



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2025-0073033
(43) 공개일자 2025년05월27일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C09K 11/02 (2006.01) C09K 11/06 (2006.01)
C09K 11/67 (2006.01)
(52) CPC특허분류
C09K 11/02 (2013.01)
C09K 11/06 (2022.01)
(21) 출원번호 10-2024-0137443
(22) 출원일자 2024년10월10일
심사청구일자 2024년10월10일
(30) 우선권주장
18/512,555 2023년11월17일 미국(US)

(71) 출원인
성균관대학교산학협력단
경기도 수원시 장안구 서부로 2066 (천천동, 성균관대학교내)
인하대학교 산학협력단
인천광역시 미추홀구 인하로 100(용현동, 인하대학교)
더 리젠츠 오브 더 유니버시티 오브 미시간
미국, 미시간 48109-2590, 앤아버, 휴런 파크웨이 1600, 세컨드 플로어, 이노베이션 파트너쉽스
(72) 발명자
김선국
경기도 수원시 장안구 서부로 2066, 성균관대학교 25135호
박동혁
인천광역시 미추홀구 인하로 100, 인하대학교
김진상
노스 캠퍼스 연구 단지 2800 폴리머스 로드 빌딩 26 룸133N 앤아버, 미시간주 48109-2800
(74) 대리인
한상수

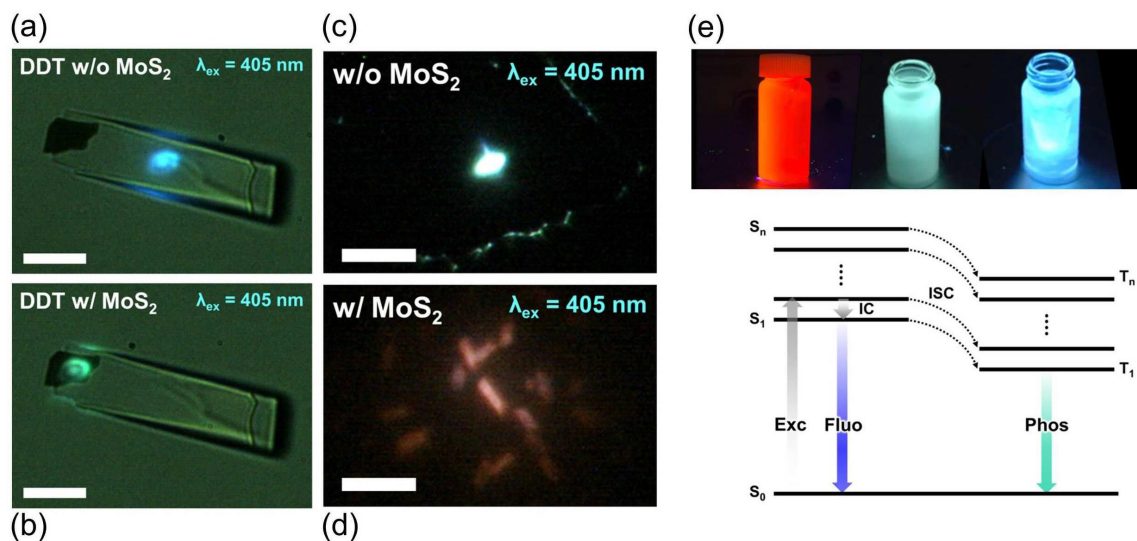
전체 청구항 수 : 총 10 항

(54) 발명의 명칭 벨리트로닉스 물질과 형광 유기물을 포함하는, OLED를 포함하는 인형광 물질

(57) 요약

본 발명의 일실시예는 벨리트로닉스 물질과 형광 유기물을 포함하고 인광 특성이 향상된 인광 물질 및 그 제조방법을 제공한다. 본 발명의 일실시예에 따라 순수 형광 유기물을 벨리트로닉스 물질에서 유도되는 자기장을 이용하여 순수유기인광을 발현시키고, 저렴한 단가와 간단하고 친환경적 공정 과정으로 인광 기술로서 이용할 수 있다. 또한, 순수 유기물의 증금속 치환 없이 벨리트로닉스 물질의 유무만을 통해 마이크로-초 단위의 인광을 발현시킬 수 있고, 색상 조절이 가능하며, 상온 용액 공정 기반이기 때문에 공정이 간편하고 안전하다.

