



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2024-0166248
(43) 공개일자 2024년11월26일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

H10K 59/60 (2023.01) H10K 101/60 (2023.01)
H10K 102/00 (2023.01) H10K 50/11 (2023.01)
H10K 50/15 (2023.01) H10K 50/18 (2023.01)
H10K 50/816 (2023.01) H10K 50/818 (2023.01)
H10K 50/82 (2023.01)

(52) CPC특허분류

H10K 59/60 (2023.02)
H10K 50/11 (2023.02)

(21) 출원번호 10-2023-0063836

(22) 출원일자 2023년05월17일

심사청구일자 2023년05월17일

(71) 출원인

한국과학기술연구원

서울특별시 성북구 화랑로14길 5 (하월곡동)

경희대학교 산학협력단

경기도 용인시 기흥구 덕영대로 1732 (서천동, 경희대학교 국제캠퍼스내)

(72) 발명자

유형근

서울특별시 성북구 화랑로14길 5

서민철

서울특별시 송파구 올림픽로 135, 리센즈아파트 203동 2802호

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

특허법인로알

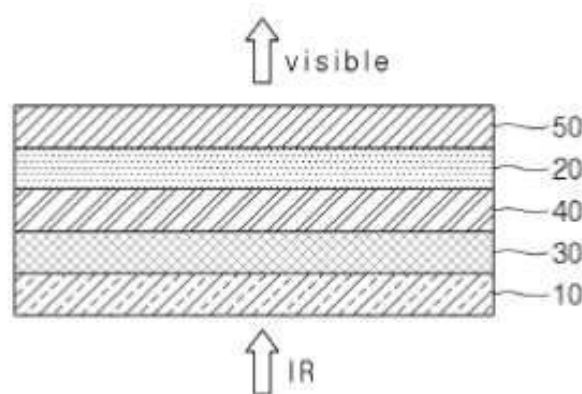
전체 청구항 수 : 총 6 항

(54) 발명의 명칭 단파장 적외선의 업컨버전 소자

(57) 요약

일 실시예의 단파장 적외선의 업컨버전 소자는, 애노드에 연결된 제1 전극, 상기 제1 전극 위에 적층되며, 상기 제1 전극을 통해 입사된 단파장 적외선을 가시광으로 업컨버전하는 발광층, 제1 전극과 상기 발광층 사이에 위치해 상기 발광층으로의 정공 주입을 방지하는 블록킹층, 상기 블록킹층과 상기 발광층 사이에 위치하며, 상기 제1 전극을 통해 입사되는 상기 단파장 적외선을 흡수해 만들어진 전자-정공쌍에서 정공을 상기 발광층에 주입하는 적외선 감응 박막층, 상기 발광층 위에 적층되고, 캐소드에 연결된 투명한 제2 전극을 포함하고, 상기 제1 전극은, 투명전극부와, 상기 발광층에서 상기 제1 전극을 향해 입사된 가시광을 상기 제2 전극 쪽으로 반사하는 반사전극부를 포함해 구성된다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

H10K 50/15 (2023.02)
H10K 50/18 (2023.02)
H10K 50/816 (2023.02)
H10K 50/818 (2023.02)
H10K 50/82 (2023.02)
H10K 2101/60 (2023.02)
H10K 2102/351 (2023.02)

이종윤

서울특별시 성북구 화랑로14길 5

(72) 발명자

손해정

서울특별시 성북구 화랑로14길 5

김지훈

경상남도 창원시 진해구 냉천로 262, 103동 603호

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711195510
과제번호	2020M3H4A3081817
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	나노소재기술개발
연구과제명	롤러블 광전소자용 인쇄공정 기반 안정성 확보 기술 개발
기 여 율	1/3
과제수행기관명	한국과학기술연구원
연구기간	2022.01.01 ~ 2023.12.31

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711173310
과제번호	2E31840
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국과학기술연구원
연구사업명	한국과학기술연구원연구운영비지원(주요사업비)
연구과제명	기후변화에 대비한 신재생에너지 및 재난안전 모니터링
기 여 율	1/3
과제수행기관명	한국과학기술연구원
연구기간	2022.01.01 ~ 2022.12.31

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711188564
과제번호	2021R1A2C1008725
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	개인기초연구(과기정통부)
연구과제명	용액 공정을 통한 고효율 Stretchable OLED 제작이 가능한 신규 발광탄성체 및 유연
전극 소재 연구	
기 여 율	1/3
과제수행기관명	경희대학교
연구기간	2023.03.01 ~ 2024.02.29

명세서

청구범위

청구항 1

애노드에 연결된 제1 전극;

상기 제1 전극 위에 적층되며, 상기 제1 전극을 통해 입사된 단파장 적외선을 가시광으로 업컨버전하는 발광층;

제1 전극과 상기 발광층 사이에 위치해 상기 발광층으로의 정공 주입을 방지하는 블록킹층;

상기 블록킹층과 상기 발광층 사이에 위치하며, 상기 제1 전극을 통해 입사되는 상기 단파장 적외선을 흡수해 만들어진 전자-정공쌍에서 정공을 상기 발광층에 주입하는 적외선 감응 박막층;

