(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2017-0123847
(43) 공개일자 2017년11월09일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 33/02 (2010.01) *H01L 33/00* (2010.01)
H01L 33/06 (2010.01) *H01L 33/38* (2010.01)
H01L 33/40 (2010.01)
(52) CPC특허분류
H01L 33/02 (2013.01)
H01L 33/005 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2016-0053014
(22) 출원일자 2016년04월29일
심사청구일자 2016년04월29일

(71) 출원인
엘지이노텍 주식회사
서울특별시 중구 후암로 98 (남대문로5가)
고려대학교 산학협력단
서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)
(72) 발명자
성태연
서울특별시 서초구 신반포로33길 64, 1-506호
김대현
서울특별시 동대문구 약령시로 147, 3동 105호
원준연
서울특별시 동작구 사당로23바길 9, 117동 1001호
(74) 대리인
김기문

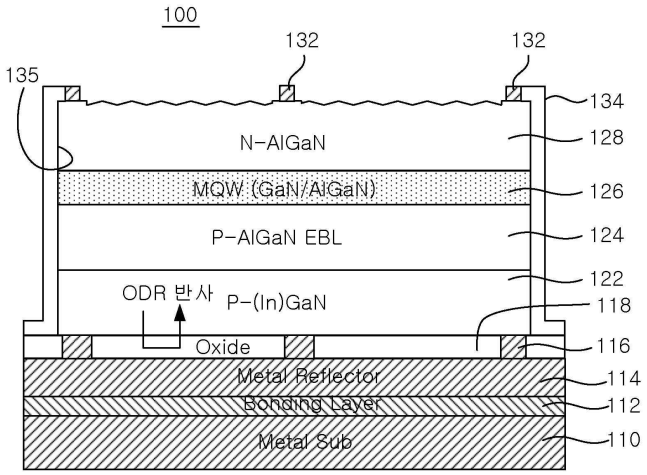
전체 청구항 수 : 총 7 항

(54) 발명의 명칭 **광추출효율 향상을 위한 p-형 오믹 접합 전극 패턴을 구비한 자외선 발광 다이오드 소자**

(57) 요 약

본 발명은 자외선 발광 다이오드 소자 및 그 제조 방법을 제공한다. 이 자외선 발광 다이오드 소자는 도전성 기판; 상기 도전성 기판 상에 배치된 금속 반사층; 상기 금속 반사층 상에 배치된 p 전극 패턴; 상기 p 전극 패턴 사이를 채우는 절연층; 상기 p 전극 패턴 및 상기 절연층 상에 배치되는 p형 GaN층; 상기 p형 GaN층 상에 배치되는 활성층; 상기 활성층 상에 배치된 n형 AlGaN층; 및 상기 n형 AlGaN층 상에 배치된 n 전극 패턴을 포함한다. 상기 금속 반사층은 알루미늄 또는 알루미늄 합금이고, 상기 p 전극 패턴은 ITO 또는 은을 포함한다.

대 표 도 - 도1b



(52) CPC특허분류
H01L 33/06 (2013.01)
H01L 33/38 (2013.01)
H01L 33/405 (2013.01)
H01L 2924/12041 (2013.01)
H01L 2933/0016 (2013.01)

명 세 서

청구범위

청구항 1

도전성 기판;

상기 도전성 기판 상에 배치된 금속 반사층;

상기 금속 반사층 상에 배치된 p 전극 패턴;

상기 p 전극 패턴 사이를 채우는 절연층;

상기 p 전극 패턴 및 상기 절연층 상에 배치되는 p형 GaN층;

상기 p형 GaN층 상에 배치되는 활성층;

상기 활성층 상에 배치된 n형 AlGaN층; 및

상기 n형 AlGaN층 상에 배치된 n 전극 패턴을 포함하고,

상기 금속 반사층은 알루미늄 또는 알루미늄 합금이고,

상기 p 전극 패턴은 ITO 또는 은을 포함하는 것을 특징으로 하는 자외선 발광 다이오드 소자.

청구항 2

제1 항에 있어서,

상기 절연층은 실리콘산화막 또는 플루오린화 마그네슘(MgF2)인 것을 특징으로 하는 자외선 발광 다이오드 소자.

청구항 3

제1 항에 있어서,

상기 p 전극 패턴은 다각형 단위 패턴을 구비한 메쉬 구조인 것을 특징으로 하는 자외선 발광 다이오드 소자.

청구항 4

제1 항에 있어서,

상기 도전성 기판과 상기 금속 반사층 사이에 배치된 웨이퍼 결합층; 및

상기 p형 GaN층과 상기 활성층 사이에 배치된 전자 블록킹층; 중에서 적어도 하나를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 자외선 발광 다이오드 소자.

청구항 5

제1 항에 있어서,

상기 활성층은 GaN/AlGaN의 다중 양자 우물 구조인 것을 특징으로 하는 자외선 발광 다이오드 소자.

청구항 6

사파이어 기판 상에 도핑되지 않은 AlGaN 버퍼층, n형 AlGaN층, 활성층, p형 GaN 및 절연층을 차례로 적층하는 단계;

상기 절연층을 패터닝하여 절연층 패턴을 형성하는 단계;

상기 절연층 패턴 사이에 오믹 접합물질을 채워서 p 전극 패턴을 형성하는 단계;

상기 절연층 패턴과 상기 p 전극 패턴 상에 금속 반사막을 형성하는 단계;

상기 금속 반사막이 형성된 상기 사파이어 기판 상에 웨이퍼 결합층을 형성하고 상기 웨이퍼 결합층과 상기 도전성 기판을 결합시키는 단계;

레이저 리프트 오프 기술을 이용하여 상기 사파이어 기판을 제거하여 상기 는 상기 AlGaN 버퍼층을 노출시키는 단계;

노출된 AlGaN 버퍼층을 제거하고 상기 n형 AlGaN층 상에 n 전극 패턴을 형성하는 단계; 및

상기 n 전극 패턴이 형성된 후 상기 n형 AlGaN층에 표면 거칠기를 제공하는 단계를 포함하고,

상기 p 전극 패턴은 은(Ag) 또는 ITO이고,

상기 금속 반사막은 알루미늄 또는 알루미늄 합금인 것을 특징으로 하는 자외선 발광 다이오드 소자의 제조 방법.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 활성층과 상기 p형 GaN층 사이에 p형 AlGaN 구조의 전자 블록킹층을 형성하는 단계; 및

상기 n형 AlGaN층, 상기 활성층, 상기 전자 블록킹층, 상기 p 형 GaN층을 패터닝하여 트렌치를 형성하고 상기 트렌치의 측벽에 보호층을 형성하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 자외선 발광 다이오드 소자의 제조 방법.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 발광다이오드에 관한 것이며, 보다 상세하게는 광추출 효율 향상을 위한 p형 에피탁시 콘택층(p-type epitaxy contact layer) 구조를 도입한 자외선 발광다이오드에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 자외선 발광다이오드(Ultraviolet Light-Emitting Diode; UV LED)는 AlGaN을 에피탁시층(epitaxy layer)로 사용하는데, 자외선과 같은 단파장 영역의 빛을 발광할수록 AlGaN 내의 Al 함량이 높아진다. AlGaN 내에 Al 함량이 높아질수록 AlGaN의 전기 전도도가 현저히 떨어지며 도핑 효율 역시 급격히 감소한다. 특히 p형(p-type) AlGaN과 금속 전극은 서로 오믹 접촉(Ohmic contact)을 형성하지 않아 접촉저항이 높다. 이는 소자의 발열을 유발함과 동시에 전류주입효율을 떨어뜨린다.

