



- (51) 국제특허분류:
H01L 33/28 (2010.01) H01L 33/22 (2010.01)
- (21) 국제출원번호: PCT/KR2011/004592
- (22) 국제출원일: 2011년 6월 23일 (23.06.2011)
- (25) 출원언어: 한국어
- (26) 공개언어: 한국어
- (30) 우선권정보:
10-2010-0066021 2010년 7월 8일 (08.07.2010) KR
- (71) 출원인 (US 을(를) 제외한 모든 지정국에 대하여): 서울옵토디바이스(주) (SEOUL OPTO DEVICE CO., LTD.) [KR/KR]; 경기도 안산시 단원구 원시동 727-5 1B-36, 425-851 Gyeonggi-do (KR). 포항공과대학교 산학협력단 (POSTECH ACADEMY-INDUSTRY FOUNDATION) [KR/KR]; 경상북도 포항시 남구 효자동 산 31 포항공과대학교, 790-784 Gyeongsangbuk-do (KR).
- (72) 발명자: 겸
- (75) 발명자/출원인 (US 에 한하여): 이종람 (LEE, Jong Lam) [KR/KR]; 경상북도 포항시 남구 지곡동 교수아

파트 8-1403, 790-751 Gyeongsangbuk-do (KR). 손준호 (SON, Jun Ho) [KR/KR]; 경상북도 경산시 대평동 대평그린빌 102-502, 712-780 Gyeongsangbuk-do (KR). 유학기 (YU, Hak Ki) [KR/KR]; 경상북도 안동시 용상동 1179-226, 760-010 Gyeongsangbuk-do (KR).

(74) 대리인: AIP 특허법인 법률사무소 (AIP PATENT & LAW FIRM); 서울특별시 강남구 역삼동 823-14 신원빌딩 8층, 135-933 Seoul (KR).

(81) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 국내 권리의 보호를 위하여): AE, AG, AL, AM, AO, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA, CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ, EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KZ, LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG, MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ, OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG, SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

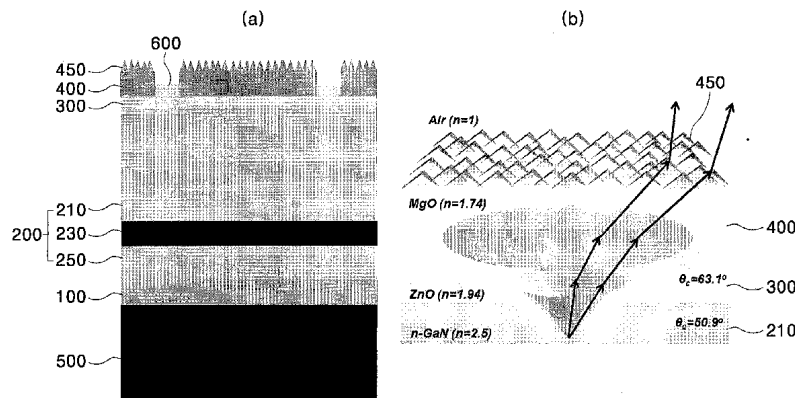
(84) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의 역내 권리의 보호를 위하여): ARIPO (BW, GH, GM,

[다음 쪽 계속]

(54) Title: LIGHT-EMITTING DEVICE HAVING AN MGO PYRAMID STRUCTURE AND MANUFACTURING METHOD FOR SAME

(54) 발명의 명칭 : MGO 피라미드 구조를 갖는 발광소자 및 그 제조방법

[도 1]



(57) Abstract: The present invention relates to a light-emitting device having a gallium nitride-based group III-V compound semiconductor and a manufacturing method for same. The light-emitting device having a gallium nitride-based group III-V compound semiconductor comprises: a substrate; a p-type ohmic electrode layer formed on the substrate; a p-type gallium nitride-based group III-V compound semiconductor layer formed on the p-type ohmic electrode layer; an n-type gallium nitride-based group III-V compound semiconductor layer formed on the p-type gallium nitride-based group III-V compound semiconductor layer; an n-type ohmic electrode layer formed on the n-type gallium nitride-based group III-V compound semiconductor layer; and first and second refractive index control layers which have refractive indices less than those of the n-type gallium nitride-based group III-V compound semiconductor layer and the n-type ohmic electrode layer, and the pyramid structure is formed on the surface of the second refractive index control layer. According to one embodiment of the present invention, the first and second refractive index control layers can be included in the upper portion of the light-emitting device having a gallium nitride-based group III-V compound semiconductor, and the pyramid structure can be formed in the second refractive index control layer, thereby increasing the surface light outputted by one and half times more than that of typical light-emitting diodes.

(57) 요약서:

[다음 쪽 계속]



KE, LR, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 유라시아 (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), 유럽 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV, MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

공개:

— 국제조사보고서 없이 공개하며 보고서 접수 후 이를 별도 공개함 (규칙 48.2(g))

본 발명은 질화물갈륨계 III-V 족 화합물 반도체 발광소자 및 그 제조방법을 제공한다. 상기 질화물갈륨계 III-V 족 화합물 반도체 발광소자는 기판; 상기 기판 상부에 형성된 p 형 오믹 전극층; 상기 p 형 오믹 전극층 상부에 형성된 p 형 질화물갈륨계 III-V 족 화합물 반도체층; 상기 p 형 질화물갈륨계 III-V 족 화합물 반도체층 상부에 형성된 n 형 질화물갈륨계 III-V 족 화합물 반도체층; 및 상기 n 형 질화물갈륨계 III-V 족 화합물 반도체층 상부에 형성된 n 형 오믹 전극층; 및 상기 n 형 질화물갈륨계 III-V 족 화합물 반도체층 및 상기 n 형 오믹 전극층보다 굴절율이 작은 제 1 및 제 2 굴절율 조절층을 포함하며, 상기 제 2 굴절율 조절층 표면에 피라미드구조물이 형성된 것을 특징으로 한다. 본 발명의 일 실시예에 따라, 질화물갈륨계 III-V 족 화합물 반도체 발광소자의 상부에 제 1 및 제 2 굴절율 조절층을 포함하고, 상기 제 2 굴절율 조절층에 파라미드 구조를 형성하는 경우, 종래의 발광다이오드에 비하여 발광다이오드의 표면 광출력이 1.5 배 이상 증가할 수 있다.

【명세서】

【발명의 명칭】

MgO 피라미드 구조를 갖는 발광소자 및 그 제조방법

【기술분야】

- 5 본 발명은 질화물갈륨계 수직형 발광다이오드의 광출력 향상 기술에 관한 것으로, 보다 구체적으로는, n형 반도체층 상부에 굴절을 조절층과 MgO 피라미드 구조를 포함하여 광출력을 향상시킨 질화물갈륨계 수직형 발광다이오드 및 그 제조방법에 관한 것이다.

