



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2021년10월15일
(11) 등록번호 10-2313954
(24) 등록일자 2021년10월12일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 33/06 (2010.01) H01L 33/16 (2010.01)
H01L 33/32 (2010.01)
(52) CPC특허분류
H01L 33/06 (2013.01)
H01L 33/16 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2020-0034334
(22) 출원일자 2020년03월20일
심사청구일자 2020년03월20일
(65) 공개번호 10-2021-0117727
(43) 공개일자 2021년09월29일
(56) 선행기술조사문헌
KR1020190118798 A*
(뒷면에 계속)

(73) 특허권자
세종대학교산학협력단
서울특별시 광진구 능동로 209 (군자동, 세종대학교)
(72) 발명자
이내성
서울시 서대문구 통일로 395번지 홍제센트럴아이파크 101-1003
이석현
광주광역시 광산구 임방울대로 673-5, 첨단7차라인아파트 706-502 (월계동)
(74) 대리인
특허법인이상

전체 청구항 수 : 총 18 항

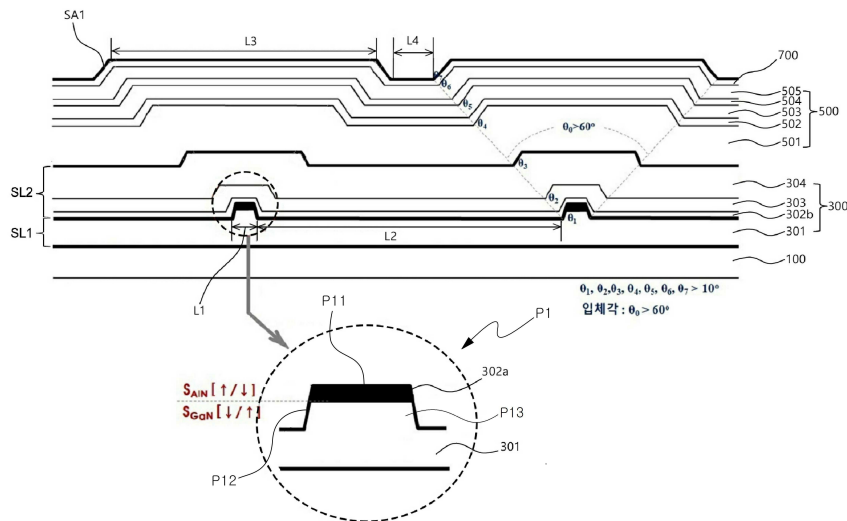
심사관 : 배성주

(54) 발명의 명칭 스트레인 자체 해소 입체구조를 가지는 고효율 자외선 발광소자

(57) 요약

본 발명의 일 실시예는 스트레인 자체 해소 입체구조를 가지는 고효율 자외선 발광소자를 제공한다. 자외선 발광소자는 기관; 상기 기관 상에 형성되며 돌출부가 형성된 제1 지지부와, 상기 제1 지지부 상에 형성되어 상기 돌출부를 따르는 프로파일을 가지는 제2 지지부를 가져서, 상기 돌출부로 인한 입체구조를 가지도록 형성되는 하부 구조; 상기 하부 구조 상에 형성되며 상기 입체구조의 프로파일을 따른 프로파일을 갖도록 형성되는 발광부; 및 상기 발광부 상에 형성되어 외부와 전기적 접촉을 하는 전극 접촉층을 포함하며, 상기 하부 구조의 입체구조에 있어서, 상기 돌출부는 상부 평면과 상기 상부 평면으로부터 이어진 경사면을 가지며, 상기 제2 지지부는 상기 돌출부에 상응하는 상부 평면과 경사면을 가지며, 상기 돌출부는 스트레인의 방향이 서로 반대인 층들을 포함하여 스트레인 해소구조를 가진다.

대표도 - 도2



(52) CPC특허분류
H01L 33/32 (2013.01)

(56) 선행기술조사문헌
KR100864609 B1
JP2006080497 A
KR1020090026688 A*
KR1020160043751 A*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

명세서

청구범위

청구항 1

스트레인 자체 해소 입체구조를 가지는 고효율 자외선 발광소자에 있어서,

기관;

상기 기관 상에 형성되며 돌출부가 형성된 제1 지지부와, 상기 제1 지지부 상에 형성되어 상기 돌출부를 따르는 프로파일을 가지는 제2 지지부를 가져서, 상기 돌출부로 인한 입체구조를 가지도록 형성되는 하부 구조;

상기 하부 구조 상에 형성되며 상기 입체구조의 프로파일을 따른 프로파일을 갖도록 형성되는 발광부; 및

상기 발광부 상에 형성되어 외부와 전기적 접촉을 하는 전극 접촉층을 포함하며,

상기 하부 구조의 입체구조에 있어서, 상기 돌출부는 상부 평면과 상기 상부 평면으로부터 이어진 경사면을 가지며, 상기 제2 지지부는 상기 돌출부에 상응하는 상부 평면과 경사면을 가지며, 상기 제2 지지부는, 상기 제1 지지부의 평탄한 부분 및 상기 돌출부의 상부 평면으로부터의 수직방향 성장과, 상기 상부 평면으로부터의 수직 방향을 회전축으로 하여 상기 돌출부의 경사면으로부터 전방향성장이 함께 이루어져서 형성된 층이며,

상기 돌출부는 스트레인의 방향이 서로 반대인 층들을 포함하여 스트레인 해소구조를 가지고,

상기 제1 지지부의 돌출부는 경사면의 일부가 되는 제1 스트레인 균형층, 상기 제1 스트레인 균형층 상에 순차로 적층되며 측면이 상기 돌출부의 경사면의 일부가 되는 제1 스트레인 정합층, 제1 상부 지지층 및 돌출부 접촉층을 포함하며,

상기 제1 스트레인 균형층은 $Al_xGa_{1-x}N(0 < x \leq 1)$ 으로 이루어지고,

상기 제1 스트레인 정합층은 $Al_aGa_{1-a}N(0 < a < 1, a < x)$ 으로 이루어지며,

상기 제1 상부 지지층은 $Al_bGa_{1-b}N(0 < b < 1, b \leq a)$ 으로 이루어지며,

상기 돌출부 접촉층은 $n-Al_yGa_{1-y}N(0 < y < 1, y < a)$ 으로 이루어진 것을 특징으로 하는 자외선 발광소자.

청구항 2

청구항1에 있어서,

상기 제1 지지부는,

상기 기관의 상면에 형성된 하부 지지층과 상기 돌출부를 포함하고,

상기 제1 지지부의 돌출부는,

상기 하부 지지층과 동일한 재료로 상기 하부 지지층으로부터 돌출되며, 측면이 상기 돌출부의 경사면의 일부가 되는 하부 돌기; 및

상기 하부 돌기 상에 형성되며, 측면이 상기 돌출부의 경사면의 일부가 되는 제1 스트레인 균형층을 포함하며,

상기 하부 돌기와 상기 제1 스트레인 균형층은, 상기 제2 지지부의 성장시 서로 반대방향의 스트레인이 작용하여, 상기 스트레인 해소구조로 작용하는 것을 특징으로 하는 자외선 발광소자.

청구항 3

청구항1에 있어서,

상기 제1 지지부는,

상기 기관의 상면에 형성된 하부 지지층과 상기 돌출부를 포함하고,

상기 제1 지지부의 돌출부는,

상기 하부 지지층과 동일한 재질로 상기 하부 지지층으로부터 돌출되며, 측면이 상기 돌출부의 경사면의 일부가 되는 하부 돌기; 및

상기 하부 돌기 상에 형성되며, 측면이 상기 돌출부의 경사면의 일부가 되는 제1 스트레인 균형층, 상기 제1 스트레인 균형층 상에 적층되며 측면이 상기 돌출부의 경사면의 일부가 되는 제1 스트레인 정합층을 포함하며,

상기 돌출부의 하부 돌기와 상기 제1 스트레인 균형층 및 상기 제1 스트레인 정합층은 상기 제2 지지부의 성장시 서로 반대방향의 스트레인이 작용하여 상기 스트레인 해소구조로 작용하는 것을 특징으로 하는 자외선 발광소자.

청구항 4

청구항1에 있어서,

상기 제1 지지부는,

상기 기관의 상면에 형성된 하부 지지층과 상기 돌출부를 포함하고,

상기 제1 지지부의 돌출부는,

상기 하부 지지층과 동일한 재질로 상기 하부 지지층으로부터 돌출되며, 측면이 상기 돌출부의 경사면의 일부가 되는 하부 돌기; 및

상기 하부 돌기 상에 형성되며, 측면이 상기 돌출부의 경사면의 일부가 되는 제1 스트레인 균형층, 상기 제1 스트레인 균형층 상에 순차로 적층되며, 측면이 상기 돌출부의 경사면의 일부가 되는 제1 스트레인 정합층 및 제1 상부 지지층을 포함하며,

상기 돌출부의 하부 돌기와 상기 제1 스트레인 균형층, 상기 제1 스트레인 정합층 및 상기 제1 상부 지지층은 상기 제2 지지부의 성장시 서로 반대방향의 스트레인이 작용하여 상기 스트레인 해소구조로 작용하는 것을 특징으로 하는 자외선 발광소자.

청구항 5

청구항1에 있어서,

상기 제1 지지부는,

상기 기관의 상면에 형성된 하부 지지층과 상기 돌출부를 포함하고,

상기 제1 지지부의 돌출부는,

상기 하부 지지층과 동일한 재질로 상기 하부 지지층으로부터 돌출되며, 측면이 상기 돌출부의 경사면의 일부가 되는 하부 돌기; 및

상기 하부 돌기 상에 형성되며, 측면이 상기 돌출부의 경사면의 일부가 되는 제1 스트레인 균형층, 상기 제1 스트레인 균형층 상에 순차로 적층되며 측면이 상기 돌출부의 경사면의 일부가 되는 제1 스트레인 정합층, 제1 상부 지지층 및 돌출부 접착층을 포함하며,

상기 돌출부의 하부 돌기와 상기 제1 스트레인 균형층, 상기 제1 스트레인 정합층, 상기 제1 상부 지지층 및 상기 돌출부 접착층은 상기 제2 지지부의 성장시 서로 반대방향의 스트레인이 작용하여 상기 스트레인 해소구조로 작용하는 것을 특징으로 하는 자외선 발광소자.

청구항 6

삭제

청구항 7

청구항1에 있어서,

상기 제2 지지부는,

상기 제1 지지부 상에 적층되는 제2 스트레인 균형층; 및
 상기 제2 스트레인 균형층 상에 형성되는 제2 상부 지지층을 포함하는 것을 특징으로 하는 자외선 발광소자.

청구항 8

청구항7에 있어서,
 상기 제2 지지부는,
 상기 제2 스트레인 균형층과 상기 제2 상부 지지층 사이에 개재된 제2 스트레인 정합층을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 자외선 발광소자.

청구항 9

청구항8에 있어서,
 상기 제2 스트레인 균형층은 $Al_xGa_{1-x}N(0 < x \leq 1)$ 으로 이루어지며,
 상기 제2 스트레인 정합층은 $Al_aGa_{1-a}N(0 < a < 1, a < x)$ 으로 이루어지며,
 상기 제2 상부 지지층은 $Al_bGa_{1-b}N(0 < b < 1, b \leq a)$ 으로 이루어진 것을 특징으로 하는 자외선 발광소자.

청구항 10

청구항1에 있어서,
 상기 발광부는,
 상기 제2 지지부 상에 형성되는 층간 접촉층;
 상기 층간 접촉층 상에 형성되는 제1 스트레인 제어층;
 상기 제1 스트레인 제어층 상에 형성되는 발광층;
 상기 발광층 상에 형성되는 제2 스트레인 제어층; 및
 상기 제2 스트레인 제어층 상에 형성되는 홀 공급층을 포함하는 것을 특징으로 하는 자외선 발광소자.

