



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2023-0035184
(43) 공개일자 2023년03월13일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C09K 11/77 (2006.01) H01L 33/50 (2010.01)
H05B 33/14 (2006.01)
(52) CPC특허분류
C09K 11/7703 (2013.01)
H01L 33/50 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2021-0117789
(22) 출원일자 2021년09월03일
심사청구일자 2021년09월03일

(71) 출원인
세종대학교산학협력단
서울특별시 광진구 능동로 209 (군자동, 세종대학교)
(72) 발명자
박경순
서울특별시 강남구 언주로 107, 212동 303호 (개포동, 현대2차아파트)
정건우
인천광역시 부평구 경원대로 1269 현대아파트 11동 104호
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
특허법인이상

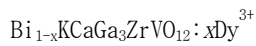
전체 청구항 수 : 총 8 항

(54) 발명의 명칭 Dy가 도핑된 가넷 결정 구조를 갖는 백색광 형광체

(57) 요약

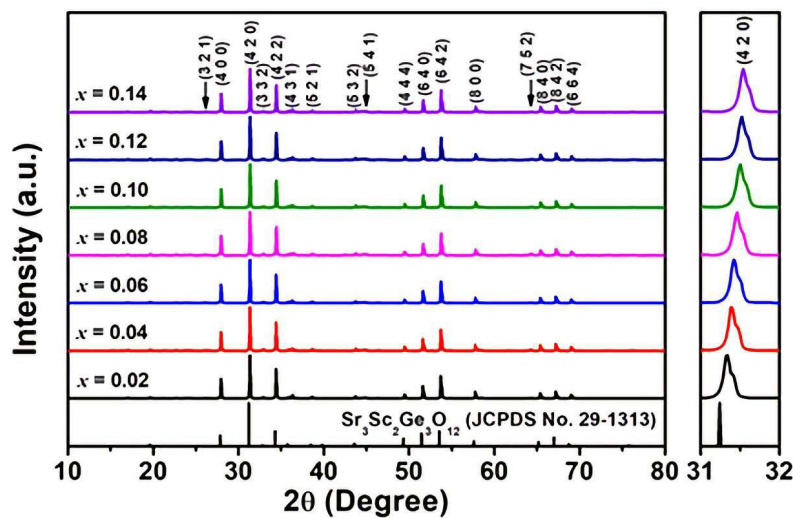
하기 화학식 1로 표시되는 가넷 결정구조를 갖는 형광체의 제조 및 발광특성을 제공한다.

[화학식 1]



상기 화학식 1에서, x는 0.02 내지 0.14이다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

H05B 33/14 (2013.01)

(72) 발명자

김동훈

서울특별시 도봉구 도당로 116, 101동 201호 (방학
동, 거성학마을아파트)

홍호용

인천광역시 미추홀구 인주대로306번길 18 가동 40
7호

권소연

서울특별시 광진구 광나루로13길 4 노아빌딩 402호

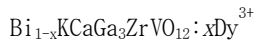
명세서

청구범위

청구항 1

하기 화학식 1로 표시되는 가넷 결정구조를 갖는 형광체:

[화학식 1]



상기 화학식 1에서, x는 0.02 내지 0.14이다.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 형광체는 입방정 구조를 갖고, 단일상을 갖는, 가넷 결정구조를 갖는 형광체.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 형광체는 Dy^{3+} 의 ${}^6\text{H}_{5/2} \rightarrow {}^4\text{I}_{15/2}$ 전이에 의해 여기되는, 가넷 결정구조를 갖는 형광체.

청구항 4

제1항 또는 제3항에 있어서,

상기 형광체는 Dy^{3+} 의 ${}^4\text{F}_{9/2} \rightarrow {}^6\text{H}_{15/2}$ 전이에 의한 청색 발광 피크와 ${}^4\text{F}_{9/2} \rightarrow {}^6\text{H}_{13/2}$ 전이에 의한 황색 발광 피크를 나타내는, 가넷 결정구조를 갖는 형광체.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 형광체는 Dy^{3+} 의 ${}^4\text{F}_{9/2} \rightarrow {}^6\text{H}_{13/2}$ 전이에 의한 황색 발광 피크의 강도가 ${}^4\text{F}_{9/2} \rightarrow {}^6\text{H}_{15/2}$ 전이에 의한 청색 발광 피크 대비 큰, 가넷 결정구조를 갖는 형광체.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 형광체에서 Dy^{3+} 이온이 비반전 대칭 자리에 위치하는, 가넷 결정구조를 갖는 형광체.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 화학식 1에서, x는 0.04 내지 0.1인, 가넷 결정구조를 갖는 형광체.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 화학식 1에서, x는 0.05 내지 0.08인, 가넷 결정구조를 갖는 형광체.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 형광체에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 가넷 구조를 갖는 형광체에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 형광체는 모체(host)와 활성제(activator)로 구성된다. 이러한 형광체는 여러 용도가 있으며 발광다이오드(Light Emitting Diode; LED)에서 주로 사용되고 있다.

[0003] 현재 LED용 상용 형광체는 가넷 구조의 $Y_3Al_5O_{12}:Ce^{3+}$ 이며, 이는 황색광을 방출하며, 청색 LED 칩과 조합하여 백색 LED를 구현할 수 있다. 백색 LED는 형광체의 발광 품질에 크게 의존하여 성능이 결정되므로, 백색 LED를 구현하기 위해서는 고품질의 형광체 제조가 중요하다.

