



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2023년09월21일
(11) 등록번호 10-2581601
(24) 등록일자 2023년09월19일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 33/04 (2010.01) H01L 33/06 (2010.01)
H01L 33/36 (2010.01) H01L 33/50 (2010.01)
H01L 33/58 (2010.01)
(52) CPC특허분류
H01L 33/04 (2013.01)
H01L 33/06 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2016-0169409
(22) 출원일자 2016년12월13일
심사청구일자 2021년10월15일
(65) 공개번호 10-2018-0067951
(43) 공개일자 2018년06월21일
(56) 선행기술조사문헌
KR1020120018865 A*
KR1020140128301 A*
KR1020130076636 A*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
엘지디스플레이 주식회사
서울특별시 영등포구 여의대로 128(여의도동)
(72) 발명자
김병걸
경기도 파주시 책향기로 441, 1013동 1201호(동패동, 책향기마을동문굿모닝힐)
김위용
서울시 양천구 목동동로 180, 103-405 (신정동, 아이파크아파트)
김규남
경기도 파주시 조리읍 내산길 55, 104동 703호 (파주 푸르지오 아파트)
(74) 대리인
네이트특허법인

전체 청구항 수 : 총 9 항

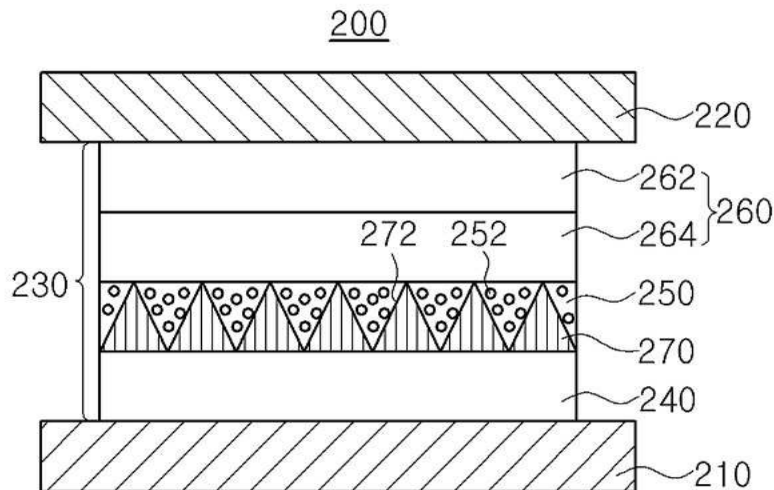
심사관 : 배성주

(54) 발명의 명칭 발광 특성이 향상된 양자 발광다이오드 및 이를 포함하는 양자 발광 장치

(57) 요약

본 발명은 양자 입자를 포함하는 발광물질층과, 전하 이동층 사이에 다수의 프리즘 패턴 형상으로 적층된 광속변환층을 포함하는 발광다이오드 및 이를 포함하는 양자 발광 장치에 관한 것이다. 양자 입자에서 발광된 빛은 광속변환층에 의하여 발광다이오드의 발광 면을 향하여 방출된다. 양자 입자에서 발광된 빛이 발광 면에 도달하지 못하여 야기되는 광 손실을 감소시킬 수 있다. 이에 따라, 발광 면으로의 광 추출 효율이 증가하여 발광 휘도를 향상시킬 수 있다.

대표도 - 도5



(52) CPC특허분류

H01L 33/36 (2013.01)

H01L 33/502 (2013.01)

H01L 33/58 (2013.01)

H01L 2924/12041 (2013.01)

명세서

청구범위

청구항 1

제 1 전극 및 상기 제 1 전극과 마주하는 제 2 전극;

상기 제 1 전극과 상기 제 2 전극 사이에 위치하며 양자 입자를 포함하는 발광물질층;

상기 제 1 전극과 상기 발광물질층 사이에 위치하는 제 1 전하 이동층; 및

상기 제 1 전하 이동층과 상기 발광물질층 사이에 위치하며, 프리즘 패턴 형상으로 적층되어 있는 광속변환층을 포함하고,

상기 광속변환층은 폴리메틸메타크릴레이트(PMMA), 폴리에틸렌나프탈레이트(PEN) 및 폴리에틸렌테레프탈레이트(PET)로 구성되는 군에서 선택되는 소재로 이루어지는 양자 발광다이오드.

청구항 2

제 1항에 있어서,

상기 프리즘 패턴 형상에서, 밑각은 10도 내지 45도의 범위를 가지는 양자 발광다이오드.

청구항 3

제 2항에 있어서,

상기 밑각은 10도 내지 24도의 범위를 가지는 양자 발광다이오드.

청구항 4

제 1항에 있어서,

상기 프리즘 패턴 형상에서, 밑변 길이와, 인접한 프리즘 패턴과의 거리인 피치는 2:3 내지 1:1인 양자 발광다이오드.

청구항 5

삭제

청구항 6

제 1항에 있어서,

상기 발광물질층과 상기 제 2 전극 사이에 위치하는 제 2 전하 이동층을 더욱 포함하는 양자 발광다이오드.

청구항 7

제 1항에 있어서,

상기 제 1 전하 이동층은 정공 이동층인 양자 발광다이오드.

청구항 8

제 1항에 있어서,
상기 제 1 전하 이동층은 전자 이동층인 양자 발광다이오드.

청구항 9

기관;
상기 기관 상부에 위치하고, 제 1항 내지 제 4항 및 제 6항 내지 제 8항 중 어느 하나의 항에 기재된 양자 발광다이오드; 및
상기 기관과 상기 양자 발광다이오드 사이에 위치하며, 상기 양자 발광다이오드에 연결되는 구동 소자를 포함하는 양자 발광 장치.

청구항 10

제 1항에 있어서,
상기 광속변환층은 폴리에틸렌나프탈레이트(PEN) 및 폴리에틸렌테레프탈레이트(PET)로 구성되는 군에서 선택되는 소재로 이루어지는 양자 발광다이오드.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 발광다이오드에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 발광 휘도가 향상된 양자 발광다이오드 및 이를 포함하는 양자 발광 장치에 관한 것이다.

배경 기술

[0003] 유기발광다이오드 장치에서 발광 휘도를 높이기 위하여 발광다이오드의 전류 밀도를 증가시키거나 구동 전압을 높이는 경우, 유기 발광물질이 분해되는 등의 열화로 인하여 발광다이오드의 수명이 짧아지는 문제가 있다.

[0004] 유기발광다이오드를 대신하여 양자점(quantum dot; QD)이나 양자 막대(Quantum rod; QR)와 같은 양자 입자를 발광층의 소재로 사용하는 양자 발광다이오드가 주목을 받고 있다. 양자 입자는 크기를 조절하여 발광 피크를 쉽게 조절할 수 있으며, 유기물에 비하여 상대적으로 열이나 수분으로 인한 열화 및 산화 등에 안정적이다. 유기 발광다이오드와 마찬가지로 양자 발광다이오드는 일반적으로 발광층과 전극 사이에 정공이나 전자와 같은 전하를 수송하기 위한 별도의 층을 가지는 다층 구조를 갖는다.

[0005] 그런데 양자 입자에서 발광된 빛은 발광다이오드의 상면과 하면은 물론이고 측면으로도 방출된다. 실제 발광 면으로 방출되는 광은 양자 입자에서 방출된 광의 일부에 불과하여 광 손실이 발생하게 된다. 따라서 양자 발광다이오드 및 이를 적용한 양자 발광 장치에서 광 추출 효율이 떨어지고 발광 휘도가 저하되는 문제가 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 본 발명의 목적은 발광 입자에서 방출된 빛이 손실되는 것을 방지하여 광 추출 효율과 발광 휘도를 향상시킬 수 있는 발광다이오드 및 이를 포함하는 발광 장치를 제공하고자 하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0009] 본 발명의 일 측면에 따르면, 본 발명은 마주하는 2개의 전극 사이에 위치하는 발광물질층과, 하나의 전극과 발광물질층 사이에 위치하는 전하 이동층 사이에 프리즘 패턴 형상으로 적층되어 있는 광속변환층을 포함하는 양

자 발광다이오드를 제공한다.

- [0010] 양자 발광다이오드는 정상 구조(normal structure)를 가지거나 반전 구조(inverted structure)를 가질 수 있다.
- [0011] 일례로, 상기 광속변환층은 발광물질층과 전자 이동층 사이에 위치할 수 있다.
- [0012] 또한, 상기 광속변환층은 폴리메틸메타크릴레이트(PMMA), 폴리에틸렌나프탈레이트(PEN) 및 폴리에틸렌테레프탈레이트(PET)로 구성되는 군에서 선택되는 소재로 이루어질 수 있다.
- [0013] 본 발명의 다른 측면에 따르면, 본 발명은 기판 상부에 위치하는 상기 양자 발광다이오드를 포함하는 양자 발광 장치를 제공한다.

