(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2009-0087580
(43) 공개일자 2009년08월18일

(51) Int. Cl.
C09K 11/80 (2006.01) *C09K 11/77* (2006.01)
(21) 출원번호 10-2008-0012899
(22) 출원일자 2008년02월13일
심사청구일자 2008년02월13일

(71) 출원인
부경대학교 산학협력단
부산 남구 용당동 산 100번지 부경대학교내
(72) 발명자
문병기
부산 금정구 구서동 선경3차아파트 307-1503
정중현
부산 수영구 광안2동 SK뷰아파트 103-2202
(74) 대리인
최한수

전체 청구항 수 : 총 11 항

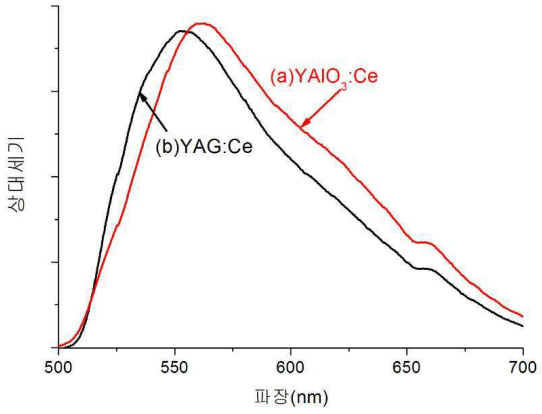
(54) 이트륨알루미늄페로브스카이트(와이에이피)계 형광체 및그의 제조방법

(57) 요 약

본 발명은 청색 LED와 함께 사용되어 백색 LED를 구현하기 위한 황색 형광체에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 입방정계가 전체 화합물의 60% 이상을 차지하는 이트륨알루미늄페로브스카이트(YAP)계 황색 형광체로서 종래의 YAG 형광체보다 형광효율이 우수하고, 색지수가 높으며, 색온도가 낮은 새로운 형광물질에 관한 것이다.

본 발명에서는 황색 형광체로서 입방정계가 전체 화합물의 60% 이상을 차지하는 결정상을 가지는 것을 특징으로 하는 이트륨알루미늄페로브스카이트계 (YAP)계 형광체와 그를 이용한 백색 LED를 제공하며, 그러한 형광체의 제조방법으로서 (a) Y의 전구체, Al의 전구체 및 Ce의 전구체를 용매에 녹이고 150~250 ℃의 온도 범위에서 가열하여 반응 침전물을 형성한 후 침전물을 분리하여 건조하는 전구체의 반응단계, (b) 상기 건조된 반응물을 800~1100 ℃의 온도범위에서 열처리하여 결정화하는 열처리단계 및 (c) 상기 열처리단계에서 산화된 Ce^{4+} 이온을 800~1300 ℃의 온도범위에서 Ce^{3+} 이온으로 환원시키는 환원처리단계를 포함하여 이루어지는 것을 특징으로 하는 이트륨알루미늄페로브스카이트계(YAP)계 형광체의 제조방법을 제공한다.

대 표 도 - 도5



특허청구의 범위

청구항 1

황색 형광체로서 입방정계가 전체 화합물의 60% 이상을 차지하는 결정상을 가지는 것을 특징으로 하는 이트륨알루미늄페로브스카이트계($YAlO_3$,YAP)계 형광체.

청구항 2

제 1항에 있어서,

상기 이트륨알루미늄페로브스카이트계 형광체는 하기의 <화학식 1>로 표시되는 물질인 것을 특징으로 하는 이트륨알루미늄페로브스카이트계 형광체.

<화학식 1>

$(Y_{1-x}Re_x)(Al_{1-y}Tr_y)O_3 : Ce^{3+}, M_z$

(여기서, Re는 Gd, La, Sm, Tb, Pr, Dy, Eu 을 포함하여 구성되는 희토류 원소 그룹에서 선택된 어느 하나이고, Tr는 Ga, In, Sc, Cr을 포함하여 구성되는 천이원소 그룹에서 선택된 어느 하나이며, M은 노란색 영역과 적색영역에서 형광을 방출하는 희토류원소 또는 천이원소로서 Tb, Sm, Dy, Cr 을 포함하여 구성되는 그룹에서 선택된 어느 하나이며, $0<x<1$, $0.001<y<0.2$, $0.001<z<0.1$ 이다.)

청구항 3

제 1항 또는 제 2항에 있어서,

형광흡수파장이 420~500 nm 영역에 있고, 형광흡수의 피크파장이 430~495 nm의 범위에 있는 것을 특징으로 하는 이트륨알루미늄페로브스카이트계 형광체.

청구항 4

제 1항 또는 제 2항에 있어서,

형광체 입자의 크기가 20~70 nm 인 것을 특징으로 이트륨알루미늄페로브스카이트계 형광체.

청구항 5

제 1항 또는 제 2항에 있어서,

470 nm의 광으로 여기 하였을 때 형광의 발광영역이 470~700 nm 의 파장영역에 이르며, 형광의 발광영역의 피크가 500~650 nm 범위 내인 것을 특징으로 하는 이트륨알루미늄페로브스카이트계 형광체.

청구항 6

제 1항 또는 제 2항의 이트륨알루미늄페로브스카이트계 형광체와 청색 LED를 사용하여 형성되는 것을 특징으로 하는 백색 발광 LED.

청구항 7

제 6항에 있어서,

상기 청색 LED는 발광 피크의 파장이 450~470 nm 인 것을 특징으로 하는 백색 발광 LED.

청구항 8

이트륨알루미늄페로브스카이트($YAlO_3$:Ce, YAP)계 형광체를 제조하는 방법에 있어서,

(a) Y의 전구체, Al의 전구체 및 Ce의 전구체를 용매에 녹이고 150~250 ℃의 온도 범위에서 가열하여 반응 침전물을 형성한 후 침전물을 분리하여 건조하는 전구체의 반응단계;

(b) 상기 건조된 반응물을 800~1100 ℃의 온도범위에서 열처리하여 결정화하는 열처리단계; 및

(c) 상기 열처리단계에서 산화된 Ce^{4+} 이온을 800~1300 ℃의 온도범위에서 Ce^{3+} 이온으로 환원시키는 환원처리단계를

포함하여 이루어지는 것을 특징으로 하는 이트륨알루미늄페로브스카이트계($YAlO_3$:Ce, YAP)계 형광체의 제조방법.

청구항 9

제 8항에 있어서,

상기 Y의 전구체는 이트륨 무기염 또는 이트륨 유기염 중에서 선택되며,

상기 Al의 전구체는 알루미늄알콕사이드 중에서 선택되며,

상기 Ce의 전구체는 세륨 무기염 또는 세륨 유기염 중에서 선택되는 것을 특징으로 하는 이트륨알루미늄페로브스카이트계 형광체의 제조방법.

청구항 10

화학식 $(Y_{1-x}Re_x)(Al_{1-y}Tr_y)O_3 : Ce^{3+}, M_z$ 로 표시되는 이트륨알루미늄페로브스카이트계 형광체의 제조방법으로서,

(a) Y 및 Re의 전구체들 중에서 선택되는 적어도 하나 이상의 전구체와, Al 및 Tr의 전구체들 중에서 선택되는 적어도 하나 이상의 전구체와, Ce의 전구체를 용매에 녹이고 150~250 ℃의 온도 범위에서 가열하여 반응 침전물을 형성한 후 침전물을 분리하여 건조하는 전구체의 반응단계;

(b) 상기 건조된 반응물을 800~1100 ℃의 온도범위에서 열처리하여 결정화하는 열처리단계; 및

(c) 상기 열처리단계에서 산화된 Ce^{4+} 이온을 800~1300 ℃의 온도범위에서 Ce^{3+} 이온으로 환원시키는 환원처리단계를 포함하여 이루어지되,

상기 화학식에서 Re는 Gd, La, Sm, Tb, Pr, Dy, Eu 을 포함하여 구성되는 희토류 원소 그룹에서 선택된 어느 하나이고, Tr는 Ga, In, Sc, Cr을 포함하여 구성되는 천이원소 그룹에서 선택된 어느 하나이며, M은 노란색 영역과 적색영역에서 형광을 방출하는 희토류원소 또는 천이원소로서 Tb, Sm, Dy, Cr 을 포함하여 구성되는 그룹에서 선택된 어느 하나이며, $0<x<1$, $0.001<y<0.2$, $0.001<z<0.1$

인 것을 특징으로 하는 이트륨알루미늄페로브스카이트계 형광체의 제조방법.

청구항 11

제 10항에 있어서,

상기 Y의 전구체는 이트륨 무기염 또는 이트륨 유기염 중에서 선택되며,

상기 Al의 전구체는 알루미늄알콕사이드 중에서 선택되며,

상기 Ce의 전구체는 세륨 무기염 또는 세륨 유기염 중에서 선택되며,

상기 Re의 전구체는 Gd, La, Sm, Tb, Pr, Dy, Eu 을 포함하여 구성되는 희토류 원소 그룹에서 선택된 어느 하나의 무기염 또는 유기염 중에서 선택되며,

상기 Tr의 전구체는 Ga, In, Sc, Cr을 포함하여 구성되는 천이원소 그룹에서 선택된 어느 하나의 무기염 또는 유기염 중에서 선택되며,

상기 M의 전구체는 노란색 영역과 적색영역에서 형광을 방출하는 희토류원소 또는 천이원소 그룹에서 선택되는 어느 하나의 무기염 또는 유기염 중에서 선택되는 것을 특징으로 하는 이트륨알루미늄페로브스카이트계 형광체의 제조방법.

