(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2023-0116501
(43) 공개일자 2023년08월04일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H10K 50/00 (2023.01) *C09K 11/67* (2006.01)
C09K 11/88 (2006.01) *H10K 99/00* (2023.01)
(52) CPC특허분류
H10K 50/11 (2023.02)
C09K 11/671 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2022-0013516
(22) 출원일자 2022년01월28일
심사청구일자 2022년01월28일

(71) 출원인
인하대학교 산학협력단
인천광역시 미추홀구 인하로 100(용현동, 인하대학교)
성균관대학교산학협력단
경기도 수원시 장안구 서부로 2066 (천천동, 성균관대학교내)
(72) 발명자
박동혁
인천광역시 서구 청라사파이어로 158, 573동 1303호(청라동, 청라골드클래스)
김선국
경기도 수원시 장안구 서부로 2066(천천동, 성균관대학교)
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
김연권

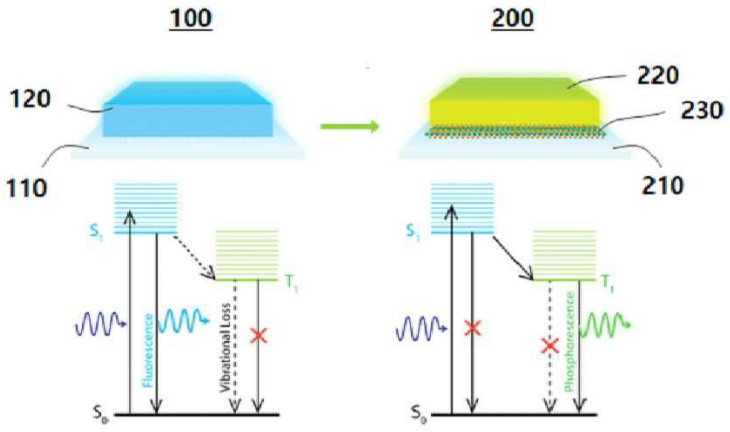
전체 청구항 수 : 총 17 항

(54) 발명의 명칭 **실온 마이크로초 인광이 가능한 유기 발광막 및 이를 포함하는 유기 발광소자, 표시장치**

(57) 요 약

본 발명은 실온 마이크로초 인광(room-temperature microsecond phosphorescence, RMP)이 가능한 유기 발광막 및 이를 포함하는 유기 발광소자, 표시장치를 개시한다. 본 발명은 전이금속 칼코겐 화합물(transition metal dichalcogenides; TMDs)을 포함하는 전이금속 칼코겐 화합물층; 및 상기 전이금속 칼코겐 화합물층 상에 적층되고, 유기 발색단(Chromophore)을 포함하는 유기물층;으로 구성된 이종접합 구조(heterojunction structure)를 포함하고, 상기 이종접합 구조는 상기 전이금속 칼코겐 화합물층이 상기 유기물층의 스핀궤도결합(spin-orbit coupling)을 조절하여 상중항을 활성화시켜 실온 마이크로초 인광(room-temperature microsecond phosphorescence, RMP)을 나타내는 것을 특징으로 한다.

대 표 도 - 도1



(52) CPC특허분류
C09K 11/881 (2013.01)
H10K 10/29 (2023.02)
H10K 50/14 (2023.02)
H10K 50/17 (2023.02)
H10K 50/18 (2023.02)
H10K 85/60 (2023.02)
H10K 2101/27 (2023.02)
(72) 발명자
최진호
경기도 성남시 수정구 산성대로405번길 9-15, 101호(단대동)

임혜린
경기도 수원시 장안구 서부로 2066(천천동, 성균관대학교)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711127938
과제번호	2021R1A2C2014119
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	개인기초연구(과기정통부)(R&D)
연구과제명	생체 재료 활용 유기반도체의 엑시톤 정밀 제어 연구
기 여 율	1/1
과제수행기관명	인하대학교
연구기간	2021.03.01 ~ 2022.02.28

명 세 서

청구범위

청구항 1

전이금속 칼코겐 화합물(transition metal dichalcogenides; TMDs)을 포함하는 전이금속 칼코겐 화합물층; 및

상기 전이금속 칼코겐 화합물층 상에 적층되고, 유기 발색단(organic chromophore)을 포함하는 유기물층;

으로 구성된 이종접합 구조(heterojunction structure)를 포함하고,

상기 이종접합 구조는 상기 전이금속 칼코겐 화합물층이 상기 유기물층의 스핀궤도결합(spin-orbit coupling)을 조절하여 삼중항을 활성화시켜 실온 마이크로초 인광(room-temperature microsecond phosphorescence, RMP)을 나타내는 것을 특징으로 하는 유기 발광막.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 유기 발광막의 발광 수명은 1 ㎲ 내지 100 ㎲인 것을 특징으로 하는 유기 발광막.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 유기물층은 전이금속 칼코겐 화합물층 표면에서의 반데르발스 상호작용으로 유도된 물리적 흡착(van der Waals interaction-induced physisorption)에 의해 상기 유기 발색단의 분자 구조가 제어되는 것을 특징으로 하는 유기 발광막

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 유기 발색단은 극성 그룹(polar group) 및 비극성 그룹(non-polar group)을 포함하고,

상기 극성 그룹은 산소 및 질소 중 적어도 어느 하나를 포함하고,

상기 비극성 그룹은 방향족 그룹을 포함하는 것을 특징으로 하는 유기 발광막.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 유기 발색단은 극성에 따라 상기 전이금속 칼코겐 화합물과의 상호작용을 통한 계간전이(Spin Orbit Coupling)가 조절되는 것을 특징으로 하는 유기 발광막

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 전이금속 칼코겐 화합물층은 상기 유기물층에 포함되는 상기 유기 발색단의 분자 간 수소 결합을 제어하여 결정 구조(crystal structure)를 조절하는 것을 특징으로 하는 유기 발광막

청구항 7

제6항에 있어서,

상기 유기물층의 결정 구조는 삼사정계(triclinic)인 것을 특징으로 하는 유기 발광막.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 유기 발광막은 상기 유기물층의 농도에 따라 발광색이 조절되는 것을 특징으로 하는 유기 발광막.

청구항 9

제1항에 있어서,

상기 유기물층의 농도는 1μM 내지 1mM 인 것을 특징으로 하는 유기 발광막.

청구항 10

제1항에 있어서,

상기 유기 발광막은 상기 유기물층에 포함되는 상기 유기 발색단에 따라 발광색이 조절되는 것을 특징으로 하는 유기 발광막.

청구항 11

제10항에 있어서,

상기 전이금속 칼코겐 화합물은 MoS_2, $MoSe_2$, $MoTe_2$, WS_2, WSe_2, WTe_2, TiS_2, $TiSe_2$, $TiTe_2$, VS_2, VSe_2, VTe_2, CrS_2, $CrSe_2$, $CrTe_2$, MnS_2, $MnSe_2$, $MnTe_2$, FeS_2, $FeSe_2$, $FeTe_2$, NiS_2, $NiSe_2$, $NiTe_2$, ZrS_2, $ZrSe_2$, 및 $ZrTe_2$ 중 적어도 어느 하나를 포함하는 것을 특징으로 하는 유기 발광막.

청구항 12

제1항에 있어서,

상기 유기 발색단은 DDT(2,5-dihydroxyterephthalate), Np6A(5-bromo-2,6-dihexyloxy-1-naphthaldehyde), Np6(1,5-dibromo-2,6-dihexyloxynapthalene) 및 안트라플라브산(Anthraflavic acid; 2,6-Dihydroxyanthraquinone) 중 적어도 어느 하나를 포함하는 것을 특징으로 하는 유기 발광막.

청구항 13

서로 마주하는 제1 전극 및 제2 전극; 및

상기 제1 전극과 상기 제2 전극 사이에 위치하며, 제1항 내지 제12항 중 적어도 어느 한 항에 따른 유기 발광막을 포함하는 유기 발광층;

을 포함하는 것을 특징으로 하는 유기 발광소자.

청구항 14

제13항에 있어서,

상기 유기 발광소자는 상기 제1 전극과 상기 유기 발광층 사이에 정공 주입층(hole injecting layer, HIL), 정공 수송층(hole transporting layer, HTL) 및 전자 차단층(electron blocking layer, EBL) 중 적어도 어느 하나를 포함하는 정공 보조층을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 유기 발광소자.

청구항 15

제13항에 있어서,

상기 유기 발광소자는 상기 제2 전극과 상기 유기 발광층 사이에 전자 주입층(electron injecting layer, EIL), 전자 수송층(electron transporting layer, ETL) 및 정공 차단층(hole blocking layer, HBL) 중 적어도 어느 하나를 포함하는 전자 보조층을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 유기 발광소자.

청구항 16

제16항에 따른 유기 발광소자를 포함하는 것을 특징으로 하는 유기 발광 표시 장치.

청구항 17

제16항에 있어서,

상기 유기 발광 표시 장치는,

적색을 발광하는 제1 유기 발광소자, 녹색을 발광하는 제2 유기 발광소자 및 청색을 발광하는 제3 유기 발광소자를 포함하고,

상기 제1 유기 발광소자는 제1 전이금속 칼코겐 화합물층 및 제1 유기물층이 적층된 제1 이종접합 구조를 포함하며,

상기 제2 유기 발광소자는 제2 전이금속 칼코겐 화합물층 및 제2 유기물층이 적층된 제2 이종접합 구조를 포함하고,

상기 제3 유기 발광소자는 제3 전이금속 칼코겐 화합물층 및 제3 유기물층이 적층된 제3 이종접합 구조를 포함하는 것을 특징으로 하는 유기 발광소자.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 실온 마이크로초 인광이 가능한 유기 발광막 및 이를 포함하는 유기 발광소자, 표시장치에 관한 것으로, 보다 상세하게는, 본 발명은 유기 발색단과 전이금속 칼코겐 화합물 간 원자 상호작용을 통해 순수유기인광 발현이 가능한 실온 마이크로초 인광이 가능한 유기 발광막 및 이를 포함하는 유기 발광소자, 표시장치에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0003] 원칙적으로 유기 전자기기(organic electronics)에 의해 광을 전류로(그리고 전류를 광으로) 변환시키기 위한 방법은 수십년 동안 공지되어 있었다. 산업적 돌파구는 다층 구조에 의해 달성되었는데, 이는 예를 들어, 유기 발광 다이오드(organic light-emitting diode; OLED) 또는 유기 태양 전지 등이 있다. 비록 특히 지난 수년

동안 이러한 부품들의 효율이 최적화된 유기 화합물 클래스(class)의 사용을 통해 성능의 뚜렷한 상승을 일으킬지라도, 유망한 방법은 훨씬 더 높은 양자 수율, 및 이에 따라 보다 낮은 물질 비용과 함께 훨씬 더 높은 효율을 여전히 야기시키고 있다.

[0004] 이러한 방법들 중 하나는 예를 들어, PHOLED(인광성 유기 발광 디바이스(phosphorescent organic light-emitting device)에서 사용되는 트리플렛 에미터(triplet emitter)라 불리워지는 인광성 에미터(phosphorescent emitter)의 사용에 있다. 적용 가능한 양자 통계학의 측면에서, 이러한 것은 적어도 이론적으로 100%의 내부 양자 효율을 달성할 수 있다. 이는 주입된 전하 운반체의 양자 통계학을 기초로 하여, 단지 25%의 최대 내부 양자 수율을 갖는 온전히 형광성 에미터(fluorescent emitter)를 갖는 다이오드(diode)와는 상반되는 것이다.

[0005] 예를 들어, 실온에서 인광성인 유기 에미터를 갖는 유기 전자 층을 형성시키는 방법으로서 유기 형광성 에미터를 하나의 층 내에서 유기 착물 리간드 함유 금속 착물 및 In, Ti, Sn, Pb, Sb 및 Bi를 포함하는 중금속을 동시 증착하여 인광 발현할 수 있다.

