(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2010년08월27일
(11) 등록번호 10-0978570
(24) 등록일자 2010년08월23일

(51) Int. Cl.
H01L 33/02 (2010.01)
(21) 출원번호 10-2008-0085470
(22) 출원일자 2008년08월29일
심사청구일자 2008년08월29일
(65) 공개번호 10-2010-0026455
(43) 공개일자 2010년03월10일
(56) 선행기술조사문헌
KR100945993 B1
KR1020070082174 A
KR1020030074334 A
JP11026863 A
전체 청구항 수 : 총 12 항

(73) 특허권자
삼성엘이디 주식회사
경기 수원시 영통구 매탄동 314
(72) 발명자
이원신
서울시 강남구 도곡2동 삼성래미안 106-1704
소후에 마사키
경기 성남시 분당구 서현동 시범단지 한신아파트 113-505
(74) 대리인
특허법인 씨엔에스 · 로고스

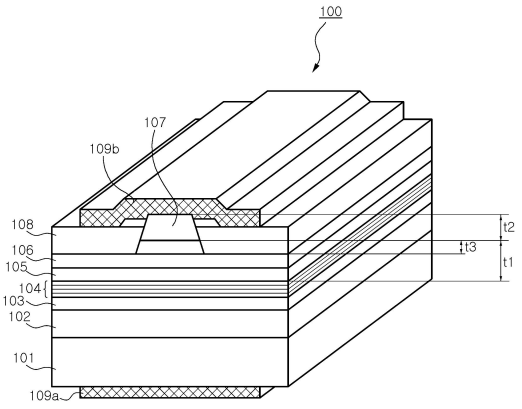
심사관 : 인치복

(54) 발광소자

(57) 요 약

본 발명은 발광소자에 관한 것으로서, 본 발명의 일 실시 형태는, 기판과, 상기 기판 상에 순차적으로 형성된 n형 클래드층과 하부 도파층과, 상기 하부 도파층 상에 형성된 활성층과, 상기 활성층 상에 형성된 상부 도파층과, 상기 상부 도파층 상에 형성되며, 상부의 일부 영역에 리지를 갖는 p형 클래드층과, 상기 p형 클래드층의 리지 상에 형성된 투명전극층 및 각각 상기 n형 및 p형 클래드층과 전기적으로 연결되도록 형성된 n형 및 p형 전극을 포함하되, 상기 활성층으로부터 상기 리지의 상면까지의 거리는 3000Å 이하이며, 상기 투명전극층의 두께는 2000Å 이상인 것을 특징으로 하는 발광소자를 제공한다. 본 발명에 따르면, 높은 인듐 조성비(25% 이상)의 활성층을 갖는 발광소자를 구현함에 있어서, 활성층의 열적 피해를 최소화함으로써 발광특성이 향상된 발광소자를 제공할 수 있다.

대 표 도 - 도1



특허청구의 범위

청구항 1

기판;

상기 기판 상에 순차적으로 형성된 n형 클래드층과 하부 도파층;

상기 하부 도파층 상에 형성된 활성층;

상기 활성층 상에 형성된 상부 도파층, 리지를 갖는 p형 클래드층 및 전자차단층;

상기 p형 클래드층의 리지 상에 형성된 투명전극층; 및

각각 상기 n형 및 p형 클래드층과 전기적으로 연결되도록 형성된 n형 및 p형 전극;을 포함하되,

상기 활성층으로부터 상기 리지의 상면까지의 거리는 3000Å 이하이며, 상기 투명전극층의 두께는 2000Å 이상인 것을 특징으로 하는 발광소자.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 활성층은 녹색 대역 파장의 빛을 방출하는 것을 특징으로 하는 발광소자.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 발광소자의 일 측면에 형성된 고반사층 및 이와 반대되는 측면에 형성된 저반사층을 더 구비하는 것을 특징으로 하는 발광소자.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 고반사층은 상기 활성층에서 방출된 광에 대하여 90% 이상의 반사율을 가지며, 상기 저반사층은 상기 활성층에서 방출된 광에 대하여 1% 이하의 반사율을 갖는 것을 특징으로 하는 발광소자.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 투명전극층은 투명전도성 산화물로 이루어진 것을 특징으로 하는 발광소자.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 투명전극층은 ITO, ZnO, SnO_2, TiO_2, MIO, ZIO 및 CIO로 구성된 그룹으로부터 선택된 어느 하나의 물질로 이루어진 것을 특징으로 하는 발광소자.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 활성층에서 방출되는 빛의 파장은 490 ~ 570㎚인 것을 특징으로 하는 발광소자.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 활성층은 하나 이상의 양자우물층을 구비하며, 상기 양자우물층에는 인듐이 25% 이상의 조성비로 포함된 것을 특징으로 하는 발광소자.

