



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2020년06월25일  
(11) 등록번호 10-2126695  
(24) 등록일자 2020년06월19일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
H01L 27/146 (2006.01) H01L 29/12 (2006.01)  
(52) CPC특허분류  
H01L 27/14643 (2013.01)  
H01L 27/1461 (2013.01)  
(21) 출원번호 10-2020-0007491(분할)  
(22) 출원일자 2020년01월20일  
심사청구일자 2020년01월20일  
(65) 공개번호 10-2020-0011043  
(43) 공개일자 2020년01월31일  
(62) 원출원 특허 10-2017-0103143  
원출원일자 2017년08월14일  
심사청구일자 2017년08월14일  
(56) 선행기술조사문헌  
JP2016021488 A\*  
(뒷면에 계속)

(73) 특허권자  
한양대학교 산학협력단  
서울특별시 성동구 왕십리로 222(행당동, 한양대학교내)  
(72) 발명자  
박재근  
경기도 성남시 분당구 구미로 100, 1003동 1901호(구미동, 무지개마을건영, 삼성아파트)  
김일환  
서울특별시 성동구 사근동11길 30-13, 202호(사근동)  
(뒷면에 계속)  
(74) 대리인  
김연권

전체 청구항 수 : 총 10 항

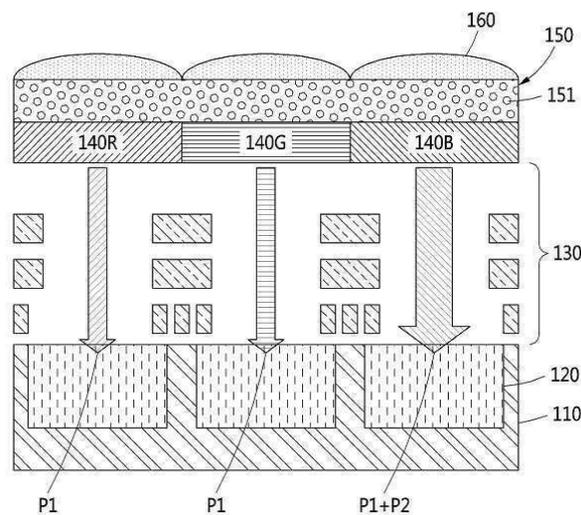
심사관 : 방기인

(54) 발명의 명칭 양자점층을 포함하는 이미지 센서

(57) 요약

본 발명은 양자점층을 포함하는 이미지 센서를 개시한다. 본 발명의 실시예에 따른 양자점층을 포함하는 이미지 센서는 기판 상에 복수의 픽셀 영역에 대응되게 형성되는 광전 변환 소자; 상기 광전 변환 소자가 형성된 기판 상에 형성되는 배선층; 상기 배선층 상에 형성되고, 상기 광전 변환 소자에 대응되게 형성되는 컬러필터; 및 상기 컬러필터 상에 형성되고, 광을 흡수하여 특정 파장 영역의 가시광으로 발광하는 양자점층을 포함하는 것을 특징으로 한다.

대표도 - 도1a



(52) CPC특허분류

*H01L 27/14621* (2013.01)

*H01L 27/14625* (2013.01)

*H01L 27/14627* (2013.01)

*H01L 29/122* (2013.01)

(72) 발명자

**박준성**

경기도 안양시 만안구 연현로79번길 20, 501호(석수동, 석수두산위브아파트)

**고윤혁**

대전광역시 중구 대종로 544, 1103호(선화동, 참좋은아파트)

(56) 선행기술조사문헌

JP2010118491 A\*

KR1020060089099 A\*

JP2014127443 A

KR1020110053796 A

US20110309462 A1

US20120126354 A1

US20150311239 A1

JP2006216560 A

\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

**명세서**

**청구범위**

**청구항 1**

기판 상에 복수의 픽셀 영역에 대응되게 형성되는 광전 변환 소자;

상기 광전 변환 소자가 형성된 기판 상에 형성되는 배선층;

상기 배선층 상에 형성되고, 상기 광전 변환 소자에 대응되게 형성되는 컬러필터; 및

상기 컬러필터 상에 형성되고, 모든 파장대역의 광으로서 가시광 파장대역, 적외선 파장대역, 및 자외선 파장대역의 광을 동시에 흡수하고, 상기 동시에 흡수되는 모든 파장대역의 광들 중에서, 가시광 파장대역의 광인 제1 가시광을 투과하고, 상기 동시에 흡수되는 모든 파장대역의 광들 중에서, 상기 자외선 파장대역의 광 및 상기 적외선 파장대역의 광을 상기 가시광 파장대역의 광과 동시에 흡수하여 특정 파장 영역의 제2 가시광으로 발광하는 양자점층;

을 포함하고,

상기 양자점층은 청색, 녹색 및 적색의 가시광선 파장대역의 광을 투과시키고, 청색의 가시광을 증폭시키는 청색 양자점층인 것을 특징으로 하고,

상기 양자점층은 ZnS, ZnSe, ZnTe, ZnSeS, ZnSeTe, ZnSTe, CdZnS, CdZnSe, CdZnSeS, GaN, AlN, AlP, GaP, InN 및 그 조합 중 적어도 어느 하나를 포함하는 것을 특징으로 하며,

상기 광전 변환 소자에는 상기 제1 가시광 및 상기 제2 가시광이 동시에 입사되고, 상기 동시에 입사된 제1 가시광 및 상기 제2 가시광에 기초하여 이미지를 촬영하는 것을 특징으로 하는 양자점층을 포함하는 이미지 센서.

**청구항 2**

제1항에 있어서,

상기 양자점층은 상기 자외선 파장대역의 광을 에너지-다운-쉬프트(energy-down-shift)시켜 상기 제2 가시광을 발광하는 것을 특징으로 하는 양자점층을 포함하는 이미지 센서.

**청구항 3**

제1항에 있어서,

상기 양자점층은 상기 적외선 파장대역의 광을 에너지-업-쉬프트(energy-up-shift)시켜 상기 제2 가시광을 발광하는 것을 특징으로 하는 양자점층을 포함하는 이미지 센서.

**청구항 4**

삭제

**청구항 5**

기판 상에 복수의 픽셀 영역에 대응되게 형성되는 광전 변환 소자;

상기 광전 변환 소자가 형성된 기판 상에 형성되는 배선층;

상기 배선층 상에 형성되고, 상기 광전 변환 소자에 대응되게 형성되는 컬러필터; 및

상기 컬러필터 상에 형성되고, 모든 파장대역의 광으로서 가시광 파장대역, 적외선 파장대역, 및 자외선 파장대역의 광을 동시에 흡수하고, 상기 동시에 흡수되는 모든 파장대역의 광들 중에서, 가시광 파장대역의 광인 제1 가시광을 투과하고, 상기 동시에 흡수되는 모든 파장대역의 광들 중에서, 상기 자외선 파장대역의 광 및 상기 적외선 파장대역의 광을 상기 가시광 파장대역의 광과 동시에 흡수하여 특정 파장 영역의 제2 가시광으로 발광하는 양자점층;

을 포함하고,

상기 양자점층은 청색, 녹색 및 적색의 가시광선 파장대역의 광은 투과시키고, 적색의 가시광을 증폭시키는 적색 양자점층인 것을 특징으로 하고,

상기 양자점층은 CdSe, CdTe, CdSeS, CdSeTe, CdSTe, CdZnTe, GaAs, InP, InAs, GaNAs, GaPAs, AlNAs, AlPAs, InNAs, InPAs, GaAlNAs, GaAlPAs, GaInNAs, GaInPAs, InAlNAs, InAlPAs 및 그 조합 중 적어도 어느 하나를 포함하는 것을 특징으로 하며,

상기 광전 변환 소자에는 상기 제1 가시광 및 상기 제2 가시광이 동시에 입사되고, 상기 동시에 입사된 제1 가시광 및 상기 제2 가시광에 기초하여 이미지를 촬영하는 것을 특징으로 하는 양자점층을 포함하는 이미지 센서.

#### 청구항 6

기관 상에 복수의 픽셀 영역에 대응되게 형성되는 광전 변환 소자;

상기 광전 변환 소자가 형성된 기관 상에 형성되는 배선층;

상기 배선층 상에 형성되고, 상기 광전 변환 소자에 대응되게 형성되는 컬러필터; 및

상기 컬러필터 상에 형성되고, 모든 파장대역의 광으로서 가시광 파장대역, 적외선 파장대역, 및 자외선 파장대역의 광을 동시에 흡수하고, 상기 동시에 흡수되는 모든 파장대역의 광들 중에서, 가시광 파장대역의 광인 제1 가시광을 투과하고, 상기 동시에 흡수되는 모든 파장대역의 광들 중에서, 상기 자외선 파장대역의 광 및 상기 적외선 파장대역의 광을 상기 가시광 파장대역의 광과 동시에 흡수하여 특정 파장 영역의 제2 가시광으로 발광하는 양자점층;

을 포함하고,

상기 양자점층은 청색, 녹색 및 적색의 가시광선 파장대역의 광은 투과시키고, 녹색의 가시광을 증폭시키는 녹색 양자점층인 것을 특징으로 하고,

상기 양자점층은 CdS, CdSe, ZnTe, CdSeS, CdSTe, ZnSeTe, ZnSTe, CdZnSe, CdZnTe, CdZnSeS, CdZnSeTe, CdZnSTe, GaP, InN, InP 및 그 조합 중 적어도 어느 하나를 포함하며,

상기 광전 변환 소자에는 상기 제1 가시광 및 상기 제2 가시광이 동시에 입사되고, 상기 동시에 입사된 제1 가시광 및 상기 제2 가시광에 기초하여 이미지를 촬영하는 것을 특징으로 하는 것을 특징으로 하는 양자점층을 포함하는 이미지 센서.

#### 청구항 7

제1항에 있어서,

상기 양자점층은 양자점 농도에 따라 투과율(transmittance)이 제어되는 것을 특징으로 하는 양자점층을 포함하는 이미지 센서.

#### 청구항 8

제1항에 있어서,

상기 양자점층은 CdZnS/ZnS 코어/셸 양자점 또는 Mn-doped CdZnS/ZnS 코어/셸 양자점을 포함하는 것을 특징으로 하는 양자점층을 포함하는 이미지 센서.

#### 청구항 9

제1항에 있어서,

상기 광전 변환 소자는 실리콘 기반의 포토다이오드인 것을 특징으로 하는 양자점층을 포함하는 이미지 센서.

#### 청구항 10

제1항에 있어서,

상기 양자점층을 포함하는 이미지 센서는,

상기 양자점층 상부 또는 하부에 마이크로 렌즈를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 양자점층을 포함하는 이미지 센서.

**청구항 11**

기관을 형성하는 단계;

상기 기관 상에 복수의 픽셀 영역에 대응되도록 광전 변환 소자를 형성하는 단계;

상기 광전 변환 소자 상에 배선층을 형성하는 단계;

상기 배선층 상에서 상기 광전 변환 소자의 위치에 대응되도록 컬러필터를 형성하는 단계; 및

상기 컬러필터 상에 양자점층을 형성하는 단계

를 포함하고,

상기 양자점층은 모든 파장대역의 광으로서 가시광 파장대역, 적외선 파장대역, 및 자외선 파장대역의 광을 동시에 흡수하고, 상기 동시에 흡수되는 모든 파장대역의 광들 중에서, 가시광 파장대역의 광인 제1 가시광을 투과하며, 상기 동시에 흡수되는 모든 파장대역의 광들 중에서, 상기 자외선 파장대역의 광 및 상기 적외선 파장대역의 광을 상기 가시광 파장대역의 광과 동시에 흡수하여 특정 파장 영역의 제2 가시광으로 발광하고,

상기 양자점층은 청색, 녹색 및 적색의 가시광선 파장대역의 광은 투과시키고, 청색의 가시광을 증폭시키는 청색 양자점층인 것을 특징으로 하고,

상기 양자점층은 ZnS, ZnSe, ZnTe, ZnSeS, ZnSeTe, ZnSTe, CdZnS, CdZnSe, CdZnSeS, GaN, AlN, AlP, GaP, InN 및 그 조합 중 적어도 어느 하나를 포함하는 것을 특징으로 하며,

상기 광전 변환 소자에는 상기 제1 가시광 및 상기 제2 가시광이 동시에 입사되고, 상기 동시에 입사된 제1 가시광 및 상기 제2 가시광에 기초하여 이미지를 촬영하는 것을 특징으로 하는 양자점층을 포함하는 이미지 센서의 제조 방법.

**발명의 설명**

**기술 분야**

[0001] 본 발명은 양자점층을 포함하는 이미지 센서에 관한 것으로, 보다 상세하게는, 자외선 또는 적외선을 디스플레이할 수 있는 양자점층을 포함하는 이미지 센서에 관한 것이다.

**배경 기술**

[0003] 최근들어 컴퓨터 산업과 통신 산업의 발달에 따라 디지털 카메라, 캠코더, PCS(Personal Communication System), 게임기기, 경비용 카메라, 의료용 마이크로 카메라 등 다양한 분야에서 성능이 향상된 이미지 센서의 수요가 증대하고 있다.

[0004] 일반적으로, 이미지 센서는 크게 CCD(전하 결합소자, Charge Coupled Device)형과 CMOS(상보성 금속산화물 반도체, Complementary Metal Oxide Semiconductor)형으로 구분된다. 여기서 CCD형 이미지센서는 빛에 의해 발생한 전자를 그대로 게이트 펄스를 이용해서 출력부까지 이동시킨다. 따라서 도중에 외부 잡음이 있어 전압은 달라지더라도 전자의 수 자체는 변함이 없으므로 잡음이 출력 신호에 영향을 주지 않는 특성을 가지고 있다. 이에 디지털 카메라 및 캠코더와 같은 높은 화질을 요구하는 멀티미디어 기기에서 많이 사용되고 있다.

