



**(19) 대한민국특허청(KR)**  
**(12) 공개특허공보(A)**

(11) 공개번호 10-2019-0028362  
(43) 공개일자 2019년03월18일

- (51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
  - H01L 51/42 (2006.01) G06F 3/042 (2006.01)
  - H01L 27/32 (2006.01) H01L 51/50 (2006.01)
- (52) CPC특허분류  
  - H01L 51/426 (2013.01)
  - G06F 3/0421 (2013.01)
- (21) 출원번호 10-2018-7029094
- (22) 출원일자(국제) 2017년03월23일  
  - 심사청구일자 2018년10월08일
- (85) 번역문제출일자 2018년10월08일
- (86) 국제출원번호 PCT/US2017/023722
- (87) 국제공개번호 WO 2017/165592  
  - 국제공개일자 2017년09월28일
- (30) 우선권주장  
  - 62/312,608 2016년03월24일 미국(US)

- (71) 출원인  
  - 다우 글로벌 테크놀로지스 엘엘씨
  - 미국 48674 미시간주 미들랜드 다우 센터 2040
  - 롭 앤드 하이스 컴패니
  - 미국 펜실베이니아 19426 칼리지빌 아콜라 로드 400
  - (뒷면에 계속)
- (72) 발명자  
  - 트레포나스, 피터, 3세
  - 미국 01752 매사추세츠 말버러 포레스트 스트리트 455
  - 조성용
  - 미국 61801 일리노이 어배너 1307더블유 그린 에스티
  - (뒷면에 계속)
- (74) 대리인  
  - 특허법인한성

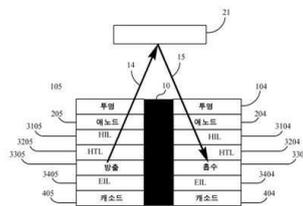
전체 청구항 수 : 총 9 항

(54) 발명의 명칭 **광전자 디바이스 및 사용 방법들**

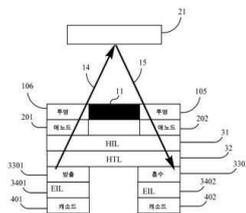
**(57) 요약**

광-방출 광전자 요소(405, 3405, 3305, 3205, 3105, 205) 및 광전류-발생 광전자 요소(405, 3404, 3304, 3204, 3104, 204)를 포함하는 디바이스가 제공되고, 디바이스는 광-방출 광전자 요소에 의해 방출된 광이 디바이스 내에서의 경로를 통해 광전류-발생 광전자 요소에 도달하는 것을 방지하는 불투명 요소(10)를 더 포함한다.

**대표도**



도 4



도 5

(52) CPC특허분류

*H01L 27/3227* (2013.01)  
*H01L 51/502* (2013.01)  
*G06F 2203/04109* (2013.01)  
*H01L 2251/564* (2013.01)  
*Y02E 10/549* (2013.01)

(71) 출원인

**롬 앤드 하스 일렉트로닉 머트어리얼즈 엘엘씨**

미국 매사추세츠 01752 말보로우 포레스트 스트리트 455

**더 보드 오브 트러스티즈 오브 더 유니버시티 오브 일리노이**

미국, 일리노이주 61801, 어바나, 라이트 스트리트 506, 헨리 어드미니스트레이션 빌딩 352

(72) 발명자

**데쉬판데, 키쇼리**

미국 77541 텍사스 프리포트 빌딩 비-1811 엔. 브라조스포트 블러버드 2301

**에월스, 트레버**

미국 48674 미시간 미들랜드 빌딩 1776

**그리어, 에드워드**

미국 19426 펜실베이니아 컬리지빌 아폴라 로드 400

**주재범**

미국 01752 매사추세츠 말버러 포레스트 스트리트 455

**오누리**

미국 61801 일리노이 어바너 1307더블유 그린 에스티.

**박종근**

미국 01752 매사추세츠 말버러 포레스트 스트리트 455

**심문섭**

미국 61801 일리노이 어바너 1307더블유 그린 에스티.

**장, 지에키안**

미국 01752 매사추세츠 말버러 포레스트 스트리트 455

**명세서**

**청구범위**

**청구항 1**

광-방출 광전자 요소 및 광전류-발생 광전자 요소를 포함하는 디바이스에 있어서,

상기 디바이스는 상기 광-방출 광전자 요소에 의해 방출된 광이 상기 디바이스 내에서의 경로를 통해 상기 광전류-발생 광전자 요소에 도달하는 것을 방지하는 불투명 요소(opaque element)를 더 포함하는, 디바이스.

**청구항 2**

청구항 1에 있어서,

상기 광-방출 광전자 요소 및 상기 광전류-발생 광전자 요소는 동일한 조성을 가지며, 상기 광-방출 광전자 요소는 유효 순방향 바이어스 하에 있고, 상기 광전류-발생 광전자 요소는 유효 역방향 바이어스 하에 있는, 디바이스.

**청구항 3**

청구항 1에 있어서,

상기 광-방출 광전자 요소는 방출 층을 포함하며, 상기 광전류-발생 광전자 요소는 흡수 층을 포함하는, 디바이스.

**청구항 4**

청구항 3에 있어서,

상기 방출 층은 밴드 갭(E1)을 가지며, 상기 광전류-발생 층은 밴드 갭(E2)을 갖고, E1은 E2보다 큰, 디바이스.

**청구항 5**

청구항 3에 있어서,

상기 방출 층은 유기 화합물을 포함하며, 상기 흡수 층은 유기 화합물을 포함하는, 디바이스.

**청구항 6**

청구항 3에 있어서,

상기 방출 층은 양자 점들 또는 나노로드(nanorod)들로 이루어진 그룹으로부터 선택된 재료를 포함하며, 상기 흡수 층은 양자 점들 및 나노로드들로 이루어진 그룹으로부터 선택된 재료를 포함하는, 디바이스.

**청구항 7**

청구항 3에 있어서,

상기 방출 층은 나노로드들을 포함하며, 상기 흡수 층은 나노로드들을 포함하는, 디바이스.

**청구항 8**

청구항 3에 있어서,

상기 방출 층은 형광체(phosphor)들을 포함하며, 상기 흡수 층은 형광체들을 포함하는, 디바이스.

**청구항 9**

청구항 1에 있어서,

상기 방출 층은 하나 이상의 이중접합들을 포함하며, 상기 흡수 층은 하나 이상의 이중접합들을 포함하는, 디바이스.

이스.

**발명의 설명**

**기술 분야**

**배경 기술**

- [0001] 몇몇 광전자 디바이스들은 둘 이상의 광전자 요소들을 포함한다. 몇몇 광전자 디바이스들에서, 하나 이상의 광전자 요소들(방출 요소들)은 적절한 전기장이 인가될 때 광을 방출하도록 구성되지만, 다른 광전자 요소들(흡수 요소들)은 적절한 파장 범위에서의 파장을 가진 광에 의해 부딪쳐질 때 전류를 발생시키도록 구성된다. 종종 흡수 요소들이 디바이스의 바깥쪽에서의 공간을 통해 이동하며 그 후 디바이스에 부딪치는 광에 응답하는 것이 바람직하다. 이러한 상황에서, 방출 요소에 의해 방출된 광이 디바이스 자체 내에서의 경로를 따라 이동하며 흡수 요소에 도달하는 것은 바람직하지 않다. 부가적으로, 흡수 요소들이 광에 의해 부딪쳐질 때 광전류를 발생시키도록 빠르게(즉, 짧은 상승 시간을 갖고) 응답하는 것이 요구된다.
- [0002] US 2014/0036168은 유기 발광 다이오드들의 어레이를 설명하며, 어레이는 광 감지뿐만 아니라 광 방출 기능을 위해 사용될 수 있다. 방출 다이오드로부터의 광이 전체적으로 디바이스 내에 있는 경로를 이동함으로써 흡수 다이오드에 도달하지 않는 개선된 디바이스를 제공하는 것이 요구된다. 또한 개선된 상승 시간들을 광전자 디바이스들에 제공하는 것이 요구된다. 개선된 디바이스들은 바람직하게는, 디바이스의 외부에 있는 물체들의 검출; 광 펜 또는 레이저 포인터와 같은 특정 디바이스로부터의 광의 검출; 및 광 펜 또는 레이저 포인트에 의해 추적된 경로에 대응하는 이미지의 생성을 포함한, 다양한 목적들을 위해 사용된다.
- [0003] 다음은 본 발명의 서술이다.

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

**과제의 해결 수단**

- [0004] 본 발명의 제 1 양상은 광-방출 광전자 요소 및 광전류-발생 광전자 요소를 포함한 디바이스이며, 상기 디바이스는 상기 광-방출 광전자 요소에 의해 방출된 광이 상기 디바이스 내에서의 경로를 통해 상기 광전류-발생 광전자 요소에 도달하는 것을 방지하는 불투명 요소(opaque element)를 추가로 포함한다.
- [0005] 본 발명의 제 2 양상은 광전자 요소 및 상기 광전자 요소에 연결된 회로를 포함한 광전자 디바이스이며,
- [0006] 상기 광전자 요소는 복수의 양자 점들 또는 복수의 나노로드(nanorod)들을 포함하며,
- [0007] 상기 회로는 상기 회로가 상기 광전자 요소로 하여금 광을 방출하게 하는 유효 순방향 바이어스 전압을 제공하는 구성과 상기 회로가 상기 광전자 요소로 하여금 상기 광전자 요소가 감응하는 광이 상기 광전자 요소에 부딪칠 때 광전류를 발생시킬 수 있게 하는 유효 역방향 바이어스 전압을 제공하는 구성 사이에서 상기 광전자 요소를 스위칭할 수 있도록 구성된다.
- [0008] 본 발명의 제 3 양상은 광전자 디바이스에 근접한 물체의 존재를 검출하는 방법이며, 상기 방법은:
- [0009] (a) 광-방출 광전자 요소 및 광전류-발생 광전자 요소를 포함한 광전자 디바이스를 제공하는 단계로서,
- [0010] 상기 디바이스는 상기 광-방출 광전자 요소에 의해 방출된 몇몇 광이 상기 광전자 디바이스를 빠져나가도록 구성되고,
- [0011] 상기 디바이스는 상기 광전자 디바이스를 빠져나가며 외부 물체에 의해 산란되거나 또는 반사되는 상기 광-방출 광전자 요소에 의해 방출된 광이 상기 광전류-발생 광전자 요소에 부딪칠 수 있도록 구성되는, 상기 제공 단계,
- [0012] (b) 상기 광-방출 광전자 요소에 유효 순방향 바이어스 전압을 및 상기 광전류-발생 광전자 요소에 유효 역방향 바이어스 전압을 가하는 단계,

- [0013] (c) 광을 산란시키거나 또는 반사시킬 수 있는 물체 또는 그것의 조합을 광이 나타나는 상기 광전자 디바이스의 표면상에서의 포인트로부터 0.1 내지 0.5 mm의 거리로 가져와서, 상기 광-방출 광전자 요소에 의해 방출되는 광으로 하여금 상기 광이 상기 광전류-발생 광전자 요소 위에 가게 되도록 반사되거나 또는 산란되게 하는 단계를 포함한다.
- [0014] 본 발명의 제 4 양상은 광전자 디바이스에 근접한 물체의 존재를 검출하는 방법이며, 상기 방법은:
- [0015] (a) 광전자 디바이스 밖에서 발원된 외부 광이 상기 광전자 디바이스 위에 가게 하는 환경에서, 광전류-발생 광전자 요소를 포함한 상기 광전자 디바이스를 제공하는 단계,
- [0016] (b) 상기 광전류-발생 광전자 요소에 유효 역방향 바이어스 전압을 가하는 단계로서, 적절한 파장의 및 충분한 강도의 외부 광은 상기 광전류-발생 광전자 요소가 광전류를 발생하게 하는, 상기 가하는 단계, 및
- [0017] (c) 불투명 물체를 상기 광전자 디바이스의 표면상에서의 포인트로부터 0.1 내지 5mm의 거리로 가져와서, 상기 불투명 물체로 하여금 상기 광전류-발생 광전자 요소에 의해 발생된 광전류에서의 검출 가능한 감소를 야기하기에 충분한 외부 광을 차단하게 하는 단계를 포함한다.
- [0018] 본 발명의 제 5 양상은 광전자 요소들의 어레이 상에 이미지를 생성하는 방법이며, 상기 방법은:
- [0019] (a) 광전자 요소들의 어레이 및 각각의 광전자 요소에 연결된 회로를 포함한 디바이스를 제공하는 단계로서,
- [0020] 상기 광전자 요소는 복수의 양자 점들 또는 복수의 나노로드들을 포함하며,
- [0021] 상기 회로는 상기 회로가 상기 광전자 요소로 하여금 광을 방출하게 하는 유효 순방향 바이어스 전압을 제공하는 구성과 상기 회로가 상기 광전자 요소로 하여금 상기 광전자 요소가 감응하는 광이 상기 광전자 요소에 부딪칠 때 광전류를 발생시킬 수 있게 하는 유효 역방향 바이어스 전압을 제공하는 구성 사이에서 독립적으로 각각의 광전자 요소를 스위칭할 수 있도록 구성되는, 상기 제공 단계,
- [0022] (b) 상기 광전자 요소들 중 둘 이상에 유효 역방향 바이어스를 가하는 단계,
- [0023] (c) 개개의 유효 역방향 바이어싱된 광전자 요소로부터의 광전류의 개시를 검출하며 상기 개개의 광전자 요소 상에서의 바이어스를 유효 순방향 바이어스로 변경함으로써 상기 광전류에 응답하는 회로를 제공하는 단계를 포함한다.

