



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2019년08월02일
 (11) 등록번호 10-2006361
 (24) 등록일자 2019년07월26일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
 H01L 33/48 (2010.01) H01L 33/06 (2010.01)
 H01L 33/36 (2010.01) H01L 33/52 (2010.01)
 (52) CPC특허분류
 H01L 33/48 (2013.01)
 H01L 33/06 (2013.01)
 (21) 출원번호 10-2018-0024790
 (22) 출원일자 2018년02월28일
 심사청구일자 2018년02월28일
 (56) 선행기술조사문헌
 KR101690430 B1*
 KR1020100045597 A*
 *는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
주식회사 에스비케이머티리얼즈
 광주광역시 북구 용봉로 77, 808-2호산학협력공학관(용봉동, 전남대학교)
전남대학교 산학협력단
 광주광역시 북구 용봉로 77 (용봉동)
세종대학교 산학협력단
 서울특별시 광진구 능동로 209 (군자동, 세종대학교)
 (72) 발명자
이내성
 서울특별시 양천구 목동서로 100 목동신시가지아파트 310동 808호
이준기
 광주광역시 북구 양산택지소로 20 현진에버빌아파트 107동 1801호
 (뒷면에 계속)
 (74) 대리인
특허법인이상

전체 청구항 수 : 총 15 항

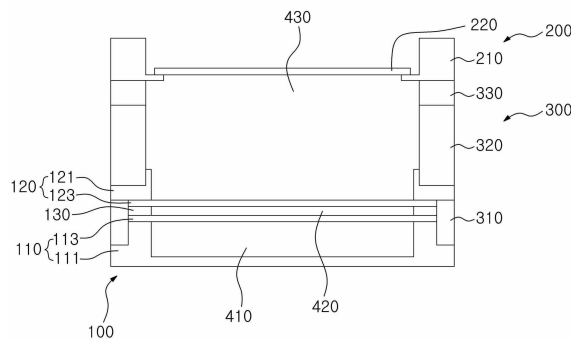
심사관 : 김호진

(54) 발명의 명칭 **자외선 발광 소자**

(57) 요약

전자 방출 동작을 이용한 자외선 발광 소자가 개시된다. 자외선 발광 소자는 높은 진공도를 유지하기 위해 밀봉된다. 전자의 방출 동작을 위해 방출 기관이 준비되고, 방출 기관으로부터 방출된 전자는 제어 기관을 통과한다. 제어 기관을 통과한 전자는 p형 반도체의 형성이 배제된 발광 기관과 충돌하여 자외선 광을 형성한다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류
H01L 33/36 (2013.01)
H01L 33/52 (2013.01)

이한성

경기도 화성시 병점2로 78, 408동 1506호 (병점동, 느치미마을주공아파트)

(72) 발명자

박준모

광주광역시 남구 봉선중앙로 103, 105동 1001호(봉선동, 라인광장아파트)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 10090124

부처명 중소기업청

연구관리전문기관 광주대학교

연구사업명 2017 창업선도대학 창업아이템사업화

연구과제명 미세먼지 제거시스템의 광촉매 활성화를 위한 평판형 자외선 광원

기여율 1/1

주관기관 (주)SBK머티리얼즈

연구기간 2017.06.01 ~ 2018.03.31

명세서

청구범위

청구항 1

제1 전압차에 의해 전자를 방출하기 위한 전자 공급부;

상기 전자 공급부에서 방출된 전자가 제2 전압차에 의해 가속되어 충돌되고, 다중양자우물 구조에 충돌된 전자에 의해 자외선 광을 형성하기 위한 발광부; 및

상기 전자가 발생하는 공간 및 상기 전자가 가속되는 공간을 진공으로 밀봉하기 위한 밀봉부를 포함하고,

상기 전자 공급부는

방출 전압을 수신하고, 상기 제1 전압차에 따른 전자를 방출하기 위한 전자 방출부;

상기 전자 방출부 상에 형성되며, 제어 전압을 수신하여 상기 방출 전압과의 차이인 상기 제1 전압차를 형성하고, 상기 방출된 전자의 양과 에너지를 제어하기 위한 전자 제어부; 및

상기 전자 방출부와 상기 전자 제어부 사이에 배치되고, 상기 전자 방출부와 상기 전자 제어부의 이격거리를 형성하고, 절연을 달성하기 위한 내부 스페이서를 포함하는 것을 특징으로 하는 자외선 발광 소자.

청구항 2

삭제

청구항 3

제1항에 있어서, 상기 전자 방출부는

상기 자외선 발광 소자의 저면을 형성하고, 바닥면에 게터층이 형성된 방출 전극; 및

상기 방출 전극 상에 형성되고, 표면 상에 패터닝되어 전자를 방출하기 위한 전자 방출층을 가지며, 분자 및 입자를 상기 게터층으로 이송하기 위한 관통홀을 가지는 방출 기관을 포함하고,

상기 방출 전극과 상기 방출 기관은 제1 이격공간을 형성하는 것을 특징으로 하는 자외선 발광 소자.

청구항 4

제3항에 있어서, 상기 전자 제어부는

상기 내부 스페이서 상에 형성되고 상기 전자 방출층의 패터닝과 상응하는 제어홀을 가지는 제어 기관; 및

상기 제어 기관 상에 형성되고, 상기 제어 기관에 상기 제어 전압을 인가하기 위한 제어 전극을 포함하고,

상기 제어 기관과 상기 방출 기관은 제2 이격공간을 형성하고, 상기 제어 전압과 상기 방출 전압 차이인 상기 제1 전압차에 의해 상기 방출 기관으로부터 전자는 상기 제2 이격공간으로 배출되는 것을 특징으로 하는 자외선 발광 소자.

청구항 5

제4항에 있어서, 상기 제어홀은 상기 전자방출층의 패터닝 사이즈 이상의 값을 가지는 것을 특징으로 하는 자외선 발광 소자.

청구항 6

제4항에 있어서, 상기 전자 방출층은 CNT를 포함하는 것을 특징으로 하는 자외선 발광 소자.

청구항 7

제1항에 있어서, 상기 발광부는

상기 전자 제어부 상에 형성되고, 상기 제1 전압차에 의해 방출된 전자가 충돌되며, 상기 전자 방출부와 제3 이격공간을 형성하기 위한 발광 기관; 및

상기 발광 기관 상에 형성되고, 상기 발광 기관에 발광 전압을 공급하기 위한 발광 전극을 포함하고,

상기 발광 전압과 상기 제어 전압 사이의 상기 제2 전압차에 따라 상기 제3 이격공간 내에서 전자의 가속동작이 수행되는 것을 특징으로 하는 자외선 발광 소자.

청구항 8

제7항에 있어서, 상기 발광 기관은

성장용 기관;

상기 성장용 기관 상에 형성된 AlGaIn 기반의 n형 반도체층;

상기 n형 반도체층 상에 형성되고, AlGaIn 기반이며, 우물층과 장벽층이 교대로 적층되고, n형으로 도핑된 활성층; 및

상기 활성층 상에 형성되고, 상기 발광 전극과 전기적으로 접촉되는 전극층을 포함하는 것을 특징으로 하는 자외선 발광 소자.

청구항 9

제8항에 있어서, 상기 우물층 또는 장벽층은 10nm 내지 15nm의 두께를 가지는 것을 특징으로 하는 자외선 발광 소자.

청구항 10

제8항에 있어서, 상기 활성층의 두께는 100nm 내지 300nm의 두께를 가지는 것을 특징으로 하는 자외선 발광 소자.

청구항 11

제1항에 있어서, 상기 밀봉부는

상기 전자 공급부의 측면을 차폐하기 위한 제1 스페이서; 및

상기 제1 스페이서와 상기 발광부 사이에 형성되어 상기 발광부와 상기 전자 방출부가 이루는 공간을 차폐하기 위한 제2 스페이서를 포함하는 것을 특징으로 하는 자외선 발광 소자.

청구항 12

제11항에 있어서, 상기 밀봉부는 상기 제2 스페이서와 상기 발광부 사이에 형성되고, 상기 발광부에서 발생하는 열에 따른 변형을 방지하기 위한 버퍼층을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 자외선 발광 소자.