[0005] CMOS 이미지 센서는 구동 방식이 간편하고, 신호 처리 회로를 단일칩에 집적할 수 있어 제품의 소형화가 가능하다. CMOS 이미지 센서는 전력 소모 또한 매우 낮아 배터리 용량이 제한적인 제품에 적용이 용이하다. 또한, CMOS 이미지 센서는 CMOS 공정 기술을 호환하여 사용할 수 있어 제조 단가를 낮출 수 있다. 따라서, CMOS 이미지 센서는 기술 개발과 함께 고해상도가 구현 가능함에 따라 그 사용이 급격히 늘어나고 있다.

[0006] 또한, 이미지센서는 인간의 눈으로는 보이지 않는 적외선 영역 또는 자외선 영역의 빛에 대해서도 반응하는 특성이 있다. 따라서 필요에 따라 가시광 영역의 빛은 차단하고 적외선 영역 또는 자외선 영역의 빛만을 투과시킬 필요가 있으며 이러한 경우 적외선 또는 자외선 픽셀이 추가적으로 사용된다.

[0007] 대한민국 공개특허 제10-2010-0079088호에 따르면, 양자점 렌즈를 이용하여 마이크로렌즈 및 컬러필터를 대체하

여 가시광선을 감지하는 기술로, 공정이 복잡하고 적외선 또는 자외선 영역의 빛을 감지하기 못하는 문제가 있고, 대한민국 공개특허 제 10-2015-0118885호에 따르면, 적외선 검출 물질로서 유기 물질, 양자점 및 III-V 물질을 사용하는 유기 포토다이오드(OPD) 구조에 관한 기술로, 빛을 흡수하여 전자정공 쌍(EHP)을 형성하고 이를 상/하부 전극을 통해 전류를 생성하여, 광전 변환 효율이 낮고, 공정이 복잡하다는 문제가 있다.

[0008] Ludong Li에 따르면, 와이드-밴드 갭 물질(Wide-band gap material; ZnO quantum dot)을 채널로 사용함으로써, 아연 산화물 양자점(ZnO QD)이 자외선을 흡수하여 전자정공 쌍을 생성하는 기술로, 공정 과정이 복잡하다는 문제가 있다.

[0009] 미국 등록특허 제9,635,325호에 따르면, 실리콘 질화물(SiNx)을 광루미네센스 물질로 작용하여 에너지-다운-쉬프트(energy-down-shift) 역할을 하는 기술로, 가시광선을 배제하고 자외선만을 감지하여, 광학적인 빛의 플럭스(flux)가 부족하여 이미지화가 어렵다는 문제가 있다.

[0010] 그러나, 앞서 기술한 바와 같이, 이미지센서로 적외선 영역 또는 자외선 영역의 빛을 측정하기 위해서는 적외선 영역 또는 자외선 영역 파장 대역에서 높은 감도를 가지는 포토 다이오드(SOI, ZnO 나노 패턴, TiO<sub>2</sub> 나노-로드(nano-rod), 그래핀 등)를 사용하였으나, 적외선 영역 또는 자외선 영역 파장 대역에서 높은 감도를 가지는 포토 다이오드는 공정 과정이 복잡하고, 단순히 적외선 영역 또는 자외선 영역의 빛의 양만 확인할 수 있다는 문제가 있다.

### 선행기술문헌

#### 특허문헌

- [0012] (특허문헌 0001) 대한민국 공개특허 제10-2010-0079088호, "이미지 센서 및 그 제조 방법"  
 (특허문헌 0002) 대한민국 공개특허 제 10-2015-0118885호, "이미지 센서의 단위 픽셀 및 이를 포함하는 이미지 센서"  
 (특허문헌 0003) 미국 등록특허 제9,635,325호, "Systems and methods for detecting ultraviolet light using image sensors"

#### 비특허문헌

- [0013] (비특허문헌 0001) Ludong Li 외 4, ZnO Quantum Dot Decorated Zn<sub>2</sub>SnO<sub>4</sub> Nanowire Heterojunction Photodetectors with Drastic Performance Enhancement and Flexible Ultraviolet Image Sensors, 2017.03

### 발명의 내용

#### 해결하려는 과제

- [0014] 본 발명의 실시예들의 목적은 양자점층을 사용하여, 적외선 또는 자외선(적외선/자외선)의 양에 따라 디스플레이(이미지화)가 가능한 이미지 센서를 제조하기 위한 것이다.
- [0015] 본 발명의 실시예들의 목적은 양자점층을 사용하여 자외선 파장대역의 광 또는 적외선 파장대역의 광을 흡수하여 가시광선으로 발광함으로써, 가시광선 및 적외선/자외선을 모두 감지할 수 있는 이미지 센서를 제조하기 위한 것이다.
- [0016] 본 발명의 실시예들의 목적은 종래에 사용되는 이미지 센서에 양자점층을 장착하는 단순한 공정으로 적외선 또는 자외선을 감지할 수 있는 이미지 센서를 제조하기 위한 것이다.

#### 과제의 해결 수단

- [0018] 본 발명의 일 실시예에 따른 양자점층을 포함하는 이미지 센서는 기판 상에 복수의 픽셀 영역에 대응되게 형성되는 광전 변환 소자; 상기 광전 변환 소자가 형성된 기판 상에 형성되는 배선층; 상기 배선층 상에 형성되고, 상기 광전 변환 소자에 대응되게 형성되는 컬러필터; 및 상기 컬러필터 상에 형성되고, 광을 흡수하여 특정 파

장 영역의 가시광으로 발광하는 양자점층을 포함한다.

- [0019] 상기 광전 변환 소자에는 제1 가시광 및 제2 가시광이 입사되고, 상기 제1 가시광은 양자점층을 통해 투과되는 가시광이고, 제2 가시광은 상기 양자점층에 흡수되어 발광되는 특정 파장 영역의 가시광일 수 있다.
- [0020] 상기 양자점층은 자외선 파장대역의 광을 에너지-다운-쉬프트(energy-down-shift)시켜 상기 제2 가시광을 발광할 수 있다.
- [0021] 상기 양자점층은 적외선 파장대역의 광을 에너지-업-쉬프트(energy-up-shift)시켜 상기 제2 가시광을 발광할 수 있다.
- [0022] 상기 양자점층은 청색, 녹색 및 적색의 가시광선 파장대역의 광은 투과시키고, 자외선 파장대역의 광 또는 적외선 파장대역의 광만 선택적으로 흡수하여 청색의 가시광을 증폭시키는 청색 양자점층인 것을 특징으로 하는 양자점층일 수 있다.
- [0023] 상기 양자점층은 청색, 녹색 및 적색의 가시광선 파장대역의 광은 투과시키고, 자외선 파장대역의 광 또는 적외선 파장대역의 광만 선택적으로 흡수하여 적색의 가시광을 증폭시키는 적색 양자점층일 수 있다.
- [0024] 상기 양자점층은 청색, 녹색 및 적색의 가시광선 파장대역의 광은 투과시키고, 자외선 파장대역의 광 또는 적외선 파장대역의 광만 선택적으로 흡수하여 녹색의 가시광을 증폭시키는 녹색 양자점층일 수 있다.
- [0025] 상기 양자점층은 양자점 농도에 따라 투과율(transmittance)이 제어될 수 있다.
- [0026] 상기 양자점층은 CdS, CdSe, CdTe, ZnS, ZnSe, ZnTe, HgS, HgSe, HgTe, CdSeS, CdSeTe, CdSTe, ZnSeS, ZnSeTe, ZnSTe, HgSeS, HgSeTe, HgSTe, CdZnS, CdZnSe, CdZnTe, CdHgS, CdHgSe, CdHgTe, HgZnS, HgZnSe, HgZnTe, CdZnSeS, CdZnSeTe, CdZnSTe, CdHgSeS, CdHgSeTe, CdHgSTe, HgZnSeS, HgZnSeTe, HgZnSTe, GaN, GaP, GaAs, AlN, AlP, AlAs, InN, InP, InAs, GaNP, GaNAs, GaPAs, AlNP, AlNAs, AlPAs, InNP, InNAs, InPAs, GaAlNP, GaAlNAs, GaAlPAs, GaInNP, GaInNAs, GaInPAs, InAlNP, InAlNAs, InAlPAs 및 그 조합 중 적어도 어느 하나를 포함할 수 있다.
- [0027] 상기 양자점층은 CdZnS/ZnS 코어/셸 양자점 또는 Mn-doped CdZnS/ZnS 코어/셸 양자점을 포함할 수 있다.
- [0028] 상기 광전 변환 소자는 실리콘 기반의 포토다이오드일 수 있다.
- [0029] 상기 양자점을 포함하는 이미지 센서는 상기 양자점층 상부 또는 하부에 마이크로 렌즈를 더 포함할 수 있다.
- [0030] 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 양자점을 포함하는 이미지 센서는 기판 상에 복수의 픽셀 영역에 대응되게 형성되는 광전 변환 소자; 상기 광전 변환 소자가 형성된 기판 상에 형성되는 배선층; 상기 배선층 상에 형성되고, 상기 광전 변환 소자에 대응되게 형성되는 컬러필터; 및 상기 컬러필터 상에 형성되는 마이크로 렌즈를 포함하고, 상기 컬러필터 중 적어도 하나는 광을 흡수하여 특정 파장 영역의 가시광으로 발광하는 양자점을 포함한다.

**발명의 효과**

- [0032] 본 발명의 실시예에 따르면, 양자점층을 사용하여, 자외선 파장대역의 광 또는 적외선 파장대역의 광(적외선/자외선)의 양에 따라 디스플레이(이미지화)가 가능한 이미지 센서를 제조할 수 있다.
- [0033] 본 발명의 실시예에 따르면, 양자점층을 사용하여 자외선 파장대역의 광 또는 적외선 파장대역의 광을 흡수하여 가시광선으로 발광함으로써, 가시광선 및 적외선/자외선을 모두 감지할 수 있는 이미지 센서를 제조할 수 있다.
- [0034] 본 발명의 실시예에 따르면, 종래에 사용되는 이미지 센서에 양자점층을 장착하는 단순한 공정으로 자외선 파장대역의 광 또는 적외선 파장대역의 광을 감지할 수 있는 이미지 센서를 제조할 수 있다.

**도면의 간단한 설명**

- [0036] 도 1a는 본 발명의 일 실시예에 따른 양자점층을 포함하는 이미지 센서를 도시한 단면도이다.
- 도 1b는 본 발명의 다른 실시예에 따른 양자점층을 포함하는 이미지 센서를 도시한 단면도이다.
- 도 1c는 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 양자점층을 포함하는 이미지 센서를 도시한 단면도이다.
- 도 2는 본 발명의 다른 실시예에 따른 양자점층을 포함하는 이미지 센서를 도시한 입체도이다.

도 3a 내지 도 3c는 본 발명의 실시예들에 따른 양자점층을 포함하는 이미지 센서의 단일 픽셀을 도시한 도면이다.

도 4a 내지 도 4d는 양자점층이 없는 이미지 센서를 이용하여 촬영된 이미지 및 본 발명의 실시예들에 따른 양자점층을 포함하는 이미지 센서를 이용하여 촬영된 이미지의 적색 채널, 녹색 채널 및 청색 채널의 매트릭스를 도시한 것이다.

도 5는 본 발명의 실시예들에 따른 양자점층을 포함하는 이미지 센서의 투과전자현미경(TEM) 이미지를 도시한 것이다.

도 6은 코어셸 구조의 양자점의 투과전자현미경(TEM) 및 X-선 분광분석(EDS) 이미지를 도시한 것이다.

도 7은 본 발명의 실시예들에 따른 양자점층을 포함하는 이미지 센서에 사용되는 양자점의 파장(Wavelength)에 따른 광 발광(photoluminescence; PL) 및 흡수율(Absorption; Abs)을 도시한 그래프이다.

도 8은 본 발명의 실시예들에 따른 양자점층을 포함하는 이미지 센서의 파장에 따른 태양 스펙트럼(Solar Spectrum)을 도시한 그래프이다.

도 9는 CdZnS/ZnS 코어셸 양자점의 에너지 밴드 다이어그램(energy band diagram)을 도시한 것이다.

도 10은 양자점의 농도 변화에 따라 본 발명의 실시예들에 따른 양자점층을 포함하는 이미지 센서의 파장(Wavelength)에 따른 광 발광 강도(photoluminescence intensity; PL intensity) 및 흡수율(Absorption; Abs)을 도시한 그래프이다.

도 11은 양자점의 농도 변화에 따라 본 발명의 실시예들에 따른 양자점층을 포함하는 이미지 센서의 파장(Wavelength)에 따른 광 발광 강도(photoluminescence intensity; PL intensity)을 도시한 그래프이다.

도 12는 양자점의 농도 변화에 따라 본 발명의 실시예들에 따른 양자점층을 포함하는 이미지 센서의 역방향 바이어스(reverse bias)에 따른 전류(current)를 도시한 그래프이다.

도 13은 양자점의 농도 변화에 따라 본 발명의 실시예들에 따른 양자점층을 포함하는 이미지 센서의 파장에 따른 반응도(Responsivity)를 도시한 그래프이다.

도 14는 본 발명의 실시예들에 따른 양자점층을 포함하는 이미지 센서의 트랜스퍼 트랜지스터, 리셋 트랜지스터, 소스 플로워 트랜지스터 및 커런트 소스 트랜지스터의 펄스 동작에 따른 특성을 도시한 그래프이다.

도 15는 본 발명의 실시예들에 따른 양자점층을 포함하는 이미지 센서의 파장에 따른 전압 감지 마진(voltage sensing margin; RV)를 도시한 것이다.

도 16은 본 발명의 실시예들에 따른 양자점층을 포함하는 이미지 센서의 광 강도(Light intensity)에 따른 전압 감지 마진(voltage sensing margin; RV)를 도시한 것이다.