발명의 효과

- [0015] 본 발명은 양자 입자를 가지는 발광물질층과 전자 이동층 사이에 다수의 프리즘 패턴을 가지는 광속변환층이 도입된 양자 발광다이오드 및 이를 포함하는 양자 발광 장치를 제안한다.
- [0016] 프리즘 패턴 사이에 양자 입자가 배열되어, 양자 입자로부터 발광된 빛 중에서 측면으로 발광된 빛은 프리즘 패턴에 의하여 굴절되어 발광 면으로 방출된다. 프리즘 패턴을 가지는 광속변환층을 도입함으로써, 광 손실이 감소하고 발광 면으로 방출되는 광량이 증가한다.
- [0017] 따라서 프리즘 패턴을 가지는 광속변환층이 도입된 발광다이오드에서 광 추출 효율(out-coupled light efficiency)과 발광 휘도를 개선할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0019] 도 1은 본 발명의 예시적인 실시형태에 따라 제 1 전자 이동층과 발광물질층 사이에 광속변환층이 도입된 정상(normal) 구조를 가지는 양자 발광다이오드를 개략적으로 도시한 단면도이다.
- 도 2는 본 발명에 따라 발광물질층에 포함된 양자 입자가, 광속변환층을 형성하는 다수의 프리즘 패턴 사이에 배열된 상태를 개략적으로 도시한 모식도이다.
- 도 3은 종래 양자 입자를 가지는 발광다이오드에서 양자 입자에서 광 손실이 발생하는 상태(좌측)와, 본 발명에 따라 프리즘 패턴 형태의 광속변환층을 형성한 경우에 광 손실이 감소하여 광 추출 효율이 증가된 상태(우측)를 개략적으로 도시한 모식도이다.
- 도 4는 본 발명에 따라 광속변환층을 형성하는 프리즘 패턴에서의 밀변, 밀각 및 피치 사이의 관계를 보여주는 도면이다.
- 도 5는 본 발명의 다른 예시적인 실시형태에 따라, 제 1 전자 이동층과 발광물질층 사이에 광속변환층이 도입된 반전(inverted) 구조를 가지는 양자 발광다이오드를 개략적으로 도시한 단면도이다.
- 도 6은 본 발명의 예시적인 실시형태에 따라, 양자 발광다이오드를 채택한 장치의 일례로서 양자 발광 표시장치를 개략적으로 도시한 단면도이다.
- 도 7은 본 발명의 예시적인 실시예에 따라, 프리즘 패턴 형상을 가지는 광속변환층이 도입된 경우의 PL(photoluminescence) 강도와, 광속변환층이 도입되지 않은 경우의 PL 강도를 측정된 결과를 나타낸 그래프이다. 도 7에서 vertical은 발광 입자로 사용한 양자 막대의 축이 기체에 수직 방향으로 배열된 것을 나타내고, horizontal은 발광 입자로 사용한 양자 막대의 축이 기체에 수평 방향으로 배열된 것을 나타낸다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0020] 이하, 필요한 경우에 첨부하는 도면을 참조하면서 본 발명을 보다 상세하게 설명한다.
- [0021] 도 1은 본 발명의 예시적인 실시형태에 따라 제 1 전자 이동층과 발광물질층 사이에 광속변환층이 도입된 정상(normal) 구조를 가지는 양자 발광다이오드를 개략적으로 도시한 단면도이다. 도 1에 도시한 바와 같이, 본 발명의 제 1 실시형태에 따른 양자 발광다이오드(100)는 제 1 전극(110)과, 제 1 전극과 마주하는 제 2 전극(120)과, 제 1 전극(110)과 제 2 전극(120) 사이에 위치하는 발광층(130)을 포함한다. 발광층(130)은 제 1 전극(110)과 제 2 전극(120) 사이에 위치하는 발광물질층(150)과, 제 1 전극(110)과 발광물질층(150) 사이에 위치하는 제 1 전자 이동층(140)과, 발광물질층(150)과 제 2 전극(120) 사이에 위치하는 제 2 전자 이동층(160)과, 제

1 전하 이동층(140)과 발광물질층(160) 사이에 위치하는 광속변환층(170)을 포함한다.

[0022] 본 실시형태에서, 제 1 전극(110)은 정공 주입 전극과 같은 양극(anode)일 수 있다. 제 1 전극(110)은 유리 또는 고분자일 수 있는 기판(도 1에 미도시) 상에 형성될 수 있다. 일례로, 제 1 전극(110)은 인듐-주석-산화물(indium-tin-oxide; ITO), 인듐-아연-산화물(indium-zinc-oxide; IZO), 인듐-주석-아연-산화물(indium-tin-zinc oxide; ITZO), 인듐-구리-산화물(indium-copper-oxide; ICO), 주석산화물(SnO₂), 인듐산화물(In₂O₃), 카드뮴:산화아연(Cd:ZnO), 불소:산화주석(F:SnO₂), 인듐:산화주석(In:SnO₂), 갈륨:산화주석(Ga:SnO₂) 및 알루미늄:산화아연(Al:ZnO; AZO)을 포함하는 도핑되거나 도핑되지 않은 금속 산화물일 수 있다. 선택적으로, 제 1 전극(110)은 전술한 금속 산화물 이외에도 니켈(Ni), 백금(Pt), 금(Au), 은(Ag), 이리듐(Ir) 또는 탄소나노튜브를 포함하는 금속 소재로 이루어질 수 있다.

[0023] 한편, 본 실시형태에서, 제 2 전극(120)은 전자 주입 전극과 같은 음극(cathode)일 수 있다. 일례로 제 2 전극(120)은 Ca, Ba, Ca/Al, LiF/Ca, LiF/Al, BaF₂/Al, CsF/Al, CaCO₃/Al, BaF₂/Ca/Al, Al, Mg, Au:Mg 또는 Ag:Mg 일 수 있다. 예를 들어, 제 1 전극(110)과 제 2 전극(120)은 각각 50 내지 300 nm의 두께로 적층될 수 있다.

[0024] 제 1 전하 이동층(140)은 제 1 전극(110)과 발광물질층(150) 사이에 위치한다. 본 실시형태에서, 제 1 전하 이동층(140)은 발광물질층(150)으로 정공을 공급하는 정공 이동층일 수 있다. 예를 들어, 제 1 전하 이동층(140)은 제 1 전극(110)과 발광물질층(150) 사이에서 제 1 전극(110)에 인접하게 위치하는 정공 주입층(hole injection layer; HIL, 142)과, 제 1 전극(110)과 발광물질층(150) 사이에서 발광물질층(150)에 인접하게 위치하는 정공 수송층(hole transport layer; HTL, 144)을 포함할 수 있다.

[0025] 정공 주입층(142)은 제 1 전극(110)에서 발광물질층(150)으로 정공의 주입을 용이하게 한다. 하나의 예시적인 실시형태에서, 정공 주입층(142)은 폴리(에틸렌디옥시티오펜):폴리스티렌 술포네이트(poly(ethylene dioxythiophene):polystyrene sulfonate; PEDOT:PSS), 테트라플루오로-테트라시아노-퀴노디메탄(tetrafluoro-tetracyano-quinodimethane; F4-TCNQ)이 도핑된 4,4',4"-트리스(디페닐아미노)트리페닐아민(4,4',4"-tris(diphenylamino)triphenylamine; TDATA); F4-TCNQ가 도핑된 아연 프탈로시아닌(zinc phthalocyanine; ZnPc)와 같은 p-도핑된 프탈로시아닌, F4-TCNQ가 도핑된 N,N'-디페닐-N,N'-비스(1-나프틸)-1,1'-바이페닐-4,4'-디아민(N,N'-diphenyl-N,N'-bis(1-naphthyl)-1,1'-biphenyl-4,4'-diamine; α-NPD, α-NPB), 헥사아자트리페닐렌-헥사니트릴(hexaazatriphenylene-hexanitriple; HAT-CN) 및 이들의 조합으로 구성되는 군에서 선택되는 유기물로 이루어질 수 있지만, 본 발명이 이에 한정되지 않는다. 일례로, 정공주입층(142)에 사용될 수 있는 F4-TCNQ와 같은 도펀트는 정공 주입 호스트에 대하여 1 내지 20 중량%의 비율로 도핑될 수 있다.

[0026] 정공 수송층(144)은 제 1 전극(110)에서 발광물질층(150)으로 정공을 전달한다. 정공 수송층(144)은 무기물 또는 유기물로 이루어질 수 있다. 일례로, 정공 수송층(144)이 유기물로 이루어지는 경우, 정공 수송층(144)은 4,4'-N,N'-디카바졸릴-바이페닐(4,4'-N,N'-dicarbazolyl-biphenyl; CBP), α-NPD(α-NPB), 스파이로-NPB(spiro-NPB), N,N'-디페닐-N,N'-비스(3-메틸페닐)-(1,1'-비페닐)-4,4'-디아민(N,N'-diphenyl-N,N'-bis(3-methylphenyl)-(1,1'-biphenyl)-4,4'-diamine; TPD), N,N'-비스(3-메틸페닐)-N,N'-비스(페닐)-스파이로(N,N'-bis(3-methylphenyl)-N,N'-bis(phenyl)-spiro; spiro-TPD), N,N'-디(4-(N,N'-디페닐-아미노)페닐)-N,N'-디페닐벤지딘(N,N'-di(4-(N,N'-diphenyl-amino)phenyl)-N,N'-diphenylbenzidine; DNTPD), 4,4',4"-트리스(N-카바졸릴-트리페닐아민(4,4',4'"-tris(N-carbazolyl)-triphenylamine; TCTA), 트리스(3-메틸페닐페닐아미노)-트리페닐아민(tris(3-methylphenylphenylamino)-triphenylamine; m-MTDATA), 폴리(9,9'-디옥틸플루오렌-코-N-(4-부틸페닐)디페닐아민(poly(9,9'-dioctylfluorene-co-N-(4-butylphenyl)diphenylamine; TFB), 폴리(9-비닐카바졸)(poly(9-vinylcarbazole); PVK)와 같은 아릴 아민류, 폴리아닐린(polyaniline), 폴리피롤(polypyrrole), 구리 프탈로시아닌(copper phthalocyanine), 4,4'-비스(p-카바졸릴)-1,1'-비페닐(4,4'-bis(p-carbazolyl)-1,1'-biphenyl), N,N,N',N'-테트라아릴벤지딘(N,N,N',N'-tetraarylbenzidine), PEDOT:PSS 및 그 유도체, 폴리-N-비닐카바졸(poly-N-vinylcarbazole) 및 그 유도체, 폴리[2-메톡시-5-(2-에틸헥실록시)-1,4-페닐렌비닐렌](poly[2-methoxy-5-(2-ethylhexyloxy)-1,4-phenylenevinylene]; MEH-PPV)이나 폴리[2-메톡시-5-(3',7'-디메틸옥틸록시)1,4-페닐렌비닐렌](poly[2-methoxy-5-(3',7'-dimethyloctyloxy)-1,4-phenylenevinylene]; MOMO-PPV)와 같은 폴리(파라)페닐렌비닐렌 유도체(polyphenylenevinylene) 및 그 유도체, 폴리메타크릴레이트(polymethacrylate) 및 그 유도체, 폴리(9,9-옥틸플루오렌)(poly(9,9-octylfluorene)) 및 그 유도체, 폴리(스파이로-플루오렌)(poly(spiro-fluorene)) 및 그 유도체, 및 이들의 조합으로 구성되는 군에서 선택되는 유기물로 이루어질 수 있다.