【배경기술】

- 10 백색광원 질화물갈륨계 발광다이오드는 에너지 변환 효율이 높고, 수명이 길며, 빛의 지향성이 높고, 저전압 구동이 가능하며, 예열 시간과 복잡한 구동회로가 필요하지 않고, 충격 및 진동에 강하기 때문에 다양한 형태의 고품격 조명 시스템의 구현이 가능해 가까운 미래에 백열등, 형광등, 수은등과 같은 기존의 광원을 대체할 고체 조명(solid-state lighting) 광원으로 기대되고 있다. 다만, 질화물갈륨계 발광다이오드가 기존의 수은등이나 형광등을 대체하여 백색광원으로서 쓰이기 위해서는 열적 안정성이 뛰어나야 할 뿐만 아니라 낮은 소비
- 15 전력에서도 고출력 빛을 발할 수 있어야 한다.

- 현재 백색광원으로 널리 이용되고 있는 수평구조의 질화물갈륨계 발광다이오드는 상대적으로 제조단가가 낮고 제작 공정이 간단하다는 장점이 있으나, 인가전류가 높고 면적이 큰 고출력의 광원으로 쓰이기에는 부적절하다는 원천적 결함이 있다. 이러한 수평구조 발광다이오드의 단점을 극복하고 대면적의 고출력 발광다이오드 적용이 용이한 소자가
- 20 수직구조 발광다이오드이다.

- 수직구조 발광다이오드는 기존의 수평구조 소자와 비교하여 여러 가지 장점을 가지고 있다. 구체적으로, 수직구조 발광다이오드에서는 전류 확산 저항이 작아 매우 균일한 전류 확산을 얻을 수 있어 보다 낮은 작동 전압과 큰 광출력을 얻을 수 있으며, 열전도성이 좋은 금속 또는 반도체 기판을 통해 원활한 열방출이 가능하기 때문에 소자의 장수명화와 월등히
- 25 향상된 고출력 작동이 가능하다.

- 이러한 수직구조 발광다이오드에서는 최대 인가전류가 수평구조 발광다이오드에 비해 약 3-4배 이상 증가되므로 조명용 백색광원으로 이용될 가능성이 매우 높고, 실제로, 많은 기업들이 수직 발광다이오드의 상용화 및 성능향상을 위해 활발한 연구 개발을 진행하고 있으며, 일부 기업에서는 이미 관련 제품을 판매하고 있는 실정이다.

- 30 한편, 질화물갈륨계 수직 발광다이오드의 제조에 있어 소자의 광출력을 크게 향상시킬 수 있는 부분은 소자 상부의 n형 반도체층이다. 다만, n형 반도체층이 매끄러운 평면인 경우, n형 반도체층과 대기의 큰 굴절률 차이로 인해 (n형 반도체층의 굴절률=약 2.5, 대기의 굴절률=1), 대기/반도체층 계면에서 전반사가 발생하여 활성층에서 발생된 빛의 상당부분이

외부로 빠져나올 수 없기 때문에 높은 광출력을 기대할 수 없다. 따라서 반도체층 표면을 인위적으로 변형하여 전반사가 일어나는 것을 방지하여 최소한의 손실로 빛을 외부로 빠져 나오게 하는 것이 필요하다.

【발명의 상세한 설명】

5 【기술적 과제】

본 발명은 전술한 문제점에 착안한 것으로, 종래의 질화물갈륨계 발광다이오드의 제조공정에 과다한 변경을 가하지 않고 적용 가능한 발광소자의 제조방법을 제공하며, 종래의 질화물갈륨계 III-V족 화합물 반도체 발광다이오드에 비하여 발광다이오드의 광출력이 증가된 발광소자를 제공하는 것을 목적으로 한다.

10 【기술적 해결방법】

본 발명의 일 측면에 따른 발광소자는,

기관; 상기 기관 상부에 형성된 제1 반도체층, 제2 반도체층 및 그 사이에 개재된 활성층; 및 상기 제1 반도체층 상부에, 상기 제1 반도체층보다 굴절률이 작은 굴절을 조절층을 포함한다.

15 여기서, 바람직하게, 상기 굴절을 조절층은, 상기 제1 반도체층 상에 형성되며 상기 제1 반도체층보다 굴절률이 작은 제1 굴절을 조절층; 및 상기 제1 굴절을 조절층 상에 형성되며 상기 제1 굴절을 조절층보다 굴절률이 작은 제2 굴절을 조절층을 포함하고, 상기 제2 굴절을 조절층에는 피라미드 구조가 형성된다.

또한, 바람직하게는, 상기 제1 반도체층은 질화물계 반도체층이고, 상기 제1 굴절을 20 조절층은 ZnO계 산화물 반도체층인 것을 특징으로 한다.

또한, 바람직하게는, 상기 제2 굴절을 조절층은 MgO계 산화물로 형성되며, 상기 MgO계 산화물은 MgO에 다른 원소를 첨가하여 형성된 3원계 또는 그 이상의 다원계 화합물을 포함한다.

또한, 바람직하게는, 상기 3원계 화합물은 $Mg_xBe_{1-x}O$, $Mg_xCa_{1-x}O$, $Mg_xSr_{1-x}O$, 25 $Mg_xBa_{1-x}O$ 을 포함하며, 상기 다원계 화합물은 Be, Ca, Sr, Ba 원소 중 2종 이상의 원소 및 Mg의 화합물 형태이다.

또한, 바람직하게는, 상기 MgO계 산화물은 MgO계 산화물에 불순물을 도핑하여 형성되며 상기 불순물은 B, In, Zn, Tl, Al, Sn, Ga, Te, Si, C, Ge, N, P, As, Sb, Bi, S, Se, Br, I, Ti 또는 상기 금속들의 산화물, 또는 상기 금속들과 그 산화물이 혼합된 경우를 포함한다.

30 또한, 바람직하게는, 상기 제1 굴절을 조절층은 ZnO, Al-도핑 ZnO, In-도핑 ZnO, Ga-도핑 ZnO, ZrO_2 , TiO_2 , SiO_2 , SiO, Al_2O_3 , CuOx 또는 ITO를 포함한다.

또한, 바람직하게는, 상기 제1 반도체층은 n형 반도체 층이다.

또한, 바람직하게는, 상기 굴절을 조절층은 상기 제1 반도체층 상부에 위치한 투명한

오믹 전극층 상부에 형성된다.