[0003] 이러한 문제를 해결하기 위해 일반적으로 금속 전극과 오믹접촉을 형성하는 p-(In)GaN을 콘택층(contact layer)이 사용되거나, 일함수가 큰 금속(Ni, Pd, Au, Pt, Ag) 등이 이용한다. 또는 열처리, 플라즈마 처리 및 다양한 표면처리 공정 등을 도입하여 p-형 반도체와 금속 전극 사이의 오믹 콘택 형성 기술이 개발되었다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0004] 본 발명의 해결하고자 하는 일 기술적 과제는 UV LED의 알루미늄(Al) 기반 p형 오믹 콘택을 제공하는 것이다.

[0005] 본 발명의 일 실시예에 따르면, p-GaN 층 (또는 p-InGaN)과 알루미늄 기반 금속 반사층 사이에 ITO, 은(Ag) 등의 p형 반도체와 오믹을 형성하는 메쉬 구조의 p형 오믹 콘택 전극 패턴(ohmic contact pattern)을 도입하고, 상기 p형 오믹 콘택 전극 패턴 사이를 절연층으로 채운다. 이에 따라, 상기 p-(In)GaN 층의 반도체층은 p형 오믹 콘택 전극 패턴을 통하여 상기 알루미늄 반사층과 전기적으로 연결된다. 상기 반도체층, 상기 절연층, 및 상기 금속 반사막은 자외선의 흡수에 의한 손실을 감소시키는 옴니 디렉션날 리플렉터(Omni-directional reflector; ODR)로서 기능한다. 따라서, 상기 UV LED의 광추출효율이 증가될 수 있다.

과제의 해결 수단

[0006] 본 발명의 일 실시예에 따른 자외선 발광 다이오드 소자는 도전성 기판; 상기 도전성 기판 상에 배치된 금속 반

사층; 상기 금속 반사층 상에 배치된 p 전극 패턴; 상기 p 전극 패턴 사이를 채우는 절연층; 상기 p 전극 패턴 및 상기 절연층 상에 배치되는 p형 GaN층; 상기 p형 GaN층 상에 배치되는 활성층; 상기 활성층 상에 배치된 n형 AlGaN층; 및 상기 n형 AlGaN층 상에 배치된 n 전극 패턴을 포함한다. 상기 금속 반사층은 알루미늄 또는 알루미늄 합금이고, 상기 p 전극 패턴은 ITO 또는 은을 포함한다.

[0007] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 절연층은 실리콘산화막 또는 플루오린화 마그네슘(MgF2)일 수 있다.

[0008] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 p 전극 패턴은 다각형 단위 패턴을 구비한 메쉬 구조일 수 있다.

[0009] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 도전성 기판과 상기 금속 반사층 사이에 배치된 웨이퍼 결합층; 및 상기 p형 GaN층과 상기 활성층 사이에 배치된 전자 블록킹층; 중에서 적어도 하나를 더 포함할 수 있다.

[0010] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 활성층은 GaN/AlGaN의 다중 양자 우물 구조일 수 있다.

[0011] 본 발명의 일 실시예에 따른 자외선 발광 다이오드 소자의 제조 방법은 사파이어 기판 상에 도핑되지 않은 AlGaN 버퍼층, n형 AlGaN층, 활성층, p형 GaN 및 절연층을 차례로 적층하는 단계; 상기 절연층을 패터닝하여 절연층 패턴을 형성하는 단계; 상기 절연층 패턴 사이에 오믹 접합물질을 채워서 p 전극 패턴을 형성하는 단계; 상기 절연층 패턴과 상기 p 전극 패턴 상에 금속 반사막을 형성하는 단계; 상기 금속 반사막이 형성된 상기 사파이어 기판 상에 웨이퍼 결합층을 형성하고 상기 웨이퍼 결합층과 상기 도전성 기판을 결합시키는 단계; 레이저 리프트 오프 기술을 이용하여 상기 사파이어 기판을 제거하여 상기 AlGaN 버퍼층을 노출시키는 단계; 노출된 AlGaN 버퍼층을 제거하고 상기 n형 AlGaN층 상에 n 전극 패턴을 형성하는 단계; 및 상기 n형 AlGaN층에 표면 거칠기를 제공하는 단계를 포함한다. 상기 p 전극 패턴은 은(Ag) 또는 ITO이고, 상기 금속 반사막은 알루미늄 또는 알루미늄 합금일 수 있다.

[0012] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 상기 활성층과 상기 p형 GaN층 사이에 p형 AlGaN 구조의 전자 블록킹층을 형성하는 단계; 및 상기 n형 AlGaN층, 상기 활성층, 상기 전자 블록킹층, 상기 p 형 GaN층을 패터닝하여 트렌치를 형성하고 트렌치의 측벽에 보호층을 형성하는 단계를 더 포함할 수 있다.

발명의 효과

[0013] 본 발명의 일 실시예에 따르면, UV LED 광추출효율 향상을 위해 다양한 그물구조의 ITO, Ag 등의 물질로 구성된 p형 오믹 콘택 전극 패턴 및 상기 p형 오믹 콘택 전극 패턴 사이의 공간을 채우는 절연층이 사용된다. 또한, 금속 반사층으로 알루미늄 또는 알루미늄 합금이 사용된다. 이에 따라, UV 파장의 빛 흡수를 최소화하면서 접촉저항까지 낮출 수 있는 효과를 얻을 수 있다. 또한 그물구조의 상기 p형 오믹 콘택 전극 패턴은 ITO 또는 은(Ag)을 접합층으로 도입함으로서 최적의 전류 퍼짐(current spreading) 효과와 높은 광추출 효과까지 모두 얻을 수 있다.

[0014] 또한, 상기 p형 오믹 콘택 전극 패턴의 빈 영역에는 실리콘 산화막과 같은 절연층이 채워진다. 이에 따라, 알루미늄 재질의 금속 반사층, 상기 절연층, 및 상기 상기 p-(In)GaN 층은 ODR 반사 전극으로 동작한다. 상기 ODR 반사 전극은 전면 금속 반사 전극보다 UV 영역에서 더 높은 반사도를 제공하며, UV LED의 전체적인 광추출 효율을 추가적으로 향상시킬 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0015] 도 1a는 본 발명의 일 실시예에 따른 수직형 UV LED를 설명하는 평면도이다.

도 1b는 도 1a의 A-A' 선을 따라 자른 단면도이다.

도 1c는 도 1a의 B-B' 선을 따라 자른 단면도이다.

도 2a 내지 도 2h는 본 발명의 일 실시예에 따른 수직 UV LED 소자를 제조 방법을 설명하는 단면도들이다.

도 3a은 본 발명의 일 실시예에 따른 ODR 구조의 p형 GaN층/절연층/금속반사층을 구비한 발광 다이오드의 전류에 대한 광출력을 나타내는 도면이다.

도 3b은 본 발명의 일 실시예에 따른 ODR 구조의 p형 GaN층/절연층/금속반사층을 구비한 발광 다이오드의 전력에 대한 광출력을 나타내는 도면이다.

도 4는 본 발명의 다른 실시예에 따른 p 전극 패턴을 나타내는 평면도들이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0016] 통상적인 수직형 UV LED는 도전성 기판, 웨이퍼 결합층, 금속 반사층, p전극, p-GaN, 활성층, 및 n GaN, n 콘택 전극을 구비한다. 상기 금속 반사층 및 상기 p 전극은 전류주입효율과 광추출효율을 모두 높을 수 있는 것이 바람직하다. 그러나, 통상적인 수직 UV LED의 경우, 상기 p전극은 p형 반도체와 오믹 접합을 형성하는 은 또는 ITO을 사용한다. 은(Ag) 또는 ITO와 같은 물질은 자외선 영역에 높은 흡수율을 가져 광추출효율을 감소시킨다. 따라서, 자외선 흡수율을 감소시킨 새로운 구조의 p 전극 구조 및 재질이 요구된다.

