(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2025-0018139
(43) 공개일자 2025년02월04일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H10K 50/115 (2023.01) *C09K 11/02* (2006.01)
C09K 11/56 (2006.01) *C09K 11/88* (2006.01)
H10K 30/60 (2023.01) *H10K 50/805* (2023.01)
H10K 71/12 (2023.01) *H10K 71/60* (2023.01)
(52) CPC특허분류
H10K 50/115 (2023.02)
C09K 11/02 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2024-0099625
(22) 출원일자 2024년07월26일
심사청구일자 2024년07월26일
(30) 우선권주장
1020230099126 2023년07월28일 대한민국(KR)

(71) 출원인
고려대학교 산학협력단
서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)
(72) 발명자
오승주
서울특별시 중구 청구로 64, 113동 104호(신당동, 청구e편한세상)
이상엽
서울특별시 양천구 신정로7길 76, 203동 604호(신정동, 푸른마을 2단지아파트)
(74) 대리인
김연권

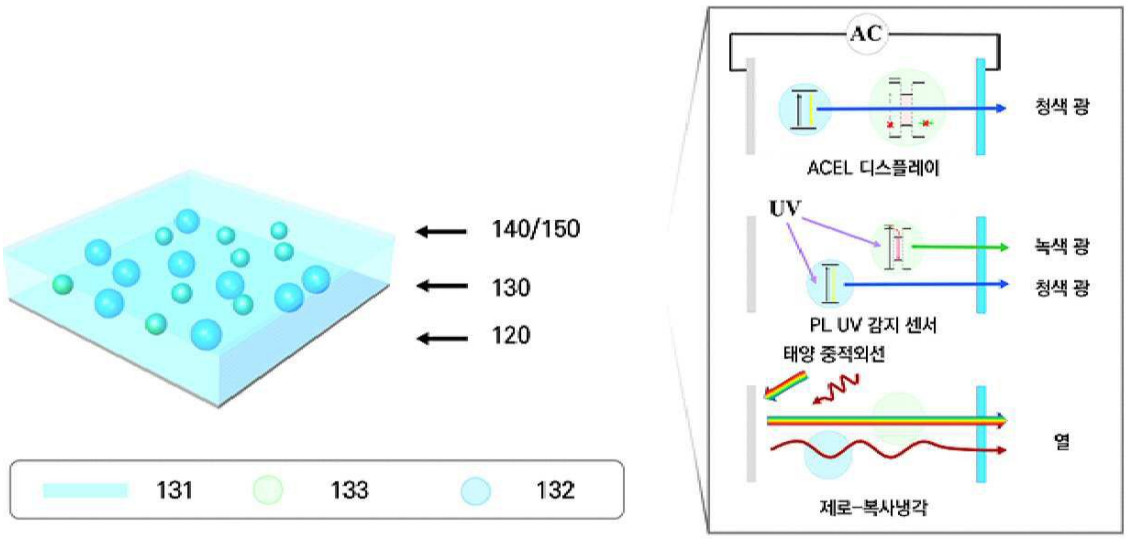
전체 청구항 수 : 총 15 항

(54) 발명의 명칭 **자가분류 스마트 소자 및 이의 제조 방법**

(57) 요 약

본 발명은 자가분류 스마트 소자 및 이의 제조 방법을 개시한다. 본 발명은 하부 기재 상에 형성되는 하부 전극; 상기 하부 전극 상에 형성되는 활성층; 상기 활성층 상에 형성되는 상부 전극; 및 상기 상부 전극 상에 형성되는 상부 기재;를 포함하고, 상기 활성층은 고분자 매트릭스, 코어/쉘 나노입자 및 발광 나노입자를 포함하는 것을 특징으로 한다.

대 표 도 - 도1



(52) CPC특허분류
C09K 11/565 (2013.01)
C09K 11/883 (2013.01)
H10K 30/60 (2023.02)
H10K 50/805 (2023.02)
H10K 71/12 (2023.02)
H10K 71/60 (2023.02)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 1711181946
과제번호 2018M3D1A1059001
부처명 과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명 한국연구재단
연구사업명 (원천)미래소재디스커버리사업
연구과제명 Small form-factor용 초고효율 적외선 흡수 소재 개발
과제수행기관명 고려대학교
연구기간 2023.01.16 ~ 2024.01.15
이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 1711195464
과제번호 2020M3H4A3081833
부처명 과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명 한국연구재단
연구사업명 나노소재기술개발
연구과제명 고전도 나노입자 합성 및 표면제어를 통한 전도성 산화안정성 향상 연구
과제수행기관명 고려대학교
연구기간 2023.01.01 ~ 2023.12.31
이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 1711195446
과제번호 2021M3H4A3026733
부처명 과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명 한국연구재단
연구사업명 (원천)국가핵심소재연구단
연구과제명 페로브스카이트 양자점의 표면제어와 이종원소 도핑을 통한 안전성 향상 메커니즘 규명
과제수행기관명 고려대학교
연구기간 2023.01.01 ~ 2023.12.31
이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 1711190047
과제번호 2022R1A2C4001517
부처명 과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명 한국연구재단
연구사업명 (이공)중견연구자지원사업(신진중견연계)
연구과제명 픽셀리스 적외선 이미지 센서 구현을 위한 광증폭 양자점 박막 소재 연구
과제수행기관명 고려대학교
연구기간 2023.03.01 ~ 2024.02.29

명 세 서

청구범위

청구항 1

하부 기재 상에 형성되는 하부 전극;

상기 하부 전극 상에 형성되는 활성층;

상기 활성층 상에 형성되는 상부 전극; 및

상기 상부 전극 상에 형성되는 상부 기재;

를 포함하고,

상기 활성층은 고분자 매트릭스, 코어/쉘 나노입자 및 발광 나노입자를 포함하는 것을 특징으로 하는 자가분류 스마트 소자.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 자가분류 스마트 소자는 교류 전류를 이용하여 디스플레이, 자외선 검출 센서 및 복사 냉각이 가능한 것을 특징으로 하는 자가분류 스마트 소자.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 활성층은,

상기 고분자 매트릭스 내에 분산된 상기 코어/쉘 나노입자; 및

상기 고분자 매트릭스 내에 분산된 상기 발광 나노입자;

를 포함하는 것을 특징으로 하는 자가분류 스마트 소자.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 활성층은,

상기 고분자 매트릭스 내에 분산된 상기 발광 나노입자를 포함하는 제1 활성층 및;

상기 제1 활성층 상에 형성되고 코어/쉘 나노입자 패턴을 포함하는 제2 활성층;

을 포함하는 것을 특징으로 하는 자가분류 스마트 소자.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 고분자 매트릭스는 유전체층으로 사용되는 동시에 중적외선 파장대의 광을 흡수 및 방사하는 것을 특징으로 하는 자가분류 스마트 소자.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 코어/쉘 나노입자는 자외선 파장대의 광을 흡수하는 동시에 가시광선 파장대의 제1 광을 발광하는 것을 특징으로 하는 자가분류 스마트 소자.

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 코어/쉘 나노입자는 코어 및 쉘을 포함하고,

상기 코어는 가시광선 파장대의 제1 광을 발광하고, 상기 쉘은 자외선 파장대의 광을 흡수하는 것을 특징으로 하는 자가분류 스마트 소자.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 코어 및 상기 쉘의 부피비는 1:8 내지 1:10 인 것을 특징으로 하는 자가분류 스마트 소자.

청구항 9

제1항에 있어서,

상기 발광 나노입자는 가시광선 파장대의 제2 광을 발광하는 것을 특징으로 하는 자가분류 스마트 소자.

청구항 10

제1항에 있어서,

상기 고분자 매트릭스는 폴리이소프렌, 폴리부타디엔, 폴리이소부틸렌, 폴리우레탄, 폴리실록산, 폴리디메틸실록산(PDMS), 스티렌-부타디엔 코폴리머, 스티렌-부타디엔-스티렌 코폴리머, 스티렌-에틸렌-부틸렌-스티렌 코폴리머, 에틸렌 프로필렌 디엔 고무, 아크릴 고무, 폴리클로로프렌 고무 및 실리콘 고무 중 적어도 어느 하나를 포함하는 것을 특징으로 하는 자가분류 스마트 소자.

청구항 11

제7항에 있어서,

상기 코어는 CdSe, CdTe, ZnS, ZnSe, ZnTe, ZnO, 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, GaSb, AlN, AlP, AlAs, AlSb, InN, InP, InAs, InSb, GaNP, GaNAs, GaNSb, GaPAs, GaPSb, AlNP, AlNAs, AlNSb, AlPAs, AlPSb, InNP, InNAs, InNSb, InPAs, InPSb, GaAlNP, GaAlNAs, GaAlNSb, GaAlPAs, GaAlPSb, GaInNP, GaInNAs, GaInNSb, GaInPAs, GaInPSb, InAlNP, InAlNAs, InAlNSb, InAlPAs, InAlPSb, SnS, SnSe, SnTe, PbS, PbSe, PbTe, SnSeS, SnSeTe, SnSTe, PbSeS, PbSeTe, PbSTe, SnPbS, SnPbSe, SnPbTe, SnPbSSe, SnPbSeTe, SnPbSTe, SiC 및 SiGe 중 적어도 어느 하나를 포함하며,

상기 쉘은 ZnO, ZnS, ZnSe, ZnTe, CdO, CdS, CdSe, CdTe, CdZnS, MgS, MgSe, GaAs, GaN, GaP, GaAs, GaSb,

HgO, HgS, HgSe, HgTe, InAs, InN, InP, InSb, AlAs, AlN, AlP, 및 AlSb 중 적어도 어느 하나를 포함하는 것을 특징으로 하는 자가분류 스마트 소자.

청구항 12

제1항에 있어서,

상기 발광 나노입자는 도펀트가 도핑된 금속 화합물을 포함하고,

상기 도펀트는 Cu, Mn, Pb, Cl, Eu, Ce, Ho, Dy, Ba, Ca, Pr, Ti 및 Te 중 적어도 어느 하나를 포함하며,

상기 금속 화합물을 ZnS, CaZnOS, BaZnOS, MgF_2, La_2O_2S, Y_2O_2S, $SrAl_2O_4$, $SrMgAl_6O_{11}$, $SrCaMgSi_2O_7$, $SrBaMg\ Si_2O_7$, $Sr_2MgSi_2O_7$, $Ca_2MgSi_2O_7$, $CaYAl_3O_7$, $ZnGa_2O_4$, $MgGa_2O_4$, $Ca_2Al_2SiO_7$ 및 ZrO_2 중 적어도 어느 하나를 포함하는 것을 특징으로 하는 자가분류 스마트 소자.

청구항 13

하부 기재 상에 하부 전극을 형성하는 단계;

상기 하부 전극 상에 활성층을 형성하여 하부 전극 구조체를 형성하는 단계;

상부 기재 상에 상부 전극을 형성하여 상부 전극 구조체를 형성하는 단계; 및

상기 하부 전극 구조체 상에 상부 전극 구조체를 배치하는 단계;

를 포함하고,

상기 활성층은 고분자 매트릭스, 코어/쉘 나노입자 및 발광 나노입자를 포함하는 것을 특징으로 하는 자가분류 스마트 소자의 제조 방법.

청구항 14

제11항에 있어서,

상기 하부 전극 구조체를 형성하는 단계는,

프리폴리머(prepolymer) 및 경화제를 혼합하여 고분자 용액을 제조하는 단계;

상기 고분자 용액에 코어/쉘 나노입자 및 발광 나노입자를 첨가하여 활성층 용액을 제조하는 단계;

상기 활성층 용액을 상기 하부 전극 상에 도포하는 단계;

상기 활성층 용액을 1차 경화시키는 단계;

를 포함하는 것을 특징으로 하는 자가분류 스마트 소자의 제조 방법.

청구항 15

제11항에 있어서,

상기 하부 전극 구조체를 형성하는 단계는,

프리폴리머(prepolymer) 및 경화제를 혼합하여 고분자 용액을 제조하는 단계;

상기 고분자 용액에 코어/쉘 나노입자를 첨가하여 제1 활성층 용액을 제조하는 단계;

상기 제1 활성층 용액을 상기 하부 전극 상에 도포하여 제1 활성층을 형성하는 단계;

상기 제1 활성층 상에 코어/쉘 나노입자 용액을 도포하여 코어/쉘 나노입자층을 형성하는 단계; 및

상기 코어/쉘 나노입자층을 패터닝하여 코어/쉘 나노입자 패턴을 형성하는 단계;

를 포함하는 것을 특징으로 하는 자가분류 스마트 소자의 제조 방법.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 자가분류 스마트 소자 및 이의 제조 방법에 관한 것으로, 보다 상세하게는, 본 발명은 가시광선에서 중적외선 파장까지 선택적 광 반사/흡수/방사를 이용한 자가 분류 기능을 갖고 있는 광 스펙트럼에 대한 선택적 반응을 이용한 자가분류 스마트 소자 및 이의 제조 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0003] 최근 사물인터넷(Internet of Things)에 대한 관심이 높아지면서 다양한 기능을 갖는 센서 시스템에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다.

[0004] 센서 시스템의 효과적인 활용을 위해서는 센서, 회로, 디스플레이, 에너지 관리 장치 등이 통합된 장치 개발이 필요하고, 이러한 장치는 신호를 감지 및 제어하고 안정적으로 작동하면서 이를 시각적인 형태로 사용자에게 전송 및 전달할 수 있다.

[0005] 이에, 복잡한 소자를 하나의 칩에 고밀도로 집적시켜야 하기 때문에 재료와 소자를 소형화하기 위한 합성 방법, 복잡한 직교 공정이나 패터닝 방법, 신호 제어 기술 등이 광범위하게 연구되고 있다.

[0006] 이와 관련하여 기판의 물리적 한계와 복잡한 제조 공정은 특히 이러한 장치가 초박형 웨어러블 시스템에 적용될 때 추가로 해결해야 할 중요한 문제로 대두되고 있다. 또한 제한된 기판에 너무 많은 장치가 통합되므로 안정적인 장치 작동을 위해서는 열 관리가 중요하다.

[0007] 이러한 문제는 연구, 산업, 경제적 관점에서 어려운 문제로 스마트 센서 시스템의 개발을 제한한다.

[0008] 따라서, 물리적인 한계를 근본적으로 극복하고 통합 과정을 원활하게 하기 위해서는 다양한 데이터 입력을 수집하고 이를 단일 요소의 디스플레이를 통해 사용자에게 적절한 형태로 전달하는 단일 스마트 디바이스의 개발이 필요하다.

[0009] 단일 장치가 이러한 신호를 감지, 분류하고 사용자에게 제공할 수 있다면 장치 통합을 위한 장치, 회로 및 제조 프로세스의 수가 줄어들 수 있고, 적절하게 설계된 재료와 구조를 통해 추가적인 에너지 소비 없이 열을 방출할 수 있다면 이상적이므로, 이를 통해 장기간 최적의 성능으로 장치를 계속 작동할 수 있어 사용자에게 더 이상 불편을 끼치는 일이 없다.

[0010] 그러나, 이러한 기능을 통합한 스마트 소자의 개발은 구조적, 물질적으로 복잡하고, 현재까지 이에 대한 연구가 미흡한 실정이다.

[0011] 현재까지 하나의 소자로 다양한 기능을 수행하는 스마트 소자를 만들기 위해선 각 기능을 하는 소자를 각각 제조(예를 들어, 디스플레이 소자는 예를 들어, Cu 도핑된 ZnS 입자를 PDMS와 같은 유전체 층에 섞은 뒤 하부 전극 위에 스핀코팅법을 통해 박막화 하고, 그 위에 상부 전극을 제조)하고, 하나의 기판에 2개의 소자를 집적하는 방법을 사용하였으나, 한정된 기판에 너무 많은 소자를 집적하면 소자의 작동 중 발열이 매우 심해 제 성능을 발휘하기 어려우며, 공정 과정이 어려워져 제작 비용이 높아지는 문제가 발생한다.

