



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2008년06월03일
(11) 등록번호 10-0835059
(24) 등록일자 2008년05월28일

(51) Int. Cl.

H05B 33/22 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2007-0068000
(22) 출원일자 2007년07월06일
심사청구일자 2007년07월06일

(56) 선행기술조사문헌
KR1020050082495 A
KR1020060056661 A
KR1020060100151 A

(73) 특허권자

삼성전자주식회사

경기도 수원시 영통구 매탄동 416

(72) 발명자

이은경

경기도 수원시 영통구 매탄3동 우남퍼스트빌아파트 202-502

김종민

경기도 수원시 팔달구 영통동 신나무실 신원 아파트 641-1802

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

김학제, 문혜정

전체 청구항 수 : 총 22 항

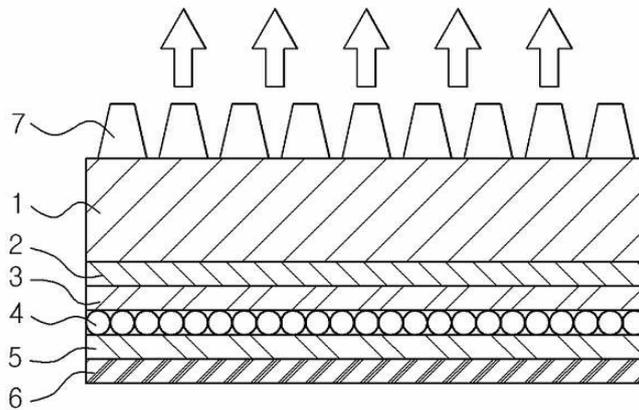
심사관 : 추장희

(54) 양자점 광소자

(57) 요약

본 발명은 기관, 정공주입전극, 정공수송층, 양자점 발광층, 전자수송층 및 전자주입전극을 포함하는 양자점 광소자에 있어서, 상기 소자의 발광면이 주기적인 굴곡 구조를 포함하는 것을 특징으로 하는 양자점 광소자에 관한 것으로, 본 발명에 의한 양자점 광소자는 기관에 형성된 굴곡 구조로 인해 발광 또는 수광 면적이 증대되고, 상기 굴곡 구조의 형상과 주기를 조절함으로써 특정 파장대역의 빛을 증폭시킬 수 있을 뿐 아니라, 상기 양자점 발광층의 형성 시 화학적인 방법으로 합성되어 그 크기 및 성질이 조절된 양자점을 사용함으로써 양자점의 밀도 및 두께의 조절이 용이하여 고효율 및 고순도의 발광 또는 수광 특성을 갖는 광소자를 제공할 수 있다.

대표도 - 도1



(72) 발명자

최병룡

서울시 서초구 방배3동 593-94 신성빌라 가동 103
호

조정상

경기도 과천시 과천동 485-13

특허청구의 범위

청구항 1

기관, 정공주입전극, 정공수송층, 양자점 발광층, 전자수송층 및 전자주입전극을 포함하는 양자점 광소자에 있어서, 상기 소자의 발광면이 주기적인 굴곡 구조를 포함하는 것을 특징으로 하는 양자점 광소자.

청구항 2

제 1 항에 있어서, 상기 주기적인 굴곡 구조는 상기 기관 상에 형성되는 것을 특징으로 하는 양자점 광소자.

청구항 3

제 1 항에 있어서, 상기 주기적인 굴곡 구조는 상기 전자주입전극 또는 정공주입전극 상에 형성되는 것을 특징으로 하는 양자점 광소자.

청구항 4

제 1 항에 있어서, 상기 주기적인 굴곡 구조는 상기 기관과 일체형으로 형성되는 것을 특징으로 하는 양자점 광소자.

청구항 5

제 1 항에 있어서, 상기 소자는 상기 기관 자체가 주기적인 굴곡 구조를 갖고, 상기 기관의 굴곡 구조를 따라서 정공주입전극, 정공수송층, 양자점 발광층, 전자수송층 및 전자주입전극이 형성된 것을 특징으로 하는 양자점 광소자.

청구항 6

제 1 항 내지 제 5 항 중 어느 한 항에 있어서, 상기 주기적인 굴곡 구조의 종단면이 삼각형, 사다리꼴, 반원형 또는 이들의 혼합 형태인 것을 특징으로 하는 양자점 광소자.

청구항 7

제 2 항 또는 제 3 항에 있어서, 상기 굴곡 구조는 석영, 유리 및 PDMS(polydimethylsiloxane)와 같은 투명 유기물질로 이루어진 균으로부터 선택되는 물질로 형성된 것을 특징으로 하는 양자점 광소자.

청구항 8

제 6 항에 있어서, 상기 삼각형 굴곡 구조는 밑변의 길이(1)에 대한 높이(h)의 비(h/1)가 0.1 내지 3인 것을 특징으로 하는 양자점 광소자.

청구항 9

제 6 항에 있어서, 상기 사다리꼴 굴곡 구조는 그 높이가 300 내지 1000 nm이고, 밑변의 길이가 300 내지 1000 nm이며, 윗변의 길이가 1 내지 1000 nm인 것을 특징으로 하는 양자점 광소자.

청구항 10

제 6 항에 있어서, 상기 반원형 굴곡 구조는 그 반지름이 300 내지 1000 nm인 것을 특징으로 하는 양자점 광소자.

청구항 11

제 6 항에 있어서, 상기 굴곡 구조의 주기는 하기 수학식 1로 표시되는 것임을 특징으로 하는 양자점 광소자.

[수학식 1]

$$b = \lambda \sqrt{n}$$

상기 식에서,
 b는 굴곡의 주기이고,
 λ 는 양자점의 발광 파장이고,
 n은 굴곡 구조를 형성하는 재료의 굴절률이다.

청구항 12

제 1 항에 있어서, 상기 정공주입 전극은 ITO (Indium Tin Oxide), IZO(Indium Zinc Oxide), CNT(Carbon Nano Tube), 니켈(Ni), 백금(Pt), 금(Au), 은(Ag), 이리듐(Ir), 알루미늄(Al) 및 이들의 산화물로 이루어진 군에서 선택되는 재료로 형성된 것임을 특징으로 하는 양자점 광소자.

청구항 13

제 1 항에 있어서, 상기 정공수송층은 폴리 3,4-에틸렌디옥티오펜 (poly(3,4-ethylenedioxythiophene, PEDOT)/폴리 스티렌파라술포네이트(polystyrene parasulfonate, PSS), 폴리 N-비닐카르바졸(poly-N-vinylcarbazole), 폴리 페닐렌비닐렌(polyphenylenevinylene), 폴리파라페닐렌 (polyparaphenylene), 폴리메타크릴레이트 (polymethacrylate), 폴리 9,9-옥틸플루오렌(poly(9,9-octylfluorene), 폴리 스파이로-플루오렌 (poly(spiro-fluorene), N,N'-디페닐-N,N'-비스 3-메틸페닐-1,1'-비페닐-4,4'-디아민(TPD), N,N'-디(나프탈렌-1-일)-N,N'-디페닐-벤지딘, 트리스(3-메틸페닐페닐아미노)-트리페닐아민 (m-MTDATA), 폴리 9,9'-디옥틸플루오렌-co-N-(4-부틸페닐)디페닐아민(TFB), 구리프탈로시아닌(Copper phthalocyanine), 폴리비닐카르바졸 (polyvinylcarbazole, PVK) 및 이들의 유도체; 스타버스트 계열의 물질; TiO₂, ZnO, SiO₂, SnO₂, WO₃, ZrO₂, HfO₂, Ta₂O₅, BaTiO₃, BaZrO₃, Al₂O₃, Y₂O₃ 및 ZrSiO₄을 포함하는 금속산화물; 및 CdS, ZnSe, ZnS를 포함하는 반도체로 이루어진 군으로부터 선택되는 물질을 포함하는 것을 특징으로 하는 양자점 광소자.