[0006] 즉, 인광은 긴 발광 수명과 높은 양자 효율을 가지는 발광 방식으로 유기 발광 다이오드의 핵심기술로 활용되기에, 현재까지 인광발현을 위해 이리듐, 백금, 오스뮴을 비롯한 중금속을 분자 내부에 치환하여 전자의 스핀상태 변화를 유발하는 중원자 효과 (Heavy-atom effect)가 주로 이용되었다. 그러나, 종래의 기술은 유기 물질에 중금속을 도핑하기 때문에 높은 단가, 복잡하고 유독한 공정과정 등의 한계점을 보인다.

선행기술문헌

특허문헌

[0008] (특허문헌 0001) 대한민국 등록특허 제1844879호, "주족 중금속 착물이 첨가된 유기 인광성 층의 제조"

발명의 내용

해결하려는 과제

[0009] 본 발명의 실시예는 순수 유기물층 하부에 전이금속 칼코겐 화합물이 형성된 이종접합 구조를 통해 순수유기인광을 발현시킴으로써 마이크로-초 단위의 수명시간을 갖는 실온 마이크로초 인광이 가능한 유기 발광막 및 이를 포함하는 유기 발광소자, 표시장치를 제공하고자 한다.

[0010] 본 발명의 실시예는 순수 유기물층의 중금속 치환 없이 전이금속 칼코겐 화합물의 유무만을 통해 마이크로-초 단위의 인광을 발현시키는 동시에 발광색을 조절할 수 있는 실온 마이크로초 인광이 가능한 유기 발광막 및 이를 포함하는 유기 발광소자, 표시장치를 제공하고자 한다.

[0011] 본 발명의 실시예는 상온 용액 공정 기반으로 이종접합 구조를 형성함으로써 저렴한 단가와 간단하고 친환경적 공정 과정을 통해 제조할 수 있는 실온 마이크로초 인광이 가능한 유기 발광막 및 이를 포함하는 유기 발광소자, 표시장치를 제공하고자 한다.

과제의 해결 수단

[0013] 본 발명의 실시예에 따른 유기 발광막은 전이금속 칼코겐 화합물(transition metal dichalcogenides; TMDs)을 포함하는 전이금속 칼코겐 화합물층; 및 상기 전이금속 칼코겐 화합물층 상에 적층되고, 유기 발색단(organic chromophore)을 포함하는 유기물층; 으로 구성된 이종접합 구조(heterojunction structure)를 포함하고, 상기 이종접합 구조는 상기 전이금속 칼코겐 화합물층이 상기 유기물층의 스핀궤도결합(spin-orbit coupling)을 조절하여 삼중항을 활성화시켜 실온 마이크로초 인광(room-temperature microsecond phosphorescence, RMP)을 나타낸다.

[0014] 상기 유기 발광막의 발광 수명은 1 ㎲ 내지 100 ㎲일 수 있다.

[0015] 상기 유기물층은 전이금속 칼코겐 화합물층 표면에서의 반데르발스 상호작용으로 유도된 물리적 흡착(van der Waals interaction-induced physisorption)에 의해 상기 유기 발색단의 분자 구조가 제어될 수 있다.

[0016] 상기 유기 발색단은 극성 그룹(polar group) 및 비극성 그룹(non-polar group)을 포함하고, 상기 극성 그룹은 산소 및 질소 중 적어도 어느 하나를 포함하고, 상기 비극성 그룹은 방향족 그룹을 포함할 수 있다.

[0017] 상기 유기 발색단은 극성에 따라 상기 전이금속 칼코겐 화합물과의 상호작용을 통한 계간전이(Spin Orbit Coupling)가 조절될 수 있다.

[0018] 상기 전이금속 칼코겐 화합물층은 상기 유기물층에 포함되는 상기 유기 발색단의 분자 간 수소 결합을 제어하여 결정 구조(crystal structure)를 조절할 수 있다.

[0019] 상기 유기물층의 결정 구조는 삼사정계(triclinic)일 수 있다.

[0020] 상기 유기 발광막은 상기 유기물층의 농도에 따라 발광색이 조절될 수 있다.

[0021] 상기 유기물층의 농도는 1μM 내지 1mM 일 수 있다.

[0022] 상기 유기 발광막은 상기 유기물층에 포함되는 상기 유기 발색단에 따라 발광색이 조절될 수 있다.

[0023] 상기 전이금속 칼코겐 화합물은 MoS_2, $MoSe_2$, $MoTe_2$, WS_2, WSe_2, WTe_2, TiS_2, $TiSe_2$, $TiTe_2$, VS_2, VSe_2, VTe_2, CrS_2, $CrSe_2$, $CrTe_2$, MnS_2, $MnSe_2$, $MnTe_2$, FeS_2, $FeSe_2$, $FeTe_2$, NiS_2, $NiSe_2$, $NiTe_2$, ZrS_2, $ZrSe_2$, 및 $ZrTe_2$ 중 적어도 어느 하나를 포함할 수 있다.

[0024] 상기 유기 발색단은 DDT(2,5-dihydroxyterephthalate), Np6A(5-bromo-2,6-dihexyloxy-1-naphthaldehyde), Np6(1,5-dibromo-2,6-dihexyloxynapthalene) 및 안트라플라브산(Anthraflavic acid; 2,6-Dihydroxyanthraquinone) 중 적어도 어느 하나를 포함할 수 있다.

[0025] 본 발명의 실시예에 따른 유기 발광 소자는 서로 마주하는 제1 전극 및 제2 전극; 및 상기 제1 전극과 상기 제2 전극 사이에 위치하며, 본 발명의 실시예에 따른 유기 발광막을 포함하는 유기 발광층;을 포함한다.

[0026] 상기 유기 발광소자는 상기 제1 전극과 상기 유기 발광층 사이에 정공 주입층(hole injecting layer, HIL), 정공 수송층(hole transporting layer, HTL) 및 전자 차단층(electron blocking layer, EBL) 중 적어도 어느 하나를 포함하는 정공 보조층을 더 포함할 수 있다.

[0027] 상기 유기 발광소자는 상기 제2 전극과 상기 유기 발광층 사이에 전자 주입층(electron injecting layer, EIL), 전자 수송층(electron transporting layer, ETL) 및 정공 차단층(hole blocking layer, HBL) 중 적어도 어느 하나를 포함하는 전자 보조층을 더 포함할 수 있다.

[0028] 본 발명의 실시예에 따른 유기 발광 표시 장치는 본 발명의 실시예에 따른 유기 발광 소자를 포함한다.

[0029] 상기 유기 발광 표시 장치는, 적색을 발광하는 제1 유기 발광소자, 녹색을 발광하는 제2 유기 발광소자 및 청색을 발광하는 제3 유기 발광소자를 포함하고, 상기 제1 유기 발광소자는 제1 전이금속 칼코겐 화합물층 및 제1 유기물층이 적층된 제1 이종접합 구조를 포함하며, 상기 제2 유기 발광소자는 제2 전이금속 칼코겐 화합물층 및 제2 유기물층이 적층된 제2 이종접합 구조를 포함하고, 상기 제3 유기 발광소자는 제3 전이금속 칼코겐 화합물층 및 제3 유기물층이 적층된 제3 이종접합 구조를 포함할 수 있다.

발명의 효과

[0031] 본 발명의 실시예에 따르면, 순수 유기물층 하부에 전이금속 칼코겐 화합물이 형성된 이종접합 구조를 통해 순수유기인광을 발현시킴으로써 마이크로-초 단위의 수명시간을 갖는 실온 마이크로초 인광이 가능한 유기 발광막 및 이를 포함하는 유기 발광소자, 표시장치를 제공할 수 있다.

[0032] 본 발명의 실시예에 따르면, 순수 유기물층의 중금속 치환 없이 전이금속 칼코겐 화합물의 유무만을 통해 마이크로-초 단위의 인광을 발현시키는 동시에 발광색을 조절할 수 있는 실온 마이크로초 인광이 가능한 유기 발광막 및 이를 포함하는 유기 발광소자, 표시장치를 제공할 수 있다.

[0033] 본 발명의 실시예에 따르면, 상온 용액 공정 기반으로 이종접합 구조를 형성함으로써 저렴한 단가와 간단하고 친환경적 공정 과정을 통해 제조할 수 있는 실온 마이크로초 인광이 가능한 유기 발광막 및 이를 포함하는 유기

발광소자, 표시장치를 제공할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0035] 도 1은 종래의 유기 발광막 및 본 발명의 실시예에 따른 유기 발광막을 도시한 개략도이다.

도 2는 DDT 유기 발색단의 분자 패킹을 도시한 개략도이고, 도 3은 본 발명의 실시예에 따른 유기 발광막에 포함되는 이종접합 구조의 분자 패킹을 도시한 개략도이다.

도 4는 본 발명의 실시예에 따른 유기 발광 소자를 도시한 단면도이다.

도 5는 본 발명의 실시예에 따른 유기 발광막의 다양한 전이금속 칼코겐 화합물과 형광 유기 발색단의 조합을 통해 구현된 RGB 화소를 도시한 개략도이다.

도 6은 본 발명의 실시예에 따른 유기 발광막을 제조하기 위한 용액을 도시한 이미지이다.

도 7은 405nm 레이저 조사에 따른 비교예 1에 따른 유기 발광막 및 본 발명의 실시예 1에 따른 유기 발광막을 도시한 이미지이고, 도 8은 4.5nm 레이저 조사에 따른 비교예 1에 따른 유기 발광막 및 본 발명의 실시예 1에 따른 유기 발광막의 PL 스펙트럼을 도시한 그래프이다.

도 13은 비교예 1에 따른 유기 발광막 및 본 발명의 실시예 1에 따른 유기 발광막의 실온 라만 스펙트럼을 도시한 그래프이고, 도 14는 비교예 1에 따른 유기 발광막 및 본 발명의 실시예 1에 따른 유기 발광막의 저온 라만 스펙트럼을 도시한 그래프이다.

도 15는 본 발명의 실시예 2에 따른 유기 발광막의 PL 스펙트럼을 도시한 그래프이고, 도 16은 본 발명의 실시예 3에 따른 유기 발광막의 PL 스펙트럼을 도시한 그래프이다.

도 17은 비교예 2에 따른 유기 발광막 및 본 발명의 실시예 4에 따른 유기 발광막의 PL 스펙트럼을 도시한 그래프이고, 도 18은 비교예 2에 따른 유기 발광막의 실온에서의 PL 스펙트럼을 도시한 그래프이며, 도 19는 본 발명의 실시예 4에 따른 유기 발광막 의 실온에서의 PL 스펙트럼을 도시한 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0036] 이하 첨부 도면들 및 첨부 도면들에 기재된 내용들을 참조하여 본 발명의 실시예를 상세하게 설명하지만, 본 발명이 실시예에 의해 제한되거나 한정되는 것은 아니다.

[0037] 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.

[0038] 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.

[0039] 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.

[0040] 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.

[0041] 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.

[0042] 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.

[0043] 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.

[0044] 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.

[0046] 도 1은 종래의 유기 발광막 및 본 발명의 실시예에 따른 유기 발광막을 도시한 개략도이다.

[0047] 종래의 유기 발광막(100)은 기판(110) 상에 형성되고, 유기 발색단을 포함하는 유기물층(120)을 포함한다. 그러나, 유기물층(120)에 포함되는 순수한 유기 발색단의 경우, 형광을 발광하거나 아주 약한 인광을 발광한다.

[0048] 예를 들어, DDT와 같은 순수한 유기 발색단의 경우, 나노초의 수명으로 청색 형광을 방출하기 때문에, 수명이 매우 짧아 안정성이 낮은 문제가 있다.

[0049] 또한, 인광을 발현시키기 위해 유기물층(120)에 중금속을 도핑하는 기술이 개시되어 왔으나, 높은 단가, 복잡하고 유독한 공정과정 등의 한계점을 보이는 문제가 있었다.