상기 발광층 위에 적층되고, 캐소드에 연결된 투명한 제2 전극;

을 포함하고,

상기 제1 전극은,

투명전극부와,

상기 발광층에서 상기 제1 전극을 향해 입사된 가시광을 상기 제2 전극 쪽으로 반사하는 반사전극부,

를 포함하는 단파장 적외선의 업컨버전 소자.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 투명전극부는,

상기 반사전극부의 하부에 위치하는 제1 투명전극부와, 상기 반사전극부의 상부에 위치하는 제2 투명전극부,

를 포함하는 단파장 적외선의 업컨버전 소자.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 반사전극부는 금속 박막인 단파장 적외선의 업컨버전 소자.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 금속은, 은(Ag), 금(Au), 알루미늄(Al)을 포함하는 단파장 적외선의 업컨버전 소자.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 투명 전극부는, 금속 산화물로 구성된 단파장 적외선의 업컨버전 소자.

청구항 6

제1항 내지 제5항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 발광층은,

상기 제1 전극에서 상기 제2 전극을 향하는 방향으로 순차적으로 적층된 정공 주입층과 정공 수송층을 포함하고,

상기 블록킹층, 상기 적외선 감응 박막층, 상기 정공 주입층, 상기 정공 수송층을 합한 두께(d)는 $nd = 1/4\lambda$

(n =굴절율, d =두께, λ =파장)인 단파장 적외선의 업컨버전 소자.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 단파장 적외선을 가시광으로 업컨버전(up-conversion)하는 소자에 관한 것이다.

배경 기술

- [0003] 단파장 적외선(SWIR)은 근적외선(NIR, Near Infrared) 대비 대기내 산란이 적고, 인간의 눈에 무해한 장점을 갖기 때문에 군사 보안, 영상 의학, 자율주행 기술 등 활용가치가 높다. 적외선 이미징을 하기 위해서는 이미지 센서 기술이 필요한데, SWIR 영역의 센싱 소재는 InGaAs가 거의 유일하다.
- [0004] InGaAs는 III-V족 반도체로서 분자빔 에피택시(Molecular Beam Epitaxy)와 같은 고가의 증착 방식을 필요로 하며, 격자 상수가 비슷한 InP 기판 위에 성장시킨 InGaAs 픽셀을 다시 실리콘 기반의 직접 회로(integrated circuit)에 접합해야 하는 어려움이 있다. 그럼에도 불구하고 InGaAs 기반 SWIR 이미지 센서 이외에 대안 소재가 없으므로 고가의 기술이라 하더라도 우주, 항공, 군사 분야에 제한적으로 적용되고 있는 실정이다.
- [0005] 이러한 현실적 문제를 해결하기 위해 고안된 적외선-가시광선 업컨버전 이미지 장치(Infrared-to-Visible Up-Conversion Device)는 적외선 검출기(Infrared Photodetector)와 발광다이오드(LED)의 적층으로 구성되는데, 적외선 이미지를 가시광선 이미지로 변환시킬 수 있다.
- [0006] 이 같은 업컨버전 이미지 소자의 장점은 값싼 실리콘 CMOS 이미지 센서로도 쉽게 적외선 이미징을 구현할 수 있다는 점이다. 업컨버전 소자를 실리콘 CMOS 이미지 센서 앞단에 위치시키면 적외선 이미지가 가시광선으로 변환되고 변환된 가시광선 이미지가 실리콘 CMOS 이미지 센서로 검출될 수 있다.
- [0007] 하지만, 업컨버전 소자는 외부양자효율(EQE)이 낮은 문제점을 가지고 있다. 업컨버전 소자의 외부양자효율은 적외선 광자의 개수 대비 방출되는 가시광선 광자의 개수의 퍼센트를 뜻한다. 적외선 검출기의 EQE가 5% 정도라고 했을 때, 발광다이오드(LED)의 EQE 20%를 곱하면 1%의 EQE 정도가 나온다. 이는 적외선 100개가 가시광선 1개로 변환된다는 것을 뜻한다.
- [0008] 낮은 EQE는 그만큼 센 적외선을 조사해야 가시광선으로 변환될 수 있고, 낮은 민감도를 의미한다. 특히 적외선 빛이 약한 환경, 예컨대 밤이나 안개 낀 환경에서 사용할 경우 이미지가 보이지 않을 수 있다.
- [0009] 따라서, 적외선 업컨버전 소자를 상용화하려면 높은 검출도(detectivity)와 높은 EQE를 갖는 것이 필요하다.
- [0010] 뿐만 아니라, 발광다이오드로부터의 발광은 각 화소마다 점광원처럼 모든 방향으로 발광되기 때문에, 이미지 센서에서 선명한 가시광선 이미지를 얻기 위해서는 분산 발광된 빛을 다시 이미지 센서에 포커싱해야 하고, 이 과정에서 복잡한 구성의 광학계를 수반하는 광학적 설계를 필요로 한다.
- [0011] 이는 잠재적으로 업컨버전 기반 적외선 이미지 센서의 가격을 상승시키며 제품을 소형화 하는데 문제를 일으키기 때문에 반드시 해결해야 되는 요인이다.
- [0012] 미국출원 등록번호 제10483325호에서는 트랜지스터 구조에 IR검출 박막과 OLED를 삽입한 구조를 개시한다. 종래의 구조가 2 터미널 다이오드 구조를 통해 입사한 적외선으로부터 생성된 광전하가 직접 OLED로 이송되어 빛을 발광한다면, 3 터미널 트랜지스터 구조는 적외선이 게이트의 캐패시턴스를 변화시키는 역할을 수행하여 OLED로 이송되는 전하량을 매우 높일 수 있는 구조다. 이를 통해 이 선행기술은 100% 이상의 EQE를 달성하였다.
- [0013] 그러나, 이 선행 기술은 매우 높은 EQE를 가진 적외선 업컨버전 소자를 만들 수 있으나, 10층 이상의 복잡한 구조로 이루어져 있으며, 3터미널 구조에 따른 컨택 구조 설계 필요성, 추가적인 게이트 전력 필요성 등 소자 성능을 높이는 것 대비 가격 또한 상승시키는 요소가 매우 많다. 실질적으로 핸드폰과 같은 소형 카메라에 적용할 경우 문제가 될 수 있는 부분이다.