청구항 14

제 1 항에 있어서, 상기 양자점 발광층은 화학적인 방법으로 합성되어 그 크기 및 성질이 조절된 양자점을, 스펀 코팅, 딥핑, 컨택 프린팅(contact printing), 잉크젯팅(ink-jetting) 및 임프린팅(imprinting)으로 이루어진 군으로부터 선택되는 방법에 의해 적층하여 형성되는 것을 특징으로 하는 양자점 광소자.

청구항 15

제 1 항에 있어서, 상기 양자점 발광층은 II-VI족 화합물 반도체 나노결정, III-V족 화합물 반도체 나노결정, IV-VI족 화합물 반도체 나노결정, IV족 화합물 반도체 나노결정 및 이들의 혼합물 및 ZnO, SiO₂, SnO₂, WO₃, ZrO₂, HfO₂, Ta₂O₅, BaTiO₃, BaZrO₃, Al₂O₃, Y₂O₃ 및 ZrSiO₄을 포함하는 금속산화물 및 이들의 혼합물로 이루어진 군에서 선택되는 양자점을 포함하는 것을 특징으로 하는 양자점 광소자.

청구항 16

제 15 항에 있어서, 상기 II-VI족 화합물 반도체 나노결정은 CdSe, CdTe, ZnS, ZnSe, ZnTe을 포함하는 이원소 화합물; CdSeS, CdSeTe, CdSTe, ZnSeS, ZnSeTe, ZnSTe, CdZnS, CdZnSe, CdZnTe을 포함하는 삼원소 화합물; 및 CdZnSeS, CdZnSeTe, CdZnSTe, CdHgSeS, CdHgSeTe, CdHgSTe, HgZnSeS, HgZnSeTe, HgZnSTe을 포함하는 사원소 화합물로 이루어진 군에서 선택되며,

상기 III-V족 화합물 반도체 나노결정은 GaN, GaP, GaAs, GaSb, InP, InAs, InSb을 포함하는 이원소 화합물; GaNP, GaNAs, GaNSb, GaPAs, GaPSb, InNP, InNAs, InNSb, InPAs, InPSb, GaAlNP을 포함하는 삼원소 화합물; 및 GaAlNAs, GaAlNSb, GaAlPAs, GaAlPSb, GaInNP, GaInNAs, GaInNSb, GaInPAs, GaInPSb, InAlNP, InAlNAs, InAlNSb, InAlPAs, InAlPSb 을 포함하는 사원소 화합물로 이루어진 군에서 선택되고,

상기 IV-VI족 화합물 반도체 나노결정은 PbS, PbSe, PbTe을 포함하는 이원소 화합물; PbSeS, PbSeTe, PbSTe, SnPbS, SnPbSe, SnPbTe을 포함하는 삼원소 화합물; 및 SnPbSSe, SnPbSeTe, SnPbSTe을 포함하는 사원소 화합물로 이루어진 군에서 선택되며,

상기 IV족 화합물 반도체 나노결정은 Si, Ge을 포함하는 단일 원소 화합물; SiC, SiGe을 포함하는 이원소 화합

물로 이루어진 군에서 선택되는 것을 특징으로 하는 양자점 광소자.

청구항 17

제 1 항에 있어서, 상기 전자수송층은 TiO_2 , ZnO , SiO_2 , SnO_2 , WO_3 , ZrO_2 , HfO_2 , Ta_2O_5 , $BaTiO_3$, $BaZrO_3$, Al_2O_3 , Y_2O_3 및 $ZrSiO_4$ 을 포함하는 금속산화물; CdS , $ZnSe$, ZnS 을 포함하는 밴드갭 2.4eV 이상의 반도체 및 Alq_3 로 이루어진 군으로부터 선택되는 물질을 포함하는 것을 특징으로 하는 양자점 광소자.

청구항 18

제 1 항에 있어서, 상기 전자주입 전극은 I, Ca, Ba, Ca/Al, Al, Mg 및 Ag/Mg 합금으로 이루어진 군으로부터 선택된 재료로 형성된 것임을 특징으로 하는 양자점 광소자.

청구항 19

제 1 항 내지 제 5 항 중 어느 한 항에 있어서 상기 광소자는 발광소자인 것을 특징으로 하는 양자점 광소자.

청구항 20

제 19 항에 있어서, 상기 발광소자는 디스플레이 소자, 조명 장치 또는 백라이트 유닛인 것을 특징으로 하는 양자점 광소자.

청구항 21

제 1 항 내지 제 5 항 중 어느 한 항에 있어서 상기 광소자는 수광소자인 것을 특징으로 하는 양자점 광소자.

청구항 22

제 21 항에 있어서, 상기 수광소자는 태양 전지(solar cell), 광검출소자(photodetector) 또는 센서(sensor)인 것을 특징으로 하는 양자점 광소자.

명세서

발명의 상세한 설명

기술분야

<1> 본 발명은 기판, 정공주입전극, 정공수송층, 양자점 발광층, 전자수송층 및 전자주입전극을 포함하는 양자점 광소자에 있어서, 상기 소자의 발광면이 주기적인 굴곡 구조를 포함함으로써 특정 파장대역의 빛을 증폭시킬 뿐만 아니라 고효율, 고순도의 발광 또는 수광 특성을 갖는 양자점 광소자에 관한 것이다.

배경기술

<2> 전계발광소자(Electroluminescence Device)는 물질에 전계를 가하였을 경우 빛을 내는 현상을 이용한 소자로서, 발광층으로 주입된 전자와 정공이 엑시톤(exciton)을 형성한 후 재결합(recombination)에 의해 발광하게 되는데, 최근에는 양자점을 발광층으로 사용한 소자가 많이 개발되고 있다.

<3> 양자점(quantum dot)은 나노 크기의 반도체 물질로서 양자 제한(quantum confinement) 효과를 나타내는데, 이러한 양자점은 여기원(excitation source)으로부터 빛을 받아 에너지 여기 상태에 이르면, 에너지 밴드갭(band gap)에 따른 에너지를 방출하게 된다. 따라서 양자점의 크기 조절을 통해서 전기적, 광학적 특성을 조절할 수 있으므로 양자점은 수광소자, 발광소자 등 다양한 소자에 응용되고 있다.