- 본 발명의 다른 일 측면에 따른 발광소자의 제조방법은, 도전성 기판을 마련하는 단계; 상기 기판 상부에 제1 반도체층, 제2 반도체층 및 그 사이에 개재된 활성층을 포함하는 반도체 적층구조체를 형성하는 단계; 및 상기 제1 반도체층 상부에, 상기 제1 반도체층보다
- 5 굴절률이 작은 굴절을 조절층을 형성하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 한다.

여기서, 바람직하게, 상기 굴절을 조절층은, 상기 제1 반도체층 상에 형성되며 상기 제1 반도체층보다 굴절률이 작은 제1 굴절을 조절층; 및 상기 제1 굴절을 조절층 상에 형성되며 상기 제1 굴절을 조절층보다 굴절률이 작은 제2 굴절을 조절층을 포함하고, 상기 제2 굴절을 조절층에는 피라미드 구조가 형성된다.

10 【유리한 효과】

본 발명에 따르면, 발광다이오드의 반도체층과 대기 계면에서 일어나는 전반사를 방지하고 광추출효율을 향상시킴으로써 발광다이오드의 광출력을 종래기술 대비 획기적으로 향상시킬 수 있다.

- 또한, 본 발명에 따르면, 반도체층 표면에 요철을 형성하기 위한 별도의 추가적인
- 15 공정 없이 피라미드 구조를 가지는 굴절을 조절층을 형성할 수 있으므로 종래의 질화물갈륨계 발광다이오드의 제조 공정에 즉시 적용 가능하며, 수직형뿐만 아니라 상대적으로 표면에 피라미드 구조를 형성하기 어려운 수평형 발광 다이오드 구조에도 적용이 가능한 장점이 있고, 대면적 적용이 가능하여 제조원가 절감 측면에서 매우 효과적이다.

【도면의 간단한 설명】

- 20 도 1의 (a)는 본 발명의 일 실시예에 따라, 제1 굴절을 조절층, 및 피라미드 구조를 포함하는 제2 굴절을 조절층을 포함하는 질화물갈륨계 수직 발광다이오드 구조의 단면도이고, 도 1의 (b)는 상기 제1 및 제2 굴절을 조절층에 의해 광출력이 향상되는 것을 설명하기 위한 도면.

- 도 2의 (a)는 본 발명의 일 실시예에 따른 질화물갈륨계 수직 발광다이오드 및 상기
- 25 수직 발광다이오드 표면에 형성된 MgO 피라미드 구조를 보여주는 주사 전자 현미경(SEM) 사진이고, 도 2의 (b)는 평평한 n형 질화갈륨계 반도체층 표면의 SEM 사진이며, 도 2의 (c)는 ZnO층 표면의 SEM 사진.

- 도 3의 (a)는 본 발명의 일 실시예에 따른 MgO 피라미드 구조의 고해상도 투과전자현미경(TEM) 사진이며, 도 3의 (b)는 상기 MgO 피라미드의 결정 구조를 모식적으로
- 30 나타낸 도면.

도 4는 본 발명의 일 실시예에 따라 ZnO 굴절을 조절층, 및 피라미드 구조를 포함하는 MgO 굴절을 조절층을 포함하는 질화물갈륨계 수직형 발광다이오드의 전기 발광 스펙트럼을 나타내는 도면.

도 5는 본 발명의 일 실시예에 따라 ZnO 굴절을 조절층, 및 피라미드 구조를 포함하는 MgO 굴절을 조절층을 포함하는 질화물갈륨계 수직형 발광다이오드의 전류-전압 곡선을 나타내는 도면.

5 도 6의 (a)는 본 발명의 일 실시예에 따라 ZnO 굴절을 조절층, 및 피라미드 구조를 포함하는 MgO 굴절을 조절층을 포함하는 질화물갈륨계 수직형 발광다이오드와 종래의 평편한 n형 질화물갈륨계 반도체 표면을 가지는 수직형 발광다이오드의 2차원 배광 특성을 나타내는 도면이고, 도 6의 (b)는 본 발명의 각도에 따른 광출력 향상 특성을 나타내는 도면.

【발명의 실시를 위한 최선의 형태】

10 이하, 첨부한 도면들을 참조하여 본 발명의 실시예들을 상세히 설명하기로 한다. 이하의 실시예들은 당업자에게 본 발명의 사상이 충분히 전달될 수 있도록 하기 위해 예로서 제공되는 것이다. 따라서, 본 발명은 이하 설명되는 실시예들에 한정되지 않고 다른 형태로 구체화될 수도 있다. 그리고, 도면들에 있어서, 구성요소의 폭, 길이, 두께 등은 편의를 위하여 과장되어 표현될 수 있다. 명세서 전체에 걸쳐서 동일 유사한 참조번호들은 동일 유사한 구성요소들을 나타낸다.

15

이하, 도 1 내지 3을 참조하여, 본 발명의 일 실시예에 따른 발광소자의 구조에 대하여 자세히 살펴보기로 한다.

20 도 1의 (a)는 본 발명의 일 실시예에 따른 제1 굴절을 조절층(300), 및 피라미드 구조(450)를 갖는 제2 굴절을 조절층(400)을 포함하는 질화물갈륨계 수직 발광다이오드 구조를 도시한 단면도이고, 도 1의 (b)는 상기 제1 및 제2 굴절을 조절층(300, 400)에 의해 광출력이 향상되는 것을 나타내는 도면이다.

25 도 1의 (a)를 참조하면, 본 발명에 따른 질화물갈륨계 수직 발광다이오드는 기판(500)과, p형 오믹 전극층(100)과, n형 반도체층(210), 활성층(230) 및 p형 반도체층(250)을 포함하는 반도체 적층 구조체(200)와, 상기 반도체 적층 구조체(200)의 상부에 형성된 제1 굴절을 조절층(300) 및 제2 굴절을 조절층(400)과, n형 전극 패드(600)를 포함할 수 있다.

여기서, 다른 구성요소는 종래의 수직형 발광 다이오드의 구성과 다르지 않으므로 이하에서는 제1 굴절을 조절층(300) 및 제2 굴절을 조절층(400)에 대하여 자세히 설명하기로 한다.

30 본 발명의 일 실시예에 따르면, 굴절율을 조절하여 n형 반도체층(210) 표면에서 공기중으로 광을 방출시키기 위한 임계각을 증가시키기 위해, 질화갈륨계 반도체층의 굴절율($n \approx 2.5$)과 공기의 굴절률($n=1$)의 중간값을 가지는 제1 굴절을 조절층(300) 및 제2 굴절을 조절층(400)을 n형 반도체층(210) 상부에 형성할 수 있다.