선행기술문헌

특허문헌

[0013] (특허문헌 0001) 대한민국 공개특허 제10-2022-0006264호, "페로브스카이트 태양전지의 제조방법 및 그로부터 제조된 페로브스카이트 태양전지"

발명의 내용

해결하려는 과제

[0014] 본 발명의 실시예는 상/하부 전극과 활성층, 특히, 활성층에 포함되는 고분자 매트릭스, 코어/쉘 나노입자 및 발광 나노입자의 전기적 및 광학적 특성을 고려하여 장치를 설계 및 제작함으로써 디스플레이, 자외선 검출 센서, 복사 냉각의 3가지 기능을 동시에 수행할 수 있는 자가분류 스마트 소자 및 이의 제조 방법을 제공하고자 한다.

[0015] 본 발명의 실시예는 외부 전원, 회로 및 데이터 처리 없이 자체적으로 3개의 입력 신호를 분류 및 결정하여 입력 신호에 따라 디스플레이, 자외선 검출 센서, 복사 냉각의 3가지 기능을 출력할 수 있는 자가분류 스마트 소자 및 이의 제조 방법을 제공하고자 한다.

과제의 해결 수단

[0017] 본 발명의 실시예에 따른 자가분류 스마트 소자는 하부 기재 상에 형성되는 하부 전극; 상기 하부 전극 상에 형성되는 활성층; 상기 활성층 상에 형성되는 상부 전극; 및 상기 상부 전극 상에 형성되는 상부 기재;를 포함하고, 상기 활성층은 고분자 매트릭스, 코어/쉘 나노입자 및 발광 나노입자를 포함한다.

[0018] 상기 자가분류 스마트 소자는 교류 전류를 이용하여 디스플레이, 자외선 센서 및 복사 냉각이 가능할 수 있다.

[0019] 상기 활성층은 상기 고분자 매트릭스 내에 분산된 상기 코어/쉘 나노입자; 및 상기 고분자 매트릭스 내에 분산된 상기 발광 나노입자;를 포함할 수 있다.

[0020] 상기 활성층은 상기 고분자 매트릭스 내에 분산된 상기 발광 나노입자를 포함하는 제1 활성층 및 상기 제1 활성층 상에 형성되고, 코어/쉘 나노입자 패턴을 포함하는 제2 활성층을 포함할 수 있다.

[0021] 상기 고분자 매트릭스는 유전체층으로 사용되는 동시에 중적외선 파장대의 광을 흡수 및 방사할 수 있다.

[0022] 상기 코어/쉘 나노입자는 자외선 파장대의 광을 흡수하는 동시에 가시광선 파장대의 제1 광을 발광할 수 있다.

[0023] 상기 코어/쉘 나노입자는 코어 및 쉘을 포함하고, 상기 코어는 가시광선 파장대의 제1 광을 발광하고, 상기 쉘은 자외선 파장대의 광을 흡수할 수 있다.

[0024] 상기 코어 및 상기 쉘의 부피비는 1:8 내지 1:10 일 수 있다.

[0025] 상기 발광 나노입자는 가시광선 파장대의 제2 광을 발광할 수 있다.

[0026] 상기 고분자 매트릭스는 폴리이소프렌, 폴리부타디엔, 폴리이소부틸렌, 폴리우레탄, 폴리실록산, 폴리디메틸실록산(PDMS), 스티렌-부타디엔 코폴리머, 스티렌-부타디엔-스티렌 코폴리머, 스티렌-에틸렌-부틸렌-스티렌 코폴리머, 에틸렌 프로필렌 디엔 고무, 아크릴 고무, 폴리클로로프렌 고무 및 실리콘 고무 중 적어도 어느 하나를 포함할 수 있다.

[0027] 상기 코어는 CdSe, CdTe, ZnS, ZnSe, ZnTe, ZnO, 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, GaSb, AlN, AlP, AlAs, AlSb, InN, InP, InAs, InSb, GaNP, GaNAs, GaNSb, GaPAs, GaPSb, AlNP, AlNAs, AlNSb, AlPAs, AlPSb, InNP, InNAs, InNSb, InPAs, InPSb, GaAlNP, GaAlNAs, GaAlNSb, GaAlPAs, GaAlPSb, GaInNP, GaInNAs, GaInNSb, GaInPAs, GaInPSb, InAlNP, InAlNAs, InAlNSb, InAlPAs, InAlPSb, SnS, SnSe, SnTe, PbS, PbSe, PbTe, SnSeS, SnSeTe, SnSTe, PbSeS, PbSeTe, PbSTe, SnPbS, SnPbSe, SnPbTe, SnPbSSe, SnPbSeTe, SnPbSTe, SiC 및 SiGe 중 적어도 어느 하나를 포함하며,

[0028] 상기 쉘은 ZnO, ZnS, ZnSe, ZnTe, CdO, CdS, CdSe, CdTe, CdZnS, MgS, MgSe, GaAs, GaN, GaP, GaAs, GaSb, HgO, HgS, HgSe, HgTe, InAs, InN, InP, InSb, AlAs, AlN, AlP, 및 AlSb 중 적어도 어느 하나를 포함할 수 있다.

[0029] 상기 발광 나노입자는 도펀트가 도핑된 금속 화합물을 포함하고, 상기 도펀트는 Cu, Mn, Pb, Cl, Eu, Ce, Ho,

Dy, Ba, Ca, Pr, Ti 및 Te 중 적어도 어느 하나를 포함하며, 상기 금속 화합물을 ZnS, CaZnOS, BaZnOS, MgF_2, La_2O_2S, Y_2O_2S, $SrAl_2O_4$, $SrMgAl_6O_{11}$, $SrCaMgSi_2O_7$, SrBaMg Si_2O_7, $Sr_2MgSi_2O_7$, $Ca_2MgSi_2O_7$, $CaYAl_3O_7$, $ZnGa_2O_4$, $MgGa_2O_4$, $Ca_2Al_2SiO_7$ 및 ZrO_2 중 적어도 어느 하나를 포함할 수 있다.

[0030] 본 발명의 실시예에 따른 자가분류 스마트 소자의 제조 방법은 하부 기재 상에 하부 전극을 형성하는 단계; 상기 하부 전극 상에 활성층을 형성하여 하부 전극 구조체를 형성하는 단계; 상부 기재 상에 상부 전극을 형성하여 상부 전극 구조체를 형성하는 단계; 및 상기 하부 전극 구조체 상에 상부 전극 구조체를 배치하는 단계;를 포함하고, 상기 활성층은 고분자 매트릭스, 코어/쉘 나노입자 및 발광 나노입자를 포함한다.

[0031] 상기 하부 전극 구조체를 형성하는 단계는, 프리폴리머(prepolymer) 및 경화제를 혼합하여 고분자 용액을 제조하는 단계; 상기 고분자 용액에 코어/쉘 나노입자 및 발광 나노입자를 첨가하여 활성층 용액을 제조하는 단계; 상기 활성층 용액을 하부 전극 상에 도포하는 단계; 상기 활성층 용액을 1차 경화시키는 단계;를 포함할 수 있다.

[0032] 상기 하부 전극 구조체를 형성하는 단계는, 프리폴리머(prepolymer) 및 경화제를 혼합하여 고분자 용액을 제조하는 단계;

[0033] 상기 고분자 용액에 코어/쉘 나노입자를 첨가하여 제1 활성층 용액을 제조하는 단계; 상기 제1 활성층 용액을 하부 전극 상에 도포하여 제1 활성층을 형성하는 단계; 상기 제1 활성층 상에 코어/쉘 나노입자 용액을 도포하여 코어/쉘 나노입자층을 형성하는 단계; 및 상기 코어/쉘 나노입자층을 패터닝하여 코어/쉘 나노입자 패턴을 형성하는 단계;를 포함할 수 있다.

발명의 효과

[0035] 본 발명의 실시예에 따르면, 상/하부 전극과 활성층, 특히, 활성층에 포함되는 고분자 매트릭스, 코어/쉘 나노입자 및 발광 나노입자의 전기적 및 광학적 특성을 고려하여 장치를 설계 및 제작함으로써 디스플레이, 자외선 검출 센서, 복사 냉각의 3가지 기능을 동시에 수행할 수 있는 자가분류 스마트 소자 및 이의 제조 방법을 제공할 수 있다.

[0036] 본 발명의 실시예에 따르면, 외부 전원, 회로 및 데이터 처리 없이 자체적으로 3개의 입력 신호를 분류 및 결정하여 입력 신호에 따라 디스플레이, 자외선 검출 센서, 복사 냉각의 3가지 기능을 출력할 수 있는 자가분류 스마트 소자 및 이의 제조 방법을 제공할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0038] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 자가분류 스마트 소자를 도시한 개략도이다.

도 2는 본 발명의 실시예에 따른 자가분류 스마트 소자의 제조 방법을 도시한 개략도이다.

도 3은 제조예 1에 따른 코어/쉘 나노입자의 광발광 특성(Photoluminescence property)을 도시한 모식도이고, 도 4는 자외선-가시광선 흡수 스펙트럼(UV-vis absorption spectrum)을 도시한 그래프이며, 도 5는 광발광 스펙트럼(PL spectrum)을 도시한 그래프이다.

도 6은 제조예 1에 따른 코어/쉘 나노입자의 고해상도 투과전자현미경(HR-TEM) 측정 결과를 도시한 이미지이고, 도 7은 엑스선 회절(XRD) 패턴을 도시한 그래프이다.

도 8은 백색광, 청색 EL 조명이 있는 AC 및 녹색 PL 조명이 있는 UV 조명하의 실시예 1에 따른 스마트 소자를 도시한 이미지이다.

도 9는 실시예 1에 따른 스마트 소자의 AC 하에서의 청색광의 EL 스펙트럼 및 UV 하에서의 녹색광의 PL 스펙트럼을 도시한 그래프이고, 도 10은 AC 및 UV 광에 따라 EL 및 PL 광 하에서 실시예 1에 따른 스마트 소자의 CIE 좌표를 도시한 그래프이다.

도 11은 실시예 1-1 내지 실시예 1-3에 따른 스마트 소자의 400 nm 내지 2500 nm 파장의 흡수 스펙트럼을 도시한 그래프이다.

도 12는 실시예 1-4 내지 실시예 1-6에 따른 스마트 소자의 400 nm 내지 2500 nm 파장의 흡수 스펙트럼을 도시한 그래프이다.

도 13은 비교예 1에 따른 복사 냉각 소자 및 실시예 1에 따른 스마트 소자의 400 nm 내지 2500 nm 파장의 흡수 스펙트럼을 도시한 그래프이다.

도 14는 비교예 1에 따른 복사 냉각 소자 및 실시예 1에 따른 스마트 소자의 흡수 스펙트럼을 도시한 그래프이다.

도 15는 비교예 1에 따른 복사 냉각 소자 및 실시예 1에 따른 스마트 소자의 주변 온도, 태양 복사 조도 스펙트럼 및 실외 온도 측정차이를 도시한 그래프이다.

도 16은 실시예 2에 따른 스마트 소자의 장치 구조, AC 및 UV 하에서의 실시예 2에 따른 스마트 소자를 도시한 이미지이고, 도 17은 실시예 3에 따른 스마트 소자의 장치 구조, AC 및 UV 하에서의 실시예 3에 따른 스마트 소자를 도시한 이미지이다.

도 18은 흰색 및 UV 조명 하에서의 실시예 1에 따른 스마트 소자를 도시한 이미지이고, 도 19는 실시예 1에 따른 스마트 소자를 포함하는 유연 대형 스마트 소자(flexible large smart device)를 도시한 이미지이다.

도 20은 기존 지붕(왼쪽)과 실시예 1에 따른 스마트 소자를 포함하는 지붕(오른쪽)(삽입 도면: UV 조명 하에서의)을 포함하는 모조 주택을 도시한 이미지이고, 도 21은 낮 동안 옥외에 설치된 기존 지붕(왼쪽)과 실시예 1에 따른 스마트 소자를 포함하는 지붕(오른쪽)을 포함하는 모조 주택을 도시한 적외선 이미지이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0039] 이하 첨부 도면들 및 첨부 도면들에 기재된 내용들을 참조하여 본 발명의 실시예를 상세하게 설명하지만, 본 발명이 실시예에 의해 제한되거나 한정되는 것은 아니다.

[0040] 본 명세서에서 사용된 용어는 실시예들을 설명하기 위한 것이며 본 발명을 제한하고자 하는 것은 아니다. 본 명세서에서, 단수형은 문구에서 특별히 언급하지 않는 한 복수형도 포함한다. 명세서에서 사용되는 "포함한다(comprises)" 및/또는 "포함하는(comprising)"은 언급된 구성요소, 단계는 하나 이상의 다른 구성요소, 단계의 존재 또는 추가를 배제하지 않는다.

[0041] 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.

[0042] 또한, '또는'이라는 용어는 배타적 논리합 'exclusive or'이기보다는 포함적인 논리합 'inclusive or'를 의미한다. 즉, 달리 언급되지 않는 한 또는 문맥으로부터 명확하지 않는 한, 'x가 a 또는 b를 이용한다'라는 표현은 포함적인 자연 순열들(natural inclusive permutations) 중 어느 하나를 의미한다.

[0043] 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.

[0044] 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.

[0045] 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.

[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 발명의 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.

[0049] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 자가분류 스마트 소자를 도시한 개략도이다.

[0050] 본 발명의 실시예에 따른 자가분류 스마트 소자는 하부 기재 상에 형성되는 하부 전극(120), 하부 전극(120) 상에 형성되고, 고분자 매트릭스(131), 코어/쉘 나노입자(132) 및 발광 나노입자(133)를 포함하는 활성층(130), 활성층(130) 상에 형성되는 상부 전극(140) 및 상부 전극(140) 상에 형성되는 상부 기재(150)를 포함한다.

[0051] 따라서, 본 발명의 실시예에 따른 자가분류 스마트 소자는 상/하부 전극(120, 140), 활성층(130), 특히, 활성층(130)에 포함되는 고분자 매트릭스(131), 코어/쉘 나노입자(132) 및 발광 나노입자(133)의 광학적, 전기적 특성을 제어하여 디스플레이, 자외선 검출 센서, 복사 냉각의 3 가지 기능을 단 하나의 소자로 구현할 수 있다.

[0052] 본 발명의 실시예에 따른 자가분류 스마트 소자는 교류 전류를 이용하여 디스플레이, 자외선 센서 및 복사 냉각이 가능할 수 있다.

[0053] 예를 들어, 본 발명의 실시예에 따른 자가분류 스마트 소자는 복잡한 추가 장치 없이 교류 전류를 통해 청색 빛을 발광하는 디스플레이, UV 하에서 녹색 빛을 발광하는 UV 검출 센서, 가시광선 반사 및 중적외선 흡수, 방사를 통해 복사 냉강의 3가지 기능을 단 하나의 소자로 구현할 수 있다.

[0054] 구체적으로, 본 발명의 실시예에 따른 자가분류 스마트 소자는 디스플레이, 자외선 검출 센서, 제로 에너지 복사 냉각의 3가지 기능을 통합된 소자로, 외부 전원, 회로, 데이터 처리 없이 3개의 입력 신호를 자체적으로 분류, 판별하고 입력 신호에 따라 서로 다른 기능을 출력할 수 있다.