<4> 한국특허공개 제2006-0027133호는 발광 다이오드 및 그 제조방법에 관한 것으로, GaN과 같은 질화물 반도체 물질을 에피 성장시켜 발광 다이오드를 제작하는데, 반도체층을 패턴에 따라 식각하여 요철 구조를 형성하면, 에너지적으로 경사면에 평면보다 높은 밀도의 양자점이 형성됨을 개시하고 있다. 상기 발명은 경사면으로 인해 발광 면적의 증가 효과는 있으나, 발광 특성을 얻기 위해 양자점 형성 시 에피 성장법을 사용하는바 밀도나 배열 조절이 쉽지 않은 문제가 있다.

발명의 내용

해결 하고자하는 과제

- <5> 본 발명은 상기와 같은 종래 기술의 문제를 해결하기 위한 것으로,
- <6> 본 발명의 하나의 목적은 양자점 광소자의 발광면이 주기적인 굴곡 구조를 포함함으로써 발광 또는 수광 면적이 증대되고, 상기 굴곡 구조의 형상과 주기를 조절함으로써 특정 파장대역의 빛을 증폭시킬 수 있을 뿐 아니라, 화학적인 방법으로 합성되어 그 크기 및 성질이 조절된 양자점을 사용함으로써 양자점의 밀도 및 두께의 조절이 용이한 고효율 및 고순도의 발광 또는 수광 특성을 갖는 양자점 광소자를 제공하는 것이다.
- <7> 본 발명의 다른 목적은 상기 광소자가 디스플레이 소자, 조명 장치 및 백라이트 유닛 등의 발광소자인 양자점 광소자를 제공하는 것이다.
- <8> 본 발명의 또 다른 목적은 상기 광소자가 태양 전지(solar cell), 광검출소자(photodetector) 및 센서(sensor) 등의 수광소자인 양자점 광소자를 제공하는 것이다.

과제 해결수단

- <9> 상기한 목적을 달성하기 위한 본 발명의 하나의 양상은 기관, 정공주입전극, 정공수송층, 양자점 발광층, 전자수송층 및 전자주입전극을 포함하는 양자점 광소자에 있어서, 상기 소자의 발광면이 주기적인 굴곡 구조를 포함하는 것을 특징으로 하는 양자점 광소자에 관한 것이다.
- <10> 또한, 본 발명의 다른 양상은 상기 광소자가 디스플레이 소자, 조명 장치 및 백라이트 유닛 등의 발광소자인 양자점 광소자에 관한 것이다.
- <11> 본 발명의 또 다른 양상은 상기 광소자가 태양 전지(solar cell), 광검출소자(photodetector) 및 센서(sensor) 등의 수광소자인 양자점 광소자에 관한 것이다.

효과

- <12> 본 발명에 의한 양자점 광소자는 기관에 주기적으로 굴곡 구조가 형성됨으로써, 발광 또는 수광 면적을 증가시킬 수 있을 뿐 아니라, 발광소자의 휘도 및 발광효율을 증대시킬 수 있다. 이때, 상기 굴곡 구조는 그 형상과 주기를 조절함으로써 특정 파장대역의 빛을 증폭할 수 있어 고효율 및 고순도의 발광 또는 수광 특성을 나타낼 수 있다. 또한, 발광층의 재료로서 화학적인 방법으로 합성되어 그 크기 및 성질이 조절된 양자점을 사용함으로써 발광효율 및 색순도 면에서 우수할 뿐 아니라, 양자점의 밀도 및 두께의 조절이 용이하며, 효율 증대의 방법이 간편하여 높은 경제성을 나타낼 수 있다. 또한, 본 발명에 의한 양자점 광소자는 특정 파장대역의 증폭 효과로 인해 고효율의 디스플레이 소자, 조명 장치 및 백라이트 유닛 등의 발광소자 및 태양 전지(solar cell), 광검출소자(photodetector) 및 센서(sensor) 등의 수광소자에 유용하게 적용될 수 있다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

- <13> 이하에서 첨부 도면을 참고하여 본 발명에 대하여 더욱 상세하게 설명한다.
- <14> 본 발명의 하나의 양상인 양자점 광소자는 기관, 정공주입전극, 정공수송층, 양자점 발광층, 전자수송층 및 전자주입전극을 포함하는 양자점 광소자에 있어서, 상기 소자의 발광면이 주기적인 굴곡 구조를 포함하는 것을 특징으로 한다.
- <15> 본 발명에서 "소자의 발광면"이라 함은 본 발명에 의한 양자점 광소자에 있어서 발광이 일어나는 표면을 의미하는 것으로, 기관 측에서 발광되는 경우에는 기관의 표면이, 기관의 반대 측에서 발광되는 경우에는 전자주입전극 또는 정공 주입전극의 표면이 발광면이 된다.
- <16> 이러한 양자점 광소자의 발광 또는 수광되는 부분에 굴곡 구조를 형성하면 발광 또는 수광 면적이 증대되고 아울러, 굴곡 구조의 형상 및 주기에 따라서 특정 파장대역의 빛을 증폭할 수 있게 되어 고효율을 특성을 갖는 발광 또는 수광소자를 획득할 수 있다. 이 때, 상기 굴곡 구조의 형상 및 주기는 양자점의 발광 파장에 맞추어 설계할 수 있다.
- <17> 상기 굴곡 구조의 종단면의 형상은 삼각형, 사다리꼴, 반원형 또는 이들의 혼합 형태일 수 있으나, 반드시 이에 국한되는 것은 아니다.
- <18> 본 발명에서 바람직한 삼각형 굴곡 구조는 그 높이가 300 내지 1000 nm이고, 밑변의 길이가 300 내지 1000 nm일

수 있으나, 반드시 이에 국한되는 것은 아니다.

- <19> 또한, 본 발명에서 바람직한 상기 사다리꼴 굴곡 구조는 그 높이가 300 내지 1000 nm이고, 밑변의 길이가 300 내지 1000 nm이며, 윗변의 길이가 1 내지 1000 nm일 수 있으나, 반드시 이에 국한되는 것은 아니다.
- <20> 또한, 본 발명에서 바람직한 상기 반원형 굴곡 구조는 그 반지름이 300 내지 1000 nm일 수 있으나, 반드시 이에 국한되는 것은 아니다.
- <21> 다만, 상기에서 증폭되기를 원하는 파장대역 또는 재료에 따라 주기 및 밑변의 길이, 높이, 반지름 등은 달라질 수 있다.
- <22> 본 발명에 있어서, 굴곡의 "주기"라 함은 굴곡 구조의 피크(peak)와 피크 사이의 거리를 의미한다. 즉, 상기 굴곡 구조의 주기는 하기 수학적 식 1로 표시될 수 있다.