대표도



(52) CPC특허분류

C09K 11/671 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711173821
과제번호	2022M3D1A2083618
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	나노소재기술개발
연구과제명	미래 모빌리티용 고이동도 2D 반도체 기반 차세대 디스플레이 개발
과제수행기관명	성균관대학교
연구기간	2022.07.01 ~ 2023.03.31

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711158840
과제번호	2021M3H4A1A02056037
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	나노소재기술개발
연구과제명	자극 감응성 고분자 복합체 기반 응력시각화 및 정량화 내구성 평가플랫폼 개발
과제수행기관명	성균관대학교
연구기간	2022.01.01 ~ 2022.12.31

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711157746
과제번호	2021R1A2C2014119
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	개인기초연구(과기정통부)
연구과제명	생체 재료 활용 유기반도체의 엑시톤 정밀 제어 연구
과제수행기관명	인하대학교
연구기간	2022.03.01 ~ 2023.02.28

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	미부여
과제번호	RS-2024-00448809
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	나노소재기술개발
연구과제명	색변환 나노입자 기반 AIoT/IoT 광소자 가스센서를 활용한 유해물질 모니터링 플랫폼 개발
과제수행기관명	성균관대학교
연구기간	2024.07.01 ~ 2024.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

벨리트로닉스 물질; 및

상기 벨리트로닉스 물질 상에 위치한 형광 유기물을 포함하는, OH기를 포함하는 인형광 물질.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 벨리트로닉스 물질은 그래핀(graphene), 포스포린(few-layer phosphorene), 단층 전이금속 다이칼코게나이드(transition metal dichalcogenide monolayers), 다이아몬드(diamond), 비스무트(bismuth), 실리콘(silicon), 카본나노튜브(carbon nanotubes), 비화알루미늄(aluminium arsenide) 또는 실리센(silicene)으로 이루어진 군에서 선택되는 어느 하나인 것을 특징으로 하는, OH기를 포함하는 인형광 물질.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 벨리트로닉스 물질의 지만 효과에 의하여 순수 유기 인광을 발현하는 것을 특징으로 하는, OH기를 포함하는 인형광 물질.

청구항 4

벨리트로닉스 물질; 및

상기 벨리트로닉스 물질 상에 위치한 인광 유기물을 포함하는, OH기를 포함하는 인형광 물질.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 벨리트로닉스 물질은 그래핀(graphene), 포스포린(few-layer phosphorene), 단층 전이금속 다이칼코게나이드(transition metal dichalcogenide monolayers), 다이아몬드(diamond), 비스무트(bismuth), 실리콘(silicon), 카본나노튜브(carbon nanotubes), 비화알루미늄(aluminium arsenide) 또는 실리센(silicene)으로 이루어진 군에서 선택되는 어느 하나인 것을 특징으로 하는, OH기를 포함하는 인형광 물질.

청구항 6

제4항에 있어서,

상기 벨리트로닉스 물질의 지만 효과에 의하여 인광 특성이 향상된 것을 특징으로 하는, OH기를 포함하는 인형광 물질.

청구항 7

벨리트로닉스 물질을 준비하는 단계;

형광 유기물을 준비하는 단계;

상기 형광 유기물을 유기용매에 녹여 용액을 제조하는 단계; 및

상기 용액을 상기 벨리트로닉스 물질 위에 적층 구조를 조성하는 단계를 포함하는, OH기를 포함하는 인형광 물질 제조방법.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 벨리트로닉스 물질은 그래핀(graphene), 포스포린(few-layer phosphorene), 단층 전이금속 다이칼코게나이드(transition metal dichalcogenide monolayers), 다이아몬드(diamond), 비스무트(bismuth), 실리콘(silicon), 카본나노튜브(carbon nanotubes), 비화알루미늄(aluminium arsenide) 또는 실리센(silicene)으로 이루어진 군에서 선택되는 어느 하나인 것을 특징으로 하는, OH기를 포함하는 인형광 물질 제조방법.

청구항 9

제7항에 있어서,

상기 적층 구조를 조성하는 단계는 전자 스핀상태를 조절하여 삼중항을 활성화시키는 것을 특징으로 하는, OH기를 포함하는 인형광 물질 제조방법.