[0055] 본 발명의 실시예에 따른 자가분류 스마트 소자는 입력 신호를 판단하고 다양한 결과 출력을 표시하므로 사용자는 다른 작업 도구가 필요하지 않다.

[0056] 또한, 디스플레이, 자외선 검출 센서, 제로 에너지 복사 냉각의 3가지 기능을 통합한 본 발명의 실시예에 따른 자가분류 스마트 소자는 가시광선 파장대에서 중적외선 파장대 까지의 UV 광선의 스펙트럼 선택적 흡수 또는 방출을 위해 광학적으로 재료 및 구조로 제조될 수 있다.

[0057] 본 발명의 실시예에 따른 자가분류 스마트 소자는 설계된 자가 분류 구조의 스펙트럼 선택적 광학 응답은 교류(AC)에 반응하여 청색광(디스플레이 기능)을 방출하고 자외선에 노출되면 녹색광(센서 기능)을 포함하는 열 관리와 함께 가시광선과 중적외선을 각각 반사 및 방출할 수 있다(냉각 기능).

[0058] 이 세 가지 기능은 솔루션 프로세스의 노이즈나 간섭 없이 유연한 기판의 단일 장치에 통합될 수 있다.

[0059] 본 발명의 실시예에 따른 자가분류 스마트 소자의 세 가지 기능은 솔루션 프로세스의 소음이나 간섭 없이 유연한 기판에 단일 장치로 통합될 수 있고, 복잡한 공정 없이 제작된 본 발명의 실시예에 따른 자가분류 스마트 소자는 디바이스 통합의 새로운 시대를 개척하고 웨어러블 디바이스(인간 피부에 직접 적용되는 디바이스 포함)와 로봇 공학에 대한 새로운 응용 가능성을 제시할 수 있다.

[0060] 또한, 본 발명의 실시예에 따른 자가분류 스마트 소자는 전계발광 디스플레이, 자외선 센서 및 복사냉각을 통한 열관리 등 3가지 기능을 지능적으로 구분하고 운영하는 자가분류형 스마트 기기로, 재료 및 구조의 광학적 및 전기적 특성은 스펙트럼 선택적 응답을 달성하도록 제조되어 노이즈나 간섭 없이 3가지의 기능을 하나의 장치에 통합할 수 있다.

[0061] 예를 들어, 본 발명의 실시예에 따른 자가분류 스마트 소자는 자외선에서 중적외선 파장의 빛을 흡수 및 방출하는 스펙트럼 선택적 재료와 간섭을 방지하도록 설계된 소자 구조는 얇은 금속 필름, 유전체층 및 나노 결정을 사용하여 달성될 수 있고, 설계된 자가분류 스마트 소자는 전류 공급 시 밝은 청색 발광(디스플레이), UV 광 노출 시 녹색 발광(센서) 및 복사 냉각(열 관리)의 기능을 수행할 수 있다.

[0062] 이하에서는, 본 발명의 실시예에 따른 자가분류 스마트 소자의 각 구성요소에 대해 보다 상세히 설명하기로 한다.

[0063] 본 발명의 실시예에 따른 자가분류 스마트 소자는 하부 기재 상에 형성되는 하부 전극(120)을 포함한다.

[0064] 하부 기재의 두께는 100 ㎛ 내지 200 ㎛ 일 수 있고, 하부 기재의 두께가 100 ㎛ 미만이면 하부 기재가 너무 얇

아 소자 제조 시 조절이 어려운 문제가 있으며, 200 ㎛ 를 초과하면 하부 기재가 너무 두꺼워 플렉서블(flexible) 특성이 약해지는 문제가 있다.

[0065] 하부 기재는 무기물 기재 또는 유기물 기재를 포함할 수 있다.

[0066] 무기물 기재는 인듐 틴 옥사이드(ITO), 플루오린 틴 옥사이드(FTO), 안티몬 틴 옥사이드(ATO), 알루미늄 도핑된 징크 옥사이드(AZO), 갈륨 도핑된 징크 옥사이드(GZO), 은 나노입자, 은 나노 와이어 및 탄소 나노 튜브(CNT), 유리, 석영, 사파이어, 그래파이트 및 그래핀 중 적어도 어느 하나를 포함 중 적어도 어느 하나를 포함할 수 있다.

[0067] 유기물 기재는 켑톤 호일, 폴리이미드(polyimide, PI), 폴리에테르술폰(polyethersulfone, PES), 폴리아크릴레이트(polyacrylate, PAR), 폴리에테르 이미드(polyetherimide, PEI), 폴리에틸렌 나프탈레이트(polyethylene naphthalate, PEN), 폴리에틸렌 테레프탈레이트(polyethylene terephthalate, PET), 폴리페닐렌 설파이드(polyphenylene sulfide, PPS), 폴리아릴레이트(polyarylate), 폴리카보네이트(polycarbonate, PC), 셀룰로오스 트리아세테이트(cellulose triacetate, CTA) 및 셀룰로오스 아세테이트 프로피오네이트(cellulose acetate propionate, CAP) 중 어느 하나를 포함할 수 있다.

[0068] 무기물 기판 및 유기물 기판은 광이 투과되는 투명한 소재로 이루어지는 것이 더욱 바람직하고, 유기물 기판을 도입하는 경우, 소자의 유연성을 높일 수 있다.

[0069] 하부 전극(120)은 가시광선을 반사시키는 동시에 전극으로 사용될 수 있기에, 하분 전극(120)은 전극 역할을 하는 동시에 가시광선 반사판을 역할을 수행할 수 있다.

[0070] 따라서, 하부 전극(120)의 두께는 100 nm 내지 2,000 nm 일 수 있고, 하부 전극(120)의 두께가 100 nm 미만이면 빛을 투과할 수 있어 냉각 특성이 약해지는 문제가 있고, 2,000 nm 를 초과하면 너무 두꺼워 플렉서블 특성이 약해지며 구부릴 시 소자가 분리되는 문제가 있다.

[0071] 하부 전극(120)은 은(Ag), 알루미늄(Al), 금(Au), 구리(cu), 타이타늄(Ti), 크롬(Cr), 망간(Mn), 철(Fe) 및 백금(Pt) 중 적어도 어느 하나를 포함할 수 있다.

[0072] 바람직하게는, 하부 전극(120)은 가시광선 흡수도가 가장 낮은 은을 포함할 수 있다.

[0073] 또한, 하부 전극(120)은 백금도 사용 가능하지만 가시광선 흡수도가 은에 비해 조금 더 높다.

[0075] 만약, 하부 전극(120)이 패턴으로 형성되는 경우, 빛의 흡수가 발생하는 문제가 있다.

[0076] 본 발명의 실시예에 따른 자가분류 스마트 소자는 하부 전극(120) 상에 형성되는 활성층(130)를 포함한다.

[0077] 활성층(130)의 두께는 100 ㎛ 내지 200 ㎛일 수 있고, 활성층(130)의 두께가 100 ㎛ 미만이면 전기적 누설(leakage)이 발생될 수 있고, 발광 나노입자(133)가 발광하기 어려운 문제가 있으며, 200 ㎛를 초과하면 전류가 흐르지 못하여 발광 나노입자(133)가 발광하지 못할 뿐 아니라 소자를 구부릴 때 소자가 분리될 수 있는 문제가 있다.

[0078] 활성층(130)은 고분자 매트릭스(131), 코어/쉘 나노입자(132) 및 발광 나노입자(133)를 포함한다.

[0079] 고분자 매트릭스(131)는 유전체층으로 사용되는 동시에 중적외선 파장대의 광을 흡수 및 방사할 수 있다.

[0080] 복사 냉각(riadiative cooling)은 가시광선의 반사를 통해 태양빛에 의한 가열을 방지하며, 'sky window'로 알려진 8 ~ 13 ㎛ 파장대의 중적외선을 흡수 및 우주로 방사하여 3 K의 낮은 온도를 가진 우주와의 열 교환을 함으로써 원하는 물체를 냉각할 수 있다.

[0081] 본 발명의 실시예에 따른 자가분류 스마트 소자는 하부 전극(120)이 가시광선 반사판으로 사용되며, 활성층(130)의 고분자 매트릭스(131)가 중적외선 파장대의 광을 흡수 및 방사시킴으로써 복사 냉각으로서의 기능을 수행할 수 있다. 이때, 상부 전극(140) 및 상부 기재(150)도 복사 냉각에 도움을 줄 수 있는 소재를 사용하기 때문에, 빛에 투명하여 복사 냉각 성능에 악영향을 끼치지 않을 수 있다.

[0082] 고분자 매트릭스(131)는 폴리이소프렌, 폴리부타디엔, 폴리이소부틸렌, 폴리우레탄, 폴리실록산, 폴리디메틸실록산(PDMS), 스티렌-부타디엔 코폴리머, 스티렌-부타디엔-스티렌 코폴리머, 스티렌-에틸렌-부틸렌-스티렌 코폴리머, 에틸렌 프로필렌 디엔 고무, 아크릴 고무, 폴리클로로프렌 고무 및 실리콘 고무 중 적어도 어느 하나를

포함할 수 있다.

[0083] 바람직하게는, 고분자 매트릭스(131)은 중적외선 흡수/방사에 뛰어난 폴리디메틸실록산(PDMS)를 포함할 수 있다.

[0084] 코어/쉘 나노입자(132)는 자외선 파장대의 광을 흡수하는 동시에 가시광선 파장대의 제1 광을 발광할 수 있다.

[0085] 코어/쉘 나노입자(132)는 코어의 직경에 따라 제1 광의 파장대가 조절될 수 있다.

[0086] 예를 들어, 코어(Core)인 CdSe 나노입자의 직경이 커지면 빨간색 쪽으로 적색 이동(red shift)되며, 코어(Core)인 CdSe 나노입자의 직경이 작아지면 파란색 쪽으로 청색 이동(blue shift)할 수 있다.

[0087] 예를 들어, 코어/쉘 나노입자(132)는 자외선 파장대의 광만을 흡수하고 녹색광을 발광할 수 있다.

[0088] 따라서, 본 발명의 실시예에 따른 자가분류 스마트 소자는 코어/쉘 나노입자(132)를 이용하여 UV 검출 소자로서의 기능을 수행할 수 있다.

[0089] 구체적으로, 본 발명의 실시예에 따른 자가분류 스마트 소자는 자외선이 조사되면 활성층(130) 내의 코어/쉘 나노입자(132) 및 발광 나노입자(133) 모두에 흡수되어 코어/쉘 나노입자(132)에서는 녹색광을 발광하고, 발광 나노입자(133)에서는 청색광일 발광될 수 있다. 이때, 활성층(130)에 포함되는 코어/쉘 나노입자(132)의 비율을 조절하여 디스플레이의 청색광과 확실히 구별되는 녹색광을 발광할 수 있다.

[0090] 바람직하게는, 코어/쉘 나노입자(132)는 활성층(130)에 대하여 0.01 중량% 내지 1 중량%일 수 있고, 코어/쉘 나노입자(132)의 함량이 0.01 중량% 미만이면 발광 빛이 너무 약해지는 문제가 있으며, 1 중량%를 초과하면 가시광선 흡수가 너무 많은 문제가 있다.

[0091] 발광 나노입자(133)는 활성층(130)에 대하여 0.1 중량% 내지 10 중량%일 수 있고, 발광 나노입자(130)의 함량이 0.1 중량% 미만이면 발광빛이 너무 약해지는 문제가 있으며, 10 중량%를 초과하면 가시광선 흡수가 너무 많은 문제가 있다.

[0092] 코어/쉘 나노입자(132)는 코어 및 쉘을 포함하고, 코어는 가시광선 파장대의 제1 광을 발광하고, 쉘은 자외선 파장대의 광을 흡수할 수 있다. 또한, 쉘은 가시광성 파장대의 광은 흡수하지 못한다.

[0093] 예를 들어, 코어/쉘 나노입자(132)는 510 nm 내지 540 nm 파장대의 제1 광을 발광할 수 있다.

[0094] 코어/쉘 나노입자(132)는 코어 대비 쉘의 부피비가 매우 커지게 되면 쉘에서만 빛이 흡수되고, 코어에서만 빛이 발광하는 현상이 나타나고, 이를 통해 쉘을 자외선 흡수 소재로 구성하고, 코어를 가시광선 발광 소재로 구성하면 자외선만을 흡수하고, 가시광선을 발광하는 파장 전환 소재로 사용할 수 있다.

[0095] 코어 및 쉘의 부피비는 1:8 내지 1:10 일 수 있다.

[0096] 코어/쉘 나노입자(132)는 코어의 직경에 따라 제1 광의 파장대가 조절될 수 있다.

[0097] 예를 들어, 코어(Core)인 CdSe 나노입자의 직경이 커지면 빨간색 쪽으로 적색 이동(red shift)되며, 코어(Core)인 CdSe 나노입자의 직경이 작아지면 파란색 쪽으로 청색 이동(blue shift)될 수 있다.

[0098] 코어는 CdSe, CdTe, ZnS, ZnSe, ZnTe, ZnO, 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, GaSb, AlN, AlP, AlAs, AlSb, InN, InP, InAs, InSb, GaNP, GaNAs, GaNSb, GaPAs, GaPSb, AlNP, AlNAs, AlNSb, AlPAs, AlPSb, InNP, InNAs, InNSb, InPAs, InPSb, GaAlNP, GaAlNAs, GaAlNSb, GaAlPAs, GaAlPSb, GaInNP, GaInNAs, GaInNSb, GaInPAs, GaInPSb, InAlNP, InAlNAs, InAlNSb, InAlPAs, InAlPSb, SnS, SnSe, SnTe, PbS, PbSe, PbTe, SnSeS, SnSeTe, SnSTe, PbSeS, PbSeTe, PbSTe, SnPbS, SnPbSe, SnPbTe, SnPbSSe, SnPbSeTe, SnPbSTe, SiC 및 SiGe 중 적어도 어느 하나를 포함할 수 있다.

[0099] 코어/쉘 나노입자(132)는 쉘의 직경에 따라 제1 광의 파장대가 조절될 수 있다.

[0100] 쉘은 ZnO, ZnS, ZnSe, ZnTe, CdO, CdS, CdSe, CdTe, CdZnS, MgS, MgSe, GaAs, GaN, GaP, GaAs, GaSb, HgO, HgS, HgSe, HgTe, InAs, InN, InP, InSb, AlAs, AlN, AlP, 및 AlSb 중 적어도 어느 하나를 포함할 수 있다.

[0101] 바람직하게는, 코어는 CdSe 및 CdSeS 중 적어도 어느 하나를 포함할 수 있고, 쉘은 자외선을 흡수할 수 있는 ZnS를 포함할 수 있다.

[0102] 발광 나노입자(133)는 가시광선 파장대의 제2 광을 발광할 수 있다.

[0103] 발광 나노입자(133)는 직경에 따라 제2 광의 파장대가 조절될 수 있다.

[0104] 예를 들어, 발광 나노입자(133)의 직경이 커지면 빨간색 쪽으로 적색 이동(red shift)되며, 발광 나노입자(133)의 직경이 작아지면 파란색 쪽으로 청색 이동(blue shift)될 수 있다.

[0105] 바람직하게는, 발광 나노입자(133)은 청색광을 발광할 수 있다.

[0106] 따라서, 본 발명의 실시예에 따른 자가분류 스마트 소자는 발광 나노입자(133)를 이용하여 디스플레이로서의 기능을 수행할 수 있다.