선행기술문헌

특허문헌

[0004] (특허문헌 0001) 대한민국 공개특허공보 제2014-0124041호

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 본 발명이 해결하고자 하는 과제는, 발광특성이 우수한 가넷 결정구조를 갖는 형광체를 제공함에 있다.

과제의 해결 수단

[0006] 상기 기술적 과제를 이루기 위하여, 본 발명의 일 측면은 하기 화학식 1로 표시되는 가넷 결정구조를 갖는 형광체를 제공한다.

[0007] [화학식 1]

[0008] $Bi_{1-x}KCaGa_3ZrVO_{12}:xDy^{3+}$

[0009] 상기 화학식 1에서, x는 0.02 내지 0.14이다.

[0010] 상기 형광체는 입방정 구조를 갖고, 단일상을 가질 수 있다.

[0011] 상기 형광체는 Dy^{3+} 의 $^6H_{5/2} \rightarrow ^4I_{15/2}$ 전이에 의해 여기될 수 있다. 또한, 상기 형광체는 Dy^{3+} 의 $^4F_{9/2} \rightarrow ^6H_{15/2}$ 전이에 의한 청색 발광 피크와 $^4F_{9/2} \rightarrow ^6H_{13/2}$ 전이에 의한 황색 발광 피크를 나타낼 수 있다. 상기 형광체는 Dy^{3+} 의 $^4F_{9/2} \rightarrow ^6H_{13/2}$ 전이에 의한 황색 발광 피크의 강도가 $^4F_{9/2} \rightarrow ^6H_{15/2}$ 전이에 의한 청색 발광 피크 대비 클 수 있다. 상기 형광체에서 Dy^{3+} 이온이 비반전 대칭 자리에 위치할 수 있다.

[0012] 상기 화학식 1에서, x는 0.04 내지 0.1일 수 있다. 구체적으로, 상기 화학식 1에서, x는 0.05 내지 0.08일 수 있다.

발명의 효과

[0013] 본 발명에 따른 가넷 결정구조를 갖는 형광체는 새로운 조성을 갖고 우수한 발광특성을 나타낸다.

[0014] 본 발명의 기술적 효과들은 이상에서 언급한 것들로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 기술적 효과들은 아래의 기재로부터 당업자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

도면의 간단한 설명

- [0015] 도 1은 제조예로부터 얻어진 $\text{Bi}_{1-x}\text{KCaGa}_3\text{ZrVO}_{12}:x\text{Dy}^{3+}$ ($0.02 \leq x \leq 0.14$) 형광체의 XRD 회절 패턴을 나타낸다.
- 도 2a는 제조예로부터 얻어진 $\text{Bi}_{1-x}\text{KCaGa}_3\text{ZrVO}_{12}:x\text{Dy}^{3+}$ ($x=0, 0.06, 0.1$) 형광체의 UV-Vis 확산 반사 스펙트럼이고, 도 2b는 도 2a의 일부분을 확대하여 나타낸 스펙트럼이다.
- 도 3은 제조예로부터 얻어진 $\text{Bi}_{1-x}\text{KCaGa}_3\text{ZrVO}_{12}:x\text{Dy}^{3+}$ ($x=0, 0.06, 0.1$) 형광체에 대한 광자 에너지($h\nu$)와 $F(R)$ 의 관계 그래프이다.
- 도 4는 제조예에서 얻어진 $\text{Bi}_{1-x}\text{KCaGa}_3\text{ZrVO}_{12}:x\text{Dy}^{3+}$ ($0.02 \leq x \leq 0.14$) 형광체로부터 580nm 발광파장 하에서 얻은 여기파장의 강도를 나타낸 여기 스펙트럼이다.
- 도 5는 제조예에서 얻어진 $\text{Bi}_{1-x}\text{KCaGa}_3\text{ZrVO}_{12}:x\text{Dy}^{3+}$ ($0.02 \leq x \leq 0.14$) 형광체로부터 450nm의 여기파장 하에서 얻은 발광파장의 강도를 나타낸 발광 스펙트럼이다.
- 도 6a는 제조예에서 얻어진 $\text{Bi}_{1-x}\text{KCaGa}_3\text{ZrVO}_{12}:x\text{Dy}^{3+}$ ($0.02 \leq x \leq 0.14$) 형광체의 Dy^{3+} 농도에 따른 Dy^{3+} 이온의 두가지 전이에 의한 발광 강도 변화를 나타낸다.
- 도 6b는 제조예에서 얻어진 $\text{Bi}_{1-x}\text{KCaGa}_3\text{ZrVO}_{12}:x\text{Dy}^{3+}$ ($0.02 \leq x \leq 0.14$) 형광체의 Dy^{3+} 이온의 $^4\text{F}_{9/2} \rightarrow ^6\text{H}_{15/2}$ 전이에 의한 청색 발광의 강도(I_B)와 $^4\text{F}_{9/2} \rightarrow ^6\text{H}_{13/2}$ 전이에 의한 황색 발광의 강도(I_Y)의 비율(I_Y/I_B)을 나타낸 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0016] 본 발명은 다양한 변경을 가할 수 있고 여러 가지 실시예를 가질 수 있는 바, 특정 실시예들을 도면에 예시하고 상세하게 설명하고자 한다. 그러나, 이는 본 발명을 특정한 실시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다.
- [0017] 본 출원에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시예를 설명하기 위해 사용된 것으로, 본 발명을 한정하려는 의도가 아니다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 출원에서, "포함하다" 또는 "가지다" 등의 용어는 명세서상에 기재된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.
- [0018] 다르게 정의되지 않는 한, 기술적이거나 과학적인 용어를 포함해서 여기서 사용되는 모든 용어들은 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 일반적으로 이해되는 것과 동일한 의미를 가지고 있다. 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 것과 같은 용어들은 관련 기술의 문맥 상 가지는 의미와 일치하는 의미를 가진 것으로 해석되어야 하며, 본 출원에서 명백하게 정의하지 않는 한, 이상적이거나 과도하게 형식적인 의미로 해석되지 않는다.
- [0019] 이하, 첨부한 도면들을 참조하여, 본 발명의 바람직한 실시예를 보다 상세하게 설명하고자 한다. 본 발명을 설명함에 있어 전체적인 이해를 용이하게 하기 위하여 도면상의 동일한 구성요소에 대해서는 동일한 참조부호를 사용하고 동일한 구성요소에 대해서 중복된 설명은 생략한다.
- [0021] 본 발명의 일 측면은 하기 화학식 1로 표시되는 가넷 결정구조를 갖는 형광체를 제공한다.
- [0022] [화학식 1]
- [0023] $\text{Bi}_{1-x}\text{KCaGa}_3\text{ZrVO}_{12}:x\text{Dy}^{3+}$
- [0024] 상기 화학식 1에서, x는 0 초과 1 미만으로, 구체적으로는 0.01 내지 0.2 더 구체적으로는 0.02 내지 0.14이다.
- [0025] 가넷 결정 구조는 일반적으로 $\text{X}_3\text{Y}_2\text{Z}_3\text{O}_{12}$ 의 구조식을 갖는 구조로서, 여기서, X는 십이면체 자리(dodecahedral

