



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2013년05월15일
(11) 등록번호 10-1263133
(24) 등록일자 2013년05월03일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

H01L 33/28 (2010.01)

(21) 출원번호 10-2012-0020012

(22) 출원일자 2012년02월28일

심사청구일자 2012년02월28일

(56) 선행기술조사문헌

C.B, F.T, D.R, M.R, A hybrid green
light-emitting diode comprised of
n-ZnO/(InGaN/GaN) multiquantum-wells/p-Gan,
Appl. Phys. Lett. 93, pp.1-3, 2008.08.27.*

KR101042561 B1

KR1020070109696 A

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

고려대학교 산학협력단

서울 성북구 안암동5가 1

(72) 발명자

변동진

서울특별시 강남구 삼성1동 98-19 대우멤버스카운
티1차 101동 503호

장삼석

서울특별시 동대문구 용두동 738-4번지 409호

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

이동건, 박종수

전체 청구항 수 : 총 6 항

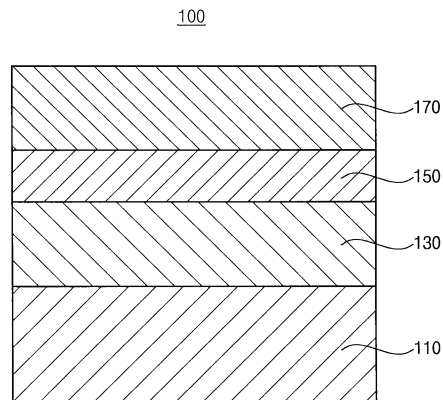
심사관 : 김동우

(54) 발명의 명칭 발광다이오드 및 이의 제조방법

(57) 요약

발광다이오드가 개시된다. 발광다이오드는 기판, 기판 상부에 형성된 p-형 화합물 반도체층, p-형 화합물 반도체층 상부에 형성된 활성층 및 활성층 상부에 형성되고, n-형 반도체층으로 기능하는 산화아연층을 포함할 수 있다. 이러한 발광다이오드는 녹색광을 발광할 수 있다.

대표도 - 도1



(72) 발명자

박기선

대구광역시 수성구 시지동 동서우방아파트 106동
1603호

김아영

서울특별시 성북구 안암동2가 반석빌딩 603호

이도한

서울특별시 관악구 행운동 우성아파트 104동 1303
호

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1345148271

부처명 교육과학기술부

연구사업명 일반연구자지원

연구과제명 고성능 나노구조 하이브리드에피 성장기술 연구

주관기관 고려대학교 산학협력단

연구기간 2011.05.01 ~ 2012.04.30

특허청구의 범위

청구항 1

기관;

상기 기관 상부에 형성된 p-형 화합물 반도체층;

상기 p-형 화합물 반도체층 상부에 형성된 활성층; 및

상기 활성층 상부에 형성되고, n-형 반도체층으로 기능하는 산화아연층을 포함하고,

상기 활성층은 청색 파장의 광을 발광하고, 상기 산화아연층은 상기 청색 파장의 광을 흡수한 후 녹색 파장의 광을 방출하는 것을 특징으로 하는 발광다이오드.

청구항 2

삭제

청구항 3

제1항에 있어서, 상기 활성층은 교대로 적층된 질화갈륨층 및 질화인듐갈륨층을 구비하는 다중양자우물 구조를 갖고,

상기 산화아연층은 상기 질화인듐갈륨층 상부에 상기 질화인듐갈륨층과 접촉하도록 형성된 것을 특징으로 하는 발광다이오드.

청구항 4

제3항에 있어서, 상기 산화아연층은 상기 질화인듐갈륨층으로부터 유도된 내부 결함을 구비하는 것을 특징으로 하는 발광다이오드.