[0107] 구체적으로, 본 발명의 실시예에 따른 자가분류 스마트 소자는 하부 전극 및 상부 전극(150)에 교류 전류를 흘려주면 활성층(130) 내의 발광 나노입자(133)에서 청색 빛을 발광하여 디스플레이로서 작동할 수 있다. 이때, 활성층(130)에 포함된 코어/쉘 나노입자(132)는 가시광선을 흡수하지 않기 때문에 디스플레이 작동에 영향을 끼치지 않는다.

[0108] 발광 나노입자(133)는 도펀트가 도핑된 금속 화합물을 포함하고, 도펀트는 Cu, Mn, Pb, Cl, Eu, Ce, Ho, Dy, Ba, Ca, Pr, Ti 및 Te 중 적어도 어느 하나를 포함하며, 상기 금속 화합물을 ZnS, CaZnOS, BaZnOS, MgF_2, La_2O_2S, Y_2O_2S, $SrAl_2O_4$, $SrMgAl_6O_{11}$, $SrCaMgSi_2O_7$, $SrBaMg\ Si_2O_7$, $Sr_2MgSi_2O_7$, $Ca_2MgSi_2O_7$, $CaYAl_3O_7$, $ZnGa_2O_4$, $MgGa_2O_4$, $Ca_2Al_2SiO_7$ 및 ZrO_2 중 적어도 어느 하나를 포함할 수 있다.

[0109] 바람직하게는, 발광 나노입자(133)은 Cu가 도핑된 ZnS를 포함할 수 있다.

[0110] Cu가 도핑된 ZnS는 교류 전류를 흘려주면 청색 광을 발광하는 특성이 있어 교류 전류를 통한 전계발광(electroluminescence) 소재로 사용할 수 있다.

[0111] 발광 나노입자(133)은 도펀트 물질에 따라 발광 파장대가 조절될 수 있다.

[0112] 예를 들어, ZnS는 Cu가 도핑됨으로써 ZnS 내부의 트랩(trap)이 발생하여 교류전류 하에서 450 nm 정도의 파란색 빛을 발광할 수 있고, 만약, Cu가 도핑되어 있지 않으면 다른색을 발광할 수 있다.

[0113] 실시예에 따라, 활성층(130)은 고분자 매트릭스(131) 내에 분산된 코어/쉘 나노입자(132) 및 고분자 매트릭스(131) 내에 분산된 발광 나노입자(133)를 포함할 수 있다.

[0114] 실시예에 따라, 활성층(130)은 고분자 매트릭스(131) 내에 분산된 발광 나노입자(133)를 포함하는 제1 활성층 및 제1 활성층 상에 형성되고, 코어/쉘 나노입자 패턴을 포함하는 제2 활성층을 포함할 수 있다.

[0115] 예를 들어, 본 발명의 실시예에 따른 자가분류 스마트 소자는 교류 전류를 인가 하면 전 면적에서 전기가 흐르기 때문에 발광 나노입자(133)가 전 면적에서 청색으로 발광하는 반면, UV 하에선 코어/쉘 나노입자 패턴의 모양으로 청색으로 발광할 수 있다.

[0116] 제1 활성층 및 제2 활성층은 활성층(130)과 층 구조가 상이할 뿐, 제1 활성층 및 제2 활성층에 포함되는 고분자 매트릭스(131), 코어/쉘 나노입자(132) 및 발광 나노입자(133)의 구성 요소는 동일할 수 있다.

[0117] 제2 활성층은 고분자 매트릭스(131)에 형성된 코어/쉘 나노입자 패턴을 포함할 수 있고, 코어/쉘 나노입자 패턴은 코어/쉘 나노입자(132)를 포함할 수 있다.

[0118] 코어/쉘 나노입자 패턴의 형상은 특별히 제한되지 않고, 포토리소그래피 공정을 통해 제작할 수 있으면 모두 가능하다.

[0119] 코어/쉘 나노입자 패턴은 오직 코어/쉘 나노입자로 형성되기 때문에 코어/쉘 나노입자 패턴의 두께는 수십 나노미터로 매우 얇다.

[0120] 예를 들어, 코어/쉘 나노입자 패턴의 두께는 10 nm 내지 100 nm 일 수 있다.

[0121] 본 발명의 실시예에 따른 자가분류 스마트 소자는 활성층(130) 상에 형성되는 상부 전극(140)을 포함한다.

[0122] 따라서, 상부 전극(140)의 두께는 100 nm 내지 2,000 nm 일 수 있고, 상부 전극(140)의 두께가 100 nm 미만이면 빛을 투과할 수 있어 냉각 특성이 약해지는 문제가 있고, 2,000 nm 를 초과하면 너무 두꺼워 플렉서블 특성이 약해지며 구부릴 시 소자가 분리되는 문제가 있다.

[0123] 상부 전극(150)은 패턴을 포함할 수 있다.

[0124] 따라서, 본 발명의 실시예에 따른 자가분류 스마트 소자는 교류 전류가 패터닝된 상부 전극(150)인 상부 전극(150) 패턴에만 흐르게 되어 상부 전극(150) 패턴의 모양과 동일한 청색 발광색이 나타날 수 있다. 반면, 코어/쉘 나노입자(132)는 상부 전극(150) 패턴의 모양과 상관없이 UV 하에서 녹색으로 발광하기 때문에 전 면적에서 녹색으로 발광할 수 있다.

[0125] 상부 전극(140)은 투명 전극을 포함할 수 있다.

[0126] 예를 들어, 상부 전극(140)은 불소 함유 산화주석(Fluorine doped Tin Oxide, FTO), 인듐 함유 산화주석(Indium doped Tin Oxide, ITO), 알루미늄 함유 산화아연(Al-doped Zinc Oxide, AZO) 및 인듐 함유 산화아연(Indium doped Zinc Oxide, IZO) 중 적어도 어느 하나를 포함할 수 있다.

[0127] 따라서, 본 발명의 실시예에 따른 자가분류 스마트 소자는 광을 소자의 상부로 방출시킬 수 있다.

[0128] 본 발명의 실시예에 따른 자가분류 스마트 소자는 상부 전극(140) 상에 형성되는 상부 기재(150)를 포함한다.

[0129] 상부 기재(150)의 두께는 100 ㎛ 내지 200 ㎛ 일 수 있고, 상부 기재(150)의 두께가 100 ㎛ 미만이면 하부 기재가 너무 얇아 소자 제조 시 조절이 어려운 문제가 있으며, 200 ㎛ 를 초과하면 상부 기재(150)가 너무 두꺼워 플렉서블(flexible) 특성이 약해지는 문제가 있다.

[0130] 상부 기재(150)는 무기물 기재 또는 유기물 기재를 포함할 수 있다.

[0131] 본 발명의 실시예에 따른 자가분류 스마트 소자는 전계발광 디스플레이, 자외선 검출 센서, 광학 및 전기 공학 재료 특성과 장치 구조를 사용하여 복사 냉각을 통한 열 관리 기능을 갖춘 스마트 소자를 제공할 수 있다.

[0132] 본 발명의 실시예에 따른 자가분류 스마트 소자는 스펙트럼 선택적 응답과 자가분류 특성을 구현하여 AC와 UV 광의 입력 신호를 성공적으로 분류할 수 있고, 인가되는 신호에 따라 간섭 없이 녹색 또는 파란색 출력광을 나타낼 수 있으며, 실외 환경에서 복사 냉각 성능을 나타낼 수 있다.

[0133] 이에, 본 발명의 실시예에 따른 자가분류 스마트 소자는 디스플레이 및 자외선 검출 센서, 냉각이 필요한 모든 곳에 사용할 수 있다. 구체적으로는 웨어러블 소자, 건물 외벽, 컨테이너, 자동차 외벽, 전광판 등 다양한 곳에 적용될 수 있다.

[0134] 이하에서는, 도 2를 참조하여 본 발명의 실시예에 따른 자가분류 스마트 소자의 제조 방법에 대해 상세한 설명하기로 한다.

[0136] 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 자가분류 스마트 소자의 제조 방법을 도시한 개략도이다.

[0137] 본 발명의 실시예에 따른 자가분류 스마트 소자의 제조 방법은 본 발명의 실시예에 따른 자가분류 스마트 소자와 동일한 구성요소를 포함하므로 동일한 구성요소에 대한 설명은 생략하기로 한다.

[0138] 현재까지 하나의 소자로 다양한 기능을 수행하는 스마트 소자를 만들기 위해선 각 기능을 하는 소자를 제작하고, 하나의 기판에 집적하는 방법을 사용하였다.

[0139] 하지만, 한정된 기판에 너무 많은 소자를 집적하면 소자의 작동 중 발열이 매우 심해 제 성능을 발휘하기 어려우며, 공정 과정이 어려워져 제작 비용이 높아지는 문제가 발생하였다.

[0140] 그러나, 본 발명의 실시예에 따른 자가분류 스마트 소자는 상/하부 전극(120, 140), 활성층(130), 특히, 활성층(130)에 포함되는 고분자 매트릭스, 코어/쉘 나노입자 및 발광 나노입자의 광학적, 전기적 특성을 제어하여 디스플레이, 자외선 검출 센서, 복사 냉각의 3 가지 기능을 단 하나의 소자로 구현함으로써, 공정 비용 및 난이도를 크게 낮출 수 있다.

[0141] 구체적으로, 본 발명의 실시예에 따른 자가분류 스마트 소자의 제조 방법은 하부 기재(110) 상에 하부 전극(120)을 형성하는 단계(S110), 하부 전극(120) 상에 활성층을 형성하여 하부 전극 구조체를 형성하는 단계(S120), 상부 기재(150) 상에 상부 전극(140)을 형성하여 상부 전극 구조체를 형성하는 단계(S130) 및 하부 전극 구조체 상에 상부 전극 구조체를 배치하고 1차 경화된 활성층을 2차 경화시는 단계(S140)를 포함한다.

[0142] 먼저, 본 발명의 실시예에 따른 자가분류 스마트 소자의 제조 방법은 하부 기재(110) 상에 하부 전극(120)을 형

성하는 단계(S110)를 진행한다.

[0143] 하부 전극(120)은 감압, 상압 또는 가압조건에서, 스퍼터링, 원자층증착, 화학기상증착, 열증착, 동시증발법 및 플라즈마 강화 화학기상증착 중 어느 하나를 이용하여 제조될 수 있다.

[0144] 이 후, 본 발명의 실시예에 따른 자가분류 스마트 소자의 제조 방법은 하부 전극(120) 상에 활성층(130)을 형성하여 하부 전극 구조체를 형성하는 단계(S120)를 진행한다.

[0145] 실시예에 따라, 하부 전극 구조체를 형성하는 단계(S120)는 프리폴리머(prepolymer) 및 경화제를 혼합하여 고분자 용액을 제조하는 단계(S121), 고분자 용액에 코어/쉘 나노입자 및 발광 나노입자를 첨가하여 활성층 용액을 제조하는 단계(S122), 활성층 용액을 하부 전극(120) 상에 도포하는 단계(S123), 활성층 용액을 1-1차 경화시키는 단계(S124)를 포함할 수 있다.

[0146] 경화제(curing agent)는 해당 고분자를 경화시키는 일반적인 경화제가 사용될 수 있다.

[0147] 예를 들어, 경화제는 액상 형태의 폴리디메틸실록산을 고상으로 변환시키기 위해 첨가되는 것으로서, Sylgard 184(제품명)를 포함할 수 있다.

[0148] 예를 들어, 고분자 용액은 PDMS 프리폴리머와 경화제 또는 PU 프리폴리머와 경화제를 포함할 수 있다.

[0149] 프리폴리머 및 경화제의 중량비는 10:1일 수 있고, 프리폴리머 및 경화제의 중량비가 10:1 미만이면 두께가 너무 얇아지는 문제가 있으며, 10:1 를 초과하면 두께가 너무 두꺼워지는 문제가 있다.

[0150] 바람직하게는, 코어/쉘 나노입자는 고분자 매트릭스의 100 중량% 대비 0.01 중량% 내지 1 중량%일 수 있고, 코어/쉘 나노입자의 함량이 0.01 중량% 미만이면 발광 빛이 너무 약해지는 문제가 있으며, 1 중량%를 초과하면 가시광선 흡수가 너무 많은 문제가 있다.

[0151] 발광 나노입자는 고분자 매트릭스의 100 중량% 대비 0.1 중량% 내지 10 중량%일 수 있고, 발광 나노입자의 함량이 0.1 중량% 미만이면 발광빛이 너무 약해지는 문제가 있으며, 10 중량%를 초과하면 가시광선 흡수가 너무 많은 문제가 있다.

[0152] 활성층 용액은 용액 공정을 이용하여 하부 전극(120) 상에 도포될 수 있고, 용액 공정은 스핀코팅, 스프레이코팅, 울트라스프레이코팅, 전기방사코팅, 슬롯다이코팅, 그라비아코팅, 바코팅, 롤코팅, 딥코팅, 쉬어코팅, 스크린 프린팅, 잉크젯 프린팅 및 노즐 프린팅 중 어느 하나를 포함할 수 있다.

[0153] 1-1차 경화는 활성층 용액을 반경화시키기 위한 것이다.

[0154] 구체적으로, 활성층 용액이 완전 경화된 다음에 상부 전극 구조체를 덮으면 기포가 발생할 가능성이 매우 높지만, 활성층 용액이 반경화된 상태에서는 기포를 제거하기 용이하다.

[0155] 1-1차 경화의 온도는 80℃일 수 있고, 1-1차 경화의 시간은 30분일 수 있다.

[0156] 1-1차 경화의 온도가 80℃ 보다 높고, 시간이 30분 보다 길면 완전 경화되어 기포를 제거하기 어려운 문제가 있으며, 1-1차 경화의 온도가 80℃ 보다 낮고, 30분 보다 시간이 짧으면 경화가 너무 안되어 상부 전극(140)을 덮었을 때 활성층(130)에 변형이 일어나 두께가 균일하지 않은 문제가 있다.

[0157] 실시예에 따라, 하부 전극 구조체를 형성하는 단계(S120)는 프리폴리머(prepolymer) 및 경화제를 혼합하여 고분자 용액을 제조하는 단계(S121), 고분자 용액에 코어/쉘 나노입자를 첨가하여 제1 활성층 용액을 제조하는 단계(S125), 제1 활성층 용액을 하부 전극 상에 도포하는 단계(S126), 제1 활성층 용액을 2-1차 경화시켜 제1 활성층을 형성하는 단계(S127), 제1 활성층 상에 코어/쉘 나노입자 용액을 도포하여 코어/쉘 나노입자층을 형성하는 단계(S128) 및 코어/쉘 나노입자층을 패터닝하여 코어/쉘 나노입자 패턴을 형성하는 단계(S129)를 포함할 수 있다.

[0158] 발광 나노입자는 고분자 매트릭스의 100 중량% 대비 0.1 중량% 내지 10 중량%일 수 있고, 발광 나노입자의 함량이 0.1 중량% 미만이면 발광빛이 너무 약해지는 문제가 있으며, 10 중량%를 초과하면 가시광선 흡수가 너무 많은 문제가 있다.

[0159] 제1 활성층 용액은 용액 공정을 이용하여 하부 전극(120) 상에 도포될 수 있고, 용액 공정은 스핀코팅, 스프레이코팅, 울트라스프레이코팅, 전기방사코팅, 슬롯다이코팅, 그라비아코팅, 바코팅, 롤코팅, 딥코팅, 쉬어코팅, 스크린 프린팅, 잉크젯 프린팅 및 노즐 프린팅 중 어느 하나를 포함할 수 있다.

[0160] 2-1차 경화 온도는 80℃일 수 있고, 2-1차 경화의 시간은 90분일 수 있다.