청구항 11

청구항10에 있어서,
 상기 층간 접촉층은 $n-Al_yGa_{1-y}N(0 < y \leq 1, y < b)$ 로 이루어지고,
 상기 제1 스트레인 제어층은 $Al_{c1}Ga_{1-c1}N(0 < c1 < 1, c1 \leq y)$ 으로 이루어지며,
 상기 발광층은 $Al_mGa_{1-m}N/Al_nGa_{1-n}N(0 < m, n < 1, m < n)$ 으로 이루어지며,
 상기 제2 스트레인 제어층은 $Al_{c2}Ga_{1-c2}N(0 < c2 < 1, c2 \geq z)$ 으로 이루어지며,
 상기 홀 공급층은 $p-Al_zGa_{1-z}N(0 < z < 1, z \geq y)$ 으로 이루어진 것을 특징으로 하는 자외선 발광소자.

청구항 12

청구항1에 있어서,
 상기 입체구조의 단면상에서 각층의 경사면의 하단을 연결한 가상의 선이 이루는 사잇각으로 정의되는 입체각이 60도 이상인 것을 특징으로 하는 자외선 발광소자.

청구항 13

청구항1에 있어서,

상기 입체구조의 경사면은 상기 기관의 상면으로부터 10도(degree) 이상의 각을 이루도록 형성되며,

전체 입체구조의 단면상에서 각층의 경사면의 하단을 연결한 가상의 선이 이루는 사잇각으로 정의되는 입체각이 60도 이상이며,

상기 전극 접촉층의 상부 평면 및 경사면을 포함하는 전체 입체 구조의 유효면적이 상기 기관의 전체 평면 면적 대비 60% 이하인 것을 특징으로 하는 자외선 발광소자.

청구항 14

청구항3에 있어서,

상기 제1 스트레인 정합층이 상기 제1 스트레인 균형층보다 더 두껍게 형성된 것을 특징으로 하는 자외선 발광소자.

청구항 15

청구항4에 있어서,

상기 제1 상부 지지층은 상기 제1 스트레인 균형층보다 5배 이상 큰 두께를 가지도록 형성된 것을 특징으로 하는 자외선 발광소자.

청구항 16

삭제

청구항 17

청구항1에 있어서,

상기 제1 지지부는,

상기 기관의 상면에 형성된 하부 지지층

상기 하부 지지층 상에 형성된 스트레인 균형층;

상기 스트레인 균형층 상에 형성된 스트레인 정합층;

상기 스트레인 정합층 상에 형성된 제1 상부 지지층; 및

상기 제1 상부 지지층으로부터 돌출되는 상기 돌출부를 포함하는 것을 특징으로 하는 자외선 발광소자.

청구항 18

청구항1에 있어서,

상기 제2 지지부는 제2 상부 지지층을 포함하고,

상기 돌출부(P1)의 상부 평면과 경사면을 포함하는 돌출부의 입체구조의 유효면적은 상기 기관의 전체 평면 면적 대비 60% 이하인 것을 특징으로 하는 자외선 발광소자.

청구항 19

청구항1에 있어서,

상기 제1 지지부는 제1 스트레인 정합층을 포함하고,

상기 제2 지지부는 제2 스트레인 정합층을 포함하며,

상기 제1 스트레인 정합층 및 상기 제2 스트레인 정합층은 Al조성을 단계적으로 감소시켜 적층시킨

$Al_{a1}Ga_{1-a1}N(0 < a1 < 1)$ 층/ $Al_{a2}Ga_{1-a2}N(0 < a2 < 1, a2 < a1)$ 층/ $Al_{a3}Ga_{1-a3}N(0 < a3 < 1, a3 < a2)$ 층을 포함하는 것을 특징으로 하는 자외선 발광소자.

청구항 20

청구항1에 있어서,

상기 제1 지지부는 제1 스트레인 정합층을 포함하고,

상기 제2 지지부는 제2 스트레인 정합층을 포함하며,

상기 제1 스트레인 정합층 및 상기 제2 스트레인 정합층은 Al 조성을 점진적으로 감소시켜 적층시킨

$Al_{a_1}Ga_{1-a_1}N(0 < a_1 < 1)$ 층/ $Al_{(a_1 \rightarrow a_2)}Ga_{1-(a_1 \rightarrow a_2)}N(0 < (a_1 \rightarrow a_2) < 1)$ 층/ $Al_{a_2}Ga_{1-a_2}N(0 < a_2 < 1, a_2 < a_1)$ 층/ $Al_{(a_2 \rightarrow a_3)}Ga_{1-(a_2 \rightarrow a_3)}N(0 < (a_2 \rightarrow a_3) < 1)$ 층/ $Al_{a_3}Ga_{1-a_3}N(0 < a_3 < 1, a_3 < a_2)$ 층/ $Al_{a_2}Ga_{1-a_2}N(0 < a_2 < 1, a_2 < a_1)$ 층/ $Al_{a_3}Ga_{1-a_3}N(0 < a_3 < 1, a_3 < a_2)$ 층을

포함하는 것을 특징으로 하는 자외선 발광소자.

발명의 설명

기술 분야

- [0001] 본 발명은 스트레인 자체 해소 입체구조를 가지는 고효율 자외선 발광소자에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 복수의 층이 요철형상의 입체구조를 이루며, 스트레인 방향이 서로 반대인 층들이 스트레인을 자체적으로 해소시키는 스트레인 해소구조를 가지는 고효율 자외선 발광소자에 관한 것이다.

배경 기술

- [0002] 일반적으로, 자외선 발광소자(발광다이오드 포함)는 210~280nm(UV-C), 280~320nm(UV-B), 320~360nm(UV-A) 파장의 자외선을 방출하는 3가지 파장 범위로 구분된다. 고온 MOCVD 장비를 이용하여 사파이어 기판상에 형성된 단결정 AlN층을 기준으로 하여, 발광층의 Al(알루미늄) 조성 변화를 통하여 210nm~350nm 파장 범위의 자외선을 구현하는 것이 가능하다.

- [0003] 이러한 종래의 자외선 발광소자는 1300℃ 이상의 고온 MOCVD 장비에서 기판(100), 기판(100)상에 형성된 1~3μm 두께의 AlN층을 모체로 하여 n-형 AlGa_xN 접촉층/[Al_xGa_{1-x}N/AlyGa_{1-y}N(0 < x, y < 1, x < y)]다중양자우물 구조를 갖는 발광층/p-형 전도성 AlGa_xN/p-GaN 접촉층이 다층으로 적층된 2차원 평면 구조의 자외선 발광소자이다.

- [0004] 이와 같이 성장면이 사파이어 기판과 평행한 평면 구조(성장방향은 수직, c-axis)를 갖는 자외선 발광소자는 상부면상에 n-형/p-형 AlGa_xN 접촉층 상에 n-형/p-형 전극을 형성한 후, 전류를 인가하여 사파이어 기판 뒷면 밖으로 자외선을 방출하는 플립칩(Flip Chip) 구조를 가질 수 있다.

- [0005] 그런데, 상기와 같은 평면 구조의 자외선 발광소자에 있어서는, 1300℃ 이상의 고온에서 사파이어 기판상에 AlN층을 성장시킬 경우, 예를 들어, 발광층을 기준으로 220nm~280nm 파장대역의 심자외선(UV-C) 발광소자의 경우에는, AlN층과 발광층과의 40% 이상의 Al 조성 차이로 인해 AlN층의 두께가 증가할수록 결정학적인 스트레인(strain)에 의한 스트레스(stress)가 심하게 발생한다. 이로 인해 자외선 발광소자의 상부 표면까지 결정 결함이 전파되어 크랙(crack)과 핏(pit)이 발생하는 문제점을 가지고 있다.

- [0006] 한편, 사파이어 기판상에 1~3μm 두께를 갖는 단결정 AlN층을 모체로 하여 저항을 낮추고 전기 전도도를 향상시키기 위해 Si 또는 Ge n-형 불순물이 도핑된 두꺼운 n-형 전도성 AlGa_xN 접촉층 또는 Si 또는 Ge 등의 n-형 불순물의 도핑 농도를 변화시켜 일정 이상의 두께를 갖는 변조 도핑(modulation doping)의 n-AlGa_xN 접촉층 또는 일정한 Al 조성의 차이를 두고 주기적으로 변화시킨 초격자 구조를 갖는 n-형 AlGa_xN 접촉층들이 사용되고 있다.

- [0007] 상기에 언급된 방식에 의해서 성장 및 형성된 n-AlGa_xN 접촉층은 저항을 낮추어서 전기 전도도(electrical conductivity)를 향상시키고자 하는 것이다. 그러나, 두께가 증가될수록 하부의 두꺼운 AlN 층과의 Al 조성 차이에 의해서 심한 스트레인이 발생한다. 이로 인해 에너지 밴드 밴딩(energy band bending)이 일어나서 일정 이상의 두께에서 칩 공정이 불가능할 정도로 전체 웨이퍼가 심하게 휘어지는 결과를 초래한다.

- [0008] 또한 전기 전도도를 향상시켜 자외선 발광소자의 동작전압(forward voltage, VF) 낮추기 위해서 Si 또는 Ge 같은 n-형 불순물의 도핑(doping) 농도를 증가시킬 수 있다. 그러나 이 경우, 높은 Al 조성에 의해서 도핑 효율(efficiency)이 낮기 때문에, 일정 이상의 도핑 농도에서는 핏(pit)과 같은 결정결함이 표면까지 전파되어 표면에 핏이 형성되는 문제점을 가지고 있다.

- [0009] 또한 50% 이상의 높은 Al 조성을 갖는 p-AlGa_xN 접촉층인 경우, p-형 도핑원인 Mg 또는 Zn 등의 불순물이 깊은 에

너지 준위(deep energy level)를 갖고, 실제 두께가 얇기 때문에 불순물의 원자적(atomic) 도핑 농도는 $10^{19}/\text{cm}^3 \sim 10^{21}/\text{cm}^3$ 범위로 분포한다. 그러나, 실제 전기 전도도에 기여하는 캐리어(carrier) 농도는 $10^{17}/\text{cm}^3$ 이하로 매우 낮아서 자외선 발광소자의 동작전압이 증가하게 된다. 이러한 p-형 AlGaIn 접촉층의 도핑효율은 상대적으로 n-AlGaIn 접촉층보다 낮기 때문에, 전류 인가시 동작전압이 증가되면서 많은 열을 발생시킨다. 그 결과 결국 신뢰성(광출력 감소)에 심각한 영향을 미치는 결과를 초래하는 문제점을 가지고 있다.

[0010] 도 1은 종래의 평면 구조를 갖는 자외선 발광소자의 구조를 개략적으로 나타낸 것이다. 예시된 자외선 발광소자는 1300°C 이상의 고온 MOCVD 장비를 이용하여 사파이어 기판상에 형성된 단결정 AlN(101)층, 그 위에 형성된 n-AlGaIn(102)/[AlGaIn/AlGaIn MQW](103)/p-AlGaIn(104)/p+-GaIn(105)를 포함하는 다층의 발광부(107)를 포함하는 2차원 평면 구조를 가진다.

[0011] 이러한 2차원 평면 구조의 경우, 사파이어 기판면과 평행하게 형성되며, 기판(100)면에서 수직방향(c-axis)으로 에피 구조가 성장/형성되면서 격자상수의 불일치, 열팽창계수의 차이에 의해서 가해지는 스트레인(strain)인 또한 수직방향(성장방향, c-axis)으로 상부 표면으로 집중된다.

[0012] 도 1에 표시된 파장 영역(UV-A : 320~340nm, UV-B : 280~320nm, UV-C : 210~280nm)의 구분은 n-AlGaIn/AlGaIn MQW(103) 구조에서 우물층(well layer)의 Al 조성에 의해서 결정된다. n-AlGaIn(101)과 p-AlGaIn(104) 및 장벽층(barrier layer)과의 Al 조성 비율이 차이는 적어도 9% 이상 일 때 효율이 증가한다.