수학적 식 1

$$b = \lambda / \sqrt{n}$$

- <23>
- <24> 상기 식에서,
- <25> b는 굴곡의 주기이고,
- <26> λ는 양자점의 발광 파장이고,
- <27> n은 굴곡 구조를 형성하는 재료의 굴절률이다.
- <28> 본 발명의 하나의 구현 예는 주기적인 굴곡 구조가 상기 기판 상에 형성되는 것을 특징으로 한다.
- <29> 이러한 상기 굴곡 구조는 미리 굴곡 구조를 형성한 층을 발광되는 부분인 기판 상에 적층하거나 또는 기판 상에 추가적으로 층을 적층한 후 상기 층에 에칭 등의 방법을 사용하여 굴곡 구조를 형성할 수 있다.
- <30> 본 발명의 또 다른 구현 예는 주기적인 굴곡 구조가 상기 전자주입전극 또는 정공주입전극 상에 형성될 수 있다.
- <31> 이러한 상기 굴곡 구조는 미리 굴곡 구조를 형성한 층을 발광되는 부분인 전자주입전극 또는 정공주입전극 상에 적층하거나 또는 전자주입전극 또는 정공주입전극 상에 추가적으로 층을 적층한 후 상기 층에 에칭 등의 방법을 사용하여 굴곡 구조를 형성할 수 있다.
- <32> 도 1은 기판(1), 정공주입전극(2), 정공수송층(3), 양자점 발광층(4), 전자수송층(5) 및 전자주입전극(6)을 순차적으로 적층한 후, 상기 기판(1) 상에 사다리꼴의 굴곡 구조(7)를 형성한 본 발명에 의한 양자점 광소자의 한 구현 예를 도시한 것이다. 이 때, 화살표 방향으로 발광이 일어나게 된다.
- <33> 도 2는 도 1에 도시한 바와 같이, 양자점 광소자의 각 층을 적층한 후, 기판(1)이 아니라 전자주입전극(6) 상에 사다리꼴의 굴곡 구조(7')를 형성한 본 발명에 의한 양자점 광소자의 한 구현 예를 도시한 것으로, 화살표 방향으로 발광이 일어나게 되어 굴곡 구조의 형상 및 주기에 따른 특정 파장대역에서 증폭하게 된다.
- <34> 도 3은 양자점 광소자의 기판(1) 상에 삼각형의 굴곡 구조(70)를 형성한 본 발명에 의한 양자점 광소자의 한 구현 예이고, 도 4는 기판(1)이 아니라 전자주입전극(6) 상에 삼각형의 굴곡 구조(70')를 형성한 구현 예를 도시한 것이다. 이 때, 화살표 방향으로 발광이 일어나게 된다.
- <35> 도 5는 양자점 광소자의 기판(1) 상에 반원형의 굴곡 구조(700)를 형성한 본 발명에 의한 양자점 광소자의 한 구현 예이고, 도 6은 기판(1)이 아니라 전자주입전극(6) 상에 반원형의 굴곡 구조(700')를 형성한 구현 예를 도시한 것이다. 이 때, 화살표 방향으로 발광이 일어나게 된다.
- <36> 본 발명에 의한 또 다른 구현예는, 상기 도 2, 4 및 6에 도시한 소자에 있어서, 정공주입전극(2), 정공수송층(3), 양자점 발광층(4), 전자수송층(5) 및 전자주입전극(6)의 상하가 반대로 적층된 구조일 수 있는데, 이 경우에는 정공주입전극 상에 사다리꼴, 삼각형, 반원형 또는 이들의 혼합 형태의 굴곡 구조가 형성될 수 있다.
- <37> 또한, 상기 굴곡 구조는 발광되는 빛을 흡수하지 않으면서 내구성이 좋은 성질을 갖는 것으로서, 석영, 유리 및 PDMS(polydimethylsiloxane)와 같은 투명 유기물질로 이루어진 균으로부터 선택되는 물질로 형성될 수 있으나,

반드시 이에 국한되는 것은 아니다.

- <38> 본 발명에 의한 다른 구현 예는 주기적인 굴곡 구조가 상기 기관과 일체형으로 형성된 것을 특징으로 할 수 있다. 이러한 구현예의 양자점 광소자를 도 7에 도시하였다.
- <39> 도 7은 기관(1), 정공주입전극(2), 정공수송층(3), 양자점 발광층(4), 전자수송층(5) 및 전자주입전극(6)을 순차적으로 적층한 후, 상기 기관(1)에 에칭 등의 방법에 의해 삼각형의 굴곡 구조를 형성한 본 발명에 의한 양자점 광소자의 한 구현 예를 도시한 것이다. 이 때, 화살표 방향으로 발광이 일어나게 된다.
- <40> 이 경우에도 상기 도 7에 도시한 소자에 있어서, 정공주입전극(2), 정공수송층(3), 양자점 발광층(4), 전자수송층(5) 및 전자주입전극(6)의 상하가 반대로 적층된 구조일 수 있다.
- <41> 이 때, 상기 구현 예에서의 굴곡 구조는 특별히 제한되지는 않으나 일례로 다음과 같은 방법으로 제조할 수 있다.
- <42> 기관에 굴곡 구조를 형성해주기 위해 마스크로 포토레지스트 등을 원하는 주기에 맞춰 패터닝한 후, 화학적 또는 건식 식각 공정을 통해 에칭하면 포토레지스트가 없는 부분만 에칭되어 주기적인 굴곡 구조를 갖게 된다. 이 때 포토레지스트 패턴의 측면을 수직으로 만들지 않고 비스듬한 경사를 주면 에칭되는 부분이 사다리꼴이나 반원 모양이 된다.
- <43> 이를 좀더 구체적으로 살펴보면, 본 발명에 의한 양자점 광소자의 발광면에 굴곡 구조를 형성하기 위해서는 먼저, 상기 기관(1) 표면에 마스크층(8)을 형성하는데, 마스크층은 기관 표면에 원하는 두께의 포토레지스트층을 코팅하고, 이를 하드 베이킹(hard bake)하여 단단하게 만든 것이다.
- <44> 다음으로, 마스크층(8)에 원하는 크기 및 주기로 구멍(9)을 형성한다.
- <45> 상기 구멍은 예를 들어, 기존의 반도체 리소그래피 기술을 이용할 수 있는데 이는 잘 알려진 기술이므로 상세 설명은 생략하며 특수한 기술의 예로, AFM(Atomic force microscopy) 프로브를 사용하여 형성할 수 있다. AFM은 물질 표면의 구조에 대한 입체적인 정보를 파악할 수 있으며, Å 단위로 표면의 원자배치를 비교적 간단한 방법으로 파악할 수 있는 스캐닝 프로브 마이크로스코피(SPM:Scanning Probe Microscopy)의 하나이다. AFM은 팁이라고 부르는 작고 날카로운 검침으로 물질 표면을 2차원적으로 스캐닝하여 3차원적인 표면정보를 얻는 것으로, 시료 표면과 검침 사이에 반발력을 일정하게 유지하면서, 즉, 검침과 시료 표면 사이의 거리를 일정하게 유지하면서, 검침 높이의 공간적인 분포를 이미지로 변환시키는 원리를 적용한 것이다.
- <46> 상기 마스크층(8)에 구멍(9)을 형성하기 위해, 단일 프로브를 가지는 AFM 또는 복수의 프로브가 일차원 또는 이차원적으로 배열된 멀티 프로브를 가지는 AFM이 사용할 수 있다. AFM 프로브의 팁을 상,하 방향으로 적어도 1회 이상 움직여주면, 마스크층에 원하는 높이의 구멍을 형성할 수 있다. 이 때, 팁 모양에 따라 마스크층에 형성되는 구멍의 모양이 달라진다. 멀티 프로브를 가지는 AFM를 사용하는 경우, 공정 스피드를 빠르게 할 수 있으며, 구멍이 보다 균일하게 형성되도록 제어할 수 있는 이점이 있다.
- <47> 단일 프로브 또는 멀티 프로브를 가진 AFM을 동작시켜 구멍을 패터닝하면 마스크층에 원하는 높이, 모양 및 주기로 구멍 패턴을 형성하는 것이 가능하다.
- <48> 단일 파장 대역의 양자점 광소자를 얻고자 하는 경우에는, 단일 주기로 구멍을 패터닝하면 된다. 이 경우, 소자는 특정한 파장대역의 광에 대해서만 발광 특성 및/또는 수광 특성을 나타내게 된다.
- <49> 마스크층에 형성되는 구멍의 깊이에 따라 에칭 공정에 의해 형성되는 굴곡의 형상이 달라질 수 있다. 이 때, 상기 구멍의 깊이, 모양 및 주기는 원하는 파장에 따라 선택된다.
- <50> 상기와 같이, 마스크층(8)에 원하는 깊이, 모양 및 주기의 구멍(9)을 형성한 다음, 도 8에 도시된 바와 같이, 에칭 공정을 진행(도 8의 세 번째 및 네 번째 도면에서, 화살표로 도시)하면 구멍(9)에 대응하여 드러난 기관이 에칭되어, 기관 표면에 미세한 굴곡 패턴 즉, 굴곡 구조(도 8에서는 삼각형의 굴곡 구조)를 만들 수 있다. 여기서, 에칭 공정은 드라이 에칭(dry etching)을 이용하는 것이 바람직하며, 웨트 에칭(wet etching)을 이용하는 것도 가능하다.
- <51> 이 때, 마스크층(8)에 깊은 구멍이 형성된 부분에서는 기관(1) 표면이 보다 깊고 넓게 에칭되어, 예컨대, 도 8에 도시된 바와 같이, 소자의 종단면이 삼각형(3차원적으로 볼 때는 원뿔 또는 다각 뿔과 유사한 형상)의 굴곡이 형성되고, 마스크층에 얇은 구멍이 형성된 부분에서는 기관 표면이 얇고 좁게 에칭되어 사다리꼴(3차원적으로 볼 때는 원뿔대 또는 다각 뿔대와 유사한 형상)의 굴곡이 형성될 수 있다.