site), Y는 팔면체 자리(octahedral site), Z는 사면체 자리(tetrahedral site)를 의미한다. 상기 화학식 1로 나타낸 형광체에서 X에 해당하는 원소는 Bi, K, 및 Ca이고, Y에 해당하는 원소는 Ga이며, Z에 해당하는 원소는 Ga, Zr, 및 V일 수 있다. 상기 Bi는 +3의 원자가를 갖고, K는 +1의 원자가를 갖고, Ca는 +2의 원자가를 갖고, Ga는 +3의 원자가를 갖고, Zr는 +4의 원자가를 갖고, V는 +5의 원자가를 가질 수 있다.

[0026] 상기 화학식 1로 나타낸 가넷 결정구조를 갖는 형광체는 입방정 구조를 갖고, 단일상을 가질 수 있다.

[0028] 상기 화학식 1로 나타낸 가넷 결정구조를 갖는 형광체는 Dy^{3+} 의 ${}^6H_{5/2} \rightarrow {}^4I_{15/2}$ 전이에 의해 에너지를 흡수할 수 있다. 구체적으로, 약 450 nm에서 가장 큰 강도를 가지는 여기 피크를 나타낼 수 있다. 또한, 450 nm를 여기광으로 하였을 때, Dy^{3+} 의 ${}^4F_{9/2} \rightarrow {}^6H_{15/2}$ 전이에 의한 청색(약 480 nm) 발광 피크와 ${}^4F_{9/2} \rightarrow {}^6H_{13/2}$ 전이에 의한 황색(약 580 nm) 발광 피크가 관찰될 수 있다. 또한, ${}^4F_{9/2} \rightarrow {}^6H_{13/2}$ 전이에 의한 황색(약 580 nm) 발광 피크의 강도가 ${}^4F_{9/2} \rightarrow {}^6H_{15/2}$ 전이에 의한 청색(약 480 nm) 발광 피크 대비 클 수 있다. 이는 Dy^{3+} 이온이 비반전 대칭 자리에 위치하는 것을 의미할 수 있다. Dy^{3+} 이온의 ${}^4F_{9/2} \rightarrow {}^6H_{15/2}$ 전이에 의한 청색 발광의 강도(I_B)와 ${}^4F_{9/2} \rightarrow {}^6H_{13/2}$ 전이에 의한 황색 발광의 강도(I_Y)의 비율(I_Y/I_B)은 0.02 내지 0.1일 때 약 0.18 이상으로 우수하며, 나아가 약 0.05 내지 0.08일 때 약 0.19 이상으로 더 우수할 수 있다.

[0029] 상기 화학식 1로 나타낸 가넷 결정구조를 갖는 형광체는 청색광을 여기원으로 하였을 때 발광을 할 수 있다. 청색 여기원은 일 예로서, GaN계 청색 발광다이오드일 수 있다.

[0031] 상기 화학식 1로 나타낸 가넷 결정구조를 갖는 형광체는 고상법을 통해 제조할 수 있다. 구체적으로, 각 금속원소의 전구체를 분말을 각 조성에 맞게 칭량 및 혼합할 수 있다. 혼합한 출발원료 분말을 알루미늄 도가니에 넣고, 이를 전기로에서 500-800 °C까지 승온한 후, 이 온도에서 5-10시간 동안 하소할 수 있다. 이를 전기로에서 1,000-1,500 °C까지 승온한 후, 이 온도에서 10-24 시간 동안 소둔할 수 있다. 소둔이 끝난 시편을 분쇄하여 $Bi_{1-x}KCaGa_3ZrVO_{12}:xDy^{3+}$ 형광체를 제조할 수 있다.