[0013] 사파이어 기판의 성장면과 평행한 성장면과 c-axis 수직방향의 성장으로 인해서 AlN층(101)의 두께가 증가할수록 발광부(107)로 가해지는 결정학적 스트레인(strain)에 의한 스트레스(stress)가 더 많이 발생한다. 이리 인해 성장방향으로 전위밀도가 증가되면서 발광소자의 상부 표면에 크랙(crack) 및 핏(pit)가 같은 결정 결함이 발생한다. 그 결과 누설전류에 의한 낮은 광출력 및 높은 동작전압과 같은 성능저하의 문제점을 있다.

[0014] 이러한 영향을 최소화시키기 위해서 통상의 경우보다 2배 이상의 두께를 갖는 사파이어 기판이 사용되고 있으나, n-AlGaIn 접촉층의 두께는 제한적으로 사용되고 있어서 도핑효율을 개선할 수 있는 새로운 방법이 요구되고 있다.

[0015] 또한 도 1을 참조하면, p-형 전극과 전기적으로 저항성 접촉을 형성하여 전기 전도도에 기여하는 홀 캐리어(hole carrier)를 원활하게 공급하기 위해서 다중양자우물 구조의 우물층보다 낮은 에너지 밴드갭을 갖는 p+-GaIn층이 접촉층으로 사용되었다. 하지만 일정 이상의 두께를 갖는 p+-GaIn접촉층은 낮은 저항성 접촉의 전기적 특성은 양호하나, 상부 표면으로 방출되는 자외선을 흡수하여 광출력을 감소시키는 결과를 초래한다. p-AlGaIn층은 Al 조성이 50% 이상으로 매우 높기 때문에 p-형 불순물로 도핑된 마그네슘은 깊은 준위를 가진다. 이로 인해 전기 전도도에 기여하는 홀 캐리어의 농도가 매우 낮으며, 높은 동작전압으로 인해 다량의 열이 발생하여 신뢰성에 좋지 않은 영향을 미친다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0016] (특허문헌 0001) 대한민국 공개특허 공보 제10-2008-0008306호
- (특허문헌 0002) 대한민국 공개특허 공보 제10-2010-01227769호

발명의 내용

해결하려는 과제

[0017] 본 발명의 제1 기술적 과제는 종래의 자외선 발광소자의 문제점을 해결하기 위해 종래의 2차원 평면 구조에서 기판(100)상에 평면과 다른 입체구조를 성장(형성)시켜 스트레인 효과적으로 억제함으로써, 기판(100)상에서부터 자외선발광소자의 표면까지 성장방향(c-axis)으로 전파되는 크랙(crack) 및 핏(pit)등의 결정결함(crystal defect)을 개선시켜 고품질의 자외선 발광소자를 제공하는 것이다.

[0018] 또한, 본 발명의 제2 기술적 과제는 상기한 입체구조를 가짐으로써 결정학적 결함들을 효과적으로 억제시켜 n-형(Si,Ge) 또는 p(Mg)-형 불순물 도핑효율을 향상시킬 수 있는 자유도(自由度)를 제공하는 것이다.

[0019] 또한, 본 발명의 제3 기술적 과제는 기판(100)상에 범용의 MOCVD 장비 (1200℃ 이하)를 이용하여 성장온도의 증가 및 감소에 따른 정반대 방향의 스트레인 (strain) 특성을 가지는 다층 구조를 가지는 입체구조를 이용하여 전위형성을 억제하는 것이다.

[0020] 또한, 본 발명의 제4 기술적 과제는 서로 다른 스트레인을 갖는 단일또는 다층의 입체구조의 표면에서, 수직방향(c-axis)과 반극성 방향(xyz-axis)이 동시에 우선 성장되는 방식과 평면에서 수직방향(c-axis)으로 우선 성장되는 방식을 동시에 적용하여, 스트레인에 의한 전위발생을 효과적으로 억제하여 210~340nm 파장 영역의 입체구조를 갖는 고효율 자외선 발광소자의 성장기술을 제공하는 것이다.

[0021] 또한, 본 발명의 제5 기술적 과제는 종래의 1300℃ 이상 고온의 성장온도에서 AlN를 모체로 하여 자외선 발광소자(UV-B(280~320/340nm), UV-C(210~280nm))를 성장/형성시키는 고온(1300℃ 이상) MOCVD는 장비 자체의 유지/관리 및 제조원가 비용이 상승 그리고 낮은 생산성에 의한 문제를 해결하기 위해서, 유지/관리 비용이 싸고, 수량/품질 등의 생산성이 검증된 대용량 범용 MOCVD(1200℃) 장비를 이용하여, 별도의 설비 투자의 위험 부담을 최소화시켜 경제적 이익을 창출할 수 있는 차별화된 기술을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0022] 상기 기술적 과제들을 해결하기 위하여, 본 발명의 일 실시예는 스트레인 자체 해소 입체구조를 가지는 고효율 자외선 발광소자를 제공한다. 자외선 발광소자는 기판; 상기 기판 상에 형성되며 돌출부가 형성된 제1 지지부와, 상기 제1 지지부 상에 형성되어 상기 돌출부를 따르는 프로파일을 가지는 제2 지지부를 가져서, 상기 돌출부로 인한 입체구조를 가지도록 형성되는 하부 구조; 상기 하부 구조 상에 형성되며 상기 입체구조의 프로파일을 따른 프로파일을 갖도록 형성되는 발광부; 및 상기 발광부 상에 형성되어 외부와 전기적 접촉을 하는 전극 접촉층을 포함하며, 상기 하부 구조의 입체구조에 있어서, 상기 돌출부는 상부 평면과 상기 상부 평면으로부터 이어진 경사면을 가지며, 상기 제2 지지부는 상기 돌출부에 상응하는 상부 평면과 경사면을 가지며, 상기 제2 지지부는, 상기 제1 지지부의 평탄한 부분 및 상기 돌출부의 상부 평면으로부터의 수직방향 성장과, 상기 돌출부의 경사면으로부터의 상기 수직방향을 회전축으로 하는 전방향성장이 함께 이루어져서 형성된 층이며, 상기 돌출부는 스트레인의 방향이 서로 반대인 층들을 포함하여 스트레인 해소구조를 가진다.

[0023] 본 발명의 실시예에 있어서, 상기 제1 지지부는, 상기 기판의 상면에 형성된 하부 지지층과 상기 돌출부를 포함하고, 상기 돌출부는, 상기 하부 지지층과 동일한 재질로 상기 하부 지지층으로부터 돌출되며, 측면이 상기 돌출부의 경사면의 일부가 되는 하부 돌기; 및 상기 하부 돌기 상에 형성되며, 측면이 상기 돌출부의 경사면의 일부가 되는 제1 스트레인 균형층을 포함하며, 상기 하부 돌기와 상기 제1 스트레인 균형층은, 상기 제2 지지부의 성장시 서로 반대방향의 스트레인이 작용하여, 상기 스트레인 해소구조로 작용할 수 있다.

[0024] 본 발명의 실시예에 있어서, 상기 돌출부는, 상기 제1 스트레인 균형층 상에 적층되며 측면이 상기 돌출부의 경사면의 일부가 되는 제1 스트레인 정합층을 더 포함하며, 상기 돌출부의 하부 돌기와 상기 제1 스트레인 균형층 및 상기 제1 스트레인 정합층은 상기 제2 지지부의 성장시 서로 반대방향의 스트레인이 작용하여 상기 스트레인 해소구조로 작용할 수 있다.

[0025] 본 발명의 실시예에 있어서, 상기 돌출부는, 상기 제1 스트레인 균형층 상에 순차로 적층되며, 측면이 상기 돌출부의 경사면의 일부가 되는 제1 스트레인 정합층 및 제1 상부 지지층을 더 포함하며, 상기 돌출부의 하부 돌기와 상기 제1 스트레인 균형층, 상기 제1 스트레인 정합층 및 상기 제1 상부 지지층은 상기 제2 지지부의 성장시 서로 반대방향의 스트레인이 작용하여 상기 스트레인 해소구조로 작용할 수 있다.

[0026] 본 발명의 실시예에 있어서, 상기 돌출부는, 상기 제1 스트레인 균형층 상에 순차로 적층되며 측면이 상기 돌출부의 경사면의 일부가 되는 제1 스트레인 정합층, 제1 상부 지지층 및 돌출부 접촉층을 더 포함하며, 상기 돌출부의 하부 돌기와 상기 제1 스트레인 균형층, 상기 제1 스트레인 정합층, 상기 제1 상부 지지층 및 상기 돌출부 접촉층은 상기 제2 지지부의 성장시 서로 반대방향의 스트레인이 작용하여 상기 스트레인 해소구조로 작용할 수 있다.

[0027] 본 발명의 실시예에 있어서, 상기 하부 지지층은 단결정 GaN으로 이루어지고, 상기 제1 스트레인 균형층은 $Al_xGa_{1-x}N(0 < x \leq 1)$ 으로 이루어지며, 상기 제1 스트레인 정합층은 $Al_aGa_{1-a}N(0 < a < 1, a < x)$ 으로 이루어지며, 상기 제1 상부 지지층은 $Al_bGa_{1-b}N(0 < b < 1, b \leq a)$ 으로 이루어지며, 상기 돌출부 접촉층은 $n-Al_yGa_{1-y}N(0 < y < 1, y < a)$ 으로 이루어질 수 있다.

[0028] 본 발명의 실시예에 있어서, 상기 제2 지지부는, 상기 제1 지지부 상에 적층되는 제2 스트레인 균형층; 및 상기

제2 스트레인 균형층 상에 형성되는 제2 상부 지지층을 포함할 수 있다.

