



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2018년08월24일
(11) 등록번호 10-1891208
(24) 등록일자 2018년08월17일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 51/52 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2011-7031459
(22) 출원일자(국제) 2010년05월27일
심사청구일자 2015년01월09일
(85) 번역문제출일자 2011년12월29일
(65) 공개번호 10-2012-0034681
(43) 공개일자 2012년04월12일
(86) 국제출원번호 PCT/EP2010/057346
(87) 국제공개번호 WO 2010/136537
국제공개일자 2010년12월02일
(30) 우선권주장
102009023352.0 2009년05월29일 독일(DE)
102009037185.0 2009년08월12일 독일(DE)

(73) 특허권자
오스람 오엘이디 게엠베하
독일 레겐스부르크 베르너베르크슈트라쎄 2 (우:
93049)

(72) 발명자
프리쉬아이젠, 요르크
독일 86830 슈밥뮌헨 타우벤탈슈트라쎄 33
노비, 슈테판
독일 86830 슈밥뮌헨 호호슈티프트베크 4
브뤼팅, 볼프강
독일 86159 아우크스부르크 프로프.-메씨슈미트-
슈트라쎄 39

(74) 대리인
특허법인 남앤드남

(56) 선행기술조사문헌
DE102008022830 A
US20060103321 A1
KR1020050026846 A*
KR1020080022574 A*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

전체 청구항 수 : 총 15 항

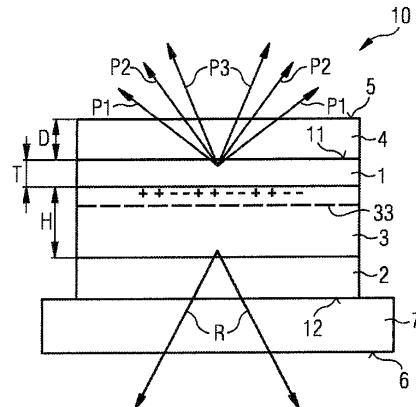
심사관 : 신창우

(54) 발명의 명칭 유기 발광 다이오드

(57) 요약

유기 발광 다이오드(10)의 적어도 한 실시 예에서, 상기 유기 발광 다이오드는 금속으로 형성된 제 1 전극(1) 및 제 2 전극(2)을 포함한다. 또한, 상기 유기 발광 다이오드(10)는 상기 제 1 전극(1)과 상기 제 2 전극(2) 사이에 위치하는 유기 층 시퀀스(3)를 포함한다. 그 외에도, 상기 유기 발광 다이오드(10)는 방사선 투과성 굴절율 층(4)을 포함하며, 상기 굴절율층은 상기 유기 층 시퀀스(3)로부터 떨어져서 마주하는 상기 제 1 전극(1)의 외면(11) 상에 위치한다. 상기 굴절율층(4)의 평균 굴절율은 상기 유기 층 시퀀스(3)의 평균 굴절율과 같거나 크다. 상기 유기 발광 다이오드(10)에 의해 생성된 전자기 플라즈몬 방사선(P)의 적어도 일부는 상기 굴절율층(4)을 통과한다.

대표도 - 도1



명세서

청구범위

청구항 1

유기 발광 다이오드(10)로서,

금속으로 형성된 제 1 전극(1) 및 제 2 전극(2),

적어도 하나의 활성층(33)을 갖는 유기 층 시퀀스(3) – 상기 유기 층 시퀀스(3)는 상기 제 1 전극(1)과 상기 제 2 전극(2) 사이에 위치함 –,

상기 유기 층 시퀀스(3)로부터 떨어져서 마주하는 상기 제 1 전극(1)의 외면(11) 상에 위치하는 방사선 투과성 굴절율층(4) – 상기 굴절율층(4)의 평균 굴절율은 상기 유기 층 시퀀스(3)의 평균 굴절율보다 큼 –, 및

전면(6) 및 후면(5) – 상기 후면(5)은 상기 굴절율층(4)과 마주보고, 상기 전면(6)은 상기 유기 층 시퀀스(3)와 마주보며, 발광 다이오드(10) 내에서 생성되는 방사선(P, R, S)은 상기 전면(6) 상에서 그리고/또는 상기 후면(5) 상에서 방사됨 –

을 포함하고,

상기 유기 발광 다이오드(10)에 의해 생성되는 전자기 플라즈몬(plasmon) 방사선(P)의 적어도 일부가 상기 굴절율층(4)을 통과하며,

상기 제 2 전극(2)이 투명한 전도성 산화물로 형성되고,

상기 굴절율층(4)의 평균 굴절율이 상기 유기 층 시퀀스(3)의 평균 굴절율의 적어도 1.2배이며, 그리고

상기 굴절율층(4)이 적어도 200nm의 기하학적 평균 두께(D)를 갖고, 투명하고, 선명하게 보이도록 형성되어 있으며, 유전성으로 형성되어 있는,

유기 발광 다이오드.

청구항 2

제 1항에 있어서,

상기 활성층(33) 내에서 생성되는 전자기 방사선의 적어도 일부에 의해 적어도 상기 제 1 전극(1)에서 표면 플라즈몬들(+, -)이 여기되고, 상기 표면 플라즈몬들(+, -)에 의해 플라즈몬 방사선(P)이 발생되는,

유기 발광 다이오드.

청구항 3

제 1항에 있어서,

상기 굴절율층(4)이 결정성 재료로서 LiNbO_3 , ZnS , ZnSe 또는 TeO_2 를 포함하거나, 상기 굴절율층(4)이 메타 재료(metamaterial)이고 매트릭스 재료 안에 매립되어 있는 TiO_2 를 포함하는,

유기 발광 다이오드.

청구항 4

제 2항에 있어서,

상기 제 1 전극(1)이 25nm 내지 65nm의 두께(T)를 가지는,

유기 발광 다이오드.

청구항 5

제 4항에 있어서,

상기 제 1 전극(1)과 상기 활성층(33) 간의 평균 간격(A)이 15nm 내지 80nm이고, 상기 유기 층 시퀀스(3)의 기하학적 평균 전체 두께(Z)가 150nm 이하인,

유기 발광 다이오드.

청구항 6

제 4항에 있어서,

상기 발광 다이오드(10)의 후면(5) 상에서 발광 다이오드(10)에 의해 생성되는 방사선(P, R)의 평균 방사 세기가 상기 발광 다이오드(10)의 전면(6) 상에서의 평균 방사 세기의 적어도 5%에 이르는,

유기 발광 다이오드.

청구항 7

제 6항에 있어서,

25%의 오차로, 상기 후면(5) 상에서의 평균 방사 세기가 상기 전면(6) 상에서의 평균 방사 세기와 동일한,

유기 발광 다이오드.

청구항 8

제 1항 내지 제 7항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 유기 발광 다이오드는 기판(7)을 포함하고, 상기 기판 상에 상기 제 1 전극(1), 상기 제 2 전극(2) 및 상기 유기 층 시퀀스(3)가 고정되며, 상기 기판(7) 자체가 상기 굴절율층(4)을 형성하는,

유기 발광 다이오드.

청구항 9

제 1항 내지 제 7항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 굴절율층(4)은 적어도 2개 유형이 교대로 배치되는 층들을 포함하고, 상기 층들 중 적어도 하나의 층 유형은 투명한 금속 산화물로 형성되는,

유기 발광 다이오드.

청구항 10

제 1항 내지 제 7항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 후면(5)이 상기 굴절율층(4)에 의해 형성되고, 상기 굴절율층(4)이 상기 플라즈몬 방사선(P)의 방사선 방출을 증가시키기 위한 패터닝(13)을 가지는,

유기 발광 다이오드.

청구항 11

제 1항 내지 제 7항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 굴절율층(4)이 분산 수단(14)을 포함하고, 상기 분산 수단(14)은 산란 입자들(scattered particle)에 의해 형성되는,

유기 발광 다이오드.

청구항 12

제 9항에 있어서,

상기 굴절율층(4)은 ZnO-층들과 TiO-층들 또는 ZnO-층들과 SrTiO₃-층들이 순서를 교대로하여 형성되는,

유기 발광 다이오드.

청구항 13

제 1항 내지 제 7항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 제 1 전극(1)은 정공들(9)을 갖고, 상기 정공들(9)은 상기 제 1 전극(1)을 완전히 통과하며, 상기 정공들(9)의 지름은 100nm 내지 200nm에 이르고, 상기 제 1 전극(1) 내에 있는 정공들(9)에 의해서는 후면(5) 상의 방사 특성 곡선을 조절하기 위한 광학 격자가 형성되는,

유기 발광 다이오드.

청구항 14

제 1항 내지 제 7항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 제 1 전극(1)이 적어도 하나의 주 연장부 방향을 따라서 두께 편차를 가지며, 상기 두께 편차의 길이 치수(L)는 적어도 300nm 내지 최대 1.5μm이고, 그리고 상기 굴절율층(4)도 두께 편차를 가지는,

유기 발광 다이오드.

청구항 15

제 11항에 있어서,

상기 제 1 전극(1)으로부터 떨어져서 마주하는 상기 굴절율층(4)의 한 측면상에 미러(mirror; 8)가 고정되며, 상기 미러는 상기 플라즈몬 방사선(P)을 상기 유기 층 시퀀스(3) 방향으로 반사시키기 위해 설치되고, 그 결과 상기 굴절율층(4)은 상기 미러(8)와 상기 제 1 금속 전극(1) 사이에 위치하고, 상기 미러(8)에 의해 상기 플라즈몬 방사선(P)이 기판(7) 방향으로 반사되며, 그 결과 플라즈몬 방사선(P)뿐만 아니라 활성층(33) 내에서 직접 발생되는 방사선(R) 또한 전면(6)을 통해 발광 다이오드(10)로부터 방사되는,

유기 발광 다이오드.