청구항 10

제7항에 있어서,

상기 적층 구조를 조성하는 단계는 전자 스핀상태를 조절하여 삼중항을 활성화시키는 것을 특징으로 하는, 인광 구조체 제조방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 벨리트로닉스 물질과 형광 유기물을 포함하는, OH기를 포함하는 인형광 물질에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 벨리트로닉스 물질 위에 순수 형광 유기물을 위치시키고 상기 벨리트로닉스 물질에서 유도되는 자기장을 이용하여 순수유기인광을 발현시키는 기술에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 유기발광 다이오드(organic light-emitting diode, OLED)는 전기에너지를 빛 에너지로 바꿔주어 자체 발광을 일으키는 반도체 디바이스로서, 유기발광물질을 전기적으로 여기(exciting)시켜 발광시키는 자체 발광형 소자이다. 빠른 응답속도, 낮은 구동전압 및 소비전력, 높은 발광효율 등 많은 장점을 바탕으로 LCD에 이어 차세대 디스플레이로서 큰 주목을 받고 있다.

[0003] 이러한 유기발광 다이오드는 기판, 음극, 양극 및 양극과 음극 사이에 형성된 발광물질층을 포함한다. 유기발광 소자에 전압을 인가하면 유기물 박막에서 음극과 양극을 통해 주입된 전자와 정공이 재결합되고 이때 생성된 분자 엑시톤(Exciton)이 바닥상태(Ground State)로 떨어지면서 발광층 물질의 에너지준위에 해당하는 가시광선이 방출되는 원리를 가진다. 이때 발광층을 어떻게 형성하느냐에 따라 청색, 녹색, 적색의 발광 디바이스를 각각 구현할 수가 있다.

[0004] 여기 상태에는 단일항 여기와 삼중항 여기가 알려져 있고, 발광은 어느 여기 상태를 통해서도 가능하다고 여겨지고 있다. 유기발광소자의 특성을 향상시키기 위해, 소자구조의 개량이나 재료의 개발 등이 이루어지고 있다. 최근에는 형광 발광물질뿐만 아니라 인광 발광물질이 유기발광소자에 사용가능한 점이 밝혀져 주목받고 있다.

[0005] 인광은 긴 발광 수명과 높은 양자 효율을 가지는 발광 방식으로 유기발광 다이오드의 핵심기술로 활용된다. 현재까지 인광발현을 위해 이리듐, 백금, 오스뮴을 비롯한 중금속을 분자 내부에 치환하여 전자의 스핀상태 변화를 유발하는 중원자 효과 (Heavy-atom effect)가 주로 이용되었다. 그러나 이러한 방법은 높은 단가, 복잡하고 유독한 공정과정 등의 한계점을 가진다.

[0006] 종래 기술(등록번호 10-1844879)에 따르면 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 발현한다. 이는 전자의 스핀상태 변화를 유발하는 중원자 효과 (Heavy-atom effect)가 발생하는 과정 중 복잡하고 유독한 공정과정이라는 한계점을 보인다.

선행기술문헌

특허문헌

[0008] (특허문헌 0001) KR 10-2016-0039263 A

발명의 내용

해결하려는 과제

[0009] 본 발명이 이루고자 하는 기술적 과제는 순수 형광 유기물을 벨리트로닉스 물질에서 유도되는 자기장을 이용하여 순수유기인광을 발현시키고, 저렴한 단가와 간단하고 친환경적 공정 과정으로 인광 기술로서 이용할 수 있는 인광 물질을 제공하는 것이다.

[0010] 본 발명이 이루고자 하는 기술적 과제는 이상에서 언급한 기술적 과제로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 기술적 과제들은 아래의 기재로부터 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

[0012] 상기 기술적 과제를 달성하기 위하여, 본 발명의 일실시예는 벨리트로닉스 물질 및 상기 벨리트로닉스 물질 상에 위치한 형광 유기물을 포함하는 OH기를 포함하는 인형광 물질을 제공한다.

[0013] 본 발명의 실시예에 있어서, 상기 벨리트로닉스 물질은 그래핀(graphene), 포스포린(few-layer phosphorene), 단층 전이금속 다이칼코게나이드(transition metal dichalcogenide monolayers), 다이아몬드(diamond), 비스무트(bismuth), 실리콘(silicon), 카본나노튜브(carbon nanotubes), 비화알루미늄(aluminium arsenide) 또는 실리콘(silicene)으로 이루어진 군에서 선택되는 어느 하나인 것을 특징으로 할 수 있다.

[0014] 본 발명의 실시예에 있어서, 상기 형광 유기물을 포함하는 인광 물질은 상기 벨리트로닉스 물질의 지만 효과에 의하여 순수 유기 인광을 발현하는 것을 특징으로 할 수 있다.

[0016] 상기 기술적 과제를 달성하기 위하여, 본 발명의 다른 실시예는 벨리트로닉스 물질 및 상기 벨리트로닉스 물질 상에 위치한 인광 유기물을 포함하는 OH기를 포함하는 인형광 물질을 제공한다.