청구항 9

제1항에 있어서,

상기 리지의 두께는 500Å 이상인 것을 특징으로 하는 발광소자.

청구항 10

제1항에 있어서,

상기 p형 클래드층 및 상기 투명전극층의 외부면을 감싸도록 형성되되, 상기 투명전극층의 상부를 노출시키는 개구를 갖는 절연층을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 발광소자.

청구항 11

제10항에 있어서,

상기 절연층은 실리콘 산화물 또는 실리콘 질화물로 이루어진 것을 특징으로 하는 발광소자.

청구항 12

제1항에 있어서,

상기 n형 클래드층, 상부 도파층, 활성층, 하부 도파층 및 p형 클래드층은 질화물로 이루어진 것을 특징으로 하는 발광소자.

명 세 서

발명의 상세한 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 발광소자에 관한 것으로, 특히 녹색 파장 대역의 빛을 방출하는 발광소자에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 파장분할 다중방식 수동형 광가입자망(Wavelength Division Multiplexing Passive Optical Network: WDMPON)에 사용되는 OLT(Optical Line Terminal) 및 ONU(Optical Network Unit)의 광원으로 여러 종류가 있다. 이중에서, OLT는 단일모드로 발진하는 DFB-LD(Distributed FeedBack-Laser Diode)를 사용하였고 ONU는 편광의존성이 있는 반사형 광 증폭기(R-SOA)를 사용하여 양 방향 1.25Gbp/s 이상의 통신을 하였다.

[0003] 한편, WDM-PON의 가격을 낮추기 위해서는 WDM 채널에 부합하는 고가의 DFB-LD를 낮은 가격의 광원으로 대체가 필요하다. 이러한 요구에 의해 저가형으로 제작할 수 있는 ECL(External Cavity Laser)이 주목을 받고 있다. ECL은 단일 기판 위에 다중 채널의 광원을 제작할 수 있다는 장점 등이 있어, 많은 연구가 진행되고 있다. ECL은 실리콘 기판 위에 형성된 실리카 도파로에 그레이팅(grating)을 형성하고 광원인 반도체 레이저가 하이브리드(hybrid) 집적되는 구조이다. ECL의 광원인 반도체 레이저는 출사면의 반사도는 0.1% 이하로 발진을 하지 않아야 하며, 낮은 동작전류에서 높은 이득을 가지는 소자여야만 한다. 이러한 조건을 만족하는 광원으로 발광소자(SLD)가 있다.

[0004] 일반적인 발광소자의 경우, 기판, 에피층, 절연막, n형 및 p형 전극을 구비한다. 여기서, 상기 에피층은 n형 클래드층, n형 도파층, 활성층, p형 도파층, p형 클래드층 및 p형 컨택층이 순차적으로 형성되며, 특히, 상기 에피층의 최상부의 층에 속하는 상기 p형 클래드층과 p형 컨택층은 리지(Ridge) 구조를 갖도록 형성된다. 이러한 종래 기술에 따른 발광소자는 녹색 파장 대역의 빛을 방출하는 경우, 활성층에 포함된 인듐 함량이 높아져야 하는 데, 이에 따라, p형 클래드층의 성장 시에 활성층이 열적 피해를 받는 문제가 있다. 즉, 활성층으로 일반적으로 채용될 수 있는 InGaN의 성장 온도가 700 ~ 800℃인 것에 비하여 p형 클래드층으로 사용되는 AlGaN층의 성장 온도는 900℃ 이상이므로 , p형 클래드층이 성장 시 인듐의 확산이나 편석(Segregation)이 생길 수 있는 것

이다.