발명의 설명

기술 분야

본 발명에서는 유기 발광 다이오드에 대해 기술된다.

배경 기술

본 특허 출원은 독일 특허 출원서 10 2009 023 352.0호 및 10 2009 037 185.0호의 우선권을 주장하며, 상기 문서들의 공개 내용은 인용의 형태로 본 특허 출원서에 포함된다.

발명의 내용

본 발명의 과제는 금속 전극의 플라즈몬 모드들(plasmon mode)로부터 광이 효율적으로 방출될 수 있는 유기 발광 다이오드(OLED)를 제공하는 것이다.

본 발명에 따른 유기 발광 다이오드의 적어도 한 실시 예에 따르면, 상기 유기 발광 다이오드는 금속으로 형성된 제 1 전극을 포함한다. 예를 들면 상기 제 1 전극은 은, 알루미늄, 카드뮴, 바륨, 인듐, 마그네슘, 칼슘, 리튬 및/또는 금으로 이루어진다. 다시 말하자면, 제 1 전극은 특히, 층들의 두께가 얇은 경우에도 광에 대해 투과성을 갖지 않는 전기 전도성 재료로 형성되어 있다. 다른 말로 표현하자면, 상기 제 1 전극은 바람직하게 방사선에 대해 투과성을 갖지 않는 재료로 형성되어 있으며, 이러한 경우에는 상기 재료가 가시 스펙트럼 영역에 있는 방사선의 진공 파장의 적어도 4분의 1의 두께로 존재한다.

본 발명에 따른 유기 발광 다이오드의 적어도 한 실시 예에 따르면, 상기 유기 발광 다이오드는 적어도 하나의 활성층을 갖는 적어도 하나의 유기 층 시퀀스를 포함한다. 이 경우 상기 활성층은 전자기 방사선을 생성시키기 위해 설치되어 있다. 활성층은 예를 들면 유기 폴리머, 유기 울리고머, 유기 모노머, 유기 비폴리머 소분자 또는 이들의 조합을 기본으로 한다. 상기 유기 층 시퀀스는 예컨대 전하 캐리어 주입층들, 전하 캐리어 수송층들

및/또는 전하 캐리어 중지층들로 설계된 추가의 유기 층들을 포함할 수 있다.

본 발명에 따른 유기 발광 다이오드의 적어도 한 실시 예에 따르면, 상기 유기 발광 다이오드는 제 2 전극을 포함한다. 바람직하게는 상기 제 2 전극이 제 1 전극과 마찬가지로 평탄하게 그리고/또는 평면으로 설계되어 있다. 평탄하게라는 표현은, 상기 전극들이 서로 떨어져서 마주보는 측면들 상에 있는 유기 층 시퀀스의 주표면들을 적어도 80% 또는 완전히 덮거나, 혹은 상기 전극들의 가로 방향 길이와 두께의 비율이 적어도 1000에 달함을 의미할 수 있다.

본 발명에 따른 유기 발광 다이오드의 적어도 한 실시 예에 따르면, 유기 층 시퀀스는 제 1 전극과 제 2 전극 사이에 위치한다. 이 경우 상기 유기 층 시퀀스는 완전히 또는 부분적으로 상기 전극들 사이에 위치할 수 있다.

본 발명에 따른 유기 발광 다이오드의 적어도 한 실시 예에 따르면, 상기 유기 발광 다이오드는 방사선 투과성 굴절율층(index layer)을 포함한다. 다시 말하자면, 상기 굴절율층은 적어도 가시 스펙트럼 영역의 부분 영역들에서 반투명하거나, 바람직하게는 투명하게 또는 선명하게 보이도록 형성되어 있다. 그 외에도 바람직하게는 굴절율층이 유전성 재료로 형성되어 있다. 이 경우 상기 굴절율층은 동질의, 예를 들면 결정성 재료로 형성될 수 있거나, 혹은 적어도 하나의 메타 재료(metamaterial)에 의해서도 형성될 수 있다. 굴절율층이 결정성 재료를 포함할 경우, 적합한 재료들로는 예컨대 LiNbO_3 , ZnS , ZnSe 또는 TeO_2 가 언급될 수 있다. 마찬가지로, 대략 2.2의 굴절율(index of refraction)을 갖는 C_{60} 과 같은 유기 재료들은 상기 굴절율층을 위해 또는 상기 굴절율층 내에서 사용될 수 있다. 적합한 재료로는 예컨대 매트릭스 재료 안에 매립되어 있는 TiO_2 가 언급될 수 있다. 적합한 매트릭스 재료들로는 예컨대 폴리머, 특히 에폭시, 실리콘 및 에폭시-실리콘-하이브리드 재료이다.

본 발명에 따른 유기 발광 다이오드의 적어도 한 실시 예에 따르면, 굴절율층은 유기 층 시퀀스로부터 떨어져서 마주하는 제 1 전극의 외면 상에 배치되어 있다. 다른 말로 표현하자면, 상기 굴절율층과 상기 유기 층 시퀀스 사이에는 금속으로 형성된 제 1 전극이 위치한다.

본 발명에 따른 유기 발광 다이오드의 적어도 한 실시 예에 따르면, 굴절율층의 평균 광학 굴절율은 유기 층 시퀀스의 평균 굴절율과 같거나 크다. 이 경우 평균 굴절율은, 이 굴절율이 유기 층 시퀀스 또는 굴절율층의 전체 층 두께에 걸쳐 평균화됨을 의미하며, 이 경우 제 1 전극에 더 인접하게 위치하는 굴절율층의 층들은 상기 제 1 전극으로부터 떨어지는 방향으로 플라즈몬 모드에 의한 지수적 감쇠로 인해 상대적으로 더 많은 중량을 가질 수 있다. 평균 굴절율은 개개의 층들의 유효 굴절율일 수도 있다. 예를 들어 유기 층 시퀀스의 평균 및/또는 유효 굴절율이 1.8일 경우, 굴절율층의 평균 및/또는 유효 굴절율도 마찬가지로 적어도 1.8에 달한다.

본 발명에 따른 유기 발광 다이오드의 적어도 한 실시 예에 따르면, 상기 유기 발광 다이오드는 전면 및 후면을 갖는다. 이 경우 상기 후면은 굴절율층과 마주보거나 상기 굴절율층에 의해 형성되어 있으며, 상기 전면은 유기 층 시퀀스와 마주본다. 즉, 상기 후면과 상기 유기 층 시퀀스 사이에는 적어도 부분적으로 굴절율층이 위치하고, 상기 전면과 상기 굴절율층 사이에는 적어도 부분적으로 유기 층 시퀀스가 위치한다. 발광 다이오드 내에서 생성되는 방사선은 전면 및/또는 후면 상에서 상기 유기 발광 다이오드를 벗어난다. 바람직하게는 상기 방사선이 적어도 전면 상에서 발광 다이오드를 벗어나고, 선택적으로 후면 상에서 추가로 발광 다이오드를 벗어난다. 발광 다이오드의 전면에 대해 횡방향으로 놓인 측면들 상에서는 바람직하게 방사선이 전혀 방사되지 않거나 주목할 만한 량의 방사선이 방사되지 않는다.

본 발명에 따른 유기 발광 다이오드의 적어도 한 실시 예에 따르면, 유기 발광 다이오드에 의해 생성되는 전자기 플라즈몬 방사선의 적어도 일부는 굴절율층을 통과한다. 이 경우 상기 플라즈몬 방사선은 적어도 제 1 전극의 표면 플라즈몬들(surface plasmon)로부터 생성된 방사선이다.

본 발명에 따른 유기 발광 다이오드의 적어도 한 실시 예에서, 상기 유기 발광 다이오드는 금속으로 형성된 제 1 전극 및 제 2 전극을 포함한다. 또한, 상기 유기 발광 다이오드는 적어도 하나의 활성층을 갖는 유기 층 시퀀스를 포함하며, 이 경우 상기 유기 층 시퀀스는 상기 제 1 전극과 상기 제 2 전극 사이에 위치한다. 그 외에도 상기 유기 발광 다이오드는 방사선 투과성 굴절율층을 포함하고, 상기 굴절율층은 상기 유기 층 시퀀스로부터 떨어져서 마주하는 상기 제 1 전극의 외면 상에 위치한다. 이 경우 굴절율층의 평균 굴절율은 유기 층 시퀀스의 평균 굴절율과 같거나 크다. 또한, 상기 유기 발광 다이오드는 전면과 후면을 가지며, 이 경우 상기 후면은 굴절율층과 마주보고, 상기 전면은 유기 층 시퀀스와 마주보며, 상기 발광 다이오드 내에서 생성되는 방사선은 상기 전면 및/또는 상기 후면 상에서 방사된다. 상기 유기 발광 다이오드에 의해 생성되는 전자기 플라즈몬

방사선의 적어도 일부는 굴절율층을 통과한다.

적어도 한 실시 예에 따르면, 제 1 전극은 유기 층 시퀀스뿐만 아니라 굴절율층에 대해서도 물리적으로 직접 접촉되는 상태로 위치한다. 다른 말로 표현하자면, 제 1 전극은 이 제 1 전극의 주 연장부 방향에 대해 횡방향으로 굴절율층 및 유기 층 시퀀스에 의해 완전히 또는 부분적으로 경계가 정해져 밀봉되어 있다.