도 17a는 본 발명의 실시예들에 따른 양자점층을 포함하는 이미지 센서를 사용하여 촬영된 이미지의 적색 채널을 도시한 이미지이고, 도 17b는 본 발명의 실시예들에 따른 양자점층을 포함하는 이미지 센서를 사용하여 촬영된 이미지의 녹색 채널을 도시한 이미지이다.

도 17c는 본 발명의 실시예들에 따른 양자점층을 포함하는 이미지 센서를 사용하여 촬영된 이미지의 청색 채널을 도시한 이미지이다.

도 18은 태양광(Sunlight) 조사 시간에 따라 변화되는 본 발명의 실시예들에 따른 양자점층을 포함하는 이미지 센서의 전압 감지 마진( $\Delta V_{\text{dark-photo}}$ )을 도시한 그래프이다.

도 19는 태양광(Sunlight) 조사 시간에 따라 변화되는 본 발명의 실시예들에 따른 양자점층을 포함하는 이미지 센서를 이용하여 촬영된 이미지를 도시한 것이다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

[0037] 이하 첨부 도면들 및 첨부 도면들에 기재된 내용들을 참조하여 본 발명의 실시예를 상세하게 설명하지만, 본 발명이 실시예에 의해 제한되거나 한정되는 것은 아니다.

[0038] 본 명세서에서 사용된 용어는 실시예들을 설명하기 위한 것이며 본 발명을 제한하고자 하는 것은 아니다. 본 명

세서에서, 단수형은 문구에서 특별히 언급하지 않는 한 복수형도 포함한다. 명세서에서 사용되는 "포함한다 (comprises)" 및/또는 "포함하는(comprising)"은 언급된 구성요소, 단계, 동작 및/또는 소자는 하나 이상의 다른 구성요소, 단계, 동작 및/또는 소자의 존재 또는 추가를 배제하지 않는다.

- [0039] 본 명세서에서 사용되는 "실시예", "예", "측면", "예시" 등은 기술된 임의의 양상(Aspect) 또는 설계가 다른 양상 또는 설계들보다 양호하다거나, 이점이 있는 것으로 해석되어야 하는 것은 아니다.
- [0040] 또한, '또는' 이라는 용어는 배타적 논리합 'exclusive or' 이기보다는 포괄적인 논리합 'inclusive or' 를 의미한다. 즉, 달리 언급되지 않는 한 또는 문맥으로부터 명확하지 않는 한, 'x가 a 또는 b를 이용한다'라는 표현은 포괄적인 자연 순열들(natural inclusive permutations) 중 어느 하나를 의미한다.
- [0041] 또한, 본 명세서 및 청구항들에서 사용되는 단수 표현("a" 또는 "an")은, 달리 언급하지 않는 한 또는 단수 형태에 관한 것이라고 문맥으로부터 명확하지 않는 한, 일반적으로 "하나 이상"을 의미하는 것으로 해석되어야 한다.
- [0042] 아래 설명에서 사용되는 용어는, 연관되는 기술 분야에서 일반적이고 보편적인 것으로 선택되었으나, 기술의 발달 및/또는 변화, 관례, 기술자의 선호 등에 따라 다른 용어가 있을 수 있다. 따라서, 아래 설명에서 사용되는 용어는 기술적 사상을 한정하는 것으로 이해되어서는 안 되며, 실시예들을 설명하기 위한 예시적 용어로 이해되어야 한다.
- [0043] 또한, 특정한 경우는 출원인이 임의로 선정한 용어도 있으며, 이 경우 해당되는 설명 부분에서 상세한 그 의미를 기재할 것이다. 따라서 아래 설명에서 사용되는 용어는 단순한 용어의 명칭이 아닌 그 용어가 가지는 의미와 명세서 전반에 걸친 내용을 토대로 이해되어야 한다.
- [0044] 한편, 제1, 제2 등의 용어는 다양한 구성 요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 구성 요소들은 용어들에 의하여 한정되지 않는다. 용어들은 하나의 구성 요소를 다른 구성 요소로부터 구별하는 목적으로만 사용된다.
- [0045] 또한, 막, 층, 영역, 구성 요청 등의 부분이 다른 부분 "위에" 또는 "상에" 있다고 할 때, 다른 부분의 바로 위에 있는 경우뿐만 아니라, 그 중간에 다른 막, 층, 영역, 구성 요소 등이 개재되어 있는 경우도 포함한다.
- [0046] 다른 정의가 없다면, 본 명세서에서 사용되는 모든 용어(기술 및 과학적 용어를 포함)는 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 공통적으로 이해될 수 있는 의미로 사용될 수 있을 것이다. 또 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 용어들은 명백하게 특별히 정의되어 있지 않는 한 이상적으로 또는 과도하게 해석되지 않는다.
- [0047] 한편, 본 발명을 설명함에 있어서, 관련된 공지 기능 또는 구성에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는, 그 상세한 설명을 생략할 것이다. 그리고, 본 명세서에서 사용되는 용어(Terminology)들은 본 발명의 실시예를 적절히 표현하기 위해 사용된 용어들로서, 이는 사용자, 운용자의 의도 또는 본 발명이 속하는 분야의 관례 등에 따라 달라질 수 있다. 따라서, 본 용어들에 대한 정의는 본 명세서 전반에 걸친 내용을 토대로 내려져야 할 것이다.
- [0048] 이하에서는, 도 1a 내지 도 1c를 참조하여 본 발명의 실시예들에 따른 양자점층을 포함하는 이미지 센서에 대해 설명하기로 한다.
- [0050] 도 1a 내지 도 1c는 본 발명의 실시예들에 따른 양자점층을 포함하는 이미지 센서를 도시한 단면도이다.
- [0051] 본 발명의 실시예들에 따른 양자점층을 포함하는 이미지 센서는 기판(110) 상에 복수의 픽셀 영역에 대응되게 형성되는 광전 변환 소자(120), 광전 변환 소자(120)가 형성된 기판 상에 형성되는 배선층(130), 배선층(130) 상에 형성되고, 광전 변환 소자(120)에 대응되게 형성되는 컬러필터(140R, 140G, 140B) 및 컬러필터(140R, 140G, 140B) 상에 형성되고, 광을 흡수하여 특정 파장 영역의 가시광으로 발광하는 양자점층(150)을 포함한다.
- [0052] 본 발명의 실시예들에 따른 양자점층을 포함하는 이미지 센서의 광전 변환 소자에는 제1 가시광(P1) 및 제2 가시광(P2)이 입사되고, 제1 가시광(P1)은 양자점층(150) 및 컬러필터 (140R, 140G, 140B)을 통해 투과되는 가시광이고, 제2 가시광(P2)은 양자점층(150)에 흡수되어 발광되는 특정 파장 영역의 가시광일 수 있다.
- [0053] 따라서, 제1 가시광(P1)은 외부로부터 입사되는 가시광을 포함하고, 제2 가시광(P2)은 외부로부터 입사되는 자외선 파장대역의 광 또는 적외선 파장대역의 광이 양자점층(150)을 통과하여 변환된 가시광을 포함할 수 있다.
- [0054] 따라서, 본 발명의 실시예들에 따른 양자점층을 포함하는 이미지 센서는 양자점층(150)을 장착하는 단순한 공정

으로 인하여, 제1 가시광(P1)을 통해 가시광을 감지하고, 양자점층(150)을 통해 입사되는 제2 가시광(P2)을 통해 적외선 또는 자외선을 감지할 수 있다.

- [0055] 또한, 본 발명의 실시예들에 따른 양자점층을 포함하는 이미지 센서는 양자점층(150)을 통해 입사되는 제2 가시광을 통해 자외선 파장대역의 광 또는 적외선 파장대역의 광의 양에 따라 디스플레이(이미지화)를 구현할 수 있다.
- [0056] 본 발명의 실시예들에 따른 양자점층을 포함하는 이미지 센서는 액티브 픽셀 센서 어레이(Active Pixel Sensor array)를 포함할 수 있고, 액티브 픽셀 센서 어레이는 행들 및 열들을 따라 2차원적으로 배열된 복수의 단위 픽셀들을 포함할 수 있다.
- [0057] 단위 픽셀들 각각에서 입사광에 의해 전기적 신호가 발생될 수 있고, 단위 픽셀은 광전 변환 소자(120) 및 로직 소자를 포함할 수 있고, 로직 소자는 트랜스퍼 트랜지스터(TX), 리셋 트랜지스터(RX), 소스 플로워 트랜지스터(SF), 커런트 소스 트랜지스터(CS) 및 플로팅 확산 영역(FD)을 포함할 수 있다.
- [0058] 본 발명의 일 실시예에 따른 양자점층을 포함하는 이미지 센서의 기관 상에 형성된 로직 소자 및 광전 변환 소자(120)의 배치 구조에 대해서는 도 3a 내지 도 3c에서 상세히 설명하기로 한다.
- [0059] 또한, 바람직하게 본 발명의 일 실시예에 따른 양자점층을 포함하는 이미지 센서는 양자점층(150)의 상부 또는 하부에 형성되는 마이크로 렌즈(160)를 더 포함할 수 있다.
- [0060] 도 1a 내지 도 1c는 마이크로 렌즈(160)와 양자점층(150)의 위치가 상이한 점을 제외하면, 동일한 구성요소를 포함하고 있기에, 동일한 구성요소에 대해서는 도 1a에서 설명하기로 한다.
- [0061] 도 1a는 본 발명의 일 실시예에 따른 양자점층을 포함하는 이미지 센서를 도시한 단면도이다.
- [0062] 본 발명의 일 실시예에 따른 양자점층을 포함하는 이미지 센서는 기관(110) 상에 복수의 픽셀 영역에 대응되게 형성되는 광전 변환 소자(120), 광전 변환 소자(120)가 형성된 기관 상에 형성되는 배선층(130), 배선층(130) 상에 형성되고, 광전 변환 소자에 대응되게 형성되는 컬러필터(140R, 140G, 140B), 컬러필터(140R, 140G, 140B) 상에 형성되고, 광을 흡수하여 특정 파장 영역의 가시광으로 발광하는 양자점층(150) 및 양자점층(150) 상에 형성되고, 마이크로 렌즈(160)를 포함할 수 있다.
- [0063] 본 발명의 일 실시예에 따른 양자점층을 포함하는 이미지 센서는 양자점층(150) 상부에 마이크로 렌즈(160)를 형성할 수 있고, 마이크로 렌즈(160)를 양자점층(150)의 상부에 형성함으로써, 마이크로 렌즈(160)를 통해 빛이 집중된 후에 양자점층(150)을 통과하기 때문에 양자점층(150)에서 흡수될 수 있는 자외선 또는 적외선의 양이 증가되어 이미지 센서의 감도를 향상시킬 수 있다.
- [0064] 기관(110) 상에 복수의 픽셀 영역에 대응되게 형성되는 광전 변환 소자(120)를 포함한다.
- [0065] 기관(110)은 n형 또는 p형의 도전형을 갖는 기관이 사용되거나, 벌크(bulk) 기관 상에 p형 또는 n형 에피택시얼 층이 형성된 에피택시얼 기관이 사용될 수 있다. 기관(110) 내에는 활성 영역과 필드 영역을 구분하기 위한 소자 분리막(미도시)이 형성될 수 있고, 광전 변환 소자(120) 및 로직 소자가 기관(110)의 활성 영역에 형성될 수 있다.
- [0066] 또한, 기관(110) 내에는 딥 웰(deep well; 미도시)이 형성될 수 있다. 딥 웰은 기관(110)의 깊은 곳에서 생성된 전하들이 광전 변환 소자(110)로 흘러 들어가지 않도록 포텐셜 배리어(potential barrier)를 형성하고, 전자와 홀의 재결합(recombination) 현상을 증가시켜 전하들의 랜덤 드리프트(random drift)에 의한 화소간 크로스토크(cross-talk)를 감소시키는 크로스토크 배리어 역할을 할 수 있다.
- [0067] 광전 변환 소자(120)는 입사광(incident light)을 흡수하여 광량에 대응하는 전하를 축적한다. 광전 변환 소자(120)로는 포토다이오드, 포토 트랜지스터, 포토 게이트, 핀드(pinned) 포토다이오드 또는 이들의 조합이 이용될 수 있고, 바람직하게 광전 변환 소자(120)는 실리콘 기관의 포토다이오드가 사용될 수 있다.
- [0068] 바람직하게는, 실리콘 기관의 포토다이오드는 기관(110) 내에 불순물을 도핑하여 형성된 불순물 영역일 수 있다. 실리콘 기관의 포토다이오드는 N형 불순물 영역과 P형 불순물 영역을 포함할 수 있고, N형 불순물 영역은 기관(110) 내에 깊게 형성되며, P형 불순물 영역은 N형 불순물 영역의 표면에 얇게 형성될 수 있다.
- [0069] 광전 변환 소자(120)가 형성된 기관 상에는 배선층(130)이 형성된다.
- [0070] 바람직하게, 광전 변환 소자(120) 및 로직 소자가 형성된 기관(110) 상부에는 복수의 절연층들이 형성되고, 각

각의 절연층들은 소자들의 전기적인 라우팅 및/또는 차광 기능을 위한 배선층(130)을 포함할 수 있다.