[0017] 본 발명의 실시예에 있어서, 상기 벨리트로닉스 물질은 그래핀(graphene), 포스포린(few-layer phosphorene), 단층 전이금속 다이칼코게나이드(transition metal dichalcogenide monolayers), 다이아몬드(diamond), 비스무트(bismuth), 실리콘(silicon), 카본나노튜브(carbon nanotubes), 비화알루미늄(aluminium arsenide) 또는 실리콘(silicene)으로 이루어진 군에서 선택되는 어느 하나인 것을 특징으로 할 수 있다.

[0018] 본 발명의 실시예에 있어서, 상기 OH기를 포함하는 인형광 물질은 상기 벨리트로닉스 물질의 지만 효과에 의하여 인광 특성이 향상된 것을 특징으로 할 수 있다.

[0020] 상기 기술적 과제를 달성하기 위하여, 본 발명의 또 다른 실시예는 벨리트로닉스 물질을 준비하는 단계, 형광 유기물을 준비하는 단계, 상기 형광 유기물을 유기용매에 녹여 용액을 제조하는 단계 및 상기 용액을 상기 벨리트로닉스 물질 위에 적층 구조를 조성하는 단계를 포함하는 인광 물질 제조방법을 제공한다.

[0021] 본 발명의 실시예에 있어서, 상기 벨리트로닉스 물질은 그래핀(graphene), 포스포린(few-layer phosphorene), 단층 전이금속 다이칼코게나이드(transition metal dichalcogenide monolayers), 다이아몬드(diamond), 비스무트(bismuth), 실리콘(silicon), 카본나노튜브(carbon nanotubes), 비화알루미늄(aluminium arsenide) 또는 실리콘(silicene)으로 이루어진 군에서 선택되는 어느 하나인 것을 특징으로 할 수 있다.

[0022] 본 발명의 실시예에 있어서, 상기 적층 구조를 조성하는 단계는 전자 스핀상태를 조절하여 삼중항을 활성화시키

는 것을 특징으로 할 수 있다.

발명의 효과

- [0024] 본 발명의 실시예에 따르면, 순수 형광 유기물을 벨리트로닉스 물질에서 유도되는 자기장을 이용하여 순수유기 인광을 발현시키고 저렴한 단가와 간단하고 친환경적 공정과정으로 인광기술로서 이용할 수 있다.
- [0025] 또한, 순수 유기물의 중금속 치환 없이 벨리트로닉스 물질의 유무만을 통해 마이크로-초 단위의 인광을 발현시킬 수 있고, 색상 조절이 가능하며, 상온 용액 공정 기반이기 때문에 공정이 간편하고 안전하다.
- [0026] 본 발명의 효과는 상기한 효과로 한정되는 것은 아니며, 본 발명의 상세한 설명 또는 특허청구범위에 기재된 발명의 구성으로부터 추론 가능한 모든 효과를 포함하는 것으로 이해되어야 한다.