**도면의 간단한 설명**

- [0024] 다음은 도면들의 간단한 설명이다. 도 1은 광-방출 광전자 요소("LEOE") 또는 광전류-발생 광전자 요소("PGE")일 수 있는, 광전자 요소의 개략도이다. 도 2는 광전자 요소의 일 실시예의 개략도이다. 도 3은 디바이스 내에서 몇몇 가능한 광 경로들을 도시한, 두 개의 인접한 광전자 요소들을 가진 디바이스의 일 실시예를 도시한다. 도 4는 외부 물체 및 불투명 요소와 외부 물체를 가진 디바이스의 일 실시예를 도시한다. 도 5는 외부 물체 및 불투명 요소를 가진 디바이스의 또 다른 실시예를 도시한다. 도 6 및 도 7은 광전자 요소들의 어레이를 포함하는 디바이스에서 사용될 수 있는 불투명 요소의 실시예의 두 개의 뷰들을 도시한다. 도 8은 나노로드의 개략적인 스케치이다. 도 9는 코어/셸 양자 점의 개략적인 스케치이다. 도 10은 외부 물체의 검출을 보여주는 예 3에서 설명된 디바이스에 의해 발생된 광전류를 도시한다. 도 11a 내지 도 11e는 이하의 예들에서 설명되는 광전자 요소들의 4×4 어레이를 구성할 때 사용된 단계들을 도시한다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

- [0025] 다음은 본 발명의 상세한 설명이다.
- [0026] 본 출원에서 사용된, 다음의 용어들은, 그 외 문맥이 명확하게 나타내지 않는다면, 지정된 정의들을 갖는다.
- [0027] "흡수 층" 및 유사한 용어들은 전극들(애노드 및 캐소드) 사이에 위치한 층이며 적절한 파장의 광에 노출될 때, 홀들 및 전자들을 생성할 것이고, 이것은 적절한 유효 역방향 바이어스 전기장이 존재한다면 전류를 형성하기 위해 서로 분리된다.
- [0028] "활성 층" 및 유사한 용어들은 전극들(애노드 및 캐소드) 사이에 위치한 층이다. 활성 층은 흡수 층 또는 방출 층 또는 바이어스 전압에 의존하여 흡수 층 또는 방출 층 중 어느 하나로서 동작할 수 있는 층일 수 있다.
- [0029] "애노드"은 홀 주입 층, 홀 전달 층, 또는 방출 층과 같은, 방출 층 측 상에 위치한 층으로 홀들을 주입한다.

애노드는 기관상에 배치된다. 애노드는 통상적으로 금속, 금속 산화물, 금속 할라이드, 전기전도성 폴리머, 및 그것의 조합들로 만들어진다.

[0030] 각각의 활성 층은 밴드 갭에 의해 특성화된다. 방출 층의 밴드 갭은 유효 순방향 바이어스 하에 광전자 요소를 두고 광학 주파수의 함수로서 방출된 광의 강도를 측정함으로써 특성화된다. 방출된 광의 최대 강도에 대응하는 광의 주파수는 본 출원에서  $\nu_e$ 로 불리우며,  $\nu_e$ 는 방출 층의 밴드 갭을 특성화한다. 광전류-발생 층의 밴드 갭은 유효 역방향 바이어스 하에 광전자 요소를 두고, 광의 다양한 주파수들에 광전자 요소를 노출시키며, 광학 주파수의 함수로서 광전류를 측정함으로써 특성화된다. 최대 광전류에 대응하는 광의 주파수는 본 출원에서 광전류-발생 층의 특징적 응답 주파수( $\nu_d$ )로 알려져 있으며,  $\nu_d$ 는 광전류-발생 층의 밴드 갭을 특성화한다.

[0031] "캐소드"은 방출 층 측 상에 위치한 층(즉, 전자 주입 층, 전자 전달 층, 또는 방출 층)으로 전자들을 주입한다. 캐소드는 통상적으로, 금속, 금속 산화물, 금속 할라이드, 전기전도성 폴리머, 또는 그것의 조합으로 만들어진다.

[0032] "유효 순방향 바이어스"는 광전자 요소의 애노드 및 캐소드에 인가된 전압이다. "순방향 바이어스" 전압은 애노드에 인가된 전압이 캐소드에 인가된 전압에 대해 양(positive)임을 의미한다. 순방향 바이어스는 전압이 광전자 요소로 하여금 광을 방출하게 하기에 충분한 크기를 가질 때 "유효하다".

[0033] "유효 역방향 바이어스"는 광전자 요소의 애노드 및 캐소드에 인가된 전압이다. 유효 역방향 바이어스는 광전자 요소가 그것이 감응하는 광에 의해 부딪힐 때 광전자 요소가 광전류를 발생시키도록 허용한다. 일반적으로, 절대 역방향 바이어스는 애노드에 인가된 전압이 캐소드에 인가된 전압에 대해 음(negative)임을 의미한다. 대부분의 광전류-발생 광전자 요소들은 그것들이 역방향 바이어스 하에 있을 때 또는 제로 바이어스 전압이 있을 때 그것들이 감응하는 광에 의해 부딪힐 때 광전류를 발생시킬 수 있다. 많은 광전류-발생 광전자 요소들은 또한 그것들이 비교적 작은 크기의 순방향 바이어스 하에 있을 때 그것들이 감응하는 광에 의해 부딪힐 때 광전류를 발생시킬 수 있다. 따라서, 유효 역방향 바이어스는, 많은 광전자 요소에 대해, 소규모 순방향 바이어스에서 제로 전압까지 및 보통-규모 절대 역방향 바이어스까지 스패닝하는 범위에 있는 전압이다.

[0034] "전자 주입 층", 또는 "EIL", 및 유사한 용어들은, 유효 순방향 바이어스 하에 있는 광전자 요소에서, 캐소드로부터 전자 전달 층으로 주입된 전자들을 효율적으로 주입하는 층이다. 몇몇 광전자 요소들은 EIL을 가지며 몇몇은 갖지 않는다.

[0035] "전자 전달 층", 또는 "ETL" 및 유사한 용어들은 활성 층과 전자 주입 층 사이에 배치된 층이다. 유효 순방향 바이어스 전기장에 위치될 때, 전자 전달 층은 캐소드로부터 방출 층을 향해 주입된 전자들을 전달한다. ETL의 재료 또는 조성은 통상적으로 주입된 전자들을 효율적으로 전달하기 위해 높은 전자 이동도를 갖는다. ETL은 또한 통상적으로 홀들의 통과를 차단하려는 경향이 있다.

[0036] "전자 볼트" 또는 "eV"는 1볼트의 전기 전위 차에 걸쳐 이동된 단일 전자의 전하에 의해 획득된(또는 손실된) 에너지의 양이다.

[0037] "방출 층" 및 유사한 용어들은 전극들(애노드 및 캐소드) 사이에 위치한 층이며 유효 순방향 바이어스 전기장에 위치될 때 전자 전달 층을 통해 캐소드로부터 주입된 전자들과 홀 주입 층을 통해 애노드로부터 주입된 홀들의 재조합에 의해 여기되며, 방출 층은 1차 광-방출 소스이다.

[0038] 본 출원에서 사용된, "외부 광"은 본 발명의 광전자 디바이스의 바깥쪽에서 발원되는 광이다.

[0039] F4TCNQ는 2,3,5,6-테트라플루오로-7,7,8,8-테트라시아노-p-퀴노디메탄이다.

[0040] 본 출원에서 사용된, "이종접합"은 두 개의 상이한 반도체들 사이의 계면인 표면이다.

[0041] "홀 주입 층" 또는 "HIL", 및 유사한 용어들은, 유효 역방향 바이어스 하에 있는 광전자 요소에서, 주입된 홀들을 애노드로부터 홀 전달 층으로 효율적으로 주입하는 층이다. 몇몇 광전자 요소들은 HIL을 가지며 몇몇은 갖지 않는다.

[0042] "홀 전달 층(또는 "HTL")", 및 유사한 용어들은, 홀들을 전달하는 재료로 만들어진 층을 나타낸다. 높은 홀 이동도가 바람직하다. HTL은 방출 층에 의해 전달된 전자들의 통과를 차단하도록 돕기 위해 사용된다. 작은 전자 친화도는 통상적으로 전자들을 차단하기 위해 요구된다. HTL은 바람직하게는 인접한 EML 층으로부터의 여기자 이동들을 차단하기 위해 더 큰 삼중선들을 가져야 한다.