청구항 13

방출 전압을 수신하는 방출 전극과 상기 방출 전압을 전달받아 전자를 방출하는 방출 기관을 가지며 상기 방출 전극과 상기 방출 기관 사이에 제1 이격공간을 형성하는 전자 방출부;

제어 전압을 수신하고, 상기 방출 기관과 제2 이격공간을 형성하는 제어 기관과 상기 제어 기관 상에 형성되어 상기 제어 전압을 공급하는 제어 전극을 가지는 전자 제어부;

상기 방출 기관과 상기 제어 기관 사이와 외곽 영역에 형성되어 상기 제2 이격공간을 정의하는 절연성 재질의 내부 스페이서;

상기 제어 기관과 이격거리를 가지고 제3 이격공간을 형성하며 상기 방출 기관으로부터 방출된 전자가 충돌되어 자외선 광을 형성하는 발광 기관;

상기 발광 기관 상에 형성되어 발광 전압을 공급하기 위한 발광 전극;

상기 방출 기관, 상기 내부 스페이서 및 상기 제어 기관의 측면을 밀봉하고, 상기 방출 전극 및 상기 제어 전극

사이에 형성되는 제1 스페이서; 및

상기 제어 전극과 상기 발광 전극 사이에 형성되어 상기 제3 이격공간을 차폐하기 위한 제2 스페이서를 포함하는 자외선 발광 소자.

청구항 14

제13항에 있어서, 상기 제2 스페이서와 상기 발광 전극 사이에는 상기 발광 기관에서 발생하는 열에 따른 변형을 방지하기 위한 버퍼층을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 자외선 발광 소자.

청구항 15

제13항에 있어서, 상기 제1 이격공간을 형성하는 방출 전극의 저면에는 게터층이 형성된 것을 특징으로 하는 자외선 발광 소자.

청구항 16

제13항에 있어서, 상기 방출 기관은 CNT를 가지고 패턴화된 전자 방출층을 포함하며, 상기 패턴화된 전자 방출층에 상응하여 상기 제어 기관은 제어홀을 가지는 것을 특징으로 하는 자외선 발광 소자.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 자외선 발광 소자에 관한 것으로 더욱 상세하게는 전자 방출 및 진공 패키징을 이용한 자외선 발광 소자에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 자외선은 가시광보다 짧은 파장의 광을 말하며, 경화, 살균 등 다양한 산업적 용도를 가진다. 자외선 광을 형성할 수 있는 방법은 크게 두가지로 알려져 있다.

[0003] 첫 번째는 수은 램프를 사용하는 것이다. 수은 램프는 수은과 인듐이 혼합된 물질을 주로 사용하며, 경화 및 살균 등에 응용되고 있다. 이외에도 폐수 처리 및 광촉매 활성화 등에도 사용되고 있는 실정이며, 수은의 사용 규제에 따라 향후 적용분야가 축소되거나 사용의 제한이 가해질 것으로 예상된다.

[0004] 두 번째는 발광 다이오드를 이용한 램프를 사용하는 것이다. 발광 다이오드는 전자와 정공의 재결합에 의해 광을 형성하는 소자이며, 단결정을 형성하기 위해 MOCVD 공정을 기반으로 제작된다. 전자와 정공의 재결합을 위해서 전자를 공급하는 n형 반도체와 정공을 공급하는 p형 반도체가 필수적으로 사용되어야 한다. 또한, 원하는 파장 대역의 광을 형성하기 위해서 다중양자우물 구조가 사용된다. 자외선 대역의 광을 형성하기 위한 다중양자우물 구조는 AlGaIn을 이용한다. 정공을 공급하기 위한 p형 반도체는 AlGaIn에 Mg를 도핑하여 형성된다. 그러나, 도핑된 Mg의 낮은 활성화율로 인해 도판트의 농도가 충분치 못하고, p형 반도체의 저항이 증가하는 문제가 있다. 이를 해결하기 위해 p-AlGaIn층 상에 p-GaN을 형성하고, 형성된 p-GaN을 정공의 공급원으로 이용하는 기술이 사용되고 있다. p-GaN은 p-AlGaIn에 비해 상대적으로 높은 도판트 활성화율을 가지므로 정공의 공급원으로 작용할 수 있는 잇점이 있다. 그러나, p-GaN에서 공급되는 정공은 높은 저항을 가지는 p-AlGaIn을 통과하며 열을 발생하고, 발광 다이오드의 수명을 감소시키는 문제를 야기한다. 이외 다중양자우물 구조에서 형성된 자외선 광은 상대적으로 작은 밴드갭을 가지는 p-GaN에 흡수되어 외부로 배출되는 자외선 광의 강도가 매우 낮아지는 문제가 발생한다.

[0005] 상술한 기술적 단점에도 불구하고, 발광 다이오드를 이용한 자외선 광원의 개발은 꾸준히 이루어지고 있다. 출원일 당일 당업계에서는 자외선 광을 파장에 따라 UV-A, UV-B 및 UV-C로 구분한다. 가장 짧은 파장을 가진 대역이 UV-C이며, 상대적으로 긴 파장을 가진 대역이 UV-A이다.

[0006] 상대적으로 긴 파장을 가진 UV-A 대역은 AlGaIn 단결정의 주도적 역할을 배제한 상태에서도 제작이 가능하므로 비교적 높은 광효율과 신뢰성 및 광 출력을 얻을 수 있다. 즉, 이는 AlGaIn 단결정을 이용하지 않고 GaN 단결정을 이용하여 제작할 수 있는 소자임을 의미한다. 다만, 구현하고자 하는 파장에 따라 다중양자우물 구조에 AlGaIn층을 형성하며, Al은 비교적 매우 낮은 분율을 가지도록 구성된다.

[0007] 반면, UV-B 또는 UV-C는 기존의 발광 다이오드 제작공정인 MOCVD를 이용하고, AlGaIn의 결정구조를 이용하여 제

작한 경우에 충분한 광 출력, 신뢰성 및 광 효율을 얻기 곤란하다. 형성하고자 하는 광이 파장에 적합한 다중양자우물 구조는 AlGaIn층에서 Al의 분율의 조절을 통해 제작이 가능하다. 다만, 다중양자우물 구조 상에는 p-AlGaIn층이 형성되어야 하며, 도판트로는 Mg가 사용되어야 한다. 전술한 바대로 p-AlGaIn층에서는 도판트의 활성화가 충분하지 못하며, 높은 저항을 가지는 문제가 발생된다. 이를 해결하기 위해 p-AlGaIn층 상에 형성되는 p-GaN층은 상대적으로 낮은 밴드갭으로 인해 자외선을 흡수하는 문제를 유발한다.

[0008] 상술한 바대로 발광 다이오드를 이용하여 자외선을 형성하는 기술은 많은 문제점을 가진다. 그럼에도 불구하고 발광 다이오드는 기존의 자외선 램프인 수은 램프에 비해 친환경의 장점, 디자인의 용이성 등 다양한 요인으로 인해 꾸준한 수요를 유발시키고 있다.

[0009] 그러나, 기존의 제작 기술을 이용하여 제작된 자외선 발광 다이오드는 기술적 어려움 및 단점 이외에 낮은 수율 등의 문제를 동시에 가지고 있다. 따라서, 다양한 원인으로 발광 다이오드를 이용한 자외선 광원은 기존 수은 램프로 대표되는 자외선 광원을 대체하기에는 다소 부족한 역량을 가지고 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0010] 본 발명이 이루고자 하는 기술적 과제는 전자 방출을 이용하여 원하는 파장의 자외선을 형성할 수 있는 자외선 발광 소자를 제공하는데 있다.

과제의 해결 수단

[0011] 상술한 기술적 과제를 달성하기 위한 본 발명은, 제1 전압차에 의해 전자를 방출하기 위한 전자 공급부; 상기 전자 공급부에서 방출된 전자가 제2 전압차에 의해 가속되어 충돌되고, 다중양자우물 구조에 충돌된 전자에 의해 자외선 광을 형성하기 위한 발광부; 및 상기 전자가 발생하는 공간 및 상기 전자가 가속되는 공간을 진공으로 밀봉하기 위한 밀봉부를 포함하는 자외선 발광 소자를 제공하는데 있다.