명 세 서

발명의 상세한 설명

기 술 분 야

<1> 본 발명은 발광다이오드(LED, Light Emitting Diode)의 형광체에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 종래보다 색지수, 색온도 및 발광 특성이 획기적으로 개선된 백색 LED 용 황색 형광체 및 그 제조방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

<2> 발광 다이오드(LED)란 갈륨비소 등의 화합물에 전류를 흘려 빛을 발산하는 반도체소자의 일종으로서 각종 전자기기의 깜박이는 작은 불빛, 대형 전광판, TV 리모컨 등에 사용된다. 이러한 LED는 전력소비가 백열전구의 약 20%에 불과한데다 수명이 10만시간(형광등의 100배)에 달해 한 번 설치하면 교체나 유지보수가 거의 필요 없다는 장점이 있다. 현재 주목받고 있는 고휘도 LED는 청색 LED와 백색 LED가 있는데, 청색 LED는 휴대폰 키패드 및 LCD 액정표시장치의 백라이드(backlight) 광원으로 사용되고 있다. 또한, 백색 LED는 실내 조명기구로 사용이 가능한 것으로 일본의 니치아, 미국의 HP, 독일의 오스람이 생산하고 있다. 백색 LED는 기존의 광원에 비하여 극소형으로 소비전력이 적고 수명이 반영구적이며 예열시간이 없어 빠른 응답속도를 가질 뿐만 아니라 자외선과 같은 유해파 방출이 적고, 수은 및 방전용 가스를 사용하지 않아 환경 친화적인 조명 광원으로 기대되고 있다.

<3> 흰빛을 내는 백색 LED를 구현하는 방법으로는 청색 또는 자색 LED 칩에 형광물질을 결합하여 백색을 얻는 단일 칩 방법과 서로 보색관계에 있는 2개의 LED를 결합하거나 몇 개의 LED 칩을 조합하여 백색을 얻는 멀티칩 방법이 있다. 후자의 방법으로 백색광을 구현하는 경우 발광소자(LED)의 색조나 휘도 등의 분산으로 인하여 원하는 백색을 발생시키기 어렵다는 문제가 있으며, 또한 발광소자가 각각 상이한 재료로 형성되는 경우 각 발광소자의 구동전력 등이 달라 각각의 소자에 소정의 전압을 인가할 필요가 있어 구동회로가 복잡하게 된다는 문제가 있다. 그리고 발광소자가 반도체 발광소자이므로 각각의 온도특성 및 시간 경과에 따른 변화가 달라 색조가 사용환경에 따라 변화하거나 각 발광소자에 의해서 발생하는 광을 균일하게 혼색시킬 수 없어 색 얼룩이 생기는 등 문제가 있다.

<4> 전술한 멀티 칩 방식의 백색광 구현방법의 문제점을 해결하기 위하여 일본의 니치아사에 의하여 일본 특허청에 출원된 특개평 5-152609호, 특개평 7-99345호, 특개평 7-176794호 등에서는 발광소자로서 청색계 발광이 가능한 발광소자를 이용하고 이러한 발광소자에 그 발광을 흡수하여 황색계 광을 발광시키는 수지를 몰딩함으로써 백색계 광을 발광시킬수 있는 백색 LED 구현 기술을 개시하고 있다.

<5> 이와 같은 종래의 백색 LED에서는 청색 LED에 결합하는 황색 형광체로서 가넷계 형광체나 실리카이트계 형광체를 사용하는데, 가넷계 형광체인 황색발광 YAG:Ce 형광체는 적색파장 영역의 형광이 부족하여 차가운 백색(cold white)광을 방출한다. 따라서 종래의 가넷계 형광체에 의한 백색광의 LED는 색지수가 낮고 색온도가 높다는 단점이 있다. 따라서, 현재까지 개발된 가넷계 형광체보다 발광효율이 더 우수하고 적색파장 영역의 발광특성이 우수한 형광체의 개발이 요구되고 있다. 현재 백색광의 구현에 주로 사용되는 가넷계와 실리카이트계 형광체는 이러한 요구조건을 충족시키는데 한계가 있으며, 새로운 결정구조를 가지는 형광모체와 활성이온을 함유한 신규의 형광체의 개발이 절실히 요청되고 있는 실정이다.

발명의 내용

해결 하고자하는 과제

<6> 본 발명의 목적은 종래의 가넷계 또는 실리카이트계 형광체와는 결정구조가 달라 안정적이면서도 형광효율이 높으며 적색 파장영역에서 발광특성이 특히 우수하여 색지수가 높고 색온도가 낮은 백색 LED를 구현하기 위한 입방정계 이트륨알루미늄페로브스카이트($YAlO_3$, YAP)계 황색 형광체를 제공하는 것이다.

<7> 본 발명의 다른 목적은 종래 가넷계 황색 형광체의 제조방법에 비하여 제조온도가 낮아 열손실이 적으며, 별도의 분쇄과정이 필요 없어 공정이 간단하며, 활성이온의 환원효율이 우수한 이트륨알루미늄페로브스카이트(YAP) 황색 형광체의 제조방법을 제공하는 것이다.

과제 해결수단

<8> 본 발명에서는 전술한 목적을 달성하기 위하여, 황색 형광체로서 입방정계가 전체 화합물의 60% 이상을 차지하는 결정상을 가지는 것을 특징으로 하는 이트륨알루미늄페로브스카이트계($YAlO_3$,YAP)계 형광체를 제공한다.

<9> 여기서, 상기 이트륨알루미늄페로브스카이트계 형광체는 하기의 <화학식 1>로 표시되는 물질인 것이 바람직하다.

<10> <화학식 1>

<11> $(Y_{1-x}Re_x)(Al_{1-y}Tr_y)O_3 : Ce^{3+}, M_z$

<12> (여기서, Re는 Gd, La, Sm, Tb, Pr, Dy, Eu 을 포함하여 구성되는 희토류 원소 그룹에서 선택된 어느 하나이고, Tr는 Ga, In, Sc, Cr을 포함하여 구성되는 천이원소 그룹에서 선택된 어느 하나이며, M은 노란색 영역과 적색영역에서 형광을 방출하는 희토류원소 또는 천이원소로서 Tb, Sm, Dy, Cr 을 포함하여 구성되는 그룹에서 선택된 어느 하나이며, $0<x<1$, $0.001<y<0.2$, $0.001<z<0.1$ 이다.)

<13> 이때, 상기 이트륨알루미늄페로브스카이트계 형광체의 형광흡수파장은 420~500 nm 영역에 있고, 형광흡수의 피크파장이 430~495 nm의 범위에 있게 된다.

<14> 상기 이트륨알루미늄페로브스카이트계 형광체 입자의 크기가 20~70 nm 범위인 것이 바람직하다.

<15> 상기 이트륨알루미늄페로브스카이트계 형광체는 470 nm의 광으로 여기 하였을 때 형광의 발광영역이 470~700 nm의 파장영역에 이르며, 형광의 발광영역의 피크가 500~650 nm 범위 내인 것이 바람직하다.

<16> 본 발명의 다른 측면에 의하면, 상기 이트륨알루미늄페로브스카이트계 형광체와 청색 LED를 사용하여 형성되는 백색 발광 LED가 제공된다.

<17> 상기 청색 LED는 발광 피크의 파장이 450~470 nm 인 것이 바람직하다.

<18> 본 발명의 다른 측면에 의하면, 이트륨알루미늄페로브스카이트($YAlO_3$:Ce, YAP)계 형광체를 제조하는 방법에 있어서, (a) Y의 전구체, Al의 전구체 및 Ce의 전구체를 용매에 녹이고 150~250 ℃의 온도 범위에서 가열하여 반응 침전물을 형성한 후 침전물을 분리하여 건조하는 전구체의 반응단계, (b) 상기 건조된 반응물을 800~1100 ℃의 온도범위에서 열처리하여 결정화하는 열처리단계 및 (c) 상기 열처리단계에서 산화된 Ce^{4+} 이온을 800~1300 ℃의 온도범위에서 Ce^{3+} 이온으로 환원시키는 환원처리단계를 포함하여 이루어지는 것을 특징으로 하는 이트륨알루미늄페로브스카이트계($YAlO_3$:Ce, YAP)계 형광체의 제조방법이 제공된다.

<19> 여기서, 상기 Y의 전구체는 이트륨 무기염 또는 이트륨 유기염 중에서 선택되며, 상기 Al의 전구체는 알루미늄 알콕사이드 중에서 선택되며, 상기 Ce의 전구체는 세륨 무기염 또는 세륨 유기염 중에서 선택되는 것이 바람직하다.

<20> 본 발명의 다른 측면에 의하면, 화학식 $(Y_{1-x}Re_x)(Al_{1-y}Tr_y)O_3 : Ce^{3+}, M_z$ 로 표시되는 이트륨알루미늄페로브스카이트계 형광체의 제조방법으로서, (a) Y 및 Re의 전구체들 중에서 선택되는 적어도 하나 이상의 전구체와, Al 및 Tr의 전구체들 중에서 선택되는 적어도 하나 이상의 전구체와, Ce의 전구체를 용매에 녹이고 150~250 ℃의 온도 범위에서 가열하여 반응 침전물을 형성한 후 침전물을 분리하여 건조하는 전구체의 반응단계, (b) 상기 건조된 반응물을 800~1100 ℃의 온도범위에서 열처리하여 결정화하는 열처리단계 및 (c) 상기 열처리단계에서 산화된 Ce^{4+} 이온을 800~1300 ℃의 온도범위에서 Ce^{3+} 이온으로 환원시키는 환원처리단계를 포함하여 이루어지되, 상기 화학식에서 Re는 Gd, La, Sm, Tb, Pr, Dy, Eu 을 포함하여 구성되는 희토류 원소 그룹에서 선택된 어느 하나이고, Tr는 Ga, In, Sc, Cr을 포함하여 구성되는 천이원소 그룹에서 선택된 어느 하나이며, M은 노란색 영역과 적색영역에서 형광을 방출하는 희토류원소 또는 천이원소로서 Tb, Sm, Dy, Cr 을 포함하여 구성되는 그룹에서 선택된 어느 하나이며, $0<x<1$, $0.001<y<0.2$, $0.001<z<0.1$ 인 것을 특징으로 하는 이트륨알루미늄페로브스카이트계 형광체의 제조방법이 제공된다.