- [0043] 본 출원에서 사용된, "나노로드"(NR)는 제 1 축을 가진 물품이다. 나노로드는 제 1 축에 대해 회전 대칭을 갖는다. 제 1 축의 방향에서 나노로드의 길이("축방향 길이") 대 제 1 축에 수직인 임의의 방향에서 나노로드의 길이의 비는 2:1 이상이다. 나노로드의 축방향 길이는 200nm 이하이다. 나노로드는 둘 이상의 상이한 반도체들을 포함한다. "이중 이중접합 나노로드(DHNR)"는 둘 이상의 상이한 이중접합들을 가진 나노로드이다.
- [0044] 본 출원에서 사용된 용어("불투명")는 가시 스펙트럼에서 1% 이하의 광 에너지를 송신하는 물품을 나타낸다. 불투명 물품은 흡수, 산란, 반사, 또는 그것의 조합을 포함한, 임의의 메커니즘에 의해 광의 투과를 방지할 수 있다.
- [0045] 본 출원에서 사용된, "광전자 요소"는 광-방출 광전자 요소(또한 발광 다이오드(LED)로 불리우는), 또는 광전류-발생 광전자 요소(또한 포토다이오드(PD)로 불리우는)인 물품이다. LED는 적절한 전압("유효 순방향 바이어스" 전압)이 인가될 때 광을 방출하는 물품이다. PD는 PD가 감응하는 파장의 광이, 적절한 전압("유효 역방향 바이어스" 전압)이 인가되는 시간에 PD에 부딪힐 때 전기 전류를 발생시키는 물품이다. 몇몇 물품들은 유효 순방향 바이어스 전압하에서 광을 방출할 수 있으며 또한 역방향 전압이 인가되는 동안 특정한 파장들의 광에 의해 부딪쳐질 때 광전류를 발생시킬 수 있다. 즉, 몇몇 물품들은 인가되는 전압에 의존하여, LED로서 또는 PD로서 기능할 수 있다. 인가된 유효 순방향 바이어스 전압을 가지며 광을 방출하는 광전자 요소는 본 출원에서 "방출 모드" 또는 "LED 모드"에 있는 것으로 말하여진다. 인가된 유효 역방향 바이어스 전압을 가지며 광전자 요소가 감응하는 파장의 광에 의해 부딪쳐질 때 광전류를 발생시키는 광전자 요소는 본 출원에서 "검출 모드" 또는 "PD" 모드에 있는 것으로 말하여진다.
- [0046] PEDOT:PSS는 폴리(3,4-에틸렌디옥시티오펜) 및 폴리스틸렌 술폰산염의 혼합물이다.
- [0047] 본 출원에서 사용된, "유기" 화합물은 하나 이상의 탄소 원자를 포함하는 화합물이다. 용어("유기 화합물")는 다음을 포함하지 않는다: 수소가 아닌 임의의 원소를 가진 탄소의 이진 화합물들; 금속성 시안화물들; 금속성 카보닐들, 포스겐, 카보닐 황화물, 및 금속성 탄산염들. 유기가 아닌 화합물들은 무기이다. 순수 원소들은 본 출원에서 무기 화합물들로 고려된다.
- [0048] 본 출원에서 사용된, "양자 점"(QD)은 1 내지 25nm의 직경을 가진 물품이다. 양자 점은 하나 이상의 무기 반도체를 포함한다.
- [0049] "기판"은 유기 발광 디바이스를 위한 지지대이다. 기판에 적합한 재료의 비제한적인 예들은 석영 판, 유리 판, 금속 판, 금속 포일, 폴리에스테르, 폴리메타크릴레이트, 폴리카보네이트, 및 폴리술폰과 같은 고분자 수지들로부터의 플라스틱 필름을 포함한다.
- [0050] TFB는 폴리(9,9-디-n-옥티플루오렌-알트-(1,4-페닐렌-((4-sec-부틸페닐)이미노)-1,4-페닐렌)이다.
- [0051] 도 1은 광전자 요소의 개략도를 도시한다. 층들은 도 1에 도시된 바와 같이 서로 접촉한다. 투명 층(1)은 임의의 투명한 재료일 수 있다. 선포된 투명 재료는 유리이다. 투명 재료는, 광전자 요소를 구성하는 선포된 방법이 유리의 층으로 시작되며 그 후 다른 층을 순서대로 도포하기 때문에, 종종 "기판"으로 불리운다. 애노드 층(2)은 바람직하게는 또한 투명하다. 애노드 층(2)을 위한 선포된 재료는 인듐 주석 산화물(ITO)이다. 활성 층(3)은 적절한 "순방향" 바이어스 전압을 겪을 때 광을 방출할 수 있거나 또는 적절한 파장의 광에 노출될 때 및 적절한 "역방향" 바이어스 전압을 겪을 때 광전류를 발생시킬 수 있거나 또는 바이어스 전압에 의존하여, 광을 방출하거나 또는 광전류를 발생시킬 수 있는 재료를 포함한다. 바이어스 전압은 전압 소스 또는 회로(5)에 의해 인가된다. 캐소드 층(4)은 바람직하게는 금속이다. 광전자 요소를 동작시키도록 요구될 때, 전압 소스 또는 회로(5)는 와이어들(6)을 통해 선포적으로 애노드 층 및 캐소드 층에 연결된다. 전압 소스(6)와 광전자 요소 사이의 연결은 선포적으로 스위치 또는 스위칭 회로(도시되지 않음)에 의해 수립되고 및/또는 중단될 수 있다. 도 1에 도시된 전기 회로는 바람직하게는 전류 감지 디바이스(20)를 포함하며, 이것은 회로에서의 임의의 포인트에 위치될 수 있다.
- [0052] 광전자 요소 상에서 유효 순방향 바이어스를 제공하도록 요구될 때, 전압 소스 또는 회로는 애노드(2)에 인가된 전압이 캐소드(4)에 인가된 전압에 대해 양이도록 애노드(2) 및 캐소드(4)에 전압을 인가한다. 인가된 전압의 크기는 적어도 활성 층(3)이 광을 방출하게 하도록 충분히 크다. 유효 순방향 바이어스에 대한 인가된 전압의 통상적인 크기는 1 내지 10볼트이다.
- [0053] 광전자 요소 상에 유효 역방향 바이어스를 제공하도록 요구될 때, 전압 소스 또는 회로는 애노드(2)에 인가된 전압이 캐소드(4)에 인가된 전압에 대해 음이도록 애노드(2) 및 캐소드(4)에 전압을 인가한다. 인가된 전압의

크기는 적어도 활성 층(3)이 감응하는 광이 활성 층(3)에 가게 될 때, 광전류가 발생되도록 충분히 크다. 인가된 전압의 크기는 활성 재료에서의 항복(breakdown) 및 항복로부터 기인한 정전류 흐름을 피하기 위해 충분히 낮게 유지된다. 유효 역방향 바이어스를 위한 인가된 전압의 통상적인 크기는 -0.1 내지 10볼트이다(즉, 크기 0.1볼트의 작은 순방향 바이어스로부터, 제로 볼트를 지나, 크기 10볼트의 절대 역방향 바이어스까지). 광전류가 발생할 때, 그것은 바람직하게는, 선택적으로 부가적인 프로세싱 회로들(도시되지 않음)에 연결되는, 전류 검출기(20)에 의해 검출된다.

[0054] 몇몇 실시예들에서, 전압 소스 또는 회로(5)는 유효 순방향 바이어스 또는 유효 역방향 바이어스를 광전자 요소에 인가할 수 있는 제어 회로를 포함한다. 몇몇 실시예들에서, 제어 회로는 순방향으로부터 역방향으로 및/또는 역방향으로부터 순방향으로 바이어스를 플립하며; 이러한 플립들은 예를 들면, 시간 시퀀스에 의해 또는 광전자 디바이스의 바깥쪽에서 발원되거나 또는 제어 회로 내에서 발원되는 자극에 대한 응답에 의해 제어될 수 있다.

[0055] 도 2는 광전자 요소의 일 실시예의 개략도를 도시한다. 도 2에서, 활성 층은 홀 주입 층(HIL)(31), 홀 전달 층(HTL)(32), 활성 층(33), 및 전자 주입 층(EIL)(34)을 포함한다. 선택적으로, 광전자 요소는 또한, 예를 들면, HIL(31)에 인접한 하나 이상의 부가적인 HIL; 및/또는 방출 또는 흡수 층에 인접하며 EIL에 인접한 하나 이상의 전자 전달 층(ETL), 중 하나 이상을 포함한, 부가적인 층들을 포함할 수 있다.

[0056] 방출 또는 흡수 층(33)은 임의의 활성 광전자 재료일 수 있다. 예를 들면, 방출 또는 흡수 층(33)은 하나 이상의 이중접합을 형성하기 위해 둘 이상의 도핑된 또는 도핑되지 않은 무기 반도체들을 포함할 수 있으며; 무기 반도체들은 층들에 또는 복수의 입자들의 형태로 배열될 수 있다. 바람직하게는, 방출 또는 흡수 층(33)은 복수의 무기 입자들을 포함하며, 그 각각은 하나 이상의 이중접합을 포함한다. 바람직하게는, 복수의 무기 입자들은 양자 점들 또는 나노로드들이다. 또 다른 예를 위해, 방출 또는 흡수 층(33)은 전자발광 유기 분자 또는 둘 이상의 유기 분자들의 블렌드를 포함할 수 있다.

[0057] 양자 점들 중에서, II-VI 족 재료, III-V 족 재료, IV 족 재료, V 족 재료, 또는 그것의 조합을 포함한 것들이 선호된다. 양자 점은 바람직하게는 CdS, CdSe, CdTe, ZnS, ZnSe, ZnTe, HgS, HgSe, HgTe, GaN, GaP, GaAs, InP 및 InAs로부터 선택된 하나 이상을 포함한다. 바람직하게는, 양자 점은 상기 재료들 중 둘 이상을 포함한다. 예를 들면, 화합물은 간단하게 혼합된 상태에 존재하는 둘 이상의 양자 점들을 포함할 수 있으며, 둘 이상의 화합물 결정들에서 혼합 결정은 동일한 결정, 예로서 코어-셸 구조 또는 구배 구조를 가진 결정, 또는 둘 이상의 나노결정들을 포함한 화합물에서 부분적으로 분할된다. 바람직하게는, 양자 점은 코어 및 코어를 감싸는 하나 이상의 셸을 가진 매입형 구조를 가지며, 여기에서 코어의 조성은 셸의 조성보다 상이하다. 이러한 실시예들에서, 코어는 바람직하게는 CdSe, CdS, ZnS, ZnSe, CdTe, CdSeTe, CdZnS, PbSe, AgInZnS, 및 ZnO으로부터 선택된 하나 이상의 재료들을 포함한다. 셸은 바람직하게는 CdSe, ZnSe, ZnS, ZnTe, CdTe, PbS, TiO, SrSe, 및 HgSe로부터 선택된 하나 이상의 재료들을 포함한다. 몇몇 실시예들에서, 양자 점은 코어, 코어를 둘러싼 제 1 셸, 및 제 1 셸을 둘러싼 제 2 셸을 포함한다. 존재할 때, 제 2 셸은 바람직하게는 Cds, CdSe, ZnSe, ZnS, ZnTe, CdTe, PbS, TiO, SrSe, HgSe, II-IV 족의 합금들로부터 선택된; 보다 바람직하게는 Cds, CdSe, ZnSe, ZnS, ZnTe, CdTe, PbS, TiO, SrSe, 및 HgSe로부터 선택된 하나 이상의 재료들을 포함한다. 제 2 셸이 존재할 때, 바람직하게는 코어, 제 1 셸, 및 제 2 셸은 3개의 상이한 조성들을 갖는다. 몇몇 실시예들에서, 양자 점은 Mn, Cu 및 Ag와 같은, 도펀트 원소의 하나 이상의 원자들을 포함할 수 있다. 이 경우에, 도펀트 원자 또는 원자들은 코어에, 또는 양자 점의 제 1 셸 내에 위치될 수 있다.

[0058] 선호된 양자 점들은 외부 표면에 부착된 유기 리간드들을 갖는다. 선호된 리간드들은, 바람직하게는 8 내지 25개의 탄소 원자들을 가진, 탄화수소 체인들을 포함한다. 리간드는 바람직하게는 탄소 및 수소 외의 원자들을 수반한 화학 그룹, 예를 들면, 카복실기를 통해 무기 반도체의 가장 바깥쪽 표면에 부착한다.

[0059] 양자 점의 바람직한 실시예가 도 9에 도시된다. 무기 반도체 코어(902)는 상이한 무기 반도체(901)에 의해 둘러싸여진다. 유기 리간드 분자들(903)은 가장 바깥쪽 셸 반도체(901)의 표면에 부착된다.

[0060] 나노로드들 중에서, 나노로드의 축방향 길이 대 제 1 축에 수직인 임의의 방향에서 나노로드의 길이의 비는 2:1 이상; 바람직하게는 5:1 이상; 보다 바람직하게는 10:1 이상이다. 나노로드의 축방향 길이는 200nm 이하; 바람직하게는 150nm 이하; 보다 바람직하게는 100nm 이하이다. 나노로드는 둘 이상의 상이한 반도체들을 포함한다. 바람직한 나노로드들은 각각의 단부에 원통형 로드를 접촉하는 단일 단부캡 또는 복수의 단부캡들을 배치한 원통형 로드를 포함한다. 원통형 로드의 주어진 단부에서의 단부캡들은 또한 서로 접촉한다. 단부캡들은 바람직하게는 1-차원 나노입자들을 패시베이션하도록 작용한다. 바람직하게는, 원통형 로드의 각각의 단부에서, 나노로드는 제 1 단부캡 및 제 1 단부캡을 부분적으로 또는 완전히 둘러싸는 제 2 단부캡을 포함한다. 제 1 단부캡 및

제 2 단부캡은 바람직하게는 서로 상이한 조성들을 갖는다. 바람직하게는, 각각의 단부캡은 하나 이상의 반도체들을 포함한다. 바람직하게는 원통형 로드는 반도체를 포함한다. 바람직하게는 원통형 로드의 조성은 제 1 단부캡의 조성 및 제 2 단부캡의 조성 양쪽 모두와 상이하다. 나노로드들은 바람직하게는 II-VI 족(ZnS, ZnSe, ZnTe, CdS, CdSe, CdTe, HgS, HgSe, HgTe 등) 및 III-V(GaN, GaP, GaAs, GaSb, InN, InP, InAs, InSb, AlAs, AlP, AlSb 등) 및 IV(Ge, Si, Pb 등) 재료들의 것들, 및 그것의 합금, 또는 그것의 혼합물을 포함하는 반도체들을 포함한다.