[0017] 400nm 이하 파장대역 빛에 대한 p 오믹 콘택층(contact layer)의 광흡수로 인한 광추출 효율이 저하될 수 있다. 이 문제 해결을 위해, p 오믹 콘택층은 메쉬 구조(mesh structure)의 p 오믹 콘택 패턴(p ohmic contact pattern)을 가질 수 있다. 메쉬 구조의 빈공간은 절연층으로 채워질 수 있다. 상기 p 오믹 콘택 패턴은 전체 면적 중에서 최소한의 면적을 차지하도록 설계되고, 나머지 영역은 반도체층/절연층/알루미늄 금속 반사층을 포함하는 ODR 구조를 가진다. 상기 ODR 구조는 자외선 영역에서 높은 반사도를 제공하여 높은 광추출효율을 제공한다. 또한, 상기 p 오믹 콘택 패턴은 충분히 낮은 저항을 제공하여 전류주입효율을 증가시킬 수 있다. 상기 p 오믹 콘택 패턴은 ITO, 은(Ag) 등의 p형 GaN(또는 p형 InGaN)와 오믹 콘택이 가능한 물질일 수 있다. 메쉬 구조를 가진 상기 오믹 콘택 전극 패턴은 오믹 접합을 형성할 전극 물질로서(ITO, Ag, Ni, Au, Pd, Pt 등)일 수 있다. 그리고, 메쉬 구조의 오믹 콘택 패턴 이외의 부분에는 SiO2, MgF2와 같이 굴절률이 작은 절연층으로 채워질 수 있다. 상기 p 오믹 콘택 패턴 및 상기 절연층 상에 금속 반사층이 형성된다. 상기 금속 반사층은 Al, Ag, 또는 Rh일 수 있다.

[0018] 본 발명의 일 실시예에 따르면, p전극을 패터닝하여 p 전극 패턴을 형성하고, 상기 p 전극 패턴은 종래의 은 또는 ITO을 사용한다. 상기 p 전극 패턴의 면적은 충분한 전류주입효율을 제공하는 한 충분히 감소될 수 있다. 또한, 상기 금속 반사층은 알루미늄 또는 알루미늄 합금을 사용하여 자외선 영역에서 반사율을 극대화시킬 수 있다. 또한, 알루미늄 기반 금속 반사층, 상기 p 전극 패턴 사이의 공간을 채우는 절연층, 및 상기 절연층 상부의 p-GaN층(또는 p형 InGaN)은 UV 영역에서 더 높은 반사도를 보이는 ODR 구조를 제공할 수 있다. 구체적으로, 상기 ODR 구조는 350 nm 영역에서 약 90 퍼센트 수준의 반사도를 제공할 수 있다.

[0019] 이하, 도면을 참조하여 본 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용을 실시예에 기초하여 설명한다. 이들 실시예는 당업자가 본 발명을 실시할 수 있기에 충분하도록 상세히 설명된다. 본 발명의 다양한 실시예는 서로 다르지만 상호 배타적일 필요는 없음이 이해되어야 한다. 예를 들어, 여기에 기재되어 있는 특정 형상, 구조 및 특성은 일 실시예에 관련하여 본 발명의 정신 및 범위를 벗어나지 않으면서 다른 실시예로 구현될 수 있다. 또한, 각각의 개시된 실시예 내의 개별 구성요소의 위치 또는 배치는 본 발명의 정신 및 범위를 벗어나지 않으면서 변경될 수 있음이 이해되어야 한다. 따라서, 후술하는 상세한 설명은 한정적인 의미로서 취하려는 것이 아니며, 본 발명의 범위는 적절하게 설명된다면 그 청구항들이 주장하는 것과 균등한 모든 범위와 더불어 첨부된 청구항에 의해서만 한정된다. 도면에서 유사한 참조부호는 여러 측면에 걸쳐서 동일하거나 유사한 기능을 지칭한다.

[0020] 도 1a는 본 발명의 일 실시예에 따른 수직형 UV LED를 설명하는 평면도이다.

[0021] 도 1b는 도 1a의 A-A' 선을 따라 자른 단면도이다.

[0022] 도 1c는 도 1a의 B-B' 선을 따라 자른 단면도이다.

[0023] 도 1a 내지 도 1c를 참조하면, 자외선 발광 다이오드 소자(100)는 도전성 기판(110); 상기 도전성 기판(110) 상에 배치된 금속 반사층(114); 상기 금속 반사층 (114) 상에 배치된 p 전극 패턴(116); 상기 p 전극 패턴(116) 사이를 채우는 절연층(118); 상기 p 전극 패턴(116) 및 상기 절연층(118) 상에 배치되는 p형 GaN층(122); 상기 p형 GaN층(122) 상에 배치되는 활성층(126); 상기 활성층(126) 상에 배치된 n형 AlGaN층(128); 및 상기 n형 AlGaN층(128) 상에 배치된 n 전극 패턴(132)을 포함한다. 상기 금속 반사층(114)은 알루미늄 또는 알루미늄 합금이고, 상기 p 전극 패턴(116)은 ITO 또는 은을 포함한다.

[0024] 상기 도전성 기판(110)은 몰리브텐 기판, 실리콘 기판, 구리 기판, 또는 몰리브텐과 구리의 합금 기판일 수 있다.

[0025] 웨이퍼 결합층(112)은 상기 도전성 기판(110)과 상기 금속 반사층(114) 사이에 배치될 수 있다. 상기 웨이퍼 결합층(112)은 Au/Sn 합금, 또는 Ni/Sn 합금, Sn이 포함된 다양한 합금 등 일 수 있다. 상기 웨이퍼 결합층(112)은 섭씨 200도 수준의 저온 열처리에 의하여 상기 도전성 기판(110)과 본딩될 수 있다.

[0026] 상기 금속 반사층(114)은 상기 웨이퍼 결합층(112) 상에 배치될 수 있다. 상기 금속 반사층(114)은 알루미늄 또

는 알루미늄 합금일 수 있다. 알루미늄 또는 알루미늄 합금(예를 들어, 알루미늄-구리 합금)은 자외선 영역 특히 350nm 부근에서 은(Ag) 또는 ITO(Indium Tin Oxide)에 비하여 높은 반사율을 제공할 할 수 있다.

[0027] p 전극 패턴(116)은 상기 금속 반사층(114) 상에 배치될 수 있다. 상기 전극 패턴(116)은 p형 GaN(또는 p형 InGaN)과 오믹 접합이 가능한 물질일 수 있다. 구체적으로 상기 p 전극 패턴(116)은 은(Ag), 은 합금(Ag Alloy), Pd, Pt, Ni, Au, ITO 등을 포함할 수 있다. 바람직하게는 p 전극 패턴은 ITO/Ag의 적층 구조일 수 있다. 상기 p 전극 패턴(116)은 다각형 단위 패턴을 구비한 메쉬 구조일 수 있다. 상기 단위 메쉬 구조는 삼각형, 사각형, 또는 육각형일 수 있다.

[0028] 절연층(118)은 상기 p 전극 패턴(116) 사이의 공간을 채우고 상기 금속 반사층(114) 상에 배치될 수 있다. 상기 절연층(118)은 실리콘산화막 또는 플루오린화 마그네슘(MgF2)일 수 있다. 상기 절연층(118)은 절연층 패턴을 구비하고, 상기 절연층 패턴의 단위 구조는 다각형일 수 있다.

[0029] 상기 p형 GaN층(122)이 상기 절연층(118) 및 상기 p 전극 패턴(116) 상에 배치될 수 있다. 상기 p형 GaN층(122)은 p형 불순물(Mg)로 도핑된 GaN 구조 또는 p형 불순물로 도핑된 InGaN 구조일 수 있다. 상기 p형 GaN층(122)의 두께는 수 나노 미터 수준일 수 있다.