선행기술문헌

특허문헌

[0015] (특허문헌 0001) 미국출원 등록번호 제10483325호

발명의 내용

해결하려는 과제

[0016] 본 발명은 이 같은 기술적 배경에서 창안된 것으로, 단파장 적외선을 가시광으로 업컨버전하는데 있어서 구조적으로 단순하며 업컨버전된 빛이 높은 직진성을 가져 불필요하게 광학계가 늘어는 것을 방지하는데 있다.

과제의 해결 수단

[0018] 상기 기술적 과제를 해결하기 위하여, 일 실시예의 단파장 적외선의 업컨버전 소자는, 애노드에 연결된 제1 전극, 상기 제1 전극 위에 적층되며, 상기 제1 전극을 통해 입사된 단파장 적외선을 가시광으로 업컨버전하는 발광층, 제1 전극과 상기 발광층 사이에 위치해 상기 발광층으로의 정공 주입을 방지하는 블록킹층, 상기 블록킹층과 상기 발광층 사이에 위치하며, 상기 제1 전극을 통해 입사되는 상기 단파장 적외선을 흡수해 만들어진 전자-정공쌍에서 정공을 상기 발광층에 주입하는 적외선 감응 박막층, 상기 발광층 위에 적층되고, 캐소드에 연결된 투명한 제2 전극을 포함하고, 상기 제1 전극은, 투명전극부와, 상기 발광층에서 상기 제1 전극을 향해 입사된 가시광을 상기 제2 전극 쪽으로 반사하는 반사전극부를 포함해 구성된다.

[0019] 상기 투명전극부는, 상기 반사전극부의 하부에 위치하는 제1 반사전극부와, 상기 반사전극부의 상부에 위치하는 제2 반사전극부를 포함할 수 있다.

[0020] 상기 반사전극부는 금속 박막이고, 상기 금속은, 은(Ag), 금(Au), 알루미늄(Al)을 포함할 수 있다.

[0021] 상기 투명 전극부는, 금속 산화물로 구성될 수 있다.

[0022] 상기 발광층은, 상기 제1 전극에서 상기 제2 전극을 향하는 방향으로 순차적으로 적층된 정공 주입층과 정공 수송층을 포함하고, 상기 블록킹층, 상기 적외선 감응 박막층, 상기 정공 주입층, 상기 정공 수송층을 합한 두께(d)는 $nd = 1/4\lambda$ (n =굴절율, d =두께, λ =파장)이다.

발명의 효과

[0024] 본 발명의 일 실시예에 따른 단파장 적외선의 업컨버전 소자는, 발광이 빛이 여러 방향으로 퍼져 나가는 분산 발광이 아닌 직진성을 가진 발광이므로, 빛의 손실없이 빛을 이미지 센서로 집속하기가 훨씬 수월해진다. 이는 발광을 한방향으로 집중시켜 업컨버전 소자의 EQE를 높일 뿐 아니라, 렌즈의 구성 및 설계를 단순화시켜 핸드폰이나 나이트비전 안경 등 소형화된 제품에 적용 시 유리하며, 구조적 단순화로 가격을 낮출 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0026] 도 1은 일 실시예에 따른 업컨버전 소자가 적용된 카메라의 일 예를 보여주는 도면이다.

도 2는 제1 전극의 층별 구성을 보여주는 도면이다.

도 3은 발광층의 세부적 구성을 보여주는 도면이다.

도 4는 본 발명의 효과를 설명하기 위한 도면으로, 도 4의 (a)는 종래 기술에 따른 빛의 경로를, (b)는 본 발명에 따른 빛의 경로를 보여준다.

도 5 및 도 6은 업컨버전 소자의 동작을 설명하기 위한 도면이다.