[0012] 본 발명의 상기 기술적 과제는, 방출 전압을 수신하는 방출 전극과 상기 방출 전압을 전달받아 전자를 방출하는 방출 기관을 가지며 상기 방출 전극과 상기 방출 기관 사이에 제1 이격공간을 형성하는 전자 방출부; 제어 전압을 수신하는 제어 기관과 상기 제어 기관 하부에 형성되어 상기 방출 기관과 제2 이격공간을 형성하는 제어 기관을 가지는 전자 제어부; 상기 방출 기관과 상기 제어 기관 사이와 외곽 영역에 형성되어 상기 제2 이격공간을 정의하는 절연성 재질의 내부 스페이서; 상기 제어 기관과 이격거리를 가지고 제3 이격공간을 형성하며 상기 방출 기관으로부터 방출된 전자가 충돌되어 자외선 광을 형성하는 발광 기관; 상기 발광 기관 상에 형성되어 발광 전압을 공급하기 위한 발광 전극; 상기 방출 기관, 상기 내부 스페이서 및 상기 제어 기관의 측면을 밀봉하고, 상기 방출 전극 및 상기 제어 전극 사이에 형성되는 제1 스페이서; 및 상기 제어 전극과 상기 발광 전극 사이에 형성되어 상기 제3 이격공간을 차폐하기 위한 제2 스페이서를 포함하는 자외선 발광 소자의 제공을 통해서도 달성된다.

발명의 효과

[0013] 상술한 본 발명에 따르면, 전자는 제1 전압차에 의해 방출 기관으로부터 제2 이격공간으로 방출된다. 방출된 전자는 제어 기관을 통과하여 제2 전압차에 의해 발광 기관으로 입사된다. 발광 기관으로 입사된 전자는 활성층에 충돌하여 전자-정공 쌍을 형성하고, 재결합을 통해 자외선 광을 형성할 수 있다. 형성되는 자외선의 파장은 활성층의 우물층 및 장벽층의 설계에 따라 형성될 수 있으며, p형 반도체층의 형성이 배제되므로 광효율의 저하는 발생되지 않는다. 또한, 자외선 광의 강도는 입사되는 전자의 에너지 및 에너지 밀도에 의해 결정되므로 원하는 강도의 광 출력을 형성할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0014] 도 1은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 자외선 발광 소자의 단면도이다.
 도 2는 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 상기 도 1의 전자 공급부를 도시한 분해 사시도이다.
 도 3은 본 발명의 바람직한 실시예에 따라 상기 도 1의 방출 전극, 방출 기관 및 제어 기관을 도시한 간략 단면도이다.

도 4는 본 발명의 바람직한 실시예에 따라 상기 도 1의 발광 기관을 도시한 단면도이다.

도 5는 본 발명의 바람직한 실시예에 따라 상기 도 4의 활성층을 설명하기 위한 단면도이다.

도 6은 본 발명의 바람직한 실시예에 따라 상기 도 5의 발광 구조체에 대한 시뮬레이션 결과이다.

도 7 및 도 8은 본 발명의 바람직한 실시예에 따라 상기 도 1의 자외선 발광 소자의 동작 방법을 설명하기 위한 타이밍도들이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0015] 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.
- [0016] 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] 본 발명에서는 기존의 전계 발광 메커니즘을 사용하지 않고 전자 발광 메커니즘 또는 음극선 발광 메커니즘을 수행한다. 전계 발광 메커니즘은 음극과 양극에 전압차가 인가되고, 전자와 정공의 이동과 재결합에 의해 발광되는 현상을 지칭한다. 대표적인 소자가 발광 다이오드이다.
- [0018] 전자 발광 메커니즘은 양전극 사이에 인가된 전압차에 의해 전자가 이동하고, 이동된 전자는 발광층과 충돌하며, 충돌에 따른 전자와 정공이 발생 및 재결합에 따른 발광 동작을 지칭한다. 인가되는 전압차에 의해 전자가 이동하고, 발광층과 충돌하여 광을 형성하기 위해서 이동하는 전자의 에너지는 충분히 높을 필요가 있다. 또한, 전자가 전계에 따라 고속으로 이동하더라도, 이동 경로 또는 이동 공간에서는 충분한 진공 상태가 이루어져야 하는 제약이 있다.
- [0019] 본 발명은 이러한 문제를 해결하기 위해 안출되며, 진공을 유지하고 효과적인 전자방출 동작 및 발광 동작을 수행할 수 있는 자외선 광원 소자를 제공한다.
- [0020] 이하, 첨부한 도면들을 참조하여, 본 발명의 바람직한 실시예를 보다 상세하게 설명하고자 한다.
- [0022] 실시예
- [0023] 도 1은 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 자외선 발광 소자의 단면도이다.
- [0024] 도 1을 참조하면, 자외선 발광 소자는 전자 공급부(100), 발광부(200) 및 밀봉부(300)를 가진다.
- [0025] 전자 공급부(100)는 전자 발광을 위한 전자를 발생시키고, 발생된 전자의 에너지 또는 전자의 양을 제어한다. 발광부(200)에서는 전자 공급부(100)로부터 공급되는 전자빔이 충돌되고, 발광 동작이 수행되는 구성요소이다. 또한, 밀봉부(300)는 자외선 발광 소자를 밀봉하고, 전자 공급부(100)와 발광부(200) 사이에 배치되어 밀봉 기능을 수행한다.
- [0026] 먼저, 전자 공급부(100)는 전자 방출부(110), 전자 제어부(120) 및 내부 스페이서(130)를 가진다.
- [0027] 전자 방출부(110)는 인가되는 전압차에 따른 전자 방출 동작을 수행한다. 상기 동작을 수행하기 위해 전자 방출부(110)는 방출 전극(111) 및 방출 기관(113)을 가진다. 방출 전극(111)에 인가되는 방출 전압은 방출 기관(113)으로 전달된다. 방출 기관(113)으로 전달된 방출 전압과 전자 제어부(120)에서 인가되는 제어 전압 사이의 제1 전압차는 방출 기관(113)의 전자 방출 동작을 결정한다.
- [0028] 본 발명에서 방출 전압은 방출 전극으로 인가되어 방출 기관으로 전달되는 구성이며, 제어 전압은 제어 전극을 통해 제어 기관으로 전달된다. 또한, 후술되는 발광 전압은 발광 전극을 통해 발광 기관으로 전달된다. 설명의 편의상 전극과 기관 사이는 전기적 연결된 상태이므로 각각의 전극에 인가되는 각각의 전압은 각각의 기관에 인가되는 것으로 설명한다. 예컨대, 제어 전압은 제어 전극에도 인가되고, 제어 기관에도 동일하게 인가되는 것으로 설명한다.