[0161] 2-1차 경화 온도가 80℃ 보다 낮고, 시간이 90분보다 짧으면 경화가 제대로 되지 않아 소자가 변형되는 문제가 있으며, 2-1차 경화 온도가 80℃ 보다 높고, 시간이 90분보다 길면 이미 경화가 완료된 상태여서 시간 및 비용적 손실이 발생할 수 있다.

[0162] 코어/쉘 나노입자 용액은 용액 공정을 이용하여 제1 활성층 상에 도포될 수 있고, 용액 공정은 스핀코팅, 스프레이코팅, 울트라스프레이코팅, 전기방사코팅, 슬롯다이코팅, 그라비아코팅, 바코팅, 롤코팅, 딥코팅, 쉬어코팅, 스크린 프린팅, 잉크젯 프린팅 및 노즐 프린팅 중 어느 하나를 포함할 수 있다.

[0163] 코어/쉘 나노입자 코팅층은 코어/쉘 나노입자 용액을 어닐링하여 형성될 수 있다.

[0164] 어닐링의 온도는 100℃일 수 있고, 어닐링의 시간은 3분일 수 있다.

[0165] 어닐링의 온도가 100℃보다 높고, 시간이 3분 보다 길면 포토레지스트가 너무 과도하게 경화되어 노광 이후 현상(develop) 과정에서 포토레지스트가 완전히 현상(develop) 되지 않아 잔여물이 남게되어 패턴 모양이 망가지는 문제가 있다.

[0166] 코어/쉘 나노입자층은 포토리소그래피를 이용하여 패터닝될 수 있다.

[0167] 포토리스그래피는 코어/쉘 나노입자층 상에 포토레지스트층을 형성하는 단계, 포토레지스트층을 노광하는 단계 및 노광된 포토레지스트층을 이용하여 코어/쉘 나노입자층을 패터닝하는 단계를 포함할 수 있다.

[0168] 포토레지스트층은 스핀 코팅, 유연 코팅, 롤코팅, 슬릿 앤 스핀 코팅, 슬릿 코팅, 스프레이 코팅, 롤 투 롤, 바코팅, 딥 코팅, 캐스팅, 다이 코팅, 블레이드 코팅, 그라비아 코팅 및 닥터 코팅 중 적어도 어느 하나의 방법으로 코팅될 수 있다.

[0169] 포토레지스트층을 노광하는 단계는 포토레지스트층에 타겟 패턴이 새겨진 마스크(M)를 사용하여 노광하는 단계로, 타겟 패턴을 형성하기 위한 마스크(M)를 사용하여 자외선을 조사하여 노광을 수행할 수 있다. 이때, 포토레지스트층에 자외선을 조사하면, 자외선이 조사된 부위의 포토레지스트의 화학 구조가 바뀌어 현상액에 쉽게 용해될 수 있다.

[0170] 예를 들어, 자외선 조사는 12초 동안 진행될 수 있다.

[0171] 노광된 포토레지스트층을 이용하여 코어/쉘 나노입자층을 패터닝하는 단계는 노광이 수행된 포토레지스트층에 현상 용액을 이용하여 현상 공정을 진행한 다음, 형성된 타겟 패턴(바람직하게는, 코어/쉘 나노입자 패턴)을 제외한 코어/쉘 나노입자층을 식각액을 사용한 식각(Etching) 및 워싱(Washing) 공정을 진행하여 코어/쉘 나노입자 패턴을 형성할 수 있다.

[0172] 이 후, 본 발명의 실시예에 따른 자가분류 스마트 소자의 제조 방법은 상부 기재(150) 상에 상부 전극(140)을 형성하여 상부 전극 구조체를 형성하는 단계(S130)를 진행한다.

[0173] 상부 전극(140)은 감압, 상압 또는 가압조건에서, 스퍼터링, 원자층증착, 화학기상증착, 열증착, 동시증발법 및 플라즈마 강화 화학기상증착 중 어느 하나를 이용하여 제조될 수 있다.

[0174] 실시예에 따라, 상부 전극 구조체를 형성하는 단계(S130)는 상부 전극(140) 상에 포토레지스트층을 형성하는 단계, 포토레지스트층을 노광하는 단계 및 노광된 포토레지스트층을 이용하여 상부 전극(140)을 패터닝하는 단계를 포함할 수 있다.

[0175] 포토레지스트층은 스핀 코팅, 유연 코팅, 롤코팅, 슬릿 앤 스핀 코팅, 슬릿 코팅, 스프레이 코팅, 롤 투 롤, 바코팅, 딥 코팅, 캐스팅, 다이 코팅, 블레이드 코팅, 그라비아 코팅 및 닥터 코팅 중 적어도 어느 하나의 방법으로 코팅될 수 있다.

[0176] 포토레지스트층을 노광하는 단계는 포토레지스트층에 타겟 패턴이 새겨진 마스크(M)를 사용하여 노광하는 단계로, 타겟 패턴을 형성하기 위한 마스크(M)를 사용하여 자외선을 조사하여 노광을 수행할 수 있다. 이때, 포토레지스트층에 자외선을 조사하면, 자외선이 조사된 부위의 포토레지스트의 화학 구조가 바뀌어 현상액에 쉽게 용해될 수 있다.

[0177] 예를 들어, 자외선 조사는 12초 동안 진행될 수 있다.

[0178] 노광된 포토레지스트층을 이용하여 상부 전극을 패터닝하는 단계는 노광이 수행된 포토레지스트층에 현상 용액

을 이용하여 현상 공정을 진행한 다음, 형성된 타겟 패턴(바람직하게는, 상부 전극 패턴)을 제외한 상부 전극을 식각액을 사용한 식각(Etching) 및 워싱(Washing) 공정을 진행하여 상부 전극 패턴을 형성할 수 있다.

[0179] 실시예에 따라, 상부 전극 구조체를 형성하는 단계(S130)는 상부 기재(150) 상에 상부 전극(140)을 형성하는 단계(S131) 및 상부 전극(140) 상에 접착층을 형성하는 단계(S132)를 포함할 수 있다.

[0180] 접착층은 고분자 매트릭스를 포함할 수 있다.

[0181] 접착층을 형성하는 단계(S132)는 프리폴리머(prepolymer) 및 경화제를 혼합하여 고분자 용액을 제조하는 단계(S132-1) 및 고분자 용액을 2-2차 경화시키는 단계(S132-2)를 포함할 수 있다.

[0182] 2-1차 경화는 접착층을 반경화시키기 위한 것이다.

[0183] 마지막으로, 본 발명의 실시예에 따른 자가분류 스마트 소자의 제조 방법은 하부 전극 구조체 상에 상부 전극 구조체를 배치하는 단계(S140)를 진행한다.

[0184] 실시예에 따라, 상부 전극 구조체를 배치하는 단계(S140)는 하부 전극 구조체 상에 상부 전극 구조체를 배치하고 1-1차 경화된 활성층을 1-2차 경화시는 단계(S141)를 포함할 수 있다.

[0185] 1-2차 경화시는 단계(S141)는 반경화된 활성층을 완전히 경화시켜 상부 전극(140)과 활성층(130)을 접합시킬 수 있다.

[0186] 본 발명의 실시예에 따른 자가분류 스마트 소자의 제조 방법은 1-1차 경화 및 1-2차 경화를 진행하여 상부 전극(140)을 덮을 때 발생하는 기포를 잘 빼낼 수 있다.

[0187] 1-2차 경화의 온도는 80℃일 수 있고, 1-2차 경화의 시간은 60분 내지 90분일 수 있다.

[0188] 1-2차 경화의 온도가 80℃보다 낮고, 시간이 60분 보다 짧으면 경화가 제대로 되지 않아 소자가 변형되는 문제가 있으며, 1-2차 경화의 온도가 80℃보다 높고, 시간이 90분 보다 길면 이미 경화가 완료된 상태여서 시간 및 비용적 손실이 발생되는 문제가 있다.

[0189] 따라서, 1-1차 경화 및 1-2차 경화를 진행하는 본 발명의 실시예에 따른 자가분류 스마트 소자의 제조방법은 고분자 매트릭스 내에 코어/쉘 나노입자 및 발광 나노입자가 분산된 활성층이 형성될 수 있다.

[0190] 실시예에 따라, 상부 전극 구조체를 배치하는 단계(S140)는 하부 전극 구조체 상에 상부 전극 구조체를 배치하고 2-1차 경화된 접착층을 2-2차 경화시는 단계(S142)를 포함할 수 있다.

[0191] 2-2차 경화 반경화된 활성층(130) 및 반경화된 접착층 중 적어도 어느 하나를 완전히 경화시켜 상부전극(140)과 활성층(130)을 접합시킬 수 있다.

[0192] 2-2차 경화의 온도는 80℃일 수 있고, 2-2차 경화의 시간은 60분 내지 90분일 수 있다.

[0193] 2-2차 경화의 온도가 80℃보다 낮고, 시간이 60분 보다 짧으면 경화가 제대로 되지 않아 소자가 변형되는 문제가 있으며, 2-2차 경화의 온도가 80℃보다 높고, 시간이 90분 보다 길면 이미 경화가 완료된 상태여서 시간 및 비용적 손실이 발생되는 문제가 있다.

[0194] 따라서, 2-1차 경화 및 2-2차 경화를 진행하는 본 발명의 실시예에 따른 자가분류 스마트 소자의 제조방법은 고분자 매트릭스 내에 발광 나노입자가 분산된 제1 활성층 및 코어/쉘 나노입자 패턴을 포함하는 제2 활성층이 형성될 수 있다.

[0195] 코어/쉘 나노입자 패턴은 접착층에 매립되거나(예; 고분자 매트릭스 내에 매립되거나) 하부 구조체 상에 형성되어 단순히 상부 전극 구조체의 접착층에 접착되어 있을 수 있다.

[0197] **제조예 1: 자이언트 코어-쉘 NC(giant core-shell nanocrystal, GCs) 합성**

[0198] 카드뮴 아세테이트 수화물(0.21mmol), 산화아연(5.115mmol) 및 올레산(10.5mL)을 3구 플라스크에 넣고 1시간 동안 탈기한 다음 N_2 분위기에서 150℃로 가열했다. 그런 다음, 22.5mL의 1-옥타데센(ODE)을 주입하고 혼합물을 310℃로 가열했다. 3.3mmol의 Se와 3.3mmol의 S를 TOP 3.3mL에 녹인 스톡 용액을 준비하고, 이 용액을 3구 플라스크에 상기 혼합물에 주입하고 온도를 10분 동안 유지하였다. 상기 혼합물에 아연 스톡 용액(아연 아세테이트 이수화물 4.29mmol, 올레산 1.15mL 및 ODE 6mL)을 주입하였다. 그 후, 황 원액(7.5mL의 TOP 중 14.475mmol

황)을 적가 주입하였다. 그 다음 혼합물을 270℃에서 20분 동안 유지하였다. 원심분리 후, 코어/쉘 나노입자(GC)를 헥산에 분산시켰다.

[0200] **비교예 1: 복사 냉각 소자**

[0201] PET 필름 기판을 아세톤, 에탄올 및 증류수를 사용하여 초음파 처리하여 세척했다. 200 nm 두께의 Ag 바닥 전극은 열 증발기를 사용하여 증착되었다.

[0202] PDMS는 경화제와 베이스를 1:10의 중량비로 혼합하여 제조하였다. PDMS를 Ag 증착된 PET 필름 위에 30초 동안 1000rpm으로 스핀 코팅한 다음 80 ℃에서 30분 동안 반경화시켰다.

[0203] ITO PET 상부 전극을 반경화 PDMS 혼합물 위에 놓고 80 ℃에서 1 시간 동안 가열하여 경화를 완료했다.

[0205] **실시예 1: 자가 분류 스마트 소자**

[0206] PET 필름 기판을 아세톤, 에탄올 및 증류수를 사용하여 초음파 처리하여 세척했다. 200 nm 두께의 Ag 바닥 전극은 열 증발기를 사용하여 증착되었다.

[0207] PDMS는 경화제와 베이스를 1:10의 중량비로 혼합하여 제조하였다. 혼합 후, 0.1 wt.%의 코어/쉘 나노입자(GCs)와 1 wt.%의 Cu 도핑된 ZnS를 PDMS에 첨가한 다음 데시케이터에서 1시간 동안 진공 상태로 유지하였다. PDMS, 코어/쉘 나노입자(GCs) 및 Cu 도핑된 ZnS 혼합물을 Ag 증착된 PET 필름 위에 30초 동안 1000rpm으로 스핀 코팅한 다음 80 ℃에서 30분 동안 반경화시켰다.

[0208] ITO PET 상부 전극을 반경화 PDMS 혼합물 위에 놓고 80 ℃에서 1 시간 동안 가열하여 경화를 완료했다.

[0209] 스마트 소자는 100V AC 및 500Hz에서 작동되었다.

[0211] **실시예 1-1: ZnS 0.1 wt%**

[0212] ZnS 양에 따른 빛의 흡수도를 확인하기 위해, 코어/쉘 나노입자(GCs)가 없는 상태에서 ZnS 를 0.1 wt% 농도에 맞춰 제조한 것으로 제외하면 실시예 1과 동일하게 제조되었다.

[0214] **실시예 1-2: ZnS 1 wt%**

[0215] ZnS 양에 따른 빛의 흡수도를 확인하기 위해, 코어/쉘 나노입자(GCs)가 없는 상태에서 ZnS 를 1 wt% 농도에 맞춰 제조한 것으로 제외하면 실시예 1과 동일하게 제조되었다.

[0217] **실시예 1-3: ZnS 10 wt%**

[0218] ZnS 양에 따른 빛의 흡수도를 확인하기 위해, 코어/쉘 나노입자(GCs)가 없는 상태에서 ZnS 를 10 wt% 농도에 맞춰 제조한 것으로 제외하면 실시예 1과 동일하게 제조되었다.

[0220] **실시예 1-4: 코어/쉘 나노입자(GCs) 0.01 wt%**

[0221] 코어/쉘 나노입자(GCs) 양에 따른 빛의 흡수도를 확인하기 위해, ZnS가 없는 상태에서 코어/쉘 나노입자(GCs)를 0.01 wt% 농도에 맞춰 제조한 것으로 제외하면 실시예 1과 동일하게 제조되었다.

[0223] **실시예 1-5: 코어/쉘 나노입자(GCs) 0.1 wt%**

[0224] 코어/쉘 나노입자(GCs) 양에 따른 빛의 흡수도를 확인하기 위해, ZnS가 없는 상태에서 코어/쉘 나노입자(GCs)를 0.1 wt% 농도에 맞춰 제조한 것으로 제외하면 실시예 1과 동일하게 제조되었다.

[0226] **실시예 1-6: 코어/쉘 나노입자(GCs) 1 wt%**

[0227] 코어/쉘 나노입자(GCs) 양에 따른 빛의 흡수도를 확인하기 위해, ZnS가 없는 상태에서 코어/쉘 나노입자(GCs)를 1 wt% 농도에 맞춰 제조한 것으로 제외하면 실시예 1과 동일하게 제조되었다.

[0229] **실시예 2: 디스플레이 모드 스마트 소자**

[0230] AZ GXR-601 포토레지스트를 ITO PET 위에 3000rpm에서 30초 동안 스핀 코팅하고 100℃에서 3분 동안 어닐링했다. 어닐링 후 포토레지스트를 12초 동안 UV에 노출시켰다. MIF 300k 현상액을 사용한 현상 공정은 45초 동안 진행되었으며, 남은 포토레지스트는 100 ℃에서 30분 동안 어닐링되었다.