- [0027] 정공 수송층(144)이 무기물로 이루어지는 경우, 정공 수송층(144)은 NiO, MoO₃, Cr₂O₃, Bi₂O₃ 또는 p-형 ZnO와 같은 금속 산화물이나 티오시안구리(CuSCN), Mo₂S, p-형 GaN과 같은 비-산화 등가물 또는 이들의 조합으로 구성되는 군에서 선택될 수 있다.
- [0028] 도면에서는 제 1 전하 이동층(140)을 정공 주입층(142)과 정공 수송층(144)으로 구분하였으나, 제 1 전하 이동층(140)은 단일층으로 이루어질 수도 있다. 예를 들어, 제 1 전하 이동층(140)은 정공 주입층(142)이 생략되고 정공 수송층(144)만으로 이루어질 수도 있고, 전술한 정공 수송 유기물에 정공 주입 물질(일례로 PEDOT:PSS)이 도핑되어 이루어질 수도 있다.
- [0029] 정공 주입층(142) 및 정공 수송층(144)을 포함하는 제 1 전하 이동층(140)은 진공 기상 증착법, 스퍼터링법을 포함하는 진공 증착 공정이나, 스핀 코팅(spin coating), 드롭 코팅(drop coating), 딥 코팅(dip coating), 스프레이 코팅(spray coating), 롤 코팅(roll coating), 플로 코팅(flow coating)은 물론이고, 캐스팅 공정, 스크린 인쇄 또는 잉크젯 프린팅 방식과 같은 용액 공정을 단독 또는 조합하여 사용할 수 있다. 예를 들어, 정공 주입층(142)과 정공 수송층(144)의 두께는 10 nm 내지 200 nm, 바람직하게는 10 nm 내지 100 nm일 수 있지만, 본 발명이 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0030] 발광물질층(150)은 양자점(quantum dot, QD)이나 양자 막대(quantum rod; QR) 및 이들의 조합으로 이루어지는 양자 입자(152)로 이루어질 수 있다. 예를 들어 평균 직경이 1 nm 내지 100 nm인 양자점 및/또는 평균 크기가 1 nm 내지 100 nm인 양자 막대가 양자 입자(152)로 사용될 수 있다. 일례로, 발광물질층(150)은 용매에 양자 입자(152)가 포함된 분산액을 코팅하는 용액 공정을 통하여 광속변환층(170) 상에 코팅하고, 용매를 휘발시켜 형성할 수 있다. 발광물질층(150)을 형성하는 방법으로서 스핀 코팅(spin coating), 드롭 코팅(drop coating), 딥 코팅(dip coating), 스프레이 코팅(spray coating), 롤 코팅(roll coating), 플로 코팅(flow coating)은 물론이고, 캐스팅 공정, 스크린 인쇄 또는 잉크젯 프린팅 방식과 같은 용액 공정을 단독 또는 조합하여 적용될 수 있다.
- [0031] 발광물질층(150)에 사용되는 양자 입자(152)는 양자 제한 효과(quantum confine effect)를 갖는 반도체 나노 결정일 수 있다. 양자 입자(152)는 II-VI족, I-III-VI족 또는 III-V족의 나노 반도체 화합물을 포함할 수 있다. 일례로, 양자 입자(152)는 비-Cd계 I-III-VI족 또는 III-V족의 반도체 화합물일 수 있다. 양자 입자(152)는 단일 구조 또는 코어(core)/셸(shell) 구조를 가질 수 있다.
- [0032] 예를 들어, 양자 입자(152)는 중심에 빛을 내는 코어 성분이 있고, 그 표면에 보호를 위해 셸이 둘러싸고 있는 코어/셸 구조를 가지며, 셸 표면에는 용매에 분산을 위한 리간드(ligand) 성분이 둘러싸고 있다. 경우에 따라, 상기 리간드는 발광물질층(150)을 형성할 때 제거될 수 있는 성분이다.
- [0033] 구체적으로, 양자 입자(152)는 CdS, CdSe, CdTe, ZnS, ZnSe, ZnTe, HgS, HgTe 또는 이들의 조합과 같은 II족 내지 VI족 화합물 반도체 나노 결정; GaP, GaAs, GaSb, InP, InAs 및 InSb와 같은 III족 내지 V족 또는 IV족 내지 VI족 화합물 반도체 나노 결정; PbS, PbSe, PbTe 또는 이들의 임의의 조합; CuInSe₂ 나노 결정; ZnO, TiO₂ 또는 이들의 조합과 같은 금속 산화물 나노 입자; CdSe/ZnSe, CdSe/ZnS, CdS/ZnSe, CdS/ZnS, ZnSe/ZnS, InP/ZnS ZnO/MgO 또는 이들의 임의의 조합과 같은 코어-셸 구조의 나노 결정일 수 있다. 반도체 나노 입자는 Eu, Er, Tb, Tm, Dy과 같은 희토류 원소 또는 이들의 임의의 조합으로 도핑(dope)되거나 도핑되지 않거나, 또는 Mn, Cu, Ag과 같은 전이 금속 원소 또는 이들의 임의의 조합으로 도핑될 수 있다.
- [0034] 한편, 양자 입자(152)로서 양자점을 사용하는 경우, 양자점은 균질 합금(homogeneous alloy) 양자점 또는 경도 합금(gradient alloy) 양자점과 같은 합금 양자점(alloy QD; 일례로, CdS_xSe_{1-x}, CdSe_xTe_{1-x}, Zn_xCd_{1-x}Se)일 수도 있다.
- [0035] 양자 입자(152)는 유기 용매 중에 전구체 물질을 넣고 입자들을 성장시키는 습식 공정에 의해 주로 합성될 수 있다(예를 들어 콜로이드 양자점). 양자 입자(152) 입자의 성장 정도에 따라 에너지 밴드갭의 조절에 따른 다양한 파장대의 광을 얻을 수 있다.
- [0036] 일례로, 발광물질층(150)은 440 nm, 530 nm, 620 nm의 PL 발광 특성을 가지는 양자 입자(152)를 포함하여 백색을 구현할 수 있다. 선택적으로, 발광물질층(150)은 적색, 녹색, 청색 중 어느 하나의 색을 가지는 양자 입자(152)를 포함하고 있으며 그 중 어느 하나의 색으로 개별적으로 발광하도록 구현될 수 있다. 예를 들어, 양자 입자를 구성하는 나노 결정은 CdSe, CdS, CdTe, ZnSe, ZnTe, ZnS, HgTe 및 이들의 조합으로 구성되는 군에서 선택될 수 있다.

- [0037] 제 2 전하 이동층(160)은 발광물질층(150)과 제 2 전극(120) 사이에 위치한다. 본 실시형태에서, 제 2 전하 이동층(160)은 발광물질층(150)으로 전자를 공급하는 전자 이동층일 수 있다. 하나의 예시적인 실시형태에서, 제 2 전하 이동층(160)은 전자 수송층(electron transport layer; ETL)일 수 있다.
- [0038] 전자 수송층으로서의 제 2 전하 이동층(160)은 발광물질층(150)으로 전자를 전달한다. 제 2 전하 이동층(160)은 무기물 및/또는 유기물로 이루어질 수 있다. 제 2 전하 이동층(160)이 무기물로 이루어지는 경우, 제 2 전하 이동층(160)은 Al, Mg, In, Li, Ga, Cd, Cs, Cu 등으로 도핑되거나 도핑되지 않은 이산화티타늄(TiO₂), 산화아연(ZnO), 산화지르코늄(ZrO), 산화주석(SnO₂), 산화텅스텐(WO₃), 산화탄탈륨(Ta₂O₃), 산화하프늄(HfO₃), 산화알루미늄(Al₂O₃), 산화지르코늄실리콘(ZrSiO₄), 산화바륨티타늄(BaTiO₃), 산화바륨지르코늄(BaZrO₃)와 같은 금속/비금속 산화물 및/또는 Al, Mg, In, Li, Ga, Cd, Cs, Cu 등으로 도핑되거나 도핑되지 않은 CdS, ZnSe, ZnS와 같은 반도체 입자, Si₃N₄와 같은 질화물 및 이들의 조합으로 구성되는 군에서 선택될 수 있다.
- [0039] 제 2 전하 이동층(160)이 유기물로 이루어지는 경우, 제 2 전하 이동층(160)은 옥사졸계 화합물, 이소옥사졸계 화합물, 트리아졸계 화합물, 이소티아졸계 화합물, 옥시디아졸계 화합물, 티아디자올계 화합물, 페틸렌(perylene)계 화합물이나 알루미늄 착물을 사용할 수 있다. 구체적으로, 제 2 전하 이동층(160)을 구성할 수 있는 유기 물질은 3-(바이페닐-4-일)-5-(4-테트라부틸페닐)-4-페닐-4H-1,2,4-트리아졸(3-(biphenyl-4-yl)-5-(4-tertbutylphenyl)-4-phenyl-4H-1,2,4-triazole; TAZ), 바소큐프로인(bathocuproine, 2,9-dimethyl-4,7-diphenyl-1,10-phenanthroline; BCP), 2,2',2''-(1,3,5-벤자인트리일)-트리스(1-페닐-1-H-벤즈이미다졸)(2,2',2''-(1,3,5-Benzinetriyl)-tris(1-phenyl-1-H-benzimidazole); TPBi), 트리스(8-하이드록시퀴놀린)알루미늄(Tris(8-hydroxyquinoline)aluminum; Alq₃), 비스(2-메틸-8-퀴놀리나토)-4-페닐페놀레이트 알루미늄(III)(bis(2-methyl-8-quinolinato)-4-phenylphenolate aluminum (III); Balq), 비스(2-메틸-퀴놀리나토)(트리페닐실록시)알루미늄(III)(bis(2-methyl-quinolinato)(triphenylsiloxy) aluminum (III); Salq) 및 이들의 조합으로 구성되는 소재에서 선택될 수 있지만, 본 발명이 이에 한정되지 않는다.
- [0040] 하나의 예시적인 실시형태에서, 제 2 전하 이동층(160)에 ZnO 나노 입자를 사용하는 경우, ZnO 나노 입자는 전자 이동도가 우수하고 양자 입자(152)의 전도대 에너지에 잘 부합하기 때문에 바람직할 수 있다.
- [0041] 한편, 예를 들어 정공 수송층(142)을 유기물로 형성하고, 제 2 전하 이동층(160)을 무기물로 형성하거나, 정공 수송층(142)을 무기물로 형성하고, 제 2 전하 이동층(160)을 유기물로 형성한 혼성 전하 이동층(charge transport layer; CTL)을 도입하는 경우, 양자 발광다이오드(100)의 발광 특성이 향상될 수 있다.
- [0042] 선택적인 실시형태에서, 제 2 전하 이동층(160)은 2개의 층으로 이루어질 수 있다. 일례로, 제 2 전하 이동층(160)은 발광물질층(150)에 인접하게 위치하는 전자 수송층과, 제 2 전극(120)에 인접하게 위치하는 전자 주입층(electron injection layer; EIL, 미도시)으로 이루어질 수 있다.
- [0043] 이때, 전자 주입층(미도시)은 제 2 전극(120)에서 발광물질층(150)으로의 전자 주입을 용이하게 한다. 예를 들어 전자 주입층(미도시)은 Al, Cd, Cs, Cu, Ga, Ge, In, Li와 같은 금속에 불소가 도핑되거나 결합된 소재로 이루어지거나, Al, Mg, In, Li, Ga, Cd, Cs, Cu 등으로 도핑되거나 도핑되지 않은 이산화티타늄(TiO₂), 산화아연(ZnO), 산화지르코늄(ZrO), 산화주석(SnO₂), 산화텅스텐(WO₃), 산화탄탈륨(Ta₂O₃)와 같은 금속 산화물로 이루어질 수 있다.
- [0044] 전자 수송층 및 전자 주입층(미도시)을 비롯한 제 2 전하 이동층(160)은 진공 기상 증착법, 스퍼터링법을 포함하는 진공 증착 공정이나, 스핀 코팅(spin coating), 드롭 코팅(drop coating), 딥 코팅(dip coating), 스프레이 코팅(spray coating), 롤 코팅(roll coating), 플로 코팅(flow coating)은 물론이고, 캐스팅 공정, 스크린 인쇄 또는 잉크젯 프린팅 방식과 같은 용액 공정을 단독 또는 조합하여 사용할 수 있다. 일례로, 제 2 전하 이동층(160)을 구성하는 각각의 층은 10 내지 200 nm, 바람직하게는 10 내지 100 nm의 두께로 적층될 수 있다.
- [0045] 한편, 본 발명의 제 1 실시형태에 따르면, 정공 이동층인 제 1 전하 이동층(140)과 발광물질층(150) 사이에 다수의 프리즘 패턴(172) 형상으로 적층된 광속변환층(170)이 위치한다. 즉, 광속변환층(170)은 발광물질층(150)을 향해 돌출되어 있는 다수의 프리즘 패턴(172)을 가지고 있으며, 프리즘 패턴(172) 사이에 양자 입자(152)가 배열될 수 있도록 구성된다. 광속변환층(170)을 적층하여, 양자 입자(150)에서 발광된 빛이 발광 면을 향하여 보다 효율적으로 방출될 수 있게 되는데, 이에 대해서 설명한다.
- [0046] 도 2는 본 발명에 따라 발광물질층에 포함된 양자 입자가, 광속변환층을 형성하는 다수의 프리즘 패턴 사이에