청구항 5

기관 상부에 p-형 화합물 반도체층을 형성하는 단계;

상기 p-형 화합물 반도체층 상부에 교대로 적층된 질화갈륨층 및 질화인듐갈륨층을 구비하는 다중양자우물 구조를 갖고, 청색 파장의 광을 생성하는 활성층을 형성하는 단계; 및

상기 질화인듐갈륨층 상부에 금속유기화학기상증착(MOCVD) 공정을 통하여 n-형 반도체층으로 기능하는 산화아연층을 형성하는 단계를 포함하고,

상기 활성층은 청색 파장의 광을 발광하고, 상기 산화아연층은 상기 청색 파장의 광을 흡수한 후 녹색 파장의 광을 방출하는 것을 특징으로 하는 발광다이오드의 제조방법.

청구항 6

제5항에 있어서, 상기 금속유기화학기상증착(MOCVD) 공정은 내부 온도가 550 내지 650℃인 챔버 내에서 수행되는 것을 특징으로 하는 발광다이오드의 제조방법.

청구항 7

제6항에 있어서, 상기 산화아연층은 상기 질화인듐갈륨층과 접촉하도록 형성되어 상기 질화인듐갈륨층으로부터 유도된 내부 결함을 포함하고, 상기 활성층으로부터 발생된 청색광을 흡수하여 녹색 파장의 광을 방출하는 것을 특징으로 하는 발광다이오드의 제조방법.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 발광다이오드 및 이의 제조방법에 관한 것이다. 보다 상세하게는 본 발명은 녹색광을 발광하기 위한

발광다이오드 및 이의 제조방법에 관한 것이다.

배경 기술

- [0002] 발광다이오드(Light Emitting Diode, LED)는 반도체 발광 소자의 일종으로서 기판(substrate) 상에 P-N 다이오드를 성장(growth)시킴으로써 제조된다. 예를 들면, 상기 발광다이오드는 기판 상에 n형 반도체층, 발광영역(light generation region) 및 p형 반도체층을 순차적으로 성장시킨 후 식각공정을 통하여 n형 반도체 층을 일부 드러내고, 투명전극을 형성함으로써 제조될 수 있다.
- [0003] 대부분의 응용에서, 광 발생을 위해서는 발광다이오드의 발광영역을 형성하는 물질 내에서 전자의 직접 대역간 천이(direct electronic band-to-band) 또는 불순물-유도된 간접 대역간 천이(impurity-induced indirect band-to-band transitions)가 사용된다. 이들 경우에, 발광다이오드의 발광영역에 대해 선택된 물질의 에너지 갭(energy gap), 즉 발광소자 내에서 광을 발생시키는 역할을 하는 전자 천이(electronic transition)가 일어나는 구역(zone)이 특정 발광다이오드의 색상을 결정한다. 따라서, 불순물의 선택에 따라 주반도체(host semiconductor)의 에너지 갭 이하의 광 에너지를 갖는 광 방출(optical radiation)을 일으킬 수 있다.
- [0004] 현재 백색 발광다이오드의 기본 광원인 적색, 녹색 및 청색의 광원 중에서 청색과 적색을 발광하는 고효율의 발광다이오드는 개발이 되었으나, 녹색을 발광하는 고효율의 녹색 발광다이오드는 개발되지 않은 상태이다. 청색을 발광하는 InGaN소재의 경우 380nm 근처의 파장에서 최고의 효율을 나타내고 있지만 파장이 길어지면서 효율이 떨어진다. 또한, 녹색을 방출하는 조성의 InGaN 합금이 높은 인듐(In) 함량을 필요로 함에 따라 스피노달 분리(spinodal decomposition)에 의해 합금 내에서 이차상을 형성하게 되고, 그 결과, InGaN 합금의 상분리 현상으로 녹색 영역에서의 외부양자효율(EQE, External Quantum Efficiency)이 10%이하로 떨어지는 문제점이 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0005] 본 발명의 일 목적은 청색광을 흡수하여 녹색광을 방출하는 n-형 산화물 반도체층을 구비하는 발광다이오드를 제공하는 것이다.
- [0006] 본 발명의 다른 목적은 상기의 발광다이오드를 제조하는 방법을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