[0231] ITO는 증류수, 염산, 질산이 10:9:1의 부피비로 구성된 산성용액에 10초 동안 침지하여 식각하였다. 식각 후 남아있는 포토레지스트는 아세톤으로 세척하여 제거하였다. PET 기판을 세정한 후 열 증발기를 사용하여 200 nm의 은으로 코팅하였다.

[0232] PDMS 혼합물은 베이스와 경화제를 10:1의 중량비로 혼합한 후 PDMS에 Cu 도핑된 ZnS 1 wt%와 코어/쉘 나노입자(GCs) 0.1 wt%를 첨가하여 제조하였다. 이 혼합물을 은층 위에 스핀 코팅하고 80℃에서 30분 동안 반경화시켰다. 반경화 후, 식각된 ITO PET를 스핀 코팅된 PDMS 혼합물에 적재한 다음 80 ℃에서 1시간 동안 완전히 경화하였다.

[0234] **실시예 3: 경고 모드 스마트 소자**

[0235] PET 기판을 세정하고 열 증발기를 사용하여 200 nm 은을 코팅하였다. 베이스와 경화제를 10:1의 중량비와 PDMS에 대한 Cu 도핑된 ZnS 1 wt%로 혼합하여 PDMS 혼합물을 준비했다.

[0236] PDMS와 Cu 도핑된 ZnS의 혼합물을 Ag 층 위에 스핀 코팅하고 80 ℃에서 90분 동안 완전히 경화시켰다. 경화 후 코어/쉘 나노입자(GCs) 층을 3000rpm에서 30초 동안 PDMS 층 위에 스핀 코팅한 후 AZ GXR-601 포토레지스트를 코어/쉘 나노입자(GCs) 층 위에 3000rpm에서 30초 동안 스핀 코팅하고 100 ℃에서 3분 동안 어닐링했다.

[0237] 그런 다음, 층을 12초 동안 UV 광에 노출시키고 현상 프로세스를 45초 동안 수행했다. 남은 포토레지스트는 아세톤을 사용하여 제거했다. PDMS 접착층은 경화제와 베이스를 1:10의 중량비로 혼합하여 준비하고 ITO PET 위에 5000 rpm으로 30초 동안 스핀 코팅하였다.

[0238] 마지막으로, PDMS 접착층이 있는 ITO PET를 패턴화된 코어/쉘 나노입자(GCs) 층에 로드하고 80 ℃에서 1시간 동안 완전히 경화시켰다.

[0240] 도 3은 제조예 1에 따른 코어/쉘 나노입자의 광발광 특성(Photoluminescence property)을 도시한 모식도이고, 도 4는 자외선-가시광선 흡수 스펙트럼(UV-vis absorption spectrum)을 도시한 그래프이며, 도 5는 광발광 스펙트럼(PL spectrum)을 도시한 그래프이다.

[0241] 도 3을 참조하면, 코어/쉘 나노입자의 쉘의 크기가 코어 대비 매우 커 흡수하는 빛과 발광하는 빛의 파장이 달라지게 되는 것을 알 수 있다.

[0242] 특히, 코어/쉘 나노입자의 쉘의 부피 비율이 매우 크기 때문에 코어 CdSe가 빛을 흡수하지 않고, 빛은 ZnS 쉘에서만 흡수되고, 밴드 오프셋으로 인해 코어 CdSe만 빛을 방출하는 것을 알 수 있다.

[0243] 구체적으로, 제조예 1에 따른 코어/쉘 나노입자는 녹색 발광 CdSe 코어와 UV 광 흡수 ZnS 쉘 구조를 갖는 NC로 합성되었고, 제조예 1에 따른 코어/쉘 나노입자는 자외선 하에서는 527nm에서 녹색광을 방출하지만 가시광선에서는 방출하지 않도록 밴드 엔지니어링되었다. UV 광을 흡수하고 스톡스 이동을 최대화하여 가시광선을 방출하는 NC를 거대한 코어-쉘 나노결정(GC)으로 지정했다.

[0244] UV-vis 스펙트럼은 약 400nm의 파장에서 흡수가 시작됨을 보여주고, 이 결과는 ZnS의 밴드갭과 잘 일치하였다. PL 스펙트럼은 코어 CdSe에 해당하는 22nm의 반치폭에서 좁은 전체 폭을 가진 527nm에서 방출 피크를 나타내고, 흡수 시작과 PL 피크 사이에는 약 127nm의 차이가 있으며 이는 큰 스토크스 이동을 나타냈다. 이는 제조예 1에

따른 코어/쉘 나노입자에서 쉘의 부피 비율이 매우 크기 때문에 코어 CdSe가 빛을 흡수하지 않는다는 사실을 뒷받침한다.

[0245] 빛은 ZnS 쉘에서만 흡수되고 코어 CdSe만 밴드 오프셋으로 인해 빛을 방출한다.

[0247] 도 4 및 도 5를 참조하면, 코어/쉘 나노입자의 쉘의 소재인 ZnS는 자외선만을 흡수할 수 있고, 가시광선은 흡수하지 못하며, 코어의 소재인 CdSe에서는 520 nm 대의 녹색광을 발광하는 것을 알 수 있다.

[0249] 도 6은 제조예 1에 따른 코어/쉘 나노입자의 고해상도 투과전자현미경(HR-TEM) 측정 결과를 도시한 이미지이고, 도 7은 엑스선 회절(XRD) 패턴을 도시한 그래프이다.

[0250] 도 6을 참조하면, 제조예 1에 따른 코어/쉘 나노입자의 일반적인 직경이 13nm이고, 크기 분포가 매우 좁다는 것을 알 수 있다. 특히, 삽입된 이미지를 살펴보면, 코어의 크기는 3 nm이고, ZnS 쉘은 CdSe 코어에 비해 매우 큰 것을 알 수 있다.

[0251] 도 7을 참조하면, 제조예 1에 따른 코어/쉘 나노입자는 13nm 코어/쉘 나노입자 구조와 잘 일치하는 것을 알 수 있다.

[0253] 도 8은 백색광, 청색 EL 조명이 있는 AC 및 녹색 PL 조명이 있는 UV 조명하의 실시예 1에 따른 스마트 소자를 도시한 이미지이다.

[0254] 도 8을 참조하면, 스마트 소자는 가시광선에선 하부 전극 소재인 은 때문에 은색으로 보이는 것을 알 수 있다.

[0255] 또한, 스마트 소자에 200 V 이상의 교류 전류를 흘려주게 되면 Cu 도핑된 ZnS의 발광 때문에 청색으로 빛나게 되는 반면, AC가 없으면 365 nm의 파장의 자외선 하에서도 코어/쉘 나노입자가 발광하여 녹색으로 빛나게 되는 것을 알 수 있다.

[0256] 구체적으로, 본 발명의 실시예에 따른 자가분류 스마트 소자는 형광체, 매질, 전극 재료의 광학적, 전기적, 유전적 특성과 소자 구조를 종합적으로 고려하여 제조되었다.

[0257] 디스플레이 소자의 경우, Cu 도핑된 ZnS를 청색광 전계발광(electroluminescence, EL) 형광체로 사용하고 상부 및 하부 전극 사이의 PDMS(Polydimethylsiloxane) 복합물을 활성층으로 사용하여 교류(AC)에 응답하여 전계발광(EL) 빛을 방출할 수 있다.

[0258] 예를 들어, AC가 흐를 때, AC에 의해 가속된 전자는 Cu 도핑된 ZnS 표면에 충격 여기를 일으켜 450nm에서 파란색 EL 빛을 방출할 수 있다.

[0259] 또한, 본 발명의 실시예에 따른 자가분류 스마트 소자에서 밴드 엔지니어링 코어/쉘 나노입자(NC)는 디스플레이의 PDMS 활성층에 통합되어 UV 광 검출 센서에서 광발광(PL) 인광체 역할을 할 수 있다.

[0260] 본 발명의 실시예에 따른 자가분류 스마트 소자는 코어/쉘 나노입자(NC)가 UV에만 반응하여 사용자가 UV에 노출되었는지 여부를 표시하고 450nm(파란색)의 디스플레이 빛과 구별하기 위해 527nm(녹색)의 빛을 방출하도록 코어/쉘 나노입자(NC)의 밴드 구조를 설계할 수 있다.

[0261] 이러한 조건을 만족시키기 위해 흡수된 빛의 에너지와 방출된 빛의 에너지 차이인 스토크스 이동 현상을 활용하여 쉘(ZnS)의 상대적 부피가 코어(CdSe)의 상대적 부피보다 훨씬 크기 때문에 대부분의 에너지 흡수는 쉘에서 발생할 수 있다.

[0262] ZnS 껍질에 흡수된 UV 광은 CdSe 코어로 전달되어 녹색 광으로 방출되기 때문에, UV 광 센서/디스플레이 복합재는 EL 광에 반응하지 않고 UV 광을 녹색으로 선택적으로 변환될 수 있다.

[0263] 또한, 본 발명의 실시예에 따른 자가분류 스마트 소자는 광 스펙트럼의 특정 영역에 선택적으로 반응하도록 재료를 설계하여 제로 에너지 복사 냉각 기능을 통합할 수 있다,

[0264] 복사 냉각을 위해서는 가시광선은 반사하여 발열을 최소화하고, 중적외선(8~13㎛)은 흡수하여 공간으로 방출하여 냉방효과를 극대화해야 한다.

[0265] 따라서, 본 발명의 실시예에 따른 자가분류 스마트 소자는 가시광선 반사를 극대화하기 위해 장치의 하부 전극으로 Ag 박막을 선택하고 투명 상부 전극으로 인듐 주석 산화물 코팅 폴리에틸렌 테레프탈레이트(ITO PET)를 사용하여 우수한 중적외선 발광체이자 투명한 가시매질인 PDMS를 센서/디스플레이 복합소재의 활성층으로 사용할 수 있다.

[0266] 이에, 본 발명의 실시예에 따른 자가분류 스마트 소자는 Ag, ITO PET, PDMS를 사용하여 우수한 제로 에너지 복사 냉각 성능을 구현할 수 있다.

[0267] 또한, 본 발명의 실시예에 따른 자가분류 스마트 소자는 노이즈 커플링과 간섭을 최소화하고 각 기능을 최대화하도록 재료를 선택할 수 있다. 예를 들어, 전기 전도성 및 광학 반사성 Ag 박막은 하부 전극(디스플레이용) 및 가시광 반사체(냉각용) 역할을 하고, 광학적으로 투명하고 전기적으로 절연된 PDMS는 유전층(센서 및 디스플레이용) 및 중적외선 이미터(냉각용)의 활성 매체 역할을 할 수 있다.

[0268] Cu 도핑된 ZnS는 AC(디스플레이용)에 반응하여 청색광을 방출하는 EL 형광체 역할을 하고, 광학적으로 설계된 코어/쉘 NC는 PL 형광체 역할을 하여 녹색광(센서용)을 방출할 수 있다.

[0269] 마지막으로, 광학적으로 투명하고 전기 전도성이 있는 ITO PET는 가시광 투과층 및 상부 전극 역할을 할 수 있다.

[0270] 따라서, 본 발명의 실시예에 따른 자가분류 스마트 소자는 이러한 재료와 구조를 기반으로 디스플레이, 센서, 제로 에너지 복사 냉각의 세 가지 기능을 하나의 장치로 통합할 수 있다.

[0272] 도 9는 실시예 1에 따른 스마트 소자의 AC 하에서의 청색광의 EL 스펙트럼 및 UV 하에서의 녹색광의 PL 스펙트럼을 도시한 그래프이고, 도 10은 AC 및 UV 광에 따라 EL 및 PL 광 하에서 실시예 1에 따른 스마트 소자의 CIE 좌표를 도시한 그래프이다.

[0273] 도 9 및 도 10을 참조하면, 스마트 소자에 교류 전류를 흘려줄 때의 450nm의 청색 빛, 자외선을 비출 때 527nm 녹색 빛은 스펙트럼(spectrum) 상에서 확연히 다르며, CIE 1931 색 좌표 상에서도 확연히 다른 것을 알 수 있다.

[0274] 실시예 1에 따른 스마트 소자는 CIE(Commission Internationale de l' Eclairage) 1931 색좌표계에서 AC 하의 청색광 방출은 좌표(0.1508, 0.1334)에 해당하고 UV광 하의 녹색광 방출은 (0.1561, 0.3292)에 해당한다.

[0275] 따라서, 스펙트럼과 CIE 좌표는 실시예 1에 따른 스마트 소자가 AC 시뮬레이션 및 UV 조명 하에서 서로 다른 색상의 빛을 명확하게 방출한다는 것을 알 수 있다.

[0277] 도 11은 실시예 1-1 내지 실시예 1-3에 따른 스마트 소자의 400 nm 내지 2500 nm 파장의 흡수 스펙트럼을 도시한 그래프이다.

[0278] 도 11을 참조하면, PDMS 복합체에 10 중량% Cu 도핑된 ZnS를 함유한 스마트 소자에 대한 550nm에서의 가시광선 흡수는 9.594%이었으나, 1 중량% Cu 도핑된 ZnS를 함유한 스마트 소자의 가시광선 흡수율은 8.068%였고, 0.1 중량% Cu 도핑된 ZnS를 함유한 스마트 소자의 가시광 흡수율은 7.835%이었다.

[0279] 10 중량% Cu 도핑된 ZnS를 함유한 스마트 소자는 가시광선 흡수율이 너무 높기 때문에 소자에 사용할 수 없다.

[0280] 10 중량% Cu 도핑된 ZnS를 함유한 스마트 소자는 강렬한 청색광을 방출하는 반면, 0.1 중량% Cu 도핑된 ZnS를 함유한 소자는 매우 약한 청색광을 방출하는 것을 알 수 있다.

[0281] 따라서, 냉각 장치에서 충분히 높은 청색광 EL 강도와 충분히 낮은 가시광선 흡수를 위해 필요한 ZnS의 비율은 1wt.%이 바람직한 것을 알 수 있다.

[0283] 도 12는 실시예 1-4 내지 실시예 1-6에 따른 스마트 소자의 400 nm 내지 2500 nm 파장의 흡수 스펙트럼을 도시한 그래프이다.

[0284] 도 12를 참조하면, 550 nm에서의 가시광선 흡수는 1, 0.1 및 0.01 중량% 코어/쉘 나노입자(GCs)를 함유한 스마

트 소자에 대해 각각 10.452%, 8.205% 및 7.929%인 것을 알 수 있다.

[0285] 따라서, 1 중량% 코어/쉘 나노입자(GCs)를 함유한 스마트 소자의 장치는 과도한 가시광선 흡수로 인해 사용할 수 없는 것을 알 수 있다.

[0286] PL 스펙트럼은 0.01 중량% 코어/쉘 나노입자(GCs)를 함유한 스마트 소자는 PL 강도가 너무 낮기 때문에 사용할 수 없는 것을 알 수 있다.

[0287] 반면, 0.1 중량% 코어/쉘 나노입자(GCs)를 함유한 스마트 소자는 허용 가능한 냉각 성능을 가질 만큼 충분히 낮은 가시광 흡수를 제공하고 장치에 사용하기에 충분히 높은 PL 강도를 나타내는 것을 알 수 있다.

[0289] 도 13은 비교예 1에 따른 복사 냉각 소자 및 실시예 1에 따른 스마트 소자의 400 nm 내지 2500 nm 파장의 흡수 스펙트럼을 도시한 그래프이다.

[0290] 도 13을 참조하면, 550 nm에서 ZnS와 코어/쉘 나노입자(GCs)가 없는 비교예 1에 따른 복사 냉각 소자는 7.031%의 가시광선 흡수율을 보인 반면, 실시예 1에 따른 스마트 소자는 9.032%의 흡수율을 나타내는 것을 알 수 있다.