- [0061] 선호된 나노로드가 도 8에 예시된다. 나노로드(1100)는 제 1 단부(1104) 및 제 2 단부(1106)를 가진 원통형 로드(1102)를 포함한다. 제 1 단부캡(1108)은 원통형 로드의 제 1 단부(1104) 및 제 2 단부(1106)에 배치되며 원통형 로드(1102)를 직접 접촉한다. 제 1 단부캡(1108)과 원통형 로드의 제 1 단부(1104) 사이에서의 계면은 제 1 이중접합(1103)을 형성한다. 바람직하게는, 제 1 단부캡(1108)은 원통형 로드(1102)의 단부들을 접촉하며 원통형 로드(1102)의 세로 부분을 접촉하지 않는다. 제 1 단부캡(1108)이 전체 원통형 로드(1102)를 둘러싸지 않는 것이 바람직하다.
- [0062] 제 2 단부캡(1110)은 제 1 단부캡(1108)을 접촉하며 원통형 로드(1102)의 하나 또는 양쪽 단부들에서 제 1 단부캡(1108)을 둘러싼다. 제 2 단부캡(1110)은 제 1 단부캡(1108)을 부분적으로 또는 완전히 둘러싼다. 제 2 단부캡(1110)은 전체 원통형 로드(1102)를 둘러싸지 않는 것이 바람직하다.
- [0063] 제 2 단부캡(1110)과 제 1 단부캡(1108) 사이에서의 계면은 제 2 이중접합(1109)을 형성한다. 도 8에서의 나노로드(1100)는 그러므로 이중 이중접합 나노입자이다. 보다 많은 단부캡들이 제 2 단부캡(1110) 상에 배치되는 경우에, 나노입자(1100)는 2개 이상의 이중접합들을 가질 것이다. 대표적인 실시예에서, 나노입자(1100)는 3개 이상의 이중접합들, 바람직하게는 4개 이상의 이중접합들, 또는 바람직하게는 5개 이상의 이중접합들을 가질 수 있다.
- [0064] 바람직하게는, 원통형 로드가 제 1 단부캡을 접촉하는 이중접합은 유형 I 또는 준-유형 II 밴드 정렬을 갖는다. 바람직하게는, 제 2 단부캡이 제 1 단부캡을 접촉하는 포인트는 유형 I 또는 준-유형 II 밴드 정렬을 갖는다.
- [0065] 도 3은 복수의 광전자 요소들을 포함하는 광전자 디바이스의 개략적인 단면을 도시한다. 이러한 디바이스는 선택적으로 둘 이상의 광전자 요소들을 포함한다. 바람직하게는 디바이스는 다수의 광전자 요소들의 평면 어레이를 포함한다. 예를 들면, 부가적인 광전자 요소들이 존재할 수 있으며, 도 3의 도면의 평면에서의 라인에 배열되고, 이들 광전자 요소들의 각각은 도 3의 도면의 평면에 수직인 광전자 요소들의 라인의 부분일 수 있다.
- [0066] 도 3에서, 하나의 광전자 요소는 캐소드(401), EIL(3401), 방출 층(3301), HTL(32), HIL(31), 애노드(201), 및 투명 층(1)을 포함한다. 방출 층(3301)은, 방출 층이 광을 방출하게 하기 위해, 유효 순방향 바이어스 전압이 캐소드(401) 및 애노드(201)에 인가됨을 나타내도록 "방출"로서 라벨링된다. 유효 순방향 바이어스 전압은 도 3에 도시되지 않은 회로에 의해 공급된다. 도 3에서, 다른 광전자 요소는 캐소드(402), EIL(3402), 흡수 층(3302), HTL(32), HIL(31), 애노드(202), 및 투명 층(1)을 포함한다. 흡수 층(3302)은, 흡수 층이 광을 흡수하고 광전류를 발생하게 하기 위해, 유효 역방향 바이어스 전압이 캐소드(402) 및 애노드(202)에 인가됨을 나타내도록 "흡수"로서 라벨링된다. 유효 역방향 바이어스 전압은 도 3에 도시되지 않은 회로에 의해 공급된다.
- [0067] 광이 방출 층으로부터 흡수 층으로 이동하기 위해 디바이스 내에서 취할 수 있다고 고려되는 가능한 경로들(8, 9)이 도 3에 또한 도시된다. 경로(9)는 광전자 요소들 사이에서의 거리가 바람직하게는 작으며(1mm 미만) 그러므로 외부 물체들이 방출 층(3301)과 흡수 층(3302) 사이에서의 갭에 존재할 가능성이 적기 때문에 디바이스 내에 있는 것으로 고려된다. 3개의 경로들(7)은 디바이스로부터 빠져나간 광을 보여준다.
- [0068] 도 4는 도 4에 도시된 실시예에서, 인접한 광전자 요소들의 각각의 쌍이 불투명 요소(10)에 의해 그것의 이웃으로부터 분리된다는 것을 제외하고, 도 3에 도시된 것과 유사한 광전자 디바이스의 실시예를 도시한다. 도 4에 도시된 바와 같이, 이 실시예에서, HTL은 광-방출 광전자 요소를 위한 HTL(3205) 및 광전류-발생 광전자 요소를 위한 HTL(3204)로 분리된다. 또한 도 4에 도시된 바와 같이, 이 실시예에서, HIL은 광-방출 광전자 요소를 위한 HIL(3105) 및 광전류-발생 광전자 요소를 위한 HIL(3104)로 분리된다.
- [0069] 불투명 요소(10)는 임의의 불투명 재료로 만들어질 수 있다. 몇몇 적절한 재료들은, 예를 들면, 카본 블랙과 같은, 선택적으로 하나 이상의 충전제를 포함한, 중합성이다. KAPTON™ B 폴리이미드 블랙 필름(DuPont로부터)이 적절한 재료 상에 있다.
- [0070] 방출 층으로부터 디바이스의 바깥쪽에 있는 분위기까지 광이 취할 수 있는 경로(14)가 도 4에 또한 도시된다. 도 4는 디바이스의 외부에 위치한 외부 물체(21)가 광을 반사하거나 또는 산란시키며, 광의 일부가 경로(15)를

통해 디바이스로 되돌아가는 상황을 묘사하고, 여기에서 그것은 흡수 층에 부딪치며, 이것은 이에 응답하여 광 전류를 발생시킨다. 불투명 요소(10)는 광이 방출 층으로부터 흡수 층으로 디바이스 내에서의 경로를 따라 이동하는 것을 차단한다는 것이 고려된다.

[0071] 도 5는 도 3에 도시된 것과 유사한 광전자 디바이스를 도시한다. 도 5에 도시된 디바이스에서, 투명 층(1)은 각각 흡수 및 방출 층들 위에 위치된, 투명 아이탬들(105 및 106)로 대체되었으며, 불투명 요소(11)는 투명 아이탬들(105 및 106) 사이에 있다. 바람직한 실시예에서, 도 5는 도 3에 대해 상기 설명된 바와 같이, 광전자 요소들의 평면 어레이의 부분인 두 개의 광전자 요소들을 묘사한다. 이러한 실시예에서, 불투명 요소(11)는 불투명 층으로 어레이를 커버하는 아이탬인 것이 바람직하다. 불투명 요소(11)의 이러한 실시예는 도 6에서의 상면도에 및 도 7에서 경사도에 도시된다. 불투명 요소(11)는 스루 홀들(107, 108, 109, 및 110)을 가지며, 그 각각은 바람직하게는 방출 층 또는 흡수 층 위에 위치된다. 스루 홀들(107, 108, 109, 및 110)은 임의의 고체 재료가 없을 수 있거나 또는 하나 이상의 투명 고체를 포함할 수 있다.

[0072] 도 5에서 불투명 요소(11)에 적합한 재료들은 도 4에서의 불투명 요소(10)에 대한 것들과 동일하다.

[0073] 도 5에 도시된 디바이스의 몇몇 실시예들의 동작에서, 도 3에서의 경로들(9)과 유사한 광 경로들(도 5에 도시되지 않음)은 흡수 층(3302)에 의해 상당한 광전류의 발생을 야기하기 위해 충분한 강도의 광을 운반하지 않는다는 것이 고려된다. 이러한 실시예들에서, 본 발명의 이득들은 불투명 요소(11)의 존재로부터 획득되며 추가 불투명 요소들은 요구되지 않는다는 것이 고려된다.

[0074] 본 발명의 광전자 디바이스는 매우 다양한 목적들을 위해 유용하다. 바람직하게는 광전자 요소들의 평면 어레이가 형성된다. 이러한 어레이는 디스플레이 스크린의 부분으로서, 예를 들면, 컴퓨터 또는 스마트폰을 위한 디스플레이 스크린에서 유용할 것이다.

[0075] 사용할 때, 광전자 디바이스는 각각의 광전자 요소를 위해 바이어스를 제공하는 회로에 연결된다. 몇몇 실시예들에서, 몇몇 광전자 요소들은 유효 순방향 바이어스 하에 두어지지만, 다른 광전자 요소들은 유효 역방향 바이어스 하에 두어지며, 각각의 광전자 요소는 디바이스가 사용되는 태스크의 지속 기간 동안 그것의 바이어스를 유지한다. 다른 실시예들에서, 각각의 광전자 요소는 바이어스 하에 두어지며, 하나 이상의 요소를 상에서의 상기 바이어스는, 회로가 예를 들면, 효과적으로 역방향 바이어싱된 광전자 요소에 가해되며 광전류를 생성하는 광 또는 타이머와 같은 몇몇 자극들에 응답함에 따라 자동으로 또는 인간 조작자에 의해, 변경될 수 있다.

[0076] 몇몇 실시예들에서, 하나 이상의 광전자 요소는 반복적으로 유효 순방향 바이어스로부터 유효 역방향 바이어스로 및 반대로 계속해서 스위칭하는 바이어스 하에 두어진다. 바람직하게는, 스위칭은 인간 눈이 광전자 요소가 번갈아 방출하고 어두워짐을 지각하지 않으며; 바람직하게는 인간 눈이 광전자 요소가 계속해서 방출하고 있다고 여기도록 충분히 빈번하게 행해진다. 선호된 스위칭 레이트는 20Hz 이상; 보다 바람직하게는 50Hz 이상; 보다 바람직하게는 100Hz 이상; 보다 바람직하게는 200Hz 이상; 보다 바람직하게는 500Hz 이상이다. 이러한 실시예들에서, 단일 광전자 요소는 그것이 방출하는 동안 디스플레이 요소로서 및 그것이 방출하지 않는 동안 입사된 광에 대한 검출기로서 작용할 수 있으며, 인간 관찰자는 요소가 양쪽 기능들을 동시에 수행하고 있다고 여길 것이다.

[0077] 본 발명의 광전자 디바이스를 위한 하나의 선호된 사용은 디바이스의 외부에 있지만 디바이스에 근접한 물체의 존재를 검출하기 위한 것이다. 이러한 기능은, 예를 들면, 손가락 또는 터치스크린 상에서의 특정 위치에서 "터치"를 표시하기 위한 스타일러스와 같은 다른 물체의 존재를 검출하는데 유용할 것이다. 도 4에 묘사된 바와 같이, 터치스크린은 바람직하게는 광전자 요소들의 어레이를 포함하며, 그 일부는 광을 방출하기 위해 유효 순방향 바이어싱되지만, 다른 것들은 유효 역방향 바이어싱된다. 제어 회로는 어떤 광전자 요소들이 유효 순방향 바이어스에 넣어지고 광을 방출할지를 고른다. 예를 들면, "버튼"의 형태로 배열된 광전자 요소들은 광을 방출하기 위해 유효 순방향 바이어싱될 수 있으며, 따라서 뷰어에게 버튼으로 나타난다. 바람직하게는, 광-방출 광전자 요소들에 가까이 및 매우 근접하여, 유효 역방향 바이어스에서의 광전자 요소들이 있다.

[0078] 외부 물체의 검출을 위해 본 발명의 광전자 디바이스를 사용하는 하나의 방법은 "반사" 방법이다. 반사 방법에서, 예를 들면, 스타일러스, 손가락, 또는 인간 손의 몇몇 다른 부분과 같은 외부 물체(21)가 디바이스에 다가갈 때, 외부 물체가 충분히 가깝게 다가갈 때, 유효 순방향 바이어싱된 요소들에 의해 방출된 광은 외부 물체로부터 반사되거나 또는 산란되며 되돌아가서 유효 역방향 바이어싱된 요소들 중 하나 이상에 부딪힌다. 유효 역방향 바이어싱된 요소는 그 후 광전류를 발생시키며, 이것은 전류 검출 회로에 의해 검출되고, 컴퓨터 또는 스마트폰은 "버튼" 상에서 "터치"로 응답한다. 외부 물체를 검출하는 반사 방법에서, 외부 물체에 의해 반사되기

나 또는 산란된 후, 유효 순방향 바이어싱된 요소들 중 하나 이상에 의해 방출된 광은 하나 이상의 유효 역방향 바이어싱된 요소들에 의해, 및 이상적으로 둘 이상의 역방향 바이어싱된 요소들에 의해 검출될 수 있다는 것이 고려된다.