- [0007] 상술한 본 발명의 일목적은 달성하기 위하여, 본 발명의 실시예에 따른 발광다이오드는 기판, 상기 기판 상부에 형성된 p-형 화합물 반도체층, 상기 p-형 화합물 반도체층 상부에 형성된 활성층 및 상기 활성층 상부에 형성되고, n-형 반도체층으로 기능하는 산화아연층을 포함할 수 있다.
- [0008] 상기 활성층은 청색 파장의 광을 발광하고, 상기 산화아연층은 상기 청색 파장의 광을 흡수한 후 녹색 파장의 광을 방출할 수 있다. 일례로, 상기 활성층은 교대로 적층된 질화갈륨층 및 질화인듐갈륨층을 구비하는 다중양자우물 구조를 가질 수 있고, 상기 산화아연층은 상기 질화인듐갈륨층 상부에 상기 질화인듐갈륨층과 접촉하도록 형성될 수 있다. 청색 파장의 광을 흡수한 후 녹색 파장의 광을 방출하기 위하여, 상기 산화아연층은 상기 질화인듐갈륨층으로부터 유도된 내부 결함을 구비할 수 있다.
- [0009] 상술한 본 발명의 다른 목적을 달성하기 위하여, 본 발명의 실시예에 따른 발광다이오드의 제조방법은 기판 상부에 p-형 화합물 반도체층을 형성하는 단계; 상기 p-형 화합물 반도체층 상부에 교대로 적층된 질화갈륨층 및 질화인듐갈륨층을 구비하는 다중양자우물 구조를 갖고, 청색 파장의 광을 생성하는 활성층을 형성하는 단계; 및 상기 질화인듐갈륨층 상부에 금속유기화학기상증착(MOCVD) 공정을 통하여 n-형 반도체층으로 기능하는 산화아연층을 형성하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0010] 상기 금속유기화학기상증착(MOCVD) 공정은 내부 온도가 550 내지 650℃인 챔버 내에서 수행될 수 있다. 상기 산화아연층은 상기 질화인듐갈륨층과 접촉하도록 형성되어 상기 질화인듐갈륨층으로부터 유도된 내부 결함을 포함할 수 있고, 그 결과, 상기 산화아연층은 상기 활성층으로부터 발생된 청색광을 흡수하여 녹색 파장의 광을 방출할 수 있다.