- [0071] 광전 변환 소자(120) 상부에 형성되는 절연층들은 빛의 투과율을 향상시키기 위해 투과율이 높은 절연 물질로 형성될 수 있고, 광전 변환 소자(120) 상부의 빛 투과율을 향상시키기 위한 광투과부를 포함할 수 있다.
- [0072] 배선층(130)은 콘택(미도시)을 통해 하부의 로직소자들이나 다른 배선들과 연결될 수 있고, 광전 변환 소자(120)들이 형성된 영역을 제외한 영역에 형성될 수 있다.
- [0073] 따라서, 배선층(130)은 각 단위 픽셀들의 로직 소자들 상부에 형성될 수 있고, 빛이 로직 소자들이 형성된 영역으로 입사되는 것을 차단할 수 있다.
- [0074] 배선층(130)은 다수의 금속 배선을 포함할 수 있고, 배선층(130)은 텅스텐(W) 또는 구리(Cu)와 같은 금속 물질로 형성될 수 있다.
- [0075] 배선층(130) 상에 형성되고, 광전 변환 소자(120)에 대응되게 형성되는 컬러필터(140R, 140G, 140B)를 포함하고, 컬러필터(140R, 140G, 140B)는 적색 컬러필터(140R), 녹색 컬러필터(140G) 및 청색 컬러필터(140B)를 포함할 수 있다.
- [0076] 컬러필터(140R, 140G, 140B)는 픽셀에 따라, 적색 컬러필터(140R), 녹색 컬러필터(140G) 및 청색 컬러필터(140B)를 포함할 수 있다.
- [0077] 적색 컬러필터(140R)는 가시광에서 적색 광을 통과시키고, 적색 픽셀의 광전 변환 소자(120)는 적색 광에 대응하는 광전자들을 생성할 수 있다.
- [0078] 녹색 컬러필터(140G)는 가시광에서 녹색 광에 통과시키며, 녹색 필터의 광전 변환 소자(120)는 녹색 광에 대응하는 광전자들을 생성할 수 있다.
- [0079] 청색 컬러필터(140B)는 청색 컬러 필터(B)는 가시광에서 청색 광에 통과시키며, 청색 픽셀의 광전 변환 소자(120)는 청색 광에 대응하는 광전자들을 생성할 수 있다.
- [0080] 또한, 실시예에 따라서, 컬러필터는 화이트(W, white), 마젠타(Mg; magenta), 옐로우(Y; yellow) 또는 시안(Cy; cyan)을 포함할 수도 있다.
- [0081] 컬러필터(140R, 140G, 140B) 상에는 광을 흡수하여 특정 파장 영역의 가시광으로 발광하는 양자점층(150)을 포함한다.
- [0082] 바람직하게 양자점층(150)에 흡수되는 광은 자외선 파장대역의 광 또는 적외선 파장대역의 광일 수 있다.
- [0083] 실리콘 기반의 포토다이오드는 외부에서 입사되는 빛의 파장 범위에 따라 실리콘 기반의 포토다이오드에 입사되는 깊이가 달라지게 된다.
- [0084] 파장이 긴 적외선 파장 대역의 광(약 750nm 내지 1000nm)의 경우, 실리콘 기반의 포토다이오드보다 깊은 기판(110)까지 침투되어 빛이 손실될 수 있어, 광전 변환 소자(120)에 입사되는 빛의 양이 감소될 수 있다.
- [0085] 또한, 높은 에너지( $E \geq 3.1 \text{ eV}$ )를 갖고, 파장이 짧은 자외선 파장 대역의 광( $\lambda \leq 400 \text{ nm}$ )의 경우, 실리콘 기반의 포토다이오드의 고갈된 얇은 상부 실리콘 층(depleted thin top-Si layer)에서만 검지되어 광의 양이 감소됨으로써, 입사 광자(incident photon) 변화에 의한 전하 전류 효율(change current efficiency) 및 이미지 센서의 감도가 매우 낮아질 수 있다.
- [0086] 그러나, 본 발명의 일 실시예에 따른 양자점을 포함하는 이미지 센서는 양자점층(150)을 형성하여 입사되는 자외선 파장대역의 광 또는 적외선 파장대역의 광을 가시광(제2 가시광)으로 변환시킴으로써, 실리콘 기반의 포토다이오드에 감도가 높은 가시광으로 입사되어 자외선 파장대역의 광 또는 적외선 파장대역의 광을 검지하여 적외선 또는 자외선의 감도를 향상시킬 수 있다.
- [0087] 또한, 양자점층(150)은 자외선 파장대역의 광을 에너지-다운-쉬프트(energy-down-shift)시켜 상기 제2 가시광을 발광할 수 있다.
- [0088] 보다 구체적으로, 양자점층(150)에 포함되는 양자점은 약 400 nm 이하의 파장 범위를 가지는 자외선 파장대역의 광을 흡수할 수 있고, 흡수된 자외선 파장대역의 광은 양자점에 의해 약 380nm 내지 800nm 파장 범위를 가지는 제2 가시광(P2)으로 발광될 수 있다. 따라서, 양자점층(150)은 입사된 광의 파장을 짧은 파장의 광으로 에너지-다운-쉬프트시킬 수 있다.

- [0089] 또한, 양자점층(150)은 적외선 파장대역의 광을 에너지-업-쉬프트(energy-up-shift)시켜 제2 가시광을 발광할 수 있다.
- [0090] 보다 구체적으로, 양자점층(150)에 포함되는 양자점은 약 750nm 내지 1000nm의 파장 범위를 가지는 적외선 파장대역의 광을 흡수할 수 있고, 흡수된 적외선 파장대역의 광은 양자점에 의해 약 380nm 내지 800nm 파장 범위를 가지는 제2 가시광(P2)으로 발광될 수 있다. 따라서, 양자점층(150)은 입사된 광을 파장을 긴 파장의 광으로 에너지-업-쉬프트시킬 수 있다.
- [0091] 본 발명의 일 실시예에 따른 양자점층을 포함하는 이미지 센서는 양자점층(150)이 적색 양자점을 포함하는 적색 양자점층, 녹색 양자점을 포함하는 녹색 양자점층 및 청색 양자점을 포함하는 청색 양자점층 중 어느 하나로 형성될 수 있다.
- [0092] 양자점층(150)이 청색 양자점층일 경우, 청색 양자점층은 청색, 녹색 및 적색의 가시광선 파장대역의 광을 투과시키고, 자외선 파장대역의 광 또는 적외선 파장대역의 광만 선택적으로 흡수하여 청색의 가시광을 증폭시킬 수 있다.
- [0093] 보다 구체적으로, 청색 양자점층을 포함하는 이미지 센서에 가시광선이 입사되면, 가시광선은 적색 컬러 필터(140R), 녹색 컬러 필터(140G) 및 청색 컬러 필터(140B)를 투과시켜 제1 가시광선(P1)선이 광전 변환 소자(120)에 입사될 수 있다.
- [0094] 청색 양자점층을 포함하는 이미지 센서에 자외선 파장대역의 광 또는 적외선 파장대역의 광이 입사되면, 청색 양자점층에서 자외선 파장대역의 광 또는 적외선 파장대역의 광을 흡수하여 청색 가시광선(제2 가시광선; P2)을 발광하게 되고, 청색 가시광선(제2 가시광선; P2)은 적색 컬러 필터(140R) 및 녹색 컬러 필터(140G)에서는 투과되지 못하고, 청색 컬러 필터(140B)에서만 투과하게 된다.
- [0095] 따라서, 적색 컬러 필터(140R) 및 녹색 컬러 필터(140G)에 대응하는 광전 변환 소자(120)에는 제1 가시광선(P1)만 입사되고, 청색 컬러 필터(140B)에 대응하는 광전 변환 소자(120)에는 제1 가시광선(P1) 및 제2 가시광선(P2)이 입사됨으로써, 더 많은 빛을 흡수할 수 있게 되어, 빛의 세기 또는 광량(flux)에서 차이가 발생하게 된다.
- [0096] 양자점층(150)이 적색 양자점층일 경우, 적색 양자점층은 청색, 녹색 및 적색의 가시광선 파장대역의 광을 투과시키고, 자외선 파장대역의 광 또는 적외선 파장대역의 광만 선택적으로 흡수하여 적색의 가시광을 증폭시킬 수 있다.
- [0097] 보다 구체적으로, 적색 양자점층을 포함하는 이미지 센서에 가시광선이 입사되면, 가시광선은 적색 컬러 필터(140R), 녹색 컬러 필터(140G) 및 청색 컬러 필터(140B)를 투과시켜 제1 가시광선(P1)이 광전 변환 소자(120)에 입사되게 된다.
- [0098] 적색 양자점층을 포함하는 이미지 센서에 자외선 파장대역의 광 또는 적외선 파장대역의 광이 입사되면, 적색 양자점층에서 자외선 파장대역의 광 또는 적외선 파장대역의 광을 흡수하여 적색 가시광선(제2 가시광선; P2)을 발광하게 되고, 적색 가시광선(제2 가시광선; P2)은 청색 컬러 필터(140B) 및 녹색 컬러 필터(140G)에서는 투과되지 못하고, 적색 컬러 필터(140R)에서만 투과되게 된다.
- [0099] 따라서, 청색 컬러 필터(140B) 및 녹색 컬러 필터(140G)에 대응하는 광전 변환 소자(120)에는 제1 가시광선만 입사되고, 적색 컬러 필터(140R)에 대응하는 광전 변환 소자(120)에는 제1 가시광선(P1) 및 제2 가시광선(P2)이 입사됨으로써, 더 많은 빛을 흡수할 수 있게 되어, 빛의 세기 또는 광량(flux)에서 차이가 발생하게 된다.
- [0100] 양자점층(150)이 녹색 양자점층일 경우, 녹색 양자점층은 청색, 녹색 및 적색의 가시광선 파장대역의 광을 투과시키고, 자외선 파장대역의 광 또는 적외선 파장대역의 광만 선택적으로 흡수하여 녹색의 가시광을 증폭시킬 수 있다.
- [0101] 보다 구체적으로, 녹색 양자점층을 포함하는 이미지 센서에 가시광선이 입사되면, 가시광선은 적색 컬러 필터(140R), 녹색 컬러 필터(140G) 및 청색 컬러 필터(140B)를 투과시켜 제1 가시광선(P1)이 광전 변환 소자(120)에 입사되게 된다.
- [0102] 녹색 양자점층을 포함하는 이미지 센서에 자외선 파장대역의 광 또는 적외선 파장대역의 광이 입사되면, 녹색 양자점층에서 자외선 파장대역의 광 또는 적외선 파장대역의 광을 흡수하여 녹색 가시광선(제2 가시광선)을 발광하게 되고, 녹색 가시광선(제2 가시광선)은 청색 컬러 필터(140B) 및 적색 컬러 필터(140R)에서는 투과되지

못하고, 녹색 컬러 필터(140G)에서만 투과되게 된다.

- [0103] 따라서, 청색 컬러 필터(140B) 및 적색 컬러 필터(140R)에 대응하는 광전 변환 소자(120)에는 제1 가시광선만 입사되고, 녹색 컬러 필터(140G)에 대응하는 광전 변환 소자(120)에는 제1 가시광선 및 제2 가시광선이 입사됨으로써, 더 많은 빛을 흡수할 수 있게 되어, 빛의 세기 또는 광량(flux)에서 차이가 발생하게 된다.
- [0104] 도 1a에서는 양자점층(150)으로 청색 양자점층(150)을 사용하는 기술을 도시하였으나, 이에 제한되지 않고, 적색 양자점층 또는 녹색 양자점층이 사용될 수 있다.
- [0105] 또한, 양자점층(150)은 양자점 농도를 조절하여 투과율(transmittance)을 제어할 수 있다.
- [0106] 양자점층(150)은 양자점의 농도가 증가하면 양자점층(150) 내에서의 광 산란(light scattering)으로 인해 가시광선 파장대역에서 투과율을 감소시킬 수 있다.
- [0107] 따라서, 양자점층(150)에 포함되는 양자점의 농도가 증가하면 제1 가시광(P1)의 광의 세기 또는 광량(flux)이 감소되어 제2 가시광선(P2)의 영향이 더 커지게 되므로, 광전 변환 소자(120)에서의 픽셀 강도(pixel intensity) 차이를 명확하게 확인할 수 있다.
- [0108] 보다 구체적으로, 본 발명의 실시예들에 따른 양자점층을 포함하는 이미지 센서에 입사되는 제1 가시광(P1)은 양자점층(150)에 의해 가시광선 파장대역의 광의 투과율이 감소될 수 있고, 제2 가시광(P2)은 양자점층(150)에 의해 자외선 파장대역의 광 또는 적외선 파장대역의 광을 가시광선 파장대역의 광으로 발광시켜 투과율을 증가시킬 수 있다.
- [0109] 따라서, 본 발명의 실시예들에 따른 양자점층을 포함하는 이미지 센서는 입사되는 가시광선 파장대역의 광의 투과율은 감소되고, 자외선 파장대역의 광 또는 적외선 파장대역의 광의 투과율은 증가됨으로써, 픽셀 강도(pixel intensity)를 명확하게 할 수 있다.
- [0110] 양자점층(150)은 다수의 양자점을 포함할 수 있고, 양자점은 적색, 녹색 또는 청색 양자점을 포함할 수 있다.
- [0111] 양자점은 CdS, CdSe, CdTe, ZnS, ZnSe, ZnTe, HgS, HgSe, HgTe, CdSeS, CdSeTe, CdSTe, ZnSeS, ZnSeTe, ZnSTe, HgSeS, HgSeTe, HgSTe, CdZnS, CdZnSe, CdZnTe, CdHgS, CdHgSe, CdHgTe, HgZnS, HgZnSe, HggZnTe, CdZnSeS, CdZnSeTe, CdZnSTe, CdHgSeS, CdHgSeTe, CdHgSTe, HgZnSeS, HgZnSeTe, HgZnSTe, GaN, GaP, GaAs, AlN, AlP, AlAs, InN, InP, InAs, GaNP, GaNAs, GaPAs, AlNP, AlNAs, AlPAs, InNP, InNAs, InPAs, GaAlNP, GaAlNAs, GaAlPAs, GaInNP, GaInNAs, GaInPAs, InAlNP, InAlNAs, InAlPAs 및 그 조합 중 적어도 어느 하나를 포함할 수 있다.
- [0112] 바람직하게 양자점층(150)은 CdZnS/ZnS 코어/셸 양자점 또는 Mn-doped CdZnS/ZnS 코어/셸 양자점을 사용할 수 있고, CdZnS/ZnS 코어/셸 양자점은 청색을 발광하는 양자점이고, Mn-doped CdZnS/ZnS 코어/셸 양자점은 옐로우-오렌지 광(yellow-orange light)을 발광하는 양자점이다.
- [0113] CdZnS/ZnS 코어/셸 양자점은 CdZnS 양자점 코어의 직경 및 ZnS 양자점 셸의 두께를 조절하여 외부 양자 효율(external quantum yield)을 증가시킬 수 있다.
- [0114] CdZnS/ZnS 코어/셸 양자점은 CdO 및 Zn(acet)<sub>2</sub>를 포함하는 용액에 7.5mL의 올레익 산(oleic acid; OA)를 주입하고, 실온(RT)에서 열처리를 진행하여 Cd(OA)<sub>2</sub> 및 Zn(OA)<sub>2</sub>를 포함하는 용액을 제조한 다음, 제조된 Cd(OA)<sub>2</sub> 및 Zn(OA)<sub>2</sub>를 포함하는 용액에 5ml의 1-옥타데센(1-octadecene; 1-ODE)를 주입하여 150℃에서 열처리를 진행한다. 이후, 제1 황(S) 전구체를 주입하고, 300℃에서 열처리를 진행하여 Cd(OA)<sub>2</sub>, Zn(OA)<sub>2</sub> 및 황을 포함하는 용액을 제조한 다음, 제2 황 전구체를 주입하고 300℃에서 8분간 열처리를 진행하여 CdZnS 코어 양자점을 형성한 후, 310℃에서 40분 동안 열처리를 진행하여 CdZnS/ZnS 코어/셸 양자점이 제조될 수 있다.
- [0115] 양자점층(150) 상에 형성되는 마이크로 렌즈(160)를 포함한다.
- [0116] 마이크로 렌즈(160)는 광전 변환 소자(120)에 대응하여 형성될 수 있고, 소정의 곡률 반경을 가질 수 있다.
- [0117] 마이크로 렌즈(160)의 곡률 반경은 각 픽셀로 입사되는 빛의 파장에 따라 달라질 수 있고, 광전 변환 소자(120) 이외의 영역으로 입사하는 빛의 경로를 변경시켜 광전 변환 소자(120)로 빛을 집광시킬 수 있다.
- [0119] 도 1b는 본 발명의 다른 실시예에 따른 양자점층을 포함하는 이미지 센서를 도시한 단면도이다.
- [0120] 본 발명의 다른 실시예에 따른 양자점을 포함하는 이미지 센서는 기판(110) 상에 복수의 픽셀 영역에 대응되게