배열된 상태를 개략적으로 도시한 모식도이다. 도 2에 도시한 바와 같이, 광속변환층(170)은 다수의 프리즘 패턴(172)을 가지도록 패턴닝되어 있으며, 프리즘 패턴(172) 사이의 영역(골짜기에 해당하는 영역)으로 양자 입자(152)가 배열된다.

- [0047] 광속변환층(170)을 형성할 수 있는 전구체 등을 포함하는 액상 성분을 제 1 전하 이동층(140) 상에 코팅한 뒤에, 포토리소그래피(photolithography) 공정을 이용한다. 이러한 방법으로 프리즘 패턴(172)으로 이루어진 광속변환층(170)을 제 1 전하 이동층(140) 상에 적층할 수 있다. 예를 들어, 광속변환층(170)은 1 내지 200 nm의 두께로 적층될 수 있다.
- [0048] 보다 구체적으로 살펴보면, 하나의 예시적인 실시형태에서, 광속변환층(170)은 폴리메틸메타크릴레이트(PMMA), 폴리에틸렌나프탈레이트(PEN) 및 폴리에틸렌테레프탈레이트(PET)로 구성되는 군에서 선택되는 절연 소재로 이루어질 수 있다. 이들 고분자를 합성하기 위한 모노머/올리고머 등의 반응성 성분, 용매 및 필요에 따라 광중합개시제, 가교제, 감광성 화합물 및 광산발생제 등으로 이루어진 감광성 수지 조성물을 제 1 전하 이동층(140, 도 1 참조) 상부에 코팅한다. 코팅 방법은 특별히 제한되지 않으며, 스핀 코팅(spin coating), 드롭 코팅(drop coating), 딥 코팅(dip coating), 스프레이 코팅(spray coating), 롤 코팅(roll coating), 플로 코팅(flow coating)은 물론이고, 캐스팅 공정, 스크린 인쇄 또는 잉크젯 프린팅 방식과 같은 용액 공정을 단독 또는 조합하여 사용할 수 있다. 이어서, 포토리소그래피 공정을 이용하여 프리즘 패턴(172)으로 이루어진 광속변환층(170)을 제 1 전하 이동층(140) 상에 적층할 수 있다.
- [0049] 감광성 수지 조성물에 사용되는 유기용매는 알코올류, 에틸렌글리콜알킬에테르프로피오네이트류; 에틸렌글리콜모노알킬에테르류, 디에틸렌글리콜알킬에테르류, 프로필렌글리콜알킬에테르아세테이트류, 프로필렌글리콜알킬에테르프로피오네이트류, 프로필렌글리콜모노알킬에테르류, 디프로필렌글리콜알킬에테르류, 부틸렌글리콜모노메틸에테르류, 디부틸렌글리콜알킬에테르류, 감마부티로락톤 등을 사용할 수 있다.
- [0050] 광중합개시제는 아세토페논계 광중합개시제, 벤조페논계 광중합개시제, 티오크산톤계 광중합개시제, 벤조인계 광중합개시제, 트리아진계 광중합개시제를 사용할 수 있다.
- [0051] 감광성 화합물은 1,2-퀴논디아지드 화합물을 사용할 수 있으며, 일례로 페놀화합물과 나프토퀴논디아지드술폰산 할로겐 화합물을 반응시켜 얻어진 것을 사용할 수 있다. 예를 들어, 1,2-퀴논디아지드 화합물은 1,2-퀴논디아지드 4-술폰산 에스테르, 1,2-퀴논디아지드 5-술폰산 에스테르, 또는 1,2-퀴논디아지드 6-술폰산 에스테르 등을 사용할 수 있다.
- [0052] 가교제는 생성된 바인더와 가교구조를 형성하는데, 일례로 멜라민계 가교제를 사용할 수 있다. 멜라민계 가교제는 요소와 포름알데히드의 축합 생성물, 멜라민과 포름알데히드의 축합 생성물, 또는 알코올로부터 얻어진 메틸올요소알킬에테르류나 메틸올멜라민알킬에테르류 등을 사용할 수 있다. 예를 들어, 요소와 포름알데히드의 축합 생성물로는 모노메틸올요소, 디메틸올요소 등을 사용할 수 있다. 상기 멜라민과 포름알데히드의 축합생성물로는 헥사메틸올멜라민을 사용할 수 있으며, 그밖에 멜라민과 포름알데히드의 부분적인 축합생성물도 사용할 수 있다.
- [0053] 또한, 네거티브 타입의 절연막을 형성하고자 하는 경우에 사용되는 광산발생제는 게 설포늄염, 요오드늄염 등과 같은 이온성 광산발생제, 설포니디아조메탄계, N-설포닐옥시이미드계, 벤조인설포네이트계, 니트로벤질설포네이트계, 술폰계, 글리옥심계, 또는 트리아진계 등을 사용할 수 있다.
- [0054] 포토리소그래피 공정은 감광성 수지 조성물에 대한 예비 경화, 노광 및 현상 공정 및 본 경화 공정을 포함할 수 있다. 예를 들어, 예비 경화는 80 내지 120℃의 온도로 1 내지 15분 수행될 수 있으며, 노광 공정에서 가시광선, 자외선, 전자선, 엑스선 등의 광원이 이용될 수 있다. 예를 들어, 노광 공정에서 사용되는 광원으로서는 대략 200 내지 400 nm, 바람직하게는 300 내지 400 nm 파장 대역의 자외선(UV)을 사용할 수 있다. 적절한 패턴을 형성하기 위하여 노광 마스크(포토 마스크)가 배치될 수 있는데, 감광성 수지 조성물로 이루어지는 포토레지스트는 네거티브 타입이거나 포지티브 타입일 수 있다. 노광 공정에 사용되는 광원의 비제한적 예로는 수은 증기 아크, 탄소 아크 미 크세논(Xe) 아크를 들 수 있다.
- [0055] 현상 공정에서 알칼리 수용액, 구체적으로 수산화나트륨, 수산화칼륨, 탄산나트륨 등의 알칼리나, 에틸아민, n-프로필아민, 디에틸아민, 트리메틸아민과 같은 아민류 수용액을 사용할 수 있다. 현상 과정 후에 초순수를 이용하여 세정하여 불필요한 부분을 제거하여 패턴을 형성하고, 오븐이나 핫-플레이트 등의 가열 장치에서 본 경화를 수행하여 최종적으로 프리즘 패턴(172) 형상을 가지는 광속변환층(170)을 적층할 수 있다. 예를 들어, 본 경화는 130 내지 150℃의 온도에서 30 내지 90 분간 진행되거나, 200 내지 250℃의 온도에서 10 내지 30분 정도

진행될 수 있다.