<21> 여기서, 상기 Y의 전구체는 이트륨 무기염 또는 이트륨 유기염 중에서 선택되며, 상기 Al의 전구체는 알루미늄 알콕사이드 중에서 선택되며, 상기 Ce의 전구체는 세륨 무기염 또는 세륨 유기염 중에서 선택되며, 상기 Re의 전구체는 Gd, La, Sm, Tb, Pr, Dy, Eu 을 포함하여 구성되는 희토류 원소 그룹에서 선택된 어느 하나의 무기염 또는 유기염 중에서 선택되며, 상기 Tr의 전구체는 Ga, In, Sc, Cr을 포함하여 구성되는 천이원소 그룹에서 선택된 어느 하나의 무기염 또는 유기염 중에서 선택되며, 상기 M의 전구체는 노란색 영역과 적색영역에서 형광을 방출하는 희토류원소 또는 천이원소 그룹에서 선택되는 어느 하나의 무기염 또는 유기염 중에서 선택되는 것이

바람직하다.

효 과

<22> 본 발명의 이트륨알루미늄페로브스카이트(YAP)계 형광체는 청색과 녹색 영역에서 높은 흡수피크를 나타내며, 황색과 적색 파장영역에서 종래의 가넷계 형광체보다 형광이 우수하다. 또한, 기존의 가넷계(YAG) 형광체에 비하여 발광 휘도가 우수하므로 청색 발광 LED와 조합하여 사용하는 경우 발광효율이 대단히 우수하다. 아울러, 본 발명의 입방정계 $YAlO_3$:Ce 계 형광체는 적색 파장영역의 형광효율이 가넷계 형광체에 비하여 우수하므로 청색 발광 LED와 결합하여 색지수가 우수하고 색온도가 낮은 백색 발광 LED를 제작하는 것이 가능하다는 장점이 있다.

<23> 본 발명의 이트륨알루미늄페로브스카이트(YAP)계 형광체의 제조방법에 의하면 종래 가넷계 형광체의 제조공정에 비하여 상대적으로 저온영역에서 제조가 가능하므로 에너지 효율이 우수하며, 나노미터 크기로 형광체의 결정이 생성되므로 종래 마이크로미터 단위로 생성되는 형광체와는 달리 별도의 분쇄과정이 필요 없게 되어 공정수가 단축된다는 이점이 있다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

<24> 이하에서는 첨부한 도면을 참조하여 본 발명의 백색 LED용 입방정계 이트륨알루미늄페로브스카이트($YAlO_3$, YAP)계 형광체 및 그 제조방법에 관하여 상술한다.

<25> 본 발명에 따른 황색 형광체는 하기의 화학식 1로 표시되는 입방정계 이트륨알루미늄페로브스카이트계 형광체로서, 그 결정구조가 입방정계이거나 입방정계가 형광체 화합물의 60% 이상을 차지하는 결정상을 가지는 알루미늄페로브스카이트계 화학 조성의 형광체이다.

<26> <화학식 1>

<27> $(Y_{1-x}Re_x)(Al_{1-y}Tr_y)O_3:Ce^{3+}$, Mz

<28> 여기서, Re는 Gd, La, Sm, Tb, Pr, Dy, Eu 등의 희토류 원소이고, Tr은 Ga, In, Sc, Cr 등의 천이원소이며, M은 Tb, Sm, Dy, Cr 등 황색 파장영역과 적색 파장영역에서 형광을 방출하는 희토류 원소 또는 천이원소를 나타낸다. 또한,x,y,z는 각각 $0<x<1$, $0.001<y<0.2$, $0.001<z<0.1$의 범위를 가진다.

<29> 이트륨알루미늄페로브스카이트($YAlO_3$, YAP)는 육방정계, 입방정계 및 직방정계의 세가지 결정구조를 가지는데, 그 중에서 직방정계는 안전한 결정상이고, 육방정계와 입방정계는 준안정상으로 알려져 있으며, 다른 결정상(Y_2O_3, $Y_3Al_5O_{12}$, $Y_4Al_2O_9$)과 혼합된 형태로 발견되고 있다. 직방정계 $YAlO_3$:Ce 은 x-선이나, 감마선을 조사하면 380 nm의 피크를 가지는 자외선 형광을 방출하는 것으로 잘 알려져 있으며, 주로 투명한 결정상태로 생산하여 x-선과 감마선의 검출기(scintillater)로 사용하고 있다. 육방정계와 입방정계의 $YAlO_3$는 준안정 결정상이며 나노크기를 가진 입자에서 나타난다. 이는 나노크기의 물질에서 나타나는 크기효과(size effect) 중 하나로서 입자의 크기가 나노미터로 줄어들면 결정구조의 대칭성은 증가하게 된다.

<30> $YAlO_3$의 세 가지 결정구조에서 육방정계의 대칭성이 가장 크며, 입방정계, 직방정계의 순으로 대칭성이 감소한다. 크기효과에 의하면 대칭성이 큰 육방정계의 입자크기가 가장 작을 것으로 예상되며, 입방정계, 직방정계의 순으로 입자의 크기가 증가할 것이다.

<31> 직방정계 $YAlO_3$:Ce 분말은 흰색을 띠며, 입방정계 $YAlO_3$:Ce 분말은 황색을 띤다. 본 발명의 입방정계 $YAlO_3$:Ce 형광체는 주황빛의 형광을 방출하나 반사색이 황색이므로 황색 형광체라고 이름한다.

<32> 본 발명에 따른 형광체는 입방정계이거나 입방정계가 화합물의 60% 이상을 차지하는 $YAlO_3$ 계의 형광체이며, 전술한 화학식 1의 Re에 해당하는 희토류 금속의 양에 따라 육방정계와 직방정계의 결정상이 혼재되기도 한다. 본 발명에서는 입방정계의 결정상인 $YAlO_3$ 에 Ce^{3+} 을 활성이온으로 첨가하여 황색 파장영역에서 형광을 발광하며, Tb, Sm, Dy, Cr 등의 부활재를 동시에 첨가하여 형광의 발광효율을 높이고, 적색영역의 형광을 우수하게 하였다.

<33> YAG는 격자상수가 12.00 Å인 입방정계의 결정이며, 본 발명의 $YAlO_3$의 격자상수는 12.10 Å 이다. YAG의 결정구조에서 Y 원소는 최인접거리에 산소원자가 8개 있는 YO_8의 12면체(dodecahedron)의 구조를 형성하며, 첨가한 활성이온 Ce 도 Y 원자의 자리에 치환한다. 반면, 본 발명의 입방정계 $YAlO_3$의 결정구조에서는 Y 원자가 YO_{12}의 구조를 형성하며, 첨가한 활성이온 Ce은 Y 원자의 자리에 치환한다. 입방정계 $YAlO_3$은 결정구조적으로 YAG와 비슷하나, 배위하는 산소원자의 수가 다르다. 따라서, 그에 따라 배위원자에 의한 결정장의 크기, 결정장의 대칭성에 관계하는 Ce의 분광학적인 성질도 달라지게 된다. 종래 YAG:Ce계의 형광흡수피크는 470 nm이고 형광파장은 530~550 nm 이나, 본 발명의 $YAlO_3$:Ce의 형광흡수파장은 420~500 nm 영역에 있고, 형광흡수 피크는 430~495 nm의 범위에 있으며, 형광파장은 560 nm 이상으로서 형광체의 흡수파장과 방출파장의 차이인 스토크 시프트(stokes shift)가 종래의 YAG:Ce에 비하여 크다. $YAlO_3$:Ce의 큰 스토크 시프트에 의해 형광파장이 YAG:Ce에 비하여 상대적으로 적색파장영역으로 이동하였으며,이러한 스토크 시프트가 상대적으로 큰 입방정계 $YAlO_3$:Ce의 형광물질을 이용하면 색지수가 높은 백색 LED를 제작할 수 있게 된다.

<34> 위에서 기술한 바와 같이 $YAlO_3$에 있어서 직방정계가 안정한 결정상이며, 육방정계와 입방정계의 결정상은 크기효과에 의해 나타나는 준안정상태의 결정상이다. 입방정계의 $YAlO_3$ 결정상은 다른 결정상과 혼재되어 나타나는 준안정상태의 결정구조이며, 입방정계의 $YAlO_3$를 독립적으로 존재하는 합성법은 아직까지 알려져 있지 않았다. 그러나, 본 발명에서는 후술할 형광체의 제조방법에 의하여 이러한 입방정계 $YAlO_3$를 합성하는 것이 가능하도록 하였으며, 결국 Ce^{3+}을 첨가한 $YAlO_3$:Ce계 나노 형광체를 제공할 수 있게 되었다. 본 발명의 형광체는 기존의 YAG:Ce 형광체와 비교하여 형광효율이 우수하며, 적색파장영역의 형광특성이 더 우수하다. 이러한 본 발명의 $YAlO_3$:Ce계 나노 형광체의 우수성은 도면을 참조하여 후술한다.

<35> 본 발명의 이트륨알루미늄페로브스카이트($YAlO_3$, YAP)계 황색 형광체의 제조공정은 크게 (1) 전구체의 반응과정, (2)반응물의 열처리과정, (3)환원처리과정의 세 단계로 이루어지며 그에 대한 자세한 과정은 다음과 같이 수행된다.