[0033] 이하, 본 발명의 이해를 돕기 위하여 바람직한 실험예를 제시한다. 다만, 하기의 실험예는 본 발명의 이해를 돕기 위한 것일 뿐, 본 발명이 하기의 실험예에 의해 한정되는 것은 아니다.

[0035] 가넷 구조 형광체의 제조예

[0036] $Bi_{1-x}KCaGa_3ZrVO_{12}:xDy^{3+}$ ($0.02 \leq x \leq 0.14$) 형광체를 고상법 공정을 통해 제조하였다. 상기 공정에서 사용된 출발 물질은 다음과 같다: Bi_2O_3 (High Purity Chemical, 99.99%), K_2CO_3 (High Purity Chemical, 99%), $CaCO_3$ (High Purity Chemical, 99%), Ga_2O_3 (High Purity Chemical, 99.9%), ZrO_2 (High Purity Chemical, 98%), NH_4VO_3 (High Purity Chemical, 99%), Dy_2O_3 (High Purity Chemical, 99.9%). 적당량의 상기 출발 물질이 칭량 후 혼합되었고, 상기 혼합된 분말은 알루미늄 도가니로 옮겨져 전기로에서 600 °C까지 승온하였고 이 온도에서 5시간 동안 하소하였다. 이후 전기로에서 1,200 °C까지 승온하였고, 이 온도에서 18 시간 동안 소둔하였다. 소둔이 끝난 시편을 유발과 막자로 분쇄하여 $Bi_{1-x}KCaGa_3ZrVO_{12}:xDy^{3+}$ ($0.02 \leq x \leq 0.14$) 형광체를 제조하였다.

[0038] 도 1은 제조예로부터 얻어진 $Bi_{1-x}KCaGa_3ZrVO_{12}:xDy^{3+}$ ($0.02 \leq x \leq 0.14$) 형광체의 XRD 회절 패턴을 나타낸다.

[0039] 도 1을 참조하면, $Bi_{1-x}KCaGa_3ZrVO_{12}:xDy^{3+}$ ($0.02 \leq x \leq 0.14$) 형광체의 회절 패턴과 가넷구조 $Sr_3Sc_2Ge_3O_{12}$ 의 표

준 XRD 회절 패턴(JCPDS No. 29-1313)을 비교한 결과, 서로 잘 일치하는 것을 볼 수 있다. $\text{Bi}_{1-x}\text{KCaGa}_3\text{ZrVO}_{12}:x\text{Dy}^{3+}$ ($0.02 \leq x \leq 0.14$) 형광체는 단일 상을 형성하였으며, 입방정 가넷 결정구조를 가지는 것을 알 수 있다. Dy^{3+} 농도가 증가할 때 $\text{Bi}_{1-x}\text{KCaGa}_3\text{ZrVO}_{12}:x\text{Dy}^{3+}$ ($0.02 \leq x \leq 0.14$) 형광체의 모든 회절 피크는 고각에 위치하는 것을 볼 수 있다. 이는 Dy^{3+} 의 이온 반경(1.027 Å, CN = 8)이 Bi^{3+} 의 이온 반경(1.17 Å, CN = 8)보다 작기 때문으로 추정되었다.

[0041] 도 2a는 제조예로부터 얻어진 $\text{Bi}_{1-x}\text{KCaGa}_3\text{ZrVO}_{12}:x\text{Dy}^{3+}$ ($x=0, 0.06, 0.1$)형광체의 UV-Vis 확산 반사 스펙트럼이고, 도 2b는 도 2a의 일부분을 확대하여 나타낸 스펙트럼이다.

[0042] 도 2a 및 도 2b를 참조하면, Dy^{3+} 이온이 도핑된 시편($x=0.06, 0.1$)의 경우, 753와 799 nm 파장에서 흡수 피크가 관찰되었다. 이들 피크는 각각 Dy^{3+} 이온의 ${}^6\text{H}_{15/2} \rightarrow {}^6\text{F}_{3/2}$ 와 ${}^6\text{H}_{15/2} \rightarrow {}^6\text{F}_{5/2}$ 전이 때문이다. 이들 흡수 피크 이외에 440-500 nm 파장에서 매우 낮은 강도를 가지는 흡수 피크가 관찰되었으며, 이는 Dy^{3+} 의 ${}^6\text{H}_{15/2} \rightarrow {}^4\text{G}_{11/2}$ (447 nm), ${}^6\text{H}_{15/2} \rightarrow {}^4\text{I}_{15/2}$ (455 nm) 및 ${}^6\text{H}_{15/2} \rightarrow {}^4\text{F}_{9/2}$ (476 nm) 전이에 의한 흡수 피크에 해당한다.

[0043] 또한, Dy^{3+} 농도가 0.10까지 증가할 때 Dy^{3+} 의 흡수 피크 강도가 증가하는 것을 볼 수 있다. 모든 시편은 300-400 nm 파장에서 매우 높은 에너지 흡수를 보였으며, 이는 $\text{Bi}_{1-x}\text{KCaGa}_3\text{ZrVO}_{12}:x\text{Dy}^{3+}$ ($0 \leq x \leq 0.10$) 시편에 있는 $(\text{VO}_4)^{3-}$ 이온 때문으로 추정되었다. 400-500 nm 파장에서 에너지 흡수가 급격히 감소하고, 500-800 nm 파장에서 에너지 흡수가 서서히 감소하고 있다.