[0030] 상기 p형 GaN층(122), 상기 절연층(118), 및 상기 금속 반사층(114)은 반도체/절연체/금속의 ODR 구조를 제공할 수 있다. 상기 ODR 구조는 상기 금속 반사층만에 의한 반사율보다 더 높은 반사율을 제공할 수 있다. 상기 p 전극 패턴(116)은 충분한 전류 퍼짐 기능을 제공할 수 있도록 충분한 선폭을 가질 수 있다.

[0031] 전자 블록킹층(124)은 상기 p형 GaN층(122)과 상기 활성층(126) 사이에 배치될 수 있다. 상기 전자 블록킹층(124)은 p형 분순물로 도핑된 AlGaN 구조일 수 있다. 상기 전자 블록킹층(124)은 상기 활성층(126)을 투과한 전자를 블록킹할 수 있다. 상기 전자 블록킹층(124)의 두께는 수십 나노미터 수준일 수 있다.

[0032] 활성층(126)은 GaN/AlGaN의 다중 양자 우물 구조일 수 있다. 상기 활성층(126)은 전자와 홀이 재결합하여 자외선을 발생시킬 수 있다. 상기 활성층(126)의 두께는 수십 nm 내지 수백 nm 수준일 수 있다.

[0033] 상기 n형 AlGaN층(128)은 상기 활성층(126) 상에 배치될 수 있다. 상기 n형 AlGaN층(128)은 n형 불순물(Si)로 도핑된 AlGaN 구조일 수 있다. 상기 n형 AlGaN층(128)의 두께는 수 마이크로미터 수준일 수 있다. 상기 n형 AlGaN층(128)의 상부면은 거칠기 처리 공정을 통하여 표면 거칠기를 가질 수 있다.

[0034] n 전극 패턴(132)은 상기 n형 AlGaN층(128) 상에 배치될 수 있다. 상기 n 전극 패턴(132)은 Ti/Al 구조, Ti/Al/Ni/Au, Cr/Al, Cr/Al/Ni/Au 등 Ti나 Cr 기반의 다층구조 일 수 있다. 상기 n 전극 패턴(132)은 메쉬 구조일 수 있다. 상기 n 전극 패턴(132)은 상기 p 전극 패턴(116)과 수직으로 정렬될 수 있다.

[0035] 상기 보호막(134)은 상기 n형 AlGaN층(128), 상기 활성층(126), 상기 전자 블록킹층(124), 및 상기 p형 GaN층(122)을 관통하는 트렌치(125)의 측면 및 상기 n형 AlGaN층(128)의 일부를 덮도록 배치될 수 있다. 상기 보호막(134)은 실리콘 산화막 또는 실리콘 질화막일 수 있다. 상기 보호막(134)의 일부는 상기 절연층(118) 상에 배치될 수 있다.

[0036] 도 2a 내지 도 2h는 본 발명의 일 실시예에 따른 수직 UV LED 소자를 제조 방법을 설명하는 단면도들이다.

[0037] 도 2a를 참조하면, 표면에 요철을 구비한 사파이어 기판(142)이 준비된다. 상기 사파이어 기판은 (0001) 구조일 수 있다. 상기 사파이어 기판(142) 상에 도핑되지 않은 AlGaN 버퍼층(144), n형 AlGaN층(128), 활성층(126), 전자블록킹층(124), p형 GaN층(122), 및 절연층(118)을 차례로 적층한다. 상기 사파이어 기판(142)은 (0001) 기판일 수 있다. 상기 AlGaN 버퍼층(144), n형 AlGaN층(128), 상기 활성층(126), 및 상기 전자 블록킹층(124), p형 GaN층(122)은 금속-유기 화학 기상 증착(metal-organic chemical vapor deposition; MOCVD)를 이용하여 성장될 수 있다. 상기 전자 블록킹층(124)은 p형 AlGaN 구조일 수 있다. 상기 p형 GaN층(122)은 p형 불순물로 도핑된 GaN 구조 또는 InGaN 구조일 수 있다. 상기 절연층(118)은 실리콘산화막 또는 MgF2막일 수 있다.

[0038] 도 2b를 참조하면, 상기 절연층(118) 상에 포토 리소그라피 공정을 통하여 포토레지스트 마스크 패턴을 형성하고, 상기 포토레지스트 마스크 패턴을 식각 마스크로 하여 이방성 식각(또는 등방성 식각)을 수행하여 절연층 패턴을 형성할 수 있다. 상기 절연층 패턴(118)은 다각형 구조일 수 있다.

[0039] 도 2c를 참조하면, 상기 절연층 패턴의 식각된 홈에 p 전극 패턴(116)이 형성될 수 있다. 상기 p 전극 패턴(116)의 상부면은 상기 절연층(118)의 상부면과 동일할 수 있다. 상기 p 전극 패턴(116)은 상기 p형 GaN층(122)과 오믹 접합을 형성할 수 있다. 상기 p 콘택 전극(116)은 은(Ag), 은 합금(Ag Alloy), Pd, Pt, Ni, Au, ITO

등을 포함할 수 있다. 바람직하게는 상기 p 전극 패턴(116)은 ITO/Ag의 적층 구조일 수 있다. 상기 p 전극 패턴(116)은 다각형의 메쉬 구조일 수 있다.

[0040] 도 2d를 참조하면, 상기 절연층 패턴(118) 및 상기 p 전극 패턴(116) 상에 금속 반사층(114)이 배치될 수 있다. 상기 금속 반사층(114)은 알루미늄 또는 알루미늄 합금일 수 있다. 상기 p형 GaN층(122), 상기 절연층(118), 그리고 상기 금속 반사층(114)은 ODR 구조를 가질 수 있다. 이에 따라, 350 nm 부근의 자외선 영역에서, 반사율은 90 퍼센트 수준일 수 있다.

[0041] 도 2e를 참조하면, 상기 금속 반사층(114) 상에 웨이퍼 결합층(112)이 배치될 수 있다. 상기 웨이퍼 결합층(112)은 Au/Sn 합금, 또는 Ni/Sn 합금, Sn이 포함된 다양한 합금 등 일 수 있다. 이어서, 섭씨 200도 수준의 저온 열처리를 통하여 상기 LED 기판의 웨이퍼 결합층(112)은 도전성 기판(110)과 결합될 수 있다. 상기 도전성 기판(110)은 몰리브덴, 구리, 실리콘, 또는 몰리브텐과 구리의 합금 기판일 수 있다.

[0042] 도 2f를 참조하면, 레이저 리프트 오프 기술을 이용하여 상기 사파이어 기판(142)을 제거할 수 있다. 구체적으로, 상기 사파이어 기판(142)에 KrF 레이저 빔이 입사할 수 있다. 상기 사파이어 기판에 레이저 빔을 제공하면, 레이저 빔은 사파이어 기판(142)을 투과하고, 상기 AlGaN 버퍼층(144)과 사파이어 기판(142) 사이에 흡수되어 분리 영역(split zone)을 형성한다. 이에 따라, 상기 사파이어 기판(142)은 제거될 수 있다.

[0043] 도 2g를 참조하면, 상기 AlGaN 버퍼층(144)이 상부면이 되도록 배치될 수 있다.

[0044] 도 2h를 참조하면, 노출된 AlGaN 버퍼층(144)을 제거하여 상기 n형 AlGaN층(128)을 노출시킬 수 있다. 상기 AlGaN 버퍼층(144)은 플라즈마를 이용하는 건식 식각을 통하여 수행될 수 있다.