발명의 효과

- [0011] 본 발명의 실시예에 따른 발광다이오드 및 이의 제조방법에 따르면, 청색광을 생성하는 활성층 상부에 산화아연

으로 이루어지고 청색광을 흡수하여 녹색광을 방출하는 n-형 반도체층을 형성함으로써, 고효율의 녹색 발광소자를 제공할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0012] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 발광다이오드를 설명하기 위한 단면도이다.
- 도 2는 본 발명의 실시예에 따라 형성된 활성층의 발광특성을 설명하기 위한 그래프이다.
- 도 3은 본 발명의 실시예에 따라 형성된 산화아연층의 발광특성을 설명하기 위한 그래프이다.
- 도 4는 사파이어 기판 바로 위에 형성된 산화아연층의 발광 특성을 설명하기 위한 그래프이다.
- 도 5는 본 발명의 실시예에 따라 질화인듐갈륨층 상부에 산화아연층을 증착하는 시간에 따른 산화아연층의 발광 특성을 설명하기 위한 그래프이다.
- 도 6은 본 발명의 실시예에 따라 질화인듐갈륨층 상부에 산화아연층을 증착하는 온도에 따른 산화아연층의 발광 특성을 설명하기 위한 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0013] 이하, 첨부한 도면을 참조하여 본 발명의 실시예들에 대해 상세히 설명한다. 본 발명은 다양한 변경을 가할 수 있고 여러 가지 형태를 가질 수 있는 바, 특정 실시예들을 도면에 예시하고 본문에 상세하게 설명하고자 한다. 그러나 이는 본 발명을 특정한 개시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다. 첨부된 도면에 있어서, 대상물들의 크기와 양은 본 발명의 명확성을 기하기 위하여 실제보다 확대 또는 축소하여 도시한 것이다.
- [0014] 제1, 제2 등의 용어는 다양한 구성요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 상기 구성요소들은 상기 용어들에 의해 한정되어서는 안 된다. 상기 용어들은 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만 사용된다. 예를 들어, 본 발명의 권리 범위를 벗어나지 않으면서 제1 구성요소는 제2 구성요소로 명명될 수 있고, 유사하게 제2 구성요소도 제1 구성요소로 명명될 수 있다.
- [0015] 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 "구비하다" 등의 용어는 명세서 상에 기재된 특징, 단계, 기능, 구성요소 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 다른 특징들이나 단계, 기능, 구성요소 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.
- [0016] 한편, 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 가지는 것으로 해석되어야 하며, 본 출원에서 명백하게 정의하지 않는 한, 이상적이거나 과도하게 형식적인 의미로 해석되지 않는다.
- [0017] <발광다이오드>
- [0018] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 발광다이오드를 설명하기 위한 단면도이다.
- [0019] 도 1을 참조하면, 본 발명의 실시예에 따른 발광다이오드(100)는 기판(110), p-형 화합물 반도체층(130), 활성층(150) 및 n-형 산화물 반도체층(170)을 포함할 수 있다.
- [0020] 기판(110)은 절연체 물질로 형성될 수 있다. 예를 들면, 기판(110)으로는 사파이어 기판, SiC 기판, ZnO 기판, GaN 기판, GaAs 기판, Si 기판 등이 사용될 수 있다.
- [0021] p-형 화합물 반도체층(130)은 기판(110) 상부에 형성되고, 질화물 반도체 물질 또는 산화물 반도체 물질로 이루어질 수 있다. 일례로, p-형 화합물 반도체층(130)은 Zn, Cd, Mg 등과 같은 p-형 도펀트(dopant)가 도핑된 질화갈륨(GaN) 반도체층일 수 있다.
- [0022] 활성층(150)은 p-형 화합물 반도체층(130) 상부에 형성되고, 특정 파장 대역의 광을 발생할 수 있다. 활성층(150)은 단일 양자우물(Single Quantum Well) 또는 다중양자우물(Multi-Quantum Well) 구조를 갖도록 형성될

수 있다. 예를 들면, 활성층(150)이 다중양자우물 구조를 갖는 경우, 활성층(150)은 불순물이 도핑되지 않은 질화갈륨층(GaN)과 질화인듐갈륨층(InGaN)이 교대로 적층된 구조를 가질 수 있다. 질화인듐갈륨층(InGaN)이 우물(well)층으로 기능하고, 질화갈륨층(GaN)이 장벽층으로 기능한다. 활성층(150)에서 발생하는 광의 파장은 질화인듐갈륨층(InGaN)에 함유된 인듐(In)의 양을 조절함으로써 결정될 수 있다. 본 발명에 있어서는 활성층(150)이 청색광(blue light)을 발생하도록 질화인듐갈륨층(InGaN)에 함유된 인듐(In)의 양을 조절할 수 있다. 활성층(150)은 활성층(150)을 형성하는 물질 내에서 일어나는 전자의 직접 대역간 천이(direct electronic band-to-band transitions) 또는 불순물에 의해 유도된 간접 대역간 천이(impurity-induced indirect band-to-band transitions)에 의해 광을 발생시킨다. 따라서 활성층(150) 물질의 에너지 갭(energy gap)에 의해 활성층(150)에서 발생된 광의 파장이 결정된다.