[0050] 그러나, 본 발명의 실시예에 따른 유기 발광막(200)은 순수 유기물층(220) 하부에 전이금속 칼코겐 화합물(230)을 형성하는 간단한 공정을 통해, 기판(210) 상에 이종접합 구조를 형성함으로써, DDT와 같은 순수한 유기 발색단을 사용하여도 마이크로-초 단위의 수명시간을 갖는 순수유기인광을 발현시킴으로써 실온 마이크로초 인광이 가능하다.

[0051] 또한, 종래에는 대표적으로 포르피린(Porphyrin) 과 같은 분자구조에 금속을 넣어 금속-유기 리간드(Metal-Organic Ligand)를 형성하여 인광을 발현하는 물질이 대부분이나, 순수 유기물에서는 실온 인광이 가능하더라도 밀리세컨드(ms)초에서 인광이 발현될 수 있다.

[0052] 즉, 기존의 유기금속화합물(Organometallic complexes)에서는 리간드를 형성하지만 본 발명은 전이금속칼코겐의 결정 구조가 갖는 특징으로 인해 유기물과 전이금속을 매우 인접한 거리로 결합시킬 수 있어 리간드 결합없이 반데르발스 결합만으로 강한 중원자효과를 유발하고 안정적인 인광 발현이 가능하다.

[0053] 따라서, 본 발명의 실시예에 따른 유기 발광막(200)은 순수 유기물층(220)에 중금속 치환 없이 전이금속 칼코겐 화합물의 유무만을 통해 마이크로-초 단위의 인광을 발현시키는 동시에 발광색을 조절할 수 있다.

[0054] 이하에서는, 본 발명의 실시예에 따른 유기 발광막(200)에 대해 보다 상세히 설명 하기로 한다.

[0056] 본 발명의 실시예에 따른 유기 발광막(200)은 전이금속 칼코겐 화합물(transition metal dichalcogenides; TMDs)을 포함하는 전이금속 칼코겐 화합물층(230) 및 전이금속 칼코겐 화합물층(230) 상에 적층되고, 유기 발색단(organic chromophore)을 포함하는 유기물층(220)으로 구성된 이종접합 구조(heterojunction structure)를 포함한다.

[0057] 이종접합 구조는 전이금속 칼코겐 화합물층(230)이 유기물층(220)의 스핀궤도결합(spin-orbit coupling)을 조절하여 삼중항을 활성화시켜 실온 마이크로초 인광(room-temperature microsecond phosphorescence, RMP)을 나타낼 수 있다.

[0058] 보다 구체적으로, 삼중항 전자의 전이는 비편제화 된 방향족 분자의 파이 전자(pi electron of conjugated)와 근접한 산소 및 질소와 같은 원소의 중원자효과에 의해 (heavy atom effect)를 통해 이루어질 수 있다.

[0059] 극저온(액체질소 온도 77K)에서는 분자 진동이 멈추어 인광 발현이 가능하지만(도 12 참조), 실온(1℃ 내지 35℃) 속 대기환경에서는 중원자효과를 방해하는 대기 중 산소 분자에 의해 방해받고 분자진동으로 인해 인광 발

현이 제한적이다.

[0060] 그러나, 본 발명의 실시예에 따른 유기 발광막(200)은 전이금속 칼코겐 화합물과 유기 발색단이 이종접합 구조를 형성하기 때문에, 유기 발색단은 앞서 전술한 바와 같은 방해를 현저히 적게 받고 전이금속 칼코겐 화합물의 반데르발스(van der waals) 효과에 의해 중원자효과가 증가될 수 있다.

[0061] 따라서, 본 발명의 실시예에 따른 유기 발광막(200)은 이종접합 구조에 의해 유기물층(220)의 스핀궤도결합(spin-orbit coupling)이 조절되어 삼중항을 활성화시켜 실온 마이크로초 인광(room-temperature microsecond phosphorescence, RMP)을 발현할 수 있다.

[0062] 또한, 스핀궤도결합(spin orbit coupling)의 세기는 분자 내 원소의 질량에 비례함으로 유기물층(220)에 포함되는 순수한 유기 발색단은 기타 다른 분자(예: 유기금속착화합물; organometal complexes)에 비해 약해 수 밀리초(ms) ~ 수 초(s)의 발광 수명 시간을 가질 수 있다.

[0063] 그러나, 본 발명의 실시예에 따른 유기 발광막(200)은 이종접합 구조를 포함함으로써, 전이금속 칼코겐 화합물층(230)의 외부 중원자 효과를 통해 순수한 유기물층(220)에서 유기발광 다이오드 제작에서 필요한 수준인 수 마이크로초(㎲) 내지 수십 마이크로초(㎲)의 인광 발현시킬 수 있다.

[0064] 삼중항 전자(인광)의 활용은 유기 발광 디스플레이에서 효율을 이론적으로 100% 까지 올릴 수 있는 중요성을 갖지만 그 수명 시간이 마이크로초(㎲) 단위보다 길어지면 잔상을 유발하게되며 디스플레이용 재료로 사용이 적합하지 않다.

[0065] 보다 바람직하게는, 본 발명의 실시예에 따른 유기 발광막(200)의 발광 수명은 1 ㎲ 내지 100 ㎲일 수 있다.

[0066] 먼저, 본 발명의 실시예에 따른 유기 발광막(200)은 전이금속 칼코겐 화합물(TMDs)을 포함하는 전이금속 칼코겐 화합물층(230)을 포함한다.

[0067] 전이금속 칼코겐 화합물층(230)은 유기물층(220)의 분자 간 수소 결합을 제어하여 유기 결정 구조(organic crystal structure)를 조절할 수 있다.

[0068] 예를 들어, DDT의 경우, 분자간-분자내 수소결합이 존재하는데, 전이금속 칼코겐 화합물은 낮은 표면에너지와 소수성의 특성을 가지기 때문에, 전이금속 칼코겐 화합물 표면에 흡착된 DDT는 낮은 표면에너지와 소수성의 특성에 따라가기 위해 수소결합의 길이가 짧아지며 분자들 스스로 소수성의 특성을 강화하려는 경향을 가질 수 있다. 따라서, 이종접합 구조를 통해 전이금속 칼코겐 화합물층(230)이 유기물층(220)의 분자 간 수소 결합을 제어하여 유기 결정 구조가 변화될 수 있다.

[0069] 전이금속 칼코겐 화합물은 전이금속 디칼코게나이드(TMDC, transition metal dichalcogenide) 물질일 수 있고, 전이금속 디칼코게나이드 물질은 MX_2 로 표현될 수 있고, 여기서, M은 전이금속이고, X는 칼코겐 원소이며, 예를 들어, MoS_2, $MoSe_2$, $MoTe_2$, WS_2, WSe_2, ReS_2, WTe_2, ZrS_2, $ZrSe_2$, HfS_2, $HfSe_2$, $NbSe_2$, $ReSe_2$ 등일 수 있다.

[0070] 실시예에 따라, 전이금속 칼코겐 화합물은 MX_2 로 표현되지 않을 수도 있다. 예를 들어, 전이금속인 Cu와 칼코겐 원소인 S의 화합물(전이금속 칼코게나이드 물질)은 CuS로 표현될 수 있다. 이러한 CuS도 2차원 반도체 물질일 수 있으므로, 전이금속 칼코겐 화합물로 적용될 수 있다.

[0071] 전이금속 칼코겐 화합물은 비전이금속(non-transition metal)을 포함하는 칼코게나이드 물질일 수도 있다. 비전이금속은, 예를 들어, Ga, In, Sn, Ge, Pb 등일 수 있다. 즉, Ga, In, Sn, Ge, Pb 등의 비전이금속과 S, Se, Te와 같은 칼코겐 원소의 화합물이 전이금속 칼코겐 화합물로 사용될 수 있다. 비전이금속을 포함하는 칼코게나이드 물질은, 예를 들어, $SnSe_2$, GaS, GaSe, GaTe, GeSe, In_2Se_3 및 $InSnS_2$ 중 적어도 어느 하나를 포함할 수 있다.

[0072] 따라서, 전이금속 칼코겐 화합물은 Mo, W, Nb, V, Ta, Ti, Zr, Hf, Tc, Re, Cu, Ga, In, Sn, Ge, Pb 중 하나의 금속 원소와 S, Se, Te 중 하나의 칼코겐 원소를 포함한다고 할 수 있다. 그러나, 여기서 제시한 물질(원소)들은 예시적인 것이고, 그 밖에 다른 물질(원소)들이 적용될 수도 있다.

[0073] 바람직하게는, 전이금속 칼코겐 화합물은 MoS_2, $MoSe_2$, $MoTe_2$, WS_2, WSe_2, WTe_2, TiS_2, $TiSe_2$, $TiTe_2$, VS_2, VSe_2, VTe_2, CrS_2, $CrSe_2$, $CrTe_2$, MnS_2, $MnSe_2$, $MnTe_2$, FeS_2, $FeSe_2$, $FeTe_2$, NiS_2, $NiSe_2$, $NiTe_2$, ZrS_2, $ZrSe_2$, 및 $ZrTe_2$ 중 적어도 어느 하나를 포함할 수 있다.

[0074] 전이금속 칼코겐 화합물은 층간 구조를 갖는 고체 상태이므로 농도를 정의하는 것은 어려우나, 높은 결정성(예: Grain size > few micrometer)을 가질 수 있다.

[0075] 본 발명의 실시예에 따른 유기 발광막(200)은 유기 발색단(organic chromophore)을 포함하는 유기물층(220)을 포함한다.

[0076] 유기물층(220)은 전이금속 칼코겐 화합물층 표면에서의 반데르발스 상호작용으로 유도된 물리적 흡착(van der Waals interaction-induced physisorption)에 의해 유기 발색단의 분자 구조가 제어될 수 있다.

[0077] 유기 발색단은 분자간 반데르발스 힘에 의해 고체상의 결정질을 결정하는데 모든 원소들의 결합이 안정적이고 표면적인 큰 전이금속 칼코겐 화합물의 경우, 반데르발스 힘이 유기분자에 비해 크기 때문에, 이러한 힘에 의해 유기분자가 고체 상을 형성할 때, 전이금속 칼코겐 화합물의 표면에서 우선적으로 핵형성(nucleation)이 되고, 이렇게 시작된 고체화에 의해 만들어진 유기 발색단(유기 분자)은 그렇지 않은 경우(예; 기판 상에서 형성된 유기 발색단(유기 분자)와 대비하여 분자 진동이 다르기 때문에 결정 구조가 조절될 수 있다.

[0078] 유기 발색단은 극성 그룹(polar group) 및 비극성 그룹(non-polar group)을 포함하고, 극성 그룹은 산소 및 질소 중 적어도 어느 하나를 포함하고, 비극성 그룹은 방향족 그룹을 포함할 수 있다. 방향족 그룹은 벤젠(Benzene) 및 나프탈렌(Naphthalene) 중 적어도 어느 하나를 포함할 수 있다.

[0079] 일반적으로 방향족 유기 화합물의 경우, 소수성 (Hydrophobic)의 특성을 가지며, 이러한 방향족 유기 화합물은 표면에너지가 낮은 전이금속 칼코겐 화합물의 표면에 우선적으로 반데르발스 결합이 유도될 수 있다. 뿐만 아니라, 극성 그룹(Carbonyl, Ketone 등)을 갖는 방향족 화합물(Aromatic Carbonyl, Aromatic Ketone 등)의 경우 방향족 구조체가 전이금속 칼코겐 화합물층(230)의 결정구조(육각형 벌집 구조; Honey comb)를 따라 정렬될 수 있다.

[0080] 따라서, 방향족 구조체의 벤젠 구조체가 벌집구조에 따라 정렬됨으로 전이금속 칼코겐 화합물층(230)에 매우 인접하게 위치할 수 있으며, 카르복실(Carbonyl)과 케톤(Ketone) 등의 구조가 전이금속 (Mo, W, 등) 원소에 밀접하게 위치할 수 있다.

[0081] 또한, 본 발명의 실시예에 따른 유기 발광막(200)은 유기 발색단은 극성에 따라 상기 전이금속 칼코겐 화합물과의 상호작용을 통한 계간전이(Spin Orbit Coupling)가 조절될 수 있다.