또한, 상기 제1 굴절을 조절층(300)은 상기 n형 반도체층(210) 상부에 형성되며, 상기 n형 반도체층(210)보다 굴절률이 낮은(예를들어, $n=1.94$) ZnO계 박막층으로서, 본 발명이 이에 제한되는 것은 아니나, 예를들어, ZnO, Al-도핑 ZnO, In-도핑 ZnO, Ga-도핑 ZnO, ZrO_2 , TiO_2 , SiO_2 , SiO, Al_2O_3 , CuOx 또는 ITO를 포함하여 형성할 수 있다. 다만, 설명의 간략화를 위해서, 본 명세서에서는 제1 굴절을 조절층(300)을 단순히 ZnO(굴절을 조절)층으로 언급하기로 한다.

또한, 상기 제2 굴절을 조절층(400)은 상기 제1 굴절을 조절층(300)의 상부에 형성되며, 상기 제1 굴절을 조절층(300)보다 굴절률이 낮은 층(예를들어, $n=1.74$)으로서, 예를들어, MgO계 산화물로 형성될 수 있으며, 상기 MgO계 산화물은 MgO에 다른 원소를 첨가하여 형성된 3원계 또는 그 이상의 다원계 화합물을 포함할 수 있다.

여기서, 본 발명이 이에 제한되는 것은 아니나, 예를들어, 상기 3원계 화합물은 $Mg_xBe_{1-x}O$, $Mg_xCa_{1-x}O$, $Mg_xSr_{1-x}O$, $Mg_xBa_{1-x}O$ 를 포함하며, 상기 다원계 화합물은 Be, Ca, Sr, Ba 원소 중 2종 이상의 원소 및 Mg의 화합물 형태일 수 있다.

또한, 상기 MgO계 산화물은 MgO계 산화물에 불순물을 도핑하여 형성될 수 있으며, 상기 불순물은, 비제한적이나, 예를들어, B, In, Zn, Tl, Al, Sn, Ga, Te, Si, C, Ge, N, P, As, Sb, Bi, S, Se, Br, I, Ti 또는 상기 금속들의 산화물, 또는 상기 금속들과 그 산화물이 혼합된 경우를 포함할 수 있다. 다만, 설명의 간략화를 위해서, 본 명세서에서 제2 굴절을 조절층(400)을 단순히 MgO(굴절을 조절)층으로 언급하기로 한다.

또한, 본 발명에 따르면, 상기 제1 및 제2 굴절을 조절층(300, 400)은, n형 반도체층(210) 상부에 형성될 수 있으나, 실시예에 따라, n형 반도체층(210) 상부에 형성된 투명한 n형 오믹 전극층(미도시)의 상부에 형성될 수도 있다. 이때는, 상기 n형 오믹 전극층보다 굴절률이 작은 제1 및 제2 굴절을 조절층을 포함하며, 상기 제2 굴절을 조절층 표면에 피라미드 구조물이 형성될 수 있다.

또한, 본 발명에 따르면, 제1 및 제2 굴절을 조절층(300, 400)은 항상 함께 형성되어야 하는 것은 아니며, n형 반도체층(210) 상에 상기 n형 반도체층(210)보다 굴절률이 낮은 제1 굴절을 조절층(300) 또는 제2 굴절을 조절층(400)이 하나만 형성될 수도 있고, 이들이 도 1에 도시된 바와 같이 순차적으로 적층될 수도 있다. 예를들어, 제1 굴절을 조절층(300)만이 형성된 경우의 효과는 도 4 및 도 5를 참조하면 알 수 있고, 다만, 이하에서는 제1 및 제2 굴절을 조절층(300, 400)이 모두 형성된 경우의 예를 주로 설명하기로 한다.

도 1의 (b)를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따를 때, n형 반도체층(210)과 제1 굴절을 조절층(300) 사이에서의 임계각은 예를들어, 약 50.9도로서, n형 반도체층(210)과 공기 사이에서의 임계각인 약 23.6도에 비해 크게 증가한 값을 나타내며, 제1 굴절을 조절층(300)과 제2 굴절을 조절층(400) 사이에서의 임계각은 예를들어, 약 63.1도로서 더욱

증가된 값을 나타낸다.

도 2의 (a)는 본 발명의 일 실시예에 따른 질화물갈륨계 수직 발광다이오드 및 상기 수직 발광다이오드 표면에 형성된 MgO 굴절을 조절층(400)의 피라미드 구조를 보여주는 주사 전자 현미경(SEM) 사진이고, 도 2의 (b)는 평편한 n형 반도체층 표면(210)을 나타내는 SEM 사진이며, 도 2의 (c)는 ZnO 굴절을 조절층(300)의 표면을 나타내는 SEM 사진이다.

도 2의 (a)를 참조하면, 제2 굴절을 조절층(400)의 표면에 피라미드 구조(450)가 성공적으로 형성된 것을 알 수 있다. 이에 반해, 도 2의 (b) 및 (c)를 참조하면, n형 반도체층 표면(210) 및 ZnO 굴절을 조절층(300)은 평편한 표면을 갖는다는 것을 확인할 수 있으므로, 본 발명의 일 실시예에 따른 굴절을 조절층의 피라미드 구조물(450)은 제2 굴절을 조절층(400)에 형성됨을 알 수 있다.

도 3의 (a)는 본 발명의 일 실시예에 따라 형성된 MgO 피라미드 구조(450)의 고해상도 투과전자현미경(TEM) 사진이며, 도 3의 (b)는 MgO 피라미드(450)의 결정 구조를 모식적으로 나타낸 도면이다.

도 3의 (a)를 참조하면, 투과전자현미경 사진에서 MgO 피라미드 구조(450)는 (200) 결정면으로 끝나 있으며, (111) 결정면의 성장 방향을 가지는 것을 알 수 있다. 이는 암염(Rock salt) 구조를 가지는 MgO층에서 (111) 결정면에 비해 (200) 결정면이 더욱 낮은 표면 에너지를 가지기 때문에, 증착 과정에서 박막의 에너지를 낮추기 위해 자발적으로 이루어지는 과정으로 설명할 수 있다.

즉, 본 발명의 일 실시예에 따른 때, 제2 굴절을 조절층(400)의 표면에는 증착 과정에서 별도의 추가적인 공정 없이 피라미드 구조(450)가 형성될 수 있으며, 이로써, 본 발명에 따른 때, 종래의 발광소자 제조 공정을 크게 변형하지 않고도, 제2 굴절을 조절층의 피라미드 구조(450)에 의해 상기 제2 굴절을 조절층(400)으로 입사한 광을 산란시켜 많은 빛이 공기 중으로 방출될 수 있도록 할 수 있다.

이하, 도 4 내지 도 6을 참조하여, 본 발명에 따른 발광소자의 광출력 특성에 대하여 살펴보기로 한다.