<36> (1) 전구체의 반응단계

<37> 본 발명의 $YAlO_3$:Ce 형광체를 제조하기 위해서는 알코올에 Y의 전구체, Al의 알콕사이드계 전구체, Ce 전구체를 균일하게 녹이고, 고압반응기에 넣어서 150~250 ℃로 가열한다. Y의 전구체와 Al의 전구체의 몰 비는 화학적 정량 비인 1:1이며 치환하는 원소의 종류나 양에 따라 전구체 간의 몰 비를 1:0.95에서 1:1.1까지 변화시킬 수 있다. 알코올 용매에 대한 전구체의 농도는 0.1 M(몰 농도)보다 작을 때 합성한 반응물의 형광효율이 높으며, 전구체의 농도가 0.2 M 보다 클 때는 반응물이 균일하게 혼합되지 않는 것으로 확인되었다.

<38> 대부분의 금속염은 용매의 온도가 증가할수록 용해도가 증가하는데, 본 발명의 전구체 반응에서는 150~250 ℃의 온도하에서 전구체를 용해하여 혼합하는데, 실험결과 이 온도범위에서 전구체가 매우 균일하게 혼합됨이 확인되었다. 후의 공정인 열처리단계에서 열처리에 의한 $YAlO_3$의 결정화 온도는 전구체의 혼합 균일도(homogeneity)에 매우 민감하게 반응한다.

<39> 전구체의 반응공정에서의 전술한 반응온도는 일반적인 알코올 용매의 기화점보다 높으므로 반응온도에서 용매는 대기압보다 높은 압력을 나타내게 되는데, 이러한 높은 압력을 견디기 위해서는 초자기구가 아닌 금속으로 제작한 고압반응기(내압용기, autoclave)를 사용하여 반응시켜야 한다. 또한 반응온도에서 발생하는 용매의 높은 압력에 의한 폭발 등의 위험을 예방하기 위하여 고압반응기에 채우는 용매의 양을 적게 하여 압력을 감소시키는 것이 바람직하다.

<40> 이러한 전구체 반응단계에서는 Al 알콕사이드와 Y, Ce 등의 전구체가 반응하여 수화·분해하여 침전한다. 반응공정 중에는 용액을 계속 혼합하여 줌으로써 반응물이 균일하게 되도록 한다. 반응 후 생성된 침전물을 원심분리하고 건조로에서 건조한다. 건조로의 온도는 40~100 ℃ 로 유지하는 것이 바람직하며, 용매의 종류에 따라 건조온도를 달리할 수 있다.

<41> Y의 전구체로는 이트륨초산염, 이트륨질산염, 이트륨할로겐화염 등과 같은 이트륨 무기염 및 이트륨아세틸아세토네이트, 이트륨2에틸헥사노에트 등의 이트륨유기염과 같이 알코올에 용해하거나 섞이는 이트륨염을 사용할 수 있다. Tb, Ce, La, Dy, Pr, Sm, Ga, Cr 등의 전구체도 초산염, 질산염, 할로겐화염의 등의 무기염 및 유기

염 중에서 선택될 수 있다. Al의 전구체로는 알루미늄메톡사이드, 알루미늄에톡사이드, 알루미늄프로폭사이드, 알루미늄부톡사이드 등 알코올에 용해하거나 섞이는 알루미늄알콕사이드가 사용된다. 반응에 사용되는 용매로는 메탈올, 에탄올, 1-프로판올, 부탄올, 2-메톡시에탄올 등 알코올류와 앞에서 언급한 전구체를 용해할 수 있는 유기용매가 선택될 수 있다.

<42> (2) 반응물의 열처리단계

<43> 이 단계에서는 전구체의 반응과정을 통해 생성된 반응 침전물을 열처리(소성, calcination)하여 결정화하고 반응과정에서 남은 유기물을 산화시켜 제거한다. 먼저, 건조를 마친 침전 분말을 도가니에 넣고 열처리한다. 이 열처리과정은 800~1100 ℃의 온도범위에서 수행하며, 공기분위기를 유지한다. 전 단계에서 건조한 반응물은 이 열처리과정에서 결정화하며 열처리된 분말은 입방정계의 결정상을 가지게 된다. 반응과정에서 전구체들이 충분히 균일하게 혼합되어 반응하지 않으면 육방정계, 직방정계의 $YAlO_3$ 결정상이 석출되기도 하며, $Y_3Al_5O_{12}$(YAG), $Y_4Al_2O_9$(YAM), Y_2O_3 등이 석출한다. 이와 같이 입방정계 이외의 다른 결정상이 석출되면 $YAlO_3$:Ce의 형광효율이 급격히 감소한다. 또한, 열처리 온도가 800 ℃ 보다 낮으면 입방정계 $YAlO_3$가 생성되지 않고 비정질 상태에 가깝게 되며, 1100 ℃ 보다 높으면 YAG, YAM, Y_2O_3 등의 결정상과 육방정계, 직방정계의 $YAlO_3$의 결정상이 생성된다.

<44> (3) 환원처리단계

<45> 환원처리단계에서는 열처리과정에서 산화된 Ce_{4+} 이온을 Ce_{3+} 이온으로 환원하게 된다. 열처리과정을 마친 형광체는 희게 보이거나 황색을 띠며, 수소가 혼합된 혼합가스 분위기에서 환원처리한다. 환원처리는 800~1300 ℃의 온도 범위에서 할 수 있으며, 혼합가스의 수소혼합농도는 0~100 % 까지 가능하다. 본 발명에서는 나노미터 크기로 형광체의 결정이 생성되므로 별도의 분쇄과정이 필요없으나, 필요한 경우 환원처리한 황색 형광체를 막자사발이나 볼밀(ballmill)로 갈아서 사용할 수도 있다.

<46> 이상과 같은 단계를 거치면 본 발명의 이트륨알루미늄페로브스카이트계(YAP) 황색 형광체가 획득된다. 전통적인 고상반응법에서는 1500 ℃의 온도에서 YAG를 합성하고 있으나 본 발명의 입방정계 $YAlO_3$는 비교적 저온 환경인 800 ℃에서도 합성이 가능하므로 형광체의 합성과정에서 소요되는 에너지를 절약할 수 있다는 장점이 있다. Ce^{3+}의 형광효율을 높이기 위해서는 합성과정에서 생성된 Ce^{4+}를 환원하는 과정이 반드시 필요한데 종래의 YAG:Ce 형광체는 1500 ℃의 온도에서 환원과정을 수행해야하나 본 발명의 입방정계 $YAlO_3$:Ce 형광체는 800~1300 ℃의 온도범위에서 환원할 때 Ce^{3+}의 형광특성도 우수해지므로 환원과정에서도 종래의 YAG:Ce 제조공정에 비하여 에너지를 절약효과가 뛰어나다.

<47> 종래의 YAG:Ce 형광체는 550 nm를 피크로 하는 형광스펙트럼을 가지는데, YAG:Ce 형광체와 470 nm의 청색 LED로 사용하여 SMD 방법으로 제작한 백색 LED의 발광은 색온도가 높고 색지수가 낮아서 차가운 백색(cold white)라 불리우는데, 이를 극복하기 위해서는 적색파장영역의 형광이 우수한 형광체의 개발이 요청된다. 종래 가넷계의 형광체에서는 Y 원자의 자리에 Gd, Tb, La 등을 치환한 형광체를 합성하여 적색영역의 형광효율을 증대시키는 시도가 있었으나 이러한 방법은 적색영역의 형광은 상대적으로 우수하나, 전체적인 형광효율은 감소하여 결국 색지수를 높이지는 못하는 결과가 된다는 단점이 있었다.

<48> 종래의 YAG는 매우 안정한 결정상을 이루므로 Y 원자 자리에 크기가 다른 Gd, Tb, La 등을 치환하여도 Ce^{3+} 이온에 작용하는 결정장의 변화가 미미하여 형광파장의 적색이동이 작으며, 모체 원소의 치환에 따른 Ce^{3+} 이온의 형광이 오히려 감쇠(quenching)하여 전체적인 형광효율의 감소가 나타나는 문제가 있다. 그러나 준안정 결정상인 본 발명의 입방정계 $YAlO_3$에 Gd, Tb, La 등을 치환하면 모체의 양이온 치환에 따른 결정구조의 변형이 YAG에 비하여 크게 나타나고 활성이온 Ce^{3+}에 작용하는 결정장이 변하여 Ce^{3+} 이온의 에너지준위가 달라져 Ce^{3+} 이온의 형광이 적색파장영역으로 크게 이동한다.

<49> 도 1은 종래의 YAG와 본 발명의 입방정계 $YAlO_3$의 x 선 회절패턴을 비교한 그래프이다. (a)는 종래 YAG의 JCPDS 33-0040이고, (b)는 YAG 나노분말의 회절패턴이며, (c)는 입방정계 $YAlO_3$의 JCPDS 38-0222이며, (d)는 본 발명의 $YAlO_3$ 나노분말의 x-선 회절패턴이다. YAG의 격자상수는 12.00 Å이고, 입방정계 $YAlO_3$의 격자상수는 12.10 Å이다. 도시한 바와 같이, 같은 결정구조와 거의 비슷한 격자상수를 가진 두 나노분말의 x선 회절패턴은 거의

비슷하게 보이지만 회절각이 증가할수록 두 물질의 회절 피크가 더 크게 어긋나는 것을 알 수 있다. 붉은색의 점선은 두 물질 간 회절피크각을 비교하기 위해 그은 보조 선이다.

<50> 도 2는 종래의 YAG와 본 발명의 입방정계 $YAlO_3$를 SEM으로 측정한 EDS 분석스펙트럼이다. 도2의 그래프는 종래의 YAG와 본 발명의 $YAlO_3$의 성분비에 따른 비교를 보인 것인데, 정확한 화학 조성에 의하면 $Y_3Al_5O_{12}$에서 Y와 Al의 비는 3:5 = 1:1.67이며, $YAlO_3$에서 Y와 Al의 비는 1:1이다. (a)는 YAG의 EDS 스펙트럼이며, (b)는 $YAlO_3$의 EDS 스펙트럼이다. 그림에서는 Al의 Kα방출선과 Y의 Lα,Lβ방출선이 각각 측정되었으며 Al과 Y의 화학적 양의 비는 AlKα와 YLα, YLβ 신호의 면적비에 비례한다.