- [0029] 본 발명의 실시예에 있어서, 상기 제2 지지부는, 상기 제2 스트레인 균형층과 상기 제2 상부 지지층 사이에 개재된 제2 스트레인 정합층을 더 포함할 수 있다.
- [0030] 본 발명의 실시예에 있어서, 상기 제2 스트레인 균형층은 $Al_xGa_{1-x}N(0 < x \leq 1)$ 으로 이루어지며, 상기 제2 스트레인 정합층은 $Al_aGa_{1-a}N(0 < a < 1, a < x)$ 으로 이루어지며, 상기 제2 상부 지지층은 $Al_bGa_{1-b}N(0 < b < 1, b \leq a)$ 으로 이루어질 수 있다.
- [0031] 본 발명의 실시예에 있어서, 상기 발광부는, 상기 제2 지지부 상에 형성되는 층간 접촉층; 상기 층간 접촉층 상에 형성되는 제1 스트레인 제어층; 상기 제1 스트레인 제어층 상에 형성되는 발광층; 상기 발광층 상에 형성되는 제2 스트레인 제어층; 및 상기 제2 스트레인 제어층 상에 형성되는 홀 공급층을 포함할 수 있다.
- [0032] 본 발명의 실시예에 있어서, 상기 층간 접촉층은 $n-Al_yGa_{1-y}N(0 < y \leq 1, y < b)$ 로 이루어지고, 상기 제1 스트레인 제어층은 $Al_c1Ga_{1-c1}N(0 < c1 < 1, c1 \leq y)$ 으로 이루어지며, 상기 발광층은 $Al_mGa_{1-m}N/Al_nGa_{1-n}N(0 < m, n < 1, m < n)$ 으로 이루어지며, 상기 제2 스트레인 제어층은 $Al_c2Ga_{1-c2}N(0 < c2 < 1, c2 \geq z)$ 으로 이루어지며, 상기 홀 공급층은 $p-Al_zGa_{1-z}N(0 < z < 1, z \geq y)$ 으로 이루어질 수 있다.
- [0033] 본 발명의 실시예에 있어서, 상기 입체구조의 단면상에서 각층의 경사면의 하단을 연결한 가상의 선이 이루는 사잇각으로 정의되는 입체각이 60도 이상이며, 상기 발광부는 경사면의 하단 간의 사이인 하부 평면면적이 상부 평면면적보다 큰 입체 구조를 가지며, 상기 발광부의 경사면 및 상부 평면을 포함하는 상기 발광부의 입체구조의 유효면적이 상기 기관의 전체 평면 면적 대비 40% 이상일 수 있다.
- [0034] 본 발명의 실시예에 있어서, 상기 입체구조의 상기 경사면은 상기 기관의 상면으로부터 10도(degree) 이상의 각을 이루도록 형성되며, 상기 전체 입체구조의 단면상에서 각층의 경사면의 하단을 연결한 가상의 선이 이루는 사잇각으로 정의되는 입체각이 60도 이상이며, 상기 전극 접촉층의 상부 평면 및 경사면을 포함하는 전체 입체구조의 유효면적이 상기 기관의 전체 평면 면적 대비 60% 이하일 수 있다.
- [0035] 본 발명의 실시예에 있어서, 상기 제1 스트레인 정합층이 상기 제1 스트레인 균형층보다 더 두껍게 형성되며, 상기 제1 스트레인 정합층과 상기 제2 상부 지지층의 Al 조성이 실질적으로 동일하게 형성될 수 있다.
- [0036] 본 발명의 실시예에 있어서, 상기 제1 상부 지지층은 상기 제1 스트레인 균형층보다 5배 이상 큰 두께를 가지며, 상기 제1 상부 지지층은 상기 제2 상부 지지층과 Al 조성이 실질적으로 동일하게 형성될 수 있다.
- [0037] 본 발명의 실시예에 있어서, 상기 발광부는, 상기 제2 지지부 상에 형성되는 층간 접촉층; 상기 층간 접촉층 상에 형성되는 제1 스트레인 제어층; 상기 제1 스트레인 제어층 상에 형성되는 발광층; 상기 발광층 상에 형성되는 제2 스트레인 제어층; 및 상기 제2 스트레인 제어층 상에 형성되는 홀 공급층을 포함할 수 있다.
- [0038] 본 발명의 실시예에 있어서, 상기 제1 지지부는, 상기 기관의 상면에 형성된 하부 지지층; 상기 하부 지지층 상에 형성된 스트레인 균형층; 상기 스트레인 균형층 상에 형성된 스트레인 정합층; 상기 스트레인 정합층 상에 형성된 제1 상부 지지층; 및 상기 제1 상부 지지층으로부터 돌출되는 상기 돌출부를 포함할 수 있다.
- [0039] 본 발명의 실시예에 있어서, 상기 제2 지지부는 제2 상부 지지층을 포함하고, 상기 돌출부(P1)의 상부 평면과 경사면을 포함하는 돌출부의 입체구조의 유효면적은 상기 기관의 전체 평면 면적 대비 60% 이하일 수 있다.
- [0040] 본 발명의 실시예에 있어서, 상기 제1 스트레인 정합층 및 상기 제2 스트레인 정합층은 Al 조성을 단계적으로 감소시켜 적층시킨 $Al_a1Ga_{1-a1}N(0 < a1 < 1)$ 층/ $Al_a2Ga_{1-a2}N(0 < a2 < 1, a2 < a1)$ 층/ $Al_a3Ga_{1-a3}N(0 < a3 < 1, a3 < a2)$ 층을 포함할 수 있다.
- [0041] 본 발명의 실시예에 있어서, 상기 제1 스트레인 정합층 및 상기 제2 스트레인 정합층은 Al 조성을 점진적으로 감소시켜 적층시킨 $Al_a1Ga_{1-a1}N(0 < a1 < 1)$ 층/ $Al(a1 \rightarrow a2)Ga_{1-(a1 \rightarrow a2)}N(0 < (a1 \rightarrow a2) < 1)$ 층/ $Al_a2Ga_{1-a2}N(0 < a2 < 1, a2 < a1)$ 층/ $Al(a2 \rightarrow a3)Ga_{1-(a2 \rightarrow a3)}N(0 < (a2 \rightarrow a3) < 1)$ 층/ $Al_a3Ga_{1-a3}N(0 < a3 < 1, a3 < a2)$ 층/ $Al_a2Ga_{1-a2}N(0 < a2 < 1, a2 < a1)$ 층/ $Al_a3Ga_{1-a3}N(0 < a3 < 1, a3 < a2)$ 층을 포함할 수 있다.

발명의 효과

- [0042] 본 발명의 실시예들에 따르면, 종래의 자외선 발광소자의 문제점을 해결하기 위해 종래의 2차원 평면 구조에서 기관(100)상에 평면과 다른 입체구조를 성장(형성)시켜 스트레인 효과적으로 억제함으로써, 기관(100)상에서부터 자외선발광소자의 표면까지 성장방향(c-axis)으로 전파되는 크랙(crack) 및 핏(pit)등의 결정결함(crystal

defect)를 개선시켜 고품질의 자외선 발광소자를 제공하는 것이다.

- [0043] 또한, 본 발명의 실시예들에 따르면, 상기한 입체구조를 가짐으로써 결정학적 결함들을 효과적으로 억제시켜 n-형(Si,Ge) 또는 p(Mg)-형 불순물 도핑효율을 향상시킬 수 있는 자유도(自由度)를 제공하는 것이다.
- [0044] 또한, 본 발명의 실시예들에 따르면, 기판(100)상에 범용의 MOCVD 장비 (1200℃ 이하)를 이용하여 성장온도의 증가 및 감소에 따른 정반대 방향의 스트레인 (strain) 특성을 가지는 다층 구조를 가지는 입체구조를 이용하여 전위형성을 억제하는 것이다.
- [0045] 또한, 본 발명의 실시예들에 따르면, 서로 다른 스트레인을 갖는 단일또는 다층의 입체구조의 표면에서, 수직방향(c-axis)과 반극성 방향(xyz-axis)이 동시에 우선 성장되는 방식과 평면에서 수직방향(c-axis)으로 우선 성장되는 방식을 동시에 적용하여, 스트레인에 의한 전위발생을 효과적으로 억제하여 210~340nm 파장 영역의 입체구조를 갖는 고효율 자외선 발광소자의 성장기술을 제공하는 것이다.
- [0046] 또한, 본 발명의 실시예들에 따르면, 종래의 1300℃ 이상 고온의 성장온도에서 AlN를 모체로 하여 자외선 발광소자(UV-B(280~320/340nm), UV-C(210~280nm))를 성장/형성시키는 고온(1300℃ 이상) MOCVD는 장비 자체의 유지/관리 및 제조원가 비용이 상승 그리고 낮은 생산성에 의한 문제를 해결하기 위해서, 유지/관리 비용이 싸고, 수량/품질 등의 생산성이 검증된 대용량 범용 MOCVD(1200℃) 장비를 이용하여, 별도의 설비 투자의 위험 부담을 최소화시켜 경제적 이익을 창출할 수 있는 차별화된 기술을 제공하는 것이다.

도면의 간단한 설명

- [0047] 도 1은 종래의 평면 구조를 갖는 자외선 발광소자를 나타낸 도면이다.
- 도 2는 본 발명의 자외선 발광소자에 따른 제1 실시예를 나타낸 단면도이다.
- 도 3은 본 발명에 따라 실제 제작된 자외선 발광소자의 표면 현미경 사진이다.
- 도 4는 본 발명의 자외선 발광소자에 따른 제2 실시예를 나타낸 단면도이다.
- 도 5는 본 발명의 자외선 발광소자에 따른 제3 실시예를 나타낸 단면도이다.
- 도 6은 본 발명의 자외선 발광소자에 따른 제4 실시예를 나타낸 단면도이다.
- 도 7은 본 발명의 자외선 발광소자에 따른 제5 실시예를 나타낸 단면도이다.
- 도 8은 본 발명의 자외선 발광소자에 따른 제6 실시예를 나타낸 단면도이다.
- 도 9는 본 발명의 자외선 발광소자에 따른 제7 실시예를 나타낸 단면도이다.
- 도 10은 본 발명의 자외선 발광소자에 따른 제8 실시예를 나타낸 단면도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0048] 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. 각 도면을 설명하면서 유사한 참조부호를 유사한 구성요소에 대해 사용하였다.
- [0049] 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.
- [0050] 이하, 첨부한 도면들을 참조하여, 본 발명의 바람직한 실시예를 보다 상세하게 설명하고자 한다.
- [0051] 도 2는 본 발명의 자외선 발광소자에 따른 제1 실시예를 나타낸 단면도이다.
- [0052] 본 실시예의 자외선 발광소자는, 예를 들어, 210~340nm 파장 영역(UV-B:280~320nm, UV-C:220~280nm)을 구현할 수 있는 자외선 발광소자일 수 있다.
- [0053] 본 실시예에서 자외선 발광소자는 기판(100), 하부구조(300), 발광부(500) 및 전극 접촉층(700)을 포함할 수 있

다.