도 4는 본 발명의 일 실시예에 따라 형성된 ZnO 굴절을 조절층(300), 및 피라미드 구조(450)를 갖는 MgO 굴절을 조절층(400)을 포함하는 질화물갈륨계 수직형 발광다이오드의 전기 발광(electroluminescence; EL) 스펙트럼을 나타내는 도면이다.

한편, 도 4의 그래프에는 비교를 위해, ZnO 굴절을 조절층(300) 및 MgO 굴절을 조절층(400)을 포함하는 수직형 발광다이오드의 전기 발광 스펙트럼은 물론, 종래의 평편한 n형 반도체층 표면을 갖는 수직형 발광다이오드의 경우와 n형 반도체층(210) 상에 평편한 ZnO 굴절을 조절층(즉, 제1 굴절을 조절층)만을 추가로 갖는 수직형 발광 다이오드의 경우가

함께 도시되어 있다.

도 4를 참조하면, 종래의 평편한 n형 반도체층 표면을 갖는 수직형 발광다이오드에
비하여 n형 반도체층(210) 표면에 ZnO 굴절을 조절층(300)을 포함하는 경우에 임계각 증가에
의해 광출력이 향상된 것을 알 수 있으며, ZnO 굴절을 조절층(300)과 MgO 굴절을
5 조절층(400)을 동시에 포함하는 경우에는, 발광다이오드의 광출력이 더욱 향상되어 최대 1.5배
증가함을 알 수 있다.

본 발명의 일 실시예에 따른 상기 ZnO 및 MgO 굴절을 조절층(300, 400)과 MgO
피라미드 구조(450)는, 제조단가가 높고 대면적 웨이퍼 공정에는 적용이 어려운 전자선
리소그래피 패터닝을 사용하지 않고, 일반적인 광 리소그래피 패터닝을 사용하여 제작하는
10 것이 가능하다.

제한적이지는 않으나, 예를들어, 광 리소그래피를 이용해 포토레지스트(PR) 패턴을
형성한 후, 전자빔 증착법을 이용해 ZnO 및 MgO 굴절을 조절층(300, 400)을 증착한 후,
아세톤을 이용한 리프트오프(lift-off) 방법을 이용하여 상기 PR을 제거하면, n형
반도체층(210) 표면에만 ZnO 및 MgO 굴절을 조절층(300, 400)을 형성할 수 있다. 이 방법은
15 피라미드 구조(450)의 형성을 위해, 별도의 추가적인 공정이 필요하지 않는 것을 특징으로
하기 때문에, 대면적 적용과 제조 단가 측면에서 매우 효과적이다.

도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 ZnO 굴절을 조절층(300), 및 피라미드
구조(450)를 갖는 MgO 굴절을 조절층(400)을 포함하는 질화물갈륨계 수직형 발광다이오드의
전류-전압 곡선을 나타낸다.

20 한편, 도 5의 그래프에는 비교를 위해, ZnO 굴절을 조절층(300) 및 MgO 굴절을
조절층(400)을 포함하는 수직형 발광다이오드의 전류-전압 곡선은 물론, 종래의 평편한 n형
반도체층 표면을 갖는 수직형 발광다이오드의 경우와 n형 반도체층(210)상에 ZnO 굴절을
조절층(즉, 제1 굴절을 조절층)(300)만을 추가로 갖는 수직형 발광 다이오드의 경우가 함께
도시되어 있다.

25 도 5를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따라 ZnO 굴절을 조절층(300) 및 MgO
굴절을 조절층(400)을 형성하더라도, 발광 다이오드의 전기적 특성의 저하는 없는 것을 알 수
있다.

도 6의 (a)는 본 발명의 일 실시예에 따라, ZnO 굴절을 조절층(300), 및 MgO
피라미드 구조(450)를 포함하는 MgO 굴절을 조절층(400)을 포함하는 질화물갈륨계 수직형
30 발광다이오드와, 종래의 평편한 n형 질화물갈륨계 반도체층 표면을 가지는 수직형
발광다이오드의 2차원 배광 특성 및 본 발명의 각도에 따른 광출력 향상 특성을 나타내는
도면이다.

도 6의 (a)를 참조하면, 종래의 평편한 n형 반도체층 표면을 가지는 수직형 발광

다이오드는 임계각이 약 23.6도로서 작기 때문에 n형 반도체층 표면에서 수직인 방향으로 광출력이 크게 나타나며, 측면으로 갈수록 광출력이 급격하게 감소하는 것을 알 수 있다. 이에 반해, 본 발명의 일 실시예에 따라 ZnO 굴절을 조절층(300), 및 MgO 피라미드(450)를 포함하는 MgO 굴절을 조절층(400)을 포함하는 수직형 발광다이오드의 경우에는 측면에서의

5 광출력이 크게 증가하였으며, 굴절방향의 빛 또한 증가한 것을 알 수 있다. 또한, 이러한 사실은 도 6의 (b)에 의한 검출각도에 따른 그래프를 통해서도 확인할 수 있다.

따라서, 전술한 바와 같이, 본 발명의 일 실시예에 따라, 제1 굴절을 조절층(300) 및 제2 굴절을 조절층(400)을 n형 반도체층(210)의 상부에 형성하고, 상기 제2 굴절을 조절층(400)이 피라미드 구조(450)를 포함하는 경우, 질화물갈륨계 수직형 발광다이오드의

10 광출력 특성 및 배광 특성을 향상시킬 수 있음을 알 수 있다.

이상, 본 발명의 특정 실시예에 대해 예시적으로 설명하였지만, 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 본 발명의 본질적인 특성에서 벗어나지 않는 범위 내에서 다양한 수정 및 변형이 가능할 것이다. 따라서 앞서 설명된 특정 실시예는 본 발명의

15 기술 사상을 한정하기 위한 것이 아니라 단지 더 잘 이해할 수 있도록 설명하기 위한 것으로 이해되어야 한다. 본 발명의 권리 범위는 이러한 실시예에 의해 한정되지 않으며, 아래 청구범위에 의해 해석되어야 하며, 그와 균등한 범위 내에 있는 기술 사상은 본 발명의 권리범위에 포함되는 것으로 해석되어야 한다.

【청구의 범위】

【청구항 1】

기관;

상기 기관 상부에 형성된 제1 반도체층, 제2 반도체층 및 그 사이에 개재된 활성층;

5 및

상기 제1 반도체층 상부에, 상기 제1 반도체층보다 굴절률이 작은 굴절을 조절층을 포함하는 것을 특징으로 하는 발광소자.

【청구항 2】

청구항 1에 있어서,

10 상기 굴절을 조절층은,

상기 제1 반도체층 상에 형성되며 상기 제1 반도체층보다 굴절률이 작은 제1 굴절을 조절층; 및

상기 제1 굴절을 조절층 상에 형성되며 상기 제1 굴절을 조절층보다 굴절률이 작은 제2 굴절을 조절층을 포함하고,

15 상기 제2 굴절을 조절층에는 피라미드 구조가 형성되는 것을 특징으로 하는 발광소자.