형성되는 광전 변환 소자(120), 광전 변환 소자(120)가 형성된 기판 상에 형성되는 배선층(130), 배선층(130) 상에 형성되고, 광전 변환 소자에 대응되게 형성되는 컬러필터(140R, 140G, 140B), 컬러필터(140R, 140G, 140B) 상에 형성되는 마이크로 렌즈(160) 및 마이크로 렌즈(160) 상에 형성되고, 광을 흡수하여 특정 파장 영역의 가시광으로 발광하는 양자점층(150)을 포함한다.

- [0121] 도 1b는 양자점층(150)이 마이크로 렌즈(160) 상부에 형성되는 것을 제외하면 도 1a와 동일하므로, 동일한 구성 요소에 대한 설명은 생략하기로 한다.
- [0122] 본 발명의 다른 실시예에 따른 양자점층을 포함하는 이미지 센서는 양자점층(150)을 마이크로 렌즈(160) 상부에 형성함으로써, 종래에 사용되는 이미지 센서 상에 양자점층(150)을 장착하는 단순한 공정으로 자외선 또는 적외선을 검지할 수 있는 이미지 센서를 제조할 수 있다.
- [0123] 바람직하게, 본 발명의 다른 실시예에 따른 양자점층을 포함하는 이미지 센서의 양자점층(150)은 투명 기판 및 투명 기판 상에 형성된 양자점을 포함할 수 있다.
- [0124] 투명 기판은 유리(glass) 또는 석영(quartz)이 사용될 수 있고, 바람직하게, 투명기판은 모든 파장에서 약 90%의 투과율을 가지는 석영이 사용될 수 있다.
- [0125] 양자점은 증착 또는 코팅 방법에 의해 투명 기판 상에 형성될 수 있다.
- [0127] 도 1c는 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 양자점층을 포함하는 이미지 센서를 도시한 단면도이다.
- [0128] 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 양자점을 포함하는 이미지 센서는 기판(110) 상에 복수의 픽셀 영역에 대응되게 형성되는 광전 변환 소자(120), 광전 변환 소자(120)가 형성된 기판 상에 형성되는 배선층(130), 배선층(130) 상에 형성되고, 광전 변환 소자(120)에 대응되게 형성되는 컬러필터(140R, 140G, 140B) 및 컬러필터(140R, 140G, 140B) 상에 형성되는 마이크로 렌즈(160)를 포함하고, 컬러필터(140R, 140G, 140B) 중 적어도 하나는 광을 흡수하여 특정 파장 영역의 가시광으로 발광하는 양자점(151)을 포함한다.
- [0129] 도 1c는 컬러필터(140R, 140G, 140B) 내에 양자점(151)을 포함하는 것을 제외하면 도 1a와 동일하므로, 동일한 구성요소에 대한 설명은 생략하기로 한다.
- [0130] 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 양자점을 포함하는 이미지 센서는 컬러필터(140R, 140G, 140B) 내에 양자점(151)을 블렌딩(blending)시켜 단일 층으로 형성함으로써, 자외선 또는 적외선을 검지할 수 있는 이미지 센서의 두께를 감소시킬 수 있다.
- [0132] 도 2는 본 발명의 다른 실시예에 따른 양자점층을 포함하는 이미지 센서를 도시한 입체도이다.
- [0133] 도 2를 참조하면, 본 발명의 다른 실시예에 따른 양자점층을 포함하는 이미지 센서는 종래에 사용되는 이미지 센서(3M pixel CIS) 상에 양자점층(Quartz glass with QDs film)을 장착함으로써, 단순한 공정으로 적외선 또는 자외선 카메라를 제조할 수 있다.
- [0135] 도 3a 내지 도 3c는 본 발명의 실시예들에 따른 양자점층을 포함하는 이미지 센서의 단일 픽셀을 도시한 도면이다.
- [0136] 도 3a는 본 발명의 실시예들에 따른 양자점층을 포함하는 이미지 센서의 단일 픽셀의 회로도를 도시한 것이고, 도 3b는 단일 픽셀의 입체도를 도시한 것이고, 도 3c는 본 발명의 실시예들에 따른 양자점층을 포함하는 이미지 센서의 단일 픽셀의 광학현미경 (optical microscope) 이미지를 도시한 것이다.
- [0137] 도 3a 내지 도 3c를 참조하면, 본 발명의 실시예들에 따른 양자점층을 포함하는 이미지 센서의 단일 픽셀은 양자점층을 포함하는 광전 변환 소자( $n^+$ -doped photodiode with QDs) 및 로직 소자를 포함할 수 있다.
- [0138] 로직 소자는 트랜스퍼 트랜지스터(TX), 리셋 트랜지스터(RX), 소스 플로워 트랜지스터(SF), 커런트 소스 트랜지스터(CS) 및 플로팅 확산 영역(FD)을 포함할 수 있다.
- [0139] 광전 변환 소자( $n^+$ -doped photodiode with QDs)는 외부에서 입사된 빛의 양에 비례하여 광전하들을 생성 및 축적하고, 트랜스퍼 트랜지스터(TX)는 광전 변환 소자( $n^+$ -doped photodiode with QDs)에 축적된 전하를 플로팅 확산 영역(FD)로 전송할 수 있다.
- [0141] \*또한, 플로팅 확산 영역(FD)은 광전 변환 소자( $n^+$ -doped photodiode with QDs) 에서 생성된 전하를 전송 받아

누적으로 저장하고, 플로팅 확산 영역(FD)에 축적된 광전하들의 양에 따라 소스 플로워 트랜지스터(SF)가 제어될 수 있다.

- [0142] 또한, 소스 플로워 트랜지스터(SF)는 단위 픽셀 외부에 위치하는 정전류원(미도시)과 조합하여 소오스 팔로워 버퍼 증폭기(source follower buffer amplifier) 역할을 하고, 플로팅 확산 영역(FD)에서의 전위 변화를 증폭하고 이를 출력 라인(Vout)으로 출력할 수 있다.
- [0143] 또한, 커런트 소스 트랜지스터(CS)는 행 단위로 읽어낼 단위 픽셀들을 선택할 수 있고, 커런트 소스 트랜지스터(CS)가 턴 온될 때, 소스 플로워 트랜지스터(SF)의 드레인 전극과 연결된 전원 전압(VDD)이 커런트 소스 트랜지스터(CS)의 드레인 전극으로 전달될 수 있다.
- [0144] 또한, 리셋 트랜지스터(RX)는 플로팅 확산 영역(FD)에 축적된 전하들을 주기적으로 리셋시킬 수 있다. 보다 상세하게, 리셋 트랜지스터(RX)의 드레인 전극은 플로팅 확산 영역(FD)와 연결되고, 소스 전극은 전원 전압(VDD)에 연결될 수 있다.
- [0145] 리셋 트랜지스터(RX)가 턴 온되면, 리셋 트랜지스터(RX)의 소스 전극과 연결된 전원 전압(VDD)이 플로팅 확산 영역(FD)로 전달됨으로써, 리셋 트랜지스터(RX)가 턴 온(turn-on)시 플로팅 확산 영역(FD)에 축적된 전하들이 배출되어 플로팅 확산 영역(FD)가 리셋될 수 있다.
- [0147] 도 4a 내지 도 4d는 양자점층이 없는 이미지 센서를 이용하여 촬영된 이미지 및 본 발명의 실시예들에 따른 양자점층을 포함하는 이미지 센서를 이용하여 촬영된 이미지의 적색 채널, 녹색 채널 및 청색 채널의 매트릭스를 도시한 것이다.
- [0148] 도 4a 내지 도 4d는 양자점층이 없는 이미지 센서를 이용하여 촬영된 이미지 및 본 발명의 실시예들에 따른 양자점층을 포함하는 이미지 센서를 이용하여 촬영된 이미지를 비교하기 위해 모든 픽셀 강도의 차이는 동일한 위치에서 얻어졌다.
- [0149] 도 4a는 적색 채널, 녹색 채널 및 청색 채널을 분리하여 측정된 매트릭스를 도시한 것이고, 도 4b는 본 발명의 실시예들에 따른 양자점층을 포함하는 이미지 센서를 이용하여 촬영된 이미지의 채널을 도시한 매트릭스이며, 도 4c는 양자점층을 포함하지 않는 이미지 센서를 이용하여 촬영된 이미지의 채널을 도시한 매트릭스이고, 도 4d는 본 발명의 실시예들에 따른 양자점층을 포함하는 이미지 센서를 이용하여 촬영된 이미지와 양자점층을 포함하지 않는 이미지 센서를 이용하여 촬영된 이미지를 (-)을 통해 계산된 채널을 도시한 매트릭스이다.
- [0150] 도 4a 내지 도 4d를 참조하면, 만약  $A_{xy, \text{with QD}} - A_{xy, \text{w/o QD}} < 0$ 이면, 특히 적색 및 녹색 채널의 경우, 양자점층(예; core/shell QDs)에 의한 광 산란(light scattering)으로 인해 픽셀의 강도가 감소하는 것을 알 수 있다.
- [0151] 산란 효과 문제를 제거하기 위해 픽셀 강도를 0으로 설정하였다.
- [0152] 만약  $A_{xy, \text{with QD}} - A_{xy, \text{w/o QD}} > 0$ 이면, 특히, 청색 채널에서 양자점층(예; core/shell QDs)으로 인해 픽셀 강도가 증가하는 것을 알 수 있다.
- [0154] 도 5는 본 발명의 실시예들에 따른 양자점층을 포함하는 이미지 센서의 투과전자현미경(TEM) 이미지를 도시한 것이다.
- [0155] 도 5를 참조하면, 광전 변환 소자 상부에 17.3nm의 양자점층이 균일하게 형성되고, 양자점층 내에 균일한 크기의  $\text{Cd}_{0.5}\text{Zn}_{0.5}\text{S}/\text{ZnS}$  코어셸 양자점을 포함하는 것을 알 수 있다.
- [0157] 도 6은 코어셸 구조의 양자점의 투과전자현미경(TEM) 및 X-선 분광분석(EDS) 이미지를 도시한 것이다.
- [0158] 도 6을 참조하면,  $\text{Cd}_{0.5}\text{Zn}_{0.5}\text{S}/\text{ZnS}$  코어셸 양자점이 형성되는 것을 알 수 있다.
- [0160] 도 7은 본 발명의 실시예들에 따른 양자점층을 포함하는 이미지 센서에 사용되는 양자점의 파장(Wavelength)에 따른 광 발광(photoluminescence; PL) 및 흡수율(Absorption; Abs)을 도시한 그래프이다.
- [0161] 도 7은 양자점층에 포함되는 양자점으로  $\text{Mn}^{2+}$ -doped  $\text{Cd}_{0.5}\text{Zn}_{0.5}\text{S}/\text{ZnS}$  코어셸 양자점을 사용하였고, 옐로우-오렌지 광(yellow-orange light)을 발광하는 양자점이다.