본 발명에 따른 유기 발광 다이오드의 적어도 한 실시 예에 따르면, 활성층 내에서 생성되는 전자기 방사선에 의해 적어도 제 1 전극과 유기 층 시퀀스 사이의 경계면 상에는 표면 플라즈몬들이 여기(勵起)되어 있다. 플라즈몬 방사선은 상기 표면 플라즈몬들에 의해 완전히 또는 부분적으로 생성된다.

방사선 생성시키기 위해 제공되는 유기 층 시퀀스의 활성층은 통상적인 경우에 분자들을 포함하며, 상기 분자들은 전자 여기 상태에서 거의 전기 쌍극자 모멘트(electric dipole moment)를 보이며, 이 경우 전자 바닥 상태(ground electronic state)에서는 분자들이 쌍극자 모멘트를 나타낼 필요가 없다. 또한, 유기 층 시퀀스와 금 속으로 형성된 제 1 전극 사이의 경계면에는 전자기 경계면 모드들이 존재한다. 근거리장 효과(near field effect) 및/또는 표면 거칠기(surface roughness)에 의해서 표면 플라즈몬 모드로도 언급되는 상기 경계면 모드들은 유기 층 시퀀스의 분자들에 결합되거나 반대로 결합 해제될 수 있다. 활성층에 의해 발생된 전체 광량의 측정에 따른 표면 플라즈몬 모드들에 결합되는 양의 크기는 약 30%에 달할 수 있다. 다른 말로 표현하자면, 유기 발광 다이오드의 다수의 전력량은 표면 플라즈몬 모드들로 전환한다.

기술된 바와 같은 방식으로 형성된 굴절율층이 사용되지 않는 유기 발광 다이오드의 경우에는, 표면 플라즈몬들에 결합되는 전력량이 특히 표면 플라즈몬 모드들의 램프에 의해 제 1 전극의 금속에서 소실되고 광으로 변환될 수 없다. 표면 플라즈몬들을 전자기 방사선으로 변환하기 위한 에너지 보존(energy conservation) 및 운동량 보존(momentum conservation)은 유기 층 시퀀스로부터 떨어져서 마주하는 제 1 전극의 측면상에 있는 굴절율층에 의해 충족될 수 있다. 따라서, 표면 플라즈몬들이 제 1 전극의 외면 상에서 적어도 부분적으로 전자기 방사선으로 변환될 수 있다.

이러한 방사선, 즉 제 1 전극의 표면 플라즈몬들로부터 생성되는 플라즈몬 방사선은 이 경우에 적어도 부분적으로 굴절율층을 통과하여, 예를 들면 상기 굴절율층에 의해 형성된 유기 발광 다이오드의 후면 상에서 상기 유기 발광 다이오드를 벗어난다. 제 1 전극에서 표면 플라즈몬 모드들이 전자기 방사선으로 재변환됨으로써, 유기 발광 다이오드의 효율 및 능률이 상승될 수 있다.

본 발명에 따른 유기 발광 다이오드의 적어도 한 실시 예에 따르면, 굴절율층은 적어도 50nm, 특히 적어도 100nm 또는 적어도 200nm의 기하학적 평균 두께를 갖는다. 바람직하게는 상기 굴절율층의 기하학적 평균 두께가 적어도 300nm, 특히 적어도 500nm을 초과한다. 다시 말하자면, 굴절율층은 적어도 이 굴절율층 안에서 전자기 방사선의 괴장 크기에 상응하는 두께를 갖는다.

본 발명에 따른 유기 발광 다이오드의 적어도 한 실시 예에 따르면, 제 1 금속 전극은 15nm 내지 65nm, 바람직하게는 25nm 내지 50nm의 두께를 갖는다. 제 1 전극의 두께가 기술된 범위에 있는 경우에는 제 1 전극이 대부분 방사선에 대해 투과성을 갖지 않는다. 즉, 활성층 내에서 발생되는 방사선의 경우에 주목할 만한 양이 반사, 흡수 또는 표면 플라즈몬으로의 변환됨 없이는 제 1 전극을 직접 통과하지 않는다. 다른 한편으로는, 유기 층 시퀀스와 마주보는 제 1 전극의 내면으로부터 상기 제 1 전극의 외면 상으로의 표면 플라즈몬들의 수송을 효율적으로 보장하기 위해, 기술된 범위에 있는 제 1 전극의 두께는 알맞게 작다. 따라서, 제 1 전극의 기술된 두께 범위에서는 플라즈몬 방사선 생성이 특히 효율적이다.

본 발명에 따른 유기 발광 다이오드의 적어도 한 실시 예에 따르면, 제 1 전극과 활성층 간의 평균 간격은 15nm 내지 100nm, 바람직하게는 25nm 내지 50nm이다. 표면 플라즈몬들로의 결합을 줄이기 위해, 기술된 바와 같은 형성된 굴절율층이 없는 유기 발광 다이오드들에서는 제 1 전극과 활성층 간의 간격이 통상적인 경우 가급적 크게 선택되어 있다. 이 경우 가급적 크게라는 표현은 간격이 예를 들면 100nm을 초과함을 의미한다. 굴절율층에 의해서는 플라즈몬 방사선으로의 표면 플라즈몬들의 변환이 구현되기 때문에, 활성층과 제 1 전극 간의 간격이 줄어들 수 있다.

본 발명에 따른 유기 발광 다이오드의 적어도 한 실시 예에 따르면, 제 1 전극과 활성층 간의 평균 간격은 25nm 이하, 특히 15nm 이하이다. 상기와 같은 작은 범위의 활성층과 제 1 전극의 간격에 의해서는 활성층 내에서 발생된 방사선이 제 1 전극의 표면 플라즈몬 모드들로 특히 효율적으로 결합되는 것이 보장될 수 있다. 다른 말로 표현하자면, 유기 발광 다이오드의 특히 높은 전력 소비량이 적어도 제 1 전극에서 표면 플라즈몬들로 변환된다.

본 발명에 따른 유기 발광 다이오드의 적어도 한 실시 예에 따르면, 유기 층 시퀀스의 기하학적 평균 전체 두께는 150nm와 같거나 작고, 바람직하게는 90nm와 같거나 작다. 상기와 같은 작은 범위의 유기 층 시퀀스의 전체 두께는 표면 플라즈몬들이 플라즈몬 방사선으로 회복됨으로써 가능해지며, 결과적으로 발광 다이오드의 전체 효율은 표면 플라즈몬들의 여기로 인하여 상기 발광 다이오드의 효율을 전혀 감소시키지 않거나 주목할 만한 정도로 감소시키지 않는다.

또한, 유기 층 시퀀스의 작은 층 두께에 의해서는 유기 발광 다이오드의 전기적 특성들이 개선된다. 유기 층 시퀀스의 두께가 작음으로 인하여, 이 유기 층 시퀀스 상에서는 또한 비교적 적은 범위의 전기 전압만이 하강하게 된다. 그 외에도, 유기 층 시퀀스의 형성에 필수적인 재료의 사용이 줄어들 수 있다. 뿐만 아니라, 유기 층 시퀀스는 더 이상 도파로층으로 작용하지 않거나 적어도 종래의 발광 다이오드들의 경우보다 훨씬 적게 도파로층으로 작용한다. 유기 층 시퀀스가 도파로층으로 작용하지 않거나 도파로층으로서의 작용이 줄어들게 되면, 생성된 방사선의 방출 효율이 증가될 수 있다.

본 발명에 따른 유기 발광 다이오드의 적어도 한 실시 예에 따르면, 발광 다이오드의 후면 상에서 이 발광 다이오드에 의해 발생되는 방사선의 평균 방사 세기는 상기 발광 다이오드의 전면 상에서의 평균 방사선 세기의 적어도 5%, 특히 적어도 15%이다. 다른 말로 표현하자면, 발광 다이오드로부터 방사되는 방사선 발생 용량의 다수가 후면 상에서, 즉 유기 층 시퀀스로부터 떨어져서 마주하는 발광 다이오드의 측면 상에서 방사된다.

본 발명에 따른 유기 발광 다이오드의 적어도 한 실시 예에 따르면, 후면 상에서의 평균 방사선 세기는 25% 오차로, 전면 상에서의 평균 방사선 세기와 상응한다. 바람직하게는 상기 오차가 10% 이하이며, 특히 후면과 전면 상에서의 평균 방사선 세기는 제조 오차의 범주에서 동일하다. 후면과 전면 상에서의 방사 세기 비율은 예컨대 활성층과 제 1 전극 간의 간격에 의해, 즉 표면 플라즈몬들로의 결합 정도에 의해 그리고 금속으로 형성된 제 1 전극의 두께 및/또는 투명도에 의해 조절될 수 있다. 따라서, 특히 정확히 하나의 금속 전극을 갖는 유기 발광 다이오드가 구현될 수 있으며, 상기 유기 발광 다이오드는 양면에서, 즉 전면과 후면 상에서 균등하게 광이 방사된다.

본 발명에 따른 유기 발광 다이오드의 적어도 한 실시 예에 따르면, 굴절율층의 평균 굴절율은 유기 층 시퀀스의 평균 굴절율의 적어도 1.1배에 달한다. 바람직하게는 굴절율층의 평균 굴절율이 유기 층 시퀀스의 평균 굴절율의 적어도 1.2배, 특히 적어도 1.3배에 달한다. 비교적 큰 굴절율 차에 의해서는 플라즈몬 방사선이 표면 플라즈몬들로부터 효율적으로 생성되는 것이 보장될 수 있다.