[0082] 보다 구체적으로, 이종접합 구조는 전이금속 칼코겐 화합물층(230)에 대한 유기 발색단의 극성(Polarity)이 큰 원소를 포함하는 경우(Oxygen, Nitrogen)에 그렇지 않은 경우보다 상기 서술한 가깝게 위치한 전이금속 원소와 상호작용을 통해 계간전이 (Spin Orbit Coupling)의 강화를 유도할 수 있다.

[0083] 유기물층(220)의 결정 구조는 삼사정계(triclinic)일 수 있다.

[0084] 본 발명의 실시예에 따른 유기 발광막(200)은 유기물층(220)의 농도에 따라 발광색이 조절될 수 있다. 예를 들어, 발광색은 형광에서 인광으로 조절될 수 있다. 실시에에 따라, 발광색은 청색에서 녹색으로와 같이 색자체의 변화일 수 있다.

[0085] 본 발명의 실시예에 따른 유기 발광막(200)은 유기물층(220)의 농도에 따라 인광 발현이 가능하기 때문에, 전이금속 칼코겐 화합물층(230)에서 유기물층(220)의 고체화를 형성할 때 농도를 조절하여 안정적인 결정구조를 만들 수 있다.

[0086] 유기물층(220)의 농도는 1μM 내지 1mM 일 수 있고, 유기물층(220)의 농도가 1μM 미만이면 전이금속과 반데르발스 결합을 형성하지 못하여 안정적인 인광을 발현하기 어려운 문제가 있고, 1mM를 초과하면 전이금속 칼코겐 화합물층(230) 표면이 아닌 자가조립을 통해 형성되는 고체형태가 발생하여 인광이 아닌 형광이 발현되는 는 문제가 있다.

[0087] 본 발명의 실시예에 따른 유기 발광막(200)은 유기물층(220)에 포함되는 유기 발색단에 따라 발광색이 조절될 수 있다.

[0088] 본 발명의 실시예에 따른 유기 발광막(200)은 유기 발색단의 인광 발현 영역에서 발광이 이루어지며, 유기물의 종류에 따라 발광색이 변화될 수 있다.

[0089] 유기 발색단은 DDT(2,5-dihydroxyterephthalate), Np6A(5-bromo-2,6-dihexyloxy-1-naphthaldehyde), Np6(1,5-dibromo-2,6-dihexyloxynapthalene) 및 안트라플라브산(Anthraflavic acid; 2,6-Dihydroxyanthraquinone) 중

적어도 어느 하나를 포함할 수 있다.

[0090] 이하에서는, 본 발명의 실시예에 따른 유기 발광막(200)의 제조방법에 대해 설명하기로 한다.

[0091] 본 발명의 실시예에 따른 유기 발광막(200)의 제조방법은 기판(210) 상에 전이금속 칼코겐 화합물을 포함하는 전이금속 칼코겐 화합물층(230)을 형성하는 단계(S110) 및 전이금속 칼코겐 화합물층(230) 상에 유기 발색단 및 용매를 포함하는 유기물 용액을 코팅하여 유기물층(220)을 형성하는 단계(S120)를 포함할 수 있다.

[0092] 실시예에 따라, 기판(210) 상에 전이금속 칼코겐 화합물을 포함하는 전이금속 칼코겐 화합물층(230)을 형성하는 단계(S110)는 기판(210) 상에 전이금속 타겟을 이용하여 전이 금속층을 증착하는 단계(S111) 및 전이 금속층이 형성된 기판(110)을 칼코겐 전구체를 이용한 어닐링(annealing)을 이용하여 전이금속 칼코겐 화합물층(230)을 형성하는 단계(S112)를 포함할 수 있다.

[0093] 따라서, 본 발명의 실시예에 따른 유기 발광막(200)의 제조방법은 2단계 성장 공정을 이용하여 전이금속 칼코겐 화합물층(230)을 형성함으로써, 전이금속 칼코겐 화합물층(230)을 대면적으로 합성할 수 있다.

[0094] 또한, 본 발명의 실시예에 따른 유기 발광막(200)의 제조방법은 전이금속 칼코겐 화합물을 포함하는 전이금속 칼코겐 화합물층(230)을 2단계 성장 공정을 통해 제조함으로써, 전이금속 칼코겐 화합물층(230)이 풍부한 작은 입자를 포함할 수 있다.

[0095] 예를 들어, MoS_2 층은 육각형 격자 구조의 여러 작은 입자를 가진 다결정질일 수 있다.

[0096] 먼저, 기판(210) 상에 전이금속 타겟을 이용하여 전이 금속층을 증착하는 단계(S111)를 진행한다.

[0097] 기판(210) 상에 전이금속 타겟을 이용하여 전이 금속층을 증착하는 단계(S111)는 진공 증착법(vacuum deposition), 화학 기상 증착법(chemical vapor deposition), 물리 기상 증착법(physical vapor deposition), 원자층 증착법(atomic layer deposition), 유기금속 화학 증착법(Metal Organic Chemical Vapor Deposition), 플라즈마 화학 증착법(Plasma-Enhanced Chemical Vapor Deposition), 분자선 성장법(Molecular Beam Epitaxy), 수소화물 기상 성장법(Hydride Vapor Phase Epitaxy) 및 스퍼터링(Sputtering) 중 적어도 어느 하나의 방법으로 진행될 수 있고, 바람직하게는 스퍼티링에 의해 진행될 수 있고, 예를 들어, RF 스퍼터링(RF sputtering)에 의해 형성될 수 있다.

[0098] 특정 타겟들을 위한 스퍼터링 기술은 어떤 공지된 것들이 사용될 수 있다. 일반적으로, 플라즈마는 반응 챔버 내에서 타겟 근처에 발생된다. 스퍼터링 가스는 아르곤, 질소, 또는 다른 공지의 스퍼터링 가스일 수 있다. 기판(210) 온도, 작업 압력, 스퍼터링 에너지, 기판(210)에 대한 바이어스(bias)의 사용, 및 타겟과 기판의 상대 위치를 포함하는 다른 공정조건들도 변화될 수 있다.

[0099] 스퍼터링 동안, 플라즈마 스피시즈(species)(이온들과 원자들)는 타겟에 충격을 가하여 타겟의 작은 분편들(fragments)을 벌크로부터 분리하거나 증발시키도록 야기한다. 이같은 분편들이 기판(110)에 증착된다. 플라즈마는 RF(radio frequency) 발생기, DC(direct-current) 발생기, 마이크로파 또는 이온 빔을 사용하여 발생될 수 있고, 플라즈마는 원격적으로도 발생될 수도 있다.

[0100] 다양한 스퍼터링 공정들이 반도체 처리 분야에 공지되어 있으므로 여기에서는 상세한 설명을 생략한다. 실시예에 따라, 전이 금속 타겟을 스퍼터링하는 것에 추가하여, 반응 또는 전구체 가스가 스퍼터링되는 재료와 함께 기판에 반응 또는 함께 증착되도록 공정 챔버 내에 유입될 수 있다.

[0101] 전이 금속 타겟은 Mo, W, Nb, V, Ta, Ti, Zr, Hf, Tc, Re, Cu, Ga, In, Sn, Ge 및 Pb 중 하나의 전이 금속을 포함할 수 있다.

[0102] 이 후, 전이 금속층이 형성된 기판(110)을 칼코겐 전구체를 이용한 어닐링(annealing)을 이용하여 전이금속 칼코겐 화합물층(230)을 형성하는 단계(S112)를 진행한다.

[0103] 칼코겐 전구체는 H_2S 및 H_2Se 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.

[0104] 전이 금속층이 형성된 기판(210)을 칼코겐 전구체를 이용한 어닐링(annealing)을 이용하여 전이금속 칼코겐 화합물층(230)을 형성하는 단계(S112)는, 1000℃ 내지 1000℃의 온도에서 진행될 수 있다. 따라서, 전술한 범위에서 어닐링을 진행함으로써, 칼코겐 전구체와 전이금속이 안정적으로 공유결합을 형성하여 전이금속 칼코겐 화합물을 형성할 수 있다.

[0105] 전이 금속층이 형성된 기판(110)을 칼코겐 전구체를 이용한 어닐링(annealing)을 이용하여 전이금속 칼코겐 화

합물층(230)을 형성하는 단계(S112)는, 1시간 내지 1시간 동안 진행될 수 있고, 어닐링 시간이 전술한 범위를 벗어나면 공공(Vacancy)과 같은 문제로 물질의 순수성이 저하되는 문제가 있다.

[0106] 따라서, 본 발명의 실시예에 따른 유기 발광막(200)의 제조방법은 2단계 성정 공정을 통해 전이금속 칸코겐 화합물을 형성함으로써 대면적으로 얇은 두께의 전이금속 칼코겐 화합물층(230)을 형성할 수 있다.

[0107] 마지막으로, 전이금속 칼코겐 화합물층(230) 상에 유기 발색단 및 용매를 포함하는 유기물 용액을 코팅하여 유기물층(220)을 형성하는 단계(S120)를 진행한다.

[0108] 유기물 용액은 드랍-캐스팅(drop-casting), 스핀 코팅, 유연 코팅, 롤코팅, 슬릿 앤 스핀 코팅, 슬릿 코팅, 스프레이 코팅, 롤 투 롤, 바 코팅, 딥 코팅, 캐스팅, 다이 코팅, 블레이드 코팅, 그라비아 코팅 및 닥터 코팅 중 적어도 어느 하나의 용액 공정으로 코팅될 수 있고, 바람직하게는, 드랍-캐스팅(drop-casting)으로 코팅될 수 있다.

[0109] 유기물 용액의 농도는 1μM 내지 1mM 일 수 있고, 유기물 용액의 농도가 1μM 미만이면 전이금속과 반데르발스 결합을 형성하지 못하여 안정적인 인광을 발현하기 어려운 문제가 있고, 1mM를 초과하면 전이금속 칼코겐 화합물층(230) 표면이 아닌 자가조립을 통해 형성되는 고체형태가 발생하여 인광이 아닌 형광이 발현되는 는 문제가 있다.

[0110] 유기 발색단은 DDT(2,5-dihydroxyterephthalate), Np6A(5-bromo-2,6-dihexyloxy-1-naphthaldehyde), Np6(1,5-dibromo-2,6-dihexyloxynapthalene) 및 안트라플라브산(Anthraflavic acid; 2,6-Dihydroxyanthraquinone) 중 적어도 어느 하나를 포함할 수 있다.

[0111] 용매는 테트라히드로푸란(THF), NMP(N-Methyl-2-Pyrrolidone) 및 디메틸포름아미드(DMF) 중 적어도 어느 하나를 포함할 수 있다.

[0112] 실시예에 따라, 본 발명의 실시예에 따른 유기 발광막(200)의 제조방법은 전이금속 칼코겐 화합물층(230)을 형성하는 단계(S110)을 진행한 다음, 유기물층(220)을 형성하는 단계(S120)를 진행하기 전에, 전이금속 칼코겐 화합물층(230)을 패터닝하여 전이금속 칼코겐 화합물 패턴을 형성하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0113] 전이금속 칼코겐 화합물 패턴은 포토리소그래피 공정을 통해 패터닝될 수 있고, 포토리소그래피 공정은 전이금속 칼코겐 화합물층 상에 포토레지스트를 형성한 다음, 포토레지스트를 노광 및 현상하여 전이금속 칼코겐 화합물 패턴을 제조할 수 있다.

[0114] 전이금속 칼코겐 화합물 패턴은 최종적으로 형성되는 화소 패턴과 동일한 형상을 갖도록 패터닝될 수 있다.

[0115] 추후, 전이금속 칼코겐 화합물 패턴을 형성한 다음, 유기물층(220)을 형성하는 단계(S120)을 진행하면, 유기물층(220)을 형성하는 단계(S120) 진행 시, 기판(110)과 전이금속 칼코겐 화합물은 표면 에너지가 상이하기 때문에, 전이금속 칼코겐 화합물 패턴이 형성된 기판 상에 유기물 용액을 용액 공정으로 코팅하면, 기판(210)과 전이금속 칼코겐 화합물의 표면 에너지 차이에 의해 전이금속 칼코겐 화합물 패턴 상에만 선택적으로 유기물 패턴이 형성될 수 있다.