- [0056] 패터닝된 광속변환층(170)의 적층이 완료된 후에, 용액 공정을 이용하여 양자 입자(152)를 포함하는 발광물질층(150)을 코팅하고 용매를 제거하면, 양자 입자(152)는 프리즘 패턴(172) 사이의 영역으로 배열될 수 있다. 이에 따라, 양자 입자(152)에서 방출된 빛 중에서 프리즘 패턴(172)에 의하여 발광 면으로 방출되는 양이 증가하게 되는데 이에 대해서 설명한다.
- [0057] 도 3은 종래 양자 입자를 가지는 발광다이오드에서 양자 입자에서 광 손실이 발생하는 상태(좌측)와, 본 발명에 따라 프리즘 패턴 형태의 광속변환층을 형성한 경우에 광 손실이 감소되어 광량이 증가된 상태(우측)를 개략적으로 도시한 모식도이다. 설명의 편의를 위하여 상부를 발광 면이라고 가정한다. 양자 입자(152)로부터 방출된 빛은 사방으로 방출될 수 있다. 따라서 도 3의 좌측에 도시한 바와 같이, 양자 입자(152)로부터 방출되는 빛은 발광 면인 상부로 방출되는 빛(Lu)과, 발광 면 반대 방향인 하부로 방출되는 빛(Ld)과, 발광 면에 수직한 양 측면으로 방출되는 빛(Ls)으로 구분된다.
- [0058] 이때, 양자 입자(152)에서 방출되는 광량이 모든 방향에서 균등하다고 한다면, 프리즘 패턴을 구비하지 않은 경우에 발광 면을 향하여 방출되는 빛은 상면으로 방출되는 빛(Lu)에 불과하다. 다시 말해, 양자 입자(152)로부터 방출되는 빛 중에서 발광 면 반대 방향으로 방출되는 빛(Ld)은 물론이고 양자 입자(152)의 양 측면으로 방출되는 빛(Ls)은 발광 면으로 방출되지 않는다. 이에 따라 상당한 광 손실이 발생하여, 발광 면으로 방출되는 광량과 관련하여 광 추출 효율(coupled light efficiency)가 감소하고 발광 휘도가 저하된다.
- [0059] 하지만, 도 3의 우측에 도시한 바와 같이, 양자 입자(152)가 프리즘 패턴(172) 사이에 배열되는 경우에, 양자 입자(152)로부터 방출되는 빛 중에서 양 측면으로 방출되는 빛의 일부가 프리즘 패턴(172)에 의하여 방출 방향이 변환되어 발광 면으로 방출된다(L's). 즉, 프리즘 패턴(172) 사이에 양자 입자(152)가 배열되는 경우, 양자 입자(152)에서 상부 쪽으로 방출되는 빛(Lu)에 더하여, 프리즘 패턴(172)에 의하여 방출 방향이 변환된 빛(L's)이 발광 면으로 방출된다. 이에 따라, 광 손실이 줄어들기 때문에, 발광 면으로 방출되는 광량과 관련이 있는 광 추출 효율이 증가하고, 발광 휘도를 향상시킬 수 있다.
- [0060] 한편, 본 발명의 예시적인 실시형태에 따르면, 광속변환층(170)을 구성하는 프리즘 패턴(172)의 형상을 조정함으로써, 양자 입자(152)에서 발광 면으로 방출되는 광량을 향상시킬 수 있다. 도 4는 본 발명에 따라 광속변환층을 형성하는 프리즘 패턴에서의 밑변, 밑각 및 피치를 보여주는 도면이다.
- [0061] 하나의 예시적인 실시형태에서, 프리즘 패턴(172)의 밑각은 10도 내지 45도, 바람직하게는 10도 내지 24도, 더욱 바람직하게는 16도 내지 24도의 범위를 가질 수 있다. 이때, 프리즘 패턴(172)의 높이와 밑변 길이는 1:2 내지 1:10, 바람직하게는 1:4.5 내지 1:10, 더욱 바람직하게는 1:45 내지 1:7의 범위를 가질 수 있지만, 본 발명이 이에 제한되지 않는다.
- [0062] 다른 예시적인 실시형태에서, 프리즘 패턴(172)의 밑변 길이와, 인접한 프리즘 패턴과의 거리인 피치는 2:3 내지 1:1, 바람직하게는 2:3 내지 4:5일 수 있다. 프리즘 패턴(172)의 밑변 길이가 피치에 대하여 2:3 미만인 경우, 프리즘 패턴(172) 사이의 이격 거리가 지나치게 커져서, 프리즘 패턴(172)에 의하여 양자 입자의 측면으로 방출된 빛이 발광 면으로 방출되는 방향 변환 효율이 저하될 수 있다.
- [0063] 즉, 본 발명의 제 1 실시형태에 따르면, 정공 이동층인 제 1 전하 이동층(140)과 발광물질층(150) 사이에 다수의 프리즘 패턴(172) 형상을 가지는 광속변환층(160)이 도입된다. 양자 입자(152)가 프리즘 패턴(172) 사이에 배열되고, 양자 입자(152)에서 측면으로 방출되는 빛이 프리즘 패턴(172)을 통하여 발광 면으로 방출된다. 발광 면으로 방출되지 못하는 광 손실이 감소하고, 이에 따라 발광 면으로 방출되는 광량이 증가하기 때문에, 발광다이오드(100)의 광 추출 효율과 발광 휘도를 향상시킬 수 있다.
- [0064] 전술한 실시형태에서는 정상 구조를 가지는 양자 발광다이오드에 대해서 설명하였으나, 광속변환층은 반전 구조를 가지는 양자 발광다이오드에도 적용될 수 있다. 도 5는 본 발명의 다른 예시적인 실시형태에 따라, 제 1 전하 이동층과 발광물질층 사이에 광속변환층이 도입된 반전(inverted) 구조를 가지는 양자 발광다이오드를 개략적으로 도시한 단면도이다.
- [0065] 도 5에 도시한 바와 같이, 본 발명의 제 2 실시형태에 따른 양자 발광다이오드(200)는 제 1 전극(210)과, 제 1 전극(210)과 마주하는 제 2 전극(220)과, 제 1 전극(210)과 제 2 전극(220) 사이에 위치하는 발광층(230)을 포함한다. 발광층(230)은 제 1 전극(210)과 제 2 전극(220) 사이에 위치하는 발광물질층(250)과, 제 1 전극(210)과 발광물질층(250) 사이에 위치하는 제 1 전하 이동층(240)과, 제 2 전극(220)과 발광물질층(250) 사이에 위치하는 제 2 전하 이동층(260)과 제 1 전하 이동층(240)과 발광물질층(250) 사이에 위치하며, 다수의 프리즘 패턴

(272)으로 이루어지는 광속변환층(270)을 포함한다.

- [0066] 본 실시형태에서, 제 1 전극(210)은 전자 주입 전극과 같은 음극(cathode)일 수 있다. 일례로, 제 1 전극(210)은 ITO, IZO, ITZO, ICO, SnO₂, In₂O₃, Cd:ZnO, F:SnO₂, In:SnO₂, Ga:SnO₂ 및 AZO와 같은 도핑되거나 도핑되지 않은 금속 산화물이거나, 전술한 금속 산화물 이외에도 니켈(Ni), 백금(Pt), 금(Au), 은(Ag), 이리듐(Ir) 또는 탄소나노튜브를 포함하는 금속 소재로 이루어질 수 있다.
- [0067] 본 실시형태에서, 제 2 전극(220)은 정공 주입 전극과 같은 양극(anode)일 수 있다. 일례로 제 2 전극(220)은 Ca, Ba, Ca/Al, LiF/Ca, LiF/Al, BaF₂/Al, CsF/Al, CaCO₃/Al, BaF₂/Ca/Al, Al, Mg, Au:Mg 또는 Ag:Mg일 수 있다. 예를 들어, 제 1 전극(210)과 제 2 전극(220)은 50 내지 300 nm의 두께로 적층될 수 있다.
- [0068] 제 1 전하 이동층(240)은 발광물질층(250)으로 전자를 공급하는 전자 이동층일 수 있다. 제 1 전하 이동층(240)은 전자 수송층일 수 있다. 전자 수송층으로서의 제 1 전하 이동층(240)은 무기물 및/또는 유기물로 이루어질 수 있다. 제 1 전하 이동층(240)이 무기물로 이루어지는 경우, 제 1 전하 이동층(240)은 Al, Mg, In, Li, Ga, Cd, Cs, Cu 등으로 도핑되거나 도핑되지 않은 TiO₂, ZnO, ZrO, SnO₂, WO₃, Ta₂O₃, HfO₃, Al₂O₃, ZrSiO₄, BaTiO₃, BaZrO₃와 같은 금속/비금속 산화물 및/또는 Al, Mg, In, Li, Ga, Cd, Cs, Cu 등으로 도핑되거나 도핑되지 않은 CdS, ZnSe, ZnS와 같은 반도체 입자, Si₃N₄와 같은 질화물 및 이들의 조합으로 구성되는 군에서 선택되는 무기물로 이루어질 수 있다.
- [0069] 제 1 전하 이동층(240)이 유기물로 이루어지는 경우, 제 1 전하 이동층(240)은 옥사졸계 화합물, 이소옥사졸계 화합물, 트리아졸계 화합물, 이소티아졸계 화합물, 옥시디아졸계 화합물, 티아디아졸계 화합물, 페릴렌(perylen)계 화합물이나 알루미늄 착물을 사용할 수 있다. 구체적으로, 제 1 전하 이동층(240)은 TAZ, BCP, TPBi, Alq₃, Balq, Salq 및 이들의 조합으로 구성되는 군에서 선택되는 유기물로 이루어질 수 있지만, 본 발명이 이에 한정되지 않는다.
- [0070] 제 1 전하 이동층(240)은 2개의 층으로 이루어질 수 있다. 이 경우, 제 1 전하 이동층(240)은 전자 수송층과, 전자 수송층과 제 1 전극(210) 사이에 위치하는 전자 주입층(미도시)으로 이루어질 수 있다. 전자 주입층(미도시)은 Al, Cd, Cs, Cu, Ga, Ge, In, Li과 같은 금속에 불소가 도핑되거나 결합된 소재로 이루어지거나, Al, Mg, In, Li, Ga, Cd, Cs, Cu 등으로 도핑되거나 도핑되지 않은 이산화티타늄(TiO₂), 산화아연(ZnO), 산화지르코늄(ZrO), 산화주석(SnO₂), 산화텅스텐(WO₃), 산화탄탈륨(Ta₂O₃)와 같은 금속 산화물로 이루어질 수 있다.
- [0071] 발광물질층(250)은 양자점 및/또는 양자 막대와 같은 양자 입자(252)로 이루어질 수 있다. 발광물질층(250)은 용매에 양자 입자(252)가 포함된 분산액을 코팅하는 용액 공정을 통하여 광속변환층(270) 상에 코팅하고, 용매를 휘발시켜 형성할 수 있다.
- [0072] 발광물질층(250)에 사용되는 양자 입자(252)는 양자 제한 효과(quantum confine effect)를 갖는 반도체 나노 결정일 수 있다. 양자 입자(252)는 II-VI족, I-III-VI족 또는 III-V족의 나노 반도체 화합물을 포함할 수 있다. 일례로, 양자 입자(252)는 비-Cd계 I-III-VI족 또는 III-V족의 반도체 화합물일 수 있다. 양자 입자(252)는 단일 구조 또는 코어(core)/셸(shell) 구조를 가질 수 있다.
- [0073] 구체적으로, 양자 입자(252)는 CdS, CdSe, CdTe, ZnS, ZnSe, ZnTe, HgS, HgTe 또는 이들의 조합과 같은 II족 내지 VI족 화합물 반도체 나노 결정; GaP, GaAs, GaSb, InP, InAs 및 InSb와 같은 III족 내지 V족 또는 IV족 내지 VI족 화합물 반도체 나노 결정; PbS, PbSe, PbTe 또는 이들의 임의의 조합; CuInSe₂ 나노 결정; ZnO, TiO₂ 또는 이들의 조합과 같은 금속 산화물 나노 입자; CdSe/ZnSe, CdSe/ZnS, CdS/ZnSe, CdS/ZnS, ZnSe/ZnS, InP/ZnS ZnO/MgO 또는 이들의 임의의 조합과 같은 코어-셸 구조의 나노 결정일 수 있다. 반도체 나노 입자는 Eu, Er, Tb, Tm, Dy과 같은 희토류 원소 또는 이들의 임의의 조합으로 도핑(dope)되거나 도핑되지 않거나, 또는 Mn, Cu, Ag과 같은 전이 금속 원소 또는 이들의 임의의 조합으로 도핑될 수 있다.
- [0074] 한편, 양자 입자(252)로서 양자점을 사용하는 경우, 양자점은 균질 합금(homogeneous alloy) 양자점 또는 경도 합금(gradient alloy) 양자점과 같은 합금 양자점(alloy QD; 일례로, CdS_xSe_{1-x}, CdSe_xTe_{1-x}, Zn_xCd_{1-x}Se)일 수도 있다.
- [0075] 양자 입자(252) 입자의 성장 정도에 따라 에너지 밴드갭의 조절에 따른 다양한 파장대의 광을 얻을 수 있다. 일례로, 발광물질층(250)은 440 nm, 530 nm, 620 nm의 PL 발광 특성을 가지는 양자 입자(252)를 포함하여 백색

발광다이오드를 제작할 수 있다. 선택적으로, 발광물질층(250)은 적색, 녹색, 청색 중 어느 하나의 색을 가지는 양자 입자(252)를 포함하고 있으며 그 중 어느 하나의 색으로 개별적으로 발광하도록 구현될 수 있다.