[0045] 도 3은 제조예로부터 얻어진 $\text{Bi}_{1-x}\text{KCaGa}_3\text{ZrVO}_{12}:x\text{Dy}^{3+}$ ($x=0, 0.06, 0.1$)형광체에 대한 광자 에너지($h\nu$)와 $F(R)$ 의 관계 그래프이다. 이 그래프는 하기 수학식 1을 이용하여 얻었다.

[0046] [수학식 1]

$$F(R) = \frac{(1-R)^2}{2R} \approx \alpha$$

[0047]

[0048] 수학식 1에서, $F(R)$ 은 Kubelka-Munk 함수이고, R 은 확산반사도이고, α 는 흡수계수이다.

[0049] 도 3을 참조하면, $\text{Bi}_{1-x}\text{KCaGa}_3\text{ZrVO}_{12}:x\text{Dy}^{3+}$ ($x=0, 0.06, 0.1$) 형광체의 에너지 밴드갭은 2.65 eV($x=0$), 2.63 eV($x=0.06$) 및 2.60 eV($x=0.1$)인 것을 알 수 있다.

[0051] 도 4는 제조예에서 얻어진 $\text{Bi}_{1-x}\text{KCaGa}_3\text{ZrVO}_{12}:x\text{Dy}^{3+}$ ($0.02 \leq x \leq 0.14$) 형광체로부터 580nm 발광파장 하에서 얻은 여기파장의 강도를 나타낸 여기 스펙트럼이다.

[0052] 도 4를 참조하면, 300-420 nm 파장에서 넓은 폭의 여기 피크를 볼 수 있다. 이 여기 피크는 모체에 있는 $(\text{VO}_4)^{3-}$ 이온의 에너지 흡수로 인해 생성된 것이며, 이 여기 피크 이외에 Dy^{3+} 의 ${}^6\text{H}_{15/2} \rightarrow {}^4\text{I}_{9/2}$, ${}^6\text{H}_{15/2} \rightarrow {}^6\text{P}_{7/2}$, ${}^6\text{H}_{15/2} \rightarrow {}^6\text{P}_{5/2}$ 및 ${}^6\text{H}_{15/2} \rightarrow {}^4\text{F}_{7/2}$ 전이 때문에 334, 355, 368 및 388 nm 파장에서 여기 피크가 관찰되었다. 이 결과로부터 $(\text{VO}_4)^{3-}$ 이온에 의한 여기 피크와 Dy^{3+} 에 의한 여기 피크가 300-420 nm 파장에서 중첩되어 있는 것을 알 수 있다. 420-500 nm 파장에서는 Dy^{3+} 의 ${}^6\text{H}_{15/2} \rightarrow {}^4\text{G}_{11/2}$, ${}^6\text{H}_{15/2} \rightarrow {}^4\text{I}_{15/2}$ 및 ${}^6\text{H}_{15/2} \rightarrow {}^4\text{F}_{9/2}$ 전이 때문에 429, 450 및 476 nm

파장에서 여기 피크가 관찰되었다. Dy^{3+} 의 전이에 의한 여기 피크 중 ${}^6H_{5/2} \rightarrow {}^4I_{15/2}$ 전이(450 nm)에 의한 여기 피크가 가장 큰 강도를 보였다. 이는 GaN계 청색 LED의 발광 파장(~ 460 nm)에 근접하므로, GaN계 청색 LED를 $Bi_{1-x}KCaGa_3ZrVO_{12}:xDy^{3+}$ ($0.02 \leq x \leq 0.14$) 형광체의 여기 원으로 사용 가능할 것으로 추정되었다.

[0054] 도 5는 제조예에서 얻어진 $Bi_{1-x}KCaGa_3ZrVO_{12}:xDy^{3+}$ ($0.02 \leq x \leq 0.14$) 형광체의 발광 스펙트럼이다. 이 발광 스펙트럼은 450 nm 파장을 여기 원으로 하여 얻어졌다.

[0055] 도 5를 참조하면, Dy^{3+} 이온의 주변 환경이 반전 대칭성을 가질 때 자기 쌍극자 ${}^4F_{9/2} \rightarrow {}^6H_{15/2}$ 전이에 의해 청색 발광 피크의 강도가 증가하며, Dy^{3+} 이온의 주변 환경이 비반전 대칭성을 가질 때 전기 쌍극자 ${}^4F_{9/2} \rightarrow {}^6H_{13/2}$ 전이에 의해 황색 발광 피크의 강도가 증가하게 된다. 도 5에서 자기 쌍극자 ${}^4F_{9/2} \rightarrow {}^6H_{15/2}$ 전이에 의한 청색(480 nm) 발광 피크의 강도가 전기 쌍극자 ${}^4F_{9/2} \rightarrow {}^6H_{13/2}$ 전이에 의한 황색(580 nm) 발광 피크의 강도보다 작은 것을 볼 수 있으며, 이는 Dy^{3+} 이온이 비반전 대칭 자리에 위치하기 때문이라고 추정되었다.

[0057] 도 6a는 제조예에서 얻어진 $Bi_{1-x}KCaGa_3ZrVO_{12}:xDy^{3+}$ ($0.02 \leq x \leq 0.14$) 형광체의 Dy^{3+} 농도에 따른 Dy^{3+} 이온의 두가지 전이에 의한 발광 강도 변화를 나타낸다.

[0058] 도 6a를 참조하면, Dy^{3+} 농도가 0.06까지 증가함에 따라 두 발광 피크의 강도가 증가하는 것을 볼 수 있으며, 그 이상의 Dy^{3+} 농도에서 Dy^{3+} 농도가 증가함에 따라 두 발광 피크의 강도가 점차 감소하는 것을 볼 수 있다.