[0045] 상기 n형 AlGaN층(128), 상기 활성층(126), 상기 전자 블록킹층(124), 및 상기 p형 GaN층(122)을 관통하는 트렌치(135)가 형성될 수 있다. 상기 트렌치(135)의 하부면은 상기 절연층(118) 상에 배치될 수 있다. 보호층(134)은 상기 트렌치(135)의 트렌치의 측면 및 상기 n형 AlGaN층(128)의 일부를 덮도록 배치될 수 있다. 상기 보호층(134)은 실리콘 산화막 또는 실리콘 질화막일 수 있다. 상기 보호층(134)은 패터닝을 통하여 상기 n형 AlGaN층(128)을 노출시킬 수 있다.

[0046] n 전극 패턴(132)이 상기 n형 AlGaN층(128) 상에 형성될 수 있다. 상기 n 전극 패턴(132)은 리프트-오프(lift-off) 공정을 이용하여 형성될 수 있다. 상기 n 전극 패턴(132)은 Cr/Al 구조, Cr/Au 구조, Cr/Al/Pt/Au 구조, Ti/Au 구조, Ti/Al 구조 또는 Ti/Al/Ni/Au일 수 있다.

[0047] 다시, 도 1b를 참조하면, 노출된 n형 AlGaN층(128)을 표면 처리하여 표면 거칠기를 제공할 수 있다. 상기 표면 거칠기는 광추출효율을 증가시킬 수 있다. 상기 표면 거칠기는 KOH 용액을 이용하여 습식 식각을 통하여 형성될 수 있다.

[0048] 도 3a은 본 발명의 일 실시예에 따른 ODR 구조의 p형 GaN층/절연층/금속반사층을 구비한 발광 다이오드의 전류에 대한 광출력을 나타내는 도면이다.

[0049] 도 3b은 본 발명의 일 실시예에 따른 ODR 구조의 p형 GaN층/절연층/금속반사층을 구비한 발광 다이오드의 전력에 대한 광출력을 나타내는 도면이다.

[0050] 도 3a를 참조하면, 원형은 p 오믹 콘택 전극으로 ITO/Al/Ni 구조를 사용하였다. 삼각형은 p 오믹 콘택 전극 패턴으로 15 마이크로미터의 선폭을 가진 메쉬 전극을 사용하였으며, Al/Ni의 적층 구조를 사용하였다. 삼각형은 ODR구조를 채용하였다. 주입 전류에 따른 광출력의 경우, 주입전류가 같을 때, 메쉬 ODR 구조가 도입된 시편이 더 높은 반사도 특성이 높으므로 소자의 광출력이 더 크다.

[0051] 도 3b를 참조하면, 원형은 p 오믹 콘택 전극으로 ITO/Al/Ni 구조를 사용하였다. 삼각형은 p 오믹 콘택 전극 패턴으로 15 마이크로미터의 선폭을 가진 메쉬 전극을 사용하였으며, Al/Ni의 적층 구조를 사용하였다. 삼각형은 ODR구조를 채용하였다. 주입 전력에 따른 광출력의 경우, 주입전력이 같을 때, 콘택을 메쉬 구조로 도입하므로 콘택 면적이 감소하여 ITO/Al 구조보다 메쉬 ODR 구조가 전기적 특성은 조금 떨어진다. 하지만, 메쉬 ODR 구조의 광특성은더 우수하다.

[0052] 도 4는 본 발명의 다른 실시예에 따른 p 전극 패턴을 나타내는 평면도들이다.

[0053] 도 4를 참조하면, 상기 p 전극 패턴(116)은 마름모 구조(매트릭스 형태), 사각형 구조, 삼각형 구조 또는 육각형 구조(벌집형상)일 수 있다. 상기 p 전극 패턴(116) 사이의 공간은 절연층으로 채워질 수 있다. 이에 따라, ODR 구조가 형성되어 자외선 영역의 반사도를 증가시킬 수 있다. 또한, 상기 p 전극 패턴은 낮은 접촉저항을 가

지고 충분한 전류 퍼짐 효과를 제공할 수 있다.

[0054] 이상과 같이 본 발명에서는 구체적인 구성 요소 등과 같은 특정 사항들과 한정된 실시 예 및 도면에 의해 설명되었으나 이는 본 발명의 보다 전반적인 이해를 돕기 위해서 제공된 것일 뿐, 본 발명은 상기의 실시 예에 한정되는 것은 아니며, 본 발명이 속하는 분야에서 통상적인 지식을 가진 자라면 이러한 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다.

[0055] 따라서, 본 발명의 사상은 설명된 실시 예에 국한되어 정해져서는 아니되며, 후술하는 특허청구범위뿐 아니라 이 특허청구범위와 균등하거나 등가적 변형이 있는 모든 것들은 본 발명 사상의 범주에 속한다고 할 것이다.