도 7 내지 도 11은 효과를 설명하기 위한 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

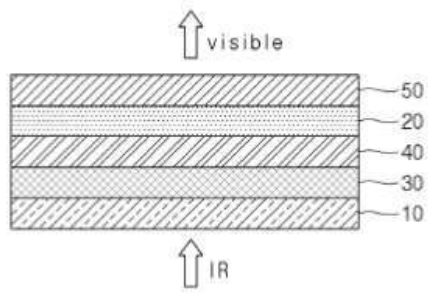
- [0027] 이하에서는 도면을 참조하여 본 발명의 실시예들을 구체적으로 설명하도록 한다. 다만, 하기의 설명 및 첨부된 도면에서 본 발명의 요지를 흐릴 수 있는 공지 기능 또는 구성에 대한 상세한 설명은 생략한다. 덧붙여, 명세서 전체에서, 어떤 구성 요소를 '포함'한다는 것은, 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라, 다른 구성요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미한다.
- [0028] 또한, 제 1, 제 2 등의 용어는 다양한 구성요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 상기 구성 요소들은 상기 용어들에 의해 한정되어서는 안 된다. 상기 용어들은 하나의 구성 요소를 다른 구성 요소로부터 구별하는 목적으로 사용될 수 있다. 예를 들어, 본 발명의 권리 범위로부터 이탈되지 않은 채 제 1 구성 요소는 제 2 구성 요소로 명명될 수 있고, 유사하게 제 2 구성 요소도 제 1 구성 요소로 명명될 수 있다.
- [0029] 본 발명에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시예를 설명하기 위해 사용된 것으로, 본 발명을 한정하려는 의도가 아니다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 출원에서, "포함하다" 또는 "구비하다" 등의 용어는 실시된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.
- [0030] 특별히 다르게 정의되지 않는 한, 기술적이거나 과학적인 용어를 포함해서 여기서 사용되는 모든 용어들은 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 일반적으로 이해되는 것과 동일한 의미이다. 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 것과 같은 용어들은 관련 기술의 문맥상 가지는 의미와 일치하는 의미인 것으로 해석되어야 하며, 본 출원에서 명백하게 정의하지 않는 한, 이상적이거나 과도하게 형식적인 의미로 해석되지 않는다.
- [0031] 이하, 도 1을 참조해서 본 발명의 일 실시예에 따른 단파장 적외선의 업컨버전 소자에 대해서 자세히 설명한다.
- [0032] 일 실시예의 업컨버전 소자는 애노드에 연결된 제1 전극(10), 상기 제1 전극 위에 적층되며, 상기 제1 전극을 통해 입사된 단파장 적외선을 가시광으로 업컨버전하는 발광층(20), 제1 전극과 상기 발광층 사이에 위치해 상기 발광층으로의 정공 주입을 방지하는 블록킹층(30), 상기 블록킹층과 상기 발광층 사이에 위치하며 상기 제1 전극을 통해 입사되는 상기 단파장 적외선을 흡수해 만들어진 전자-정공쌍에서 정공을 상기 발광층에 주입하는 적외선 감응 박막층(40), 상기 발광층 위에 적층되고 캐소드에 연결된 투명한 제2 전극(50)을 포함해 구성된다.
- [0033] 일 실시예의 업컨버전 소자는 제1 전극(10) 편에서 입력되는 단파장 적외선(IR)을 가시광으로 업컨버전하여 제2 전극(50) 쪽으로 방출한다.
- [0034] 도 2에서 예시하는 바처럼, 제1 전극(10)은 외부에서 소자를 향해 입사되는 단파장의 적외선을 투과시키기 위해서 투명한 재질로 만들어진다. 또한 제1 전극(10)은 발광층(20)에서 업컨버전된 가시광 중 일부 제1 전극을 향해 방사되는 가시광을 반사해 제2 전극(50)을 향하도록 한다. 이를 위해서, 제1 전극(10)은 반투과성 재질을 포함한다.
- [0035] 여기서, 반투과성 재질은 은(Ag), 금(Au), 알루미늄(Al)과 같은 금속의 얇은 박막이다. 금속의 얇은 박막은 입사되는 빛의 일부를 투과할 뿐만 아니라, 일부는 반사시킨다.
- [0036] 바람직한 한 형태에서, 제1 전극(10)은 도 2에서는 예시하는 바처럼 적어도 3개의 얇은 박막을 포함해 구성될 수 있다. 제1 전극(10)은 반사 전극부(11)와 반사 전극극부(11)를 중심으로 위 아래에 적층된 투명전극부(13, 15)를 포함한다.
- [0037] 투명전극부(13, 15)는 위치에 따라, 제1 투명전극부(13)와 제2 투명전극부(15)를 포함할 수 있다. 제1 투명전극부(13)는 반사전극부(11)의 하부에 위치하며, 제2 투명전극부(15)는 반사전극부(11)의 상부에 위치할 수 있다.
- [0038] 이 같은 투명전극부(13, 115)는 투명한 도전성 물질, 일 예로 ITO(Indium-Tin-Oxide), IZO(Indium-Zinc-Oxide)와 같은 금속 산화물로 구성될 수 있다.
- [0039] 본 발명에서는 전극으로 기능하는 제1 전극(10)이 전극을 구성할 뿐만 아니라, 발광층(40)에서 업컨버전된 빛이 제2 전극(50)을 향해 반사되도록 구성됨으로써, 빛의 직진성을 높임과 동시에 EQE를 향상시킨다.
- [0040] 이처럼 구성되는 제1 전극(10) 위로는 블록킹층(30)이 형성된다.