[0116] 보다 구체적으로, 대부분 유기 단분자의 경우, 비극성 분자 구조의 벤젠, 탄화수소 사슬을 포함할 수 있으며, 이런 분자 구조들은 소수성을 갖는 물질이므로 결정화 과정에서 결정 핵 형성이 낮은 표면 에너지에서 높은 표면 에너지 보다 결정화를 안정적으로 시작할 수 있어, 유기 발색단이 기판(210)과 전이금속 칼코겐 화합물 패턴의 표면에너지 차이에 의해 전이금속 칼코겐 화합물 패턴 상에만 선택적으로 핵 형성 및 결정화되어 유기 결정이 형성될 수 있다.

[0117] 따라서, 본 발명의 실시예에 따른 발광막은 기판((210) 상에 형성되는 전이금속 칼코겐 화합물 패턴 및 전이금속 칼코겐 화합물 패턴 상애 유기 발광 패턴이 적층된 이종접합 구조를 포함할 수 있다.

[0118] 또한, 본 발명의 실시예에 따른 유기 발광막(200)은 UV 램프 혹은 충분한 에너지를 갖는 광원 하에서 색 변화 및 인광을 확인할 수 있다.

[0120] 도 2는 DDT 유기 발색단의 분자 패킹을 도시한 개략도이고, 도 3은 본 발명의 실시예에 따른 유기 발광막에 포함되는 이종접합 구조의 분자 패킹을 도시한 개략도이다.

[0121] 도 2 및 3을 참조하면, 본 발명의 실시예에 따른 유기 발광막이 전이금속 칼코겐 화합물로 MoS_2이 사용되고, 유

기 발색단으로 DDT를 사용하였다.

[0122] 순수한 DDT 의 경우, DDT 결정 평면에서 각 분자는 2.34Å의 거리(dh)와 134.5° 의 각도(ah)로 분자간 수소 결합(C=O···H)을 형성하여 인접한 두 분자에 대칭으로 정렬된다.

[0123] 그 결정 시스템은 사방정계(a = 16.6517 Å, b = 8.8757 Å, c = 8.0698 Å, α = β = ɣ = 90°)이며, d-간격(dp)이 3.368 Å인 헤링본 패킹(herringbone packing)을 형성하고, DDT 분자는 평면을 따라 대칭으로 정렬된다.

[0124] 이에 반해, DDT/MoS_2 이종접합 구조는 삼사정계 패킹 구조(a = 8.7636 Å, b = 8.8889 Å, c = 9.5891 Å, α = 62.744° , β = 66.412° , ɣ = 70.610°)를 나타내며, 더 이상 헤링본을 형성하지 않는다.

[0125] 따라서, DDT/MoS_2 이종접합 구조는 분자간 수소 결합은 비대칭이며, 2.32 Å 의 거리(dh)와 135.9° 의 각도(ah)를 갖도록 변경되어, 강력한 분자간 상호 작용은 반 데르 발스 반경보다 작게 형성되어 3.269Å의 작은 거리(dh)로 조밀한 패킹(dense packing)을 형성할 수 있다.

[0126] 게다가, DDT/MoS_2 이종접합 구조는 DDT 유기 발색단이 평면을 따라 비대칭으로 정렬되어 MoS_2가 DDT 내부의 분자간 상호 작용과 DDT의 정렬에 상당한 영향을 미칠 수 있다.

[0127] 따라서, 유기물층은 전이금속 칼코겐 화합물층 표면에서의 반데르발스 상호작용으로 유도된 물리적 흡착(van der Waals interaction-induced physisorption)에 의해 상기 유기 발색단의 분자 구조가 제어될 수 있다.

[0129] 도 4는 본 발명의 실시예에 따른 유기 발광 소자를 도시한 단면도이다.

[0130] 본 발명의 실시예에 따른 유기 발광 소자는 서로 마주하는 제1 전극(310) 및 제2 전극(350) 및 제1 전극(310)과 제2 전극(350) 사이에 위치하며, 본 발명의 실시예에 따른 유기 발광막을 포함하는 유기 발광층(330)을 포함한다.

[0131] 본 발명의 실시예에 따른 유기 발광 소자는 기판을 더 포함할 수 도 있다. 기판으로는 통상적인 유기 발광 소자에서 사용되는 기판을 사용할 수 있으나, 투명성, 표면 평활성, 취급 용이성 및 방수성이 우수한 유리 기판 또는 투명 플라스틱 기판을 사용하는 것이 바람직하다.

[0132] 또한, 실시예에 따라서는 기판을 사용하지 않고, 제1 전극(310)이 전극 및 기판 역할을 동시에 할 수 있다.

[0133] 제1 전극(310)은 양극 또는 음극일 수 있고, 예를 들어, 제1 전극(310)은 양극(anode)일 수 있다.

[0134] 제1 전극(310)은 박막 트랜지스터의 소스 전극 및 드레인 전극 중 하나와 연결되어 박막 트랜지스터로부터 인가되는 구동 전류를 공급 받는 역할을 할 수 있다.

[0135] 제1 전극(310)으로는 유기 발광 소자에 사용되는 공지의 전극 재료로 이루어질 수 있고, 바람직하게는, 제1 전극(310)은 리튬플로라이드/알루미늄(LiF/Al), 알루미늄(Al), 은(Ag), 금(Au), 구리(Cu), 팔라듐(Pd), 백금(Pt), 마그네슘 (Mg), 마그네슘 실버 (Mg:Ag), 이터븀 (Yb), 인듐주석산화물(ITO), 알루미늄아연산화물(AZO), 불소산화주석(FTO), 인듐아연산화물(IZO), 아연 산화물 (ZnO), 탄소나노튜브(CNT), 그래핀(graphene), 폴리에틸렌디옥시티오펜:폴리스티렌설포네이트(PEDOT:PSS), 마그네슘(Mg), 이터븀(Yb), 칼슘 (Ca) 및 은나노와이어(AgNWs)으로 이루어진 그룹으로부터 선택된 적어도 어느 하나를 포함할 수 있다.

[0136] 더욱 바람직하게는, 제1 전극(310)으로는 탄소나노튜브(CNT), 그래핀(graphene), 실버와이어 (AgNWs) 및 폴리에틸렌디옥시티오펜:폴리스티렌설포네이트(PEDOT:PSS)으로 이루어진 그룹으로부터 선택된 적어도 어느 하나를 포함할 수 있다.

[0137] 더더욱 바람직하게는, 제1 전극(310)은 유기 발광막(330)의 최고준위 점유 분자궤도(HOMO; highest occupied molecular orbital) 준위로 정공의 주입이 용이하도록 일함수가 크면서 투명한 전극인 인듐주석산화물(ITO)을 포함할 수 있다.

[0138] 제1 전극(310)에 대향하여 구비되는 제2 전극(350)이 포함할 수 있다. 제2 전극(350)은 음극 또는 양극일 수 있고, 예를 들어, 제2 전극(350)은 음극(cathode)일 수 있다.

[0139] 제2 전극(350)은 전원 전압에 공통 연결되어 유기 발광층(3300)으로 전자를 주입시키는 역할을 할 수 있다.

[0140] 제2 전극(350)으로는 유기 발광 소자에 사용되는 공지의 전극 재료로 이루어질 수 있고, 바람직하게는, 제2 전극(350)은 리튬플로라이드/알루미늄(LiF/Al), 알루미늄(Al), 은(Ag), 금(Au), 구리(Cu), 팔라듐(Pd), 백금(Pt), 마그네슘 (Mg), 마그네슘 실버 (Mg:Ag), 이터븀 (Yb), 인듐주석산화물(ITO), 알루미늄아연산화물(AZO), 불소산화주석(FTO), 인듐아연산화물(IZO), 아연 산화물 (ZnO), 탄소나노튜브(CNT), 그래핀(graphene), 폴리에틸렌디옥시티오펜:폴리스티렌설포네이트(PEDOT:PSS), 마그네슘(Mg), 이터븀(Yb), 칼슘 (Ca) 및 은나노와이어(AgNWs)으로 이루어진 그룹으로부터 선택된 적어도 어느 하나를 포함할 수 있다.

[0141] 더욱 바람직하게는, 제2 전극(350)으로는 발광층(330)의 최고준위 점유 분자궤도 (HOMO) 준위로 전자의 주입이 용이하도록 낮은 일함수를 가지며, 내부 반사율이 뛰어난 금속류의 전극이 사용될 수 있고, 제2 전극(350)으로는 리튬플로라이드/알루미늄(LiF/Al), 알루미늄(Al), 은(Ag), 금(Au), 구리(Cu), 팔라듐(Pd), 백금(Pt), 마그네슘 (Mg), 마그네슘 실버 (Mg:Ag) 및 이터븀 (Yb) 으로 이루어진 그룹으로부터 선택된 적어도 어느 하나를 포함할 수 있다.

[0142] 제1 전극(310) 및 제2 전극(350)은 서로 전기적으로 분리되고, 유기 발광 소자에 전원을 제공할 수 있다. 또한, 제1 전극(310) 및 제2 전극(350)은 유기 발광 소자에서 발생된 광을 반사시켜 광 효율을 증가시킬 수 있으며, 유기 발광 소자에서 발생된 열을 외부로 배출시키는 역할을 할 수도 있다.

[0143] 본 발명의 실시예에 따른 유기 발광 소자는 본 발명의 실시예에 따른 유기 발광막을 포함하는 유기 발광층(330)을 포함한다.

[0144] 유기 발광층(330)은 전이금속 칼코겐 화합물을 포함하는 전이금속 칼코겐 화합물층(331) 및 유기 발색단을 포함하는 유기물층(332)을 포함하고, 본 발명의 실시예에 따른 유기 발광막과 동일한 구성요소를 포함하고 있으므로, 상세한 설명은 생략하기로 한다.

[0145] 유기 발광층(330)은 삼중항 엑시톤에 의해 인광 발광될 수 있다.

[0146] 따라서, 유기 발광층(330)으로 사용되는 인광 발광은 형광 발광에 비해 매우 높은 양자효율을 가질 수 있으므로, 유기 발광층(330)은 삼중항 엑시톤에 의해 인광 발광 되는 인광 물질을 사용하여 유기 발광 소자의 내부 양자 효율을 향상시켜, 유기 전계 발광소자의 효율을 높일 수 있다.

[0147] 본 발명의 실시예에 따른 유기 발광 소자는 제1 전극(310)과 유기 발광층(330) 사이에 정공 주입층(hole injecting layer, HIL;), 정공 수송층(hole transporting layer, HTL) 및 전자 차단층(electron blocking layer, EBL) 중 적어도 어느 하나를 포함하는 정공 보조층(320)을 더 포함할 수 있다.

[0148] 본 발명의 실시예에 따른 유기 발광 소자는 제2 전극(350)과 유기 발광층(330) 사이에 전자 주입층(electron injecting layer, EIL), 전자 수송층(electron transporting layer, ETL) 및 정공 차단층(hole blocking layer, HBL) 중 적어도 어느 하나를 포함하는 전자 보조층(340)을 더 포함할 수 있다.

[0150] 도 5는 본 발명의 실시예에 따른 유기 발광막의 다양한 전이금속 칼코겐 화합물과 형광 유기 발색단의 조합을 통해 구현된 RGB 화소를 도시한 개략도이다.

[0151] 본 발명의 실시예에 따른 유기 발광 표시 장치는 본 발명의 실시예에 따른 유기 발광 소자를 포함한다.

[0152] 본 발명의 실시예에 따른 유기 발광 표시 장치는, 적색을 발광하는 제1 유기 발광소자, 녹색을 발광하는 제2 유기 발광소자 및 청색을 발광하는 제3 유기 발광소자를 포함할 수 있다.