【청구항 3】

청구항 2에 있어서,

상기 제1 반도체층은 질화물계 반도체층이고,

상기 제1 굴절을 조절층은 ZnO계 산화물 반도체층인 것을 특징으로 하는 발광소자.

20 【청구항 4】

청구항 2에 있어서,

상기 제2 굴절을 조절층은 MgO계 산화물로 형성되며, 상기 MgO계 산화물은 MgO에 다른 원소를 첨가하여 형성된 3원계 또는 그 이상의 다원계 화합물을 포함하는 것을 특징으로 하는 발광소자.

25 【청구항 5】

청구항 4에 있어서,

상기 3원계 화합물은 $Mg_xBe_{1-x}O$, $Mg_xCa_{1-x}O$, $Mg_xSr_{1-x}O$, $Mg_xBa_{1-x}O$ 을 포함하며, 상기 다원계 화합물은 Be, Ca, Sr, Ba 원소 중 2종 이상의 원소 및 Mg의 화합물 형태인 것을 특징으로 하는 발광소자.

30 【청구항 6】

청구항 4에 있어서,

상기 MgO계 산화물은 MgO계 산화물에 불순물을 도핑하여 형성되며, 상기 불순물은 B, In, Zn, Tl, Al, Sn, Ga, Te, Si, C, Ge, N, P, As, Sb, Bi, S, Se, Br, I, Ti 또는 상기 금속들의

산화물, 또는 상기 금속들과 그 산화물이 혼합된 경우를 포함하는 것을 특징으로 하는 발광소자.

【청구항 7】

청구항 2에 있어서,

- 5 상기 제1 굴절을 조절층은 ZnO, Al-도핑 ZnO, In-도핑 ZnO, Ga-도핑 ZnO, ZrO₂, TiO₂, SiO₂, SiO, Al₂O₃, CuOx 또는 ITO를 포함하는 것을 특징으로 하는 발광소자.

【청구항 8】

청구항 1에 있어서,

상기 제1 반도체층은 n형 반도체 층인 것을 특징으로 하는 발광소자.

10 【청구항 9】

청구항 1에 있어서, 상기 굴절을 조절층은 상기 제1 반도체층 상부에 위치한 투명한 오믹 전극층 상부에 형성되는 것을 특징으로 하는 발광소자.

【청구항 10】

도전성 기판을 마련하는 단계;

- 15 상기 기판 상부에 제1 반도체층, 제2 반도체층 및 그 사이에 개재된 활성층을 포함하는 반도체 적층구조체를 형성하는 단계; 및

상기 제1 반도체층 상부에, 상기 제1 반도체층보다 굴절률이 작은 굴절을 조절층을 형성하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 발광소자의 제조방법.

【청구항 11】

- 20 청구항 10에 있어서,

상기 굴절을 조절층은,

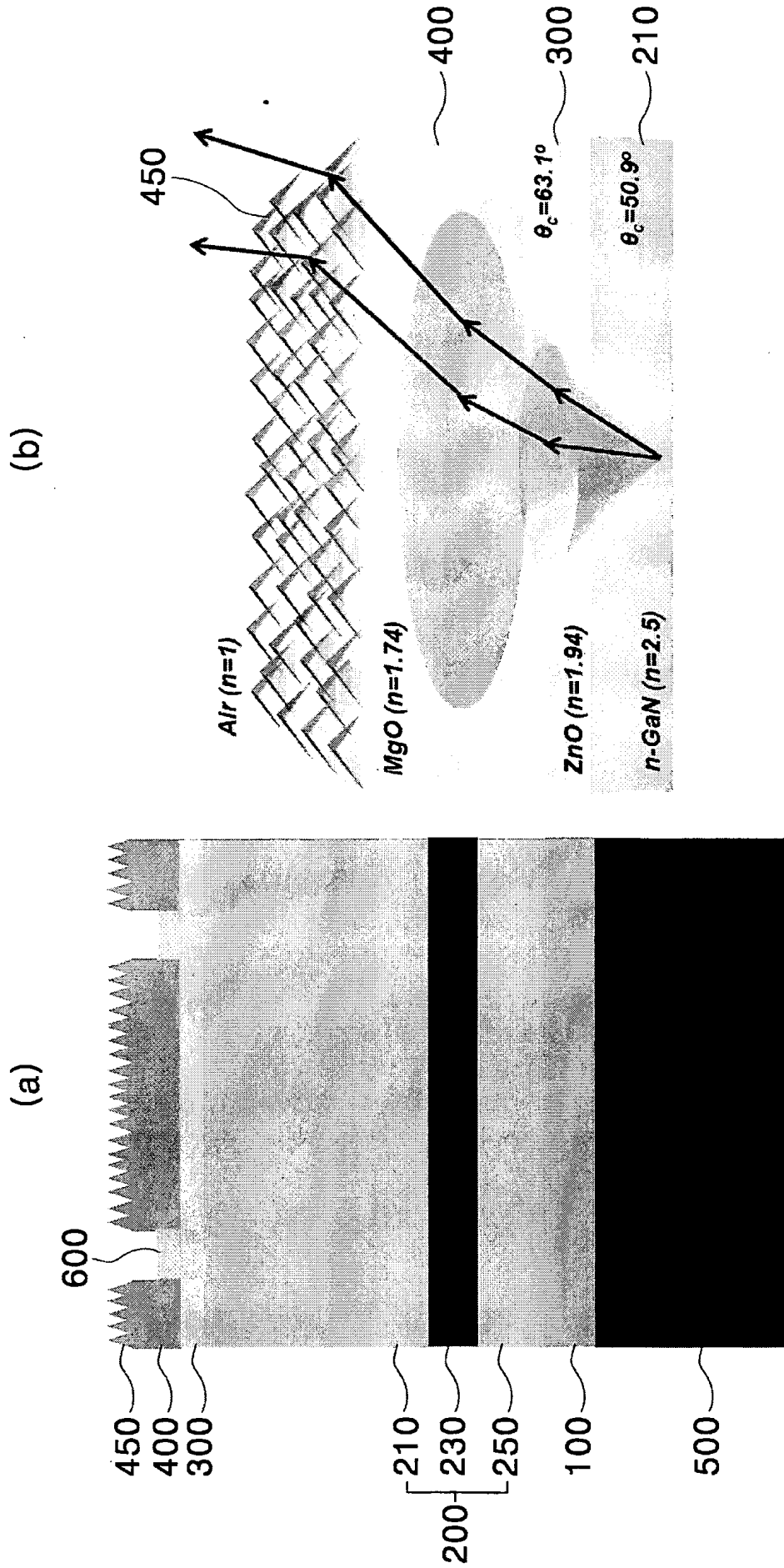
상기 제1 반도체층 상에 형성되며 상기 제1 반도체층보다 굴절률이 작은 제1 굴절을 조절층; 및