[0005] 이와 같이, 종래의 발광소자는 녹색 파장 대역의 빛에 사용하는 경우 활성층의 품질 저하로 인해 발광 효율이 저하되는 문제가 있으며, 본 기술 분야에서는 고품질의 녹색 발광소자의 개발이 필요한 실정이다.

발명의 내용

해결 하고자하는 과제

[0006] 본 발명은 상기한 종래 기술의 문제점을 해결하기 위한 것으로서, 그 목적은 높은 인듐 조성비를 가지면서 발광 특성이 향상된 발광소자를 제공하는 데에 있다.

과제 해결수단

[0007] 상기한 기술적 과제를 실현하기 위해서, 본 발명의 일 실시 형태는,

[0008] 기판과, 상기 기판 상에 순차적으로 형성된 n형 클래드층과 하부 도파층과, 상기 하부 도파층 상에 형성된 활성층과, 상기 활성층 상에 형성된 상부 도파층과, 상기 상부 도파층 상에 형성되며, 상부의 일부 영역에 리지를 갖는 p형 클래드층과, 상기 p형 클래드층의 리지 상에 형성된 투명전극층 및 각각 상기 n형 및 p형 클래드층과 전기적으로 연결되도록 형성된 n형 및 p형 전극을 포함하되, 상기 활성층으로부터 상기 리지의 상면까지의 거리는 3000Å 이하이며, 상기 투명전극층의 두께는 2000Å 이상인 것을 특징으로 하는 발광소자를 제공한다.

[0009] 본 발명의 실시 형태에 따르면, 상기 활성층은 녹색 대역 파장의 빛을 방출할 수 있다.

[0010] 본 발명의 실시 형태에 따르면, 상기 발광소자의 일 측면에 형성된 고반사층 및 이와 반대되는 측면에 형성된 저반사층을 더 구비할 수 있다. 이 경우, 상기 고반사층은 상기 활성층에서 방출된 광에 대하여 90% 이상의 반사율을 가지며, 상기 저반사층은 상기 활성층에서 방출된 광에 대하여 1% 이하의 반사율을 가질 수 있다.

[0011] 본 발명의 실시 형태에 따르면, 상기 투명전극층은 투명전도성 산화물로 이루어질 수 있으며, 구체적으로, 상기 투명전극층은 ITO, ZnO, SnO_2, TiO_2, MIO, ZIO 및 CIO로 구성된 그룹으로부터 선택된 어느 하나의 물질로 이루어질 수 있다.

[0012] 한편, 상기 활성층에서 방출되는 빛의 파장은 490 ~ 570㎚인 것이 바람직하며, 이를 위해, 상기 활성층은 하나 이상의 양자우물층을 구비하며, 상기 양자우물층에는 인듐이 25% 이상의 조성비로 포함된 것일 수 있다.

[0013] 또한, 상기 리지의 두께는 500Å 이상인 것이 횡방향 FFP를 충분히 크게 하기 위해 바람직하다.

[0014] 실시 형태에 따라서는, 상기 발광소자는 상기 p형 클래드층 및 상기 투명전극층의 외부면을 감싸도록 형성되되, 상기 투명전극층의 상부를 노출시키는 개구를 갖는 절연층을 더 포함할 수 있다. 이 경우, 상기 절연층은 실리콘 산화물 또는 실리콘 질화물로 이루어진 것이 바람직하다.

[0015] 바람직하게는, 상기 n형 클래드층, 상부 도파층, 활성층, 하부 도파층 및 p형 클래드층은 질화물로 이루어질 수 있다.

효 과

[0016] 본 발명에 따르면, 높은 인듐 조성비(25% 이상)의 활성층을 갖는 발광소자를 구현함에 있어서, 활성층의 열적 피해를 최소화함으로써 발광특성이 향상된 발광소자를 제공할 수 있다. 따라서, 장파장, 특히 녹색 방출파장광의 발광소자에서도, 높은 인듐 조성비로 인해 인듐 편석 또는 낮은 성장 온도에 따른 결정성 저하 문제를 완화할 수 있다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

[0017] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시형태들을 설명한다.