도면의 간단한 설명

- [0028] 도1은 외부 자기장에 의하여 전자의 스핀 에너지가 갈라지는 지만효과(Zeeman effect)를 나타낸 이미지이다.
- 도2는 2차원 나노 물질의 구조적 반전 대칭(inversion symmetry) 때문에 K 포인트에서 E_v 의 에너지가 갈라지는 스핀 벨리 커플링(spin valley coupling) 현상을 나타낸 이미지이다.
- 도3은 2차원 나노 물질의 구조적 반전 대칭(inversion symmetry) 때문에 K 포인트에서 E_v 의 에너지가 갈라지는 스핀 벨리 커플링(spin valley coupling) 현상을 나타낸 이미지이다.
- 도4는 2차원 나노 물질의 구조적 반전 대칭(inversion symmetry) 때문에 K 포인트에서 E_v 의 에너지가 갈라지는 스핀 벨리 커플링(spin valley coupling) 현상을 나타낸 이미지이다.
- 도5는 순수 유기물인 diethyl 2, 5-dihydroxyterephthalate (DDT)의 경우 파장과 시간에 따른 빛에너지 방출을 나타낸 그래프이다.
- 도6은 전이금속 칼코겐 화합물과 형광 유기물을 적층하여 순수 유기인광을 발현한 이미지이다.
- 도7은 다양한 전이금속 칼코겐 화합물과 형광 유기물의 조합을 통해 RGB를 구현한 이미지이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0029] 이하에서는 첨부한 도면을 참조하여 본 발명을 설명하기로 한다. 그러나 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며, 따라서 여기에서 설명하는 실시예로 한정되는 것은 아니다. 그리고 도면에서 본 발명을 명확하게 설명하기 위해서 설명과 관계없는 부분은 생략하였으며, 명세서 전체를 통하여 유사한 부분에 대해서는 유사한 도면 부호를 붙였다.
- [0030] 명세서 전체에서, 어떤 부분이 다른 부분과 "연결(접속, 접촉, 결합)"되어 있다고 할 때, 이는 "직접적으로 연결"되어 있는 경우뿐 아니라, 그 중간에 다른 부재를 사이에 두고 "간접적으로 연결"되어 있는 경우도 포함한다. 또한 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함"한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성요소를 더 구비할 수 있다는 것을 의미한다.
- [0031] 본 명세서에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시예를 설명하기 위해 사용된 것으로, 본 발명을 한정하려는 의도가 아니다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 명세서에서, "포함하다" 또는 "가지다" 등의 용어는 명세서상에 기재된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.
- [0032] 이하 첨부된 도면을 참고하여 본 발명의 실시예를 상세히 설명하기로 한다.
- [0034] 본 발명의 실시예에 따른 OH기를 포함하는 인형광 물질을 설명한다.
- [0035] 본 발명의 일 실시예에 따른 OH기를 포함하는 인형광 물질은 벨리트로닉스 물질 및 상기 벨리트로닉스 물질 상

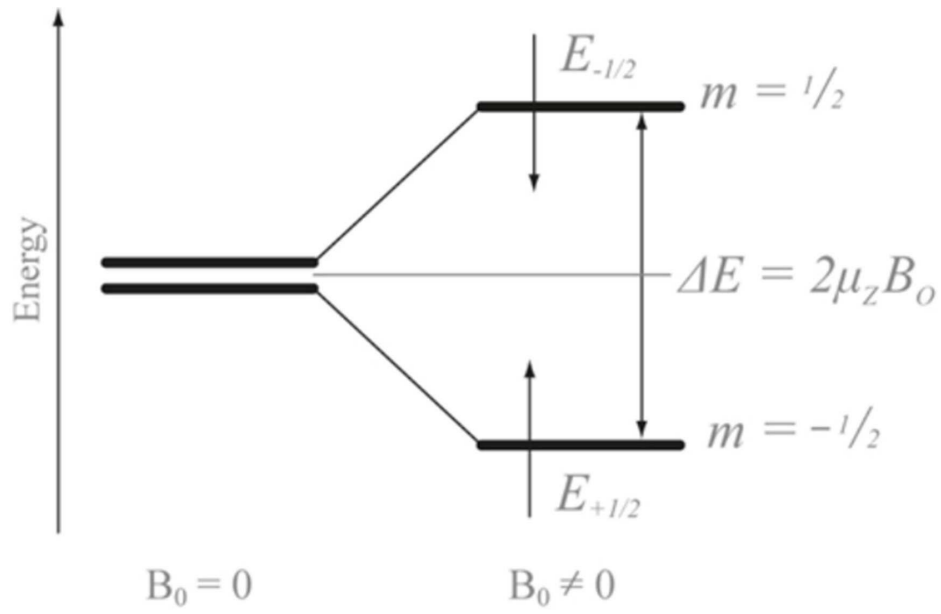
에 위치한 형광 유기물을 포함할 수 있다.