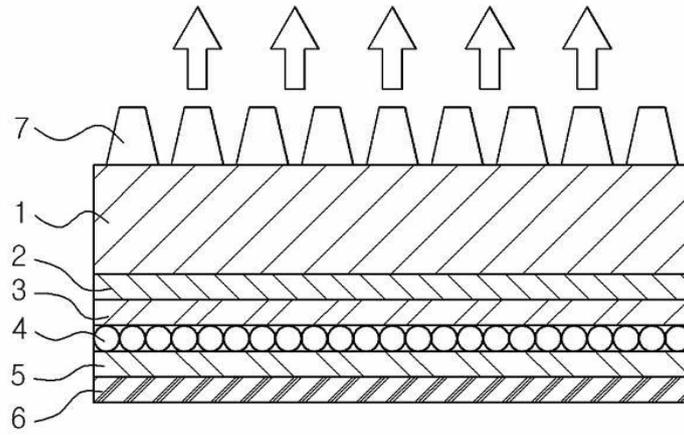
- <52> 상기와 같은 에칭 공정은 바람직하게는, 드라이 에칭 공정이 끝나고, 마스크층(8)을 제거하면, 도 8에 도시된 바와 같이, 삼각형의 굴곡 구조가 형성된 기관(1) 표면이 드러나게 된다.
- <53> 본 발명에 의한 양자점 광소자의 굴곡 구조의 형상은 상기와 같이 마스크층에 형성되는 구멍의 깊이뿐만 아니라, 에칭 깊이, 구멍의 모양, 구멍의 크기 및/또는 구멍의 주기에 의해서도 달라질 수 있다.
- <54> 기관 표면에 형성된 굴곡 구조의 주기에 의해서 발광 및/또는 수광 가능한 파장이 정해지는데, 즉, 굴곡 구조의 주기를 길게 하면, 장파장의 광이 증폭되고, 반대로 굴곡 구조의 주기를 짧게 하면, 단파장의 광이 증폭된다.
- <55> 또한, 굴곡 구조의 형상 및 주기에 의해서 파장에 따른 광 강도(field strength) 특성이 변화된다. 따라서, 굴곡 구조의 주기 및 형상을 최적화하면, 원하는 파장 및 원하는 광 특성을 얻을 수 있다.
- <56> 본 발명에 의한 또 다른 구현예에 의한 양자점 광소자는 기관 자체가 주기적인 굴곡 구조를 갖고, 상기 기관의 굴곡 구조를 따라서 정공주입전극, 정공수송층, 양자점 발광층, 전자수송층 및 전자주입전극이 형성된 것을 특징으로 한다. 이러한 구현예의 양자점 광소자를 도 9에 도시하였다.
- <57> 도 9를 참고하면, 이러한 구현예의 양자점 광소자는 사다리꼴의 굴곡 구조를 갖는 기관(1)의 굴곡 구조를 따라서 정공주입전극(2), 정공수송층(3), 양자점 발광층(4), 전자수송층(5) 및 전자주입전극(6)을 순차적으로 적층하여 형성할 수 있다. 이 때, 화살표 방향으로 발광이 일어나게 된다.
- <58> 이 경우, 도 9의 소자의 상하가 반대로 적층되는 구조일 수도 있는데, 즉 기관의 굴곡 구조를 따라서 전자주입전극, 전자수송층, 양자점 발광층, 정공수송층, 정공주입전극을 순차적으로 적층하여 형성할 수도 있다.
- <59> 본 발명의 양자점 광소자의 정공주입 전극은 ITO(Indium Tin Oxide), IZO(Indium Zinc Oxide), CNT(Carbon Nano Tube), 니켈(Ni), 백금(Pt), 금(Au), 은(Ag), 이리듐(Ir), 알루미늄(Al) 및 이들의 산화물로 이루어진 군에서 선택되는 재료로 형성될 수 있으며 상황에 따라 도핑이 되어도 되나, 반드시 이에 국한되는 것은 아니다.
- <60> 본 발명의 양자점 광소자의 정공수송층 및 전자수송층은 전자 또는 정공을 효과적으로 주입하기 위해 각 층간의 에너지 밴드 구조, 접촉도, 공정 용이도 및 신뢰성 등이 고려된 물질이 사용될 수 있다.
- <61> 특히, 본 발명의 양자점 광소자의 정공수송층은 폴리 3,4-에틸렌디옥티오펜 (poly(3,4-ethylenedioxythiophene, PEDOT)/폴리스티렌파라술포네이트(polystyrene parasulfonate, PSS), 폴리 N-비닐카르바졸(poly-N-vinylcarbazole), 폴리페닐렌비닐렌(polyphenylenevinylene), 폴리파라페닐렌 (polyparaphenylene), 폴리메타크릴레이트(polymethacrylate), 폴리 9,9-옥틸플루오렌(poly(9,9-octylfluorene), 폴리 스파이로-플루오렌 (poly(spiro-fluorene), N,N'-디페닐-N,N'-비스 3-메틸페닐-1,1'-비페닐-4,4'-디아민(TPD), N,N'-디(나프탈렌-1-일)-N,N'-디페닐-벤지딘, 트리스(3-메틸페닐페닐아미노)-트리페닐아민 (m-MTDATA), 폴리 9,9'-디옥틸플루오렌-co-N-(4-부틸페닐)디페닐아민(TFB), 구리프탈로시아닌(Copper phthalocyanine), 폴리비닐카르바졸 (polyvinylcarbazole, PVK) 및 이들의 유도체; 스타버스트 계열의 물질; TiO₂, ZnO, SiO₂, SnO₂, WO₃, ZrO₂, HfO₂, Ta₂O₅, BaTiO₃, BaZrO₃, Al₂O₃, Y₂O₃ 및 ZrSiO₄을 포함하는 금속산화물; 및 CdS, ZnSe, ZnS를 포함하는 반도체로 이루어진 군으로부터 선택될 수 있으나, 반드시 이에 국한되는 것은 아니다.
- <62> 또한, 본 발명의 양자점 광소자의 전자수송층은 TiO₂, ZnO, SiO₂, SnO₂, WO₃, ZrO₂, HfO₂, Ta₂O₅, BaTiO₃, BaZrO₃, Al₂O₃, Y₂O₃ 및 ZrSiO₄을 포함하는 금속산화물; CdS, ZnSe, ZnS를 포함하는 밴드갭 2.4eV 이상의 반도체 및 Alq₃로 이루어진 군으로부터 선택되는 물질을 포함할 수 있으나, 반드시 이에 국한되는 것은 아니다.
- <63> 본 발명의 양자점 광소자의 양자점 발광층은 양자점을 발광 재료로 사용하여 형광체를 사용한 종래의 무기전계 발광소자보다 양자점 자체의 발광 효율 및 색순도 면에서 우수함을 특징으로 한다. 또한, 종래의 무기전계발광 소자의 형광체는 크기가 수백 nm 내지 수십 mm에 이를 정도로 크기 분포가 불균일하나, 양자점은 nm의 크기(약 5 nm)의 입자로서 발광층의 두께를 종래의 형광체층보다 1000배 이하로 줄일 수 있어 소자의 구동전압을 낮출 수 있다.
- <64> 이러한 양자점은 양자점 재료의 고유 특성에 따른 발광 파장을 가지고 있는데, 양자점의 크기가 약 10 nm의 보어 반경(Bohr radius) 이하로 작아짐에 따라 발광 파장이 짧아지는 양자 효과를 나타낸다. 즉, 양자점의 크기가 작아짐에 따라 청색편이(blue shift)가 나타나는 바, 양자점의 크기를 조절하여 발광 파장영역을 조절할 수 있다.
- <65> 이 때, 상기 양자점 발광층은 화학적인 방법으로 합성되어 그 크기 및 성질이 조절된 양자점을, 스핀 코팅, 딥