- [0029] 상기 방출 전극(111)은 금속 재질로 내부식성 등의 통상적인 물성적 특징을 가진 재료라면 어느 것이나 가능할 것이다. 또한, 상기 방출 전극(111)은 자외선 발광 소자의 저면 외곽을 구성하고, 외곽의 돌출부 상에 방출 기관(113)이 안착된다.
- [0030] 방출 기관(113)의 배면은 방출 전극(111)의 돌출부와 접하며, 전기적으로 연결된다. 특히, 상기 방출 기관(113)의 전면에는 전자를 방출할 수 있는 전자 방출 소재들이 형성된다. 또한, 방출 기관(113)은 관통홀을 구비하고, 방출 기관(113)의 전면 공간과 배면 공간이 상호 연결될 수 있도록 한다.
- [0031] 방출 기관(113)이 돌출부 상에 배치되므로, 방출 전극(111)의 저면과 방출 기관(113) 사이에는 소정의 제1 이격 공간(410)이 형성된다. 언급된 제1 이격공간(410)을 정의하는 방출 전극(111)의 저면에는 다양한 기체 또는 입자들을 흡수할 수 있는 게터층이 형성된다.
- [0032] 전자 제어부(120)는 내부 스페이서(130)에 의해 전자 방출부(110)와 소정의 간격으로 이격된다.
- [0033] 전자 제어부(120)는 전자 방출부(110)와 소정의 이격거리를 두고 형성되며, 전자 방출부(110)에서 방출된 전자를 집속 또는 제어한다. 또한, 전자 제어부(120)는 전자 방출부(110)와 제1 전압차를 형성하여 방출되는 전자의 에너지 및 양을 제어할 수 있다. 내부 스페이서(130)는 전자 방출부(110)와 전자 제어부(120) 사이에 구비된다. 절연성의 내부 스페이서(130)를 통해 전자 방출부(110)와 전자 제어부(120)는 상호 단락되지 않고, 전체의 인가가 가능해진다.
- [0034] 전자 제어부(120)는 제어 전극(121) 및 제어 기관(123)을 가진다.
- [0035] 제어 전극(121)은 다양한 형태를 가질 수 있으나, 하부의 방출 전극(111)과 동일한 외곽 형상을 가진다. 예컨대, 방출 전극(111)이 원형의 형상을 가지면, 제어 전극(121)도 원형의 형상을 가진다. 상기 제어 전극(121)은 제어 기관(123) 상에 형성되고, 제어 기관(123)의 외곽을 따라 형성되고, 제어 기관(123)의 외곽 부위와 직접 접촉되어 외부에서 인가되는 제어 전압을 제어 기관(123)으로 인가한다.
- [0036] 상기 제어 기관(123)은 제어 전극(121)으로부터 인가되는 제어 전압을 수신한다. 따라서, 제어 전압과 방출 전압 사이의 제1 전압차는 제어 기관(123)과 방출 기관(113) 사이에 형성된다. 제어 기관(123)과 방출 기관(113) 사이에 형성된 제1 전압차는 방출 기관(113)의 전자의 방출 여부 및 방출량을 결정한다. 또한, 상기 제어 기관(123)은 기관의 표면 전체에 복수개의 관통홀들을 가진다. 즉, 제어 기관(123)의 전면과 배면을 관통하는 홀들을 가지면, 홀들로 인해 방출 기관(113)에서 방출된 전자는 제어 기관(123)을 통과할 수 있으며, 제어 기관(123)을 통과한 전자는 발광부(200)로 입사될 수 있다.
- [0037] 방출 기관(113) 및 제어 기관(123) 사이에는 내부 스페이서(130)가 구비되며, 방출 기관(113)과 제어 기관(123)을 절연한다. 이를 통해 방출 기관(113)과 제어 기관(123) 사이에는 소정의 이격거리를 가지는 제2 이격공간(420)이 구성되고, 양 기관들 사이에 인가되는 제1 전압차에 의해 전자의 방출 및 제어동작이 수행될 수 있다.
- [0038] 전자 공급부(100) 상에는 발광부(200)가 형성된다. 상기 발광부(200)는 전자 공급부(100)의 제어 기관(123)과 소정의 이격거리를 가지며, 자외선 발광 소자의 측면을 구성하는 밀봉부(300)와 제3 이격공간(430)을 형성한다. 상기 발광부(200)는 발광 전극(210) 및 발광 기관(220)을 가진다.
- [0039] 발광 전극(210)은 발광 기관(220)의 주변부를 지지하는 양상으로 형성된다. 상기 발광 전극(210)은 측면을 향해 돌출된 부위를 가지며, 돌출부는 발광 기관(220)과 접합된다. 도전성 접합을 통해 상기 발광 전극(210)과 발광 기관(220)은 전기적으로 연결된다.
- [0040] 발광 기관(220)으로는 사파이어 등의 발광 다이오드 성장용 기관이 사용됨이 바람직하다. 또한, 발광 기관(220)은 통상의 막질 형성 공정을 통해 형성된 복수개의 화합물 반도체층들을 포함한다. 형성되는 화합물 반도체층들은 제3 이격공간(430)을 향해 배치된다. 발광 전극(210)에 인가되는 발광 전압은 전기적으로 연결된 발광 기관(220)으로 공급된다. 제어 전압과 방출 전압 사이의 제1 전압차에 의해 방출 기관(113)으로부터 방출된 전자는 제어 기관(123)을 통과하고, 발광 전압과 제어 전압의 전압차인 제2 전압차에 의해 가속되고 전자가 가지는 운동에너지는 발광 기관(220)과의 충돌을 통해 광 에너지로 전환된다. 즉, 전자는 제3 이격공간(430)에서 가속되어 발광 기관(220)에 충돌되며, 발광 기관(220)은 전자의 충돌에 의해 발생된 전자와 정공의 재결합에 따라 자외선 광을 생성한다.
- [0041] 밀봉부(300)는 제1 스페이서(310), 제2 스페이서(320) 및 버퍼층(330)을 가진다.
- [0042] 제1 스페이서(310)는 전자 공급부(100)의 측면 일부 또는 전체를 커버하는 양상으로 구비된다. 예컨대 상기 도

1에서 제1 스페이서(310)는 방출 전극(111)과 제어 전극(121) 사이에 배치되고, 방출 기관(113), 내부 스페이서(130) 및 제어 기관(123)의 측면을 둘러싸는 양상으로 구비된다. 상기 제1 스페이서(310)의 재질은 열변형에 대해 견실한 구조를 유지할 수 있는 세라믹임이 바람직하다. 예컨대, 상기 제1 스페이서(310)는 Al₂O₃를 포함함이 바람직하다.

[0043] 금속 재질의 방출 전극(111)과 제1 스페이서(310)는 접합되고, 제어 전극(121)과 제1 스페이서(310)도 접합된다. 접합은 진공 브레이징 접합법이 사용되며, 사용되는 필러 및 가공온도는 다음과 같다.

표 1

필러의 종류	가공온도
합금 필러	750℃~1000℃
Ti 합금 필러	600℃~700℃
Al 합금 필러	550℃~600℃
Zn-4Ag-2Al 합금 필러	300℃~450℃
Sn-Ag-Ti 합금 필러	200℃~300℃
In 본딩	상온 ~ 200℃

[0044]

[0045] 상술한 바와 같이 금속 재질과 세라믹 재질의 진공 접합에는 금속 합금이 사용되고, 제1 이격 공간(410) 내지 제3 이격 공간(430)을 높은 고진공 상태로 유지하게 한다.

[0046]

제2 스페이서(320)는 제어 전극(121)과 버퍼층(330) 사이에 배치되고, 제어 전극(121)과 버퍼층(330)과 접합된다. 접합을 통해 제3 이격 공간(430)이 정의된다. 또한, 버퍼층(330)이 생략되는 경우, 상기 제2 스페이서(320)는 제어 전극(121)과 발광 전극(210) 사이에 배치되어 제어 전극(121)과 발광 기관(220)이 이루는 제3 이격 공간(430)을 정의한다. 제2 스페이서(320)와 제어 전극(121) 또는 버퍼층(330)과의 접합은 상기 제1 스페이서(310)에서 설명된 접합을 사용할 수 있다. 또한, 제2 스페이서(320)의 재질은 절연성 세라믹이며, 상기 제1 스페이서(310)와 동일 재질임이 바람직하다.

[0047]

제2 스페이서(320) 상에는 버퍼층(330)이 구비되며, 버퍼층(330)은 제2 스페이서(320)와 발광 전극(210) 사이에 배치된다. 상기 버퍼층(330)은 연성 또는 전성을 가지는 금속 재질이라면 사용가능할 것이며, 발광 기관(220)에서 광의 발생을 통해 발생하는 열에 의해 발광 전극(210)의 변형이 발생되고, 발광 전극(210)의 변형이 자외선 발광 소자의 변형을 유발하는 것을 방지하기 위해 배치된다. 또한, 상기 버퍼층(330)은 제2 스페이서(320)와 금속-세라믹 접합을 통해 견고히 접합된다. 즉, 상기 표 1에 도시된 필러를 이용한 용융접합을 통해 제3 이격 공간(430)을 밀봉한다.

[0048]

제1 스페이서(310), 제2 스페이서(320) 및 버퍼층(330)의 용융접합을 통해 제1 이격 공간(410), 제2 이격 공간(420) 및 제3 이격 공간(430)은 10^{-6} ~ 10^{-7} 정도의 진공도가 유지된다. 이를 통해 방출 기관(113)으로부터 방출된 전자는 발광 기관(220)에 충돌하여 자외선 발광 동작을 수행할 수 있다.

[0049]

도 2는 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 상기 도 1의 전자 공급부를 도시한 분해 사시도이다.

[0050]

도 2를 참조하면, 최하층에 배치되는 방출 전극(111)은 자외선 발광 소자의 하부면을 구성하고, 하부면 표면에 게터층(112)을 가진다. 게터층(112)은 자외선 발광 소자의 동작 중에 발생하는 분자 또는 입자들을 흡수하여 고진공 상태를 유지하도록 한다.

[0051]

방출 전극(111)의 돌출부 표면 상에는 방출 기관(113)이 구비된다. 방출 기관(113)은 도전성 금속재료이며, 표면 상에 전자 방출층(115)이 형성된다. 상기 전자 방출층(115)은 인가되는 제1 전압차에 따라 전자를 방출하는 구조를 가지며, 패터닝된 형태로 제공된다. 또한, 방출 기관(113)의 외곽 부위에는 관통홀(117)이 형성된다. 상기 관통홀(117)은 방출 전극(111)과 방출 기관(113)이 접합에 의해 정의되는 제1 이격공간과 방출 기관(113)과 제어 기관(123) 사이에 정의되는 제2 이격공간을 연결한다. 따라서, 제2 이격공간에서 발생된 입자 또는 분자는 관통홀(117)을 통해 하부의 게터층(112)에 흡수될 수 있다.

[0052]

이외 상기 관통홀(117)은 방출 기관(113) 상의 다양한 위치에 형성될 수 있다.