[0018] 그러나, 본 발명의 실시형태는 여러 가지 다른 형태로 변형될 수 있으며, 본 발명의 범위가 이하 설명하는 실시형태로 한정되는 것은 아니다. 또한, 본 발명의 실시형태는 당해 기술분야에서 평균적인 지식을 가진 자에게 본 발명을 더욱 완전하게 설명하기 위해서 제공되는 것이다. 따라서, 도면에서의 요소들의 형상 및 크기 등은 보다 명확한 설명을 위해 과장될 수 있으며, 도면상의 동일한 부호로 표시되는 요소는 동일한 요소이다.

[0019] 도 1 및 도 2는 각각 본 발명의 일 실시 형태에 따른 발광소자를 나타내는 사시도 및 평면도이다.

[0020] 도 1을 참조하면, 본 실시 형태에 따른 발광소자(100)는 기판(101)과 그 위에 순차적으로 형성된 n형 클래드층(102), 하부 도파층(103), 활성층(104), 상부 도파층(105), p형 클래드층(106)을 구비하며, 상기 p형 클래드층(106)의 리지 구조 상에는 투명전극층(107)이 형성된다. 또한, 상기 기판(101)의 하면과 상기 투명전극층(107)의 상면에는 각각 n형 및 p형 전극(109a, 109b)이 형성되며, 상기 p형 클래드층(106) 상에는 리지 구조와 투명전극층(107)을 덮는 절연층(108)이 형성된다. 이 경우, 도 1에서는 도 2에서 도시한 저반사층 및 고반사층은 도시되지 않았다. 상기 발광소자(100)는 수직구조 발광소자로서, 상기 기판(101)은 n-GaAs 기판, GaN 기판과 같은 도전성 기판에 해당한다.

[0021] 도 2에 도시된 바와 같이, 상기 발광소자(100)의 일 측면에는 저반사층(201)이 형성되며, 이와 반대되는 측면에는 고반사층(202)이 형성될 수 있다. 상기 저반사층(201)은 Al_2O_3, SiO_2 등으로 이루어지며, 활성층(104)에서 방출된 빛에 대하여 1% 이하의 반사율을 가질 경우, 유도 방출을 억제할 수 있어 레이저 다이오드가 아닌 SLD 소자로 기능 하도록 할 수 있다. 상기 고반사층(202)은 Al_2O_3, TiO_2, Nb_2O_5 등을 교대로 적층한 구조를 채용하여 활성층(104)에서 방출된 빛에 대하여 90% 이상의 반사율을 갖도록 할 수 있으며, 활성층(104)에서 방출된 빛의 파장에 따라 그 두께를 조절할 수 있다.

[0022] 상기 n형 및 p형 클래드층(102, 106)은 각각 하부 및 상부 클래드층에 해당하며, n-GaInP층 또는 III-V족 원소를 포함하는 2원계, 3원계 혹은 4원계 화합물 반도체층일 수 있다. 또한, 상기 하부 및 상부 도파층(103, 105)은 비도프된 GaAs층 또는 III-V족 화합물 반도체층일 수 있다. 상기 활성층(104)은 복수의 양자우물층과 복수의 양자장벽층이 교대로 적층 된 다중양자우물구조를 가질 수 있다. 특히, 상기 활성층(104)에 포함된 양자우물층은 인듐 조성비가 25% 이상이며, 예를 들어 3성분계인 경우에 $In_{1-x}Ga_xN$ ($0.25<x<1$)일 수 있다. 이에 따라, 상기 활성층은 녹색 파장 대역(약 490 ~ 570㎚)에 해당하는 빛을 방출할 수 있다. 한편, 상기 양자장벽층은 상기 양자우물층보다 높은 에너지 밴드갭을 갖는 질화물 단결정이며, 예를 들어 GaN일 수 있다. 후술할 바와 같이, 본 실시 형태에 따른 발광소자에서는 녹색 파장 대역의 빛을 방출하면서도 p형 클래드층(106) 및 투명전극층(107)의 성장 조건을 적절히 제어함으로써 활성층의 열적 손상을 최소화할 수 있다.

