	520	5~8%

[0093] 상기 표 1 및 도 3 내지 4에 나타난 바와 같이 본 발명의 양자점은 사용된 Oleic acid의 양에 따라 제조된 양자점의 발광피크가 400 내지 520 nm를 보임을 확인할 수 있었으며, 기존 방법으로 합성한 GaP양자점(10% 미만)에 비하여 현저히 향상된 우수한 광발광양자수율(photoluminescence Quantum yield)을 가짐을 확인할 수 있었다.

[0095] 또한 상기 실시예 4 내지 실시예6에서 제조된 양자점의 흡광도 및 Photoluminescence spectrum을 측정하여 도 5에 나타내었다. 도 5에 나타난 바와 같이 실시예 4내지 실시예 6에서 제조된 양자점의 경우 실시예 1 내지3의 양자점과는 다르게 두 개의 peak (460nm, 520nm)가 나타나는 것을 볼 수 있는데 이는 계면활성제의 부족에 따른 입자의 aggregation 에 의한 것임을 보여준다.

[0097] **Color conversion film을 제조**

[0098] 상기 실시예 1과 비교예 1에서 제조한 n-hexane에 분산된 green양자점을 Secure 8110 ultraviolet curing resin (Fotopolymer Pte Ltd.)과 vortexing 혼합 후 원형틀에 넣고 365nm의 UV light로 5분간 경화하여 각각 2wt%, 3wt%, 4wt%의 양자점을 포함한 color conversion film을 제조하였다.

[0100] **Color conversion efficiency 측정**

[0101] 상기 제조된 color conversion film을 LED chip tester ELT-1000(Ecopia Corporation)의 blue LED chip 위에 위치하여 EL spectrum을 측정하였다. color conversion efficiency(CCE)는 측정된 EL spectrum을 이용하여 하기 계산식 1을 통하여 계산하였다. 계산된 GaP의 color conversion efficiency(CCE)를 표 2에 나타내었다.

표 2

	GaP 함량 (wt%)	Color conversion Efficiency (%)
실시예 1	2wt%	11%
	3wt%	8%
	4wt%	5%
비교예 1	2wt%	2%

도 6는 제조한 film(GaP 2wt%)의 blue LED에 대한 color conversion EL spectrum이며, 도 7은 제조한 film의 blue LED에 대한 color conversion efficiency이다. 또한 표2에 도 7에 나타난 바와 같이 본 발명에 따른 양자점은 우수한 color conversion efficiency (CCE)를 나타냄을 확인할 수 있다.

[계산식 1]

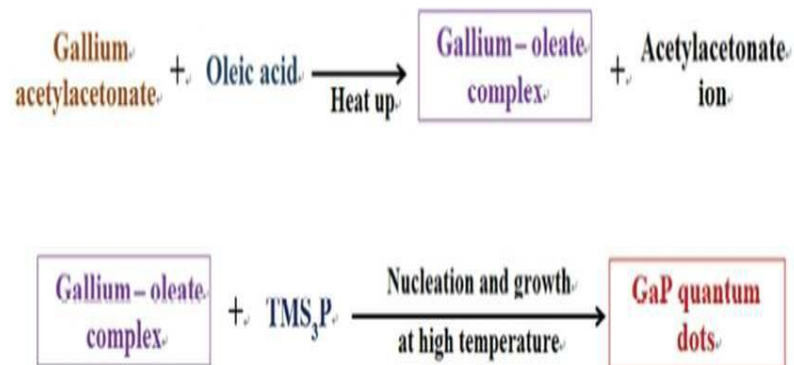
$$CCE = \frac{\text{conversion 으로 증가한 Quantum Dot 의 EL spectrum 의 면적}}{\text{conversion 으로 감소한 bare blue LED 의 EL spectrum 의 면적}} \times 100\%$$

[실시예 7] 내지 [실시예 10]

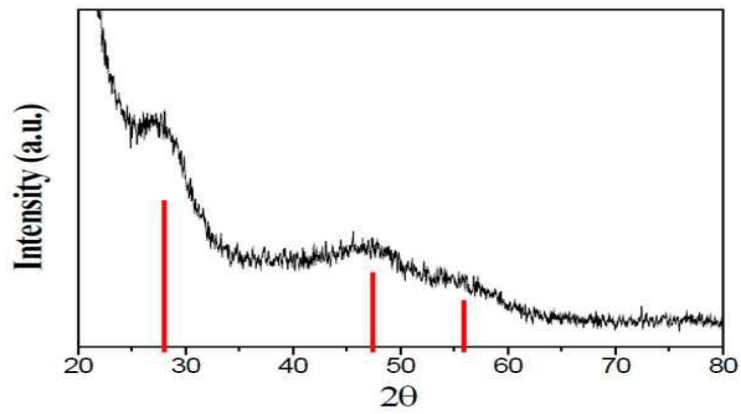
상기 실시예 1에서 사용된 Oleic acid을 대신하여 각각 lauric acid, palmitic acid, stearic acid, myristic acid을 0.55 mmole를 사용한 것을 제외하고는 상기 실시예 1과 동일한 방법으로 GaP 양자점을 합성하였으며, 그 결과 Oleic acid을 사용한 것과 대등한 물성을 가지는 GaP 양자점을 제조되었다.