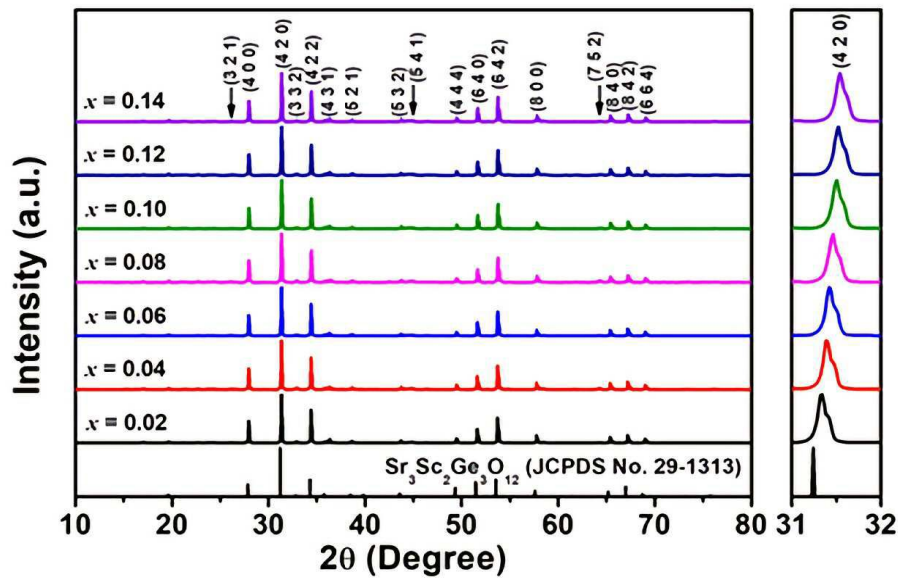
[0060] 도 6b는 제조예에서 얻어진 $Bi_{1-x}KCaGa_3ZrVO_{12}:xDy^{3+}$ ($0.02 \leq x \leq 0.14$) 형광체의 Dy^{3+} 이온의 ${}^4F_{9/2} \rightarrow {}^6H_{15/2}$ 전이에 의한 청색 발광의 강도(I_B)와 ${}^4F_{9/2} \rightarrow {}^6H_{13/2}$ 전이에 의한 황색 발광의 강도(I_Y)의 비율(I_Y/I_B)을 나타낸 그래프이다.

[0061] 도 6b를 참조하면, I_Y/I_B 의 값은 1.64에서 2.00 범위에 있는 것을 볼 수 있다. Dy^{3+} 농도가 0.06까지 증가함에 따라서 I_Y/I_B 값은 증가하였고, 그 이상의 Dy^{3+} 농도에서는 감소하였다. 이것은 Dy^{3+} 농도가 0.06 이하일 때, 청색 발광 강도의 증가보다 황색 발광 강도의 증가가 더 크기 때문이며, 그 이상의 농도에서는 청색 발광 강도의 감소보다 황색 발광 강도의 감소가 크기 때문이다. Dy^{3+} 농도에 따른 I_Y/I_B 값의 변화는 1931 CIE 색 좌표(x, y)에 영향을 미칠 수 있다.

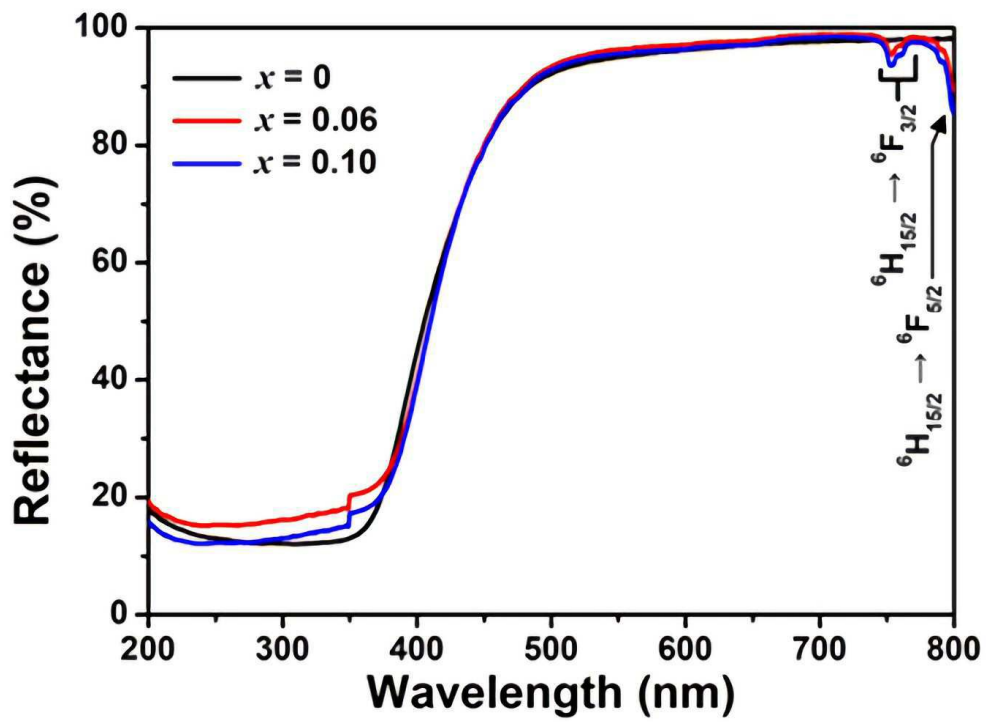
[0063] 이상과 같이 본 발명은 비록 한정된 실시예와 도면에 의해 설명되었으나, 본 발명은 상기의 실시예에 한정되는 것은 아니며, 본 발명이 속하는 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 이러한 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다.