- [0054] 기관(100)은 상부에 형성되는 층들의 결정성장을 유도할 수 있는 재질이라면 어떤 것도 가능하다. 예를 들어 기관(100)은 사파이어 기관일 수 있다.
- [0055] 하부구조(300)는 제1 지지부(SL1) 및 제2 지지부(SL2)를 포함할 수 있다.
- [0056] 제1 지지부(SL1)는 기관(100)의 상면에 형성된 하부 지지층(301)과 돌출부(P1)를 포함할 수 있다.
- [0057] 하부 지지층(301)은 기관(100)상에 형성될 수 있다. 돌출부(P1)는 하부 지지층(301) 상에 형성될 수 있다.
- [0058] 돌출부(P1)는 하부 평면(예: 사파이어 기관의 상면)에서부터 특정 각도(예: 약 10도(degree)) 이상의 각을 이루는 경사면(P12)을 가지고, 돌출부(P1)의 상단(상부 평면(P11))은 대략 평면을 이루도록 형성될 수 있다. 이러한 돌출부(P1)가 규칙적인 배열을 이루도록 형성될 수 있고, 이러한 돌출부(P1)의 유효면적은 기관(100)의 전체 면적 대비 60% 이하일 수 있다. 돌출부(P1)의 유효면적은 돌출부 하단의 기관 전체에 대한 면적비를 말한다.
- [0059] 돌출부(P1)는, 하부 돌기(P13) 및 제1 스트레인 균형층(302a)을 포함할 수 있다.
- [0060] 하부 돌기(P13)는 하부 지지층(301)으로부터 돌출되며 하부 지지층(301)과 동일한 재질로 형성될 수 있다. 하부 돌기(P13)의 측면은 경사면(P12)의 일부가 될 수 있다.
- [0061] 제1 스트레인 균형층(302a)은 하부 돌기(P13) 상에 형성되며, 돌출부(P1)의 경사면(P12)의 일부가 될 수 있다.
- [0062] 예를 들어, 기관(100) 상에 하부 지지층(301) 및 제1 스트레인 균형층(302a)이 될 층을 형성하고, 돌출부(P1)가 형성될 위치에 PR 마스크를 형성하고, 드라이에칭을 실시하여 돌출부(P1) 이외의 부분을 제거한 후, PR을 제거하여 돌출부(P1)를 형성할 수 있다.
- [0063] 돌출부(P1)는 스트레인의 방향이 서로 반대인 층들을 포함하여 자체적으로 스트레인 해소구조를 가질 수 있다. 본 실시예에서는 하부 돌기(P13)와 제1 스트레인 균형층(302a)은 제2 지지부(SL2)의 성장시 서로 반대방향의 스트레인이 작용하여 스트레인 해소구조로 작용할 수 있다.
- [0064] 제2 지지부(SL2)는 상기 돌출부(P1)를 따르는 프로파일을 가질 수 있다. 이에 따라 하부구조(300)는 돌출부(P1)로 인해 입체구조를 가질 수 있다.
- [0065] 구체적으로, 제2 지지부(SL2)는 돌출부(P1)에 상응하는 상부 평면과 경사면을 가질 수 있다. 제2 지지부(SL2)는, 제1 지지부(SL1)의 평탄한 부분 및 돌출부(P1)의 상부 평면(P11)으로부터의 수직방향 성장과, 돌출부(P1)의 경사면(P12)으로부터의 상기 수직방향을 회전축으로 하는 전방향성장이 함께 이루어져서 형성된 층일 수 있다.
- [0066] 제2 지지부(SL2)는 상기 제1 지지부(SL1) 상에 적층되는 제2 스트레인 균형층(302b), 제2 스트레인 균형층(302b) 상에 형성되는 스트레인 정합층(303) 및 스트레인 정합층(303) 상에 형성되는 상부 지지층(304)을 포함할 수 있다.
- [0067] 발광부(500)는 하부구조(300) 상에 형성되며 하부구조(300)의 입체구조의 프로파일을 따른 프로파일을 갖도록 형성될 수 있다. 즉 발광부(500)도 상부 평면과 경사면을 가져서 입체구조를 가질 수 있다. 이러한 경사면은 일 예로 하부 평면에서부터 10도 이상의 각을 가지도록 형성될 수 있다. 이러한 입체구조는 일정한 패턴으로 형성될 수 있다.
- [0068] 발광부(500)는 제2 지지부(SL2) 상에 형성되는 층간 접촉층(501), 층간 접촉층(501) 상에 형성되는 제1 스트레인 제어층(502), 제1 스트레인 제어층(502) 상에 형성되는 발광층(503), 발광층(503) 상에 형성되는 제2 스트레인 제어층(504), 제2 스트레인 제어층(504) 상에 형성되는 홀 공급층(505)을 포함할 수 있다.
- [0069] 전극 접촉층(700)은 발광부(500) 상에 형성되어 외부와 전기적 접촉을 할 수 있다. 전극 접촉층(700)은 입체구조를 갖는 발광부(500) 상에 마찬가지로 평면부와 돌출된 부분을 가지는 형상으로 형성될 수 있다.
- [0070] 상기한 바와 같이 돌출부(P1)로 인해 자외선 발광소자(100)는 입체구조를 가질 수 있다.
- [0071] 이러한 입체구조는 60도 이상의 입체각을 가질 수 있다. 여기서 입체각은 도 2와 같이 단면상으로 보았을 때, 전체 입체구조에서 각층의 경사면의 하단을 연결한 가상의 선이 이루는 이루는 사잇각으로 정의될 수 있다.
- [0072] 이러한 입체구조는 하부 평면 면적이 상부 평면 면적보다 큰 구조일 수 있다. 하부 평면 면적은 각 층에서 평면부(평탄한 부분, 이하 같다)의 면적을 말하고 상부 평면 면적은 각 층에서 돌출부(P1)로 인해 돌출된 부분의 상

단의 평면을 말한다.

- [0073] 구체적으로, 도 2를 참조하면, 전체적인 입체구조에 있어서, 돌출부(P1)의 상면(P11)과 경사면(P12)에 대응해서 각층은 상면과 경사면을 가진다. 이러한 각 층의 경사면은 하부 지지층(301)에서부터 발광부(500) 상부 평면까지 바람직하게는 일정한 각도 예를 들어 10도($\theta_1, \theta_2, \theta_3, \theta_4, \theta_5, \theta_6, \theta_7$)이상의 각을 이루도록 형성될 있다. 각층의 돌출된 부분의 상단 평면의 면적(상부 입체면)은 상층으로 갈수록 점진적으로 증가되어 최상단의 상부 입체면은 하부 지지층(301)의 하부 입체 면적(돌출부(P1)의 하단면적)의 적어도 2배 이상의 비율을 가질 수 있다.
- [0074] 입체구조를 갖는 돌출부(P1)의 중심축에서부터 입체각(θ_0)은 60도이상으로 이루어질 수 있다.
- [0075] 발광부(500)의 입체구조의 유효면적은 기관(100)의 전체 평면 면적 대비 40% 이상일 수 있다. 여기서, 발광부(500)의 입체구조의 유효면적은 발광부(500)의 상면에서 볼 때, 돌출된 부분의 면적, 즉 발광부(500) 상면에서 평면부를 제외한 면적이 기관(100) 전체 면적에 대해 갖는 비율을 말한다.
- [0076] 도 2를 참조하면, L1은 제1 지지부(SL1)에서 돌출부(P1)의 하단의 폭을 나타내며, 하부 지지층(301)의 하부입체 평면거리로 칭한다. L2는 하부 지지층(301)의 평면부의 폭(돌출부(P1) 사이 거리)으로서, 하부 지지층(301)의 하부 평면거리로 칭한다. L3는 발광부(500)의 돌출된 부분의 상면(상부 입체면)의 폭으로서, 발광부(500)의 상부입체 평면거리로 칭한다. L4는 발광부(500)의 평면부의 폭(돌출된 부분 사이 거리)로서, 발광부(500)의 하부 평면거리로 칭한다.
- [0077] 일 예로, 전술한 바와 같이, 발광부(500)의 상부 입체면의 면적(L3 부분의 면적)은 하부 지지층(301)의 하부 입체면의 면적(L1 부분의 면적)보다 적어도 2배 이상 클 수 있다.
- [0078] 또한 입체구조를 갖는 발광부(500)에서, 전술된 입체각으로 표현된 인접한 입체구조간의 상부 평면의 거리(인접한 L3 간의 거리)는 하부 평면의 거리(L2)보다 짧게 형성될 수 있다.
- [0079] 예를 들어, 제1 지지부(SL1)에 있어서, 하부 지지층(301)은 기관(100) 상에 단결정 $Al_xGa_{1-x}N(0 \leq x < 1)$ 예: 고품질의 GaN)으로 형성될 수 있다. 제1 스트레인 균형층(302a)은 단결정 $Al_xGa_{1-x}N(0 < x \leq 1)$ 로 하부 돌기(P13) 상에 형성될 수 있다.
- [0080] 제2 지지부(SL1)에 있어서, 제2 스트레인 균형층(302b)은 $Al_xGa_{1-x}N(0 < x \leq 1)$ 으로 이루어지며, 스트레인 정합층(303)은 $Al_aGa_{1-a}N(0 < a < 1, a < x)$ 으로 이루어지며, 상부 지지층(304)은 $Al_bGa_{1-b}N(0 < b < 1, b \leq a)$ 으로 이루어질 수 있다.
- [0081] 발광부(500)에 있어서, 층간 접촉층(501)은 $n-Al_yGa_{1-y}N(0 < y \leq 1, y < b)$ 로 이루어지고, 제1 스트레인 제어층(502)은 $Al_c1Ga_{1-c}N(0 < c1 < 1, c1 \leq y)$ 으로 이루어지며, 발광층(503)은 $Al_mGa_{1-m}N/Al_nGa_{1-n}N(0 < m, n < 1, m < n)$ 으로 이루어지며, 제2 스트레인 제어층(504)은 $Al_c2Ga_{1-c}N(0 < c2 < 1, c2 \geq z)$ 으로 이루어지며, 홀 공급층(505)은 $p-Al_zGa_{1-z}N(0 < z < 1, z \geq y)$ 으로 이루어질 수 있다.
- [0082] 전극 접촉층(700)은 입체 표면적이 가장 크고, 전극과 전기적으로 연결되는 p-형 또는 n-형 $Al_dGa_{1-d}N(0 \leq d < 1, d < z)$ 접촉층을 포함할 수 있다.
- [0083] 도 3은 본 발명에 따라 실제 제작된 자외선 발광소자의 표면 현미경 사진이다.
- [0084] 도 3에 도시된 Z1-Z2선을 따른 단면의 예로서 도 2가 제시되어 있다.
- [0085] 도 3에서 좌측 이미지는 자외선 발광소자의 표면의 형상을 기준으로 볼록형(convex-type)으로 지칭하고, 우측 이미지는 오목형(concave-type)으로 지칭할 수 있다. 이 2가지 타입은 모두 전술된 돌출부로 인해 입체구조가 자외선 발광소자의 표면까지 나타난 예들이다.
- [0086] 도 4는 본 발명의 자외선 발광소자에 따른 제2 실시예를 나타낸 단면도이다.
- [0087] 본 실시예에서 자외선 발광소자는 기관(100), 하부구조(300), 발광부(500) 및 전극 접촉층(700)을 포함할 수 있다. 전술된 설명과 중복되는 부분은 설명을 생략한다.
- [0088] 도 4에서 하부구조(300)의 돌출부(P1)는 도 2에서 설명된 돌출부(P1)에 비하여 제1 스트레인 균형층(302a) 상에 적층되며, 돌출부(P1)의 경사면측으로 노출된 제1 스트레인 정합층(303a)을 더 포함할 수 있다.
- [0089] 예를 들어, 돌출부(P1)에서 제1 스트레인 정합층(303a)은 $Al_aGa_{1-a}N(0 < a < 1, a < x)$ 으로 이루어질 수 있다.