<51> 도 3은 본 발명에 따른 $YAlO_3$ 계 나노분말의 전자현미경(FESEM) 사진이다. (a)는 $YAlO_3$:Ce 나노분말의 FESEM 사진이고, (b)는 $Y_{0.95}Gd_{0.05}AlO_3$:Ce 나노분말의 사진이며, (c)는 $Y_{0.95}Sm_{0.05}AlO_3$:Ce 나노분말의 사진이다. 각각의 $YAlO_3$ 입자는 거의 구형이며, 입자의 크기는 20~70 nm 범위이며 평균적인 크기는 약 40 nm로서 크기의 분산이 작은 균일한 입자인 것을 알 수 있다.

<52> 도 4는 본 발명에 따른 $YAlO_3$:Ce의 형광여기(흡수)스펙트럼을 나타낸 그래프이다. 그래프에서 340 nm와 470 nm에서 피크는 Ce^{3+} 이온의 흡수에 의한 것이며, 모체인 $YAlO_3$에 의한 흡수는 그림에서 생략하였다. 470 nm에서 피크를 가지는 흡수 밴드의 반치폭(FWHM)이 약 50 nm에 이른다.

<53> 도 5는 종래의 YAG:Ce와 본 발명의 $YAlO_3$:Ce의 형광스펙트럼을 비교한 그래프이다. 470 nm의 청색 LED 발광으로 여기(excite)하였으며, 배열 CCD 센서가 장착된 분광계로 측정하였다. (a)$YAlO_3$:Ce의 형광은 563 nm 부근에서 피크를 가지며 형광 피크가 553 nm인 종래의 (b)YAG:Ce 보다 적색파장영역에서 형광이 강한 것을 볼 수 있다. 따라서, 본 발명의 $YAlO_3$:Ce 형광체를 사용하여 백색 LED를 제작하면 종래의 백색 LED보다 색지수를 높이고 색온도는 낮출 수 있다. 형광스펙트럼에서 면적은 형광의 상대적 세기에 비례하는데, 면적으로 계산한 $YAlO_3$:Ce의 형광 세기는 YAG:Ce의 약 1.07 배로 형광이 증가하였다.

<54> 도 6은 본 발명에 따른 $Y_{1-x}Gd_xAlO_3$:Ce 계 나노분말의 x 선 회절패턴 그래프이다. (a)는 $Y_{0.95}Gd_{0.05}AlO_3$:Ce이고, (b)는 $Y_{0.8}Gd_{0.2}AO_3$:Ce이며, (c)는 $Y_{0.6}Gd_{0.4}AlO_3$:Ce이며, (d)는 $Y_{0.2}Gd_{0.8}AlO_3$:Ce이며, (e)는 $GdAlO_3$:Ce 이다. 5개 물질의 화학적 조성은 페로브스카이트(ABO_3)와 같으며 각각의 결정구조를 살펴보면 (a),(b),(c),(d)는 입방정계이고, (e)의 대부분은 직방정계이며, 일부만이 입방정계이다. 화살표는 직방정계의 페로브스카이트의 회절피크를 나타낸 것이다. 그래프에 나타난 바와 같이, 치환한 Gd의 양이 증가할수록 입방정계의 회절각은 작아지며 이는 $YAlO_3$의 Y 자리에 이온반경이 큰 Gd을 치환한 결과이다. 격자상수는 각각 (a) 12.041Å,(b)12.044Å,(c)12.068Å, (d)12.098Å이다. 직방정계 페로브스카이트 (e)의 격자상수는 a=5.24Å, b=5.281Å, c=7.442Å이며, JCPDS 71-1597과 거의 같다.

<55> 도 7은 본 발명에 따른 $Y_{1-x}Gd_xAlO_3$:Ce 계 형광체의 형광스펙트럼을 나타낸 그래프이다. 첨가한 Gd의 양이 증가하면 Ce의 형광이 긴 파장영역으로 이동하며, 620nm 근처의 형광이 증가하는 것을 알 수 있다. 기존의 YAG:Ce 형광체에서 Gd을 Y 자리에 치환하면 형광의 파장이 적색영역으로 이동하나, 형광효율은 감소한다. 본 발명의 입방정계 $Y_{1-x}Gd_xAlO_3$:Ce의 형광체에서는 Gd을 25%까지 치환하여도 형광효율의 감소는 거의 나타나지 않으면서도 형광피크가 620nm 쪽으로 이동하였다. 이러한 형광특성은 기존의 YAG:Ce 형광체에서는 나타나지 않으며 본 발명의 입방정계 페로브스카이트 $Y_{1-x}Gd_xAlO_3$:Ce 만의 특성이다. YAG:Ce에서는 Ce 이온 주위에 산소가 8개 배위한 CeO_8 12면체(dedecahedron)의 작은 구조를 형성하나 $YAlO_3$:Ce 형광체에서는 Ce 이온 주위에 산소원자 12개가 배위한 CeO_{12}의 작은 구조를 형성한다. 이런 형광특성을 가진 $Y_{1-x}Gd_xAlO_3$:Ce 형광체를 이용하면 색지수가 높은 백색 LED를 제작할 수 있으며 에너지변환효율은 감소하지 않게 된다. 형광스펙트럼에서 면적은 형광의 상대적 세기에 비례한다. 면적으로 계산한 (b)의 형광세기는 (a)의 약 1.04배이며, (c)는 (a)의 약 1.09배로 형광이 증가하였다. (b)와 (c)의 형광 피크의 파장은 각각 560nm, 565nm이다.

<56> 도 8은 본 발명에 따른 $Y_{1-x}Sm_xAlO_3$ 계 나노분말의 x 선 회절패턴 그래프이다. (a)는 $YAlO_3$:Ce 이며, (b)는 $Y_{0.95}Sm_{0.05}AlO_3$:Ce, (c)는 $Y_{0.8}Sm_{0.2}AlO_3$:Ce 이고, (d)는 $SmAlO_3$:Ce 이다. 4개 물질의 화학적 조성의 정량 비는 페

로브스카이트(ABO_3)와 같으며 각각의 결정구조는 (a), (b), (c)는 입방정계이며, (d)는 직방정계이다. 격자상수는 각각 (a)a=12.039Å, (b)a=12.039Å, (c)a=12.059Å, (d)a=5.293Å, b=5.290Å, c=13.006Å이며, JCPDS 46-0395와 거의 일치한다.

<57> 도 9는 본 발명의 일 실시예인 $Y_{0.95}Sm_{0.05}AlO_3$:Ce 의 형광스펙트럼을 나타낸 그래프이다. 470nm의 빛으로 여기하였으며 배열 CCD 분광계로 측정하였다. 625nm 부근의 피크는 Sm^{3+} 이온이 방출하는 형광이다. $YAlO_3$:Ce에 Sm을 치환하여 붉은 색 영역의 형광을 증가시킬 수 있다.

<58> 도 10은 본 발명의 다른 실시예인 $Y_{0.97}Tb_{0.03}AlO_3$:Ce의 형광스펙트럼을 나타낸 그래프이다. $YAlO_3$:Ce에 Tb를 소량 첨가하면 황색 형광이 증가한다.

<59> 도 11은 본 발명의 다른 실시예인 $Y_{0.97}Dy_{0.03}AlO_3$:Ce의 형광스펙트럼을 나타낸 그래프이다. $YAlO_3$:Ce에 Dy를 소량 첨가하면 황색 형광이 감소한다.

<60> 도 12는 본 발명에 따른 $YAlO_3$:Ce, Cr의 형광스펙트럼을 나타낸 그래프이다. 700nm 부근의 피크는 Cr^{3+}이온에 의한것이며, ^2E 에너지준위에서 $^4A_2$ 에너지준위로의 천이에 의한 것이다.

<61> 도 13은 본 발명의 다른 실시예인 $YAl_{0.97}Ga_{0.03}O_3$:Ce 의 형광스펙트럼을 나타낸 그래프이다. $YAlO_3$:Ce에 Ga을 소량 첨가하면 황색 형광이 증가한다.

<62> 도 14는 본 발명의 다른 실시예인 $Y_{0.95}Gd_{0.05}AlO_3$:Ce, Tb의 형광스펙트럼을 나타낸 그래프이다. $YAlO_3$:Ce에 Gd를 치환하고, Tb을 첨가하였다.

<63> 도 15는 470nm 의 청색 LED와 본 발명의 입방정계 $YAlO_3$:Ce 형광체를 SMD 방법으로 제작한 백색발광 LED의 색좌표인데, 색좌표의 값은 x=0.34, Y=0.36으로 나타났다.

<64> 전술한 도면들의 그래프를 살펴보면, 본 발명의 이트륨알루미늄페로브스카이트계 형광체는 470 nm의 광으로 여기 하였을 때 형광의 발광영역이 470~700 nm 의 파장영역에 이르며, 형광의 발광영역의 피크가 500~650 nm 범위 내인 것을 알 수 있다.

산업이용 가능성

<65> 본 발명의 이트륨알루미늄페로브스카이드계 형광체는 백색 LED를 구현함에 있어서 종래의 가넷계 형광체보다 형광효율이 높고, 적색파장영역에서 발광특성이 특히 우수하여 색지수가 높고 색온도가 낮은 특성이 있으므로, 종래의 가넷계 형광체를 대체할 수 있으며, 종래의 조명기구 등을 대체하는 발광수단으로서 전기,전자기기분야 및 조명기구 등을 포함한 전 산업분야에서 매우 광범위하게 적용이 가능하다고 할 것이다.

도면의 간단한 설명

<66> 도 1은 종래의 YAG와 본 발명의 입방정계 $YAlO_3$의 x 선 회절패턴을 비교한 그래프.