본 발명에 따른 유기 발광 다이오드의 적어도 한 실시 예에 따르면, 굴절율층은 교대로 배치된 층들로 형성되며, 이 경우 교대로 배치된 상기 층들은 각각 상이한 재료 구성을 갖는다. 교대로 배치된 상기 층들은 예를 들면 교대로 비교적 높은 굴절율 및 비교적 낮은 굴절율을 나타낼 수 있다.

본 발명에 따른 유기 발광 다이오드의 적어도 한 실시 예에 따르면, 교대로 배치된 상기 층들 중 적어도 하나의 층은 투명한 금속 산화물로 형성되어 있다. 예를 들면 굴절율층은 순서를 교대로하여 ZnO-층들 및 TiO-층들 및/또는 SrTiO₃-층들로 형성되어 있다. 상기 층들은 각각 예컨대 원자층 증착법(ALD: atomic layer deposition)에 의해 제조된다. 상기와 같은 방식으로 형성된 굴절율층은 굴절율 및 투명도가 높으며, 그 외에도 산소 및 습기와 같은 외부적 영향으로부터 유기 발광 다이오드를 밀폐시키기에 적합하다.

본 발명에 따른 유기 발광 다이오드의 적어도 한 실시 예에 따르면, 상기 유기 발광 다이오드의 후면은 굴절율층에 의해 형성되어 있다. 즉, 후면 상에서의 유기 발광 다이오드 광방출은 굴절율층으로부터 직접 이루어진다.

본 발명에 따른 유기 발광 다이오드의 적어도 한 실시 예에 따르면, 굴절율층은 플라즈몬 방사선의 방출을 증가시키기 위한 패터닝(patterning)을 갖는다. 상기 패터닝은 규칙적으로 형성되거나 불규칙적으로도 형성될 수 있다. 예를 들어 상기 패터닝은 애칭 마스크를 갖는 애칭에 의해 또는, 예컨대 연삭(grinding) 또는 모래 분사(sandblasing)와 같은 통계적 러프닝 프로세스에 의해 형성된다.

본 발명에 따른 유기 발광 다이오드의 적어도 한 실시 예에 따르면, 굴절율층에는 분산 수단이 첨가되어 있다. 상기 분산 수단은 예컨대 산란 입자들(scattered particle)에 의해 형성되어 있다. 다른 말로 표현하자면, 플라즈몬 방사선 또는 상기 플라즈몬 방사선의 적어도 일부는 굴절율층을 직선으로 통과하는 것이 아니라, 분산 수단에 의해, 특히 반사 및/또는 스캐터링에 의해 적어도 방향 변경된다. 분산 수단의 사용에 의해, 특히 굴절율층의 패터닝과의 조합하여서는 플라즈몬 방사선과 관련한 높은 광방출 효율이 달성될 수 있다.

본 발명에 따른 유기 발광 다이오드의 적어도 한 실시 예에 따르면, 굴절율층은 전환 수단을 포함한다. 이 경우 상기 전환 수단은 플라즈몬 방사선의 적어도 일부를 흡수하고 비교적 큰 파장을 갖는 방사선으로 변환하기 위해 설치된다. 상기 전환 수단에 의해서는 마찬가지로 후면 상에서 이루어지는 발광 다이오드의 입체적 방사 특성 곡선도 변경될 수 있으며, 특히 비교적 균일하게 형성될 수 있다. 상기 전환 수단은 굴절율층의 분산 수단 및 패터닝과의 조합하여서도 사용될 수 있다.

본 발명에 따른 유기 발광 다이오드의 적어도 한 실시 예에 따르면, 제 1 전극뿐만 아니라 상기 제 2 전극도 금 속으로 형성되어 있다. 따라서, 이러한 경우에는 두 전극이 금 속 전극이다. 예컨대, 유기 발광 다이오드는 소위 마이크로 공진기-OLED로서 형성되어 있다. 다시 말하자면, 상기 제 1 전극 및 상기 제 2 전극에 의해 예컨대 공진기 유형이 형성되어 있다.

특히 제 1 전극과 제 2 전극이 모두 금 속으로 형성된 유기 발광 다이오드의 적어도 한 실시 예에 따르면, 두 전극은 30nm 이하, 특히 15nm 이하의 두께를 갖는다. 다른 말로 표현하자면, 두 전극은 두께가 얇기 때문에 활성층에서 발생되는 가시 방사선에 대해 투과성을 갖는다.

본 발명에 따른 유기 발광 다이오드의 적어도 한 실시 예에 따르면, 제 2 전극은 투명한 전도성 산화물로 형성되어 있다. 이 경우 바람직하게는 상기 제 2 전극의 두께가 100nm, 특히 200nm를 초과한다. 바람직하게는 상기 제 2 전극의 두께가 100nm 내지 140nm이다. 예컨대, 제 2 전극은 인듐 산화물(indium oxide), 인듐-주석 산화물(indium-stannic oxide), 인듐-아연 산화물(indium-zinc oxide), 아연 산화물(zinc oxide) 또는 주석 산화물(stannic oxide)에 의해 또는 상기 물질들로 형성된다. 마찬가지로, 상기 제 2 전극을 위한 재료로는 Al 도핑된 산화 아연(AZO)도 사용될 수 있다.

본 발명에 따른 유기 발광 다이오드의 적어도 한 실시 예에 따르면, 적어도 제 1 전극은 적어도 하나의 주 연장부 방향을 따라서, 바람직하게는 2개의 주 연장부 방향을 따라서 두께 편차를 갖는다. 다른 말로 표현하자면, 제 1 전극의 두께는 예컨대 2개의 직각 주 연장부 방향을 따라서 주기적으로 또는 통계적으로 분할되는 방식으로 변경된다.

본 발명에 따른 유기 발광 다이오드의 적어도 한 실시 예에 따르면, 발광 다이오드의 기판은 주측면 상에서 패터닝을 갖는다. 이러한 경우 상기 기판의 주측면 위에는 제 1 전극 및 제 2 전극 그리고 유기 층 시퀀스 및 굴절율층이 각각 바람직하게 전체 주측면에 걸쳐 제조 오차의 범위 내에서 일정한 두께로 배치되어 있다.

본 발명에 따른 유기 발광 다이오드의 적어도 한 실시 예에 따르면, 두께 편차 및/또는 패터닝의 길이 치수는 적어도 300nm 내지 1.5μm, 바람직하게는 400nm 내지 1.0μm이다. 이 경우 상기 두께 편차는 사인파 형태 또는 계단 형태로 이루어지는 균일하거나 또는 주기적인 편차일 수 있으며, 주기성은 상기 길이 치수에 상응하게 나타난다. 마찬가지로, 상기 두께 편차는 제 1 전극 내에서 서로 규칙적인 간격으로 배치된 정공들의 형태로 설계될 수 있다. 또한, 상기 길이 치수는 평균 길이 치수이고, 상기 두께 편차는 주 연장부 방향들을 따라서 불규칙적으로 또는 랜덤 방식으로 나타날 수 있다.

본 발명에 따른 유기 발광 다이오드의 적어도 한 실시 예에 따르면, 제 1 전극으로부터 떨어져서 마주하는 굴절율층의 측면 상에는 하나의 미러가 위치하고, 상기 미러는 플라즈몬 방사선을 유기 층 시퀀스 방향으로 반사시키기 위해 설치되어 있다. 상기와 같은 미러를 사용함으로써, 유기 발광 다이오드에 의해 생성된 전체 방사선이 전면을 통과하여 유기 발광 다이오드를 벗어날 수 있다. 상기와 같은 미러가 사용될 경우에는 굴절율층이 바람직하게 분산 수단 및/또는 패터닝을 갖는다.

본 발명에 따른 유기 발광 다이오드의 적어도 한 실시 예에 따르면, 미러는 굴절율층의 부분이다. 이러한 경우 예를 들면 상기 미러는 브래그 미러(bragg mirror)로서 형성되어 있고, 동시에 미러 층들도 굴절율층의 부분층이다. 이로 인해 유기 발광 다이오드의 효율적인 밀봉 및/또는 콤팩트한 구조가 달성될 수 있다.

하기에서는 실시 예들과 관련한 도면들을 참고로 본 발명에서 기술되는 유기 발광 다이오드가 더 상세히 설명된다. 이 경우 개별 도면들에 도시된 동일한 구성 요소들에는 동일한 도면 부호가 주어졌다. 그러나 도면들은 정확한 척도로 도시된 것은 아니다. 오히려 개관을 쉽게 하기 위하여 개별 구성 요소들은 과도하게 크게 도시되어 있을 수 있다.

도면의 간단한 설명

도 1 내지 도 12는 본 발명에서 기술되는 유기 발광 다이오드들의 실시 예들을 개략적으로 도시한 단면도이고,

도 13은 기본 레이아웃을 개략적으로 도시한 단면도이며,

도 14는 표면 플라즈몬들의 분산 관계를 개략적으로 도시한 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

도 1에는 유기 발광 다이오드(10)의 한 실시 예가 도시되어 있다. 상기 발광 다이오드(10)는 활성층(33)을 갖는 유기 층 시퀀스(3)를 포함한다. 발광 다이오드(10)의 작동 중 상기 활성층(33) 내에서는 전자기 방사선(R)이 발생된다. 상기 유기 층 시퀀스(3)의 전체 두께(H)는 예를 들면 300nm 이하, 특히 90nm 이하이다. 기판(7)과 마주보는 층 시퀀스(3)의 한 측면 상에는 제 2 전극(2)이 위치한다. 상기 제 2 전극(2)은 예컨대 투명한 전도성 산화물로 형성되어 있다. 활성층(33) 내에서 생성되는 방사선(R)의 적어도 일부는 제 2 전극(2)과 기판(7)을 지나 발광 다이오드(10)의 전면(6)에서 방사된다.