[0291] ZnS는 가시광선을 흡수하기 때문에 실시예 1에 따른 스마트 소자의 가시광선 흡수가 더 높았으며, PDMS 활성층에 ZnS와 코어/쉘 나노입자(GCs)가 존재하기 때문에 산란이 발생하였으나, 가시광선 흡수율은 9.032%로 이 물질을 냉각용으로 사용할 수 있을 만큼 여전히 낮았다.

[0292] 따라서, 실시예 1에 따른 스마트 소자는 매우 낮은 가시광선 흡수율을 나타내는 것으로 보아, 실시예 1에 따른 스마트 소자는 주간 사용 중에 냉각용으로 사용할 수 있다.

[0294] 도 14는 비교예 1에 따른 복사 냉각 소자 및 실시예 1에 따른 스마트 소자의 흡수 스펙트럼을 도시한 그래프이다.

[0295] 도 14를 참조하면, 실시예 1에 따른 스마트 소자는 8 ~ 13 ㎛ 파장대의 중적외선 흡수율이 80% 이상으로 냉각제로 사용하기에 매우 높은 것을 알 수 있다.

[0296] 따라서, 실시예 1에 따른 스마트 소자는 적외선 흡수를 기반으로 야간 사용 시 공간과의 효과적인 열 교환을 통해 허용 가능한 냉각 성능을 얻을 수 있는 것을 알 수 있다.

[0298] 도 15는 비교예 1에 따른 복사 냉각 소자 및 실시예 1에 따른 스마트 소자의 주변 온도, 태양 복사 조도 스펙트럼 및 실외 온도 측정차이를 도시한 그래프이다.

[0299] 도 15를 참조하면, 실제 외부 냉각 측정에서 Cu가 도핑된 ZnS와 코어/쉘 나노입자(GCs)가 포함되지 않은 비교예 1에 따른 복사 냉각 소자는 10.6℃로 냉각된 반면, 실시예 1에 따른 스마트 소자는 9.6℃ 의 냉각 성능을 보여주는 것을 알 수 있다.

[0300] 낮 동안 실시예 1에 따른 스마트 소자의 냉각 성능은 Cu가 도핑된 ZnS와 코어/쉘 나노입자(GCs)에 의한 태양 에너지 흡수로 인해 약화되었다.

[0301] 밤에는 ZnS와 코어/쉘 나노입자(GCs)에 의한 태양에너지 흡수가 발생하지 않을 때 비교예 1에 따른 복사 냉각 소자 및 실시예 1에 따른 스마트 소자 모두 8.6℃로 냉각되었다.

[0303] 도 16은 실시예 2에 따른 스마트 소자의 장치 구조, AC 및 UV 하에서의 실시예 2에 따른 스마트 소자를 도시한 이미지이고, 도 17은 실시예 3에 따른 스마트 소자의 장치 구조, AC 및 UV 하에서의 실시예 3에 따른 스마트 소자를 도시한 이미지이다.

[0304] 도 16을 참조하면, 본 발명의 실시예에 따른 자가분류 스마트 소자는 PL과 EL의 빛의 색상에 따라 UV와 AC를 구별할 수 있다.

[0305] 본 발명의 실시예에 따른 자가분류 스마트 소자는 제조 과정에서 리소그래피를 통해 소자의 어떤 층을 패턴화

하느냐에 따라 두 가지 소자를 제작할 수 있다.

[0306] 예를 들어, AC 하에서는 특정 패턴의 청색광을 방출하고 UV 광 하에서는 전체 영역에 녹색광을 방출하는 '디스플레이' 모드 소자, 자외선 하에서는 특정 패턴의 녹색광을 방출하고, 교류 하에서는 전 영역에 청색광을 방출하는 '경고' 모드 장치를 제조할 수 있다.

[0307] '디스플레이' 모드 장치는 상부 전극을 패터닝하고 리소그래피와 산 식각 공정을 거쳐 제작될 수 있고, 상부 전극 아래의 발광 나노입자(예; ZnS)가 AC에 의해 자극되어 청색광을 방출하면 패턴만 디스플레이에 표시될 수 있다.

[0308] 예를 들어, 실시예 2에 따른 스마트 소자에서 상부 전극은 'cool'이라는 단어로 패턴화되어 상부 전극 패턴을 형성하고, 상부 전극 패턴의 하부의 발광입자(예; ZnS 포함)만 청색 광을 방출할 수 있다.

[0309] 그러나, 코어-쉘 나노입자(예; GC)는 패턴화되지 않았기 때문에 UV 광에 노출되면 전체 영역이 녹색 PL 광을 방출할 수 있다.

[0310] 따라서, 실시예 2에 따른 스마트 소자는 상부 전극 패턴에 따라 다양한 형태의 정보를 청색광 형태로 표시할 수 있다.

[0311] 도 17을 참조하면, '경고' 모드에서는 활성층은 코어/쉘 나노입자층(예; GC 포함)은 패턴화되어 코어/쉘 나노입자 패턴을 포함하지만 상부 전극(예; ITO)는 소자 전체 영역에 남아 있으므로 AC를 인가하면 청색 EL 광이 전체 영역에 걸쳐 방출될 수 있다.

[0312] 그러나, 실시예 3에 따른 스마트 소자는 UV 광선에 노출되면 패턴이 있는 GC 영역(코어/쉘 나노입자 패턴)만 녹색 빛을 방출하기 때문에 직관적인 모양이나 텍스트를 통해 사용자에게 자외선이 존재함을 효과적으로 알릴 수 있다.

[0314] 도 18은 흰색 및 UV 조명 하에서의 실시예 1에 따른 스마트 소자를 도시한 이미지이고, 도 19는 실시예 1에 따른 스마트 소자를 포함하는 유연 대형 스마트 소자(flexible large smart device)를 도시한 이미지이다.

[0315] 또한, 도 18은 실시예 1-2 및 실시예 1-5의 농도를 사용하였다.

[0316] 도 18 및 도 19를 참조하면, 실시예 1에 따른 스마트 소자는 PET에 코팅된 Ag를 하부전극으로, 유연성이 매우 우수한 PDMS를 활성층으로, ITO PET를 상부전극으로 사용하고, 스핀 코팅 방식을 이용하여 대면적 제작이 가능하다.

[0317] 또한, 기판과 활성층 모두 유연성이 매우 좋아 유연성이 뛰어난 '경고' 모드와 대형 '디스플레이' 모드의 스마트 디바이스를 제작해 웨어러블 애플리케이션에 활용이 가능하다.

[0319] 도 20은 기존 지붕(왼쪽)과 실시예 1에 따른 스마트 소자를 포함하는 지붕(오른쪽)(삽입 도면: UV 조명 하에서의)을 포함하는 모조 주택을 도시한 이미지이고, 도 21은 낮 동안 옥외에 설치된 기존 지붕(왼쪽)과 실시예 1에 따른 스마트 소자를 포함하는 지붕(오른쪽)을 포함하는 모조 주택을 도시한 적외선 이미지이다.

[0320] 또한, 도 20은 실시예 1-2 및 실시예 1-5의 농도를 사용하였다.

[0321] 실시예 1에 따른 스마트 소자는 센싱 성능과 냉각 성능을 동시에 발휘하기 위해 일반 주택과 스마트 하우스로 구성된 소형 '하우스' 시스템을 구축하였다.

[0322] 도 20 및 도 21을 참조하면, 일반 주택과 달리 제작된 스마트 하우스는 UV 조명 아래에서 밝은 녹색 PL광을 방출하는 것을 알 수 있다.

[0323] 일반 주택과 스마트 주택은 낮 동안 외부에 배치되었으며 적외선 카메라를 사용하여 온도를 측정하였고, 30분 후 일반 주택과 스마트 주택의 온도는 각각 56.5℃와 42.2℃로 스마트 하우스가 주간 14.3℃의 냉방 성능을 효과적으로 발휘하는 것을 알 수 있다.

[0325] 이상과 같이 본 발명은 비록 한정된 실시예와 도면에 의해 설명되었으나, 본 발명은 상기의 실시예에 한정되는

것은 아니며, 본 발명이 속하는 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 이러한 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다. 그러므로, 본 발명의 범위는 설명된 실시예에 국한되어 정해져서는 아니 되며, 후술하는 특허청구범위뿐 아니라 이 특허청구범위와 균등한 것들에 의해 정해져야 한다.