[0053]

상기 방출 전극(113) 상에는 내부 스페이서(130)가 구비된다. 절연 세라믹 재질이 내부 스페이서(130)에 의해 제2 이격공간은 정의될 수 있으며, 방출 기관(113)과 제어 기관(123)은 소정의 이격거리를 유지할 수 있다.

- [0054] 내부 스페이서(130)는 대략 링 형상을 가지며, 방출 기관(113)과 제어 기관(123) 사이에 배치되어 상호간의 이격거리를 유지하게 하며, 2개의 기관들이 직접 접촉되는 단락현상을 방지한다.
- [0055] 내부 스페이서(130) 상에 배치되는 제어 기관(123)은 복수개의 제어홀들(125)을 가진다. 또한, 제어홀들(125)은 하부에 형성되는 방출 기관(113)의 전자 방출층(115)과 동일한 패턴의 형태를 가진다. 즉, 전자 방출층(115)이 형성된 패턴과 일치되는 패턴의 양상을 가지는 제어홀들(125)이 형성되고, 제어홀들(125)은 제어 기관(123)의 전면과 배면을 관통한다.
- [0056] 제어 기관(123) 상에는 제어 전극(121)이 형성된다. 제어 전극(121)은 전도성 금속재질이며, 대략 링 형상을 가질 수 있으며, 하부의 제어 기관(123)의 형태에 따라 다양하게 선택될 수 있다. 다만, 제어 전극(121)은 제어 기관(123)과 직접 접촉하거나 전기적인 연결을 달성할 수 있는 구성이라면 다양한 형태로 선택가능하다 할 것이다.
- [0057] 도 3은 본 발명의 바람직한 실시예에 따라 상기 도 1의 방출 전극, 방출 기관 및 제어 기관을 도시한 단면도이다.
- [0058] 도 3을 참조하면, 방출 전극(111)은 상부를 향해 돌출된 돌출부를 가지고, 저면에는 게터층(112)을 가진다. 돌출부가 방출 기관(113)과 접합되며 제1 이격공간이 형성된다.
- [0059] 방출 기관(113)은 금속 재질로 선택되며, 표면 상에 전자 방출층(115)을 가지고, 표면의 외곽 부위에 관통홀(117)을 가진다. 상기 관통홀(117)을 통해 이격공간들 내에 부유하는 분자 또는 입자는 게터층(112)으로 흡수된다. 전자 방출층(115)은 표면 상에 패턴화된 형태로 제작된다.
- [0060] 전자 방출층(115)의 형성을 위해 CNT 페이스트가 제작된다. 먼저, CNT, Ethyl Cellulose, Texanol, Ni 및 TiO₂가 혼합된다. CNT는 전자 방출을 위한 핵심소재이며, Ethyl Cellulose는 바인더로 기능하고, Texanol은 바인더 보조제로 사용된다. 또한, Ni 입자는 하부의 방출 기관과의 접착력 향상을 위해 이용되며, TiO₂ 입자는 Ni 입자에 의해 과도한 접착력이 작용하여 전자 방출 효과가 저하되는 것을 방지하기 위한 일종의 충전제로 사용된다.
- [0061] 상기 CNT 페이스트를 방출 기관 상에 스크린 프린팅한다. 스크린 프린팅에 의해 규칙적인 패턴을 가지는 전자 방출층들(115)을 형성할 수 있다. 이후에는 300℃에서 450℃ 온도범위의 공기 중에서 1차 열처리를 진행한다. 이를 통해 고분자 소재의 산화, 분해 또는 휘발 동작을 진행하고, 방출 기관의 표면 상에 Ni 입자들 및 TiO₂ 입자들이 배치되고, 입자들 사이에 CNT가 다양한 형태로 배치된 전자 방출층을 얻을 수 있다. 열처리 온도가 300℃ 미만이면, 고분자 소재의 제거가 용이하지 못하며, 450℃를 상회하면, CNT가 손상을 받을 수 있다.
- [0062] 또한, 1차 열처리 수행 후, 2차 열처리가 수행된다. 2차 열처리는 800℃ 내지 850℃의 진공 분위기($\sim 10^{-16}$ torr)에서 수행된다. 2차 열처리를 통해 전자 방출층(115)에 잔류할 수 있는 유기물은 완전히 제거되고, 전자 방출층(115)의 기관 접착력이 향상된다. 만일, 2차 열처리 온도가 800℃ 미만이면, 1차 열처리에 의해 산화된 기관이 완전히 환원되지 못하며, 전자 방출층(115)의 기관 접착력이 약해지는 문제가 발생된다. 또한, 2차 열처리 온도가 850℃를 상회하면, Ni 등의 혼합 입자와 CNT의 반응으로 CNT가 손상되어 전자 방출층(115)의 특성이 저하된다.
- [0063] 방출 기관(113)과 소정의 이격거리를 가지고 제어 기관(123)이 배치되고 고정된다. 또한, 제어 기관(123)은 복수개의 제어홀들(125) 가진다. 각각의 제어홀(125)의 크기 또는 폭은 이에 대응하는 전자 방출층(115)의 크기 또는 폭보다 크게 설정됨이 바람직하다. 이를 통해 전자 방출층(115)에서 방출된 전자는 용이하게 제어홀(125)을 통과할 수 있다. 또한, 제어홀(125)들의 형태 및 배치는 전자 방출층(115)의 형태 및 배치에 상응함이 바람직하다. 즉, 상부에서 투사할 경우, 제어홀들(125)이 형성된 위치에 전자 방출층들(115)이 형성됨이 바람직하다.
- [0064] 이외 상기 제어홀들(125)은 제2 이격공간과 제3 이격공간을 연결한다. 따라서, 각각의 이격공간들이 동일한 진공도를 유지할 수 있으며, 제3 이격 공간에서 발생된 입자 또는 분자들은 게터층(112)으로 이동하여 흡착될 수 있다.
- [0065] 도 4는 본 발명의 바람직한 실시예에 따라 상기 도 1의 발광 기관을 도시한 단면도이다.
- [0066] 도 4를 참조하면, 발광 기관은 성장 기관(221), 버퍼층(222), n형 반도체층(223), 활성층(224) 및 전극층(225)을 가진다.
- [0067] 상기 성장 기관(221)은 사파이어 등의 통상의 발광 다이오드 성장 기관이라면 여하한 구성과 형태도 사용가능할

것이다. 상기 성장 기관(221) 상에는 버퍼층(222)이 형성된다. 상기 버퍼층(222)은 AlN의 구성을 가질 수 있으며, 실시의 형태에 따라 생략가능한 구성요소이다.