상기 기판(7)으로부터 떨어져서 마주하는 유기 층 시퀀스(3)의 한 측면 상에는 금속으로, 예를 들면 은으로 형성된 제 1 전극(1)이 위치한다. 활성층(33) 내에서 이루어지는 방사선 형성에 의해 제 1 전극(1)과 (활성) 층 시퀀스(3)의 경계면 상에서는 표면 플라즈몬들(+, -)이 여기되어 있다. 상기 표면 플라즈몬들(+, -)은 유기 층 시퀀스(3)로부터 떨어져서 마주하는 제 1 전극(1)의 외면(11)에 도달할 수 있다. 이러한 과정을 효율적으로 구현하기 위해, 제 1 전극(1)의 두께(D)는 바람직하게 25nm 내지 50nm에 이른다.

제 1 전극(1)의 외면(11) 상에는 제 1 전극(1)에 직접 접촉하는 방식으로 굴절율층(4)이 배치되어 있다. 이 경우 상기 굴절율층(4)의 평균 굴절율은 적어도 유기 층 시퀀스(3)의 평균 굴절율과 같거나, 바람직하게는 상기 유기 층 시퀀스(3)의 평균 굴절율보다 크다. 또한, 발광 다이오드(10)의 후면(5) 역시 상기 굴절율층(4)에 의해 형성되어 있다.

굴절율층(4)의 평균 굴절율이 유기 층 시퀀스(3)의 평균 굴절율보다 크게 형성됨으로써, 표면 플라즈몬들(+, -)은 제 1 전극(1)에서 플라즈몬 방사선(P1, P2, P3)으로 변환될 수 있다. 상기 플라즈몬 방사선(P1, P2, P3)은 적어도 부분적으로 굴절율층(4)을 통과하여 후면(5)에서 발광 다이오드(10)를 벗어나게 된다. 이 경우에는 굴절율층(4)의 두께(D)가 바람직하게 적어도 200nm에 이른다.

표면 플라즈몬들(+, -)이 플라즈몬 방사선(P1, P2, P3)으로 변환될 때 나타나는 운동량 보존 및 에너지 보존으로 인해, 파장과 관련한 상기 플라즈몬 방사선(P1, P2, P3)의 방출은 각도에 따라 이루어진다. 다시 말하자면, 플라즈몬 방사선(P1)의 파장은 플라즈몬 방사선(P2)의 파장보다 작고, 상기 플라즈몬 방사선(P2)의 파장은 재차 플라즈몬 방사선(P3)의 파장보다 작다. 즉, 플라즈몬 방사선(P1, P2, P3)의 파장이 작으면 작을수록, 이 플라즈몬 방사선(P1, P2, P3)이 제 1 전극(1)의 주 연장부 방향으로 굴절율층(4)을 통과하는 각도는 더욱더 작다.

도 2에 따른 실시 예의 경우에는 굴절율층(4)이 기판(7)과 제 1 전극(1) 사이에 위치한다. 후면(5)이 기판(7)에 의해 형성되고, 전면(6)은 유기 층 시퀀스(3)로부터 떨어져서 마주하는 제 2 전극(2)의 외면(12)에 의해 형성된다. 플라즈몬 방사선(P1, P2, P3)은 기판(7)을 통과하여 발광 다이오드(10)로부터 방사된다.

도 1 또는 도 2에 도시된 것과는 달리, 기판(7)은 방출 효율을 향상시키기 위해 러프닝(roughening)을 가질 수 있다.

도 3에 따르면, 기판(7) 자체가 굴절율층(4)을 형성한다. 따라서, 기판(7)은 적어도 유기 층 시퀀스(3)의 평균 굴절율과 같은 굴절율을 갖는 재료로 형성되어 있다. 바람직하게 유기 층 시퀀스(3)와 기판(7)의 굴절율 차는 적어도 0.2 또는 적어도 0.3이다. 이러한 경우에는 예컨대, 특히 각각 0.1 또는 0.05의 오차로, 기판(7)의 굴절율은 약 2.1이고, 유기 층 시퀀스(3)의 평균 굴절율은 약 1.8이다.

도 4에 따른 유기 발광 다이오드(10)는 마이크로 공진기 발광 다이오드로서 설계되어 있다. 제 1 전극(1) 및 제 2 전극(2) 모두가 각각 금속으로, 예를 들면 각각 은으로 형성되어 있다. 그러나 바람직하게 상기 전극들(1, 2)은 서로 상이한 금속을 포함하거나 서로 상이한 금속으로 이루어진다. 제 1 전극(1)의 외면(11)뿐만 아니라 제 2 전극(2)의 외면(12) 상에는 굴절율층(4a, 4b)이 위치한다. 선택적으로는 제 1 전극(1) 상에 있는 굴절율층(4a)이 동시에 기판(7)일 수 있다.

제 1 전극(1)과 제 2 전극(2)의 두께(D1, D2)가 조절됨으로써, 표면 플라즈몬들과 더불어 플라즈몬 방사선(P1, P2, P3)이 생성될 뿐만 아니라, 활성층(3) 내에서 직접 발생되는 방사선(R)이 상기 전극들 중 적어도 하나의 전극(1, 2)을 적어도 부분적으로 통과할 수도 있다. 이로 인해 달성될 수 있는 사실을 보면, 예컨대 도 1 내지도 3에 따른 실시 예들과 마찬가지로 발광 다이오드(10)의 전면(6)과 후면(5) 모두에서 거의 동일하게 높은 방

사 세기가 구현될 수 있다는 점이다.

도 5에 따른 실시 예에 따르면, 제 1 전극(1)은 주 연장부 방향을 따라서 길이 치수(L)를 갖는 두께 편차를 갖는다. 이 경우 상기 길이 치수(L)는 바람직하게 방사된 플라즈몬 방사선(P1, P2, P3)의 진공 파장의 크기 내에 있다. 예를 들면, 상기 두께 편차는 주기적이고 사인파 형태의 파형을 갖는다.

선택적으로는 도 5에 도시된 것과 달리, 굴절율층(4)도 두께 편차를 보일 수 있다. 마찬가지로 도 5의 도시와는 상이하게, 제 2 전극(2)이 두께 편차를 갖고, 상기 제 2 전극(2)로부터 볼 때 기판(7)으로부터 떨어져서 마주하는 층들(3-5)이 일정한 두께를 가질 수도 있다. 또한, 유기 층 시퀀스(3)와 마주하는 기판(7)의 한 측면이 패터닝화될 수 있으며, 이 경우에는 바람직하게 추가의 층들(2-5)이 일정한 두께를 갖는다.

플라즈몬 방사선(P1, P2, P3)의 파장 길이 치수(L)로의 두께 편차에 의해 제 1 전극(1) 상에는 광학 격자 유형이 형성될 수 있다. 이로 인해 방출되는 플라즈몬 방사선(P1, P2, P3)의 각도 종속성이 조절될 수 있다. 예를 들면 플라즈몬 방사선(P2)의 세기는 플라즈몬 방사선들(P1, P3)의 세기를 초과한다.

도면을 간소화하기 위해, 도 5와 후속하는 도면들에는 활성층(33) 내에서 직접 발생되는 방사선(R)이 도시되어 있지 않다.

도 6에 따르면, 제 1 전극(1)은 정공들(9)을 갖는다. 상기 정공들(9)은 제 1 전극(1)을 예를 들면 완전히 통과하고 포토리소그래피 공정에 의해 형성될 수 있다. 공정들(9)의 지름은 예컨대 100nm 내지 200nm에 이른다. 제 1 전극(1) 내에 있는 정공들(9)에 의해서는 마찬가지로 후면(5) 상의 방사 특성 곡선을 조절하기 위한 광학 격자 유형이 형성될 수 있다.

도 7의 도시에 따르면, 굴절율층(4)은 바람직하게 플라즈몬 방사선(P)의 방출 효율을 증가시키기 위한 패터닝(13)을 갖는다.

도 8에 따르면, 굴절율층(4)은 스캐터링 처리된 입자들 형태의 분산 수단(14)을 포함한다. 스캐터링 입자들(14)에 의해서는 플라즈몬 방사선(P)이 굴절율층(4)을 적어도 부분적으로, 직선으로 통과하는 것이 아니라, 상기 스캐터링 입자들에서 편향되거나 반사된다. 이 때문에 굴절율층(4)으로부터 이루어지는 플라즈몬 방사선(P)의 방출 효율도 마찬가지로 상승될 수 있다.

도 9에 따른 실시 예의 경우에는 굴절율층(4)에 전환 수단(15)이 첨가되어 있다. 상기 전환 수단(15)의 입자들에 의해서는 플라즈몬 방사선(P)의 적어도 일부가 흡수되어 비교적 더 큰 파장을 갖는 2차 방사선(S)으로 변환된다. 전환 수단(15)을 사용함으로써, 방출되는 방사선(P, S)의 방사 특성 곡선이 균질화, 즉 비교적 더 균일하게 형성될 수 있다. 전환 수단(15)은, 예를 들면 플라즈몬 방사선의 청색 및 녹색 스펙트럼 부분만 2차 방사선(S)으로 변환되고, 예를 들면 플라즈몬 방사선(P)의 적색 부분이 후면(5) 상에서 비변환 방식으로 방사되도록 선택될 수 있다.