[0023] n-형 산화물 반도체층(170)은 활성층(150) 상부에 형성될 수 있다. 구체적으로, n-형 산화물 반도체층(170)은 활성층(150) 중 질화인듐갈륨층 상부에 질화인듐갈륨층과 접촉하도록 형성될 수 있다. n-형 산화물 반도체층(170)은 불순물이 도핑되지 않은 산화아연(ZnO)으로 형성될 수 있다. n-형 산화물 반도체층(170)은 질화인듐갈륨층으로부터 유도된 내부 전위(dislocation)와 같은 결함들을 포함할 수 있다. 질화인듐갈륨층으로부터 유도된 내부 결함들을 포함하는 n-형 산화물 반도체층(170)은 활성층(150)으로부터 발생된 청색광을 흡수한 후 녹색 파장 대역에 해당하는 광을 방출할 수 있다.

[0024] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 발광다이오드(100)는 기판(110)과 p-형 화합물 반도체층(130) 사이에 형성되고, 기판(100)과 p-형 화합물 반도체층(130) 사이의 격자정합을 향상시키기 위한 버퍼층(미도시)을 더 포함할 수 있다.

[0025] 본 발명의 실시예에 따른 발광다이오드에 따르면, 청색광을 흡수하여 녹색광을 방출할 있는 n-형 산화물 반도체층을 포함하므로, 활성층에 함유되는 인듐(In)의 함량을 높이지 않고도 녹색광을 생성할 수 있다. 따라서 본 발명은 고효율의 녹색 발광소자를 제공할 수 있다.

[0026] <발광다이오드의 제조방법>

[0027] 도 1을 참조하여 본 발명의 실시예에 따른 발광다이오드의 제조방법을 설명한다.

[0028] 도 1을 참조하면, 본 발명의 실시예에 따른 발광다이오드(100)를 제조하기 위하여, 기판(110) 상에 p-형 화합물 반도체층(130)을 증착할 수 있다. 예를 들면, 사파이어 기판(110) 상에 금속유기화학기상증착 공정(Metal Organic Chemical Vapor Deposition, MOCVD)을 통하여 Zn, Cd, Mg 등과 같은 p-형 도펀트(dopant)가 도핑된 질화갈륨(GaN) 반도체층(130)을 형성할 수 있다.

[0029] 이어서, p-형 화합물 반도체층(130) 상부에 활성층(150)을 형성할 수 있다. 활성층(150)은 단일양자우물 또는 다중양자우물 구조를 갖도록 형성될 수 있다. 예를 들면, 활성층(150)이 다중우물구조를 갖도록 형성하기 위하여, p-형 화합물 반도체층(130) 상부에 불순물이 도핑되지 않은 질화갈륨층(GaN)과 질화인듐갈륨층(InGaN)이 교대로 형성할 수 있다. 일례로, 청색광을 발생시키기 위하여 3개의 질화갈륨층(GaN)과 3개의 질화인듐갈륨층(InGaN)을 교대로 형성할 수 있다. 질화갈륨층(GaN)과 질화인듐갈륨층(InGaN)은 모두 금속유기화학기상증착(MOCVD) 공정을 통하여 형성될 수 있다.