<67> 도 2는 종래의 YAG와 본 발명의 입방정계 $YAlO_3$를 SEM으로 측정한 EDS 분석스펙트럼.

<68> 도 3은 본 발명에 따른 $YAlO_3$ 계 나노분말의 전자현미경(FESEM) 사진.

<69> 도 4는 본 발명에 따른 $YAlO_3$:Ce의 형광여기스펙트럼을 나타낸 그래프.

<70> 도 5는 종래의 YAG:Ce와 본 발명의 $YAlO_3$:Ce의 형광스펙트럼을 비교한 그래프.

<71> 도 6은 본 발명에 따른 $Y_{1-x}Gd_xAlO_3$:Ce 계 나노분말의 x 선 회절패턴 그래프.

<72> 도 7은 본 발명에 따른 $Y_{1-x}Gd_xAlO_3$:Ce 계 형광체의 형광스펙트럼을 나타낸 그래프.

<73> 도 8은 본 발명에 따른 $Y_{1-x}Sm_xAlO_3$ 계 나노분말의 x 선 회절패턴 그래프.

<74> 도 9는 본 발명의 일 실시예인 $Y_{0.95}Sm_{0.05}AlO_3$:Ce 의 형광스펙트럼을 나타낸 그래프.

<75> 도 10은 본 발명의 다른 실시예인 $Y_{0.97}Tb_{0.03}AlO_3$:Ce의 형광스펙트럼을 나타낸 그래프.

<76> 도 11은 본 발명의 다른 실시예인 $Y_{0.97}Dy_{0.03}AlO_3$:Ce의 형광스펙트럼을 나타낸 그래프.

<77> 도 12는 본 발명에 따른 $YAlO_3$:Ce, Cr의 형광스펙트럼을 나타낸 그래프.

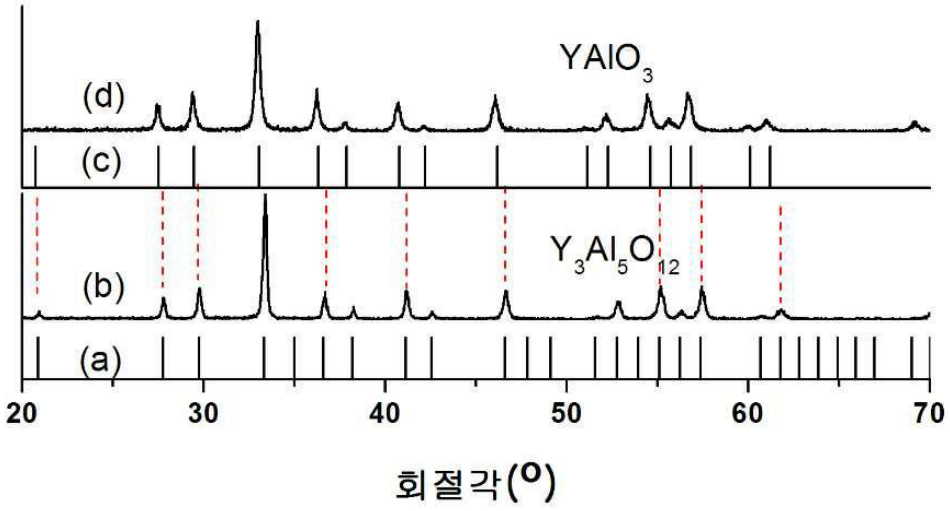
<78> 도 13은 본 발명의 다른 실시예인 $YAl_{0.97}Ga_{0.03}O_3$:Ce 의 형광스펙트럼을 나타낸 그래프.

<79> 도 14는 본 발명의 다른 실시예인 $Y_{0.95}Gd_{0.05}AlO_3$:Ce, Tb의 형광스펙트럼을 나타낸 그래프.

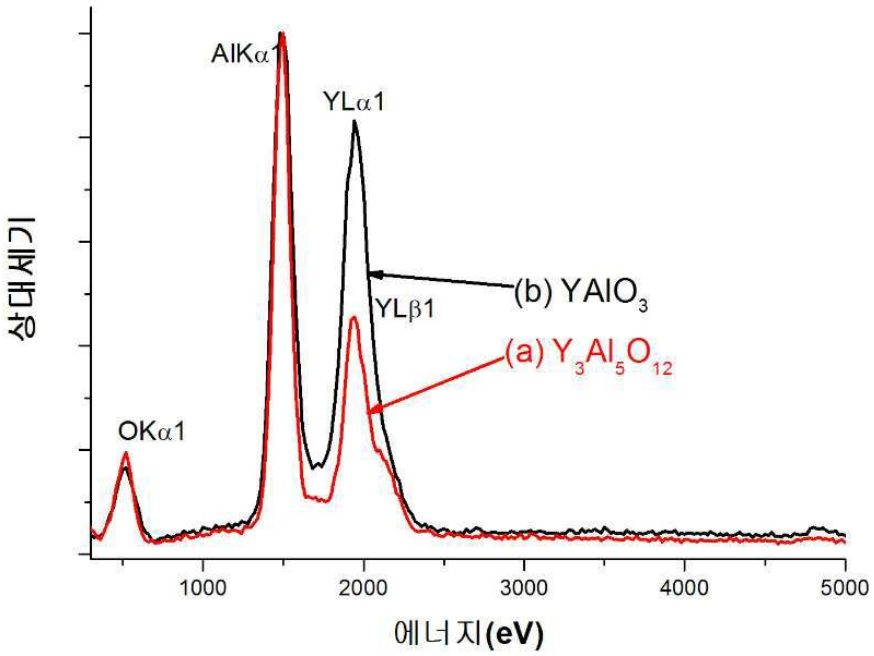
<80> 도 15는 470nm 의 청색 LED와 본 발명의 입방정계 $YAlO_3$:Ce 형광체를 SMD 방법으로 제작한 백색발광 LED의 색좌표.

도면

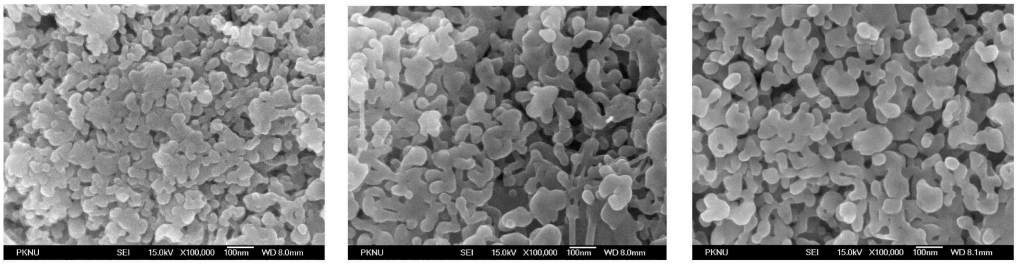
도면1



도면2

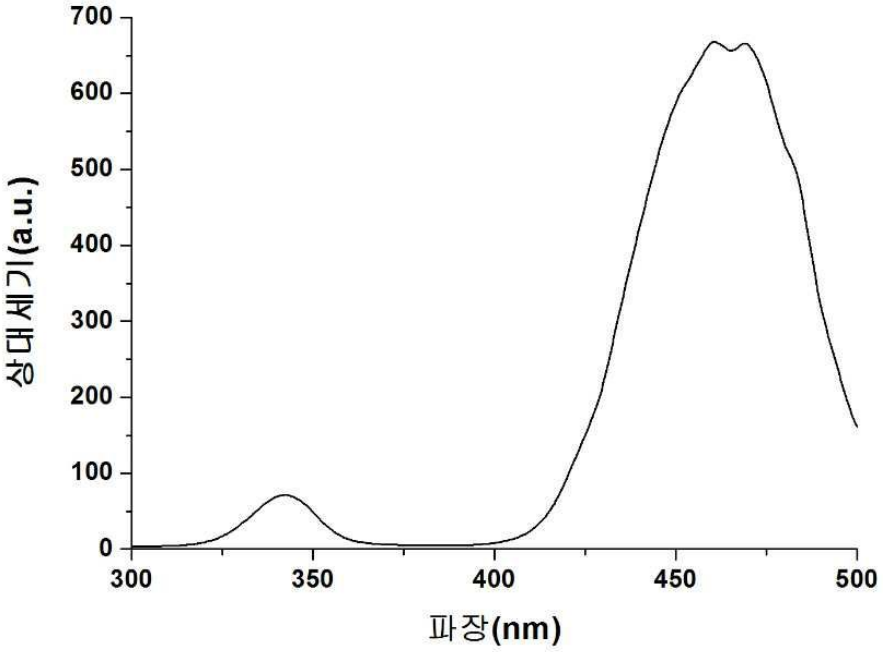

AlKα1
YLα1
YLβ1
(b) YAlO3
(a) Y3Al5O12
OKα1
상대세기
1000
2000
3000
4000
5000
에너지(eV)