- [0162] 도 7을 참조하면, Mn<sup>2+</sup>-doped Cd<sub>0.5</sub>Zn<sub>0.5</sub>S/ZnS 코어셸 양자점은 자외선을 흡수하여 청색 광을 발광하고, 청색광뿐만 아니라 에너지 터닝 효과(energy-tuning-effect)를 통해 스토크 쉬프트(stoke shift)를 증가시켜, ~583 nm 피크(peak)를 가지는 옐로우-오렌지 광(yellow-orange light)을 발광할수도 있다.
- [0164] 도 8은 본 발명의 실시예들에 따른 양자점층을 포함하는 이미지 센서의 파장에 따른 태양 스펙트럼(Solar Spectrum)을 도시한 그래프이다.
- [0165] 도 8을 참조하면, 양자점층은 자외선을 흡수하여 가시광선(예; 청색광)을 발광하는 에너지-다운-쉬프트(energy-down-shift) 및 적외선을 흡수하여 가시광선(예; 청색광)을 발광하는 에너지-업-쉬프트(energy-up-shift)를 초래하는 것을 알 수 있다.
- [0167] 도 9는 CdZnS/ZnS 코어셸 양자점의 에너지 밴드 다이어그램(energy band diagram)을 도시한 것이다.
- [0168] 도 9를 참조하면, CdZnS/ZnS 코어셸 양자점은 자외선을 흡수하여 청색 가시광선을 방출하는 것을 알 수 있다.
- [0170] 도 10은 양자점의 농도 변화에 따라 본 발명의 실시예들에 따른 양자점층을 포함하는 이미지 센서의 파장(Wavelength)에 따른 광 발광 강도(photoluminescence intensity; PL intensity) 및 흡수율(Absorption; Abs)을 도시한 그래프이다.
- [0171] 도 10은 CdZnS/ZnS 코어셸 양자점을 포함하는 청색 양자점층을 사용하고, 청색 양자점의 농도를 0.1 wt%, 0.2 wt%, 0.3 wt%, 0.4 wt% 및 0.5 wt%로 변화시켜 측정하였다.
- [0172] 도 10을 참조하면, 양자점층에 포함되는 양자점의 농도가 증가할수록 흡수율이 증가되는 것을 알 수 있다.
- [0174] 도 11은 양자점의 농도 변화에 따라 본 발명의 실시예들에 따른 양자점층을 포함하는 이미지 센서의 파장(Wavelength)에 따른 광 발광 강도(photoluminescence intensity; PL intensity)을 도시한 그래프이다.
- [0175] 도 11은 CdZnS/ZnS 코어셸 양자점을 포함하는 청색 양자점층을 사용하고, 청색 양자점의 농도를 0.1 wt%, 0.2 wt%, 0.3 wt%, 0.4 wt% 및 0.5 wt%로 변화시켜 측정하였다.
- [0176] 도 11을 참조하면, 양자점층에 포함되는 양자점의 농도가 증가할수록 광 발광 강도가 증가되는 것을 알 수 있다.
- [0178] 도 12는 양자점의 농도 변화에 따라 본 발명의 실시예들에 따른 양자점층을 포함하는 이미지 센서의 역방향 바이어스(reverse bias)에 따른 전류(current)를 도시한 그래프이다.
- [0179] 도 12는 CdZnS/ZnS 코어셸 양자점을 포함하는 청색 양자점층을 사용하고, 암-상태(dark-state), 양자점층이 없는 상태(w/o QDs), 0.1 wt% 농도의 양자점, 0.2 wt% 농도의 양자점, 0.3 wt% 농도의 양자점, 0.4 wt% 농도의 양자점 및 0.5 wt% 농도의 양자점으로 변화시켜 측정하였다.
- [0180] 또한, 도 12는 365nm의 파장 및 355 μW/cm<sup>2</sup>의 단위 면적당의 자외선의 세기 (E)에서 측정되었다.
- [0181] 도 12를 참조하면, 본 발명의 실시예들에 따른 양자점층을 포함하는 이미지 센서는 365nm의 파장에서 농도가 증가함에 따라 광전류가 증가되고, 15V의 역방향 바이어스에서는 0.5 wt% 농도의 양자점을 포함함으로써, 0.17 μA에서 0.68 μA까지 증가하였다.
- [0183] 도 13은 양자점의 농도 변화에 따라 본 발명의 실시예들에 따른 양자점층을 포함하는 이미지 센서의 파장에 따른 반응도(Responsivity)를 도시한 그래프이다.
- [0184] 도 13은 청색 양자점을 사용하였고, 양자점층이 없는 상태(w/o QDs), 0.1 wt% 농도의 양자점, 0.2 wt% 농도의 양자점, 0.3 wt% 농도의 양자점, 0.4 wt% 농도의 양자점 및 0.5 wt% 농도의 양자점으로 변화시켜 측정하였다.
- [0185] 반응도는 하기 [식 1]로 계산될 수 있다.
- [0187] \*[식 1]

$$Responsivity = \frac{I_{ph} (A)}{E (W/cm^2) \times A (cm^2)}$$

[0188]

[0189] 도 13을 참조하면, 본 발명의 실시예들에 따른 양자점층을 포함하는 이미지 센서는 양자점의 농도가 증가할수록

광전 변환 소자의 반응도가 증가하였고, 0.5 wt% 농도의 양자점은 365nm의 파장에서 0.78A/W로 현저하게 증가하였다.

[0191] 도 14는 본 발명의 실시예들에 따른 양자점층을 포함하는 이미지 센서의 트랜스퍼 트랜지스터, 리셋 트랜지스터, 소스 플로워 트랜지스터 및 커런트 소스 트랜지스터의 펄스 동작에 따른 특성을 도시한 그래프이다.

[0192] 도 14를 참조하면, 리셋 트랜지스터는 플로팅 확산 영역 (0-210 $\mu$ s)을 완전히 리셋(reset)하기 위해 턴 온 하는 것을 알 수 있다.

[0193] 또한, 트랜스퍼 트랜지스터를 턴온하고, 리셋 트랜지스터를 턴오프하여 전자를 광전 변환 소자의 플로팅 확산 영역(210-460 $\mu$ s)으로 전송(transfer)하였고, 트랜스퍼 트랜지스터와 리셋 트랜지스터는 광전 변환 소자(460-520  $\mu$ s)에서 플로팅 확산 영역으로 전송된 전자를 판독(read)하기 위해 턴오프되는 것을 알 수 있다.

[0195] 도 15는 본 발명의 실시예들에 따른 양자점층을 포함하는 이미지 센서의 파장에 따른 전압 감지 마진(voltage sensing margin;  $R_{\Delta V}$ )를 도시한 것이다.

[0196] 도 15는 CdZnS/ZnS 코어셸 양자점을 포함하는 청색 양자점층을 사용하고, 청색 양자점의 농도를 0.1 wt%, 0.2 wt%, 0.3 wt%, 0.4 wt% 및 0.5 wt%로 변화시켜 측정하였다.

[0197] 전압 감지 마진(voltage sensing margin;  $R_{\Delta V}$ )은 하기 [식 2] 및 [식 3]을 이용하여 계산될 수 있다.

[0198] [식 2]

[0199] 
$$\Delta V_{dark-photo} = V_{dark} - V_{photo}$$

[0200] [식 3]

[0201] 
$$R_{\Delta V} [\%] = \frac{\Delta V_{dark-photo \text{ with QDs}} [V]}{\Delta V_{dark-photo \text{ without QDs}} [V]} \times 100[\%]$$

[0202] 도 15를 참조하면, 365nm 파장에서의  $\Delta V_{dark-photo}$ 의 비는 0.5 wt% 농도의 양자점은 194.66%로 증가하였고, 본 발명의 실시예들에 따른 양자점층을 포함하는 이미지 센서는 양자점층에 의해 전압 감지 마진이 약 2배정도 증가 되는 것을 알 수 있다.

[0203] 또한, 450nm 이하의 자외선 영역에서 전압 감지 마진(voltage sensing margin)이 증가되는 것을 알 수 있다.

[0205] 도 16은 본 발명의 실시예들에 따른 양자점층을 포함하는 이미지 센서의 광 강도(Light intensity)에 따른 전압 감지 마진(voltage sensing margin;  $R_{\Delta V}$ )를 도시한 것이다.

[0206] 도 16은 CdZnS/ZnS 코어셸 양자점을 포함하는 청색 양자점층을 사용하고, 파장( $\lambda$ )을 254nm, 365nm, 450nm, 551nm 및 658nm로 변화시켜 측정하였다.

[0207] 도 16을 참조하면, 청색 양자점은 자외선 파장대에서 높은 전압 감지 마진을 나타내고, 365nm 파장에서 전압 감지 마진이 가장 좋은 것을 알 수 있다.

[0209] 도 17a는 본 발명의 실시예들에 따른 양자점층을 포함하는 이미지 센서를 사용하여 촬영된 이미지의 적색 채널을 도시한 이미지이고, 도 17b는 본 발명의 실시예들에 따른 양자점층을 포함하는 이미지 센서를 사용하여 촬영된 이미지의 녹색 채널을 도시한 이미지이다.

[0210] 도 17a 및 도 17b는 CdZnS/ZnS 코어셸 양자점을 포함하는 청색 양자점층을 사용하였다.

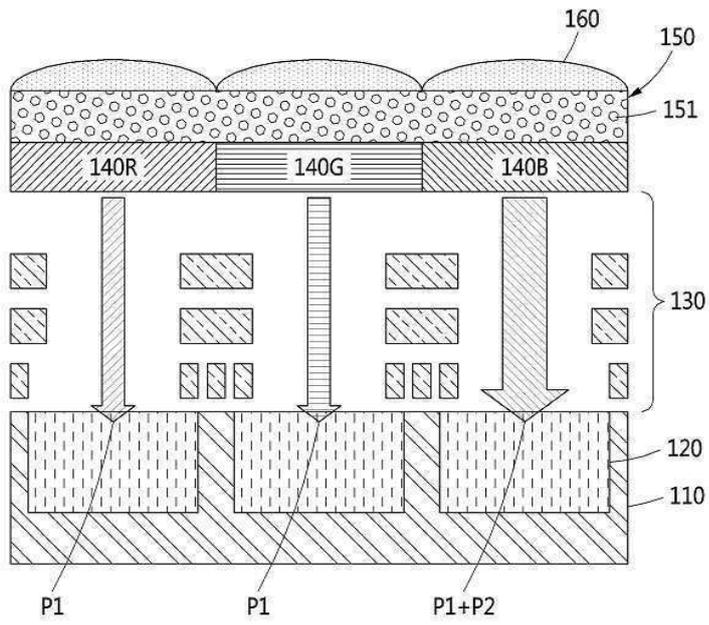
[0211] 도 17a 및 도 17b를 참조하면, 대부분의 픽셀 강도는 0을 나타내는 것을 알 수 있다. 본 발명의 실시예들에 따른 양자점층을 포함하는 이미지 센서를 사용하여 촬영된 이미지의 적색 채널의 픽셀 강도가 양자점층이 없는 이미지 센서를 사용하여 촬영된 이미지의 적색 채널의 픽셀 강도보다 더 낮은 값이다.

[0213] 도 17c는 본 발명의 실시예들에 따른 양자점층을 포함하는 이미지 센서를 사용하여 촬영된 이미지의 청색 채널을 도시한 이미지이다.