[0023] 도 1에 도시된 바와 같이, 상기 p형 클래드층(106)의 일부 영역에는 리지 구조가 형성되며, 상기 리지 구조의 상면 및 측면에는 각각 투명전극층(107)과 절연층(108)이 형성된다. 상술한 바와 같이, 상기 활성층(104)은 녹색 파장 대역의 빛을 방출하기 위해 인듐 함량이 높은 것을 특징으로 하며, 그 성장 온도는 약 700 ~ 800℃가 된다. 이에 따라, 활성층(104) 위에 형성되는 p형 클래드층(106)의 성장 시간을 길게 할수록 활성층(104)에서는 인듐 확산, 편석 등의 열적 손상이 일어날 수 있다. 이는 종래 기술에서도 지적한 바와 같이 p형 클래드층(106)의 성장 온도(예를 들어, p-AlGaN층을 사용하는 경우, 900℃ 이상)가 활성층(104)의 성장 온도보다 높기 때문이다. 이를 위해 상기 활성층(104)으로부터 상기 p형 클래드층(106)의 리지 상면까지의 거리(t1)는 3000Å 이하가 되도록 하는 것이 바람직하다. 이하, 상기 활성층(104)으로부터 상기 p형 클래드층(106)의 리지 상면까지의 거리(t1)의 바람직한 조건이 도출된 근거를 도 4를 참조하여 더욱 상세히 설명한다.

[0024] 도 4는 도 1의 실시 형태에 따른 발광소자에서 활성층으로부터 p형 클래드층의 리지 상면까지의 거리에 따른 발광효율을 나타낸 그래프이다. 여기서, 발광효율은 PL 강도(arb. unit)를 측정하여 나타내었다. 도 4에 도시된 바와 같이, p형 클래드층의 리지 상면까지의 거리(t1)가 활성층으로부터 멀어질수록 p형 클래드층의 성장 시간이 길어져 활성층의 열적 손상이 커지며, 이에 따라, 발광효율이 저하되는 것을 볼 수 있다. 특히, 상기 거리(t1)가 약 3000Å 이상이 될 경우, 발광효율이 최대치의 50% 이하로 현저히 저하되는 것을 볼 수 있다.

[0025] 이와 같이, p형 클래드층(106)의 성장 시간을 되도록 짧게 함으로써 활성층(104)의 열적 손상을 최소화할 수 있으나, 얇은 두께로 인해 클래딩 기능이 저하될 수 있으므로, 본 실시 형태에서는 컨택전극층으로서 투명전극층(107)을 사용하였다. 이 경우, 상기 투명전극층(107)으로는 투명전도성 산화물(Transparent Conductive Oxide, TCO), 예를 들어, ITO, ZnO, SnO_2, TiO_2, MIO, ZIO, CIO 등을 사용함이 바람직하다. 여기서, MIO, ZIO, CIO는 In_2O_3에 각각 Mg, Zn, Cu가 첨가된 것을 말한다. 이와 같이, 투명전극층(107)을 p형 컨택층으로 사용함으로써 상대적으로 얇게 형성된 p형 클래드층(106)의 기능을 보완할 수 있으며, 활성층(104)의 열적 손상을 최소화할 수 있다. 즉, 일반적으로 ITO 등이 증착되는 온도는 200 ~ 300℃인 점을 고려하였을 때, 투명전극층(107)을 상대적으로 두껍게 형성하더라도 활성층(104)의 열적 손상이 거의 없을 것으로 예상할 수 있다. 나아가, p형 컨택층으로서 TCO를 사용함으로써 금속을 사용하는 경우에 비하여 빛의 손실을 최소화할 수 있다.

[0026] 한편, 충분한 클래딩 기능을 얻기 위하여 상기 투명전극층(107)의 두께(t2)는 2000Å 이상인 것이 바람직하다. 또한, 횡방향 FFP(Far Field Pattern)을 충분히 크게 하기 위한 측면에서, 상기 p형 클래드층(106)의 리지는 500Å 이상의 두께(t3)를 갖는다. 다음으로, 상기 투명전극층(107)과 p형 클래드층(106)을 덮는 절연층(108)은 적어도 상기 투명전극층(107)의 상면을 노출시키는 개구부를 가지며, 실리콘 산화물이나 실리콘 질화물을 가지고 형성할 수 있다.