- [0090] 돌출부(P1)의 하부 돌기(P13)와 [제1 스트레인 균형층(302a) 및 제1 스트레인 정합층(303a)]으로된 층은 제2 지지부(SL2)의 성장시 서로 반대방향의 스트레인이 작용하여 자체적인 스트레인 해소구조로 작용할 수 있다.
- [0091] 제2 지지부(SL2)는 도 2에 제시된 층구조와 동일한 층구조를 가질 수 있고, 제2 스트레인 정합층(303b)은 도 2에서 설명된 스트레인 정합층(303)에 대응된다.
- [0092] 도 4에서 제1 지지부(SL1)의 입체면(돌출부(P1)의 면)은 전술한 바와 같이 상부 평면과 경사면을 포함하며 서로 다른 3 종류의 층으로 이루어질 수 있다. 3종류의 층중 하부 지지층(301)과 [제1 스트레인 균형층(302a)/제1 스트레인 정합층(303a)]으로된 층은 서로 다른 방향(반대 방향)의 스트레인을 받게 되며, 또한 입체구조로 인해 모든 방향에서 우선 성장되는 입체성장의 영향에 의해서 전위의 형성을 현저시 감소 내지 억제할 수 있다.
- [0093] 도 5는 본 발명의 자외선 발광소자에 따른 제3 실시예를 나타낸 단면도이다.
- [0094] 본 실시예에서 자외선 발광소자는 기관(100), 하부구조(300), 발광부(500) 및 전극 접촉층(700)을 포함할 수 있다. 전술된 부분과 중복되는 부분은 설명을 생략한다.
- [0095] 도 5에서 하부구조(300)의 돌출부(P1)는 도 2에서 설명된 돌출부(P1)에 비하여 제1 스트레인 균형층(302a) 상에 적층되며, 돌출부(P1)의 경사면측으로 노출된 제1 스트레인 정합층(303a)을 더 포함할 수 있다.
- [0096] 예를 들어, 돌출부(P1)에서 제1 스트레인 정합층(303a)은 $Al_aGa_{1-a}N(0 < a < 1, a < x)$ 으로 이루어질 수 있다.
- [0097] 돌출부(P1)의 하부 돌기(P13)와 [제1 스트레인 균형층(302a) 및 제1 스트레인 정합층(303a)]으로된 층은 제2 지지부(SL2)의 성장시 서로 반대방향의 스트레인이 작용하여 자체적인 스트레인 해소구조로 작용할 수 있다.
- [0098] 본 실시예에서 제2 지지부(SL2)는, 도 2에서 설명된 예와 다르게, 제1 지지부(SL1) 상에 적층되는 제2 스트레인 균형층(302b) 및 상기 제2 스트레인 균형층(302b) 상에 형성되는 상부 지지층(304)을 포함할 수 있다.
- [0099] 예를 들어, 제2 스트레인 균형층(302b)은 $Al_xGa_{1-x}N(0 < x \leq 1)$ 으로 이루어지며, 상부 지지층(304)은 $Al_bGa_{1-b}N(0 < b < 1, b \leq a)$ 으로 이루어질 수 있다.
- [0100] 본 실시예에서는 제1 스트레인 정합층(303a)이 제1 스트레인 균형층(302a)보다 상대적으로 두께가 두껍게 형성되어 있다. 이러한 두께의 특징으로 인해, 제1 지지부(SL1)의 상대적으로 두께가 두꺼운 제1 스트레인 정합층(303a)과 제2 지지부(SL2)의 상부 지지층(304)의 Al 조성을 같게 할 수 있다. 이러한 입체구조, 층들의 두께 및 조성에 의해 스트레인의 영향을 효과적으로 감소시킬 수 있다.
- [0101] 도 6은 본 발명의 자외선 발광소자에 따른 제4 실시예를 나타낸 단면도이다.
- [0102] 본 실시예에서 자외선 발광소자는 기관(100), 하부구조(300), 발광부(500) 및 전극 접촉층(700)을 포함할 수 있다. 전술된 부분과 중복되는 부분은 설명을 생략한다.
- [0103] 도 6에서 하부구조(300)의 돌출부(P1)는 도 2에서 설명된 돌출부(P1)에 비하여 제1 스트레인 균형층(302a) 상에 적층되며, 돌출부(P1)의 경사면측으로 노출된 제1 스트레인 정합층(303a), 제1 스트레인 정합층(303a) 상에 적층된 제1 상부 지지층(304a)을 더 포함할 수 있다.
- [0104] 예를 들어, 제1 스트레인 정합층(303a)은 $Al_aGa_{1-a}N(0 < a < 1, a < x)$ 으로 이루어지고, 제1 상부 지지층(304a)은 $Al_bGa_{1-b}N(0 < b < 1, b \leq a)$ 으로 이루어질 수 있다.
- [0105] 돌출부(P1)의 하부 돌기(P13)와 [제1 스트레인 균형층(302a), 제1 스트레인 정합층(303a) 및 제1 상부 지지층(304a)]으로된 층은 제2 지지부(SL2)의 성장시 서로 반대방향의 스트레인이 작용하여 자체적인 스트레인 해소구조로 작용할 수 있다.
- [0106] 도 6에서 제1 지지부(SL1)의 입체면(돌출부(P1)의 면)은 전술한 바와 같이 상부 평면과 경사면을 포함하며 서로 다른 4 종류의 층으로 이루어질 수 있다. 4종류 층중 하부 지지층(301)과 동일한 재질로 형성된 하부 돌기(P13)와 [제1 스트레인 균형층(302a)/제1 스트레인 정합층(303a)/제1 상부 지지층(304a)]은 서로 다른 방향(반대 방향)의 스트레인을 받게 되며, 입체구조로 인해 모든 방향에서 우선 성장되는 입체성장의 영향에 의해서 전위의 형성을 현저시 감소 내지 억제할 수 있다.
- [0107] 본 실시예에서는 제1 스트레인 정합층(303a)이 제1 스트레인 균형층(302a)보다 상대적으로 두께가 두껍게 형성되어 있다. 또한, 제1 상부 지지층(304a)이 제1 스트레인 정합층(303a)보다 두껍게 형성되어 있다. 이러한 입체구조, 층들의 두께 및 조성에 의해 스트레인의 영향을 효과적으로 감소시킬 수 있다.

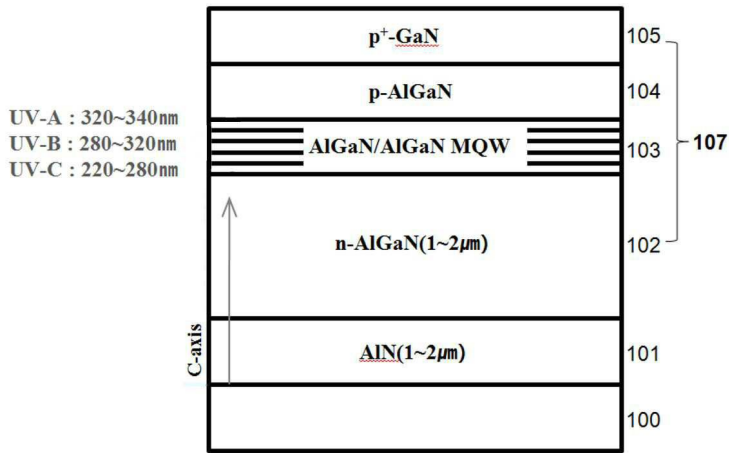
- [0108] 제2 지지부(SL2) 또한 전체적인 두께 차이는 있으나, 도 2에설 설명된 제2 지지부(SL2)와 동일한 층구조를 가질 수 있다.
- [0109] 도 7은 본 발명의 자외선 발광소자에 따른 제5 실시예를 나타낸 단면도이다.
- [0110] 본 실시예에서 자외선 발광소자는 기관(100), 하부구조(300), 발광부(500) 및 전극 접촉층(700)을 포함할 수 있다. 전술된 부분과 중복되는 부분은 설명을 생략한다.
- [0111] 도 7에서 제1 지지부(SL1)의 돌출부(P1)는 도 6에 제시된 돌출부(P1)와 층구조가 동일하고, 제2 지지부(SL2)는 도 5에 제시된 제2 지지부(SL2)와 층구조가 동일하다.
- [0112] 본 실시예에서 돌출부(P1)의 제1 상부 지지층(304a)은 제1 스트레인 균형층(302a) 보다 5배 이상 큰 두께를 가질 수 있다. 제2 상부 지지층(304b)도 상대적으로 두껍게 형성될 수 있다. 이러한 두께 구조를 활용하여 제1 상부 지지층(304a)과 제2 상부 지지층(304b)의 Al 조성을 같게 하여 스트레인의 영향을 최소화 시킬 수 있다.
- [0113] 도 8은 본 발명의 자외선 발광소자에 따른 제6 실시예를 나타낸 단면도이다.
- [0114] 본 실시예에서 자외선 발광소자는 기관(100), 하부구조(300), 발광부(500) 및 전극 접촉층(700)을 포함할 수 있다. 전술된 부분과 중복되는 부분은 설명을 생략한다.
- [0115] 도 8에서 하부구조(300)의 돌출부(P1)는 도 6에서 설명된 돌출부(P1)에 비하여 제1 상부 지지층(304a)에 적층된 돌출부 접촉층(305a)을 더 포함할 수 있다.
- [0116] 예를 들어, 돌출부 접촉층(305a)은 $n\text{-Al}y\text{Ga}1-y\text{N}$ ($0 < y < 1$, $y < a$)으로 이루어질 수 있다.
- [0117] 돌출부(P1)의 하부 돌기(P13)와 [제1 스트레인 균형층(302a), 제1 스트레인 정합층(303a), 제1 상부 지지층(304a) 및 돌출부 접촉층(305a)]으로된 층은 제2 지지부(SL2)의 성장시 서로 반대방향의 스트레인이 작용하여 자체적인 스트레인 해소구조로 작용할 수 있다.
- [0118] 제2 지지부(SL2) 또한 전체적인 두께 차이는 있으나, 도 2에설 설명된 제2 지지부(SL2)와 동일한 층구조를 가질 수 있다.
- [0119] 본 실시예에서 돌출부(P1) 중 상대적으로 큰 두께를 가지는 돌출부 접촉층(305a)의 면적을 최대화시켜 입체구조를 갖는 제2 지지부(SL2)에 가해지는 스트레인을 최소화시킬 수 있다.
- [0120] 도 9는 본 발명의 자외선 발광소자에 따른 제7 실시예를 나타낸 단면도이다.
- [0121] 본 실시예에서 자외선 발광소자는 기관(100), 하부구조(300), 발광부(500) 및 전극 접촉층(700)을 포함할 수 있다. 전술된 부분과 중복되는 부분은 설명을 생략한다.
- [0122] 도 9에서 제1 지지부(SL1)의 돌출부(P1)는, 두께는 다를 수 있지만, 도 8에 제시된 돌출부(P1)와 층구조가 동일하고, 제2 지지부(SL2)는 도 5에 제시된 제2 지지부(SL2)와 층구조가 동일하다.
- [0123] 돌출부(P1)에서 제1 상부 지지층(304a) 및 돌출부 접촉층(305a)은 각각 돌출부(P1)의 경사면으로 노출된 제1 스트레인 균형층(302a) 보다 5배 이상 두껍게 형성될 수 있다.
- [0124] 제2 상부 지지층(304b)의 두께를 증가시키고 Al 조성을 제1 상부 지지층(304a)과 실질적으로 같게 하여 스트레인의 영향을 현저히 억제 내지 감소시킬 수 있다.
- [0125] 도 10은 본 발명의 자외선 발광소자에 따른 제8 실시예를 나타낸 단면도이다.
- [0126] 본 실시예에서 자외선 발광소자는 기관(100), 하부구조(300), 발광부(500) 및 전극 접촉층(700)을 포함할 수 있다. 전술된 부분과 중복되는 부분은 설명을 생략한다.
- [0127] 도 10에서 하부구조(300)은 제1 지지부(SL1) 및 제2 지지부(SL2)를 포함할 수 있다.
- [0128] 제1 지지부(SL1)는 기관(100)의 상면에 형성된 하부 지지층(301), 하부 지지층(301) 상에 적층된 스트레인 균형층(302), 스트레인 정합층(303), 제1 상부 지지층(304a) 및 돌출부(P1)를 포함할 수 있다.
- [0129] 본 실시예에서 돌출부(P1)는, 상부 지지층(304a)으로부터 돌출된다.
- [0130] 이러한 돌출부(P1)는 제1 상부 지지층(304a)의 재질과 동일한 재질의 하부 돌기와, 그 하부 돌기 상에 적층된 스트레인 균형층을 포함하거나, 스트레인 균형층/스트레인 정합층을 포함하거나, 스트레인 균형층/스트레인 정

합층/추가 상부 지지층을 포함하거나, 스트레인 균형층/스트레인 정합층/추가 상부 지지층/돌출부 접촉층을 포함할 수 있다.