- [0079] 외부 물체를 검출하는 반사 방법이 사용될 때, 광전자 디바이스는 본 발명의 제 1 양상에서 설명된 바와 같이 불투명 요소를 포함하는 것이 바람직하다. 외부 물체들의 예들은 손가락들, 인간 손들의 다른 부분들, 팔들, 스타일러스, 기계적 압, 및 스텐실을 포함한다.
- [0080] 외부 물체를 검출하는 반사 방법의 이점은 외부 물체가 광전자 디바이스와 물리적으로 접촉할 필요가 없다는 것임이 고려된다. 바람직하게는, 본 발명의 디바이스는 외부 물체가 0.1mm 내지 5mm의 거리에 있을 때 외부 물체가 디바이스로부터 다시 디바이스로 광을 산란시키거나 또는 반사시키도록 구성된다.
- [0081] 본 발명의 광전자 디바이스를 사용하는 또 다른 방법은 "그림자(shadow)" 방법이다. 그림자 방법에서, 광전자 디바이스는 비교적 밝은 외부 조명을 가진 환경에서 동작된다. 외부 조명은 광전자 디바이스에서의 광전류-발생 요소들이 감응하는 광의 과장을 포함할 것이다. 외부 광은 광전자 디바이스에 있으며 검출 모드에 있는 광전자 요소들이 광전류를 발생시키기에 충분히 강렬할 것이다. 이러한 조건하에서, 어레이에서의 많은 광전자 요소들은 검출 모드에 있을 것이며 계속해서 광전류를 검출할 것이다. 외부 물체가 광전자 디바이스의 표면에 다가갈 때, 물체는 광전자 디바이스의 표면에 그림자를 드리울 것이다. 그림자가 검출 모드에서 광전자 요소에 가게 될 때, 상기 광전자 요소로부터의 광전류는 강하될 것이며, 광전류에서의 강하는 광전자 디바이스에 부착된 회로에 의해 검출될 수 있다. 이러한 강하가 발생할 때, 회로는 응답을 야기할 수 있다. 예를 들면, 광전류에서의 강하가 "버튼" 가까이 있는 하나 이상의 광전자 요소들에서 발생할 때, 컴퓨터 또는 스마트폰은 상기 버튼 상에 "탭"이 있었던 것처럼 응답할 수 있다.
- [0082] 외부 물체를 검출하는 그림자 방법의 이점은 외부 물체가 광전자 디바이스와 물리적으로 접촉할 필요가 없다는 것임이 고려된다. 바람직하게는, 본 발명의 디바이스는 외부 물체가 0.1mm 내지 5mm의 거리에 있을 때, 외부 물체가 광전자 디바이스로 하여금 하나 이상의 광전자 요소들의 광전류에서의 강하를 검출하게 하기 위해 충분한 주변 광을 차단하도록 구성된다.
- [0083] 외부 물체의 검출은 본 발명의 다양한 실시예들에 의해 성취될 수 있다. 예를 들면, 동질성 배열에서, 디바이스 방출 요소들 및 흡수 요소들은 서로 동일할 수 있으며, 유일한 차이는 바이어스 전압에 있다. 이러한 동질의 실시예는 제조 단순성의 이점을 갖는다. 대안적으로, 이질적 배열에서, 비교적 큰 밴드 갭을 가진 몇몇 광전자 요소들은 방출 요소들로서 사용될 수 있지만, 다소 작은 밴드 갭의 몇몇 광전자 요소들은 검출 요소들로서 사용될 수 있다. 광전자 요소는 통상적으로 그것이 유효 역방향 바이어스에서 가장 감응하는 광의 과장보다 다소 더 짧은 유효 순방향 바이어스 하에서의 방출된 광의 피크 과장을 갖는다. 그러므로 이질적 배열은 검출 요소의 최고 민감도의 과장에 방출된 광의 피크 과장을 매칭시키도록 설계될 수 있다.
- [0084] 외부 물체가 검출되는 또 다른 실시예는 광전자 디바이스가, 복수의 유효 순방향 바이어싱된 광전자 요소들 및 복수의 유효 역방향 바이어싱된 요소들을 포함한, 복수의 동일한 광전자 요소들을 포함하는 실시예이다. 유효 순방향 바이어싱된 광전자 요소들에 의해 방출된 광은 외부 물체에 의해 반사되거나 또는 산란될 수 있으며, 반사되거나 또는 산란된 광은 유효 역방향 바이어싱된 광전자 요소들 중 하나 이상에 의해 검출될 수 있다.
- [0085] 본 발명의 디바이스의 또 다른 바람직한 사용은, 예를 들면, 레이저 또는 발광 다이오드(LED)와 같은 특정 광원의 검출을 위한 것이다. 특정 광원은 핸드헬드 광원, 예를 들면, 레이저 포인터, 핸드헬드 LED, 광 붐, 조명 팁을 가진 스타일러스, 장난감 라이트건, 조명 붐, 또는 조명 장갑일 수 있다. 임의의 특정 광원은 방출된 광 강도 대 광학 주파수의 방출 스펙트럼을 가질 것이다. 특정 광원에 의해 방출된 최대 광 강도를 제공하는 광학 주파수는  $\nu_s$ , 특정 광원의 특성 주파수이다.
- [0086] 본 발명의 광전자 디바이스에서의 광전자 요소들은, 특정 광원에 응답하기 위해, 그것들의 조성에서 또는 검출 회로에서 구성될 수 있다. 검출 광전자 요소들은, 예를 들면, 강도, 컬러, 편광, 또는 그것의 조합을 포함한, 임의의 수단들에 의해, 주변 조명과 같은, 다른 광원들을 식별할 수 있다. 특정 광원이 검출한 광전자 요소에 부딪칠 때, 연관된 회로는, 예를 들면, 유효 역방향 바이어스로부터 유효 순방향 바이어스로 특정 광원에 의해 부딪쳐진 검출 요소를 스위칭할 수 있으며, 따라서 검출 모드로부터 방출 모드로 상기 요소를 스위칭한다. 그 후 어레이는 특정 광원에 의해 부딪쳐진 이들 특정 요소들로부터 광을 방출할 것이다. 따라서 사람은 스크린에 걸쳐 레이저 포인터를 이동시킴으로써 긴 거리로부터 스크린을 지나갈 수 있으며, 사람의 제스처들은 스크린상에 디스플레이된 이미지가 될 것이다. 동일한 효과가 특정 광원에 의해 부딪쳐진 것들과 매우 근접해 있는 광전

자 요소들로 하여금, 특정 광원에 의해 부딪쳐진 광전자 요소가 또한 방출 모드로 스위칭되었는지에 관계없이, 방출 모드로 스위칭되게 한 회로에 의해 획득될 수 있다.

- [0087] 바람직하게는, 특정 광원의 특성 광학 주파수( $\nu_s$ )는 광전자 디바이스에서 유효 역방향 바이어싱된 광전자 요소들의 특성 광학 주파수( $\nu_d$ )보다 높다.
- [0088] 다음은 본 발명의 예들이다.
- [0089] 테스트 방법들은 다음과 같다.
- [0090] 응답은 다음과 같이 측정되었다. 1mm 반경 및 532nm 파장 레이저가 10 $\mu$ W 내지 10mW까지 광 강도를 변경하기 위해 광 감쇠기를 통해 입사되었다. 입사된 광의 광 전력은 적분포도다이오드 전력 센서(Thorlabs, S140)를 사용하여 교정되었다. I-V 특성들은 소스 미터(Keithley, 2602)를 사용하여 획득되었다.
- [0091] 스펙트럼 응답은 다음과 같이 측정되었다. 상이한 파장에서 광전류는 모노크로메이터(Jobin Yvon Horiba, FluoroMax-3)를 통과한 제온 램프에 의해 제공된 단색 조명을 갖고 디지털 록-인(lock-in) 증폭기(Stanford Research Systems, SR830)에 의해 측정되었다. 0V 또는 -2V의 바이어스가 소스 미터에 의해 LR-LED 디바이스들에 인가되었으며 조명은 대략 100Hz에서 기계적으로 차핑(chop)되었다. 각각의 파장에서 조명의 강도는 교정된 Si 광검출기(Newport 71650)를 사용하여 교정되었다.
- [0092] LED 특성들은 소스 미터(Keithley, 2602)와 결합된 분광측정기(Spectrascan, PR-655)를 사용하여 기록되었다. EQE는 방출된 광자들의 수 대 주입된 전자들의 수의 비로서 산출되었다. 전류 및 전력 효율들은 각각 출력 휘도 및 구동 전류 밀도의 비 및 출력된 광속 대 구동 전기 전력의 비로서 획득되었다. 모든 디바이스 측정들은 공기 중에서 수행되었다.
- [0093] 시간 주파수 응답은 활성 재료로서 DHNR을 가진 포토다이오드 상에서 주파수(f)로 동작하는 진폭 변조기를 통해 활성화 레이저 광을 비춤으로써 측정되었다. DHNR-PD에 의해 발생된 광전류는 변조기를 갖고 조정된 록-인 증폭기에 의해 검출되었다. 광전류 신호 세기는 변조기 주파수의 함수로서 측정되었다. 광전류 신호는 10Hz 내지 1000Hz의 변조기 주파수 범위에 걸쳐 대략 일정하였다. 변조기 주파수가 1,000Hz 이상으로 증가됨에 따라, 광전류 신호는 대략 5dB만큼 증가되었으며, 그 후 주파수가 계속해서 증가함에 따라, 광전류 신호는 가파르게 떨어졌다. 광전류가 10Hz에서 획득된 신호의 3dB 아래로 떨어진 변조기 주파수(즉, 관측된 광전류는 10Hz에서 광전류 값의 0.707배와 같거나 또는 그보다 작은 값으로 떨어졌다)는  $f_{3dB}$ 로 라벨링되었다. PD의 응답 시간은  $1/f_{3dB}$ 이다. 활성화 레이저 광의 두 개의 상이한 파장들이 사용되었다: 730nm 및 400nm.
- [0094] 준비 예 1: 양자 점 합성:
- [0095] 반응들은 N<sub>2</sub> 분위기하에서 표준 쉬링크(Schlenk) 라인에서 실행되었다. 공업용 트리옥틸포스파인 산화물(TOPO)(90%), 공업용 트리옥틸포스파인(TOP)(90%), 공업용 옥틸아민(OA)(90%), 공업용 트리옥틸아민(TOA)(90%), 공업용 옥타데신(ODE)(90%), CdO(99.5%), Zn 아세테이트(99.99%), S 분말(99.998%), 및 Se 분말(99.99%)이 Sigma Aldrich로부터 획득되었다. ACS 등급 클로로포름, 및 메탄올이 Fisher Scientific으로부터 획득되었다. 모든 화학 물질들은 수용된 대로 사용되었다.
- [0096] 적색 양자 점들의 합성
- [0097] 적색 CdSe/CdS/ZnS는 수립된 방법들과 유사한 방식으로 준비되었다[Lim, J.외의, 고도 발광성 나노결정들의 준비 및 발광 다이오드들의 그것의 적용. Adv. Mater. 19, 1927-1932, 2007]. 200ml 3-목 둥근 바닥 플라스크에서 1.6mmol의 CdO 분말(0.206g), 6.4mmol의 OA 및 40mL의 TOA가 진공하에 30분 동안 150°C에서 가스 제거되었다. 그 후, 용액은 N<sub>2</sub> 분위기하에서 300°C로 가열되었다. 300°C에서, 글러브 박스에서 이전에 준비된 0.4mL의 1.0 M TOP:Se는 Cd-함유 반응 혼합물로 신속히 주입되었다. 45초 후, 6mL의 TOA에 용해된 1.2mmol의 n-옥탄에티올은 시린지 펌프를 통해 1mL min<sup>-1</sup>의 레이트로 느리게 주입되었다. 반응 혼합물은 그 후 300°C에서 추가 30분 동안 휘젓도록 허용되었다. 동시에, TOA에 용해된 16mL의 0.25 M Zn-올레산염 용액은 Zn 아세테이트를 가진 별개의 반응 플라스크에 준비되었다. Zn-올레산염 용액은 시린지 펌프를 사용하여 1 mLmin<sup>-1</sup>의 레이트로 6mL의 TOA에 용해된 6.4mmol의 n-옥탄에티올을 주입하는 것에 앞서, CdSe 반응 플라스크로 느리게 주입되었다.
- [0098] 녹색 양자 점들의 합성