[0030] 이어서, 활성층(150)의 질화인듐갈륨층(InGaN) 상부에 n-형 산화물 반도체층(170)을 형성할 수 있다. 본 발명의 일 실시예에 있어서, n-형 산화물 반도체층(170)을 형성하기 위하여 활성층(150)의 질화인듐갈륨층(InGaN) 상부에 금속유기화학기상증착(MOCVD) 공정을 통하여 산화아연층(ZnO)을 형성할 수 있다. 구체적으로, 내부 온도가 약 550 내지 650℃이고, 내부 압력이 약 10torr인 챔버(미도시) 내에 p-형 화합물 반도체층(130) 및 활성층(150)이 형성된 기판(110)을 위치시킨 후, 챔버 내부로 소스 물질인 디메틸징크(Dimethylzinc)와 반응물질인 H₂O를 각각 약 60sccm(Standard Cubic Centimeter per Minute) 및 약 10sccm의 속도로 공급하여, 질화인듐갈륨층(InGaN) 상부에 이와 접촉하도록 산화아연층(170)을 형성할 수 있다. 약 550 내지 650℃의 온도에서 수행되는 금속유기화학기상증착(MOCVD) 공정을 통하여 산화아연층(170)이 질화인듐갈륨층(InGaN) 상부에 형성되므로, 산화아연층(170) 내부에는 질화인듐갈륨층으로부터 유도되는 내부 결함을 포함하게 된다. 이러한 내부 결함에 의하여 산화아연층(170)은 활성층(150)으로부터 발생된 청색광을 흡수한 후 녹색광을 방출하게 된다.

[0031] <특성 평가>

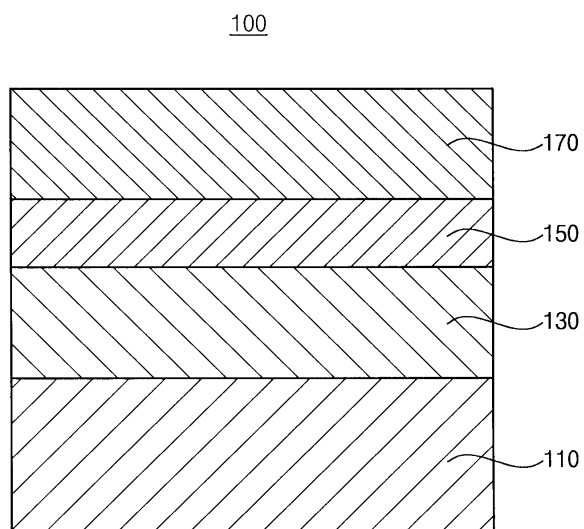
- [0032] 도 2는 본 발명의 실시예에 따라 형성된 활성층의 발광특성을 설명하기 위한 그래프이고, 도 3은 본 발명의 실시예에 따라 형성된 산화아연층의 발광특성을 설명하기 위한 그래프이다. 도 2의 그래프는 본 발명의 실시예에 따라 사파이어 기판 상부에 p-형 화합물 반도체층과 활성층만을 형성한 후 활성층에 레이저광을 조사하여 측정된 것이고, 도 3의 그래프는 본 발명의 실시예에 따라 사파이어 기판 상부에 p-형 화합물 반도체층, 활성층 및 산화아연층을 순차적으로 형성한 후 산화아연층에 레이저광을 조사하여 측정된 것이다.
- [0033] 우선 도 2를 참조하면, 본 발명의 실시예에 따라 형성된 활성층은 파장이 약 450 내지 480nm인 청색광을 주로 방출하는 것을 확인할 수 있다.
- [0034] 도 3을 참조하면, 본 발명의 실시예에 따라 활성층 상부에 형성된 산화아연층은 약 500 내지 540nm의 녹색광을 방출하는 것을 확인할 수 있다. 즉, 산화아연층은 활성층으로부터 방출된 약 450 내지 480nm 파장의 청색광을 흡수한 후 약 500 내지 540nm 파장의 녹색광을 방출할 수 있음을 알 수 있다.
- [0035] 도 4는 사파이어 기판 바로 위에 형성된 산화아연층의 발광 특성을 설명하기 위한 그래프이다. 도 4를 측정하기 위한 산화아연층은 도 3을 측정하기 위한 산화아연층과 동일한 공정 조건을 갖는 금속유기화학기상증착(MOCVD) 공정을 통해 형성되었다. 즉, 도 3을 측정하기 위한 산화아연층은 활성층의 질화인듐갈륨층의 바로 위에 형성되었음에 반해, 도 4를 측정하기 위한 산화아연층은 사파이어 기판 바로 위에 형성되었다는 점을 제외하고는 도 3을 측정하기 위한 산화아연층과 도 4를 측정하기 위한 산화아연층은 동일한 조건의 금속유기화학기상증착(MOCVD) 공정을 통하여 형성되었다.
- [0036] 도 3 및 도 4를 참조하면, 사파이어 기판 바로 위에 형성된 산화아연층은 파장이 약 380 내지 390nm인 자외선 영역의 광을 방출함에 반해, 활성층의 질화인듐갈륨층(InGaN) 바로 위에 형성된 산화아연층은 파장이 약 500 내지 540nm인 녹색광을 방출함을 확인할 수 있다. 즉, 산화아연층은 활성층의 질화인듐갈륨층(InGaN)으로부터 유도된 내부 결함을 가지는 경우에 있어서 녹색광을 방출함을 알 수 있다.
- [0037] 도 5는 본 발명의 실시예에 따라 질화인듐갈륨층 상부에 산화아연층을 증착하는 시간에 따른 산화아연층의 발광 특성을 설명하기 위한 그래프이다. 도 5에 있어서, '실선'으로 나타난 그래프는 10분 동안 증착된 산화아연층의 발광 특성을 나타내고, '점선'으로 나타난 그래프는 30분 동안 증착된 산화아연층의 발광 특성을 나타낸다.
- [0038] 도 5를 참조하면, 산화아연층의 증착 시간이 달라지더라도 산화아연층으로부터 방출되는 녹색광의 파장은 서로 유사함을 알 수 있다. 다만, 10분 동안 증착된 산화아연층으로부터 방출된 녹색광이 30분 동안 증착된 산화아연층으로부터 방출된 녹색광보다 더 큰 강도를 가짐을 알 수 있다. 따라서, 산화아연층은 약 10분 이하의 시간 안에 증착되는 것이 바람직하다.
- [0039] 도 6은 본 발명의 실시예에 따라 질화인듐갈륨층 상부에 산화아연층을 증착하는 온도에 따른 산화아연층의 발광 특성을 설명하기 위한 그래프이다.
- [0040] 도 6을 참조하면, 600℃의 온도에서 증착된 산화아연층으로부터 가장 높은 강도를 갖는 녹색광이 방출됨을 확인할 수 있다. 따라서, 산화아연층은 약 550℃ 내지 650℃의 온도에서 증착되는 것이 바람직하다.