도면

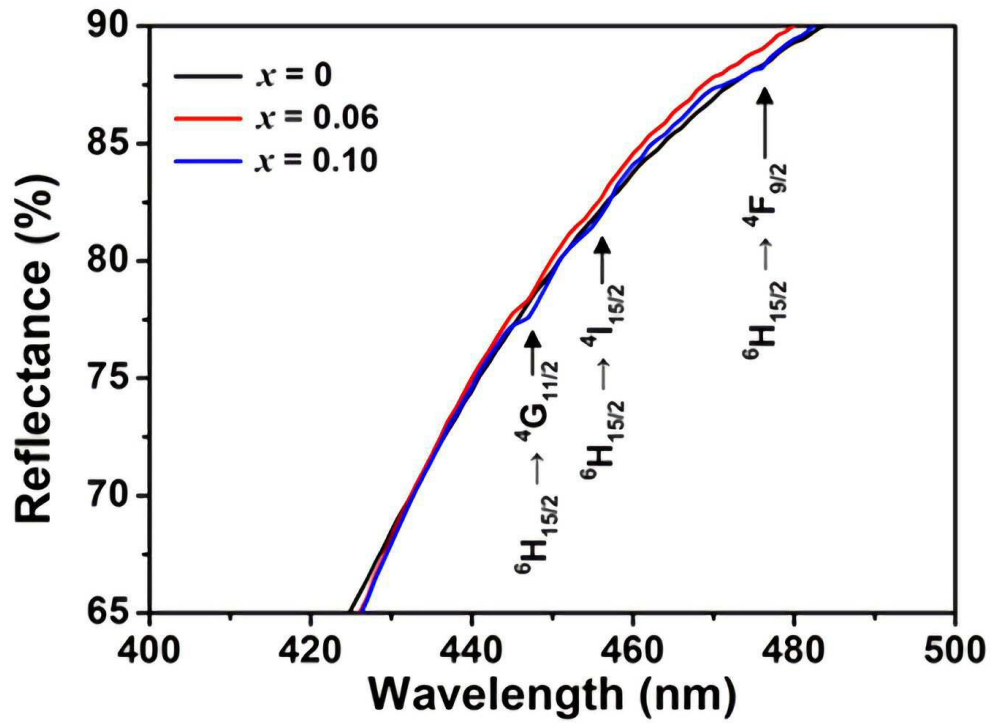
도면1



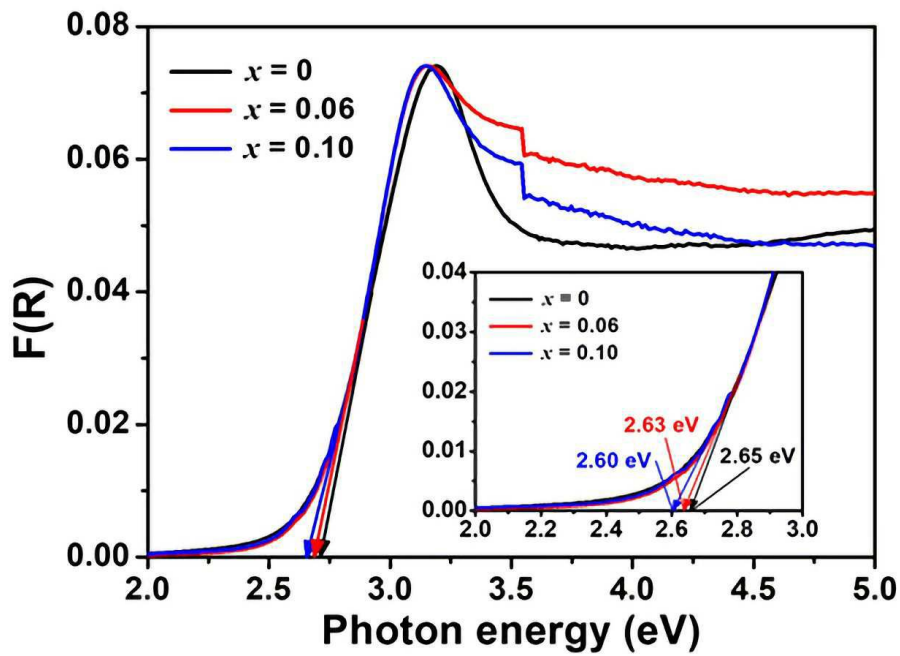
도면2a



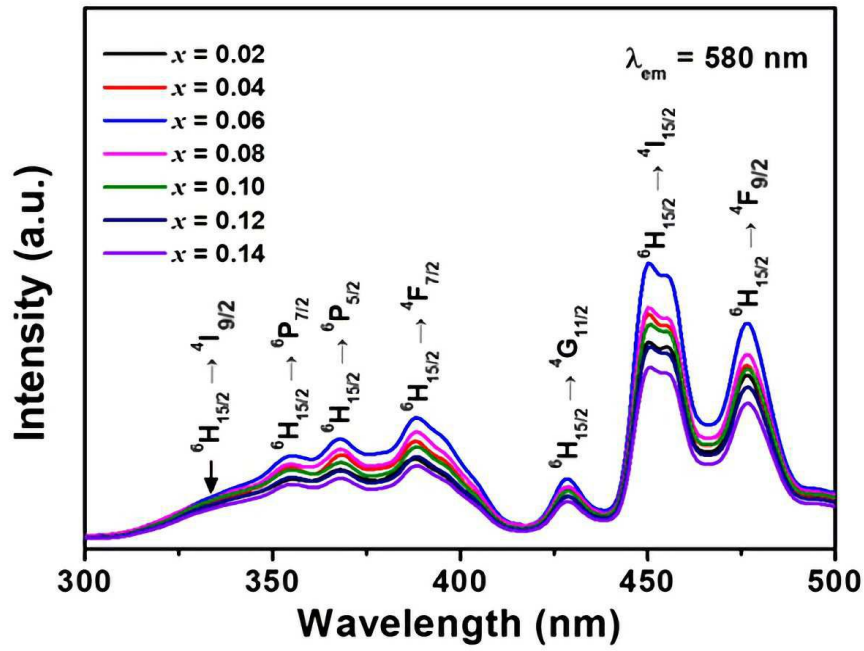