[0027] 상기 p형 클래드층(106)의 리지 구조는 상기 리지 구조 외의 영역에 해당하는 p형 클래드층(106)을 식각 하여 얻을 수 있으며, 상기 절연층(108) 및 투명전극층(107)은 당 기술 분야에서 공지된 공정, 예를 들어, 증착 등의 방법으로 형성될 수 있다. 도시하지는 않았으나, 실시 형태에 따라서, 상기 발광소자(100)에는 상기 활성층(104)과 상부 도파층(105) 사이에는 p형 전자 차단층(EBL)이 더 포함될 수 있다.

[0028] 도 3은 본 발명의 다른 실시 형태에 따른 발광소자를 나타내는 단면도이다.

[0029] 본 실시 형태의 경우, 수평구조 발광소자로서, 상기 발광소자(300)는 도 1의 실시 형태와 마찬가지로 기판(301)과 그 위에 순차적으로 형성된 n형 클래드층(302), 하부 도파층(303), 활성층(304), 상부 도파층(305), 리지 구조를 갖는 p형 클래드층(306)을 구비하며, 상기 p형 클래드층(306)의 리지 구조 상에는 투명전극층(307)이 형성된다. 또한, 상기 n형 클래드층(302)의 일부 영역과 상기 투명전극층(307)의 상면에는 각각 n형 및 p형 전극(309a, 309b)이 형성되며, 상기 p형 클래드층(306) 및 n형 클래드층(302) 상에는 리지 구조와 투명전극층(307)을 덮는 절연층(308)이 형성된다. 도 1의 경우와 다른 점은 상술한 바와 같이 전극이 수평구조로 형성되어 있으며, 상기 기판(301)이 사파이어 등의 절연 기판일 수 있다는 것이다. 이러한 차이 외의 다른 사항은 도 1과 동일한 것으로 이해할 수 있으며, 자세한 설명은 생략한다.

[0030] 본 발명은 상술한 실시 형태 및 첨부된 도면에 의해 한정되는 것이 아니며, 첨부된 청구범위에 의해 한정하고자 한다. 따라서, 청구범위에 기재된 본 발명의 기술적 사상을 벗어나지 않는 범위 내에서 당 기술분야의 통상의 지식을 가진 자에 의해 다양한 형태의 치환, 변형 및 변경이 가능할 것이며, 이 또한 본 발명의 범위에 속한다고 할 것이다.

도면의 간단한 설명

[0031] 도 1 및 도 2는 각각 본 발명의 일 실시 형태에 따른 발광소자를 나타내는 사시도 및 평면도이다.

[0032] 도 3은 본 발명의 다른 실시 형태에 따른 발광소자를 나타내는 단면도이다.

[0033] 도 4는 도 1의 실시 형태에 따른 발광소자에서 활성층으로부터 p형 클래드층의 리지 상면까지의 거리에 따른 발광효율을 나타낸 그래프이다.