부호의 설명

[0056] 100: 자외선 발광 다이오드 소자

110: 도전성 기판

114: 금속 반사층

116: p 전극 패턴

118: 절연층

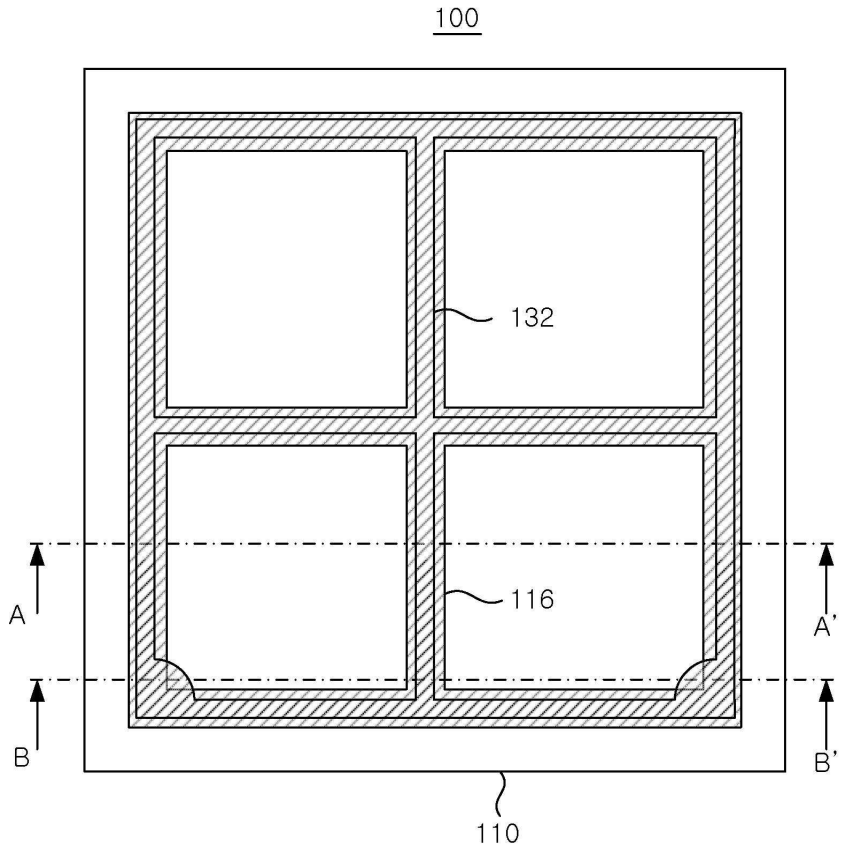
122: p형 GaN층

126: 활성층

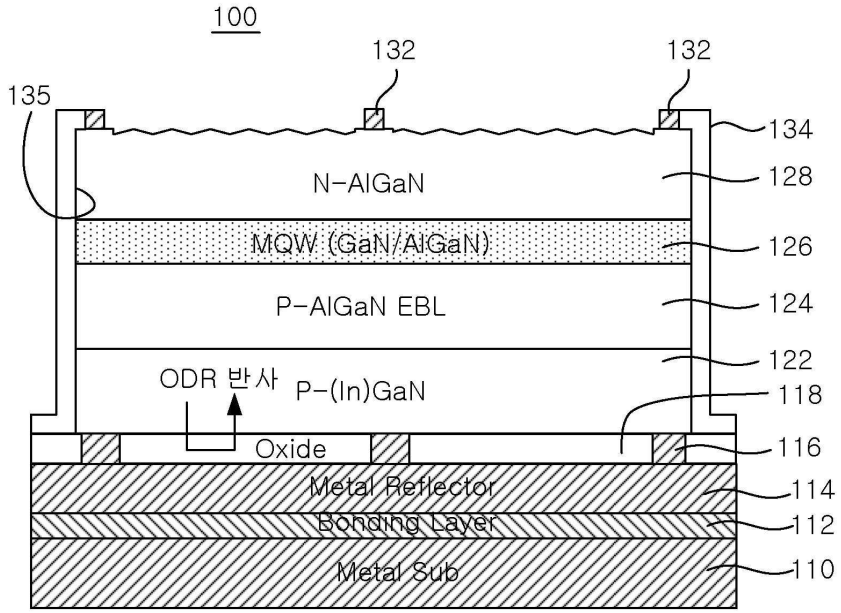
128: n형 AlGaN층

도면

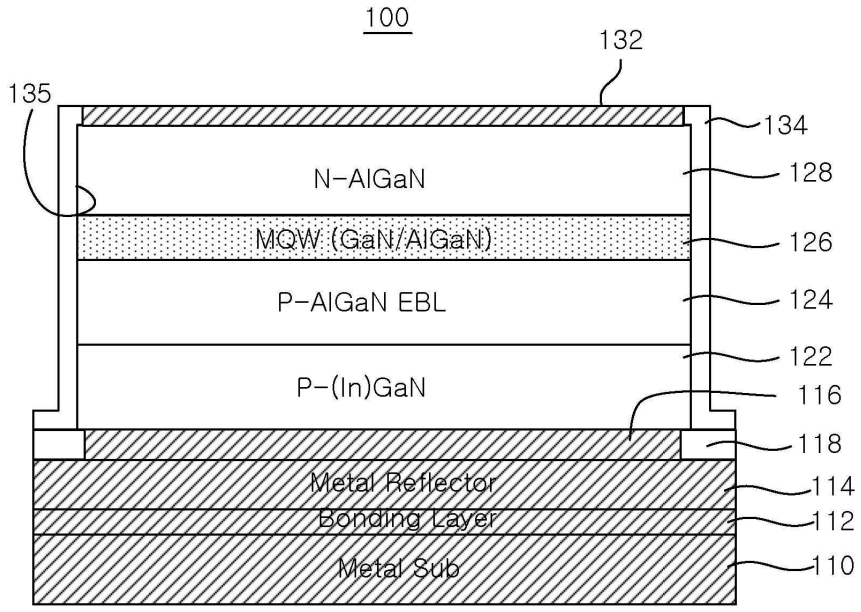
도면1a



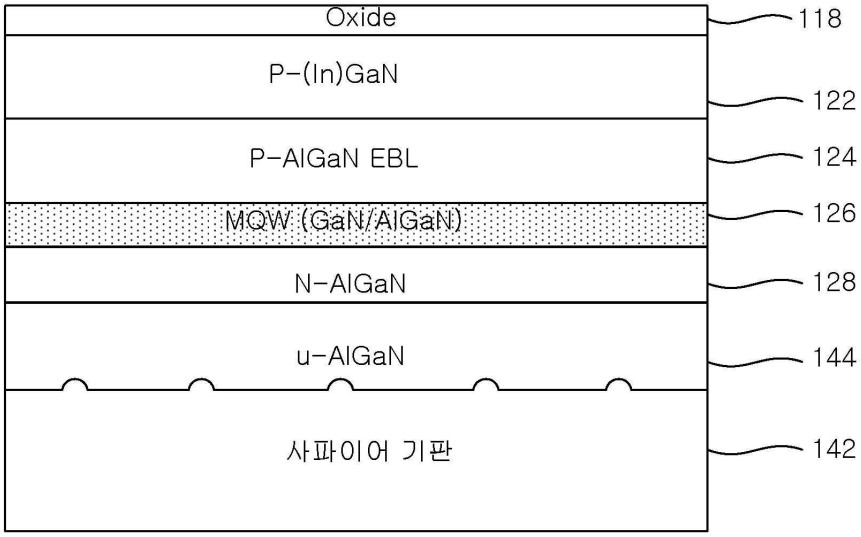
도면1b


100
132
132
135
134
N-AlGaN
128
MQW (GaN/AlGaN)
126
P-AlGaN EBL
124
122
ODR 반사
P-(In)GaN
118
Oxide
116
Metal Reflector
114
Bonding Layer
112
Metal Sub
110

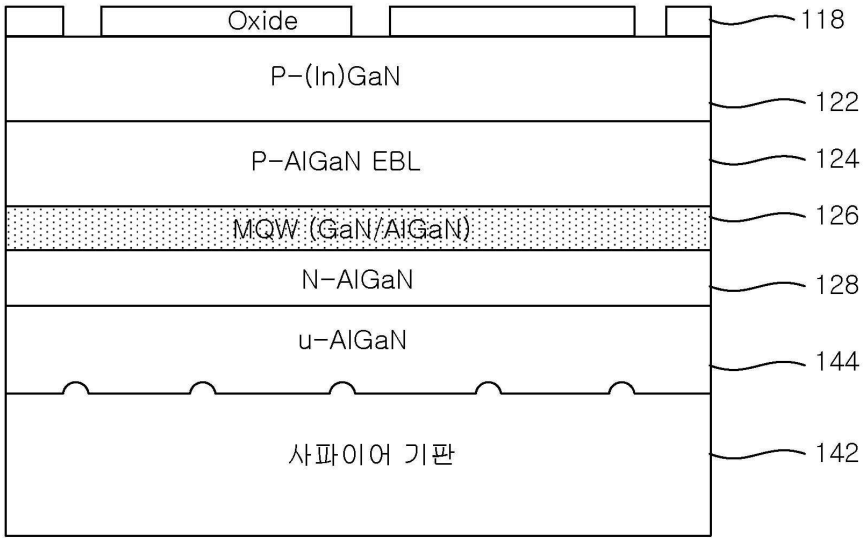
도면1c


100
132
135
134
N-AlGaN
128
MQW (GaN/AlGaN)
126
P-AlGaN EBL
124
122
P-(In)GaN
116
118
Metal Reflector
114
Bonding Layer
112
Metal Sub
110

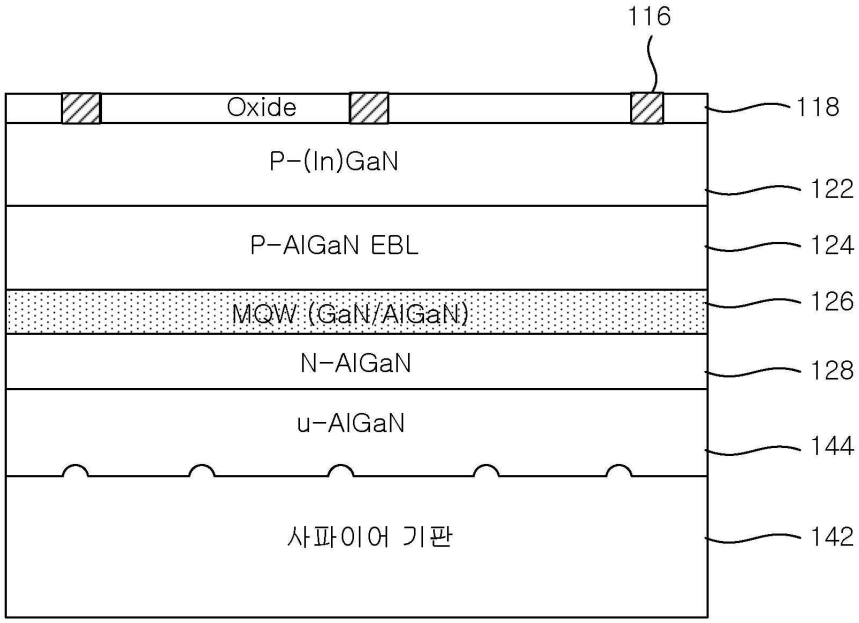
도면2a


Oxide
118
P-(In)GaN
122
P-AlGaN EBL
124
MQW (GaN/AlGaN)
126
N-AlGaN
128
u-AlGaN
144
사파이어 기판
142