[0153] 제1 유기 발광소자는 제1 전이금속 칼코겐 화합물층 및 제1 유기물층이 적층된 제1 이종접합 구조를 포함하며, 제2 유기 발광소자는 제2 전이금속 칼코겐 화합물층 및 제2 유기물층이 적층된 제2 이종접합 구조를 포함하고, 제3 유기 발광소자는 제3 전이금속 칼코겐 화합물층 및 제3 유기물층이 적층된 제3 이종접합 구조를 포함할 수 있다.

[0154] 본 발명의 실시예에 따른 유기 발광막은 기판 상에 형성되는 전이금속 칼코겐 화합물 및 유기 발색단의 물질 또는 농도를 조절하여 발광색을 제어할 수 있다.

[0155] 따라서, 기판 상에 원하는 영역에 선택적으로 특정 색을 띄는 유기 발광막을 형성함으로써, 본 발명의 실시예에 따른 유기 발광 표시 장치에 적용될 수 있다.

[0156] 예를 들어, 기판 상에 MoS_2 전이 금속칼코겐 화합물층 또는 MoS_2 전이금속 칼코겐 화합물 패턴을 형성한 다음,

적색 화소(제1 이종접합 구조)를 형성하고자 하는 영역에는 Anthraflavic acid(2,6-Dihydroxyanthraquinone)를 포함하는 안트라센 구조의 방향족 원소와 카르보닐, 케톤, 에스터 화합물를 드랍 캐스팅 방법으로 코팅하고, 녹색 화소(제2 이종접합 구조)를 형성하고자 하는 영역에는 DDT을 포함하는와 같이 벤젠을 포함하는 구조 방향족 원소와 카르보닐, 케톤, 에스터 화합물을 드랍 캐스팅 방법으로 코팅하며, 청색 화소(제3 이종접합 구조)를 형성하고자 하는 영역에는 벤조페논(Benzophenone) 및 4,4'-디플루오로벤조페논 (4,4'-difluorobenzophenone)을 포함하는 두개의 벤젠이 하나의 케톤에 연결된 형태의 화합물을 드랍 캐스팅 방법으로 코팅하여 RGB 화소를 갖도록 유기 발광막을 용액 공정으로 손쉽게 형성할 수 있다.

[0157] 따라서, 본 발명의 실시예에 따른 유기 발광막은 순수 형광 유기물 하부에 전이금속 칼코겐 화합물을 위치시켜 순수유기인광이 발현시킬 수 있다.

[0158] 즉, 단독으로 형광을 보이는 순수 유기 발색단을 전이금속 칼코겐 화합물 상단에 위치시켜 전자 스핀상태를 조절하여 삼중항을 활성화시키고, 마이크로-초 단위의 인광을 발현시킬 수 있으며, 발광색 또한 조절이 가능하다.

[0159] 또한, 본 발명의 실시예에 따른 유기 발광막은 용액공정을 통해 대면적 전이금속 칼코겐 화합물층 상에 각 RGB 발색단을 형성시킬 수 있으며, 서로 상이한 물질로 구성된 각 색의 발생단은 인광 RGB를 발현할 수 있다.

[0161] **비교예 1: DDT**

[0162] 25mmol의 DHT(2,5-Dihydroxyterephthalic acid) 5g을 아르곤(Ar) 분위기에서 200mL의 에탄올에 녹인 다음, 0.25 mol 황산(13 mL)을 DHT 용액에 적가하고 80℃에서 24시간 동안 교반한 후, 용액을 실온으로 냉각시켰다. 여과를 통해 합성된 DDT 결정인 녹색 결정이 에탄올 용매에서 침전된다.

[0163] DDT 용액을 Si/SiO_2 기판에 드롭 캐스트한다. 용매가 실온에서 DDT 용액 방울에서 천천히 증발함에 따라 DDT는 Si/SiO_2 기판에서 결정화된다.

[0165] **비교예 2: ANT**

[0166] DDT 대신에 안트라플라브산(Anthraflavic acid; 2,6-Dihydroxyanthraquinone)을 사용한 것을 제외하면 비교예 1 1과 동일하게 제조되었다.

[0168] **실시예 1: DDT/MoS_2**

[0169] 25mmol의 DHT(2,5-Dihydroxyterephthalic acid) 5g을 아르곤(Ar) 분위기에서 200mL의 에탄올에 녹인 다음, 0.25 mol 황산(13 mL)을 DHT 용액에 적가하고 80℃에서 24시간 동안 교반한 후, 용액을 실온으로 냉각시켰다. 여과를 통해 합성된 DDT 결정인 녹색 결정이 에탄올 용매에서 침전된다.

[0170] DMF 용매에 1 mg/ml 농도의 DDT 용액을 MoS_2가 포함된 Si/SiO_2 기판에 드롭 캐스트한다. 용매가 실온에서 DDT 용액 방울에서 천천히 증발함에 따라 DDT는 MoS_2에서 결정화된다.

[0172] **실시예 2: DDT/WS_2**

[0173] MoS_2 대신에 WS_2를 사용한 것을 제외하면 실시예 1과 동일하게 제조되었다.

[0175] **실시예 3: DDT/$MoSe_2$**

[0176] MoS_2 대신에 $MoSe_2$를 사용한 것을 제외하면 실시예 1과 동일하게 제조되었다.

[0178] **실시예 4: ANT/$MoSe_2$**

[0179] DDT 대신에 안트라플라브산(Anthraflavic acid; 2,6-Dihydroxyanthraquinone)을 사용한 것을 제외하면 실시예 1과 동일하게 제조되었다.

[0181] 도 6은 본 발명의 실시예에 따른 유기 발광막을 제조하기 위한 용액을 도시한 이미지이다.

[0182] 도 6을 참조하면, 본 발명의 실시예에 따른 유기 발광막을 제조하기 위한 용액은 유기 발색단의 물질에 따라 각각 적색, 녹색 및 청색으로 인광 발광하는 것을 알 수 있다.

[0184] 도 7은 405nm 레이저 조사에 따른 비교예 1에 따른 유기 발광막 및 본 발명의 실시예 1에 따른 유기 발광막을 도시한 이미지이고, 도 8은 4.5nm 레이저 조사에 따른 비교예 1에 따른 유기 발광막 및 본 발명의 실시예 1에 따른 유기 발광막의 PL 스펙트럼을 도시한 그래프이다.

[0185] 도 9는 비교예 1에 따른 유기 발광막의 저온(77K) PL 스펙트럼을 도시한 그래프이고, 도 10은 본 발명의 실시예 1에 따른 유기 발광막의 저온 PL 분석 결과를 도시한 그래프이며, 도 11은 비교예 1에 따른 유기 발광막 및 본 발명의 실시예 1에 따른 유기 발광막의 실온에서의 PL 스펙트럼을 도시한 그래프이고, 도 12는 저온에서의 비교예 1에 따른 유기 발광막의 PL 스펙트럼을 도시한 그래프이다.

[0186] 도 7 내지 도 12를 참조하면, 순수 유기물인 DDT(diethyl 2, 5-dihydroxyterephthalate)가 단독으로 존재할 때는 450 nm에서 최대 방출(emission)이 나타나며 수 ns의 수명을 갖는 청색 형광을 보인다.

[0187] 그러나, MoS_2 상단에 DDT이 위치하는 이종접합 구조를 포함하는 본 발명의 실시예 1에 따른 유기 발광막의 경우, 최대발광이 516 nm으로 이동(shift)이 발생하여 초록색으로 발광색 변화가 나타나며 수명이 수십 μs로 증가하는 것을 알 수 있다.

[0188] 즉, 본 발명의 실시예 1에 따른 유기 발광막은 MoS_2의 존재가 DDT의 색변화와 순수 유기인광을 유발하는 것을 알 수 있다. 또한, 이는 DDT뿐만이 아니라 다른 유기발색단과도 상호작용할 수 있다.

[0190] 도 13은 비교예 1에 따른 유기 발광막 및 본 발명의 실시예 1에 따른 유기 발광막의 실온 라만 스펙트럼을 도시한 그래프이고, 도 14는 비교예 1에 따른 유기 발광막 및 본 발명의 실시예 1에 따른 유기 발광막의 저온 라만 스펙트럼을 도시한 그래프이다.

[0191] MoS_2의 반 데르 발스(vdW) 효과로 인한 DDT의 활성화된 삼중항 상태를 확인하기 위해 DDT 및 DDT/MoS_2에 대해 온도 변화 라만 분석을 수행하였다.

[0192] 도 13 및 도 14를 참조하면, 본 발명의 실시예 1에 따른 유기 발광막(DDT/MoS_2)은 409.01 cm^{-1} 및 384.19 cm^{-1}에서 두 개의 피크가 나타나며, 이는 각각 다층 MoS_2(점으로 표시됨)의 A1g 및 E12g 모드에 해당한다. 게다가, 본 발명의 실시예 1에 따른 유기 발광막(DDT/MoS_2)의 일부 피크는 비교예 1에 따른 유기 발광막(DDT)에 비해 강도가 감소하거나 적색 이동(red shift)되는 것을 알 수 있다. 특히, 1250 cm^{-1} 내지 1400 cm^{-1} 의 범위에서 적색 이동(red shift)가 상당히 뚜렷하다.

[0193] 비교예 1에 따른 유기 발광막(DDT)의 1347.18 cm^{-1}에서 날카로운 피크는 C=O26,27의 nπ*-삼중항 상태 비율과 관련하여 본 발명의 실시예 1에 따른 유기 발광막(DDT/MoS_2)에서 1330.06 cm^{-1}로 적색 이동(red shift)되고, 비교예 1에 따른 유기 발광막(DDT)의 1710.12cm-1에서 피크는 본 발명의 실시예 1에 따른 유기 발광막(DDT/MoS_2)의 1704.13cm-1로 적색 이동(red shift)를 나타내어 C=O의 ππ*-삼중항 상태 비율을 나타낸다.

[0194] 본 발명의 실시예 1에 따른 유기 발광막(DDT/MoS_2)에서 라만 피크의 적색편이와 에너지 전이 사이의 상관관계를 연구하기 위해 저온 라만 분석을 수행했다.

[0195] 비교예 1에 따른 유기 발광막(DDT)은 온도가 77K로 감소됨에 따라 C=O에서 비롯된 nπ* 삼중항 상태에 해당하는 1313cm^{-1} 부근의 피크가 갑자기 나타나지만 강도는 상대적으로 약하다. 이것은 77K에서 DDT가 중금속이 없을 때

약한 스핀 궤도 결합(SOC)으로 인해 약 4ms의 매우 긴 수명으로 녹색 인광을 나타내는 것을 알 수 있다.

[0196] 반면, 본 발명의 실시예 1에 따른 유기 발광막(DDT/MoS_2)는 온도 변화에 대해 큰 변화를 나타내지 않고, 실온 및 저온에서 모두 인광을 나타낸다.

[0197] 이것은 MoS_2의 존재로 인해 DDT의 삼중항 상태가 실온에서 현저하게 활성화되고(도 14에서 *로 표시됨) 진동 에너지 손실이 무시할 수 있음을 의미한다.

[0198] 본 발명의 실시예 1에 따른 유기 발광막(DDT/MoS_2)는 활성화된 $n\pi^*$ 삼중항 상태에 해당하는 1309.36 cm^{-1} 및 1327.63 cm^{-1}에서 인접한 두 피크로 나타나고, 77K에서 동결되면 이 두 피크가 약간 강화되어, MoS_2가 온도에 관계없이 DDT에서 C=O의 $n\pi^*$ 삼중항 상태를 활성화하는 것을 알 수 있다.

[0200] 도 15는 본 발명의 실시예 2에 따른 유기 발광막의 PL 스펙트럼을 도시한 그래프이고, 도 16은 본 발명의 실시예 3에 따른 유기 발광막의 PL 스펙트럼을 도시한 그래프이다.

[0201] 도 15 및 도 16을 참조하면, 본 발명의 실시예에 따른 유기 발광막은 다양한 전이금속 칼코겐 화합물을 사용하여도 재현성 있게, DDT의 색변화와 순수 유기인광을 유발하는 것을 알 수 있다.