- [0041] 이 블록킹층(30)은 애노드에 연결된 제1 전극(10)을 통해서 정공이 발광층(40)에 주입되는 것을 방지해 발광층(40)이 발광하는 것을 방지한다. 즉 블록킹층(30)은 단파장 적외선이 조사되지 않는 환경에서 발광층(20)에 정공이 주입되는 것을 방지해, 발광층(20)에서 정공과 전자가 재결합해 가시광이 발생하는 것을 방지한다.
- [0042] 이 블록킹층(30)은 HBL(Hole Blocking Layer)로도 불리며, OLED 분야에서 이미 다양한 종류의 재료들이 개발된 바이며, 본 발명에서도 제한없이 다양한 종류의 재료들이 반도체 공정을 통해 블록킹층을 구성한다.
- [0043] 블록킹층(30) 위로는 발광층(20)이 적층 형성된다. 이 발광층(20)은 제1 전극(10) 편에서 주입되는 정공과 제2 전극(50) 편에서 주입되는 전자를 재결합해 가시광의 빛을 낸다. 이 발광층(20)은 EML(Emission material layer)로도 불리며, OLED 분야에서 이미 다양한 종류의 재료들이 개발된 바이며, 본 발명에서도 제한없이 다양한 종류의 재료들이 반도체 공정을 통해 발광층을 구성한다.
- [0044] 한편, 블록킹층(30)과 발광층(20) 사이에는 적외선 감응 방막층(40)이 더 형성되어, 제1 전극(10)을 통해 입사되는 단파장 적외선(IR)을 흡수해 만들어진 전자-정공쌍에서 정공을 상기 발광층(20)에 주입한다.
- [0045] 이 적외선 감응 방막층(40)은 전자-정공 쌍을 형성하는 양자점(QD)을 포함하며, 이 양자점은 황화납(PbS) 또는 셀레늄화납(PbSe), 인듐비소(InAs) 중 적어도 어느 하나를 포함할 수 있다.
- [0046] 적외선 감응 방막층(40)으로 이용되는 황화납(PbS)은 IV-VI 족 화합물 반도체이며 크기가 나노미터 크기로 작아져서 반도체 양자점의 크기가 여기자(exciton)의 Bohr 직경과 비슷해지면 양자구속효과가 나타나서 물질의 에너지 밴드 폭이 입자의 크기가 작아짐에 따라 점차 커지게 되며 물질의 광학적 특성 또한 변화한다. 따라서 황화납(PbS) 입자의 크기를 조절할 수 있다면 입자의 에너지 밴드 폭 또한 조절이 가능하므로 원하는 파장대, 즉 단파장 적외선의 빛을 흡수할 수 있다.
- [0047] 발광층(20) 위로는 제2 전극(50)이 위치하고, 이 제2 전극(50)은 캐소드에 연결된다. 이 제2 전극(50)은 빛이 투과되는 도전성 물질로 만들어지며, 특별한 제한없이 다양한 투명한 도전성 물질로 만들어진다.
- [0048] 한편 도 3은 발광층(20)의 세부적 구성을 보여준다.
- [0049] 도 3에서, 발광층(20)은 여기층(21), 정공 주입층(29), 정공 수송층(27), 전자 주입층(25), 전자 수송층(23)을 포함한다.
- [0050] 여기층(21)은 전자와 정공이 재결합해 빛을 내는 구성으로, 전자는 에너지를 흡수해 일시적으로 여기 상태에 있다 기저 상태로 돌아가면서 빛을 낸다. 애노드(10)에서는 정공이, 캐소드(50)에서는 전자가 발광층(20)에 주입되며, 이때 애노드(10)와 여기층(21), 그리고 캐소드(50)와 여기층(21) 사이에는 전자와 정공이 소실되지 않고 여기층(21)에 잘 전달되도록 주입층(25, 29)과 수송층(23, 27)이 각각 순차적으로 배치된다.
- [0051] 도 3에서 29는 정공 주입층이고, 27은 정공 수송층, 25는 전자 주입층, 23은 전자 수송층이다.
- [0052] 본 발명에서는 제1 전극(10) 쪽에서 단파장 적외선(IR)이 입사되면, 발광층(20)에서 가시광으로 업컨버전되며, 이 가시광은 모든 방향으로 방사된다. 그런데, 이처럼 빛이 모든 방향으로 방사되면 EQE는 낮아질 수 밖에 없다. 이러한 점을 고려해서, 본 발명에서는 제1 전극(10)이 반사전극부를 더 포함하도록 구성해서 제1 전극을 향해 방사된 빛은 반사전극부에서 반사해 다시 제2 전극을 향하도록 함으로써 EQE를 개선한다.
- [0053] 또한, 본 발명에서는 반사전극부에서 반사된 빛은 보강간섭이 일어나도록 구성해서, Microcavity 효과를 극대화한다. 즉, 발광층(20)에서 제1 전극(10)을 향해 방사된 빛은 제1 전극(10)에서 반사되어 제2 전극(50)을 향해 굴절되는데, 이 광 경로 상에 위치하는 블록킹층(30), 적외선 감응 박막층(40), 정공 주입층(29), 정공 수송층(27)을 모두 합친 두께가 파장의 $\frac{1}{4}$ 이 되도록 구성해서, 제2 전극으로 발광하는 빛끼리 보강간섭이 일어나도록 한다. 즉, 일 실시예에서, 블록킹층(30), 적외선 감응 박막층(40), 정공 주입층(29), 정공 수송층(27)을 합친 두께(d)는 $nd = \frac{1}{4}\lambda$ (n =굴절율, d =두께, λ =파장)의 조건을 만족하도록 구성된다.
- [0054] 도 4는 본 발명의 효과를 설명하기 위한 도면으로, 도 4의 (a)는 종래 기술에 따른 빛의 경로를, (b)는 본 발명에 따른 빛의 경로를 보여준다.
- [0055] 상기에서 언급한바처럼 IR검출 박막(또는 IR 센서, 100)과 OLED(200)를 삽입한 구조는 공개된 바이며, 이 경우의 빛의 경로를 도 4의 (a)에 도시하였다. 도 4의 (a)에서 도시하는 바처럼, OLED(200)에서 업컨버전된 빛은 모든 방향으로 방사되기 때문에, EQE가 낮을 수 밖에 없고 또한 이미지 센서(300)에 상을 맺히게 하기 위해서는 복잡한 광학계(400)를 추가해야만 한다.