부호의 설명

[0327] 110 : 하부 기재 120: 하부 전극

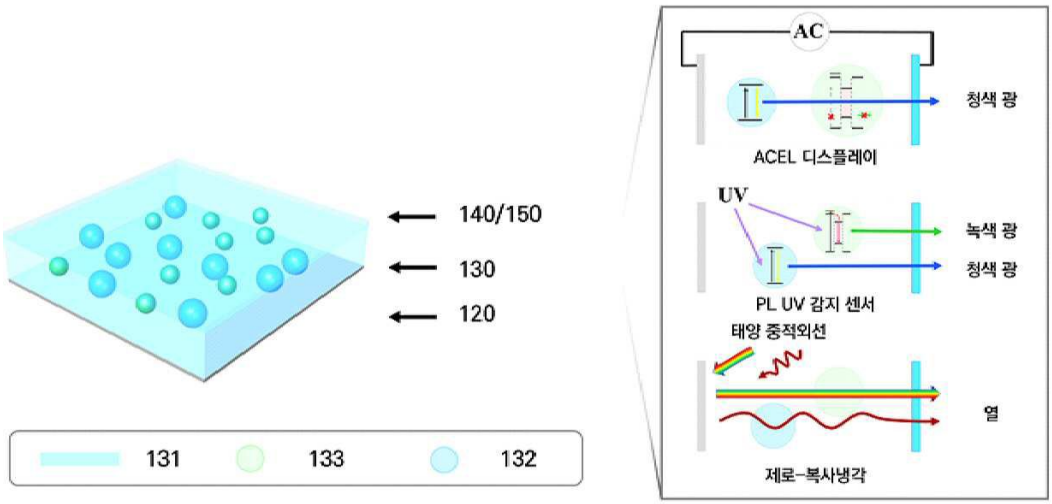
130: 활성층 131: 고분자 매트릭스

132: 코어/쉘 나노입자 133: 발광 나노입자

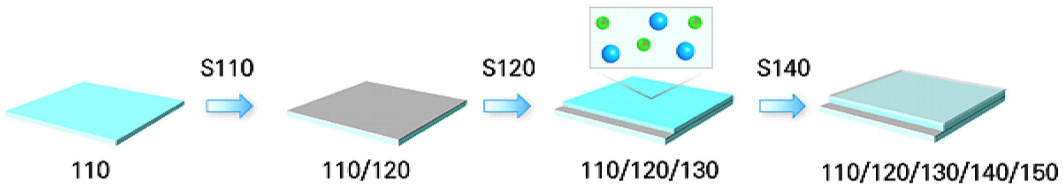
140: 상부 전극 150: 상부 기재

도면

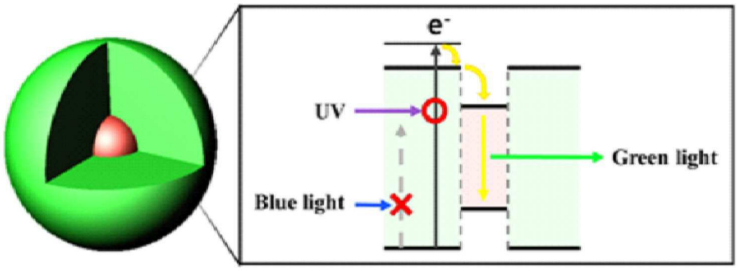
도면1



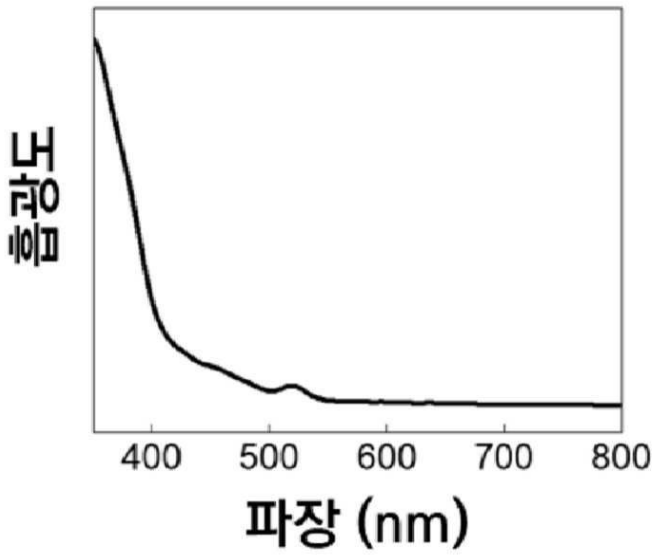
도면2



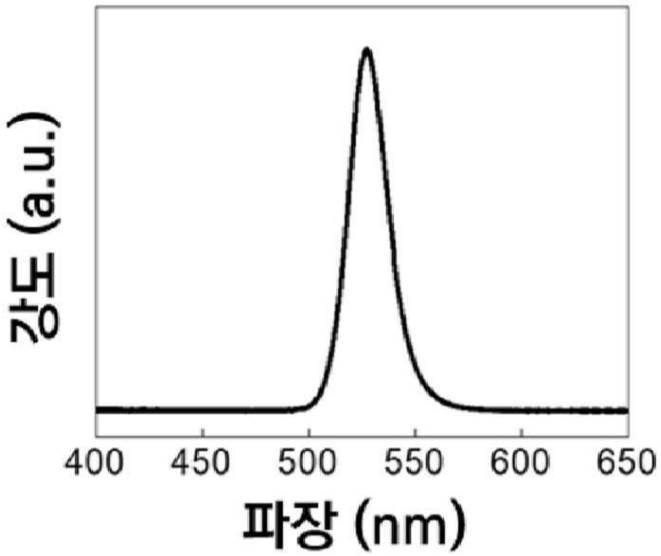
도면3



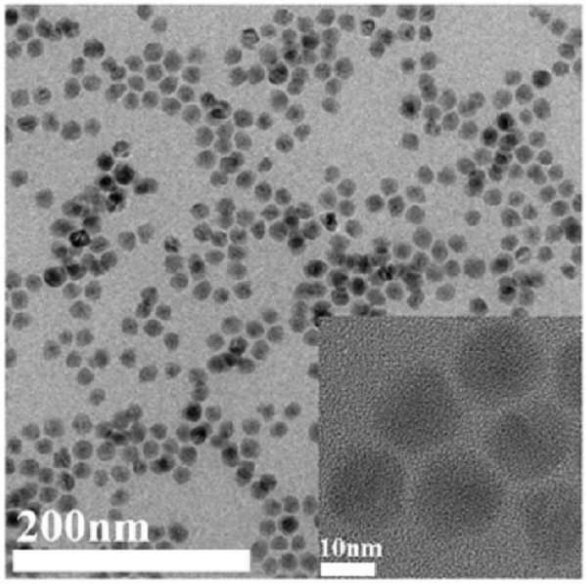
도면4



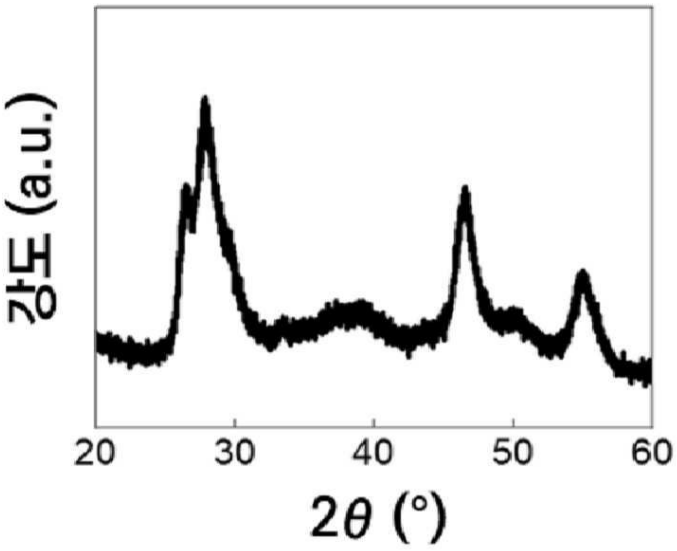
도면5



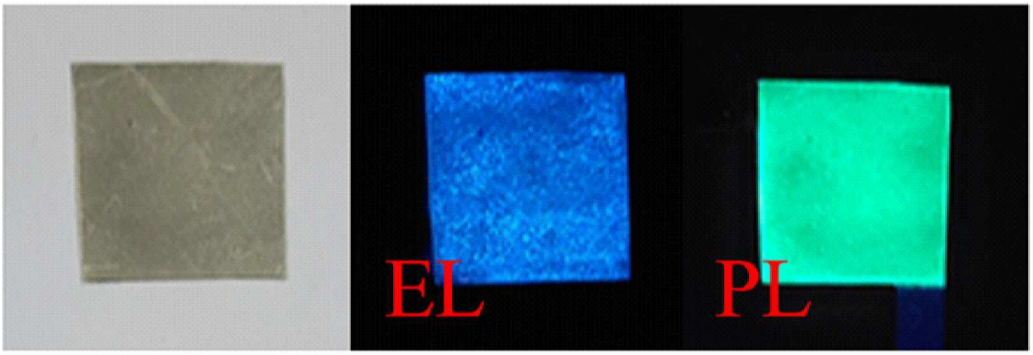
도면6



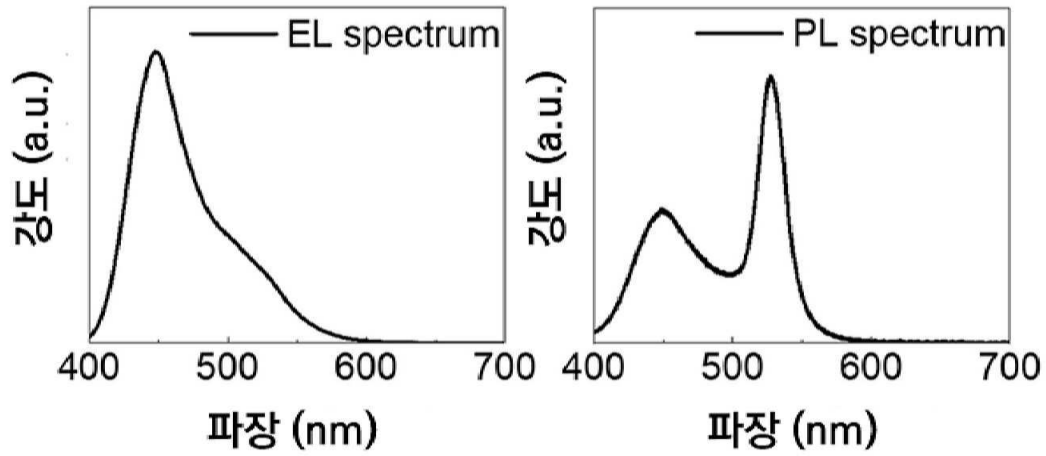
도면7



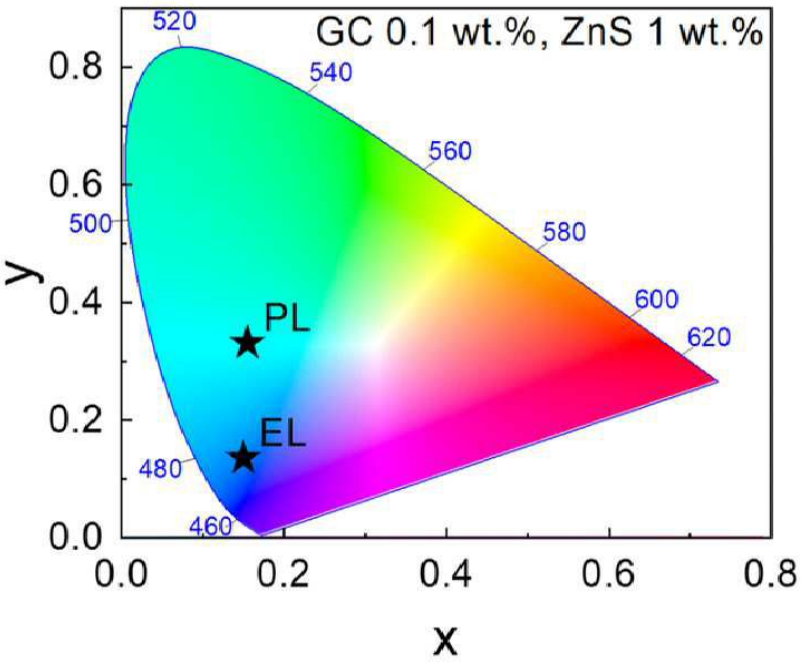
도면8



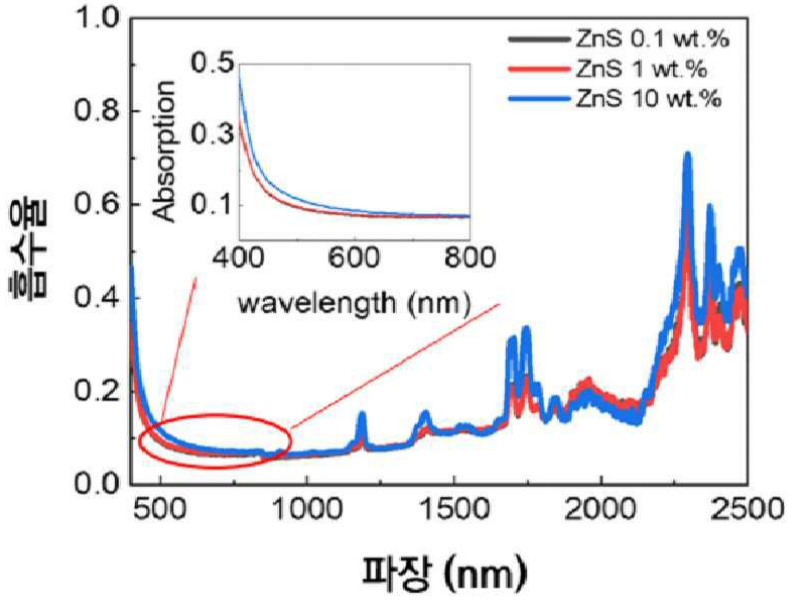
도면9


EL spectrum
강도 (a.u.)
400
500
600
700
파장 (nm)
PL spectrum
강도 (a.u.)
400
500
600
700
파장 (nm)

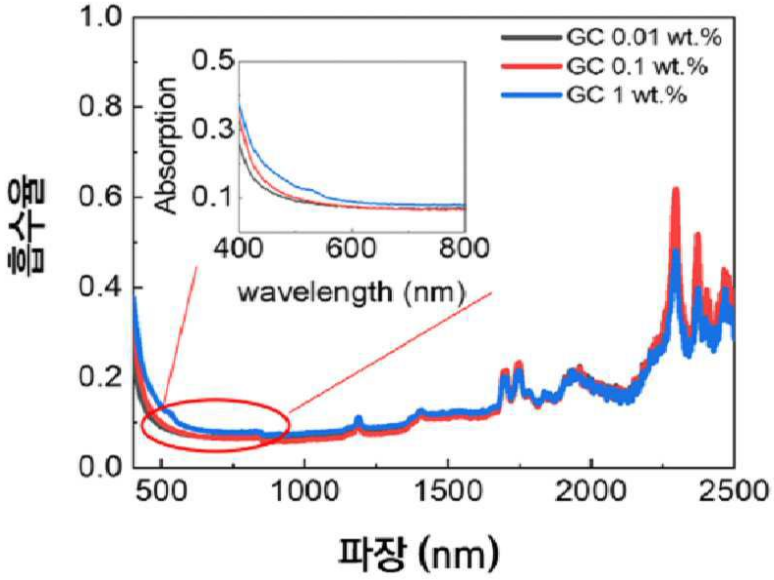
도면10


GC 0.1 wt.%, ZnS 1 wt.%
520
540
560
580
600
620
500
480
460
PL
EL
0.0
0.2
0.4
0.6
0.8
y
x

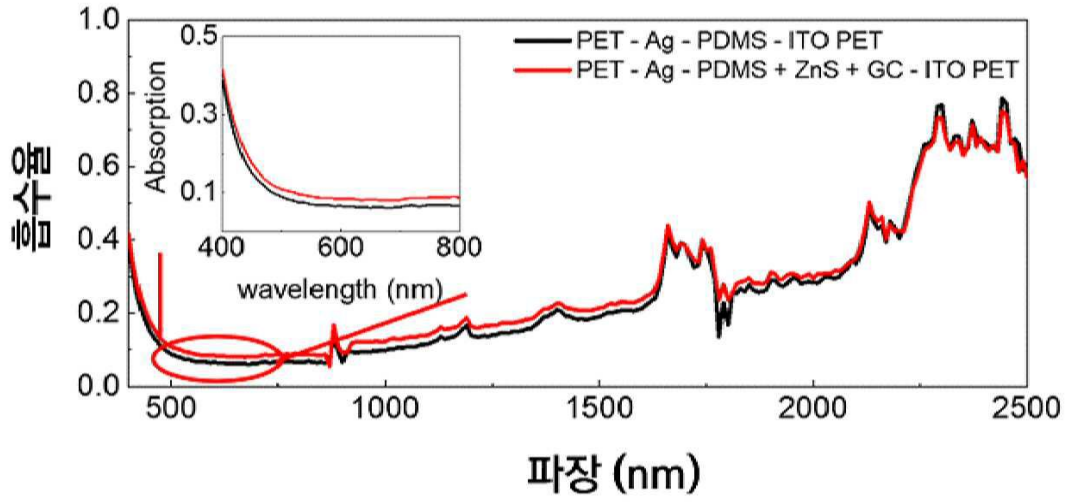
도면11


ZnS 0.1 wt.%
ZnS 1 wt.%
ZnS 10 wt.%
Absorption
wavelength (nm)
흡수율
파장 (nm)

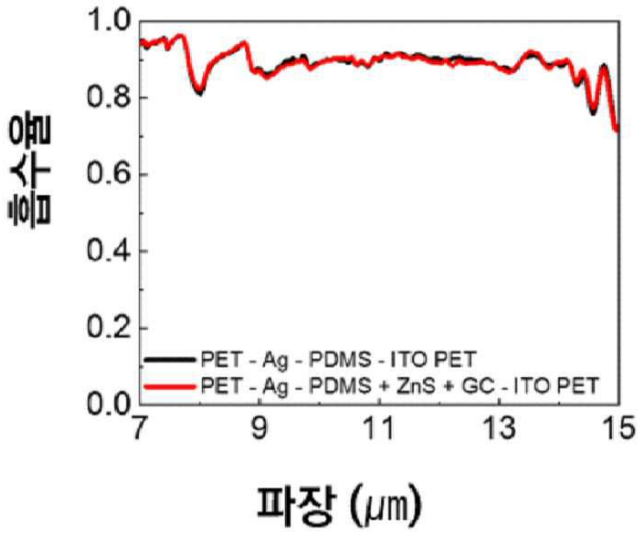
도면12


GC 0.01 wt.%
GC 0.1 wt.%
GC 1 wt.%
Absorption
wavelength (nm)
흡수율
파장 (nm)

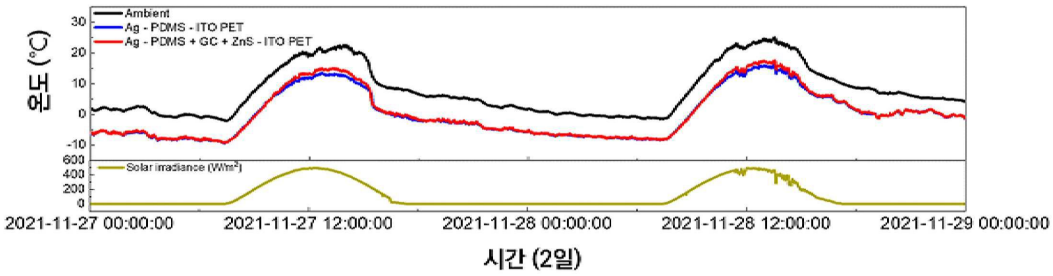
도면13



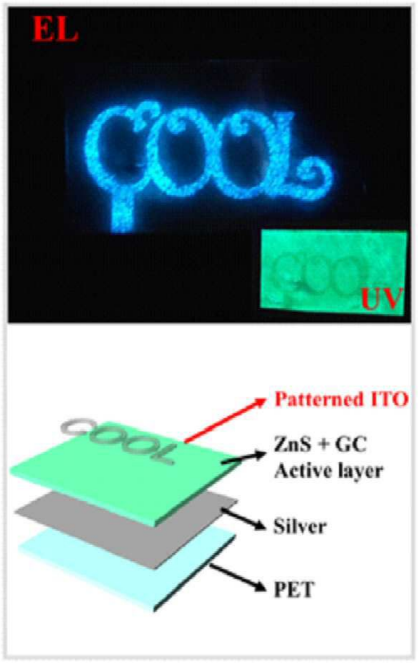
도면14



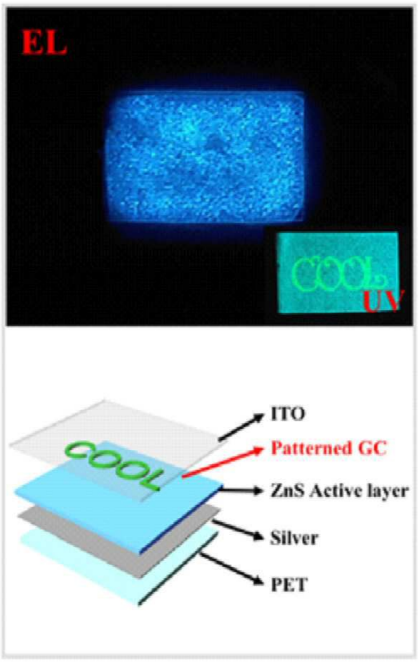
도면15



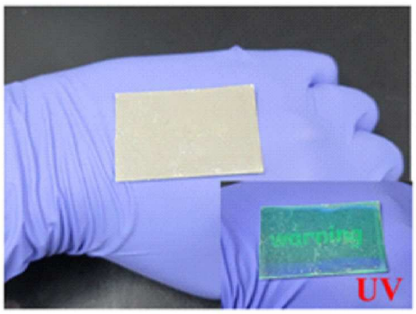
도면16


EL
UV
Patterned ITO
ZnS + GC
Active layer
Silver
PET

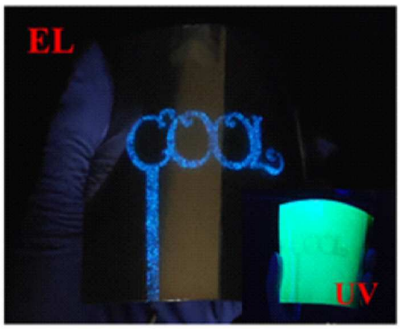
도면17


EL
UV
ITO
Patterned GC
ZnS Active layer
Silver
PET

도면18



도면19



도면20



도면21