도면2b



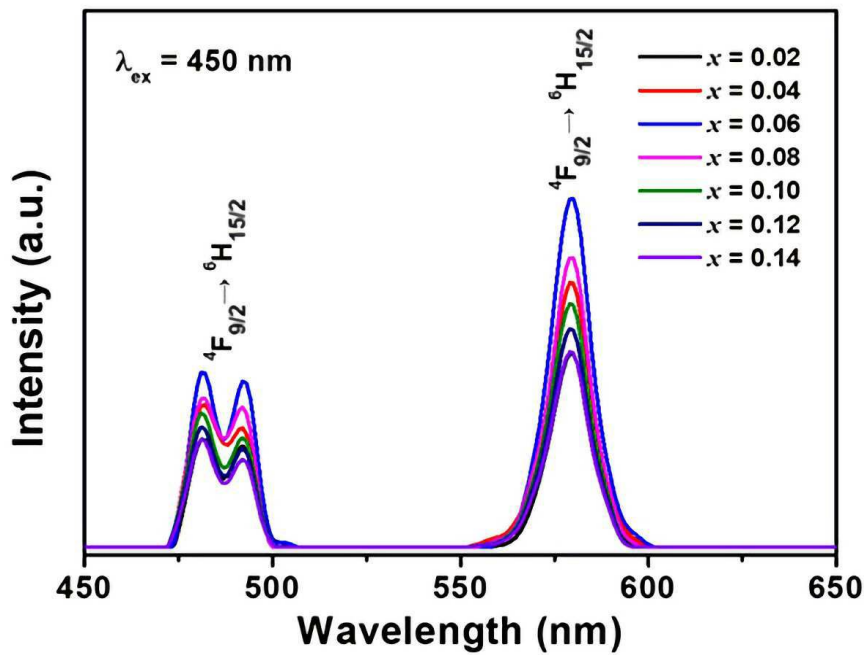
도면3



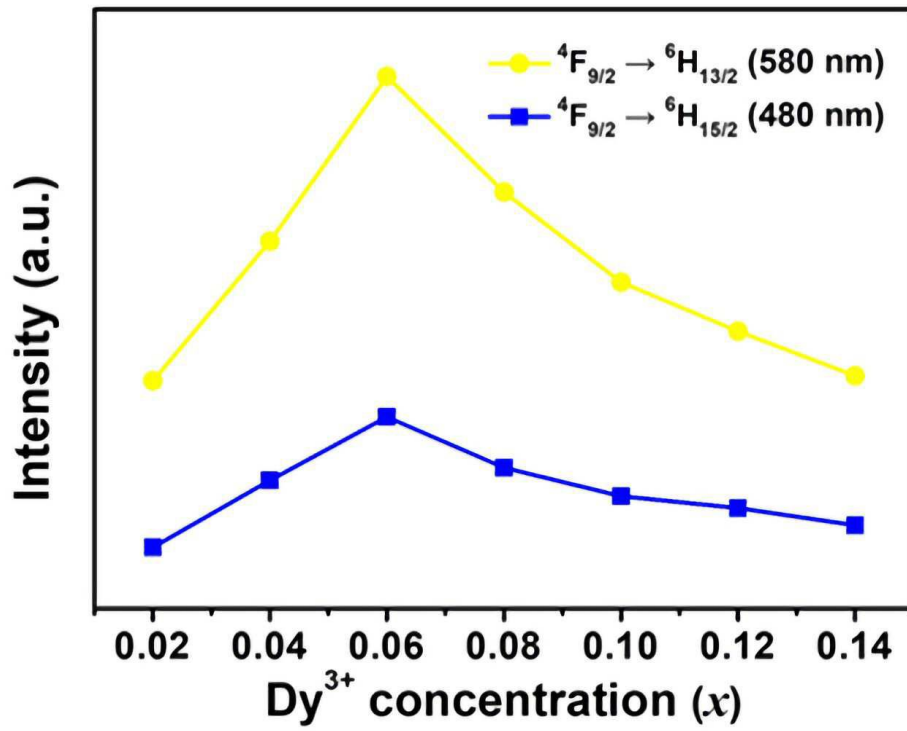
도면4



도면5



도면6a



도면6b