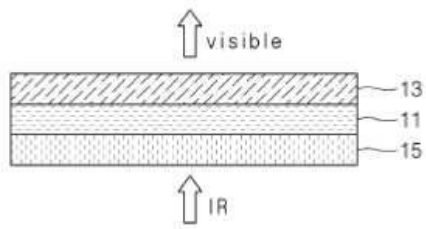
- [0056] 대비해서, 도 4의 (b)는 본 발명에 따른 업컨버전 소자의 구성을 보여주며, OLED(2000)에서 방사된 빛은 상술한 바처럼 제1 전극에서 반사되며 보강 간섭을 통해 강화되기 때문에 종래 기술 대비 높은 직진성을 갖는다. 따라서, 이미지 센서(3000)에 상을 맺히게 하기 위해서 종래기술처럼 복잡한 광학계를 필요로 하지 않으며, 또한 높은 직진성으로 인해서 EQE 역시 높을 수가 있다.
- [0057] 이하, 도 5 및 도 6을 참조해서, 본 발명에 따른 업컨버전 소자의 동작 원리에 대해서 설명한다. 도 5는 단파장 적외선이 조사되지 않는 경우, 도 6은 단파장 적외선이 조사될 때의 동작을 설명하는 도면이다.
- [0058] 업컨버전 소자는 역방향 전압(Reverse bias)이, OLED는 순방향 전압(Forward bias)로 걸려 있게 되는 백투백(back-to-back) 다이오드 구조이다.
- [0059] 적외선이 조사되지 않는 환경에서는 제2 전극(50)으로부터 주입된 전자가 발광층(20)에서 정공과 재결합하지 못해 가시광선 빛이 나오지 않게 된다. 이는 제1 전극(10)과 발광층(20) 사이에 배치된 블록킹층(30)이 제1 전극(10)을 통해 주입된 정공이 발광층(20)에 전달되는 것을 방지하기 때문이다.
- [0060] 업컨버전 소자에 단파장 적외선을 조사하면 적외선 감응 박막층(40)이 단파장 적외선을 흡수하여 전자-정공 쌍을 형성하게 되고 이중 정공이 발광층(20)으로 이동하여 전자와 만나 가시광선을 발광하게 된다.
- [0061] 이때 제1 전극(10) 편으로도 발광이 이루어지는데 이는 이미지 센서를 이용한 적외선 이미징 측면에서 보았을 때 모두 손실되는 빛이다.
- [0062] 그런데, 본 발명에서는 제1 전극(10)이 반사전극부를 포함해 구성되므로 발광층에서 제1 전극을 향해 나온 가시광선이 상부로 반사되어 더욱 강한 가시광선의 발광을 유도할 수 있다. 이때 제1 전극의 반사전극부로 인하여 제1 전극을 투과하는 단파장 적외선의 투과율이 줄어들어 발광층(20)에 흡수되는 빛의 양이 줄어들 수 있지만, Microcavity 효과에 의해 가시광선 발광이 더 늘어나게 되므로, 반사전극부로 인한 빛의 손실을 보상할 수 있다.
- [0063] 이하, 도 7 내지 도 11을 참조해 본 발명의 효과에 대해 더 자세히 설명한다.
- [0064] 실험에서, Reference OLED(비교예) 제1 전극이 ITO 단일층으로 구성되었으며, microcavity OLED(실시예)는 제1 전극을 ITO/Ag/ITO로 구성한 점만 다르고, 나머지 발광층 및 제2 전극은 동일하게 구성하였다.
- [0065] 도 7은 비교예 및 실시예의 발광 특성을 실험한 결과이다. 실험 결과, 실시예의 경우 제2 전극 방향으로 발광이 더 강하다는 것을 보여준다.
- [0066] 도 8은 OLED의 발광 스펙트럼을 보여준다. Microcavity 효과에 의해 초록색 발광 흡수 스펙트럼이 더 좁은, 색 순도가 더 높은 발광이 이루어짐을 알 수 있었다.
- [0067] 도 9는 Microcavity 효과에 의해 제2 전극 방향으로 발광하는 빛의 외부양자효율이 비교예보다 실시예가 더 높은 것을 보여준다. 외부양자효율(EQE)은 electron 100개를 주입했을 때 포톤이 몇 개 발광되어 나오는지 나타낸다. 증가된 EQE는 업컨버전 소자 적용시 외부양자효율을 증가시킬 수 있는 요소가 된다. 뿐만 아니라 current efficiency와 power efficiency 모두 Microcavity 효과 적용 시 증가하는 것을 보여준다.
- [0068] 도 10 및 11은 비교예 및 실시예의 발광 사진 및 발광 세기를 보여준다. 비교예 대비 동일한 적외선(810nm)을 조사하였을 때 실시예가 더 강한 가시광선 발광을 하는 것을 보여준다.
- [0069] 업컨버전 소자에 인가된 전압 대비 발광 강도를 비교하였을 때 실시예가 비교예 대비 1.5배의 발광강도 증가가 관찰되었다.
- [0070] 이상에서 본 발명에 대하여 그 다양한 실시예들을 중심으로 살펴보았다. 본 발명에 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자는 본 발명이 본 발명의 본질적인 특성에서 벗어나지 않는 범위에서 변형된 형태로 구현될 수 있음을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로 개시된 실시예들은 한정적인 관점이 아니라 설명적인 관점에서 고려되어야 한다. 본 발명의 범위는 전술한 설명이 아니라 특허청구범위에 나타나 있으며, 그와 동등한 범위 내에 있는 모든 차이점은 본 발명에 포함된 것으로 해석되어야 할 것이다.