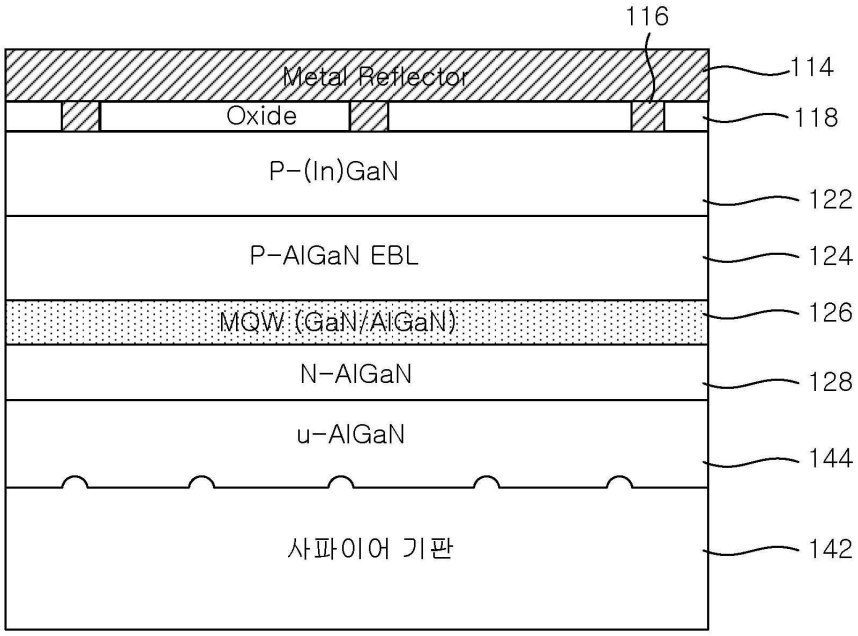
도면2b


Oxide
118
P-(In)GaN
122
P-AlGaN EBL
124
MQW (GaN/AlGaN)
126
N-AlGaN
128
u-AlGaN
144
사파이어 기판
142