- [0076] 본 실시형태에서, 제 2 전하 이동층(260)은 발광물질층(250)으로 정공을 공급하는 정공 이동층일 수 있다. 하나의 예시적인 실시형태에서, 제 2 전하 이동층(260)은 제 2 전극(220)과 발광물질층(250) 사이에서 제 2 전극(220)에 인접하게 위치하는 정공 주입층(262)과, 제 2 전극(220)과 발광물질층(250) 사이에서 발광물질층(250)에 인접하게 위치하는 정공 수송층(264)을 포함한다.
- [0077] 정공 주입층(262)은 PEDOT:PSS, F4-TCNQ이 도핑된 TDATA, F4-TCNQ가 도핑된 ZnPc, p-도핑된 프탈로시아닌, F4-TCNQ가 도핑된 α -NPD, HAT-CN 및 이들의 조합으로 구성되는 군에서 선택되는 물질로 이루어질 수 있지만, 본 발명이 이에 한정되지 않는다. 일례로 F4-TCNQ와 같은 도펀트는 호스트에 대하여 1 내지 20 중량%의 비율로 도핑될 수 있다.
- [0078] 정공 수송층(264)은 무기물 또는 유기물로 이루어질 수 있다. 일례로, 정공 수송층(264)이 유기물로 이루어지는 경우, 정공 수송층(264)은 CBP, α -NPD, TPD, spiro-TPD, DNTPD, TCTA와 같은 아릴 아민류, 폴리아닐린(polyaniline), 폴리피롤(polypyrrole), 폴리(페닐렌 비닐렌)(poly(phenylene vinylene)), CuPc, 방향족 3차 아민 또는 다핵 방향족 3차 아민, 4,4'-비스(p-카바졸릴)-1,1'-비페닐 화합물, N,N,N',N'-테트라아릴벤지딘, PEDOT:PSS 및 그 유도체, 폴리-N-비닐카바졸 및 그 유도체, MEH-PPV나 MOMO-PPV와 같은 폴리(과라)페닐렌비닐렌 및 그 유도체, 폴리메타크릴레이트 및 그 유도체, 폴리(9,9-옥틸플루오렌) 및 그 유도체, 폴리(스파이로-플루오렌) 및 그 유도체, NPB, m-MTDATA, TFB, spiro-NPB, PVK 및 이들의 조합으로 구성되는 군에서 선택되는 유기물로 이루어질 수 있다.
- [0079] 정공 수송층(264)이 무기물로 이루어지는 경우, 정공 수송층(264)은 NiO, MoO₃, Cr₂O₃, Bi₂O₃ 또는 p-형 ZnO, 와 같은 금속 산화물이나 티오시안구리(CuSCN), Mo₂S, p-형 GaN과 같은 비-산화 등가물 또는 이들의 조합으로 구성되는 군에서 선택되는 무기물로 이루어질 수 있다.
- [0080] 제 2 전하 이동층(260)은 단일층으로 이루어질 수도 있다. 예를 들어, 정공 주입층(262)이 생략되고 제 2 전하 이동층(260)은 정공 수송층(264)만으로 이루어질 수도 있고, 전술한 정공 수송 유기물에 정공 주입 물질(일례로 PEDOT:PSS)가 도핑되어 이루어질 수도 있다.
- [0081] 본 발명의 제 2 실시형태에 따르면, 전자 이동층인 제 1 전하 이동층(240)과 발광물질층(250) 사이에 다수의 프리즘 패턴(272)으로 이루어지는 광속변환층(270)이 위치한다.
- [0082] 전술한 바와 같이, 광속변환층(270)은 PMMA, PEN, PET와 같은 절연 소재로 이루어질 수 있다. 전자 이동층인 제 1 전하 이동층(240)과 발광물질층(250) 사이에 절연 소재로 이루어진 광속변환층(270)이 위치하여, 제 1 전하 이동층(240)에서 발광물질층(250)으로 이동하는 전자의 양을 제어할 수 있다. 전자 주입 장벽 에너지에 비하여, 정공 주입 장벽 에너지가 높다는 점을 고려해 볼 때, 전자 이동층인 제 1 전하 이동층(240)과 발광물질층(250) 사이에 절연 소재로 이루어지는 광속변환층(270)을 도입함으로써, 발광물질층(250)으로 주입되는 정공과 전자의 전하 균형을 최적화할 수 있다.
- [0083] 또한, 양자 입자(252)는 광속변환층(270)을 구성하는 다수의 프리즘 패턴(272) 사이의 영역으로 배열되고, 양자 입자(252)의 측면으로 방출된 빛은 프리즘 패턴(272)에 의하여 발광 면인 상부 방향으로 발광된다(도 3 참조). 발광 면으로 방출되지 않는 광량이 감소하여 광 손실을 줄일 수 있다. 발광다이오드(200)의 발광 면으로 방출되는 광량이 증가하기 때문에, 발광다이오드(200)의 광 추출 효율과 발광 휘도를 향상시킬 수 있다.
- [0084] 계속해서, 본 발명의 양자 발광다이오드를 적용한 장치에 대해서 설명한다. 본 발명의 양자 발광다이오드는 조명 장치나 표시장치 등에 적용될 수 있는데, 도 6은 본 발명의 예시적인 실시형태에 따른 양자 발광다이오드를 발광 소자로 적용한 표시장치를 개략적으로 도시한 단면도이다.
- [0085] 도 6에 도시한 바와 같이, 양자 발광 표시장치(300)는 구동 소자인 구동 박막트랜지스터(Tr)와, 구동 박막트랜지스터(Tr)를 덮는 평탄화층(350)과, 평탄화층(350) 상에 위치하며 구동 박막트랜지스터(Tr)에 연결되는 양자 발광다이오드(400)를 포함한다. 구동 박막트랜지스터(Tr)는, 반도체층(322)과, 게이트 전극(330)과, 소스 전극(340)과, 드레인 전극(342)을 포함하는데, 도 6에서는 코플라나(coplanar) 구조의 구동 박막트랜지스터(Tr)를 나타낸다.
- [0086] 기판(310)은 유리 기판, 얇은 플렉서블(flexible) 기판 또는 고분자 플라스틱 기판일 수 있다. 구동 박막트랜지스터(Tr)와, 발광물질층(450)이 형성되는 양자 발광다이오드(400)가 위치하는 기판(310)은 어레이 기판을 이룬

다.

- [0087] 기판(310) 상에는 산화물 반도체 물질 또는 다결정 실리콘으로 이루어지는 반도체층(322)이 형성된다. 반도체층(322)이 산화물 반도체 물질로 이루어질 경우, 반도체층(322) 하부에는 차광패턴(도시하지 않음)이 형성될 수 있으며, 차광패턴은 반도체층(322)으로 빛이 입사되는 것을 방지하여 반도체층(322)이 빛에 의해 열화되는 것을 방지한다. 이와 달리, 반도체층(322)은 다결정 실리콘으로 이루어질 수도 있으며, 이 경우 반도체층(322)의 양 가장자리에 불순물이 도핑되어 있을 수 있다.
- [0088] 반도체층(322) 상부에는 절연물질로 이루어진 게이트 절연막(324)이 기판(310) 전면에 형성된다. 게이트 절연막(324)은 실리콘산화물(SiO₂) 또는 실리콘질화물(SiNx)과 같은 무기절연물질로 이루어질 수 있다. 한편, 게이트 절연막(324)이 기판(310) 전면에 형성되어 있으나, 게이트 절연막(324)은 게이트 전극(330)과 동일한 모양으로 패터닝 될 수도 있다. 게이트 절연막(324) 상부에는 금속과 같은 도전성 물질로 이루어진 게이트 전극(330)이 반도체층(322)의 중앙에 대응하여 형성된다.
- [0089] 게이트 전극(330) 상부에는 절연물질로 이루어진 층간 절연막(332)이 형성된다. 층간 절연막(332)은 실리콘산화물(SiO₂)이나 실리콘질화물(SiNx)과 같은 무기절연물질로 형성되거나, 벤조사이클로부텐(benzocyclobutene)이나 포토 아크릴(photo-acryl)과 같은 유기절연물질로 형성될 수 있다.
- [0090] 층간 절연막(332)은 반도체층(322)의 양측을 노출하는 제 1 및 제 2 반도체층 콘택홀(334, 336)을 갖는다. 여기서, 제 1 및 제 2 반도체층 콘택홀(334, 336)은 게이트 절연막(324) 내에도 형성된다. 이와 달리, 게이트 절연막(324)이 게이트 전극(330)과 동일한 모양으로 패터닝 될 경우, 제 1 및 제 2 반도체층 콘택홀(334, 336)은 층간 절연막(332) 내에만 형성된다.
- [0091] 제 1 및 제 2 반도체층 콘택홀(334, 336)은 게이트 전극(330)의 양측에서 게이트 전극(330)과 이격되어 위치한다. 층간 절연막(332) 상에는 금속과 같은 도전성 물질로 이루어지는 소스 전극(340)과 드레인 전극(342)이 형성된다.
- [0092] 소스 전극(340)과 드레인 전극(342)은 게이트 전극(330)을 중심으로 이격되어 위치하며, 각각 상기 제 1 및 제 2 반도체층 콘택홀(334, 336)을 통해 상기 반도체층(322)의 양측과 접촉한다.
- [0093] 반도체층(322), 게이트 전극(330), 소스 전극(340), 드레인 전극(342)은 구동 소자인 박막트랜지스터(Tr)를 이룬다. 도 6에서, 박막트랜지스터(Tr)는 반도체층(322)의 상부에 게이트 전극(330), 소스 전극(340) 및 드레인 전극(342)이 위치하는 코플라나(coplanar) 구조를 가진다. 이와 달리, 박막트랜지스터(Tr)는 반도체층의 하부에 게이트 전극이 위치하고 반도체층의 상부에 소스 전극과 드레인 전극이 위치하는 역 스테거드(inverted staggered) 구조를 가질 수 있다. 이 경우, 반도체층은 비정질 실리콘으로 이루어질 수 있다.
- [0094] 도시하지 않았으나, 게이트 배선과 데이터 배선이 서로 교차하여 화소영역을 정의하며, 게이트 배선과 데이터 배선에 연결되는 스위칭 소자가 더 형성된다. 스위칭 소자는 구동 소자인 박막트랜지스터(Tr)에 연결된다. 또한, 파워 배선이 게이트 배선 또는 데이터 배선과 평행하게 이격되어 형성되며, 일 프레임(frame) 동안 구동 소자인 박막트랜지스터(Tr)의 게이트 전극의 전압을 일정하게 유지되도록 하기 위한 스토리지 캐패시터가 더 구성될 수 있다.
- [0095] 한편, 양자 발광 표시장치(300)는 양자 발광다이오드(400)에서 생성된 빛을 흡수하는 컬러 필터(미도시)를 포함할 수 있다. 예를 들어, 컬러 필터(미도시)는 적색(R), 녹색(G), 청색(B) 및 백색(W) 광을 흡수할 수 있다. 이 경우, 광을 흡수하는 적색, 녹색 및 청색의 컬러 필터 패턴이 각각의 화소영역 별로 분리되어 형성될 수 있으며, 이들 각각의 컬러 필터 패턴은 흡수하고자 하는 파장 대역의 빛을 방출하는 양자 발광다이오드(400) 중의 발광물질층(450)과 각각 중첩되게 배치될 수 있다. 컬러 필터(미도시)를 채택함으로써, 양자 발광 표시장치(300)는 풀-컬러를 구현할 수 있다.
- [0096] 예를 들어, 양자 발광 표시장치(300)가 하부 발광 타입인 경우, 양자 발광다이오드(400)에 대응하는 층간 절연막(332) 상부에 광을 흡수하는 컬러 필터(미도시)가 위치할 수 있다. 선택적인 실시형태에서, 양자 발광 표시장치(300)가 상부 발광 타입인 경우, 컬러 필터는 양자 발광다이오드(400)의 상부, 즉 제 2 전극(420) 상부에 위치할 수도 있다.
- [0097] 소스 전극(340)과 드레인 전극(342) 상부에는 평탄화층(350)이 기판(310) 전면에 형성된다. 평탄화층(350)은 상면이 평탄하며, 구동 박막트랜지스터(Tr)의 드레인 전극(342)을 노출하는 드레인 콘택홀(352)을 갖는다. 여기서, 드레인 콘택홀(352)은 제 2 반도체층 콘택홀(336) 바로 위에 형성된 것으로 도시되어 있으나, 제 2 반도체