도면3

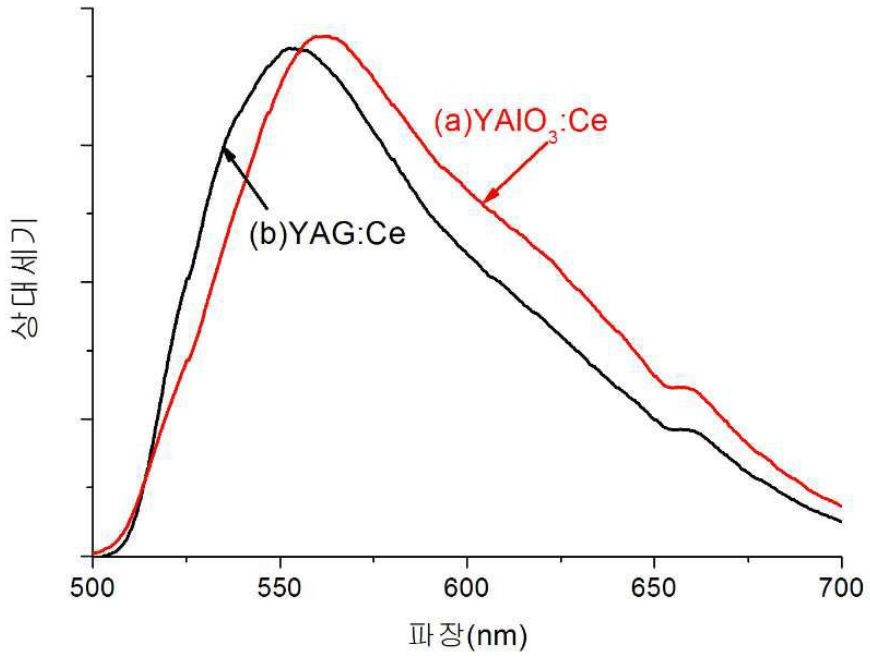


(a) (b) (c)

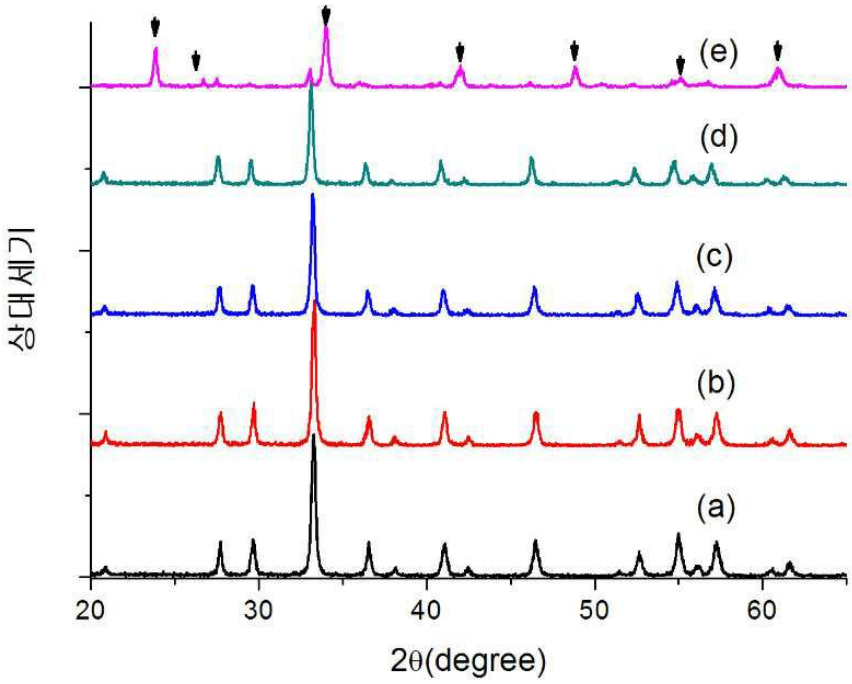
도면4


700
600
500
400
300
200
100
0
상대세기(a.u.)
300
350
400
450
500
파장(nm)

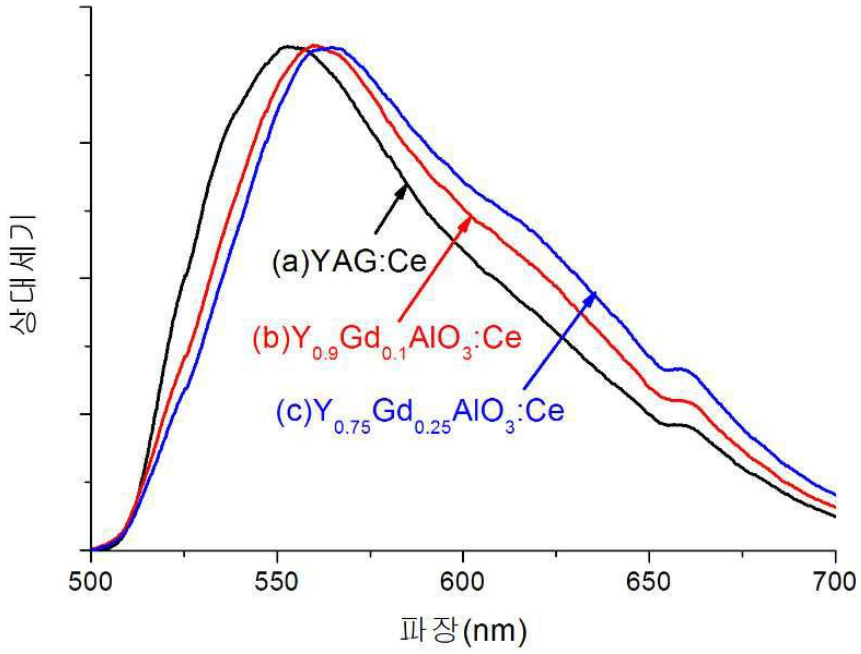
도면5


(a)YAlO3:Ce
(b)YAG:Ce
상대세기
500
550
600
650
700
파장(nm)

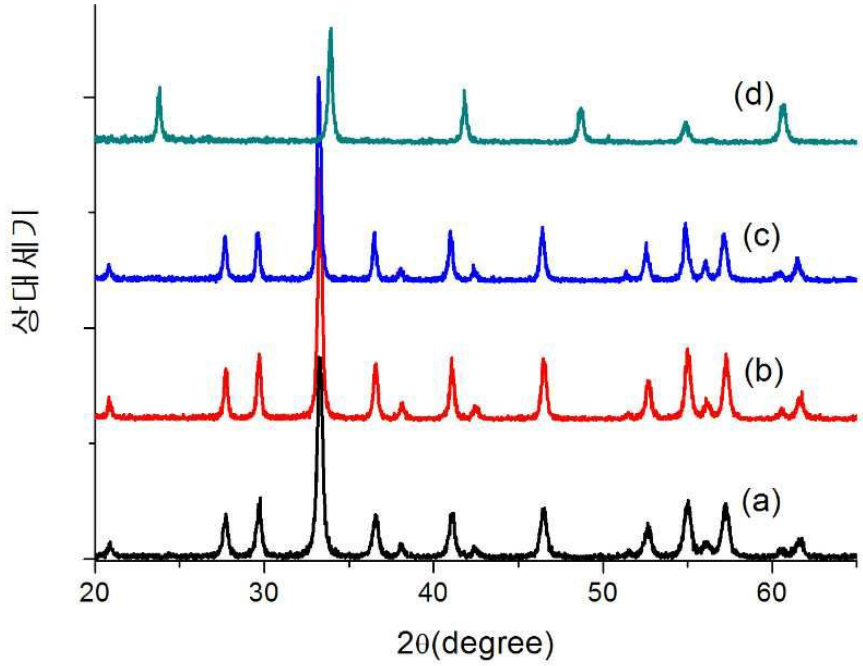
도면6


(e)
(d)
(c)
(b)
(a)
상대세기
20
30
40
50
60
2θ(degree)

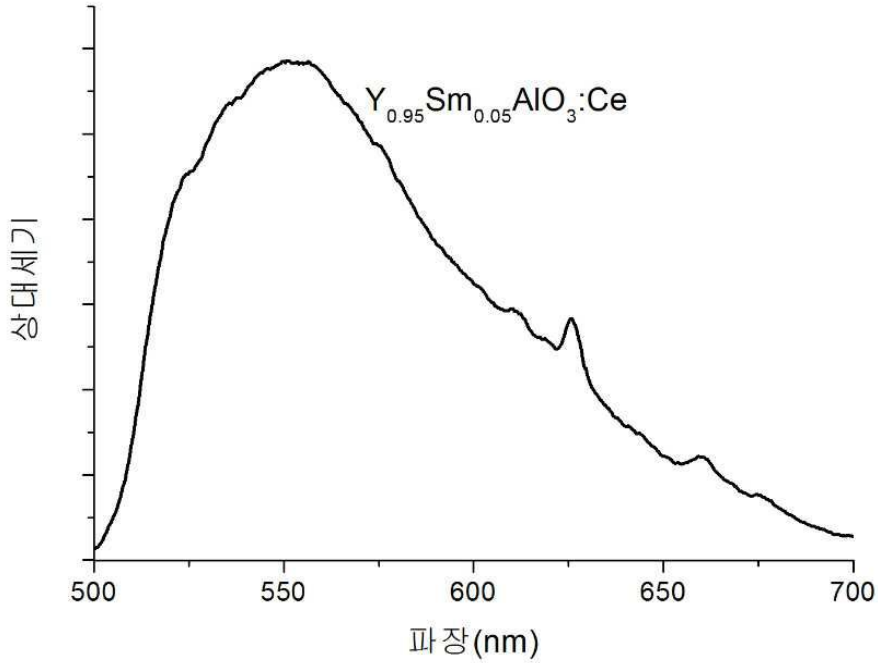
도면7


(a)YAG:Ce
(b)Y0.9Gd0.1AlO3:Ce
(c)Y0.75Gd0.25AlO3:Ce
상대세기
500
550
600
650
700
파장(nm)