- [0068] 버퍼층(222) 상에는 n형 반도체층(223)이 형성된다. 상기 n형 반도체층(223)은 AlGa_N의 화합물 반도체를 가진다. 또한, n형 반도체층(223)의 형성을 위한 Si 등의 도판트가 도입된다. 형성되는 n형 반도체층(223)은 활성층(224) 내로 유입된 전자가 이를 관통하거나 확산되는 현상을 차단한다. 즉, 풍부하게 활성화된 전자를 가진 n형 반도체층(223)은 방출 기관(113)으로부터 입사되는 전자에 척력을 작용하며, 활성층(224)과 전자의 충돌에 의해 발생하는 2차 전자가 유입되는 것을 방지한다. 이를 통해 전자와 정공의 재결합 확률을 상승시킨다.
- [0069] 계속해서, n형 반도체(223) 상에는 활성층(224)이 형성된다. 상기 활성층(224)은 AlGa_N의 화합물 반도체 구조를 가지며, 장벽층 및 우물층이 교대로 형성된 다중양자우물 구조를 가짐이 바람직하다. 활성층(224)에서 장벽층의 Al의 분율은 우물층의 Al의 분율보다 높게 설정된다. 또한, 상기 장벽층이 가지는 Al의 분율은 n형 반도체층(223)에서 AlGa_N 화합물 반도체에서의 Al의 분율과 동일함이 바람직하다.
- [0070] 활성층(224) 상에는 전극층(225)이 형성된다. 상기 전극층(225)은 Al 금속을 가짐이 바람직하다. 상기 전극층(225)은 발광 전극(210)을 통해 인가되는 발광 전압을 활성층(224)에 전달하고, 제어 기관(123)에 인가되는 제어 전압과 함께 제2 전압차를 형성한다. 또한, 상기 전극층(225)은 30nm 이하의 두께를 가짐이 바람직하다. 만일, 전극층(225)이 30nm를 상회하는 두께를 가지면, 전자빔이 전극층(225)을 충분히 통과하도록 발광전압을 높여야 한다.
- [0071] 또한, 상기 전극층(225)은 제어 기관의 제어홀을 통과한 전자가 통과하고, 활성층(224)과 충돌하도록 한다. 충돌에 의해 발생하는 자외선 광은 전극층(225)에서 반사된다. 이를 통해 자외선 광은 성장 기관(221)을 향해 배출된다.
- [0072] 제어 기관에 인가되는 제어 전압과 방출 기관에 인가되는 방출 전압 사이의 전압차인 제1 전압차에 의해 방출 기관으로부터 전자는 방출된다. 방출된 전자는 제어 기관의 제어홀을 통해 제3 이격공간으로 진입한다. 제3 이격공간의 전자는 발광 기관에 인가되는 발광 전압과 제어 전압의 차이인 제2 전압차에 의해 가속되어 전극층(225)을 관통하고, 활성층(224)에 충돌한다. 활성층(224)의 우물층은 자외선을 형성하기에 충분한 밴드갭을 가진다. 또한, 전자와의 충돌로 발생된 활성층(224) 내의 전자-정공 쌍은 장벽층에 의해 우물층 내로 구속되고, 재결합을 통해 자외선 광을 형성한다. 상술한 동작을 위해 전극층(225)은 발광 전극과 직접 접촉하거나 금속 용융 접합을 통해 발광 전극과 전기적으로 연결된다.
- [0073] 또한, n형 반도체층(223)은 활성층(224)의 우물층보다 높은 밴드갭을 가지고, 전자-정공 쌍의 유입을 방지한다. 이를 통해 직접 재결합 이외에 산란을 통한 열의 발생을 최소화 할 수 있다.
- [0074] 상기 도 4에서 성장 기관(221)과 대향하는 전극층(225)은 상기 도 1에서 제3 이격 공간(430) 방향으로 배치된다. 즉, 성장 기관(221)은 자외선 발광 소자의 외부를 향하고, 전극층(225)은 내부를 향한다. 따라서, 상기 도 1에서 발광 전극(210)은 전극층(225)과 전기적으로 연결되는 구조로 형성됨이 바람직하다.
- [0075] 도 5는 본 발명의 바람직한 실시예에 따라 상기 도 4의 활성층을 설명하기 위한 단면도이다.
- [0076] 도 5를 참조하면, n형 반도체층(223) 상에 활성층(224)이 형성되고, 활성층(224) 상에는 전극층(225)이 형성된다.
- [0077] 예컨대, n형 반도체층(223)은 약 500nm의 두께를 가지고, n형의 Al_{0.7}Ga_{0.3}N으로 구성된다.
- [0078] 또한, n형 반도체층(223) 상에 형성되는 활성층(224)은 다중양자우물 구조를 가지며, 우물층(2242)과 장벽층(2241)이 교대로 형성된 구조이다. 또한, 상기 활성층(224)을 구성하는 우물층(2242)과 장벽층(2241)은 Si이 도핑되어 n형의 도전형을 가진다.
- [0079] 우물층(2242)과 장벽층(2241)의 설계시, 장벽층(2241)은 우물층(2242)보다 높은 밴드갭을 가져야 하고, 우물층(2242)의 밴드갭은 원하는 자외선 파장에 적합한 Al의 분율을 가지도록 구성되어야 한다. 예컨대, 우물층(2242)은 Al_{0.54}Ga_{0.46}N의 구성을 가지며, 장벽층(2241)은 n형 반도체층(223)과 동일한 Al_{0.7}Ga_{0.3}N의 구성을 가진다. 또한, 우물층(2242)은 5nm 내지 16nm로 설정된다. 바람직하게는 10nm 내지 15nm로 설정되며, 장벽층(2241)은 5nm 내지 16nm로 설정되며, 바람직하게는 10nm 내지 15nm로 설정된다. 종래의 우물층 또는 장벽층은 1nm 내지 2nm로 설정된다. 그러나, 본 발명에서는 우물층(2242) 또는 장벽층(2241)의 두께를 실질적으로 10nm 이상으로 설정한다.

- [0080] 통상의 우물층과 장벽층의 발광 메커니즘은 전계의 인가에 따라 우물층 내로 구속된 전자와 정공의 재결합을 유도하는 것이다. 따라서, 장벽층과 우물층의 두께가 2nm를 상회하는 경우, 우물층 내에서 재결합이 원활치 못하고, 장벽층의 두께의 증가로 인해 전자 및 정공이 인접한 우물층으로 이동하는 현상이 저하된다. 그러나 본 발명에서는 전계를 이용한 전자와 정공의 이동이 발생되지 않으며, 가속된 전자가 우물층(2242) 또는 장벽층(2241) 내의 결정구조와 충돌하여 전자-정공 쌍을 형성하는 메커니즘을 이용한다. 따라서, 본 발명의 구조에서 우물층(2242) 또는 장벽층(2241)의 두께가 10nm 미만이면 얇은 우물층의 두께로 인해 우물층에서의 전자의 충돌이 충분치 못하여 광효율이 감소되는 문제가 발생된다. 또한, 두께가 15nm를 상회하면, 전자가 인접한 다른 우물층으로 이동하지 못하는 문제가 발생되어 광 효율이 감소하는 문제가 발생된다.
- [0081] 또한, 상기 두께를 가지는 우물층(2242) 및 장벽층(2241)의 쌍은 6쌍 내지 10쌍으로 형성됨이 바람직하다. 만일, 6쌍 미만이면, 가속된 전자가 활성층(224)을 관통하는 문제가 발생되고, 10쌍을 상회하면, n형 반도체층(223)에 인접한 우물층에는 전자가 도달하지 못하고 발광 동작에 참여하지 못하는 우물층이 발생된다.
- [0082] 또한, 우물층(2242)을 포함하는 활성층(224)이 n형으로 도핑되면, 풍부하게 발생된 전자로 인해 전자의 충돌에 의해 발생하는 정공과의 재결합 확률이 증가한다. 따라서, 우물층(2242)과 장벽층(2241)은 n형으로 도핑됨을 통해 광효율을 향상시킬 수 있다.
- [0083] 또한, 상기 n형 반도체층(223)에서 Al의 분율은 장벽층(2241)의 분율과 동일함이 바람직하다. 따라서, 상기 도 5에서 장벽층(2241)의 Al의 분율에 따라 n형 반도체층(223)에서의 Al의 분율은 변경가능한 수치이다.
- [0084] 도 6은 본 발명의 바람직한 실시예에 따라 상기 도 5의 발광 구조체에 대한 시뮬레이션 결과이다.
- [0085] 도 6을 참조하면, 버퍼층으로는 AlN이 사용되고, 1000nm의 두께를 가진다. 또한, n형 반도체층은 Si이 도핑된 $n\text{-Al}_{0.7}\text{Ga}_{0.3}\text{N}$ 으로 500nm의 두께로 세팅된다. 다중양자우물 구조에서 장벽층은 $\text{Al}_{0.7}\text{Ga}_{0.3}\text{N}$ 로 각각 12nm의 두께로 세팅되고, 우물층은 $\text{Al}_{0.54}\text{Ga}_{0.46}\text{N}$ 으로 각각 12nm의 두께로 세팅된다. 장벽층과 우물층은 8쌍이 준비된다. 또한, 전극층은 Al으로 30nm로 세팅된다.
- [0086] 상기 도 6에서 수직으로 설정된 수치는 전극층의 표면에서부터의 깊이를 나타내며, 수평으로 나타난 수치는 전자빔이 입사된 지점으로부터의 평면 거리를 나타낸다. 또한, 박스에 표시된 %로 표시된 수치는 전자의 에너지 밀도를 도시한다.
- [0087] 5kV가 전자에 인가되고, 전자빔은 10000개의 전자가 하나의 지점에 입사되는 것으로 모델링한다. 시뮬레이션 결과, 활성층의 두께가 150nm 까지의 범위 내에서 전자빔은 10% 이상의 에너지 밀도를 유지하는 것으로 나타난다.
- [0088] 또한, 전자에 인가되는 전압을 상승할 경우, 10% 이상의 에너지 밀도를 가지는 활성층의 두께는 증가할 것이다.
- [0089] 또한, 활성층의 설계시에 전자 또는 정공의 확산거리도 고려되어야 한다. 확산 거리를 100nm 내지 150nm로 설정하면, 활성층의 두께는 100nm 내지 300nm가 적절한 범위로 나타난다. 다만, 활성층의 두께는 전자에 인가되는 전압의 크기에 따라 다소 변동될 수 있다.
- [0090] 상술한 구성들을 통해 자외선 발광 소자는 제작된다. 자외선 발광 소자는 10^{-6} 내지 10^{-7} torr의 진공 분위기로 밀봉된다. 밀봉을 통해 전자는 방출 기관으로부터 배출되고, 전자빔의 형태로 발광 기관과 충돌하고 자외선을 형성할 수 있다. 자외선 발광 소자는 제1 이격 공간, 제2 이격 공간 및 제3 이격 공간을 형성한다. 제1 이격 공간 내에 구비된 게터층을 통해 자외선 발광 동작 시에 발생하는 분자 또는 입자들은 제거되어 고진공을 유지한다. 제2 이격 공간에서는 제어 기관 및 방출 기관 사이에 인가되는 제1 전압차를 통해 전자가 배출된다. 배출된 전자는 제어 기관에 구비된 제어홀을 통해 제3 이격 공간으로 유입된다. 제3 이격 공간에서는 발광 기관과 제어 기관 사이에 인가되는 제2 전압차로 인해 전자가 가속되어 발광 기관의 활성층과 충돌하고, 자외선을 형성할 수 있다.
- [0091] 도 7 및 도 8은 본 발명의 바람직한 실시예에 따라 상기 도 1의 자외선 발광 소자의 동작 방법을 설명하기 위한 타이밍도들이다.
- [0092] 도 7을 참조하면, 구간 T1에서 제어 전압이 상승하여, 제1 전압차에 의해 전자가 방출 기관으로부터 방출된다. 방출된 전자는 제어 기관의 제어홀을 통과하고, 발광 전압이 인가되는 발광 기관을 향해 입사된다. 상기 동작은 T2까지 수행된다.
- [0093] 이어서, 구간 T2에서 제어 전압이 감소하면, 제1 전압차는 낮아지며, 방출 기관으로부터 전자는 방출되지 않는