핑, 컨택 프린팅(contact printing), 잉크젯팅(ink-jetting) 및 임프린팅(imprinting)으로 이루어진 군으로부터 선택되는 방법에 의해 적층하여 형성될 수 있으나, 반드시 이에 국한되는 것은 아니다.

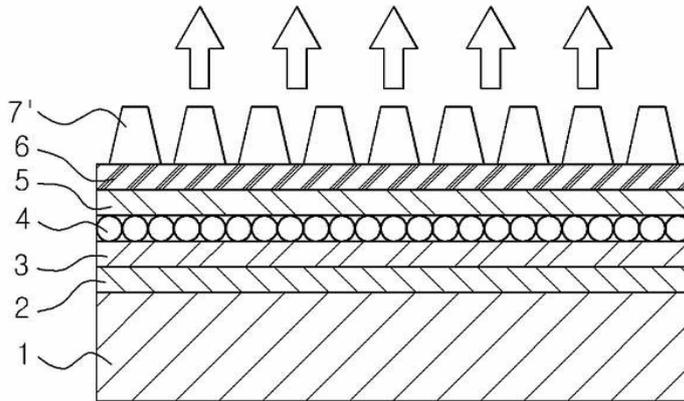
- <66> 이로 인해 본 발명에 의한 양자점 광소자는 양자점의 밀도 및 두께의 조절이 용이하여 고효율 및 고순도의 발광 특성을 나타낼 수 있다.
- <67> 본 발명에 의한 양자점 광소자에 적용되는 상기 양자점 발광층은 II-VI족 화합물 반도체 나노결정, III-V족 화합물 반도체 나노결정, IV-VI족 화합물 반도체 나노결정, IV족 화합물 반도체 나노결정 및 이들의 혼합물 및 ZnO, SiO₂, SnO₂, WO₃, ZrO₂, HfO₂, Ta₂O₅, BaTiO₃, BaZrO₃, Al₂O₃, Y₂O₃ 및 ZrSiO₄을 포함하는 금속산화물 및 이들의 혼합물 등을 사용할 수 있으나, 반드시 이들로 국한되는 것은 아니다.
- <68> 상기 II-VI족 화합물 반도체 나노결정은 CdSe, CdTe, ZnS, ZnSe, ZnTe을 포함하는 이원소 화합물; CdSeS, CdSeTe, CdSTe, ZnSeS, ZnSeTe, ZnSTe, CdZnS, CdZnSe, CdZnTe을 포함하는 삼원소 화합물; 및 CdZnSeS, CdZnSeTe, CdZnSTe, CdHgSeS, CdHgSeTe, CdHgSTe, HgZnSeS, HgZnSeTe, HgZnSTe을 포함하는 사원소 화합물로 이루어진 군에서 선택될 수 있으나, 반드시 이에 국한되는 것은 아니다.
- <69> 상기 III-V족 화합물 반도체 나노결정은 GaN, GaP, GaAs, GaSb, InP, InAs, InSb을 포함하는 이원소 화합물; GaNP, GaNAs, GaNSb, GaPAs, GaPSb, InNP, InNAs, InNSb, InPAs, InPSb, GaAlNP을 포함하는 삼원소 화합물; 및 GaAlNAs, GaAlNSb, GaAlPAs, GaAlPSb, GaInNP, GaInNAs, GaInNSb, GaInPAs, GaInPSb, InAlNP, InAlNAs, InAlNSb, InAlPAs, InAlPSb 을 포함하는 사원소 화합물로 이루어진 군에서 선택될 수 있으나, 반드시 이에 국한되는 것은 아니다.
- <70> 상기 IV-VI족 화합물 반도체 나노결정은 PbS, PbSe, PbTe을 포함하는 이원소 화합물; PbSeS, PbSeTe, PbSTe, SnPbS, SnPbSe, SnPbTe을 포함하는 삼원소 화합물; 및 SnPbSSe, SnPbSeTe, SnPbSTe을 포함하는 사원소 화합물로 이루어진 군에서 선택될 수 있으나, 반드시 이에 국한되는 것은 아니다.
- <71> 상기 IV족 화합물 반도체 나노결정은 Si, Ge을 포함하는 단일 원소 화합물; SiC, SiGe 등과 같은 이원소 화합물이 사용될 수 있으나, 반드시 이들로 국한되는 것은 아니다.
- <72> 본 발명의 양자점 광소자의 전자주입 전극은 I, Ca, Ba, Ca/Al, Al, Mg 및 Ag/Mg 합금으로 이루어진 군으로부터 선택된 재료로 형성될 수 있으나, 반드시 이에 국한되는 것은 아니다.
- <73> 도 10은 본 발명의 기관에 주기적으로 삼각형의 굴곡 구조가 형성된 경우(파선으로 도시), 기관에 굴곡 구조가 형성되지 않아 기관 표면이 평면이고 광원수 II인 경우(실선으로 도시) 및 기관 표면이 평면이고 광원수 I인 경우(일점쇄선으로 도시)에 있어서 양자점 광소자의 발광 특성 시뮬레이션(simulation) 결과의 비교그래프이다. 도 10에서 가로축은 발광 파장(nm)이고, 세로축은 파장별 발광 강도(field strength)를 임의의 단위로 나타낸 것이다.
- <74> 도 10에 도시된 바와 같이, 기관 표면이 평면이고 광원수 I(이 때, 상기 광원수 I은 광원수 II의 1/2)인 경우보다 기관 표면이 평면이고 광원수 II인 경우가 파장별 발광 강도(field strength)가 강하며, 광원수가 광원수 II로 동일한 경우에 있어서, 기관 표면에 삼각형의 굴곡 구조를 갖는 경우가 평면인 경우보다 20~30% 이상의 광 세기의 증폭 효과를 확인할 수 있다.
- <75> 따라서, 표면적을 고려하여 광원수를 조절하고 3차원으로 시뮬레이션을 확장할 경우 2배 이상의 증폭 효과를 얻을 수 있을 것으로 기대된다.
- <76> 도 11은 본 발명의 기관(1)에 주기적으로 삼각형(일점쇄선으로 도시) 및 사다리꼴(파선으로 도시)의 굴곡 구조가 형성된 경우와 기관에 굴곡 구조가 형성되지 않아 평면인 경우(실선으로 도시)의 양자점 광소자의 발광 특성 시뮬레이션(simulation) 결과의 비교그래프이다. 도 11에서 가로축은 발광 파장(nm)이고, 세로축은 파장별 발광 강도(field strength)를 임의의 단위로 나타낸 것이다.
- <77> 도 11에 의하면, 기관의 표면이 평면인 경우보다는 기관(1)에 주기적으로 삼각형의 굴곡 구조가 형성된 경우가, 또한 그보다는 기관(1)에 주기적으로 사다리꼴의 굴곡 구조가 형성된 경우가 발광 면적의 증가로 인한 발광효율이 개선되며, 파장대역의 선택성도 높아지는 것을 확인할 수 있다. 이 때, 굴곡 구조의 주기 및 크기를 바꾸어 주면, 피크치(즉, 소정 크기 이상의 발광 효율을 나타내는 파장대역($\Delta\lambda$)의 위치)를 이동시킬 수 있으며, 피크치의 크기 또한 이동시킬 수 있다.
- <78> 도 10의 결과는 2차원 굴곡 구조 모델에 대한 시뮬레이션 결과이므로, 이를 3차원으로 확장할 경우, 파장 대역