- [0099] 녹색 CdSe/ZnS(구배 조성 셀) 양자 점들은 수립된 방법들과 유사한 방식으로 준비되었다. [Bae, W. 외의, 화학적-조성 구배를 가진 CdSe/ZnS 양자 점들에 기초한 고효율 녹색-발광 다이오드들, Adv. Mater. 21, 1690-1694, 2009]. 0.2mmol의 CdO, 4mmol의 Zn 아세테이트, 4mmol의 OA 및 15ml의 ODE가 100ml 3-목 둥근 바닥 플라스크에 준비되었으며, 진공하에 30분 동안 120°C에서 가스 제거되었다. 용액은 N<sub>2</sub> 분위기하에서 300°C로 가열되었다. 300°C에서, 2ml의 TOP에 용해된 0.1mmol의 Se 및 3.5mmol의 Se가 시린지를 사용하여 반응 플라스크로 신속히 주입되었다. 반응 용액은 그 후, 에어 제트에 의해 빠르게 냉각되기 전에, 300°C에서 추가 10분 동안 휘젓도록 허용되었다.
- [0100] 준비 예 2: 양-방향 스크린 제작
- [0101] 스핀-코팅 QD LED/광검출기(PD)를 위해, 디바이스들은 ITO-코팅 유리 기판들(15 내지 25 Ω/□의 시트 저항) 상에서 제작되었다. 사전-패터닝된 ITO 기판들은 아세톤 및 이소프로판올로, 연속하여 세정되었으며, 그 후 15분 동안 UV-오존으로 처리되었다. PEDOT:PSS(Clevios™ P VP AI 4083)는 4000 rpm에서 ITO로 스핀-코팅되었으며 공기 중에서 5분 동안 120°C로 및 글러브 박스에서 15분 동안 180°C로 베이킹되었다. 그 후 TFB(H.W. Sands Corp.)는 글러브 박스에서 30분 동안 180°C로 베이킹하는 것에 앞서, 3000 rpm에서 m-자일렌(5mg/ml)을 사용하여 스핀-코팅되었다. 클로로포름 및 메탄올 혼합물(1:1 체적 비)로 두 번 세척한 후, QD들은 최종적으로 클로로포름 용액(~30 mg/ml)에 분산되고, 2000 rpm에서 TFB 층의 최상부 상에 스핀-캐스트하며 그 후 뒤이어 30분 동안 180°C에서 어닐링되었다.
- [0102] ZnO(ZnO에 대해 부탄올에서 30mg/ml)는 3000 rpm으로 스핀-코팅되며 30분 동안 100°C에서 어닐링되었다. ZnO 나노입자들은 문헌에 따라 합성되었다[J. Mater. Chem. 18, 1889-1894(2008)]. 간단히 말해서, 메탄올(65ml)에서 수산화칼륨(1.48g)의 용액은 메탄올(125ml) 용액에서 아연 아세테이트 이수화물(2.95g)에 추가되었으며, 반응 혼합물은 2시간 동안 60°C에서 휘저어졌다. 혼합물은 그 후 실온으로 냉각되었으며 침전물은 메탄올로 두 번 세척되었다. ETL 스핀-캐스팅 후, 100nm 두께 Al 캐소드는 1 Å/s의 레이트로 전자-빔 증착기에 의해 증착되었다. QD LED 및 QD PD의 최종 생성물은 카본 테이프(TED Pella, INC)를 사용하여 함께 조합되었다(도 3). 카본 테이프가 QD LED 및 QD PD의 계면 상에 위치되었으므로, 녹색 광은 투명 유리 기판을 통해 녹색 QD LED로부터 적색 QD PD로 전송될 수 없다.
- [0103] 예 3: 예 2의 양-방향 스크린을 사용한 외부 물체의 검출의 입증
- [0104] 도 10은 실험 결과들을 도시한다. 그래프는 적색 QD PD에서 암 전류 흐름을 보여준다. 단계 1에서, 유효 역방향 바이어스는 단지 적색 QD PD만을 턴 온하기 위해 단지 적색 QD 픽셀 상에서만 인가된다. -2V에서, 적색 QD PD는 약 4 마이크로 암페어의 전류를 가진다. 단계 2에서, 유효 순방향 바이어스는 녹색 QD LED를 턴 온하기 위해 녹색 QD 픽셀 상에 인가된다. QD 픽셀들이 광학적으로 분리되므로, 적색 QD PD는 단계 1에서와 동일한 4 마이크로 암페어의 전류를 갖는다. 단계 3에서, 4-인치 실리콘 웨이퍼가 양-방향 터치 스크린의 5mm 앞에 위치된다. 이 포인트에서, 적색 PD에서의 전류는 8배 더 큰 30 마이크로 암페어이다. 이것은 녹색 QD LED로부터의 녹색 광이 실리콘 웨이퍼의 표면으로부터 반사되며 적색 QD PD를 치기 때문이고, 전류에서의 부가적인 증가를 제공한다. 결론적으로, 양-방향 터치 스크린은 그것의 5mm 앞에 위치된 실리콘 웨이퍼를 검출할 수 있었다.
- [0105] 비교 디바이스가 또한 테스트되었으며 여기에서 어떤 불투명 요소도 존재하지 않는다. 녹색 QD LED가 광을 방출할 때, 적색 QD PD는, 어떤 외부 물체도 존재하지 않을 때에도, 광전류를 발생시킨다. 외부 물체가 존재할 때, 적색 QD PD로부터의 광전류는 외부 물체의 부재 시 광전류보다 상당히 크지는 않다. 비교 디바이스에서, 녹색 QD LED로부터의 상당한 양의 광이 하나 이상의 직접 경로(즉, 외부 물체로부터의 반사 또는 산란을 요구하지 않는 경로)를 통해 적색 QD PD에 도달하였다는 것이 고려된다.
- [0106] 디바이스 측정들은 외부 광원의 효과를 제외하기 위해 어둠 속에서 수행되었다.
- [0107] 준비 예 4: 나노로드들의 합성
- [0108] CdS 나노로드(NR) 시드들의 합성: 먼저, 50mL 3-목 둥근 바닥 플라스크에서 2.0g의 트리옥틸포스파인 산화물(TOPO), 0.67g의 옥타데틸포스포닉 산(ODPA) 및 0.128g의 CdO가 진공하에서 30분 동안 150°C에서 탈가수화되었으며 그 후 Ar하에서 370°C로 가열되었다. Cd-ODPA 집합체가 370°C에서 형성된 후, 1.5mL의 트리옥틸포스파인(TOP)에 용해된 16mg의 S가 시린지를 갖고 플라스크로 신속히 추가되었다. 결과적으로, 반응 혼합물은 330°C로 퀴징되었으며 여기에서 CdS 성장이 실행되었다. 15분 후, CdS NR 성장은 실온으로 냉각시킴으로써 종료되었다. 최종 용액은 클로로포름에 용해되며 2000 rpm에서 원심 분리되었다. 침전물은 클로로포름에 재-용해되었으며, 그 후 다음 단계를 위해 용액으로 준비되었다. CdS NR들의 이러한 용액은 100배만큼 희석될 때 CdS 밴드 에지

흡수 피크에서 0.1의 광학 밀도를 갖는다(1cm 광학 경로 길이에 대해).

- [0109] CdS/CdSe 나노로드 이중접합구조(NRH) 시드들의 합성. CdS NR들의 형성 및 330°C 내지 250°C까지 반응 혼합물을 냉각시키는 것에 이어서, 1.0mL의 TOP에 용해된 20mg의 Se가 시린지 펌프를 통해 4ml/h의 레이트로 250°C에서 느리게 부가되었다(총 주입 시간 ~ 15분). 반응 혼합물은 그 후 실온으로 빠르게 냉각되기 전에 250°C에서 추가 10분 동안 휘젓도록 허용되었다. 최종 용액은 클로로포름에 용해되었으며, 2000 rpm으로 원심 분리되었다. 침전물은 클로로포름에 재-용해되었으며, 그 후 다음 단계를 위해 용액으로 준비되었다. CdS/CdSe NRH들의 이러한 용액은 100배만큼 희석될 때 CdS 밴드 에지 흡수에서 0.1의 광학 밀도를 갖는다(1cm 광학 경로 길이에 대해).
- [0110] CdS/CdSe/ZnSe 이중 이중접합 나노로드들(DHNR들)의 합성.
- [0111] CdS/CdSe/ZnSe DHNR들은 ZnSe를 CdS/CdSe 나노로드 이중접합구조들로 성장시킴으로써 합성되었다. Zn 전구체에 대해, 6mL의 옥타데신, 1.13g(4mmol)의 올레산 및 0.18g(1.0mmol)의 Zn 아세테이트가 30분 동안 150°C에서 가스 제거되었다. 혼합물은 N<sub>2</sub> 분위기하에서 250°C로 가열되었으며, 결과적으로 Zn-올레산염이 1시간 후 형성되었다. 그 후, 2mL의 이전 준비된 CdS/CdSe 저장액이 50°C로 냉각시킨 후 Zn-올레산염 용액으로 주입되었다. 클로로포름은 70°C에서 진공하에 30분 동안 증발하도록 허용되었다. ZnSe 성장은 180°C 내지 300°C까지 가열하는 동안 반응 혼합물로의 1.0ml의 TOP에 용해된 18.5 mg(0.25mmol)의 Se를 함유한 Se 전구체의 느린 주입에 의해 개시되었다. CdS/CdSe 나노로드 이중접합구조들 상에서 ZnSe의 두께는 주입된 Se의 양에 의해 제어되었다. ZnSe 성장은 원하는 양의 Se 전구체를 주입한 후 가열한 맨틀을 제거함으로써 종료되었다. 결과적인 나노로드들은 도 8에서 묘사된 구조를 갖는다.
- [0112] 나노로드들을 수반한 개개의 광전자 요소들은 다음의 층들을 갖고 구성되었다: 유리; ITO; PEDOT:PSS 혼합물; TFB:F<sub>4</sub>TCNQ 혼합물; NR 층; ZnO, 알루미늄.
- [0113] 예 5: 광전자 요소들의 특성들
- [0114] 개개의 광전자 요소들의 특성들은 상기 설명된 바와 같이 결정되었다. 아래의 표에서, 나노로드들을 포함한 개개의 광전자 요소는 “NR-LED”로 불리우며, 양자 점들을 포함한 개개의 광전자 요소는 “QD-LED”로 불리운다. NR-LED 및 QD-LED는, 다음의 참조 문헌 공보들에서 공개된 결과들에 따라, 흡수/방출 재료가 유기 화합물 또는 유기 화합물들(유기 발광 다이오드들, 또는 OLED들)의 혼합물인 다양한 발광 다이오드들(LED들)에 비교되었다.
- [0115] 참조 문헌 1. 방출 및 감지 능력들을 가진 유기 이기능 디바이스들, *Japanese Journal of Applied Physics* **46**, 1328 (2007)
- [0116] 참조 문헌 2. 통합된 유기 청색 led 및 가시-블라인드 uv 광검출기, *Journal of Physical Chemistry C* **115**, 2462 (2011)
- [0117] 참조 문헌 3. 전자-전달-특징 나프탈이미드 도출물로 이루어진 자외선 광검출 및 전자 발광 속성들을 가진 고성능 유기 통합 디바이스, *Applied Physics Letters* **105**, 063303 (2014)
- [0118] 참조 문헌 4. 열 활성화 지연 형광 이미터에 의해 실현된 효율적인 전장 발광을 가진 고성능 유기 자외선 광검출기, *Applied Physics Letters* **107**, 043303 (2015)
- [0119] 참조 문헌 5. 이중-이중접합 나노로드 발광 다이오드들에서의 높은 효율 및 광학 이방성, *ACS Nano* **9**, 878 (2015)

	<u>이미터</u> 재료	<u>응답</u> 결과들(mA/W)	<u>응답 측정</u> 조건들	<u>광검출을 위한</u> 흡수 범위
참조 문헌 1에서 OLED	CuPc/PPR	해당 없음	Xe 광을 갖고 (전력 정보 없음)	해당 없음
참조 문헌 2에서 OLED	P2NHC	3(-2.5V에서) 77(-16V에서)	390nm를 갖고 (전력 정보 없음)	300-420 nm
참조 문헌 3에서 OLED	CzPhONI	~139(-3V에서)	350nm를 갖고 (0.6 mW/cm <sup>2</sup> )	300-420 nm
참조 문헌 4에서 OLED	TCTA	127(-2.5V에서)	350nm를 갖고 (0.2-12.4 mW/cm <sup>2</sup> )	해당 없음
NR-LED	DHNR	108(0V에서) 183(-2V에서)	405nm 레이저를 갖고 (100 mW/cm <sup>2</sup> )	300-780 nm
QD-LED	CdSe/CdS/ZnS	10(0V에서) 30(-2V에서)	405nm 레이저를 갖고 (100 mW/cm <sup>2</sup> )	300-780 nm