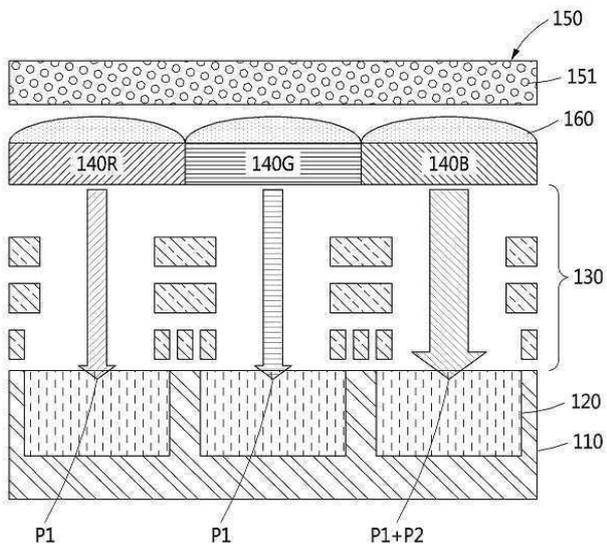


도면

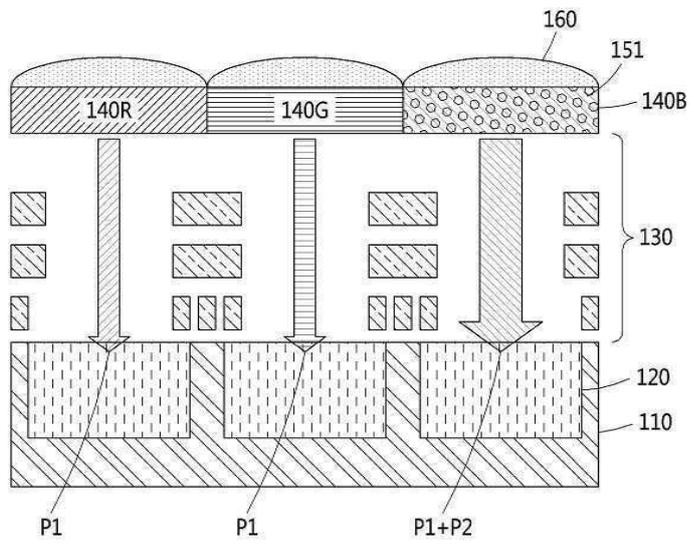
도면1a



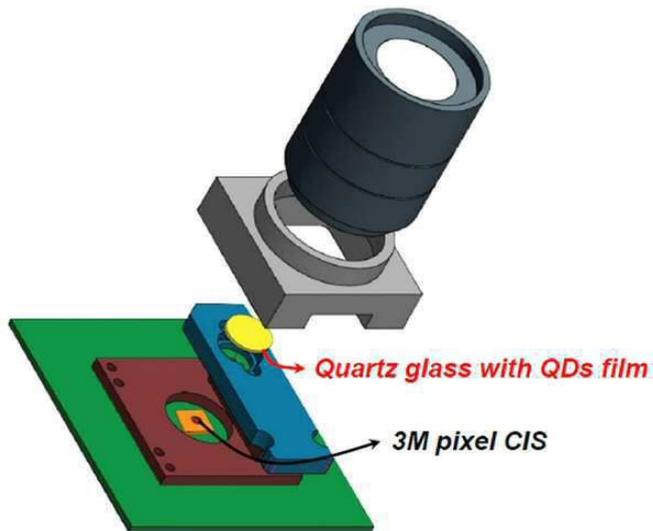
도면1b



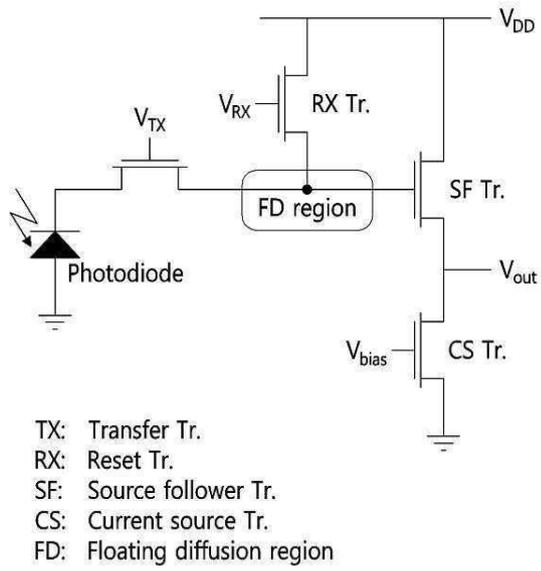
도면1c



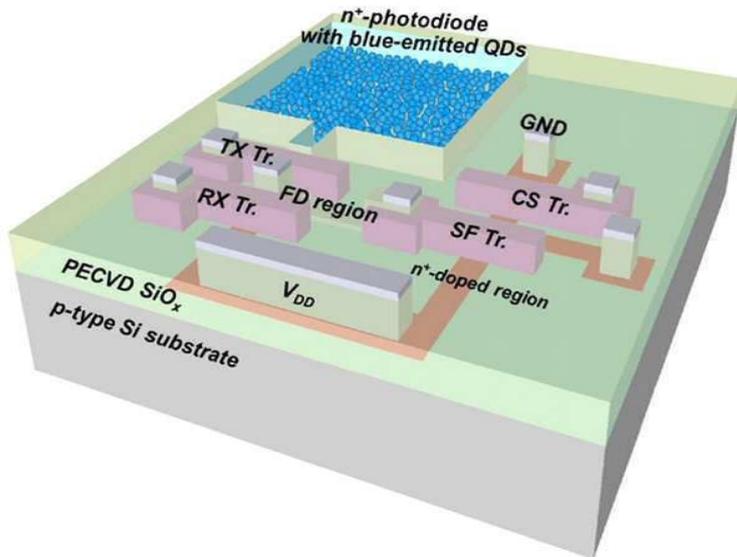
도면2



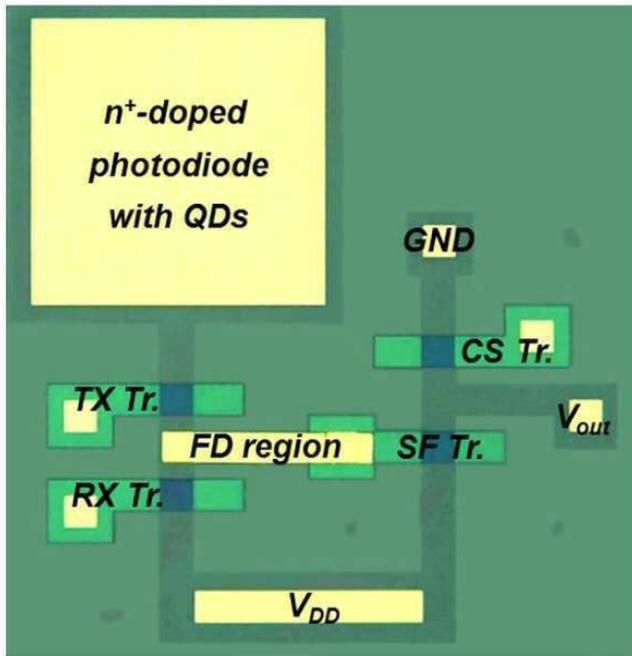
도면3a



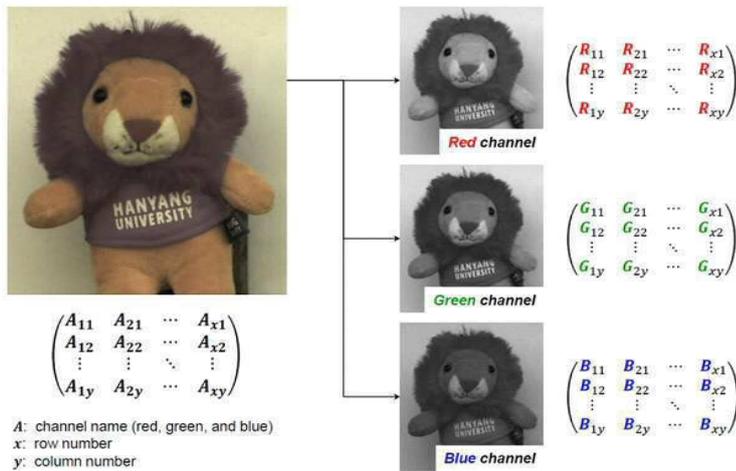
도면3b



도면3c



도면4a



도면4b

$$\begin{pmatrix} A_{11,with\ QD} & A_{21,with\ QD} & \dots & A_{x1,with\ QD} \\ A_{12,with\ QD} & A_{22,with\ QD} & \dots & A_{x2,with\ QD} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ A_{1y,with\ QD} & A_{2y,with\ QD} & \dots & A_{xy,with\ QD} \end{pmatrix}$$

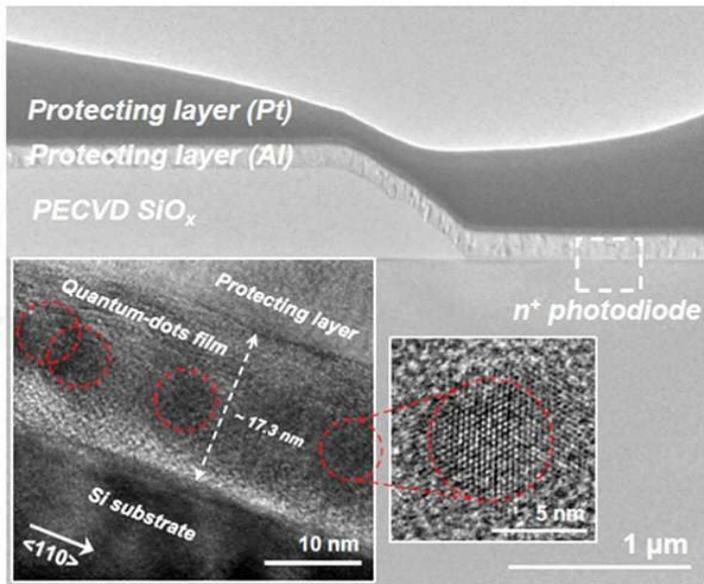
도면4c

$$\begin{pmatrix} A_{11,w/o\ QD} & A_{21,w/o\ QD} & \dots & A_{x1,w/o\ QD} \\ A_{12,w/o\ QD} & A_{22,w/o\ QD} & \dots & A_{x2,w/o\ QD} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ A_{1y,w/o\ QD} & A_{2y,w/o\ QD} & \dots & A_{xy,w/o\ QD} \end{pmatrix}$$

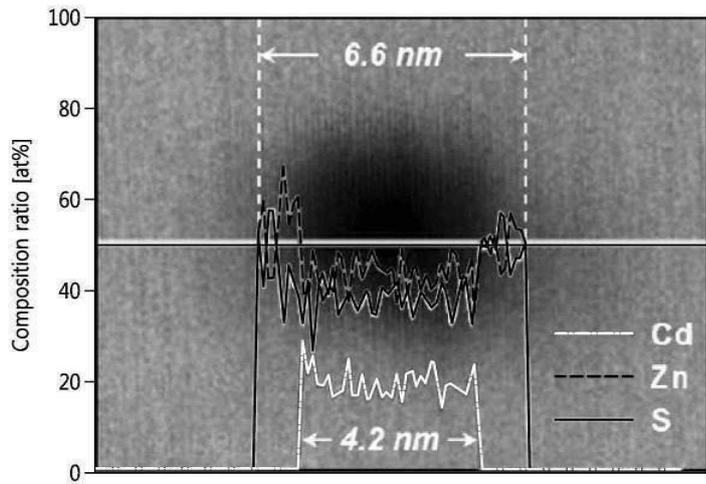
도면4d

$$\begin{pmatrix} A_{11,with\ QD} - A_{11,w/o\ QD} & A_{21,with\ QD} - A_{21,w/o\ QD} & \dots & A_{x1,with\ QD} - A_{x1,w/o\ QD} \\ A_{12,with\ QD} - A_{12,w/o\ QD} & A_{22,with\ QD} - A_{22,w/o\ QD} & \dots & A_{x2,with\ QD} - A_{x2,w/o\ QD} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ A_{1y,with\ QD} - A_{1y,w/o\ QD} & A_{2y,with\ QD} - A_{2y,w/o\ QD} & \dots & A_{xy,with\ QD} - A_{xy,w/o\ QD} \end{pmatrix}$$