도 10에 따르면, 제 1 전극(1)은 계단 모양의 두께 편차를 보인다. 상기 두께 편차에 의해 달성될 수 있는 사실은, 플라즈몬 방사선(P1, P2, P3)의 상이한 파장들을 위한 제 1 전극(1)의 상이한 위치들에서 표면 플라즈몬들을 플라즈몬 방사선(P1, P2, P3)으로 변환하기 위한 상이한 효율이 성취된다는 점이다. 이와 연관하여 제 1 전극(1)의 두께 편차에 의해서는, 광학 격자 유형에 따른 제 1 전극(1)의 패터닝 없이도 후면(5) 상에서 방사 특성 곡선의 영향 및 형상이 구현된다.

도 11에 따른 실시 예의 경우에는 제 1 전극(1)의 두께 편차가 도 10과 같이 계단 모양으로 진행되지 않고, 예이프린 모양으로 진행된다. 에이프린 모양으로 형성된 두께 편차의 주기성은 도 10에 도시된 바와 같이 바람직하게 플라즈몬 방사선(P1, P2, P3)의 파장보다 크다.

도 12에는 발광 다이오드(10)의 실시 예가 도시되어 있으며, 상기 실시 예의 경우에는 유기 층 시퀀스(3)로부터 떨어져서 마주하는 굴절율층(4)의 한 측면 상에 미러(8)가 배치되어 있다. 상기 미러(8)에 의해 플라즈몬 방사선(P)이 기판(7) 방향으로 반사되며, 그 결과 플라즈몬 방사선(P)뿐만 아니라 활성층(33) 내에서 직접 발생되는 방사선(R) 또한 전면(6)을 통해 발광 다이오드(10)로부터 방사된다. 이 경우에는 바람직하게 굴절율층(4)이 도 12에는 도시되지 않은 스캐터링 수단을 포함한다. 또한, 미러(8)가 굴절율층(4)의 부분으로 형성될 수 있다.

도 13에는 소위 Kretschmann-구성이 도시되어 있다. 유리 프리즘(16)은 제 1 전극(1) 위에 배치되어 있다. 또한, 상기 유리 프리즘(16)으로부터 떨어져서 마주하는 제 1 전극(1)의 한 측면 상에는 유기 층(3)이 배치되어 있다. 유리 프리즘(16) 안으로는 특정한 파장의 방사선(Q)이 입사된다. 상기 방사선(Q)의 입사각, 상기 방사선(Q)의 파장 그리고 유리 프리즘(16) 및 유기 층(3)의 굴절율에 따라 방사선(Q)의 특정 부분이 표면 플라즈몬

들(+, -)로 변환된다. 이 경우에는 방사선(Q) 전체가 표면 플라즈몬들(+, -)로 변환될 수 있다. 예컨대 도 1 내지 도 12에 따른 유기 발광 다이오드(10)와 비교하면, Kretschmann-구성에서는 방사선(Q)이 표면 플라즈몬들(+, -)로 변환되는 반대의 경우도 이루어진다.

도 14에는 표면 플라즈몬들(+, -)의 분산 관계가 개략적으로 도시되어 있다. 본 도면에는 파장 λ [nm] 또는 주파수 f [Hz]에 대한 파수 벡터(wave vector) K [m^{-1}]가 도시되어 있다. 표면 플라즈몬들(+, -)로의 방사선(Q)의 변환은 분산과 관련하여 보다 오른쪽에 놓인 곡선으로부터 보다 왼쪽에 놓인 곡선으로만 가능하다.

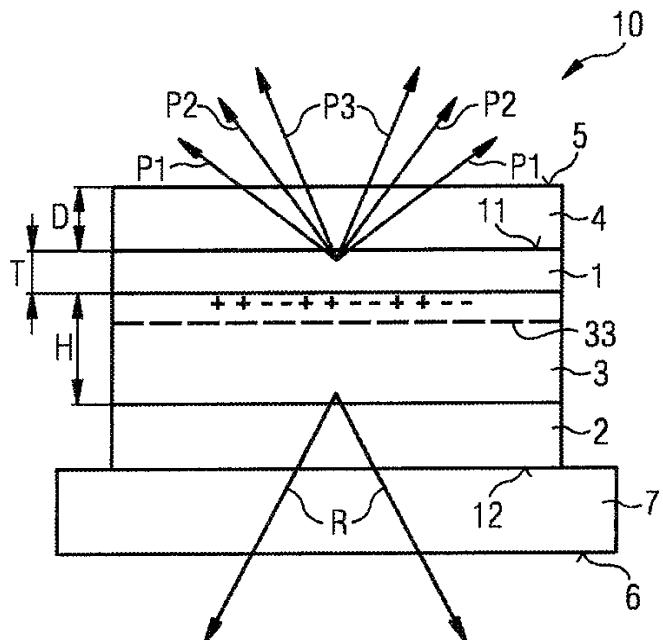
곡선(a)은 공기 중에서의 분산 관계를 개략적으로 나타내고, 곡선(b)은 1.5의 굴절율을 갖는 매질 내에서의 분산 관계를 개략적으로 나타내며, 곡선(c)은 공기-은-경계면 상에서의 표면 플라즈몬들의 분산 관계를 개략적으로 나타내고, 그리고 곡선(d)은 은-유기체-경계면 상에서의 표면 플라즈몬들의 분산 관계를 개략적으로 나타내며, 이 경우 상기 유기체는 약 30nm의 두께를 갖는다.

이와 관련하여 반대의 경우, 즉 플라즈몬 방사선(P)으로의 표면 플라즈몬들(+, -)의 변환은, 그 내부에서 표면 플라즈몬들이 플라즈몬 방사선(P)으로 변환되는 매질의 굴절율이 즉 굴절율총(4)에서 충분히 큰 경우에만 가능하다.

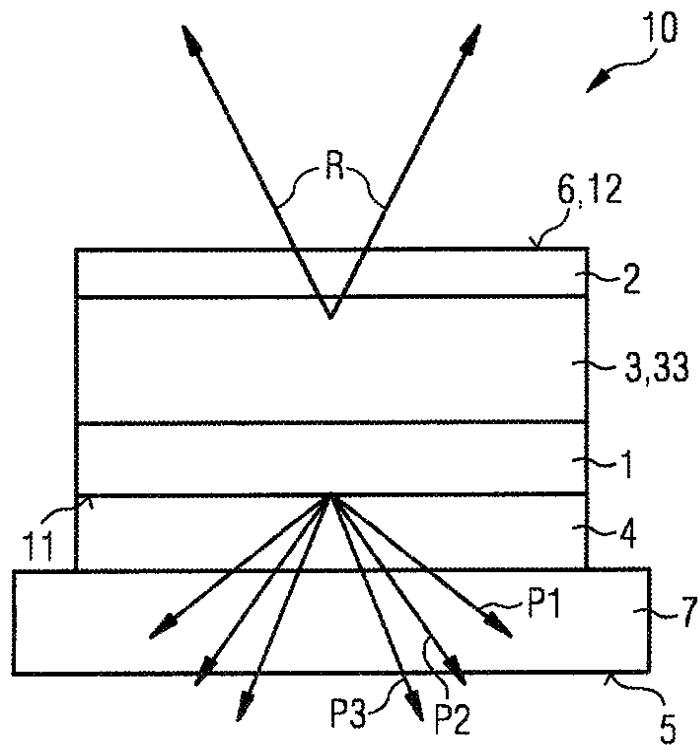
본 발명은 실시 예들을 참조한 상세한 설명에 한정되지 않는다. 오히려 본 발명은 각각의 새로운 특징 그리고 특징들의 각각의 조합을 포함하며, 상기 특징 또는 상기와 같은 조합 자체가 특허청구범위 또는 실시 예들에 명시적으로 기재되어 있지 않더라도 각각의 특징 조합은 특허청구범위에 포함된 것으로 간주된다.