- 25 상기 제1 굴절을 조절층 상에 형성되며 상기 제1 굴절을 조절층보다 굴절률이 작은 제2 굴절을 조절층을 포함하고,

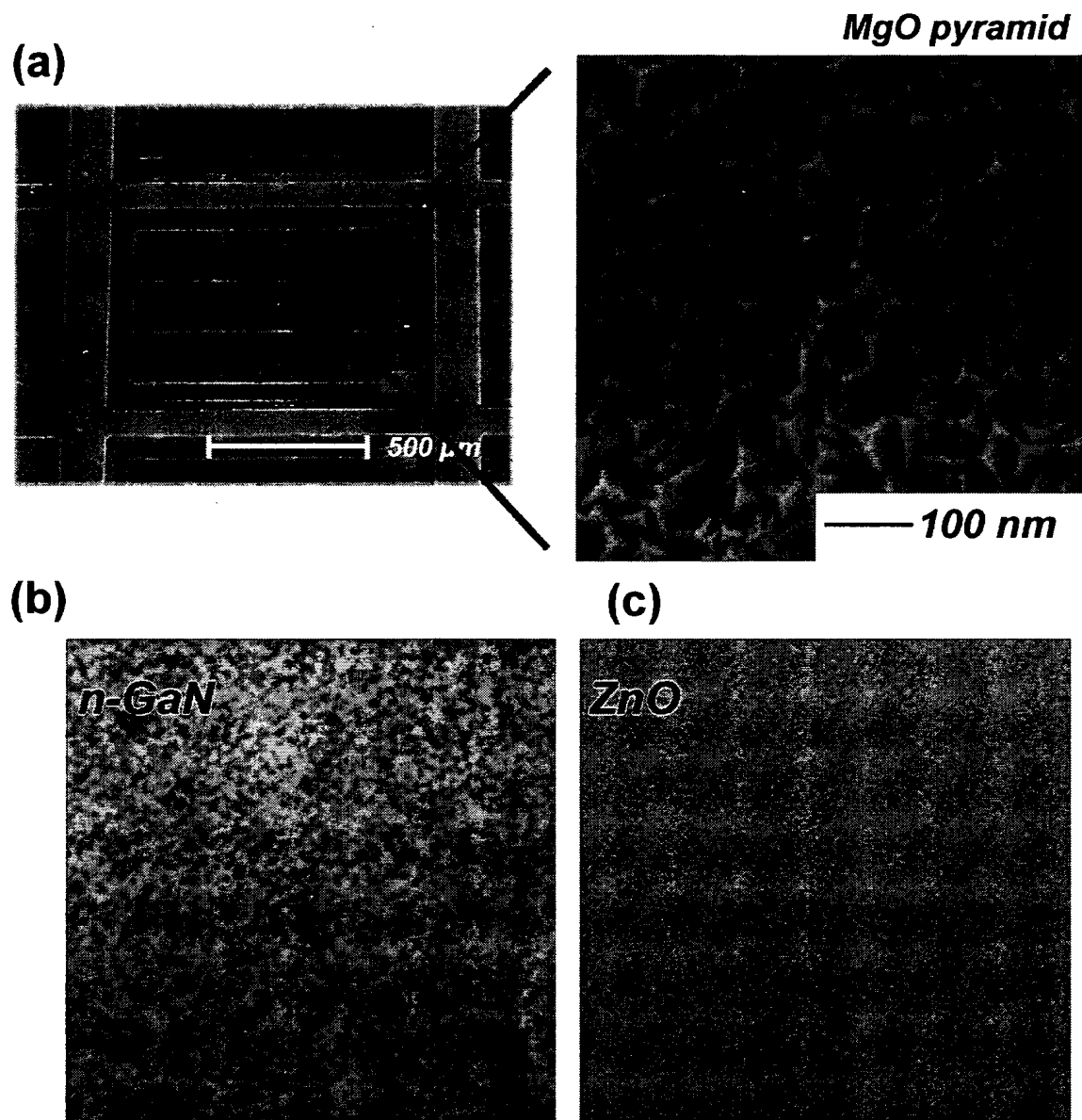
상기 제2 굴절을 조절층에는 피라미드 구조가 형성되는 것을 특징으로 하는 발광소자의 제조방법.