[0034] <도면의 주요부분에 대한 부호설명>

[0035] 101: 기판 102: n형 클래드층

[0036] 103: 하부 도파층 104: 활성층

[0037] 105: 상부 도파층 106: p형 클래드층

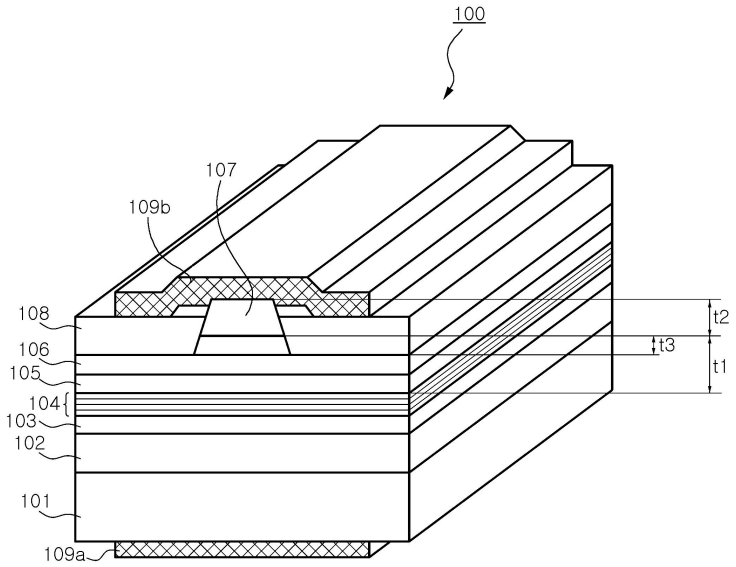
[0038] 107: 투명전극층 108: 절연층

[0039] 109a, 109b: n형 및 p형 전극 201: 저반사층

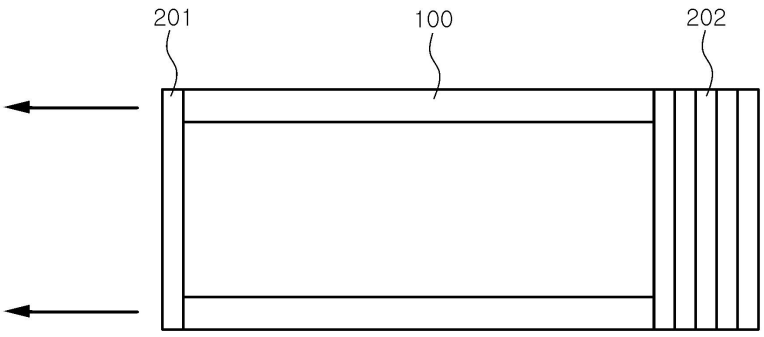
[0040] 202: 고반사층

도면

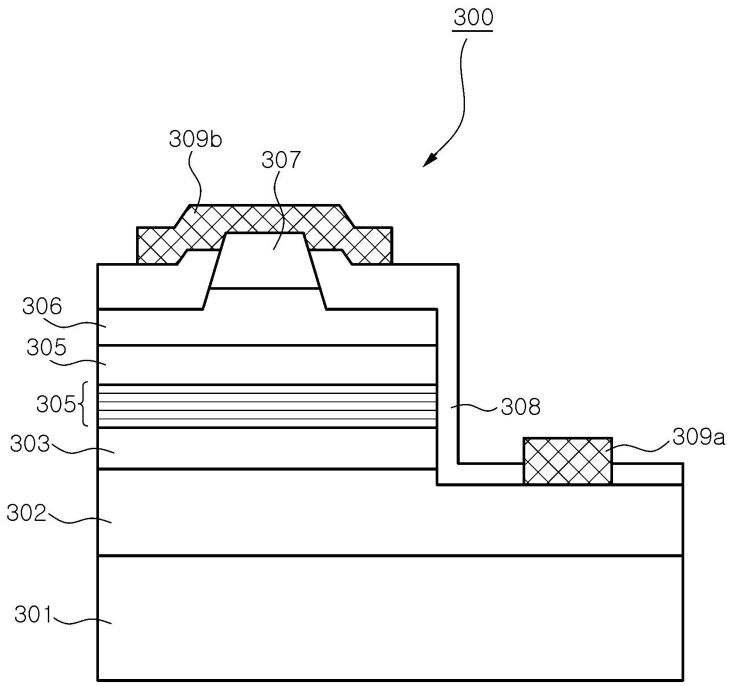
도면1



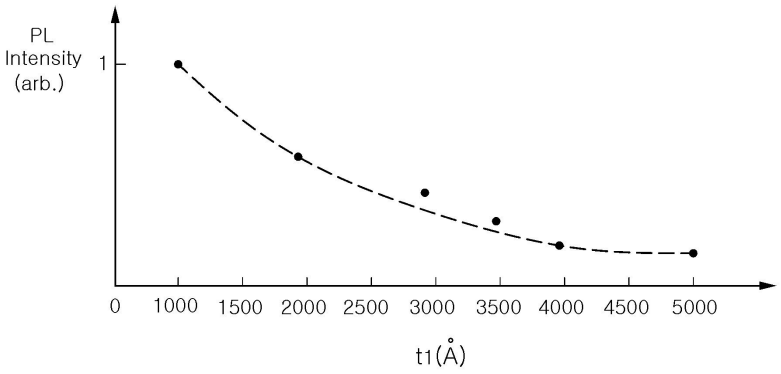
도면2



도면3


300
309b
307
306
305
305
308
309a
303
302
301

도면4


PL
Intensity
(arb.)
1
0
1000
1500
2000
2500
3000
3500
4000
4500
5000
t1(Å)