도면

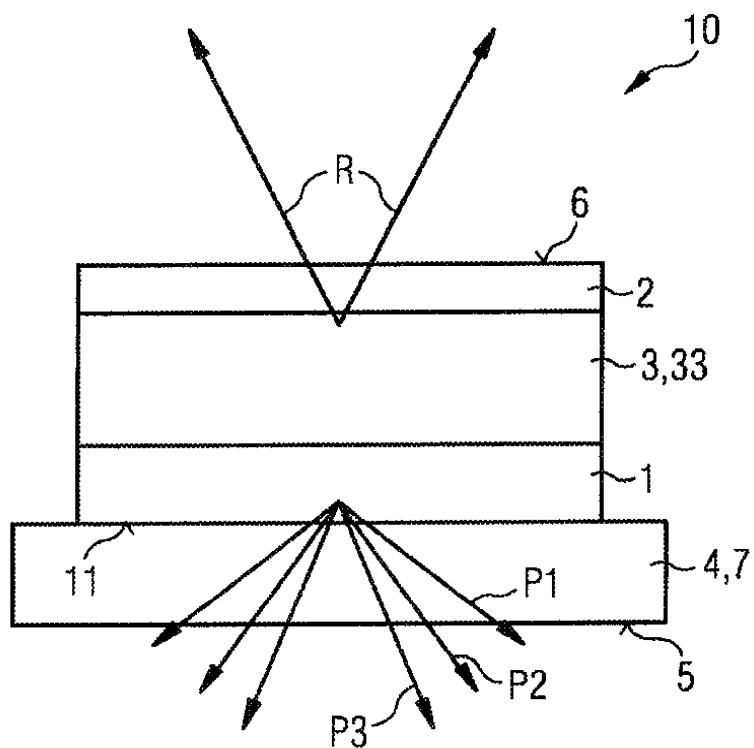
도면1



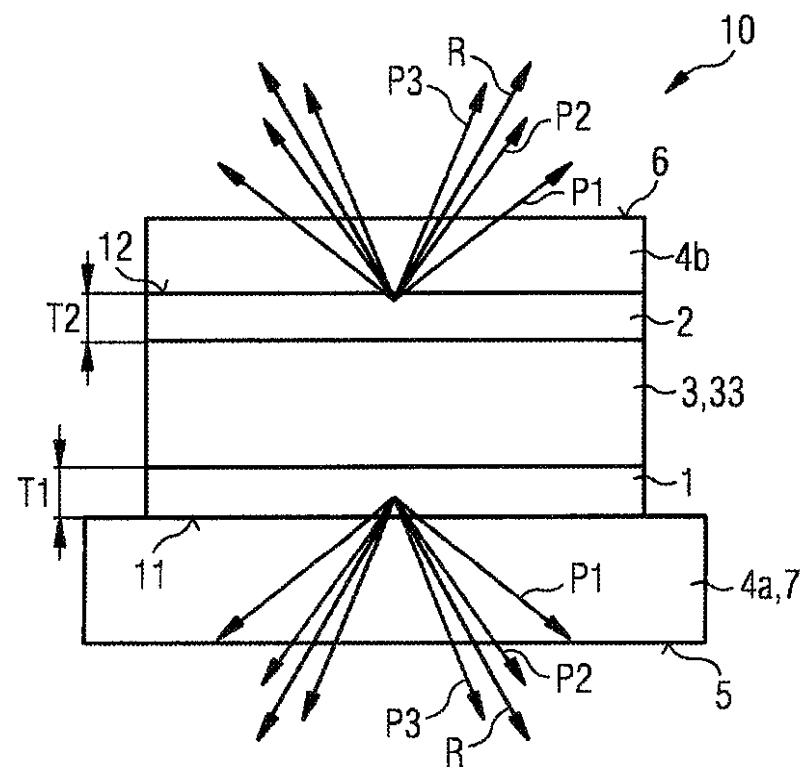
도면2



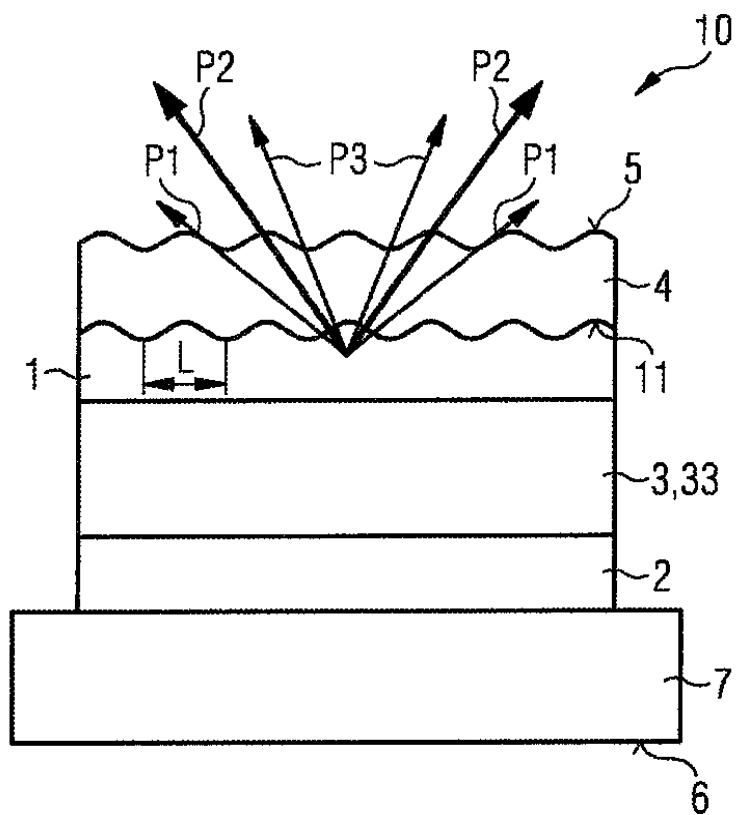
도면3



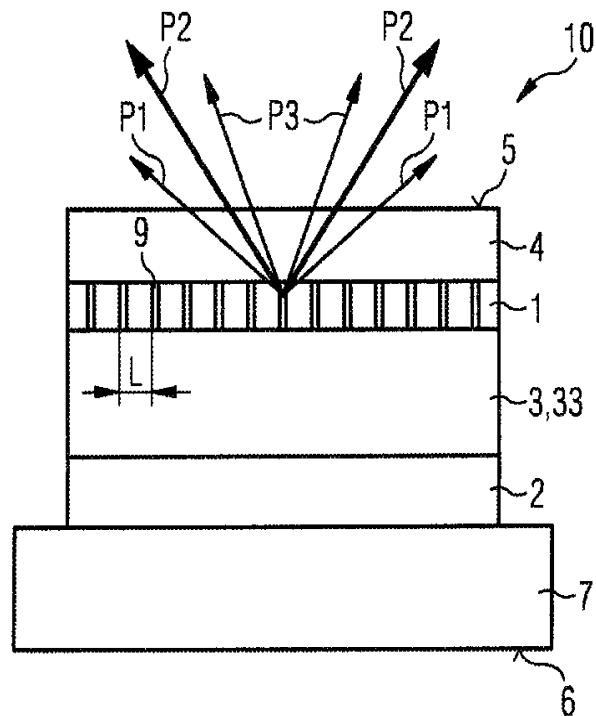
도면4



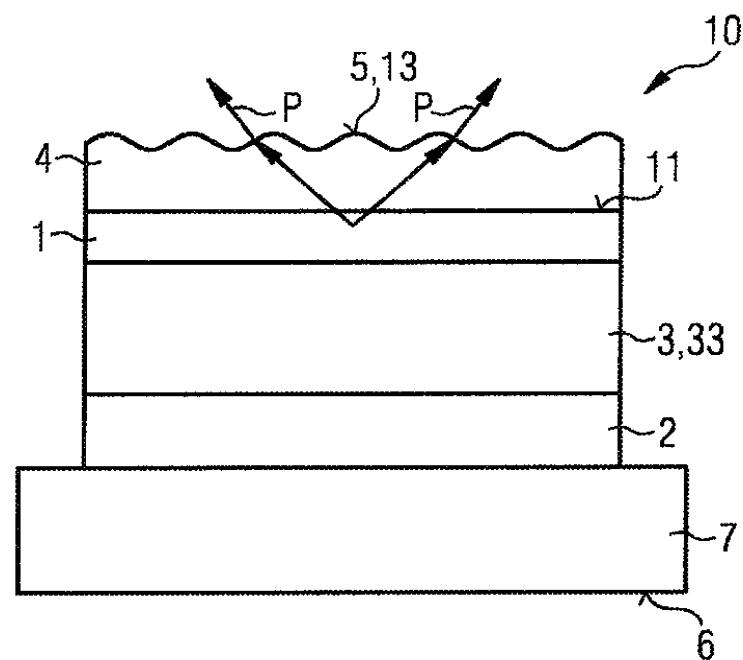
도면5



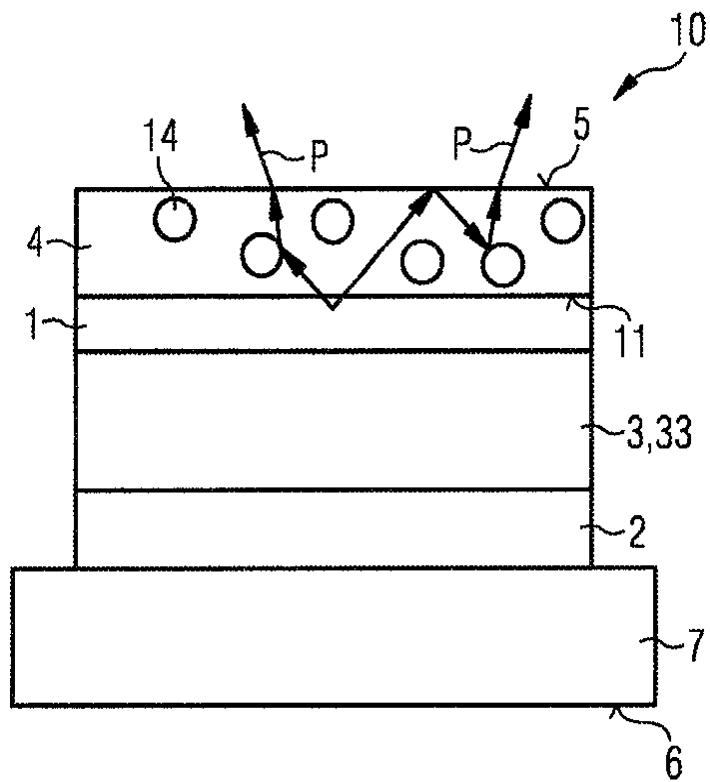