층 콘택홀(336)과 이격되어 형성될 수도 있다.

[0098] 양자 발광다이오드(400)는 평탄화층(350) 상에 위치하며 구동 박막트랜지스터(Tr)의 드레인 전극(342)에 연결되는 제 1 전극(410)과, 제 1 전극(410)에 대항하는 제 2 전극(420)과, 제 1 전극(410)과 제 2 전극(420) 사이에 위치하는 발광층(430)을 포함한다.

[0099] 하나의 예시적인 실시형태에서, 양자 발광다이오드(400)가 정상(normal) 구조인 경우에 제 1 전극(410)은 양극(anode)이고, 제 2 전극(420)은 음극(cathode)일 수 있다. 다른 예시적인 실시형태에서, 양자 발광다이오드(400)가 반전(inverted) 구조인 경우에 제 1 전극(410)은 음극(cathode)이고, 제 2 전극(420)은 양극(anode)일 수 있다.

[0100] 제 1 전극(410)은 각 화소 영역 별로 분리되어 형성된다. 제 1 전극(410)은 일함수 값이 비교적 큰 도전성 물질로 이루어질 수 있다. 예를 들어, ITO, IZO, ITZO, ICO, SnO₂, In₂O₃, Cd:ZnO, F:SnO₂, In:SnO₂, Ga:SnO₂ 및 AZO와 같은 도핑되거나 도핑되지 않은 금속 산화물이거나, 전술한 금속 산화물 이외에도 니켈(Ni), 백금(Pt), 금(Au), 은(Ag), 이리듐(Ir) 또는 탄소나노튜브를 포함하는 금속 소재로 이루어질 수 있다.

[0101] 이때, 양자 발광 표시장치(300)가 상부 발광 방식(top-emission type)인 경우, 제 1 전극(410) 하부에는 반사전극 또는 반사층이 더욱 형성될 수 있다. 예를 들어, 반사전극 또는 반사층은 알루미늄-팔라듐-구리(aluminum-paladium-copper: APC) 합금으로 이루어질 수 있다.

[0102] 또한, 평탄화층(350) 상에는 제 1 전극(410)의 가장자리를 덮는 बैं크층(368)이 형성된다. बैं크층(368)은 화소 영역에 대응하여 제 1 전극(410)의 중앙을 노출한다.

[0103] 제 1 전극(410)과 제 2 전극(420) 사이에 위치하는 발광층(430)은 양자 입자(452)를 포함하는 발광물질층(450)과, 제 1 전극(410)과 발광물질층(430) 사이에 위치하며, 다수의 프리즘 패턴(427)으로 이루어진 광속변환층(470)을 갖는다. 도시하지는 않았으나, 발광층(430)은 제 1 전극(410)과 광속변환층(470) 사이에 위치하는 제 1 전하 이동층과, 제 2 전극(420)과 발광물질층(450) 사이에 위치하는 제 2 전하 이동층을 포함할 수 있다.

[0104] 발광층(430)이 형성된 기관(310) 상부로 제 2 전극(420)이 형성된다. 제 2 전극(420)은 표시영역의 전면에 위치하며 일함수 값이 비교적 작은 도전성 물질로 이루어질 수 있으며, 음극 또는 양극일 수 있다. 예를 들어, 제 2 전극(420)은 Ca, Ba, Ca/Al, LiF/Ca, LiF/Al, BaF₂/Al, CsF/Al, CaCO₃/Al, BaF₂/Ca/Al, Al, Mg, Au:Mg 또는 Ag:Mg로 이루어질 수 있다.

[0105] 다수의 프리즘 패턴(472)으로 이루어지는 광속변환층(470)이 제 1 전극(410)과 발광물질층(450) 사이에 위치한다. 양자 입자(452)에서 측면으로 발광된 빛은 프리즘 패턴(472)에서 발광 면을 향하여 발광 방향이 변환되므로, 발광 면으로 방출되는 광량이 증가하여 광 손실이 감소한다. 따라서 양자 발광다이오드(400)의 광 추출 효율과 발광 휘도를 향상시킬 수 있다.

[0106] 이하, 예시적인 실시예를 통하여 본 발명을 보다 상세하게 설명하지만, 본 발명이 이에 한정되지 않는다.

[0107] **실시예 1: 프리즘 패턴 형상에 따른 광 효율 변화 평가**

[0108] 모의실험을 통하여 양자 발광다이오드를 구성하는 양자 입자가 프리즘 패턴의 골 영역에 배열되었을 때, 프리즘 패턴의 밀변 거리와 프리즘 패턴 사이의 피치 사이의 거리에 따른 광 효율을 평가하였다. 프리즘 패턴의 굴절률을 1.59로 설정하였으며, 양자 입자가 프리즘 패턴의 골을 따라 배열된 상태를 가정하여 발광 소스의 크기를 0.1x0.1x100 mm로 설정하였다. 빛이 4개의 방향으로 방출된다고 가정하여, 상방, 하방 및 양 측방으로 각각 25%의 빛이 방출되는 것으로 설정하였다. 프리즘 패턴의 밀변과 피치를 달리한 상태에서 발광 면인 상면으로 방출되는 광속(상면출광속)을 평가하였다. 평가 결과를 하기 표 1에 나타낸다. 인접한 프리즘 패턴과의 거리가 좁아질수록 출광속이 향상되는 결과를 얻었다.

[0109] [표 1] 밀변과 피치의 상대적 길이에 대한 상면출광속

밀각(°)	밀변(폭) (mm)	피치(mm)	상면 출광속
45	0.4	0.5	50.956
45	0.4	0.7	47.02
45	0.4	0.9	45.769

[0110]

[0111] **실시예 2: 프리즘 패턴 형상에 따른 광 효율 변화 평가**

[0112] 모의실험을 통하여 양자 발광다이오드를 구성하는 양자 입자가 프리즘 패턴의 밀변 각도의 변화에 따른 광 효율을 평가하였다. 평가 조건은 상기 실시예 1과 동일하다. 평가 결과를 하기 표 2에 나타낸다. 프리즘 패턴의 밀각이 10도 내지 45도일 때 상면출광속이 향상되었으며, 특히 밀각이 10도 내지 24도일 때에 보다 향상된 상면출광속을 보여주었다. 또한, 밀각이 20도 전후일 때 가장 우수한 상면출광속이 나타난 것을 확인할 수 있다.

[0113] **[표 2] 프리즘 패턴의 밀각 변화에 따른 상면출광속**

밀각(°)	높이 (mm)	밀변(mm)	상면 출광속
없음	없음	없음	48.573
68	0.1	0.08	48.154
63	0.1	0.1	48.461
45	0.1	0.2	53.804
34	0.1	0.3	52.912
27	0.1	0.4	51.875
24	0.1	0.45	53.54
22	0.1	0.5	54.7
20	0.1	0.55	54.334
18	0.1	0.6	53.434
16	0.1	0.7	53.7
14	0.1	0.8	53.098
12	0.1	0.9	53.073
11	0.1	1	53.236

[0114]

[0115] **실시예 3: 프리즘 패턴이 형성된 발광물질층 형성**

[0116] 글라스 상에 PMMA로 이루어진 프리즘 패턴을 스핀 코팅하고, 건조시켜 광속변환층을 적층하였다. 프리즘 패턴의 밀각이 45도가 되도록 패턴링하여, 각각의 프리즘 패턴의 높이(15 μm)와 밀변 길이(30 μm)가 1:2의 비율이 되도록 하였다. 또한, 프리즘 패턴 사이에 간극을 설정하지 않아 밀변 길이와 피치가 1:1이 되도록 패턴링하였다. 이어서, 코어가 CdSe이고 셸이 CdS인 양자 막대를 광속변환층 상부에 스핀 코팅하고 건조하여 발광물질층을 형성하였다. 코팅은 1000 rpm에서 30초 동안 스핀 코팅기를 이용하였으며, 건조는 진공상태에서 1시간 동안 60℃에서 수행하였다. 이때, 사용된 양자 막대의 축이 수직 방향으로 배열된 발광층(vertical)과, 양자 막대의 축이 기재에 수평 방향으로 배열된 발광층(horizontal) 2가지로 적층하였다.