도면

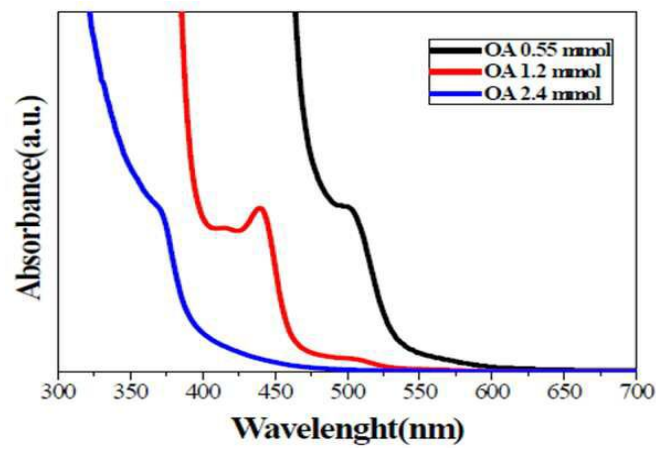
도면1



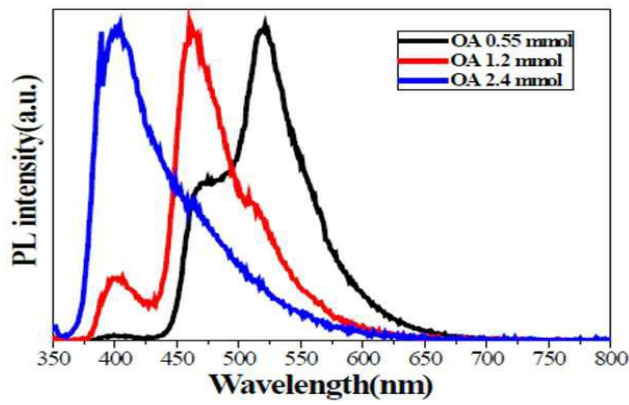
도면2



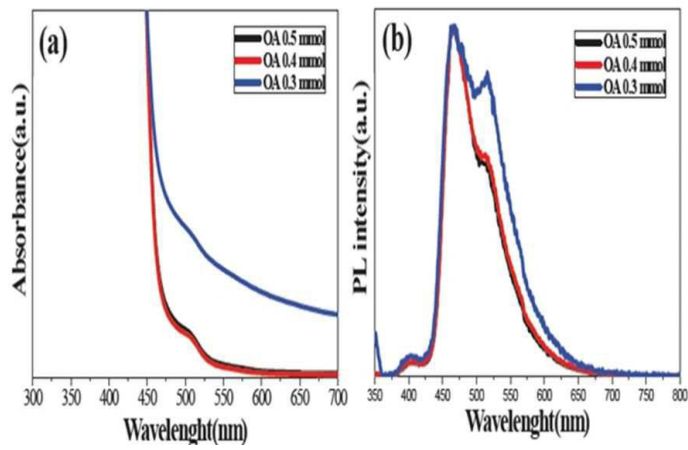
도면3



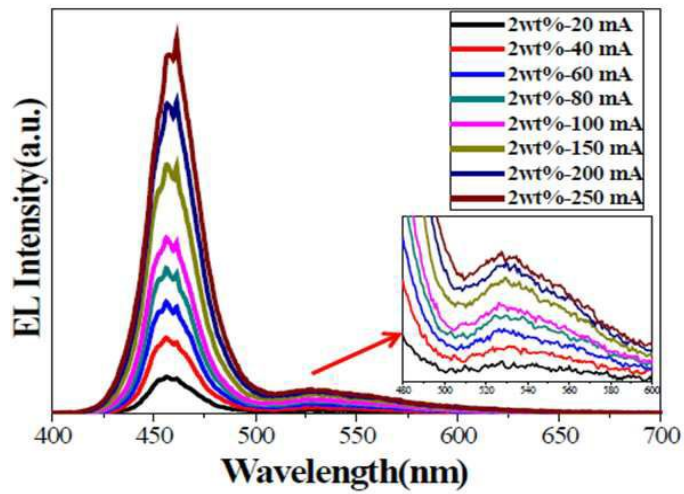
도면4



도면5



도면6



도면7