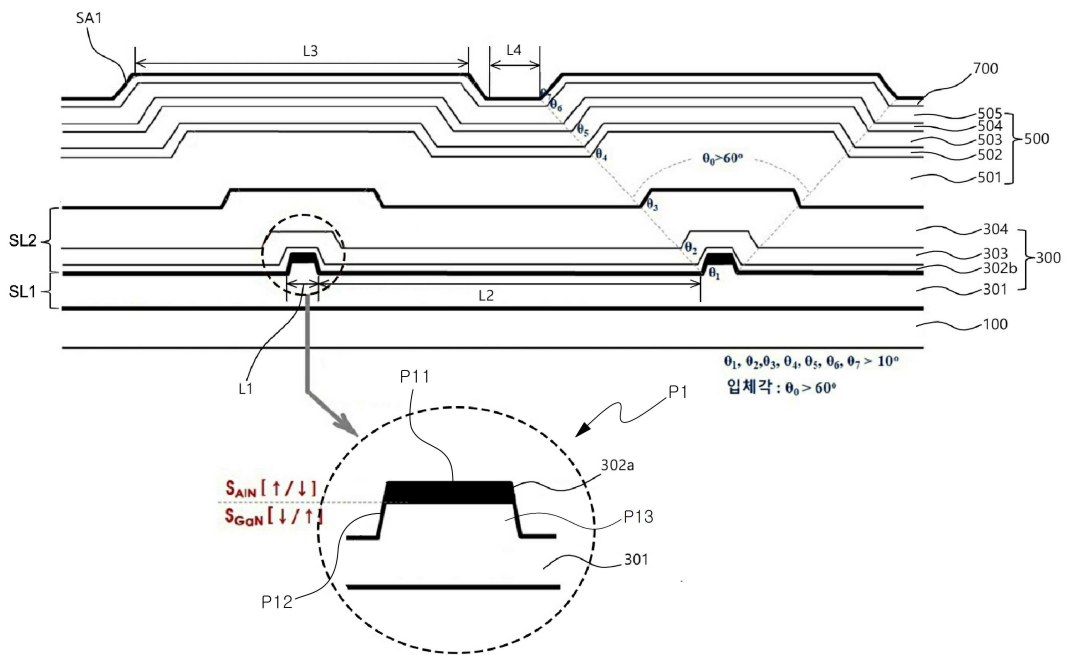
- [0131] 돌출부(P1)의 상부 평면과 경사면을 포함하는 돌출부의 입체구조의 유효면적은 기관(100)의 전체 평면 면적 대비 60% 이하일 수 있다.
- [0132] 제2 지지부(SL2)는 제1 지지부(SL1) 상에 형성되며, 돌출부(P1)로 인해 입체구조를 가지도록 형성될 수 있다. 제2 지지부(SL2)는 제2 상부 지지층(304b)를 포함할 수 있다. 제2 지지부(SL2)는 제1 지지부(SL1)와 제2 상부 지지층(304b)의 사이에 개재되는 스트레인 균형층, 스트레인 정합층을 더 포함할 수도 있다.
- [0133] 전술된 제1 내지 제8 실시예들에서, 제1 스트레인 정합층 및 제2 스트레인 정합층은 Al 조성이 일정하거나, 일정하지 않을 수 있다.
- [0134] 예를 들어, 본 발명의 또 다른 실시예로서, 제1 스트레인 정합층 및 제2 스트레인 정합층은 Al 조성을 단계적으로 감소시킨 실시예도 가능하다.
- [0135] 예를 들어, 제1 스트레인 정합층 및 제2 스트레인 정합층은 Al 조성을 단계적으로 감소시킨
- [0136] $Ala1Ga1-a1N(0<a1<1)/Ala2Ga1-a2N(0<a2<1, a2<a1)/Ala3Ga1-a3N(0<a3<1, a3<a2)$ 와 같은 다층으로 형성될 수 있다.
- [0137] 또는 본 발명의 또 다른 실시예로서, 제1 스트레인 정합층 및 제2 스트레인 정합층은 Al 조성을 점진적으로 감소시킨 실시예도 가능하다.
- [0138] 예를 들어, 1 스트레인 정합층 및 제2 스트레인 정합층은 Al 조성을 점진적으로 감소시킨 $Ala1Ga1-a1N(0<a1<1)/Al(a1\rightarrow a2)Ga1-(a1\rightarrow a2)N(0<(a1\rightarrow a2)<1)/Ala2Ga1-a2N(0<a2<1, a2<a1)/Al(a2\rightarrow a3)Ga1-(a2\rightarrow a3)N(0<(a2\rightarrow a3)<1)/Ala3Ga1-a3N(0<a3<1, a3<a2)Ala2Ga1-a2N(0<a2<1, a2<a1)/Ala3Ga1-a3N(0<a3<1, a3<a2)$ 와 같은 다층 구조로 형성될 수 있다.
- [0139] 또한, 본 발명의 또 다른 실시예로서, 제1 스트레인 정합층 및 제2 스트레인 정합층은 스트레인이 정반대 방향인 단결정 $[AlaGa1-aN(0<a<1, a<x)/GaN/AlaGa1-aN(0<a<1, a<x)/AlN]$ 한 쌍을 교대로 주기적으로 적층하여 형성되는 실시예도 가능하다. 이 경우 단결정 GaN층과 AlN층의 두께 범위는 각각 10~200Å, 50~500Å이며, 구체적으로는 각각 10~50Å, 50~200Å일 수 있다.
- [0140] 또 다른 실시예로서, 제1 상부 지지층 및 제2 상부 지지층은 n-형 불순물이 도핑되거나 도핑되지 않으며, 단결정 $AlbGa1-bN(0<b<1, b\leq a)$ 단일층, 또는 단결정 $[AlbGa1-bN(0<b<1, b\leq a)/GaN]$ 한 쌍을 교대로 주기적으로 적층하여 형성되고, 단결정 $[AlbGa1-bN/GaN]$ 층의 두께 범위는 각각 500~3000Å, 10~200Å이며, 구체적으로는 각각 500~2000Å, 10~50Å일 수 있다.
- [0141] 또한 본 발명에서, 입체구조를 갖는 발광부(500)의 단결정 $AlyGa1-yN(0<y<1, y\leq b)$ 로 된 접촉층은, n-형 불순물이 도핑되며, n-형 불순물의 도핑농도를 변화시킨 $[n-AlyGa1-yN/n^+-AlyGa1-yN(0<y<1, y\leq b)]$ 한 쌍을 교대로 주기적으로 적층하여 형성될 수 있다. 또는 발광부의 접촉층은 단결정 $AlyGa1-yN(0<y<1, y\leq b)$ 로 된 단일층, 또는 $[Aly1Ga1-y1N/Ally2Ga1-y2N(0<y1, y2<1, y1>y2)]$ 한 쌍을 교대로 주기적으로 적층하여 형성되거나, 또는 스트레인이 서로 다른 $[AlyGa1-yN(0<y<1, y\leq b)/GaN]$ 한 쌍을 교대로 주기적으로 적층하여 형성될 수 있다. 단결정 $[n-AlyGa1-yN/n^+-AlyGa1-yN]$ 층의 두께 범위는 각각 500~3000Å, 100~1000Å이며, 구체적으로는 각각 500~2000Å, 100~500Å이고, 단결정 $[Aly1Ga1-y1N/Ally2Ga1-y2N(0<y1, y2<1, y1>y2)]$ 의 두께 범위는 각각 각각 100~1000Å, 구체적으로는 각각 100~500Å이고, 단결정 $[AlyGa1-yN(0<y<1, y\leq b)/GaN]$ 의 두께 범위는 각각 각각 500~3000Å, 10~200Å 구체적으로는 각각 500~2000Å, 10~50Å일 수 있다.
- [0142] 또한 본 발명에서, 입체구조를 갖는 발광부(500)의 발광층에 있어서, 발광층의 입체 표면적은 접촉층보다 크며, 홀 공급층보다 적으며, Al 조성을 변화시킨 우물층과 장벽층의 한 쌍의 구조인 $[AlmGa1-mN/AlnGa1-nN(0<m, n<1, m<n)]$ 단일층, 또는 단결정 $[AlmGa1-mN/AlnGa1-nN(0<m, n<1, m<n)]$ 다중양자우물층일 수 있다.
- [0143] 장벽층의 입체 표면적은 우물층보다 항상 크며, $AlmGa1-mN$ (우물층)층 또는 $AlnGa1-nN$ (장벽층)층 각각에 대해서 n-형 또는 p-형 불순물이 도핑되거나, 또는 일부 도핑되며, $AlnGa1-nN$ (장벽층)은 $AlmGa1-mN$ (우물층)층 보다 1.5배 이상의 두께를 가질 수 있다.
- [0144] 또한 본 발명에서, 홀 공급층은, p-형 불순물이 도핑되며, Al 조성을 단계적으로 감소시킨 $[Alz1Ga1-z1N/Alz2Ga1-z2N/Alz3Ga1-3N(0<z1, z2, z3<1, z1>z2>z3)]$ 다층으로 적층되거나, Al 조성을 점진적으로 감소시킨 $[Alz1Ga1-z1N/Al(z1\rightarrow z2)Ga1-(z1\rightarrow z2)N/Alz2Ga1-z2N/Al(z2\rightarrow z3)Ga1-(z2\rightarrow z3)N/Alz3Ga1-z3N]$ 다층으로 적층되거나