도면6



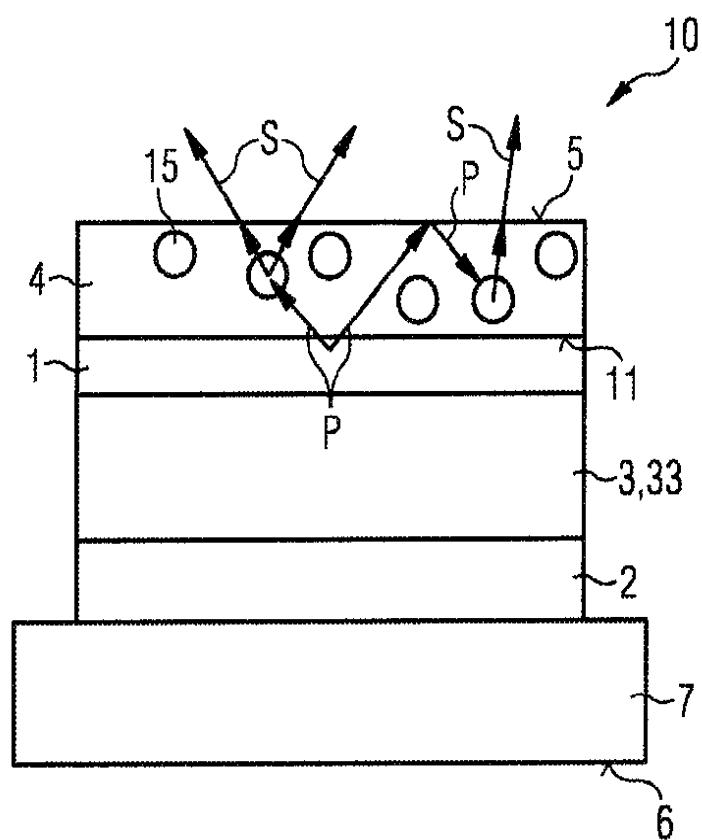
도면7



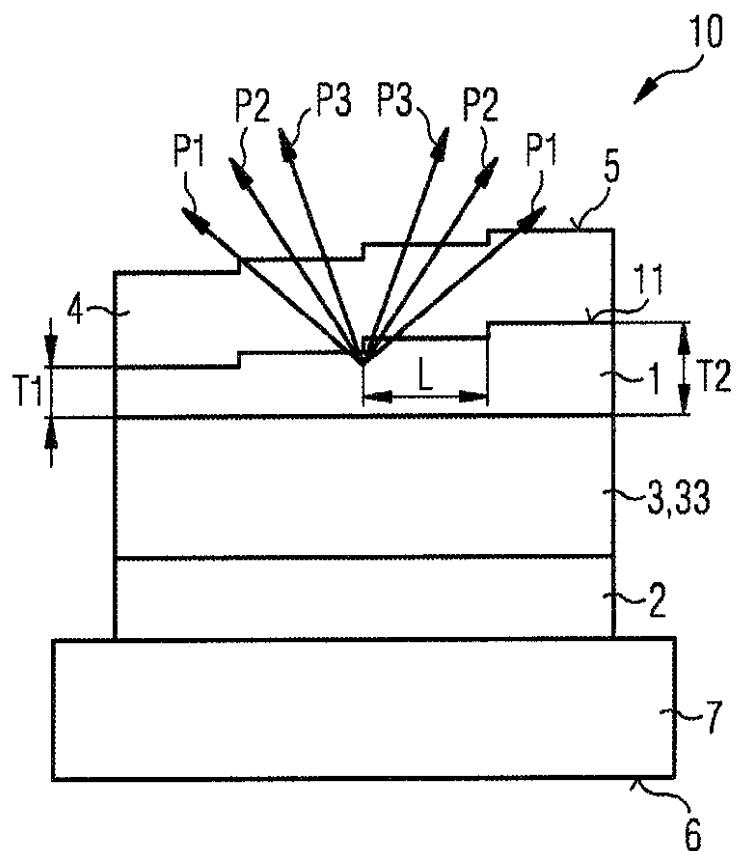
도면8



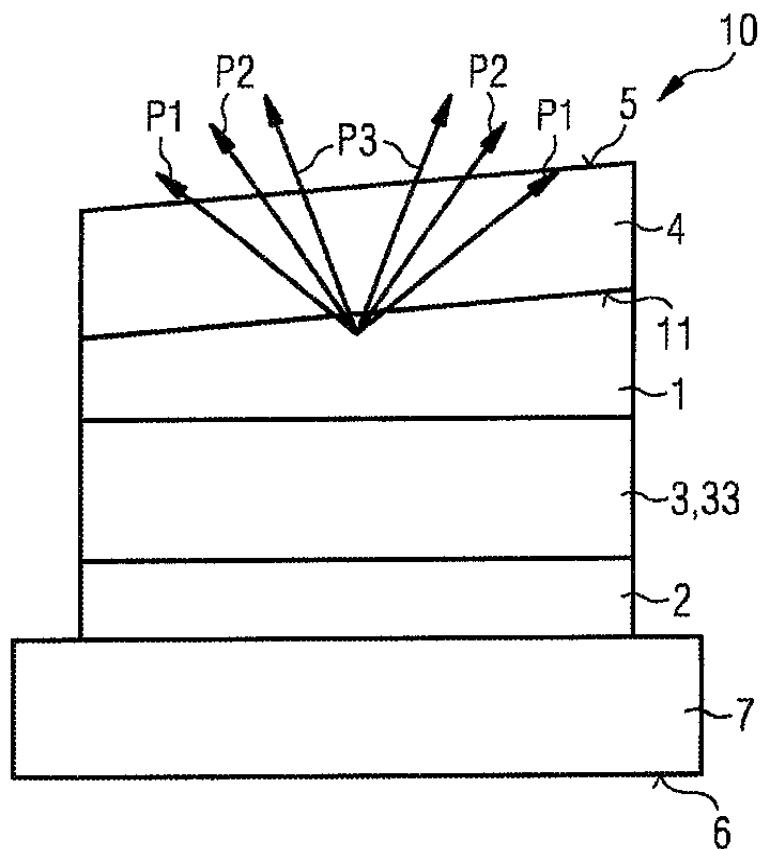
도면9



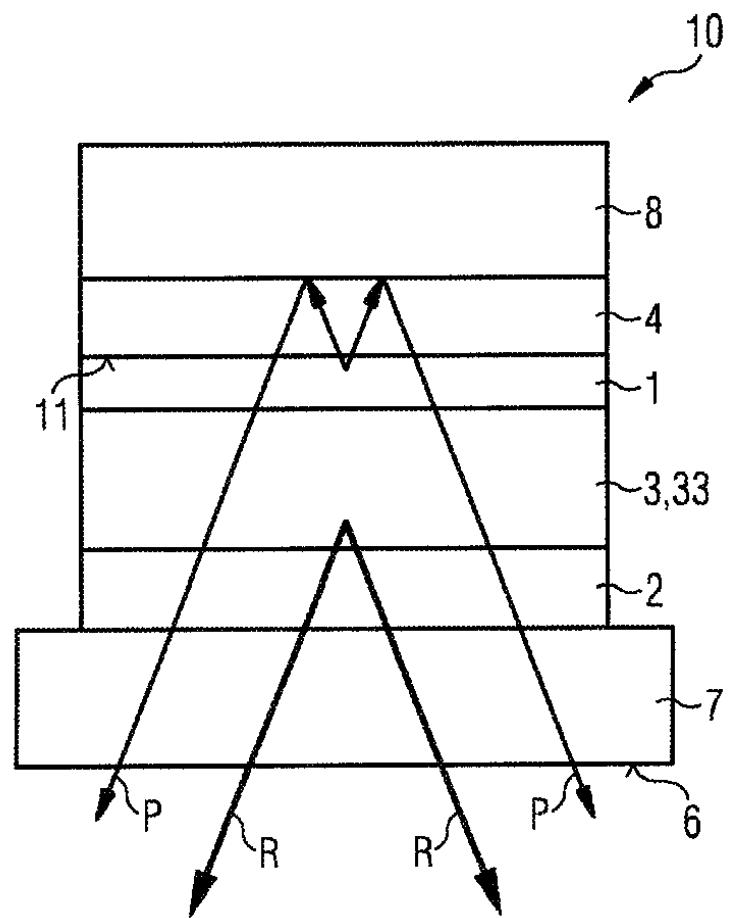
도면10



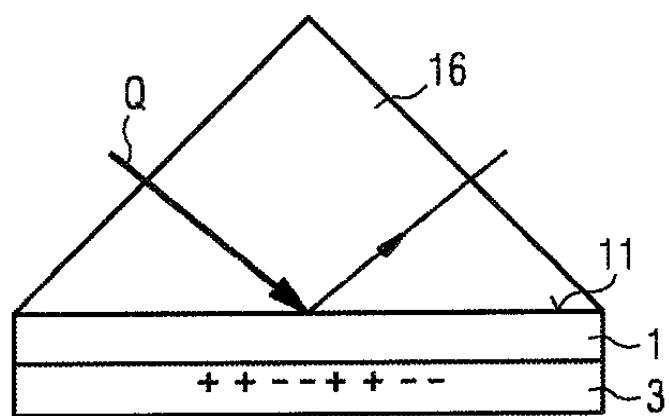
도면11



도면12



도면13



도면14