[0120]

	<u>휘도(cd/m<sup>2</sup>)</u>	<u>최대 발광</u> 전류/전력 효율	<u>언급들</u>
참조 문헌 1에서 OLED	5V에서 1, 청색 10V에서 1000 (최대 L: 9720)	해당 없음	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 이중 기능</li> <li>• 16X16 수동형 매트릭스</li> </ul>
참조 문헌 2에서 OLED	4V에서 500, 청색 9V에서 16000	2.2 cd/A 4.9 lm/W	<ul style="list-style-type: none"> <li>• TPD 기여 없음</li> </ul>
참조 문헌 3에서 OLED	5V에서 50, 청색 10V에서 1400	0.33 cd/A	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 광범위한 EL 스펙트럼</li> <li>• 200ms 상승 시간</li> </ul>
참조 문헌 4에서 OLED	5V에서 100, 청색 10V에서 10000 (최대 L: 27000)	8.2 cd/A 4.9 lm/W	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 광범위한 EL 스펙트럼</li> <li>• 200ms 상승 시간</li> </ul>
NR-LED	3V에서 3000, 적색 10V에서 30000 (최대 L: 76000)	27.5 cd/A 36.5 lm/W	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 참조 문헌 5로부터의 LED 효율들</li> <li>• ~0.2ms 상승 시간</li> </ul>
QD-LED	3V에서 1500, 적색 10V에서 10000 (최대 L: 23000)	7.8 cd/A 8.9 lm/W	<ul style="list-style-type: none"> <li>• 참조 문헌 5로부터의 효율</li> <li>• ~1ms 상승 시간</li> </ul>

[0121]

[0122]

상기 표에서, QD들 및 NR들 모두는 다양한 OLED들에 비교하여 우수한 흡수 범위, 휘도, 및 상승 시간을 갖는다는 것이 주의된다. 추가 NR들은 응답 및 상승 시간에서 QD들보다 우수하다.

[0123]

예 6: 나노로드들로 이루어진 디바이스들의 응답 시간들

[0124] 개개의 PD들은 상기 설명된 바와 같이 NR들을 사용하여 만들어졌다. 응답 시간들은 상기 설명된 바와 같이 측정되었다. 결과들은 다음과 같다:

[0125] 나노로드 PD 응답 시간들

레이저 파장	f <sub>3dB</sub>	응답 시간
730 nm	5500 Hz	0.18 ms
400 nm	10 kHz	0.1 ms

[0126]

[0127] 예 7: 광전자 요소들의 4×4 어레이

[0128] 4×4 정사각형 어레이에서 16개의 광전자 요소들의 어레이는 다음과 같이 제작되었다. 도 11a 내지 도 11e에 도시된 바와 같이, 디바이스는 유리 기판들 상에 패터닝된 인듐 주석 산화물(ITO) 상에서 제작되었다. PEDOT:PSS (Clevios P VP AI 4083) 전도성 폴리머는 4000 rpm에서 ITO로 코팅되었고 5분 동안 공기 중에 120 C로 어닐링되었다. 디바이스는 글러브 박스로 전달되며 20분동안 180 °C에서 어닐링되었다. 그 후, m-자일렌에 용해된 TFB/F4TCNQ 혼합물의 7mg/mL 용액은 3000 rpm으로 스핀-코팅되며 30분 동안 180 °C에서 어닐링되었다. 1:1 체적 비의 클로로포름 및 메탄올로 두 번 세척 후 클로로포름에서의 나노로드들(상기 설명된 바와 같이 합성된)(60mg/mL)은 2000 rpm으로 스핀 코팅되었으며, 그 후 뒤이어 30분 동안 180 °C에서 어닐링되었다. 부탄올에서 ZnO의 30mg/mL의 용액은 그 후 3000 rpm으로 스핀-코팅되었으며 30분 동안 100 °C에서 어닐링되었다. 100nm 두께 Al 캐소드는 그 후 전자-빔 증착 기술에 의해 증착되었다. 디바이스는 글러브박스에서 에폭시(NOA 86)를 사용하여 커버 유리로 캡슐화되었다.

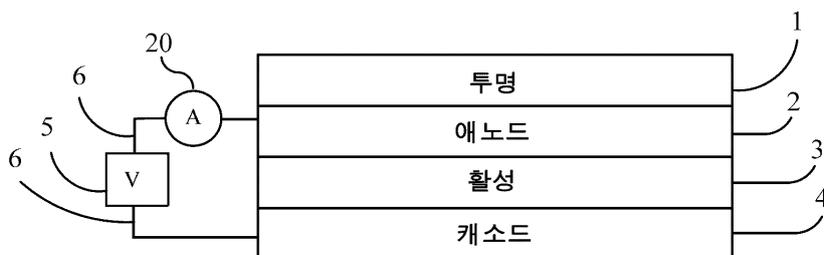
[0129] 상업적으로 이용 가능한 Arduino Uno 및 Mega(Arduino 컴퍼니)는 양방향 디스플레이 애플리케이션을 위한 디바이스들을 제어하기 위해 사용되었다. Arduino를 갖고 LED 디바이스들을 턴 온하기 위해 유효 순방향 바이어스를 인가하는 것 외에, 그것은 광전류를 측정하며 외부 광원들로부터 트리거 신호들을 전달할 수 있다. 보드는 Arduino 통합 개발 환경(IDE) 소프트웨어를 갖고 프로그램될 수 있다.

[0130] 예 8: 4×4 어레이를 가진 특정 광원의 검출의 입증

[0131] 특정 광원은 녹색 레이저였다. 처음에, 모든 16개의 광전자 요소들이 유효 역방향 바이어스로 들어갔다. 연관된 회로가, 특정 광전자 요소를 위한 전류 검출기가 전류를 검출했을 때, 바이어스는 유효 역방향 바이어스로부터 유효 순방향 바이어스로 플립(flip)되며 유효 역방향 바이어스로 다시 플립하기 전에 1초 동안 유효 순방향 바이어스에 남아있도록 배열되었다. 레이저가 턴 온되고 광전자 요소들 중 하나를 겨냥할 때, 상기 요소는 황색 광을 갖고 빛나기 시작하며 다시 어두워지기 전에 1초 동안 빛나는 상태로 있다. 펜이 하나의 광전자 요소로부터 다음 광전자 요소로 이동할 때, 레이저의 광이 가해지는 광전자 요소는 빛나며 1초 동안 빛나는 채로 있다. 펜의 모션은 여러 개의 패턴들, 예를 들면, 4개의 광전자 요소들 중 3개의 삼각형을 따를 것이고, 어두운 상태로 돌아가기 전에 광전자 요소 방출 광의 어레이는 1초 동안 동일한 패턴에서 광을 방출한다.