도면

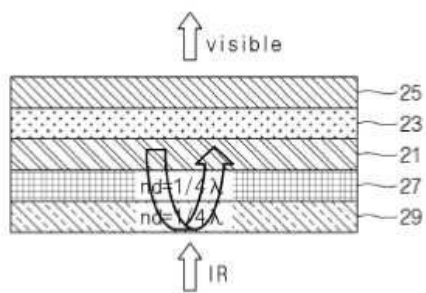
도면1



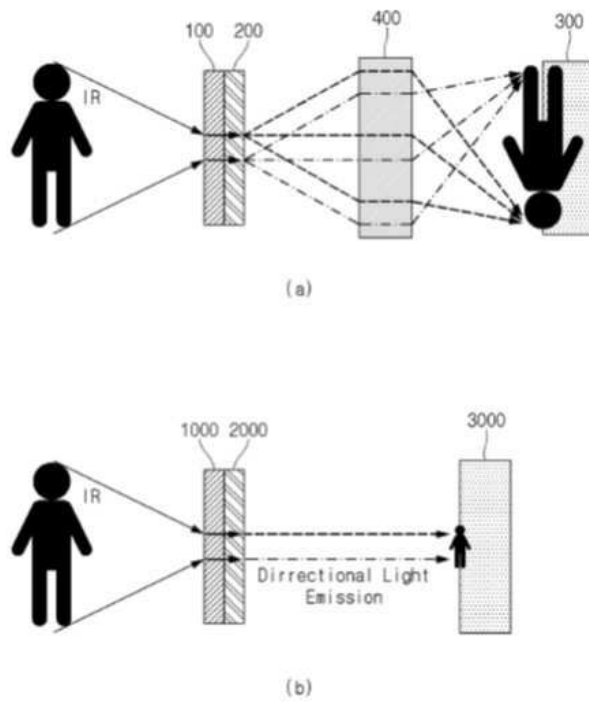
도면2



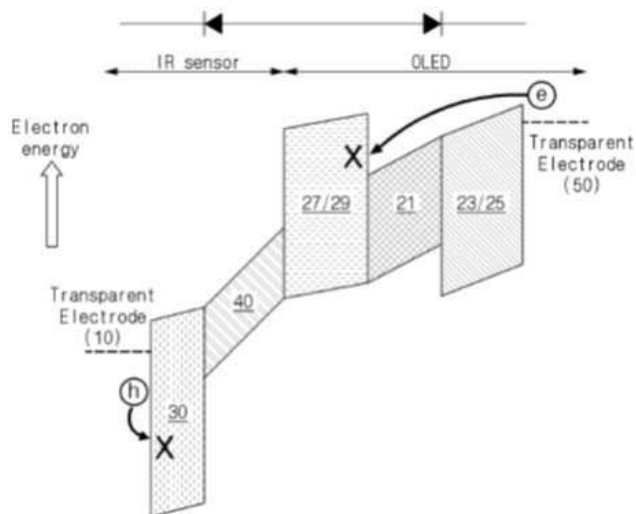
도면3



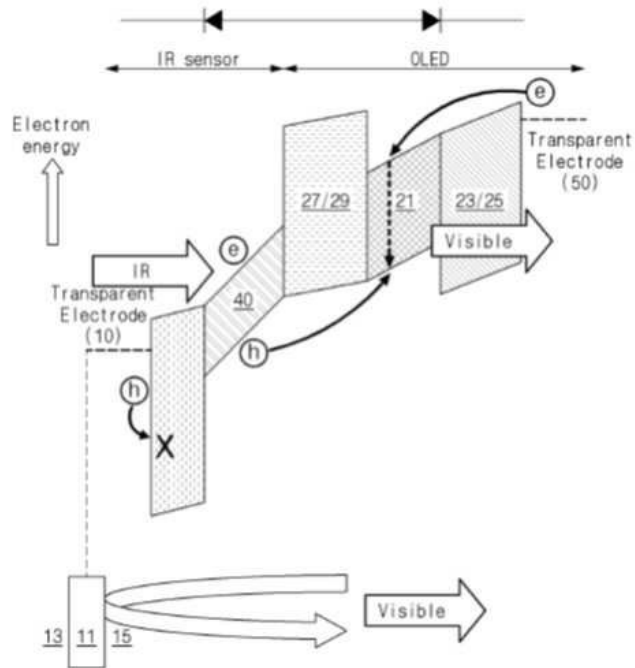
도면4