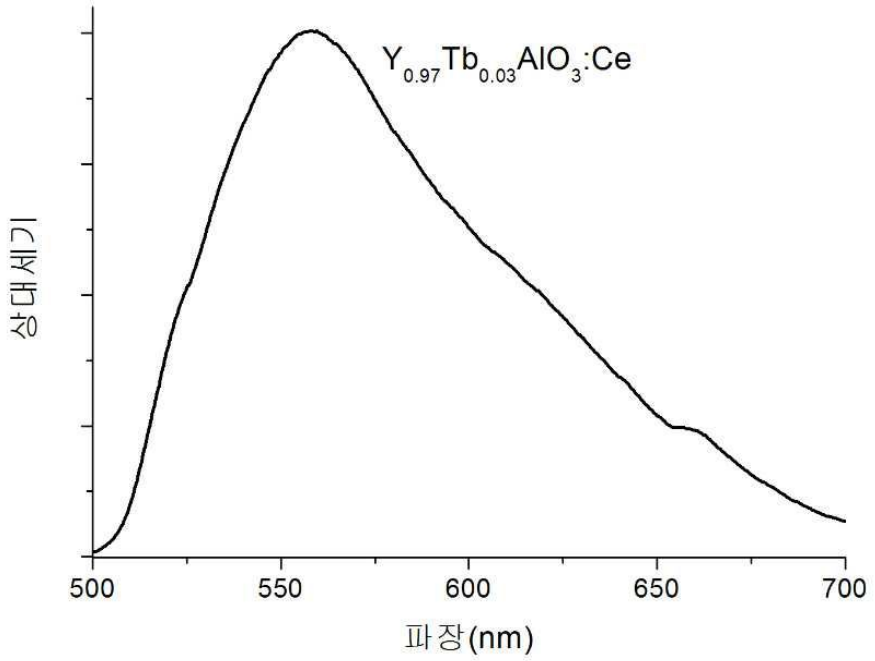
도면8


(d)
(c)
(b)
(a)
상대세기
20
30
40
50
60
2θ(degree)

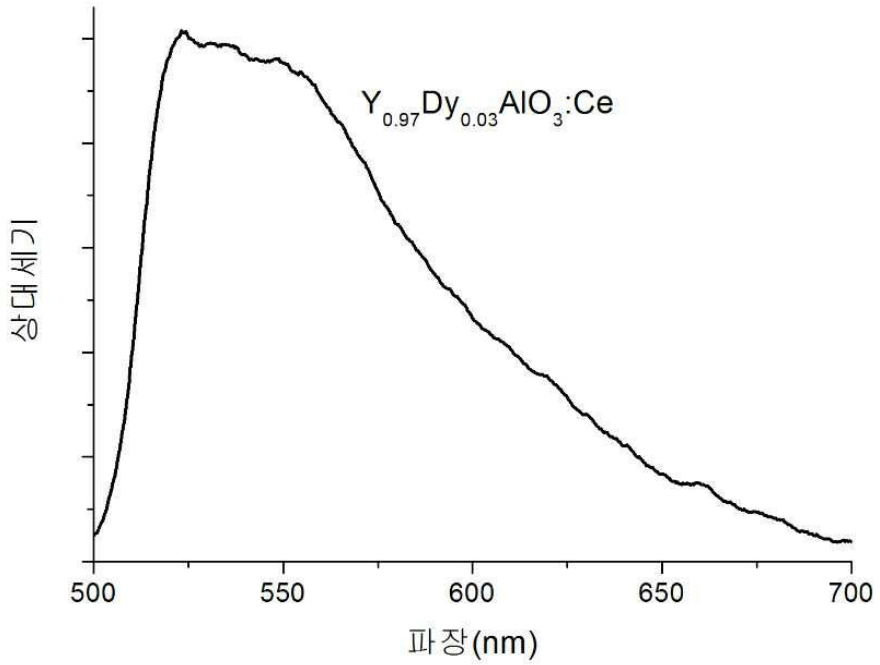
도면9


$Y_{0.95}Sm_{0.05}AlO_3$:Ce
상대세기
500
550
600
650
700
파장(nm)

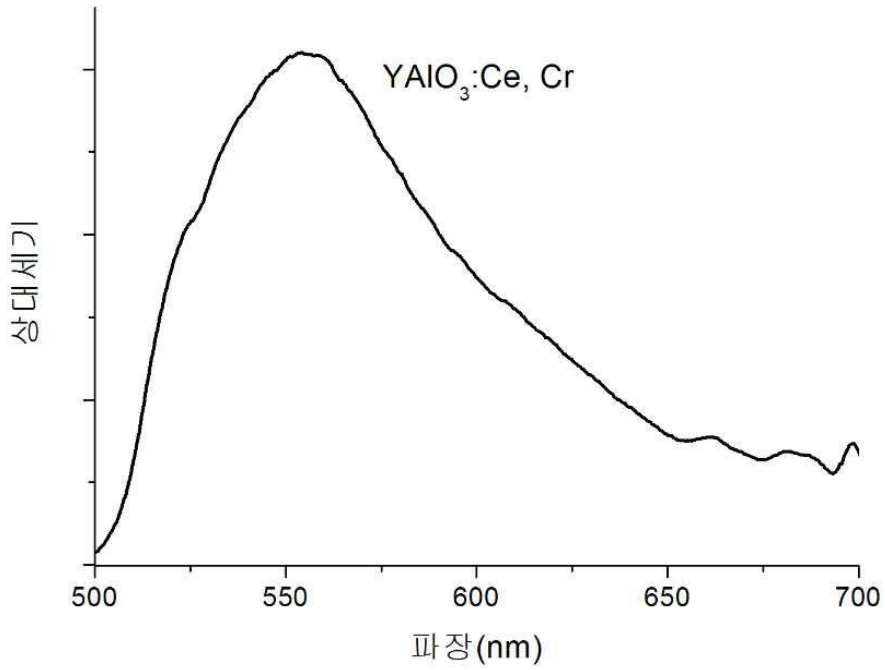
도면10


$Y_{0.97}Tb_{0.03}AlO_3$:Ce
상대세기
500
550
600
650
700
파장(nm)

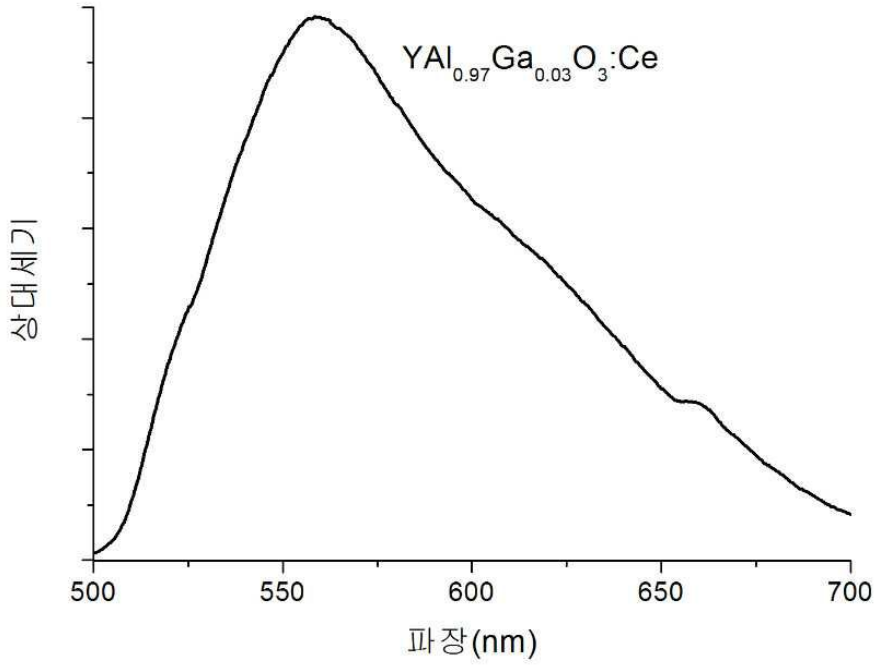
도면11


$Y_{0.97}Dy_{0.03}AlO_3$:Ce
상대세기
500
550
600
650
700
파장(nm)

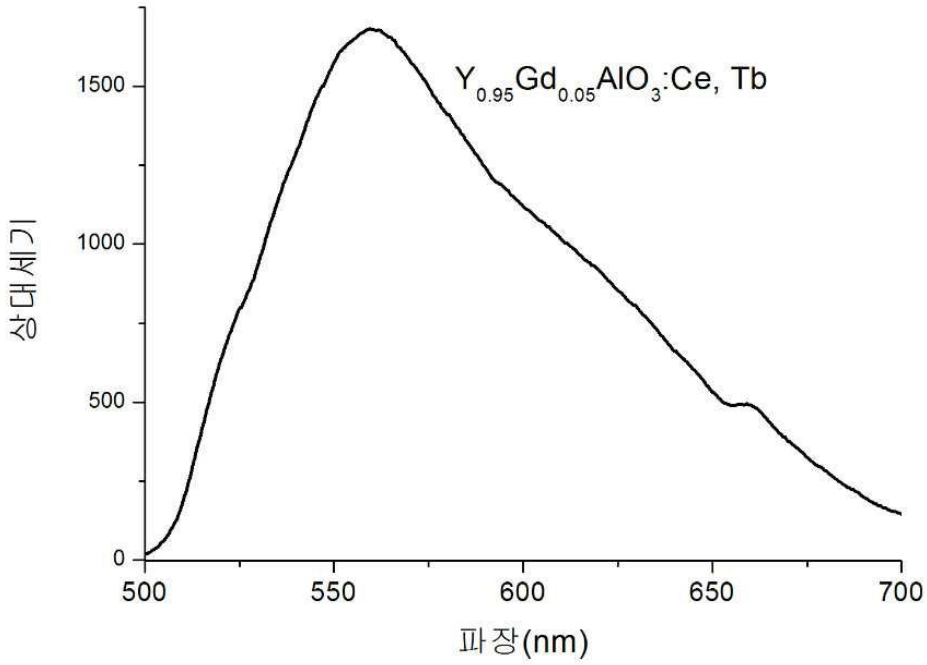
도면12


YAlO3:Ce, Cr
상대세기
500
550
600
650
700
파장(nm)

도면13


YAl0.97Ga0.03O3:Ce
상대세기
500
550
600
650
700
파장(nm)

도면14


$Y_{0.95}Gd_{0.05}AlO_3$:Ce, Tb
상대세기
1500
1000
500
0
500
550
600
650
700
파장(nm)

도면15