[0117] **비교예 1: 발광물질층 형성**

[0118] 글라스 상에 프리즘 패턴을 형성하지 않고 바로 양자 막대를 스핀 코팅하고 건조하여 발광물질층을 형성하였다. 실시예 3과 마찬가지로 사용된 양자 막대의 축이 수직 방향으로 배열된 발광층(vertical)과, 양자 막대의 축이 기재에 수평 방향으로 배열된 발광층(horizontal) 2가지로 적층하였다.

[0119] **실험예 1: 광학 특성 평가**

[0120] 실시예 3과 비교예 1에서 각각 제조된 발광층에 대한 편광 특성을 평가하였다. 편광 특성 평가 결과를 하기 표 3에 나타낸다. 프리즘 패턴을 적용하였을 때, 양자 막대의 편광도가 우수하며, 이는 양자 막대의 배향도가 프리즘 패턴 상에서 우수한 것을 의미한다.

[0121] **[표 3] 편광 특성**

	Vertical	Horizontal	편광도
실시예 3	106	223.9	35.7%
비교예 1	40.9	75.8	29.9%

[0122]

[0123] 실시예 1과 실시예 2에서 각각 제조된 발광층에 대한 PL 강도를 측정하였다. PL 측정 결과를 도 7에 나타낸다. 양자 막대의 축이 기재에 평행(horizontal)하게 배열되었을 때, 프리즘 패턴이 없는 경우의 PL 강도는 2.2이었던

으나, 프리즘 패턴을 도입하였을 경우의 PL 강도는 6.5로 약 3배 증가한 것을 확인하였다.

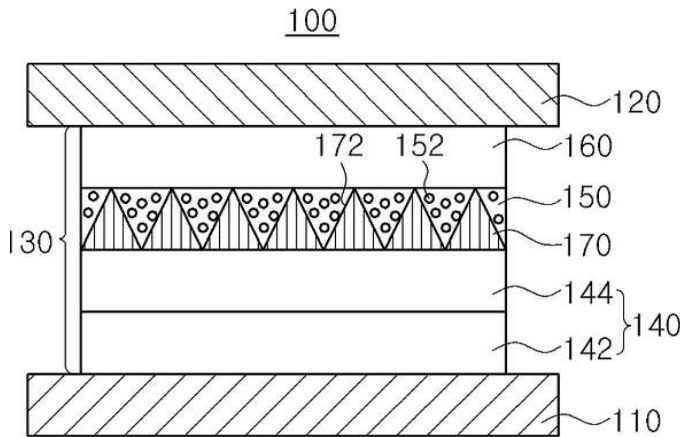
[0125] 상기에서는 본 발명의 예시적인 실시형태 및 실시예에 기초하여 본 발명을 설명하였으나, 본 발명이 상기 실시 형태 및 실시예에 기재된 기술사상으로 한정되지 않는다. 예를 들어, 본 발명의 양자 발광다이오드가 적용될 수 있는 장치로서 표시장치를 중심으로 설명하였으나, 본 발명의 양자 발광다이오드는 표시장치 이외에도 조명 장치에도 적용될 수 있다. 이처럼, 오히려 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 전술한 실시 형태 및 실시예에 기초하여 다양한 변형을 생각할 수 있다. 하지만, 이러한 변형과 변경은 모두 본 발명의 권리범위에 속한다는 사실은, 첨부하는 청구범위에서 분명하다.

부호의 설명

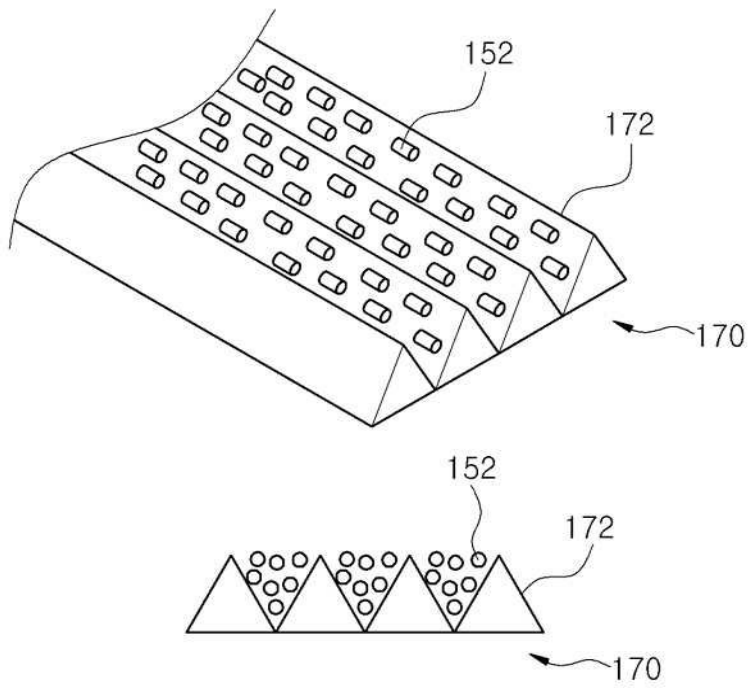
- [0127] 100, 200, 400: 양자 발광다이오드
- 110, 210, 410: 제 1 전극
- 120, 220, 420: 제 2 전극
- 130, 230, 430: 발광층
- 140, 240: 제 1 전하 이동층
- 150, 250, 450: 발광물질층
- 160, 260: 제 2 전하 이동층
- 170, 270, 470: 광속변환층
- 172, 272, 472: 프리즘 패턴
- 300: 양자 발광 표시장치.

도면

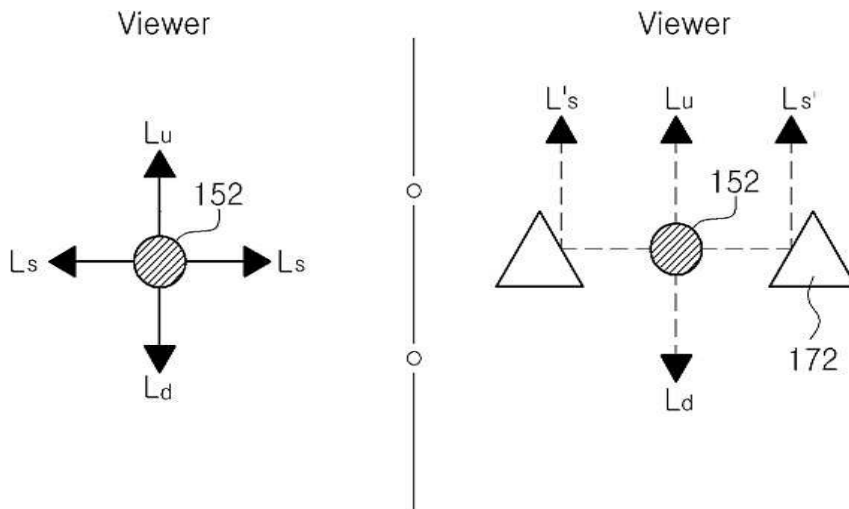
도면1



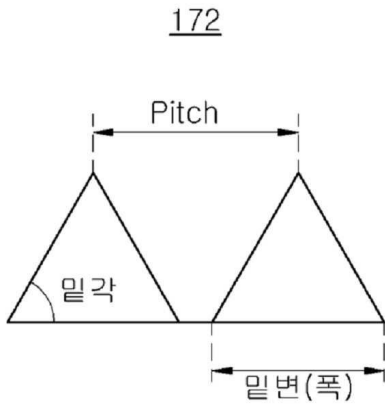
도면2



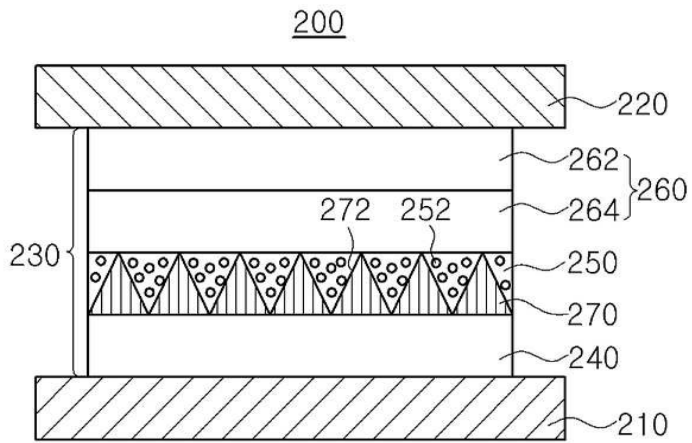
도면3



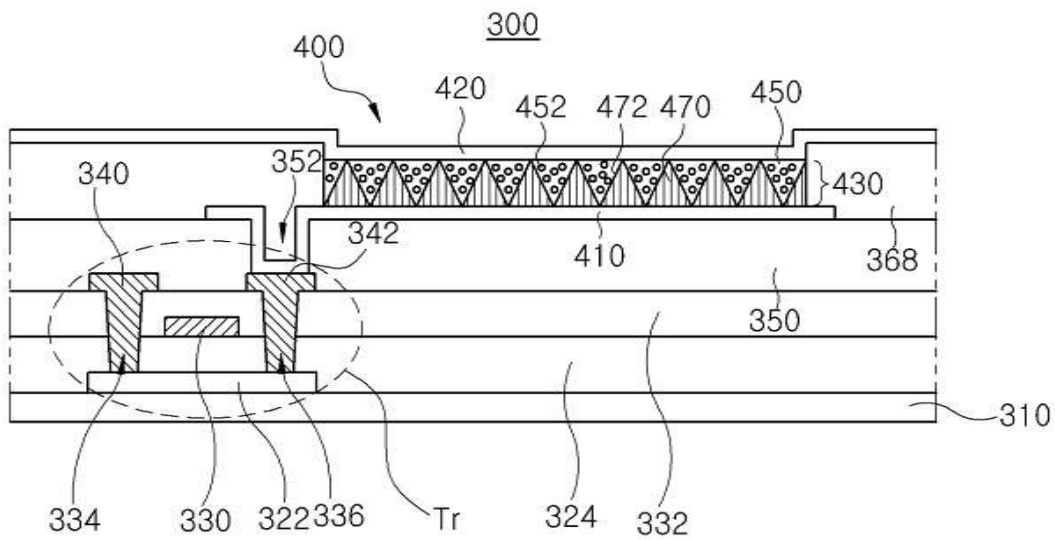
도면4



도면5



도면6



도면7