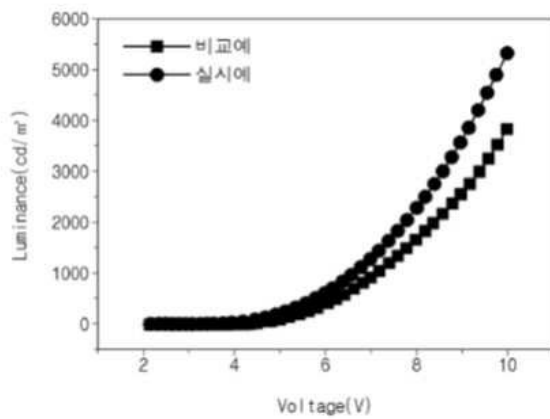
도면5



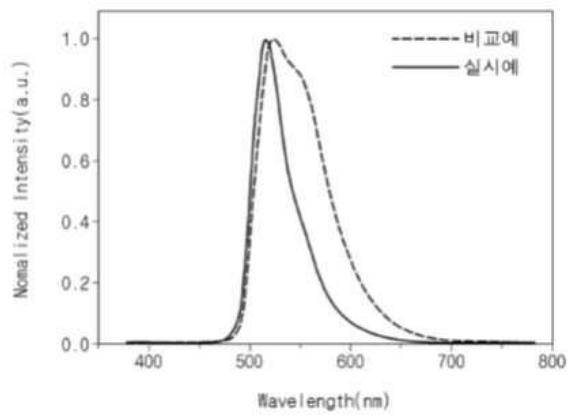
도면6



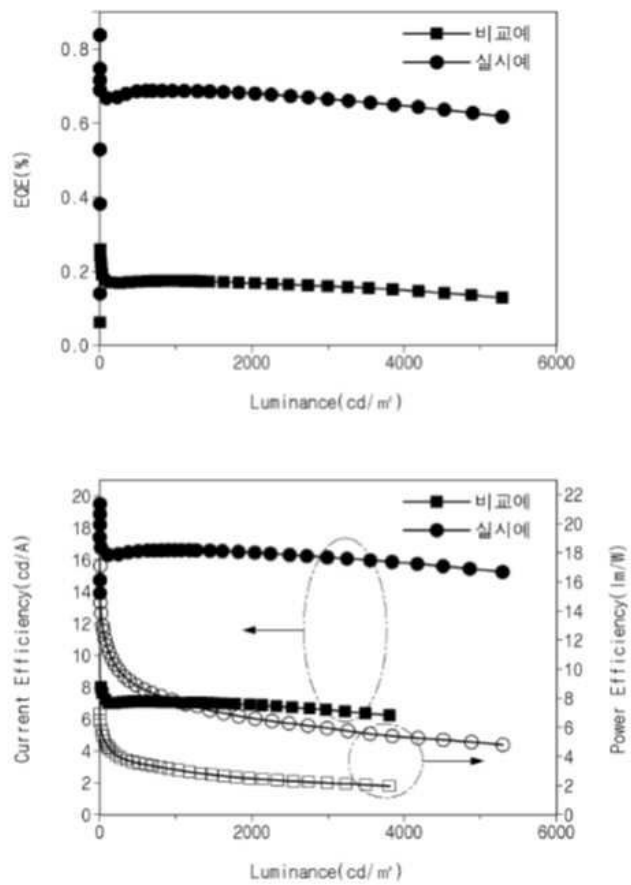
도면7



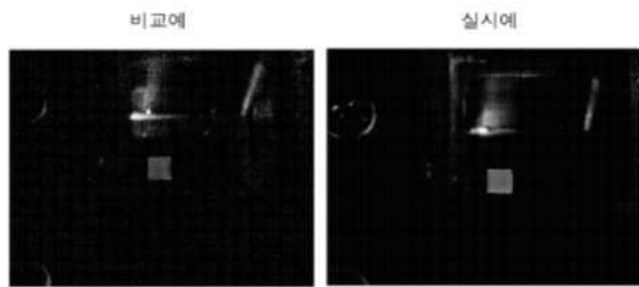
도면8



도면9



도면10



도면11