[0202] 또한, 본 발명의 실시예에 따른 유기 발광막은 전이금속 칼코겐 화합물의 물질에 따라 최대 발광 파장이 조절되는 것을 알 수 있다.

[0204] 도 17은 비교예 2에 따른 유기 발광막 및 본 발명의 실시예 4에 따른 유기 발광막의 PL 스펙트럼을 도시한 그래프이고, 도 18은 비교예 2에 따른 유기 발광막의 실온에서의 PL 스펙트럼을 도시한 그래프이며, 도 19는 본 발명의 실시예 4에 따른 유기 발광막 의 실온에서의 PL 스펙트럼을 도시한 그래프이다.

[0205] 도 17 내지 도 19를 참조하면, 순수 유기물인 안트라플라브산(Anthraflavic acid; 2,6-Dihydroxyanthraquinone)가 단독으로 존재할 때보다, MoS_2 상단에 ANT가 위치하는 이종접합 구조를 포함하는 본 발명의 실시예 4에 따른 유기 발광막에서 최대발광이 장파장으로 이동(shift)이 발생하여 수명이 수십 μs로 증가하는 것을 알 수 있다.

[0206] 즉, 본 발명의 실시예 4에 따른 유기 발광막은 MoS_2의 존재가 ANT의 순수 유기인광을 유발하는 것을 알 수 있다. 또한, 이는 DDT뿐만이 아니라 다른 유기발색단과도 상호작용할 수 있다.

[0208] 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.

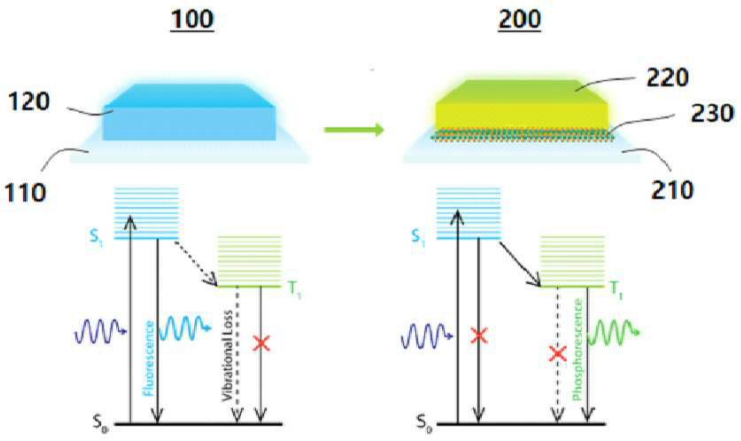
부호의 설명

[0210]

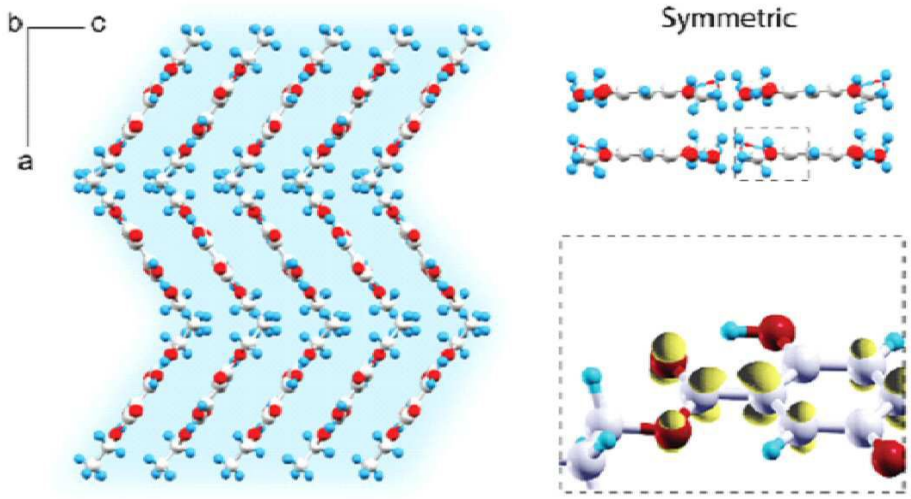
100, 200: 유기 발광막	110, 210: 기판
120, 220: 유기물층	230: 전이금속 칼코겐 화합물
310: 제1 전극	320: 정공 보조층
330: 유기 발광층	331: 전이금속 칼코겐 화합물층
332: 유기물층	340: 전자 보조층
350: 제2 전극	

도면

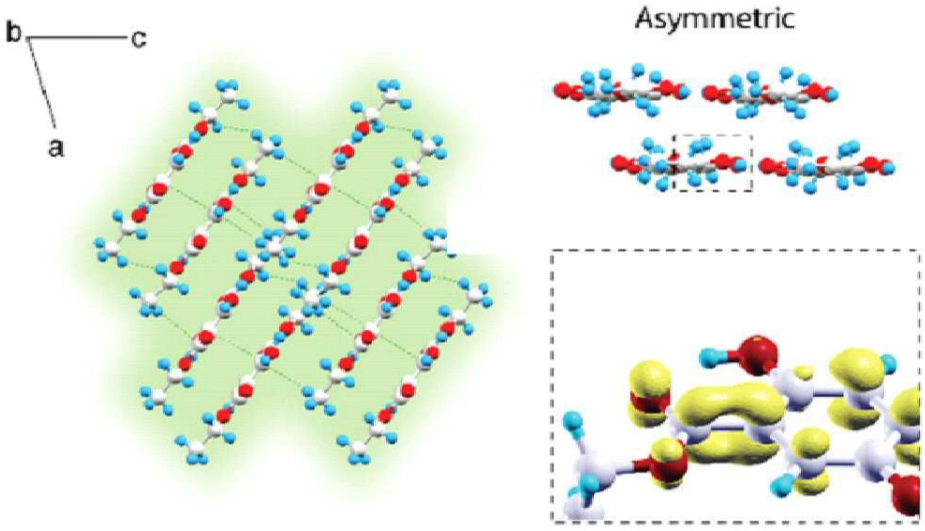
도면1


100
200
120
110
220
230
210
S1
T1
S0
Fluorescence
Vibrational Loss
Phosphorescence

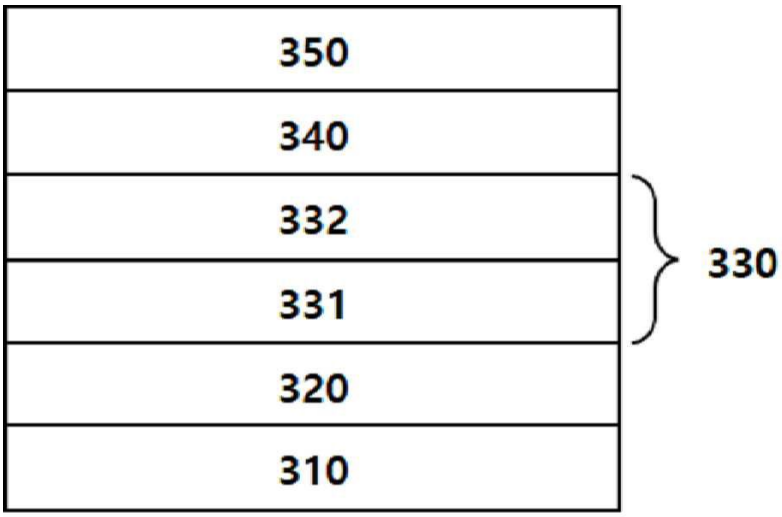
도면2


b
c
a
Symmetric

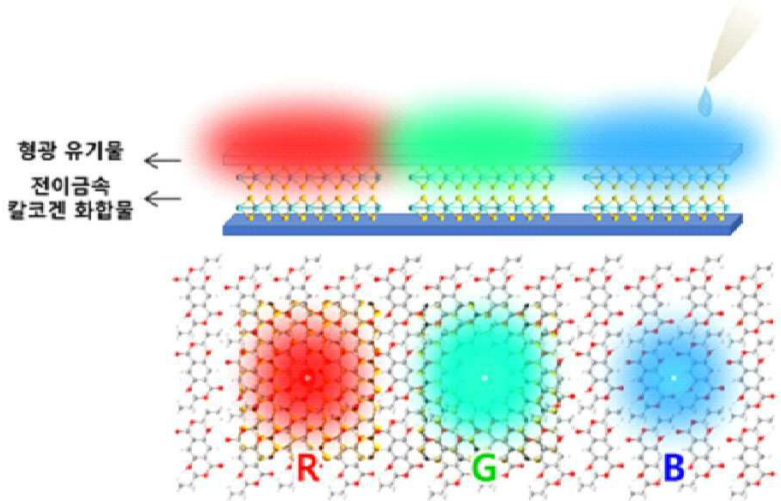
도면3


b
c
a
Asymmetric

도면4


350
340
332
331
320
310
330

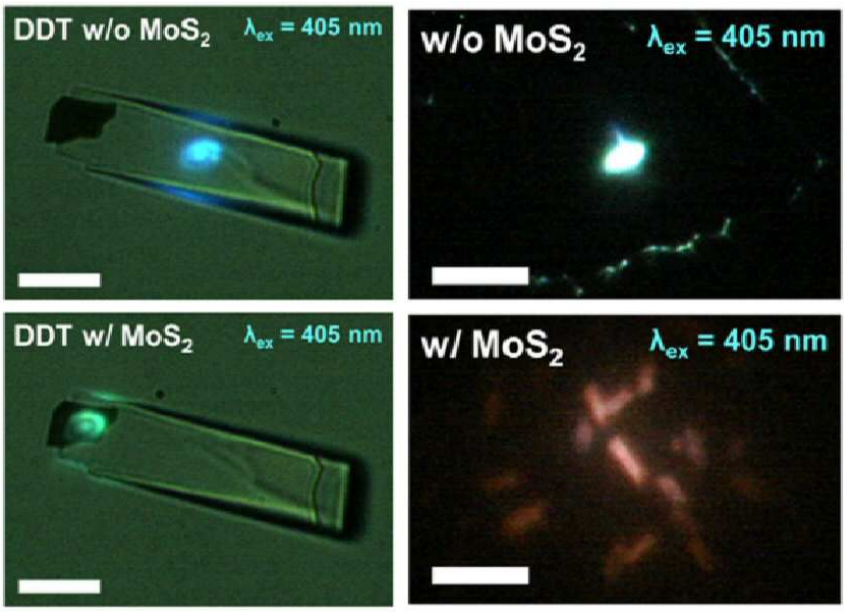
도면5


형광 유기물
전이금속
칼코겐 화합물
R
G
B

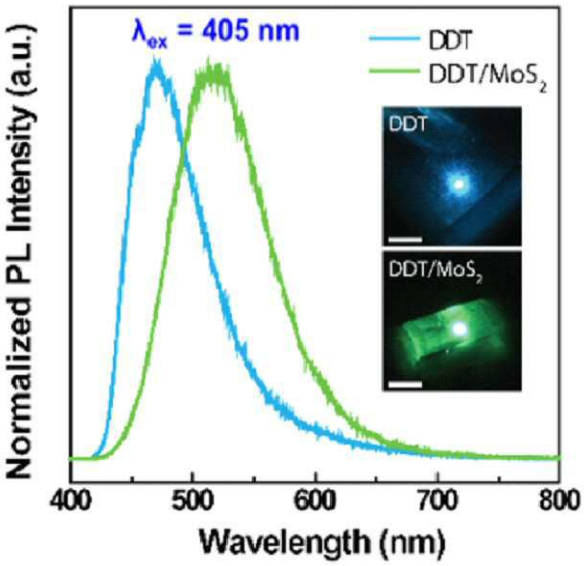
도면6



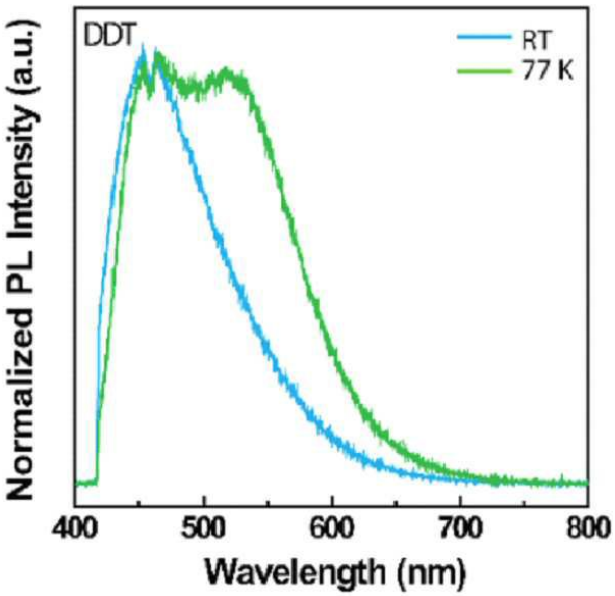
도면7


DDT w/o MoS2
λex = 405 nm
w/o MoS2
λex = 405 nm
DDT w/ MoS2
λex = 405 nm
w/ MoS2
λex = 405 nm