산업상 이용가능성

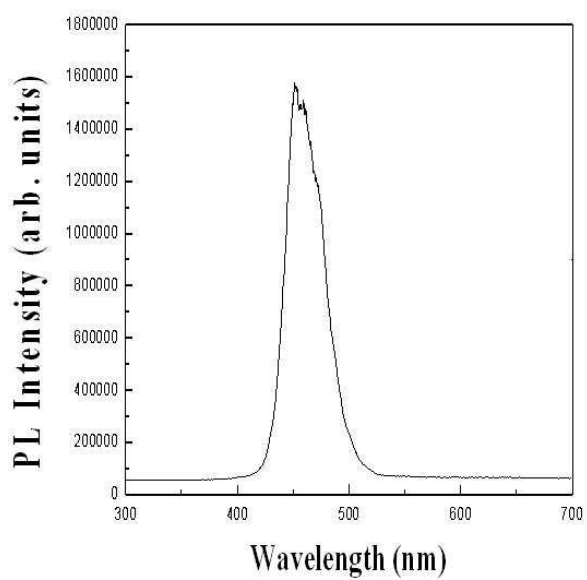
- [0041] 상술한 본 발명에 따르면, 청색광을 생성하는 활성층 상부에 산화아연으로 이루어지고 청색광을 흡수하여 녹색광을 방출하는 n-형 반도체층을 형성함으로써, 고효율의 녹색 발광소자를 제공할 수 있다.
- [0042] 상기에서는 본 발명의 바람직한 실시예를 참조하여 설명하였지만, 해당 기술분야의 숙련된 당업자는 하기의 특허 청구 범위에 기재된 본 발명의 사상 및 영역으로부터 벗어나지 않는 범위 내에서 본 발명을 다양하게 수정 및 변경시킬 수 있음을 이해할 수 있을 것이다.