다. 따라서, 발광 전압과 제어 전압의 차이값인 제2 전압차가 높다하더라도 발광 동작은 수행되지 않는다.

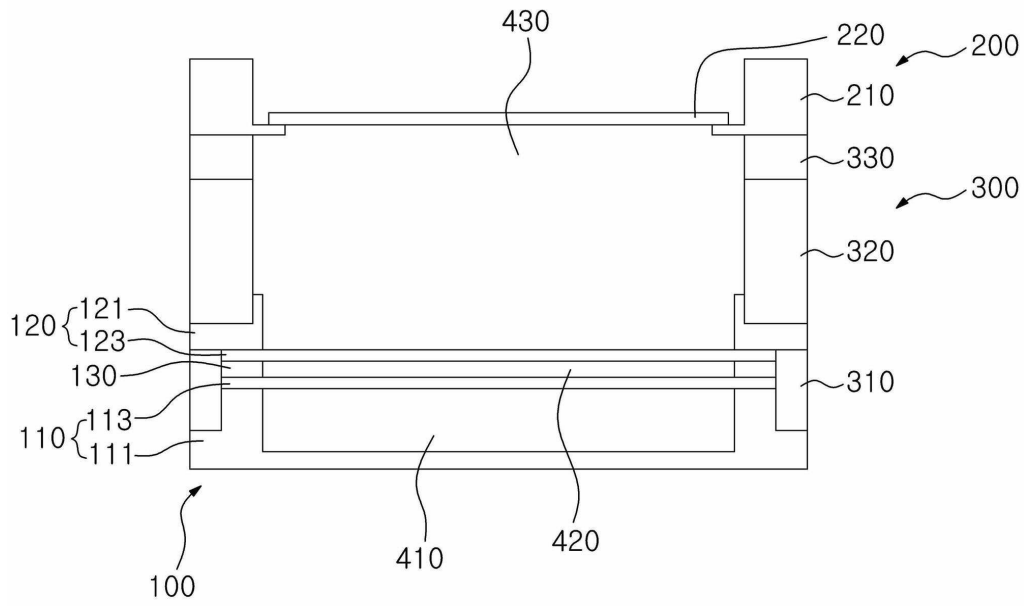
- [0094] 계속해서 구간 T3에서 제어 전압이 상승하면 기 설명된 바와 동일하게 발광 동작이 수행된다. 상승한 도 7의 동작은 방출 전압과 발광 전압을 동일하게 설정한 상태에서 제어 전압만을 변경하여 발광 동작을 수행한다.
- [0095] 도 8을 참조하면, 발광 전압과 제어 전압은 동일한 레벨을 유지하므로 제2 전압차는 동일하게 유지된다. 다만, 방출 전압은 구간에 따라 변경되는 특징이 있다.
- [0096] 구간 T1에서 방출 전압의 레벨이 감소되면, 제1 전압차는 증가하고, 방출 기관으로부터 전자가 방출되고, 제2 전압차로 인해 발광 기관에서는 발광 동작이 수행된다. 상승한 동작은 구간 T2까지 진행된다.
- [0097] 이어서, 구간 T2에서 방출 전압의 레벨이 상승하면, 제1 전압차는 감소되어 방출 기관으로부터 전자의 방출은 중지된다. 따라서, 발광 기관에서의 발광 동작은 중지된다.
- [0098] 즉, 상기 도 7 및 도 8에서 방출 기관에서의 전자의 방출과 중지는 번갈아가며 수행될 수 있다. 이는 발광 동작을 수행하는 발광 기관에서 발생하는 과도한 열과 에너지 효율의 감소를 방지하기 위한 것으로 제1 전압차에 의해 전자가 방출된 구간에서 발광 동작을 수행하도록 구성된다. 또한, 제1 전압차가 낮은 상태에서 전자의 방출 동작이 중지된 구간에서는 활성층에서 충돌한 전자에 의한 2차 전자의 발생 등으로 인한 지연된 광이 형성되도록 한다.
- [0099] 상승한 동작은 제2 전압차를 조절하는 것을 통해 발광 기관에서 발생하는 자외선의 강도를 조절할 수 있다. 즉, 기존의 자외선 발광 다이오드에서 최대 출력의 제한을 해결할 수 있으며, 다중양자우물 구조의 설계를 통해 원하는 단파장 대역(UV-C 포함)의 광을 용이하게 형성할 수 있다.
- [0100] 이외에 방출 전압, 제어 전압 또는 발광 전압 중 적어도 어느 하나를 교류 전압으로 설정하여 구동하는 동작 대신에 각각의 전압을 직류로 하여 동작시키는 것도 가능할 것이다.

부호의 설명

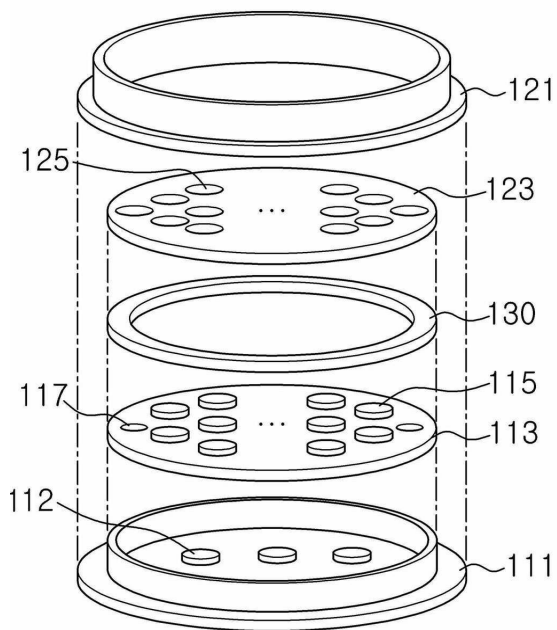
- | | |
|---------------------|---------------|
| [0101] 100 : 전자 공급부 | 110 : 전자 방출부 |
| 111 : 방출 전극 | 113 : 방출 기관 |
| 120 : 전자 제어부 | 121 : 제어 전극 |
| 123 : 제어 기관 | 130 : 내부 스페이스 |
| 200 : 발광부 | 210 : 발광 전극 |
| 220 : 발광 기관 | 300 : 밀봉부 |
| 310 : 제1 스페이스 | 320 : 제2 스페이스 |
| 330 : 버퍼층 | 410 : 제1 이격공간 |
| 420 : 제2 이격공간 | 430 : 제3 이격공간 |