**도면**

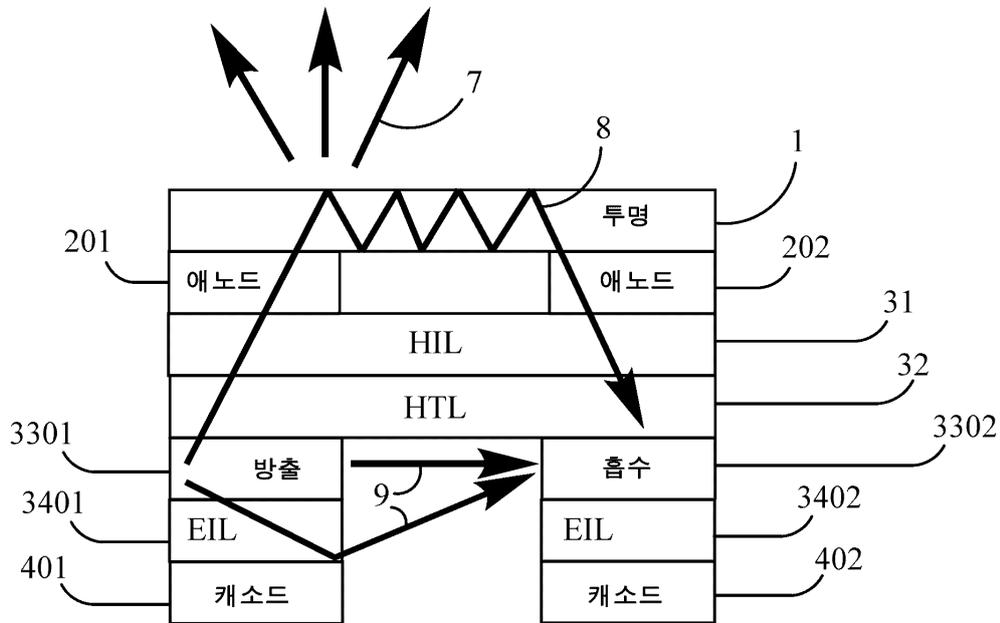
**도면1**



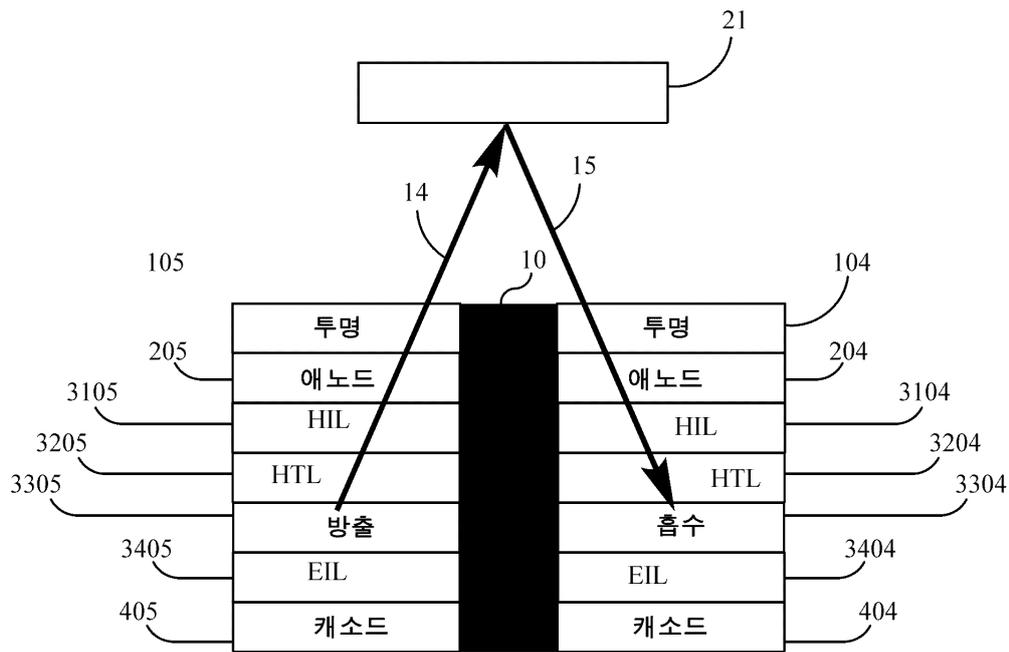
도면2



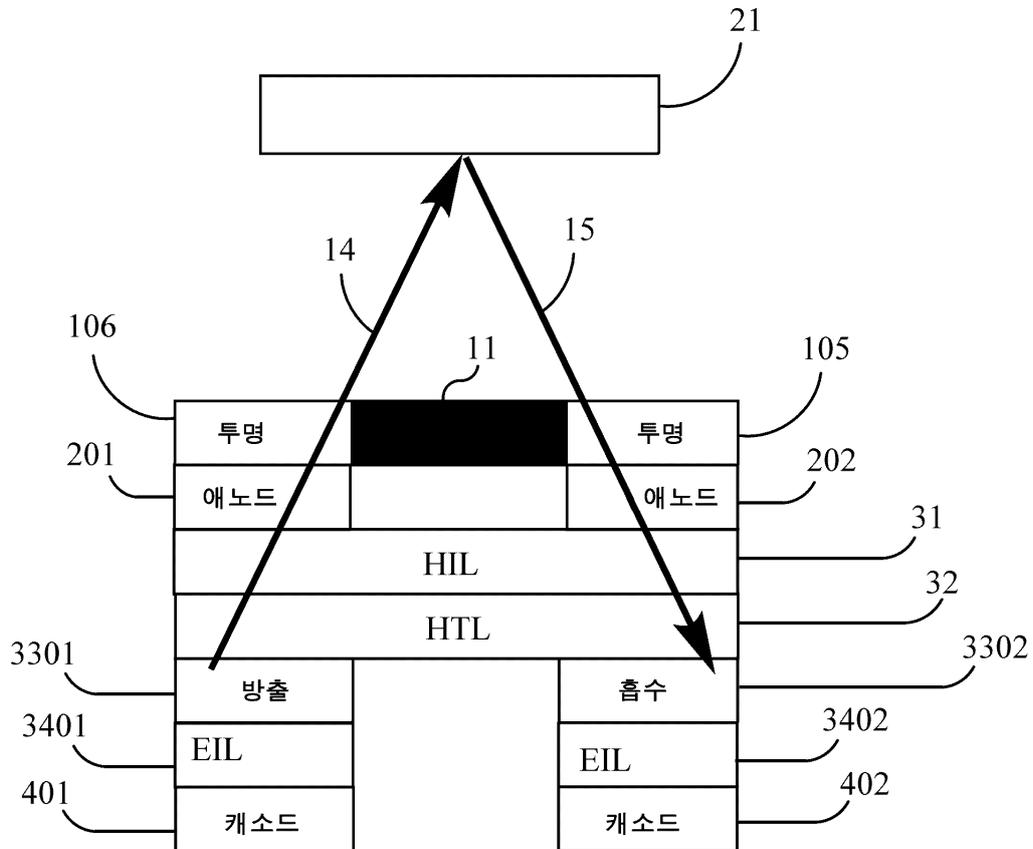
도면3



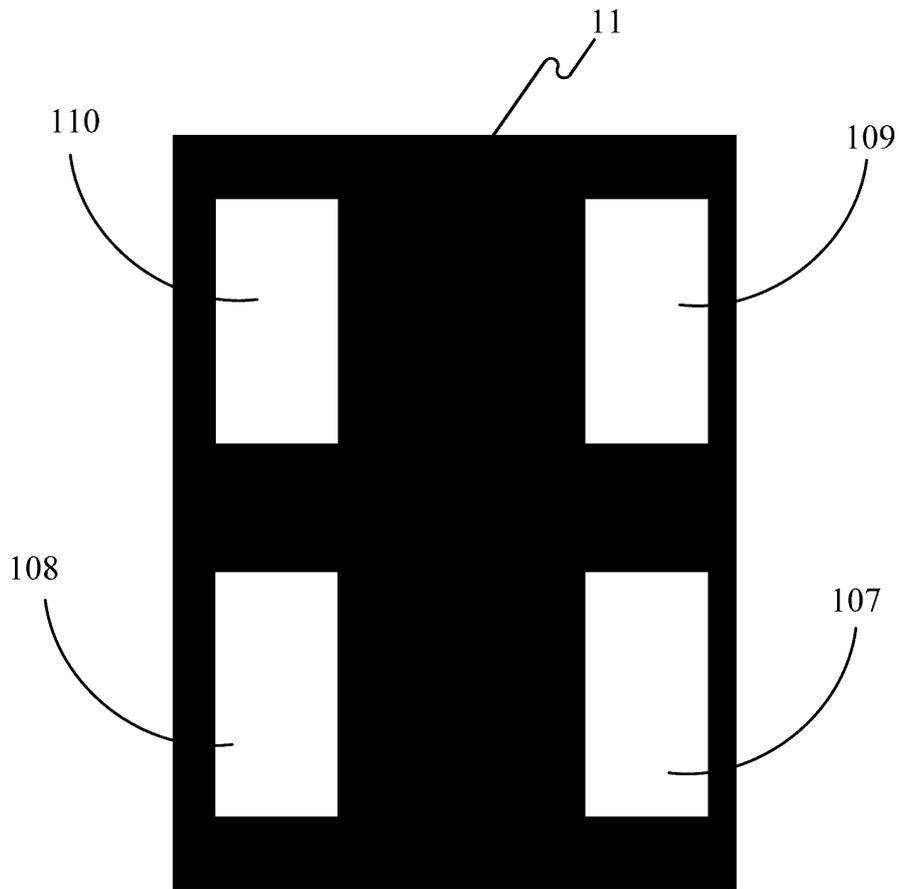
도면4



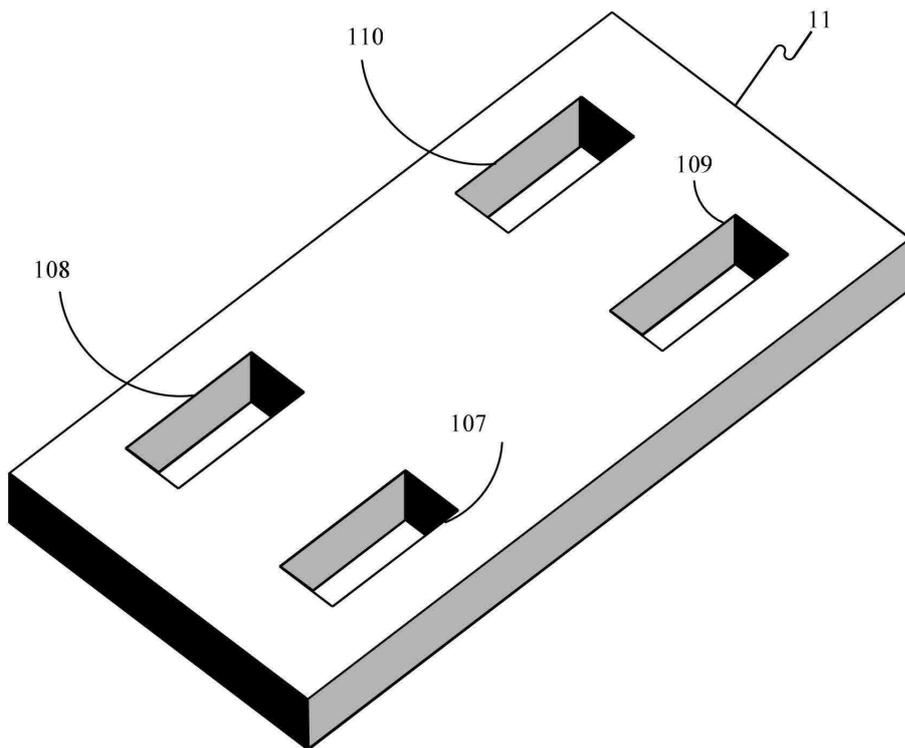
도면5



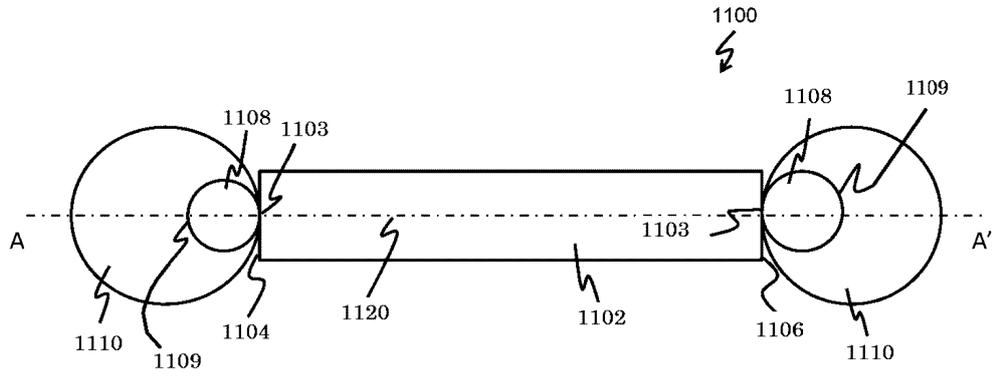
도면6



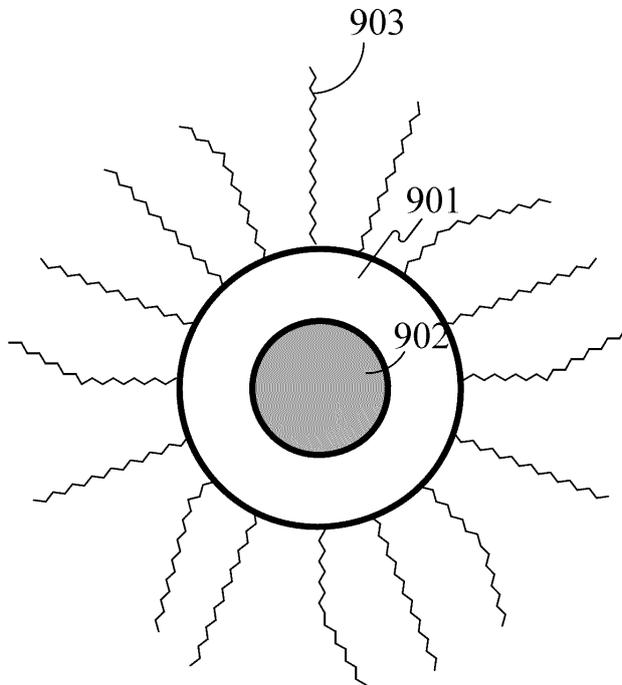
도면7



도면8

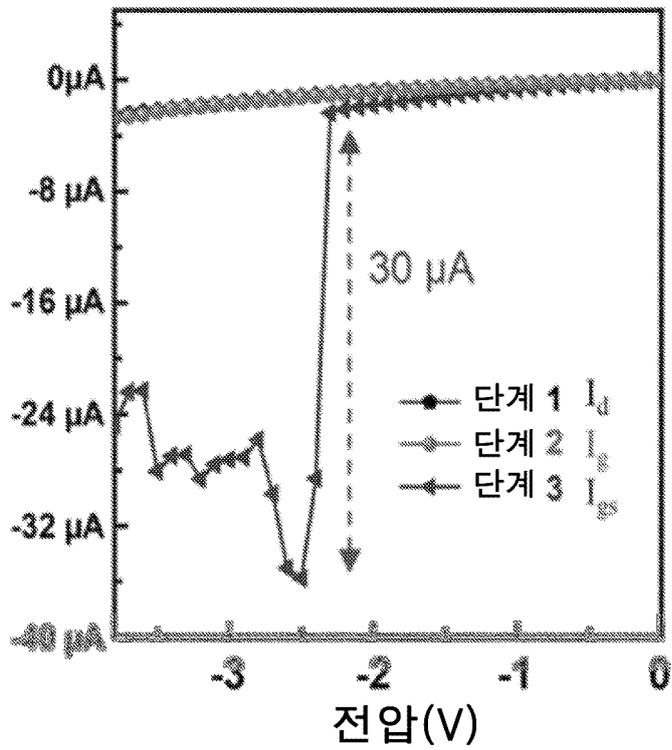


도면9

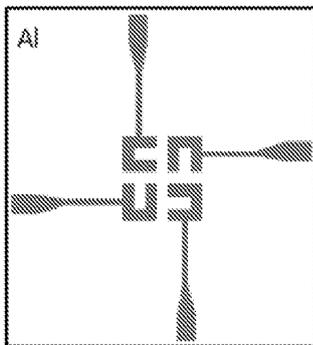


도면10

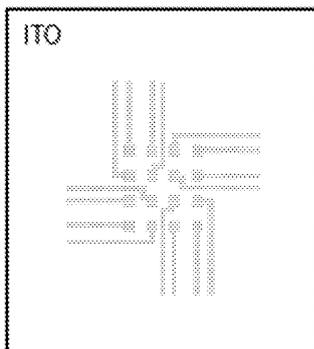
적색 QD PD의 IV 곡선



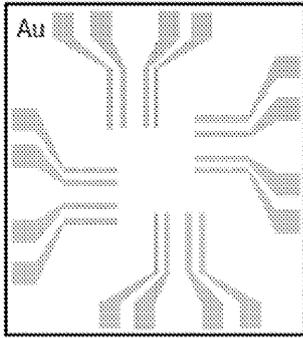
도면11a



도면11b

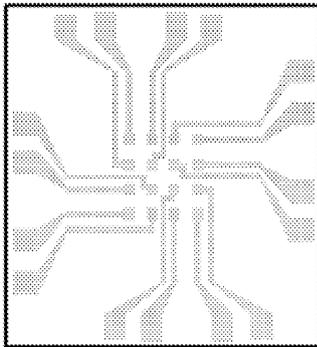


도면11c



도면11d

ITO 만 (금 없음)



도면11e