【도면】

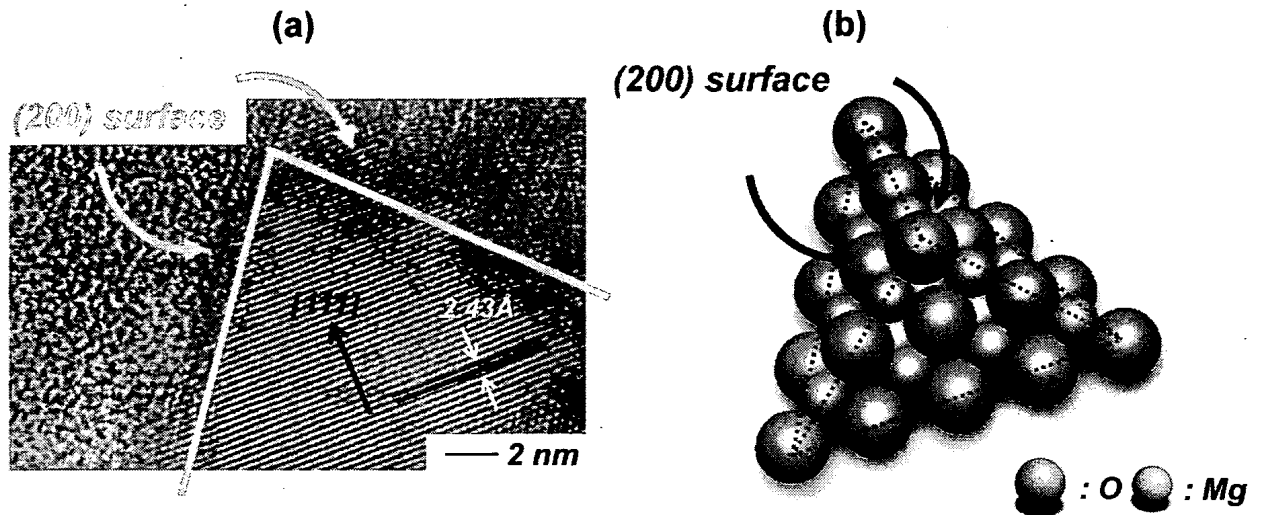
【도 1】



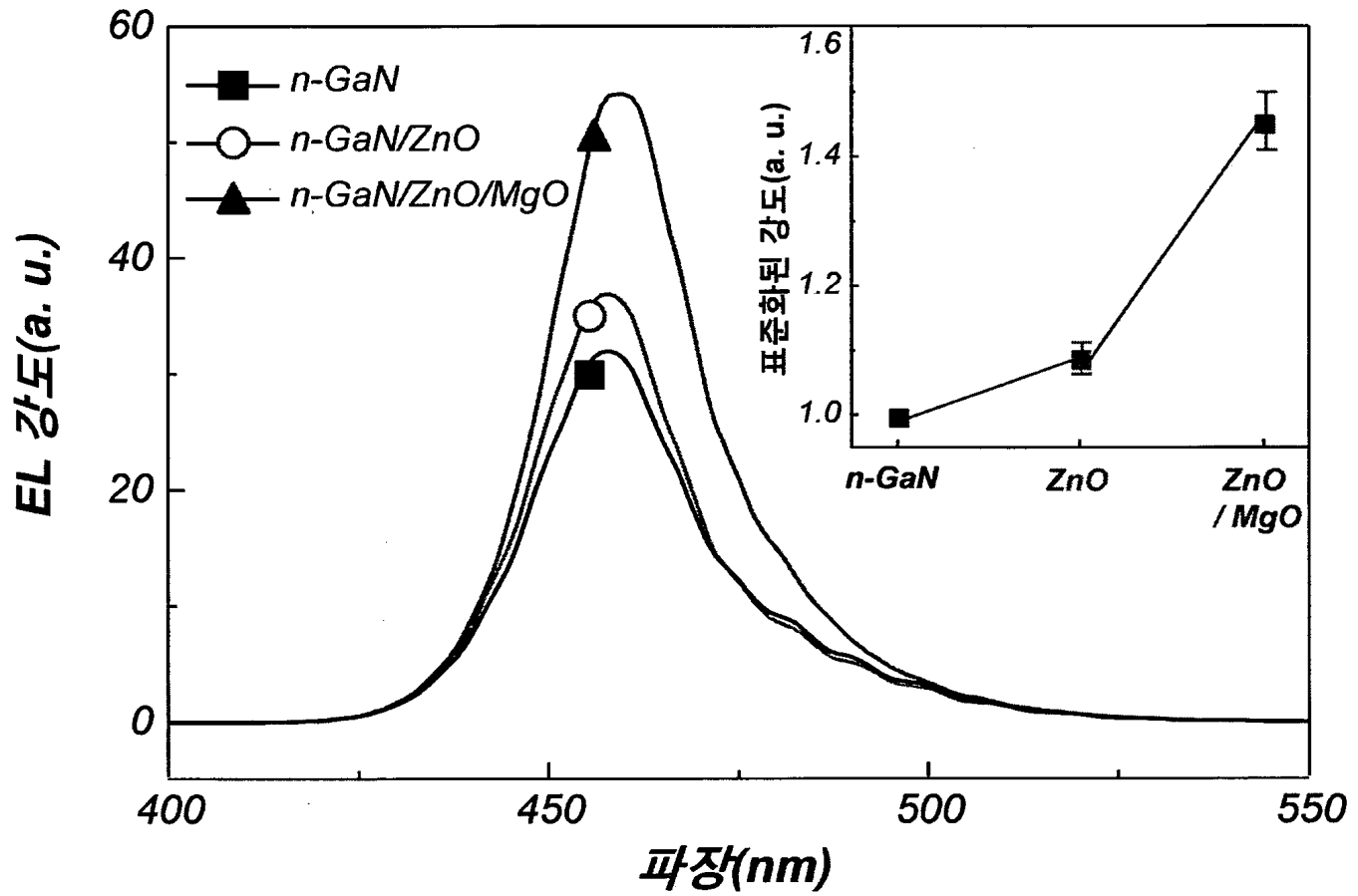
【도 2】



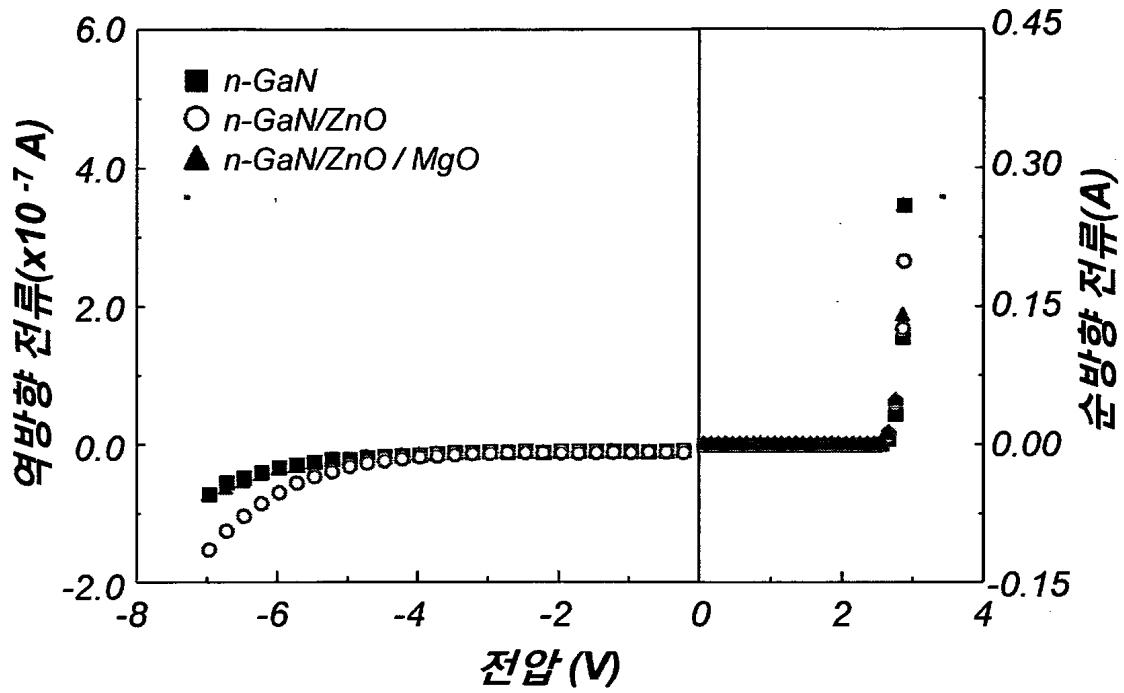
【도 3】



【도 4】



【도 5】



【도 6】