도면

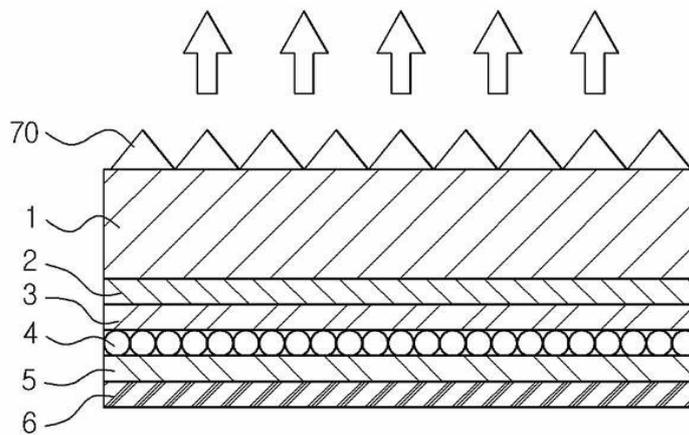
도면1



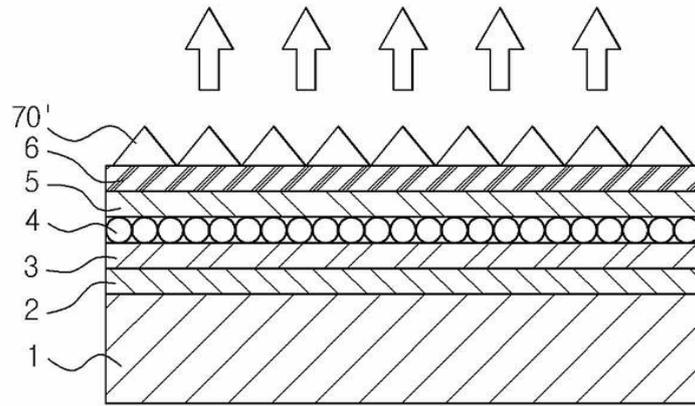
도면2



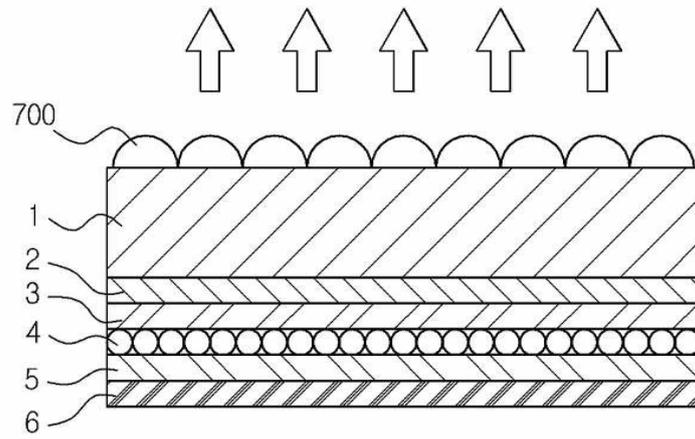
도면3



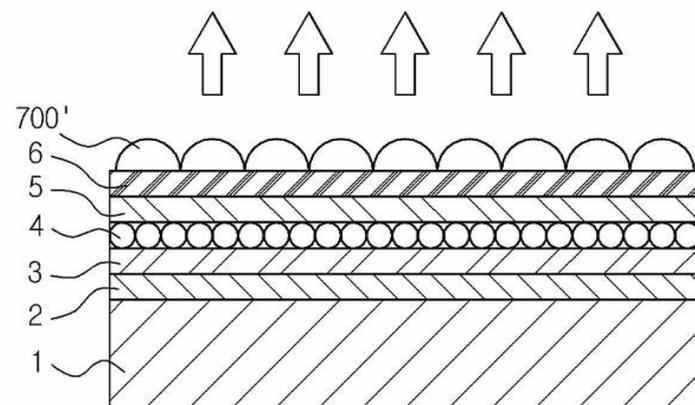
도면4