도면

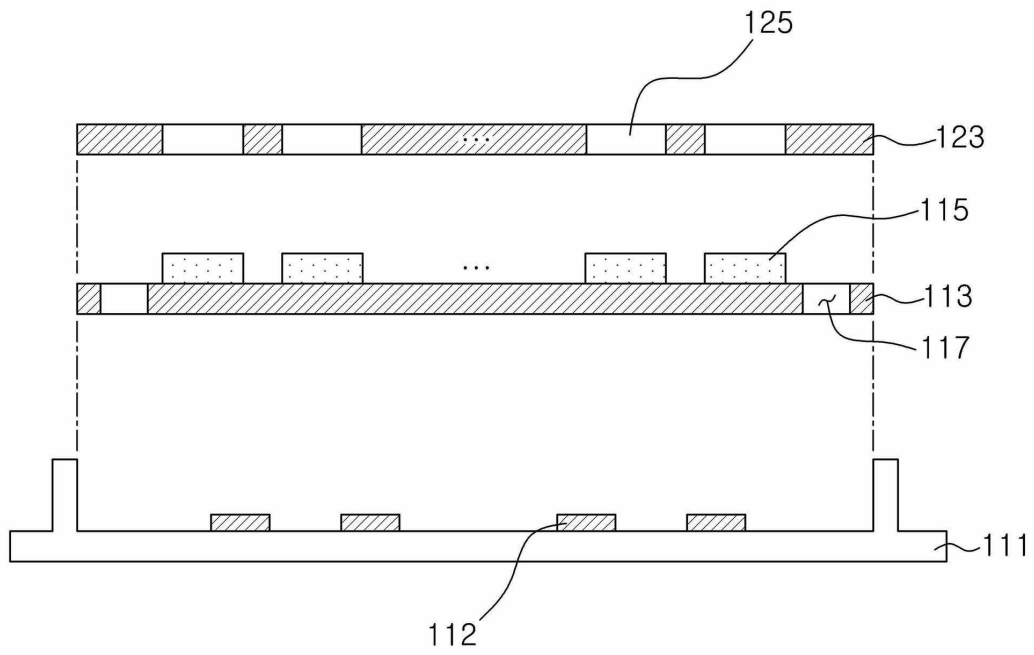
도면1



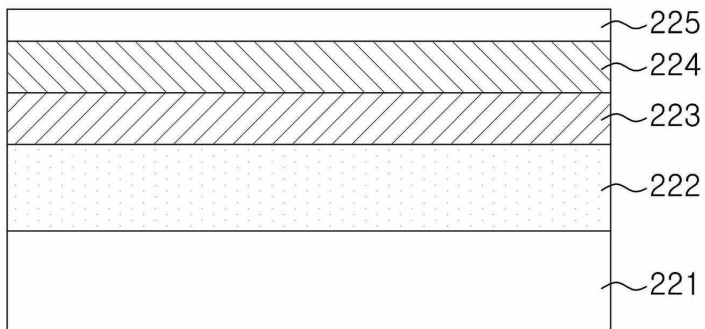
도면2



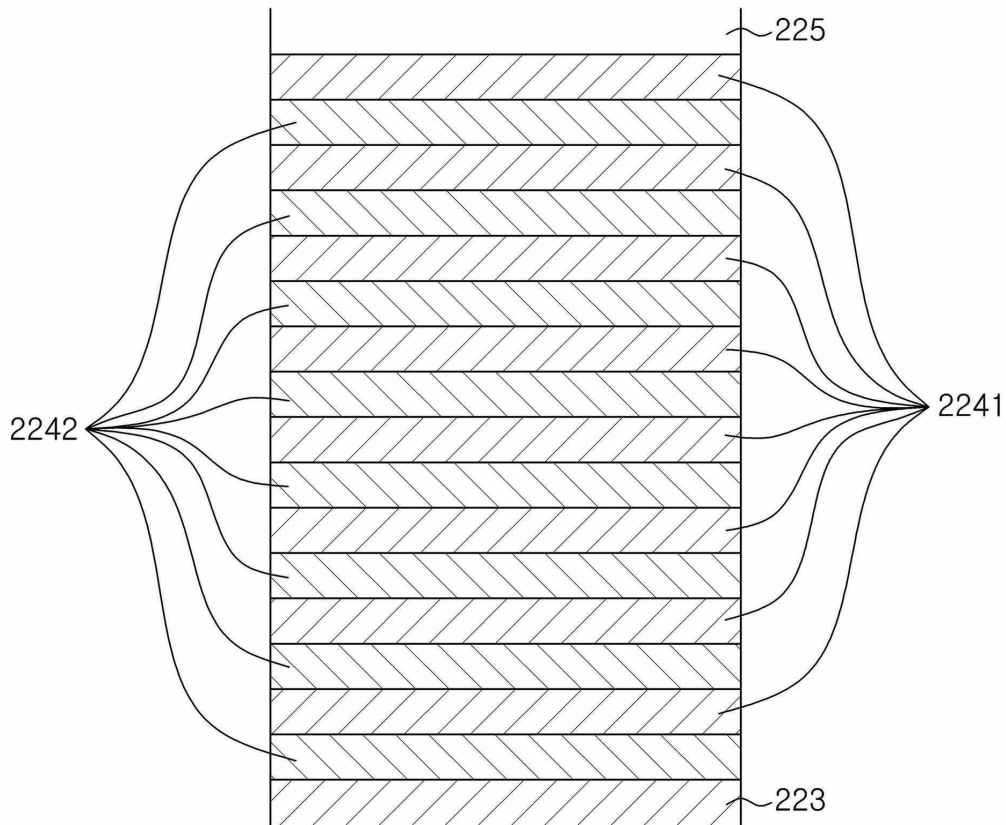
도면3



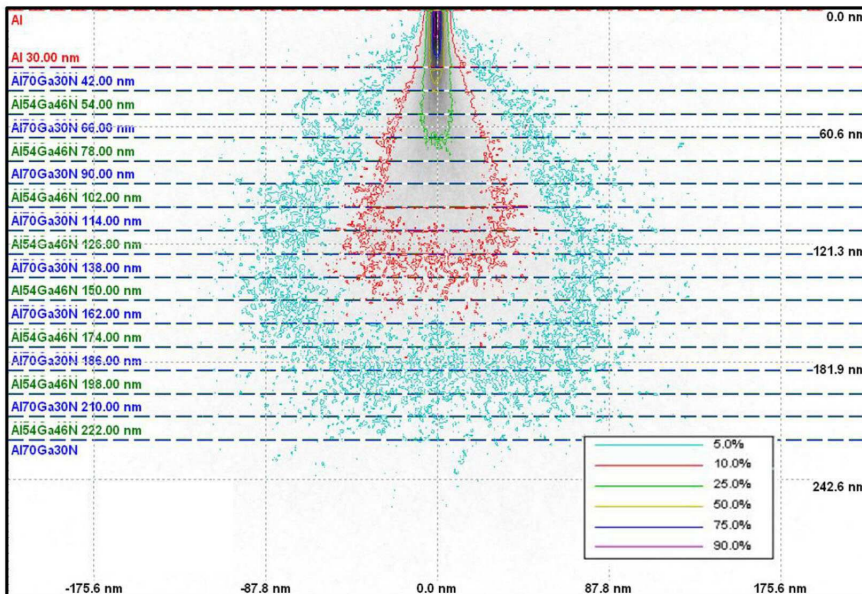
도면4



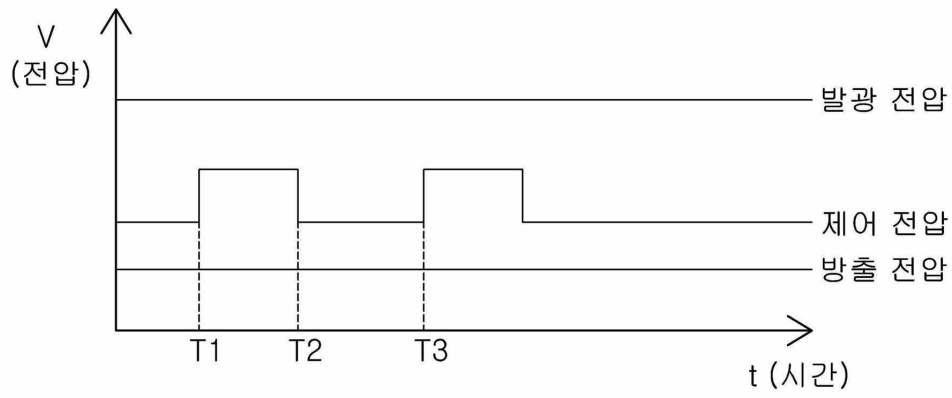
도면5



도면6



도면7



도면8