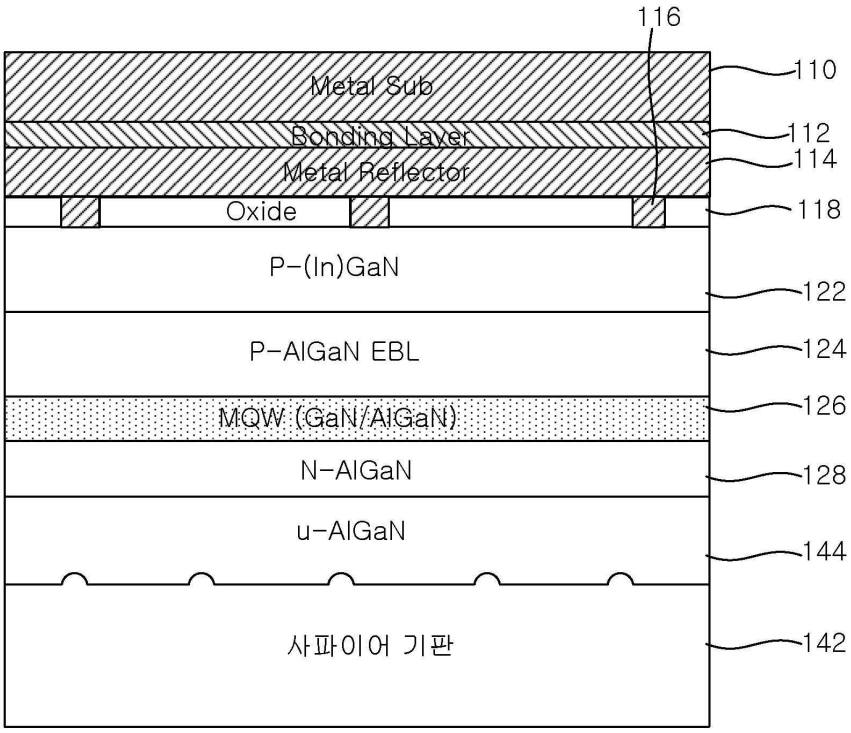
도면2c


116
Oxide
118
P-(In)GaN
122
P-AlGaN EBL
124
MQW (GaN/AlGaN)
126
N-AlGaN
128
u-AlGaN
144
사파이어 기판
142

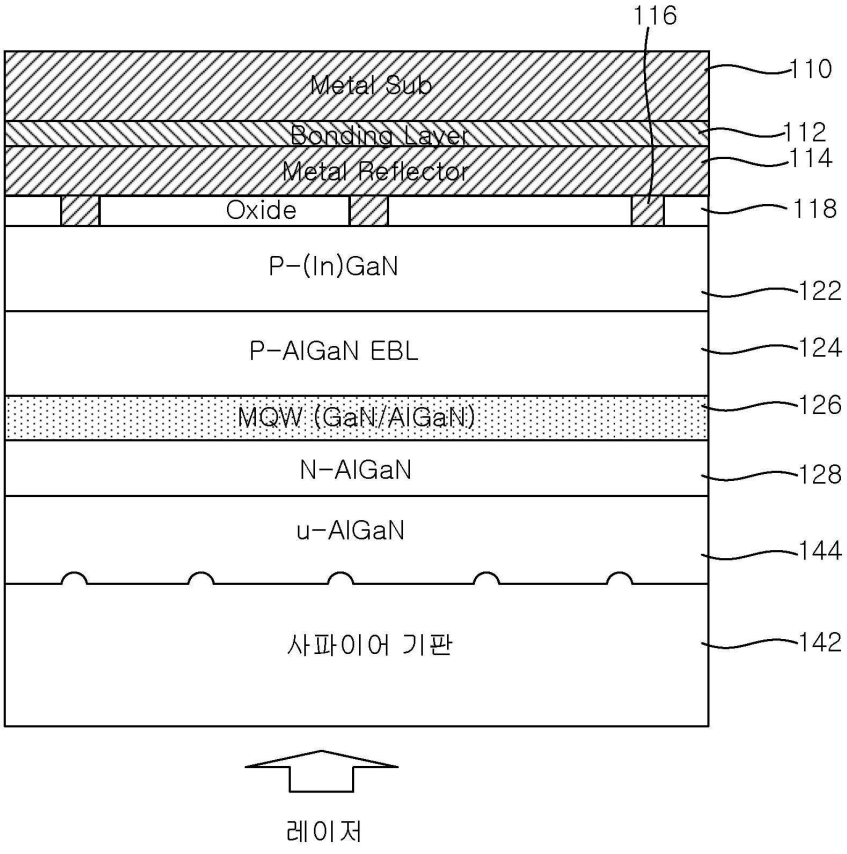
도면2d


116
Metal Reflector
114
Oxide
118
P-(In)GaN
122
P-AlGaN EBL
124
MQW (GaN/AlGaN)
126
N-AlGaN
128
u-AlGaN
144
사파이어 기판
142

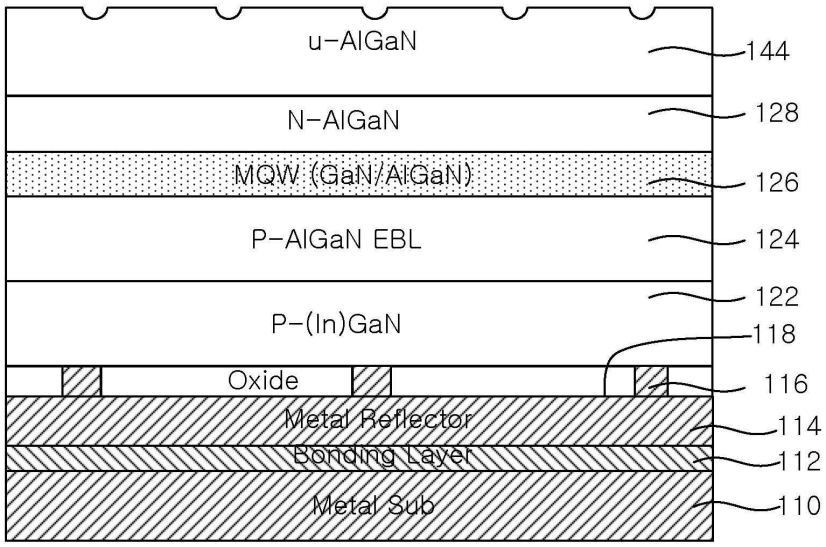
도면2e


116
Metal Sub
110
Bonding Layer
112
Metal Reflector
114
Oxide
118
P-(In)GaN
122
P-AlGaN EBL
124
MQW (GaN/AlGaN)
126
N-AlGaN
128
u-AlGaN
144
사파이어 기판
142

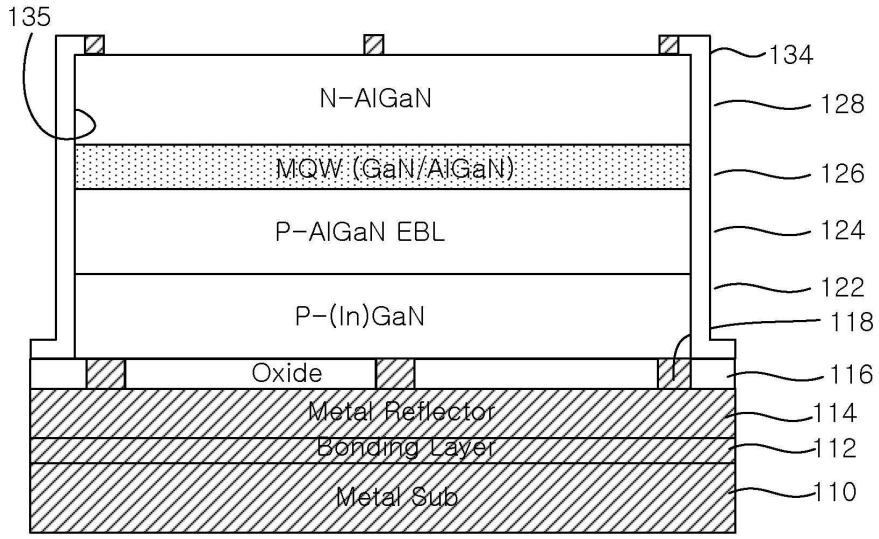
도면2f


116
Metal Sub
110
Bonding Layer
112
Metal Reflector
114
Oxide
118
P-(In)GaN
122
P-AlGaN EBL
124
MQW (GaN/AlGaN)
126
N-AlGaN
128
u-AlGaN
144
사파이어 기판
142
레이저

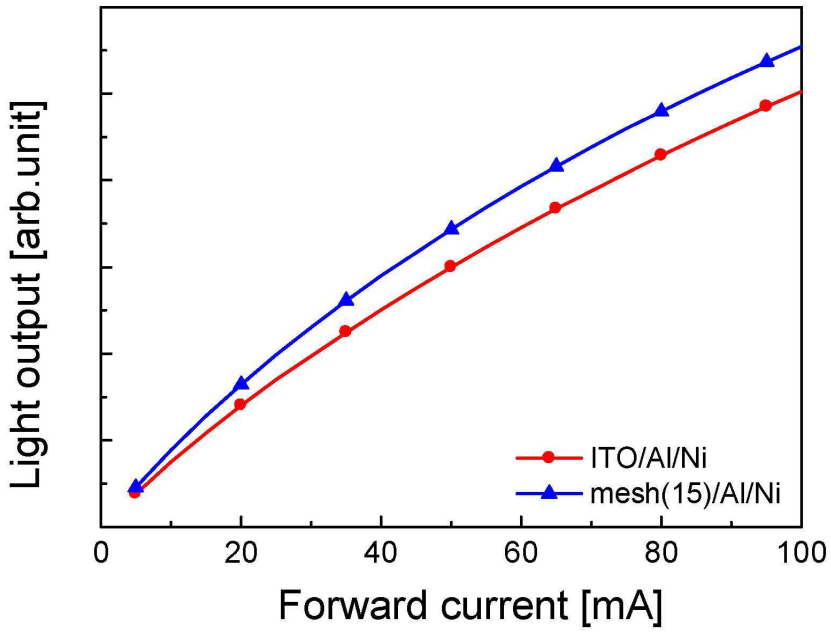
도면2g


u-AlGaN
144
N-AlGaN
128
MQW (GaN/AlGaN)
126
P-AlGaN EBL
124
P-(In)GaN
122
118
Oxide
116
Metal Reflector
114
Bonding Layer
112
Metal Sub
110

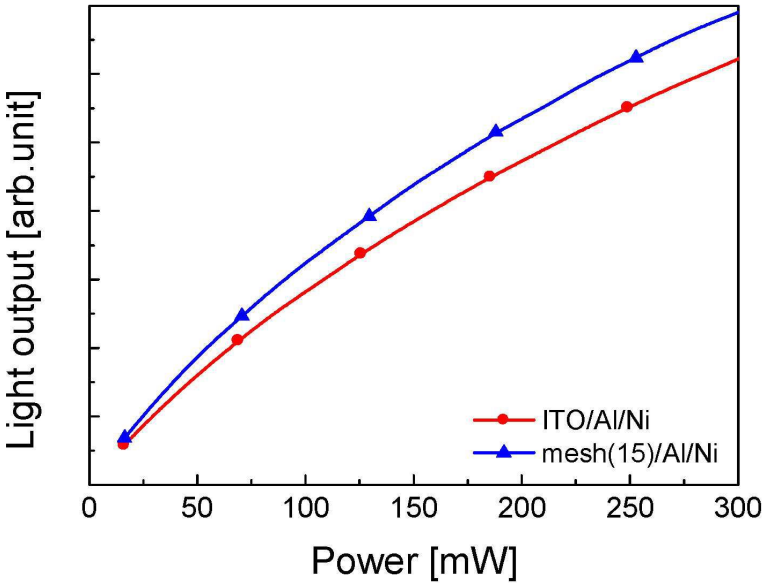
도면2h


135
134
N-AlGaN
128
MQW (GaN/AlGaN)
126
P-AlGaN EBL
124
122
P-(In)GaN
118
Oxide
116
Metal Reflector
114
Bonding Layer
112
Metal Sub
110

도면3a


Light output [arb.unit]
Forward current [mA]
0
20
40
60
80
100
ITO/Al/Ni
mesh(15)/Al/Ni

도면3b


Light output [arb.unit]
Power [mW]
0
50
100
150
200
250
300
ITO/Al/Ni
mesh(15)/Al/Ni

도면4