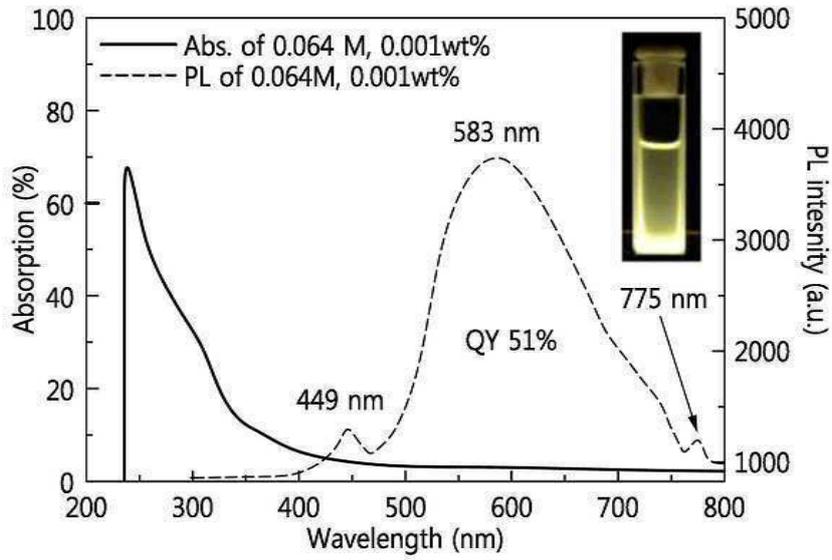
도면5



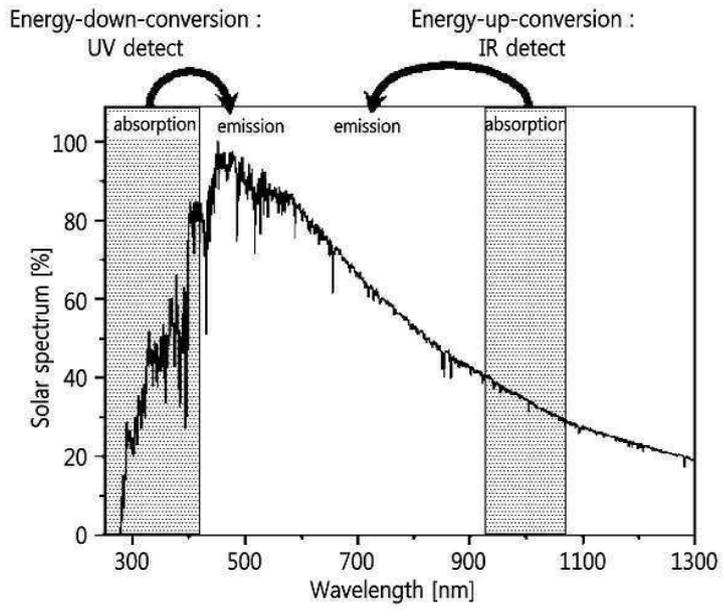
도면6



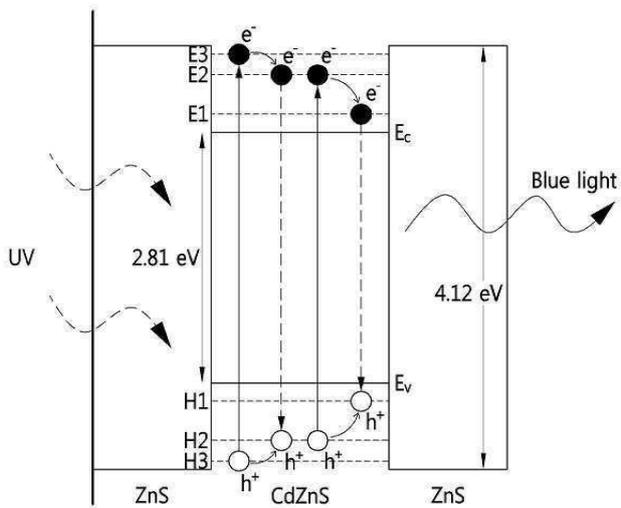
도면7



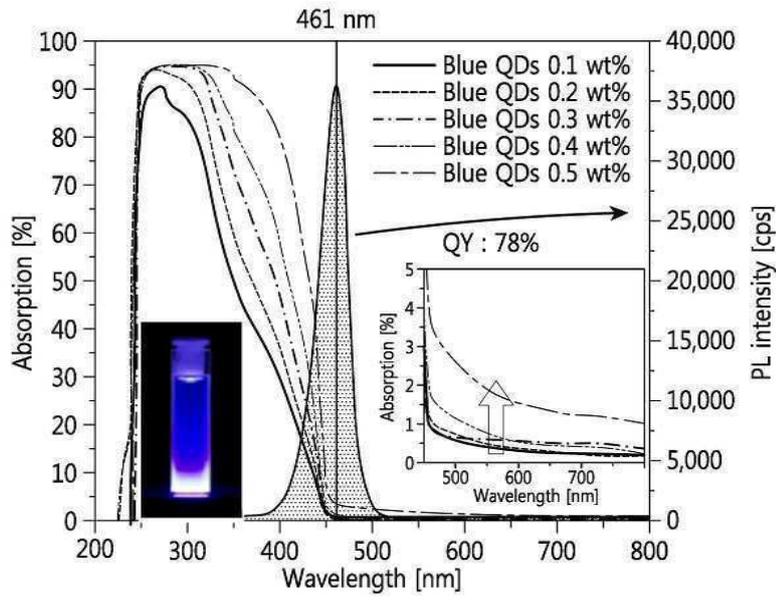
도면8



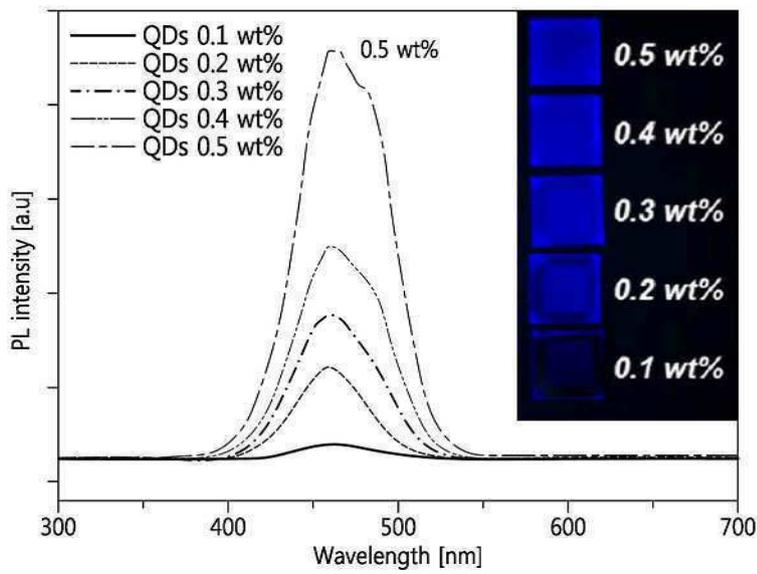
도면9



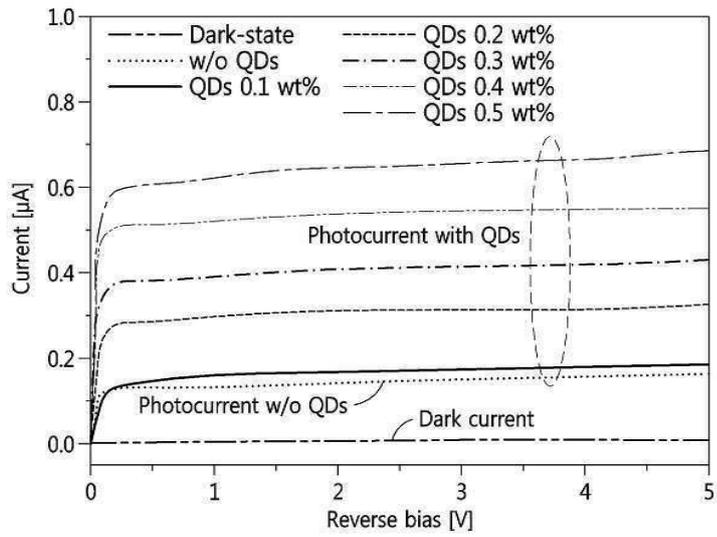
도면10



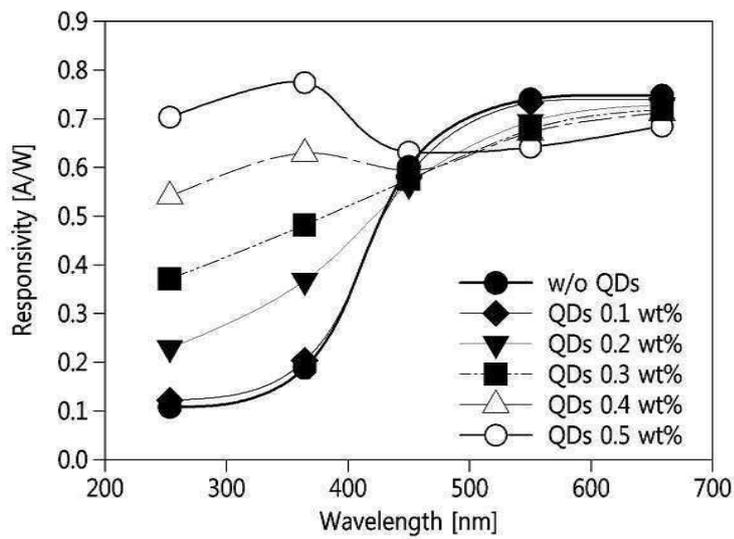
도면11



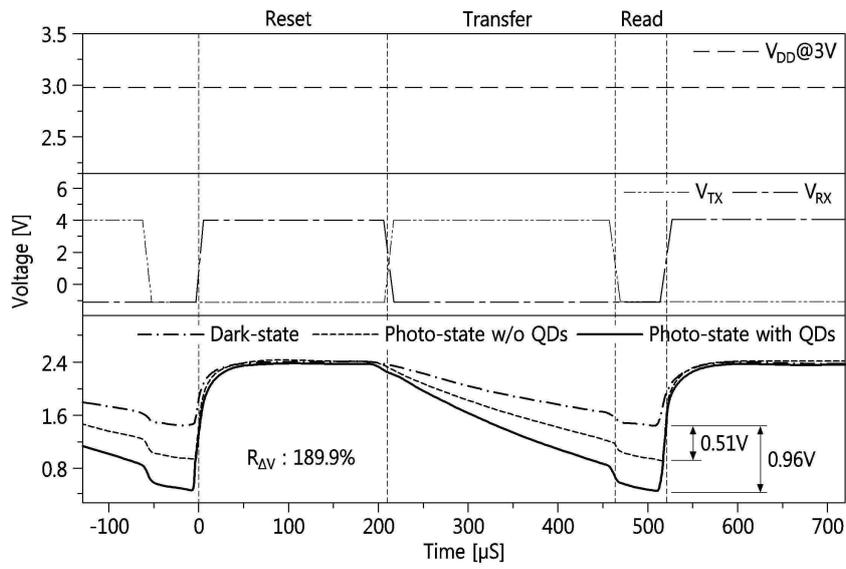
도면12



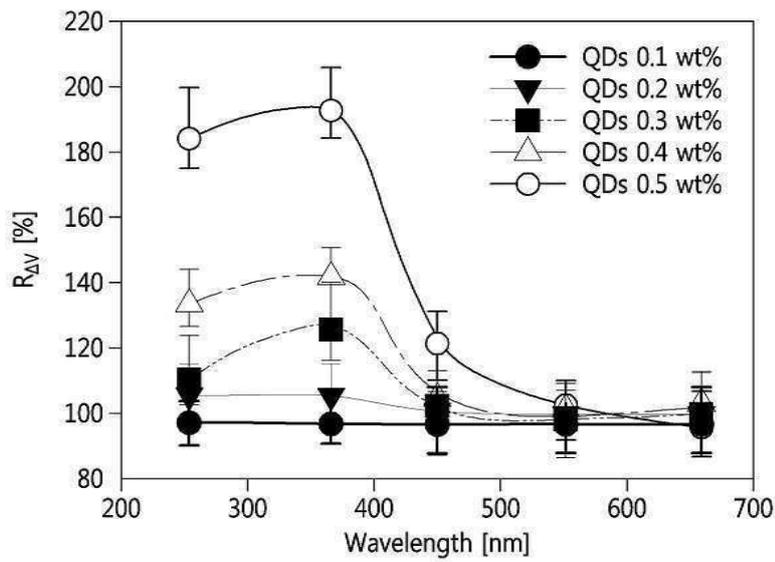
도면13



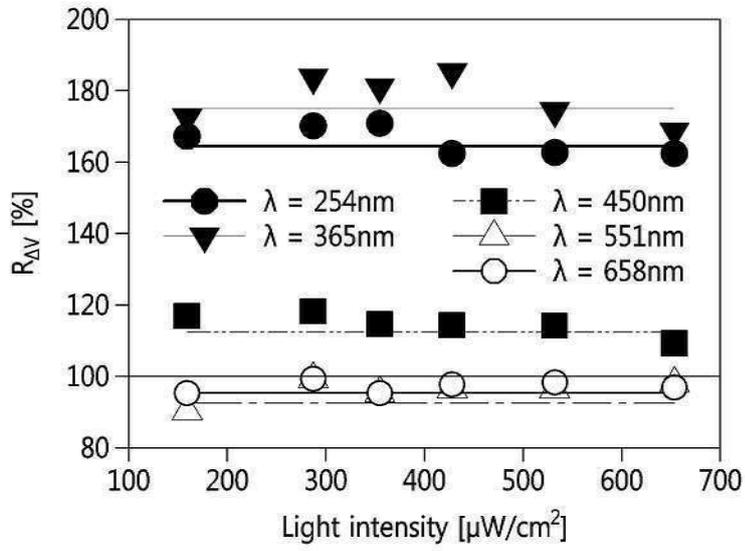
도면14



도면15



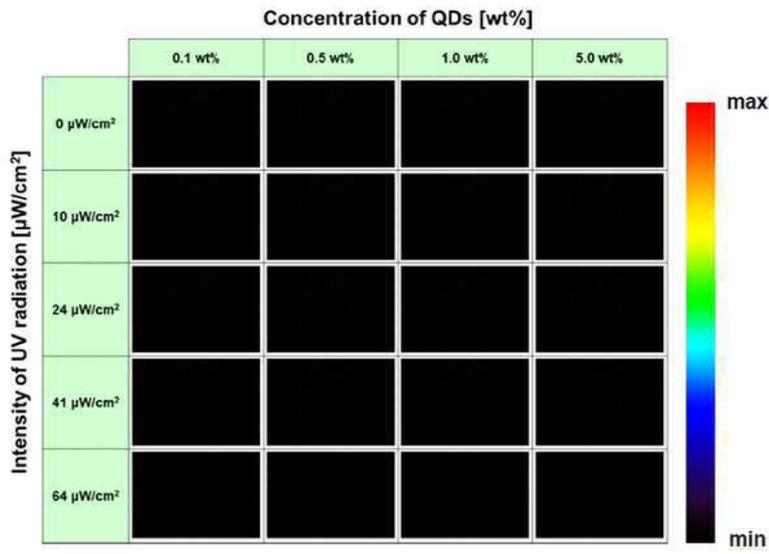
도면16



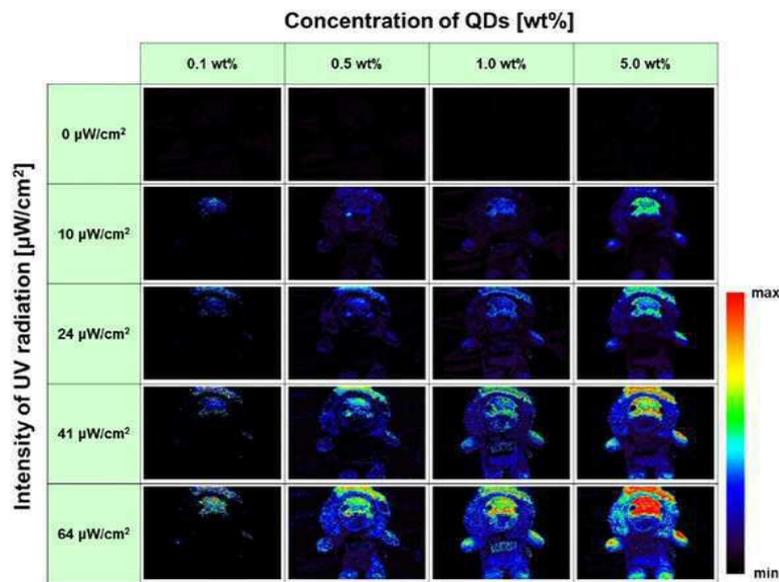
도면17a

Intensity of UV radiation [ $\mu\text{W}/\text{cm}^2$ ]	Concentration of QDs [wt%]			
	0.1 wt%	0.5 wt%	1.0 wt%	5.0 wt%
0 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$				
10 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$				
24 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$				
41 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$				
64 $\mu\text{W}/\text{cm}^2$				

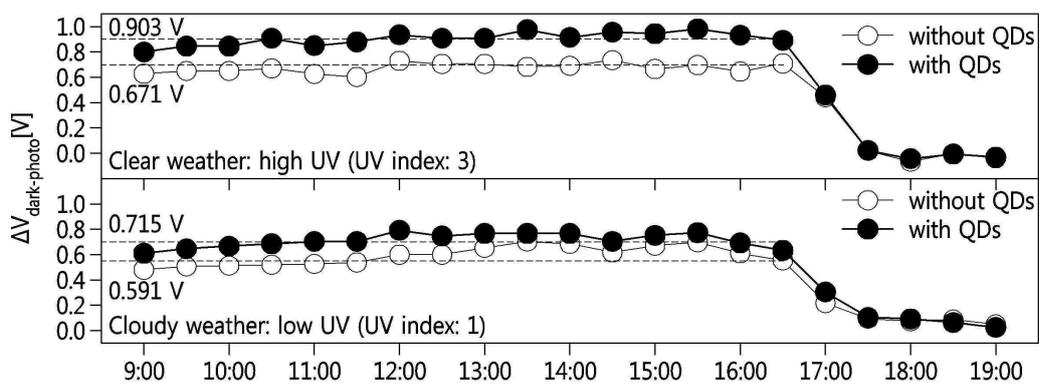
도면17b



도면17c



도면18



도면19