도면

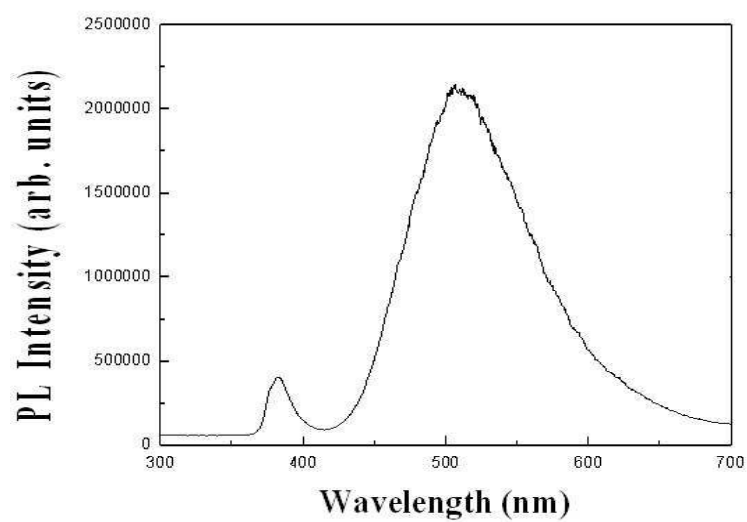
도면1



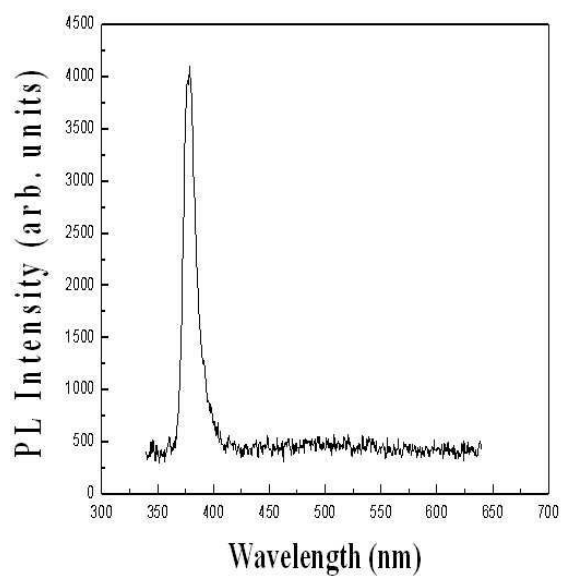
도면2



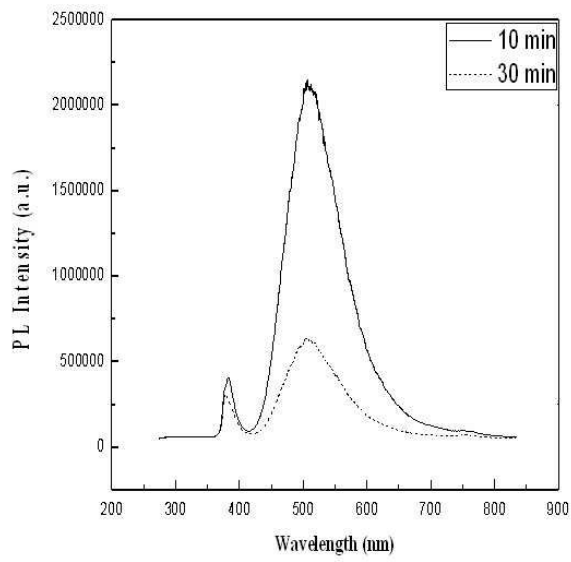
도면3



도면4



도면5



도면6