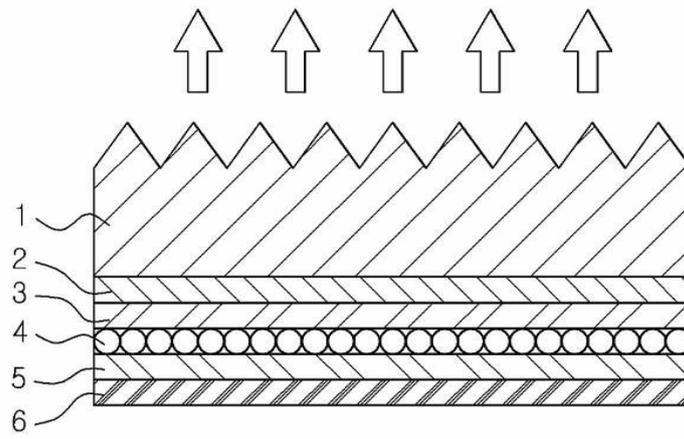
도면5



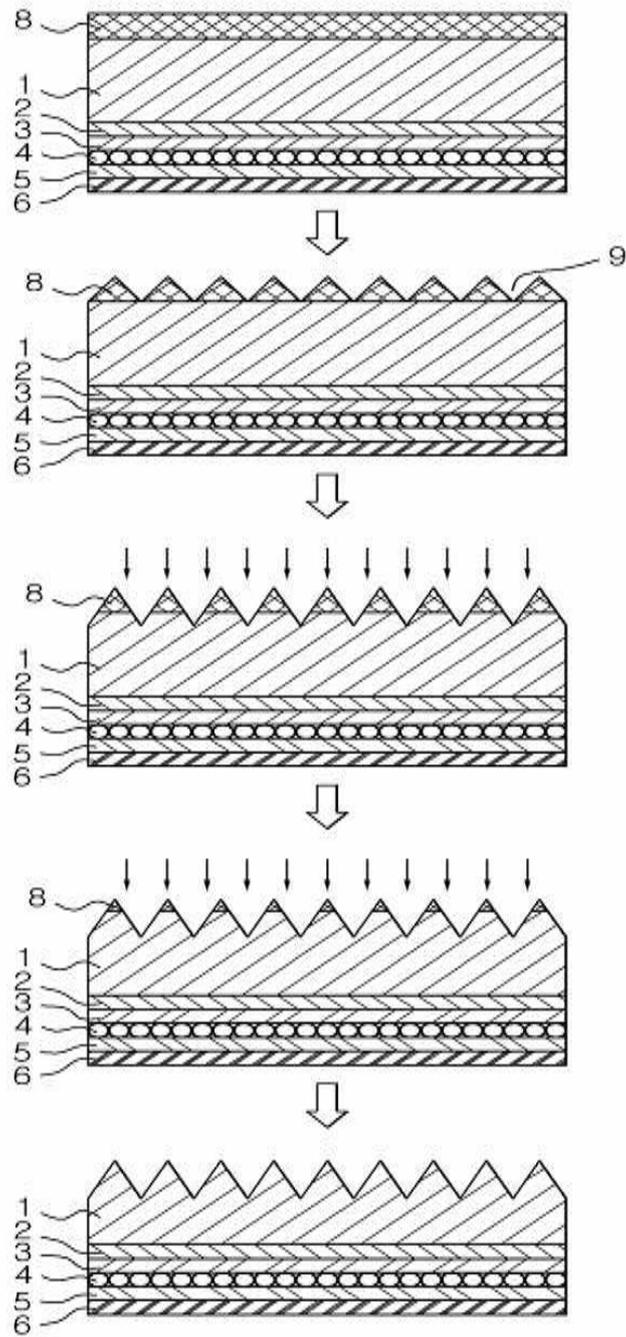
도면6



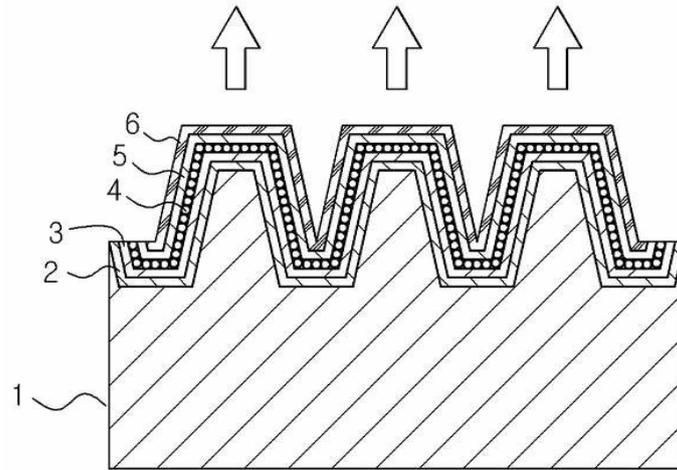
도면7



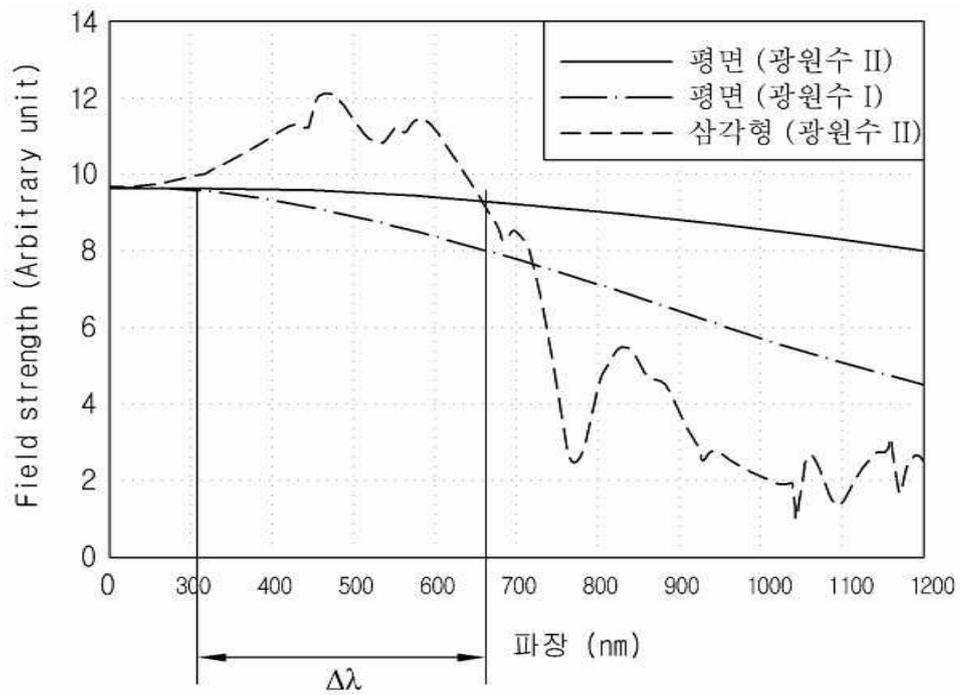
도면8



도면9



도면10



도면11