도면

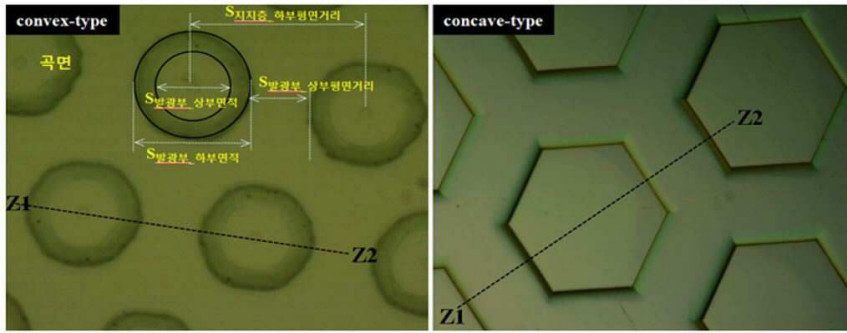
도면1



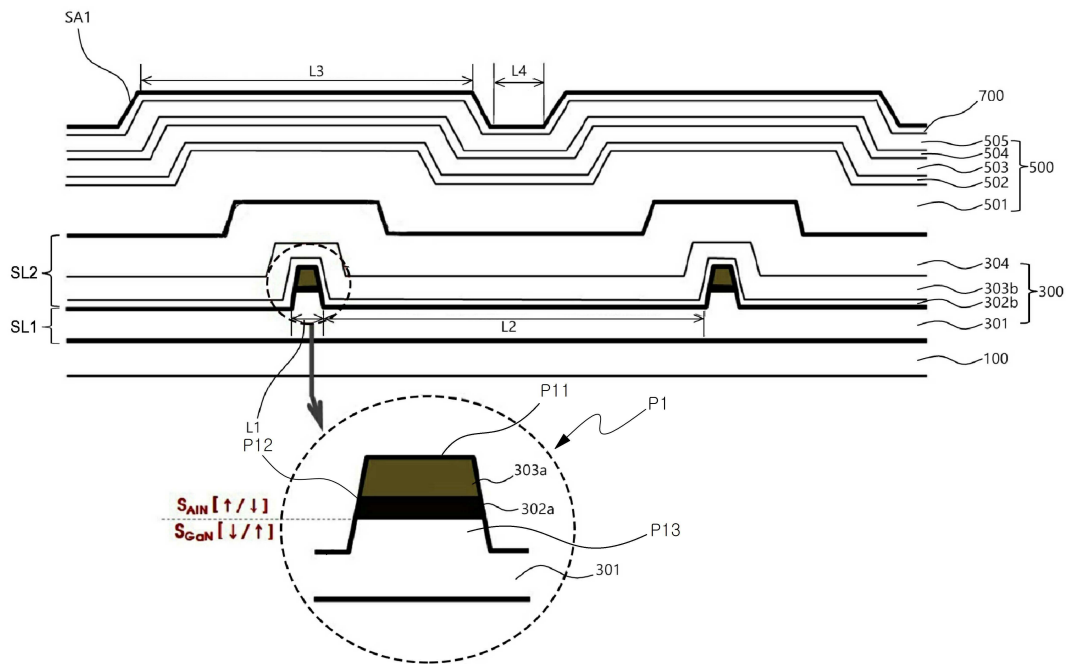
도면2



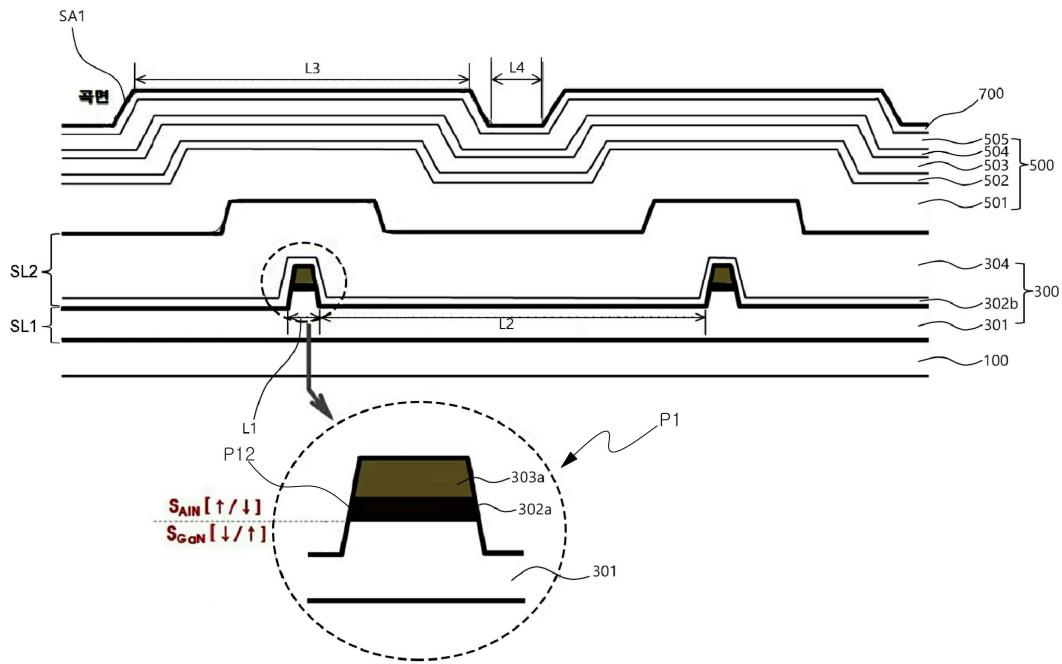
도면3



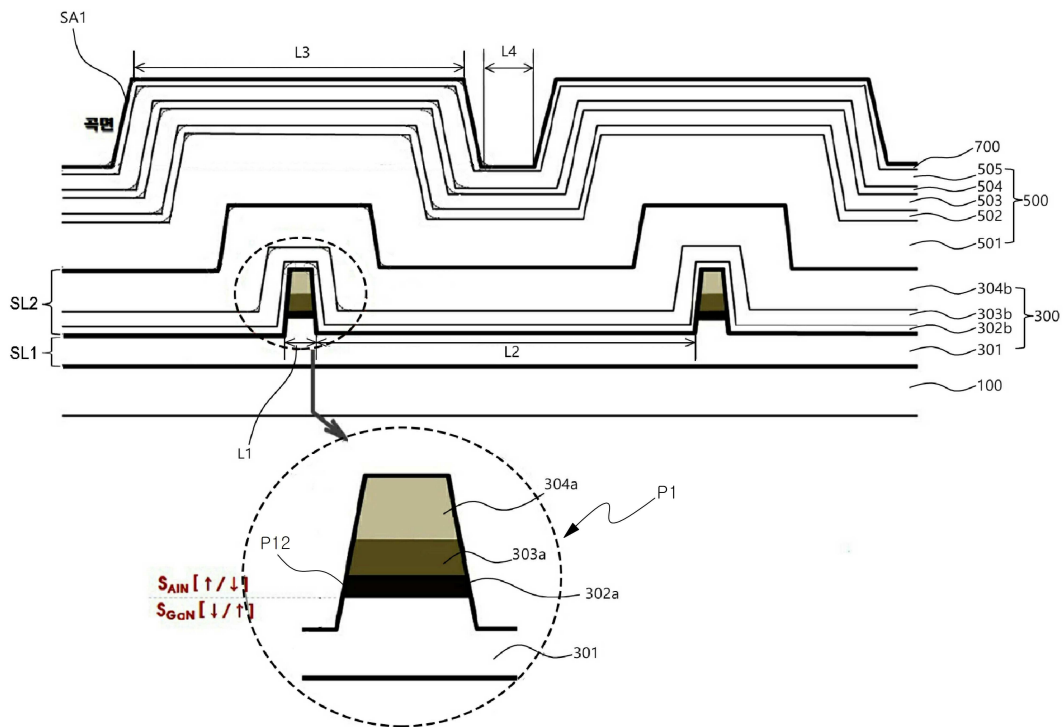
도면4



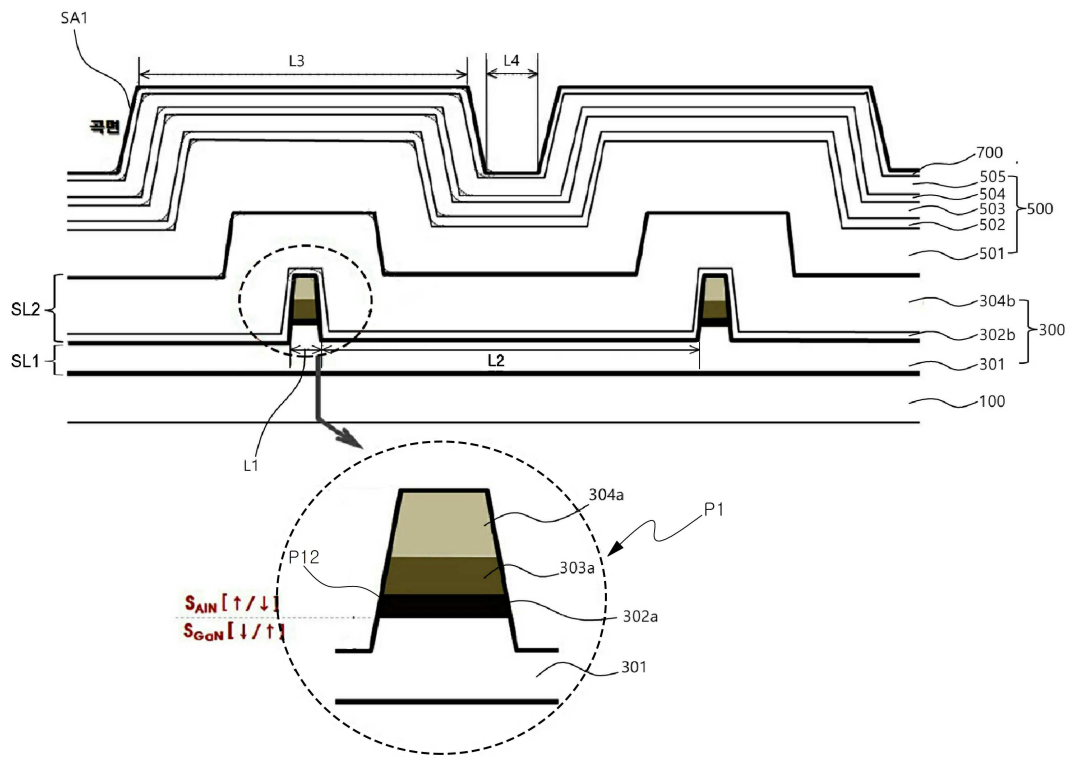
도면5



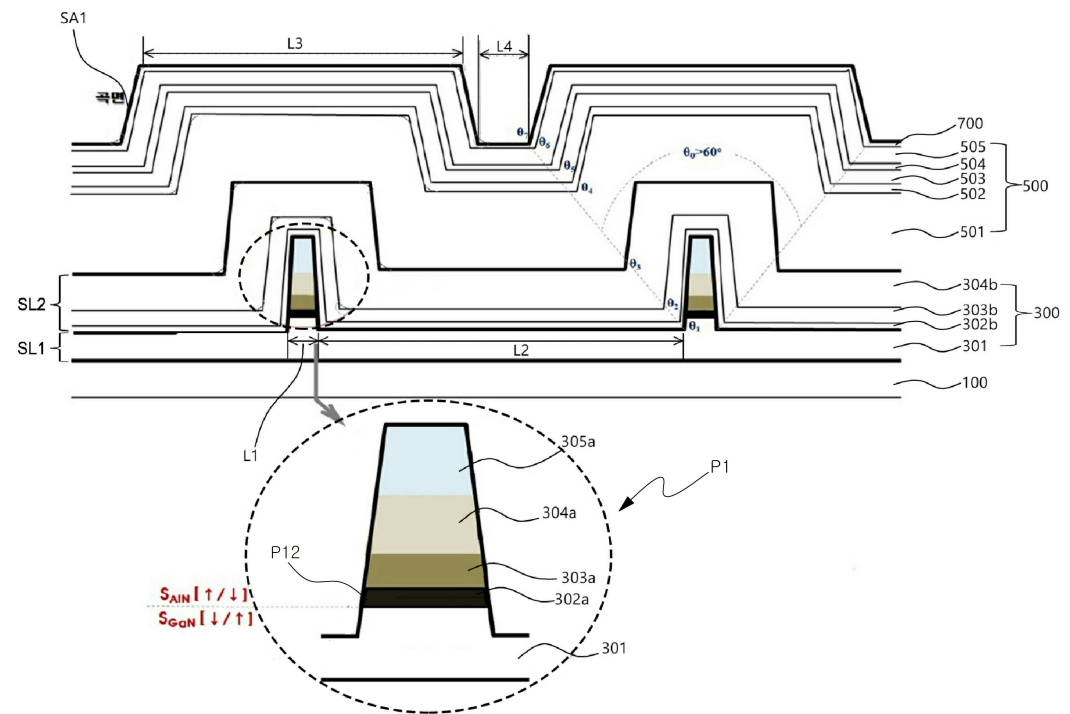
도면6



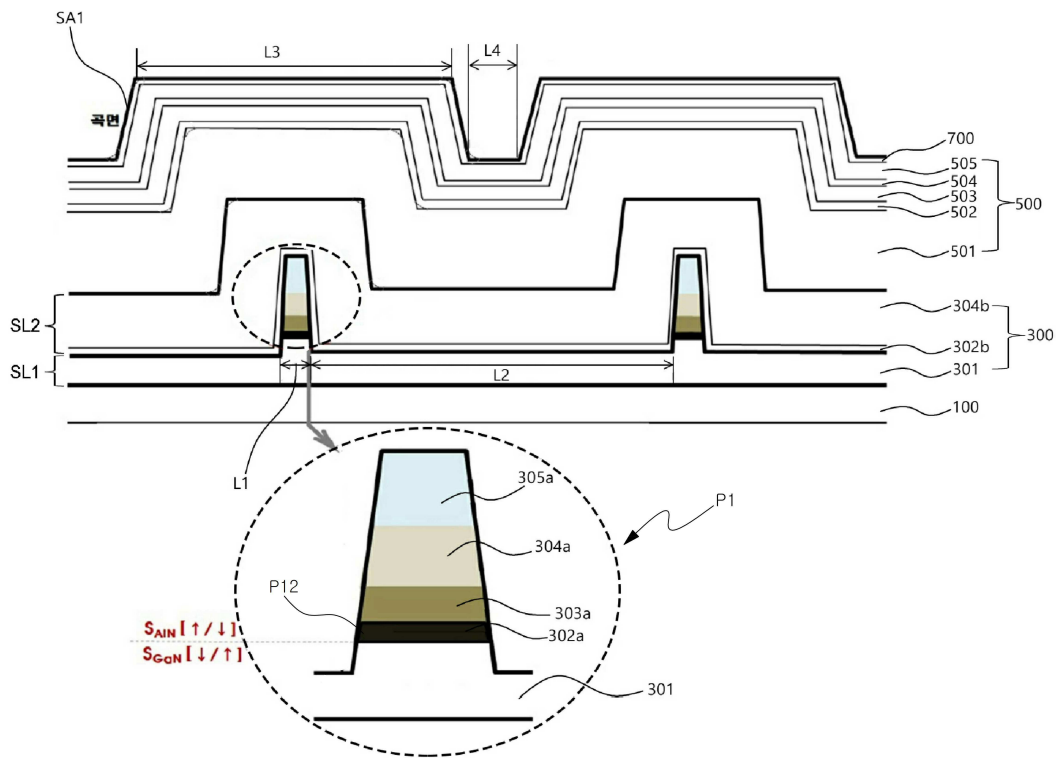
도면7



도면8



도면9



도면10