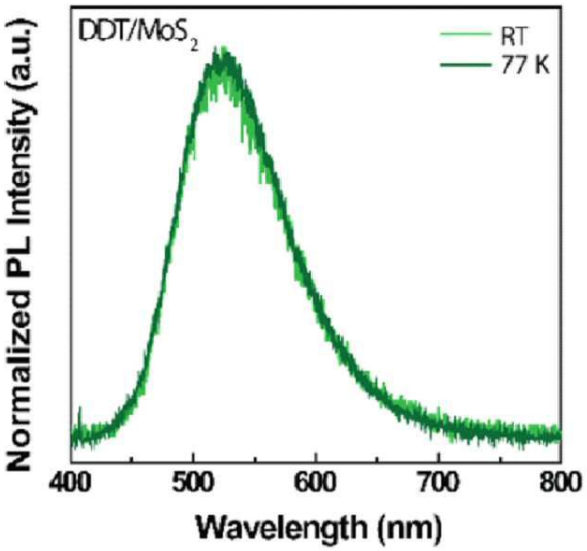
도면8


λex = 405 nm
DDT
DDT/MoS2
DDT
DDT/MoS2
Normalized PL Intensity (a.u.)
400
500
600
700
800
Wavelength (nm)

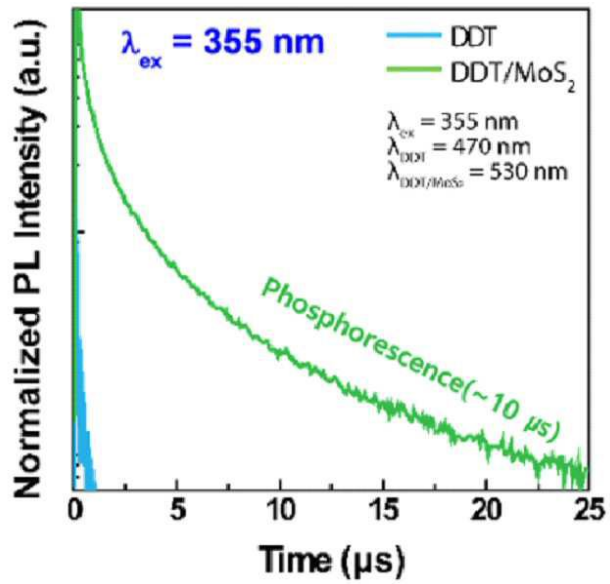
도면9


DDT
RT
77 K
Normalized PL Intensity (a.u.)
400
500
600
700
800
Wavelength (nm)

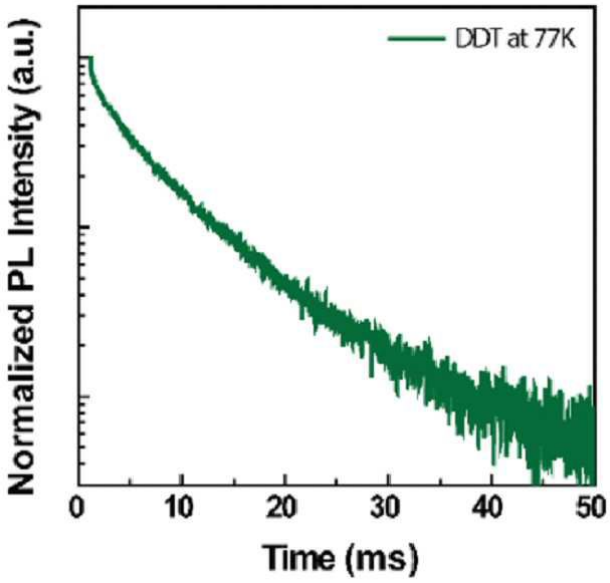
도면10


DDT/MoS2
RT
77 K
Normalized PL Intensity (a.u.)
400
500
600
700
800
Wavelength (nm)

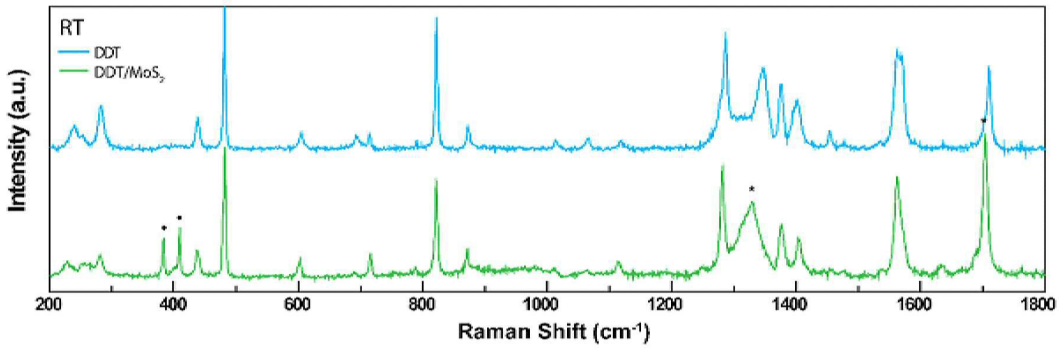
도면11



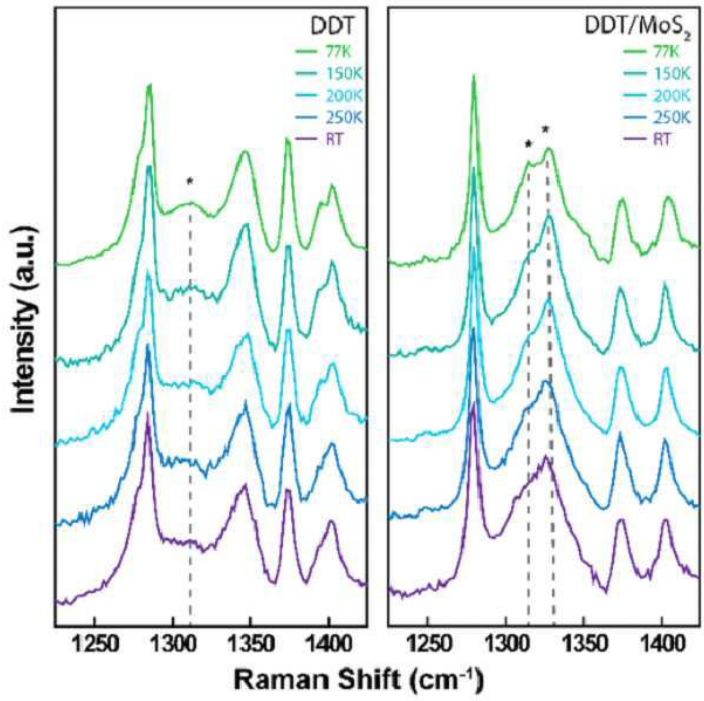
도면12



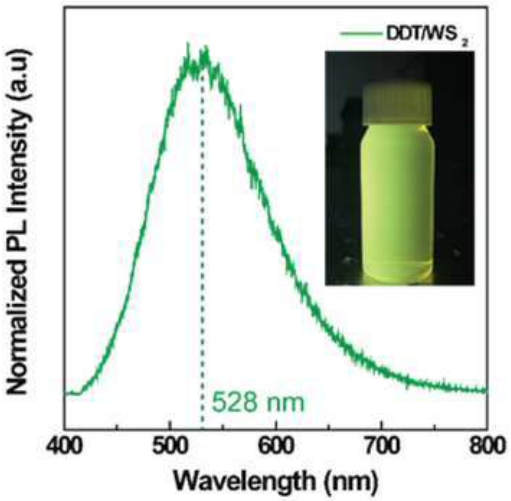
도면13



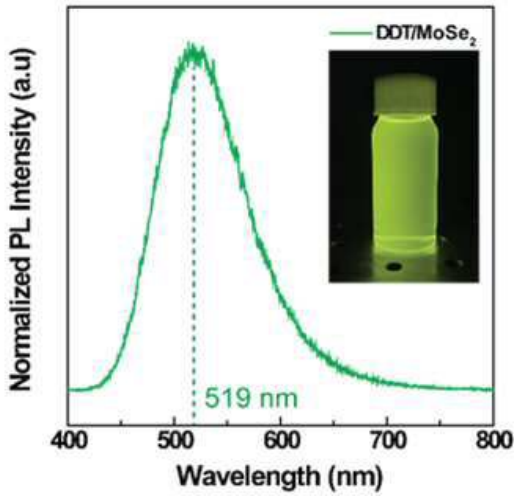
도면14


DDT
77K
150K
200K
250K
RT
DDT/MoS2
77K
150K
200K
250K
RT
Intensity (a.u.)
1250
1300
1350
1400
1250
1300
1350
1400
Raman Shift (cm-1)

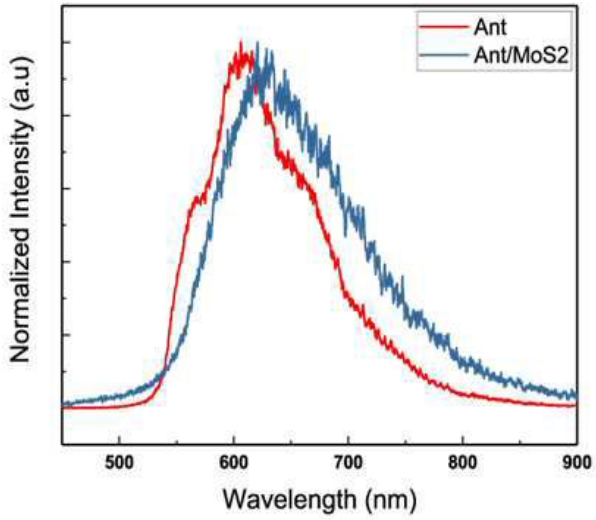
도면15


DDT/WS2
528 nm
Normalized PL Intensity (a.u)
400
500
600
700
800
Wavelength (nm)

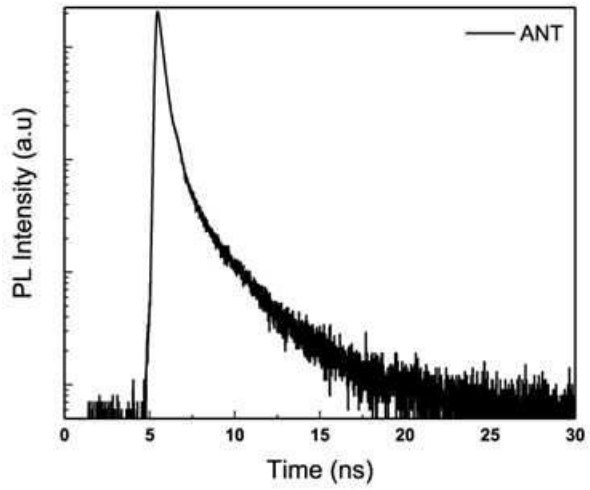
도면16



도면17



도면18



도면19