- [0036] 상기 벨리트로닉스 물질은 그래핀(graphene), 포스포린(few-layer phosphorene), 단층 전이금속 다이칼코게나이드(transition metal dichalcogenide monolayers), 다이아몬드(diamond), 비스무트(bismuth), 실리콘(silicon), 카본나노튜브(carbon nanotubes), 비화알루미늄(aluminium arsenide) 또는 실리센(silicene)으로 이루어진 군에서 선택되는 어느 하나일 수 있다.
- [0037] 본 발명에서는 벨리트로닉스 물질로서 전이금속 칼코젠 화합물인 molybdenum disulfide (MoS_2)를 사용하였고, 형광 유기물로서 diethyl 2, 5-dihydroxyterephthalate (DDT)를 사용하였다.
- [0038] 상기 형광 유기물을 포함하는 인광 물질은 상기 벨리트로닉스 물질의 지만 효과에 의하여 순수 유기 인광을 발현할 수 있다. 물리학에서 지만 효과(Zeeman effect)는 외부 자기장에 의하여 원자나 분자의 방출 스펙트럼 선 가운데 일부가 여러 개의 선으로 갈라지는 현상이다. 본 발명에서는 순수 형광 유기물을 벨리트로닉스 물질에서 유도되는 자기장을 이용하여 순수 유기 인광을 발현시켰고 저렴한 단가와 간단하고 친환경적 공정과정으로 인광 기술로서 이용할 수 있다는 큰 발전을 보였다.
- [0040] 이하 본 발명의 다른 실시예에 따른 OH기를 포함하는 인형광 물질을 설명한다.
- [0041] 본 발명의 일 실시예에 따른 OH기를 포함하는 인형광 물질은 벨리트로닉스 물질에 의하여 인광 특성이 향상된 인광 물질을 포함할 수 있다.
- [0042] 상기 벨리트로닉스 물질은 그래핀(graphene), 포스포린(few-layer phosphorene), 단층 전이금속 다이칼코게나이드(transition metal dichalcogenide monolayers), 다이아몬드(diamond), 비스무트(bismuth), 실리콘(silicon), 카본나노튜브(carbon nanotubes), 비화알루미늄(aluminium arsenide) 또는 실리센(silicene)으로 이루어진 군에서 선택되는 어느 하나일 수 있다.
- [0043] 상기 인광 특성이 향상된 인광 물질은 벨리트로닉스 물질의 지만 효과에 의하여 인광 특성이 향상될 수 있다.
- [0044] 도1은 외부 자기장에 의하여 전자의 스핀 에너지가 갈라지는 지만효과(Zeeman effect)를 나타낸 이미지이다.
- [0045] 도2 내지 도4는 2차원 나노 물질의 구조적 반전 대칭(inversion symmetry) 때문에 K 포인트에서 E_v 의 에너지가 갈라지는 스핀 벨리 커플링(spin valley coupling) 현상을 나타낸 이미지이다.
- [0046] 도1 내지 도4를 참고하면, 지만 효과는 외부 자기장에 의하여 전자의 스핀 에너지가 갈라지는 효과이다. 대부분의 원자는 같은 에너지를 가지는 서로 다른 원자 궤도가 있는데, 다른 원자 궤도로 전이가 일어나도 하나의 스펙트럼선만 나타나는 경우가 있다. 이때 자기장이 가해지면 양자수에 따라 각각의 전자에 다르게 영향을 미치는 자기장에 의하여 각 원자 궤도의 에너지를 바꾸게 되고 같은 에너지를 갖고 있던 서로 다른 원자 궤도는 서로 다른 에너지를 갖게 된다. 이렇게 지만 효과에 의해 분리된 스펙트럼선 사이의 거리는 자기장의 세기에 비례한다.
- [0047] 스핀 벨리 커플링(spin valley coupling) 현상과 관련하여 2D 단층 전이금속 다이칼코게나이드에서 전하 캐리어의 스핀 및 벨리 지수가 결합된다. 2차원 나노 물질의 구조적 반전 대칭(inversion symmetry) 때문에 K 포인트에서 E_v 의 에너지가 갈라지는 스핀 벨리 커플링(spin valley coupling) 현상이 나타난다.
- [0049] 이하 본 발명의 또 다른 실시예에 따른 OH기를 포함하는 인형광 물질 제조방법을 설명한다.
- [0050] 본 발명의 일 실시예에 따른 OH기를 포함하는 인형광 물질 제조방법은 벨리트로닉스 물질을 준비하는 단계, 형광 유기물을 준비하는 단계, 상기 형광 유기물을 유기용매에 녹여 용액을 제조하는 단계 및 상기 용액을 상기 벨리트로닉스 물질 위에 적층 구조를 조성하는 단계를 포함할 수 있다.
- [0051] 첫 단계는 벨리트로닉스 물질을 준비하는 단계이다. 상기 벨리트로닉스 물질은 그래핀(graphene), 포스포린(few-layer phosphorene), 단층 전이금속 다이칼코게나이드(transition metal dichalcogenide monolayers), 다이아몬드(diamond), 비스무트(bismuth), 실리콘(silicon), 카본나노튜브(carbon nanotubes), 비화알루미늄(aluminium arsenide) 또는 실리센(silicene)으로 이루어진 군에서 선택되는 어느 하나일 수 있다. 본 발명에서는 벨리트로닉스 물질로서 전이금속 칼코젠 화합물인 molybdenum disulfide (MoS_2)를 사용하였다.

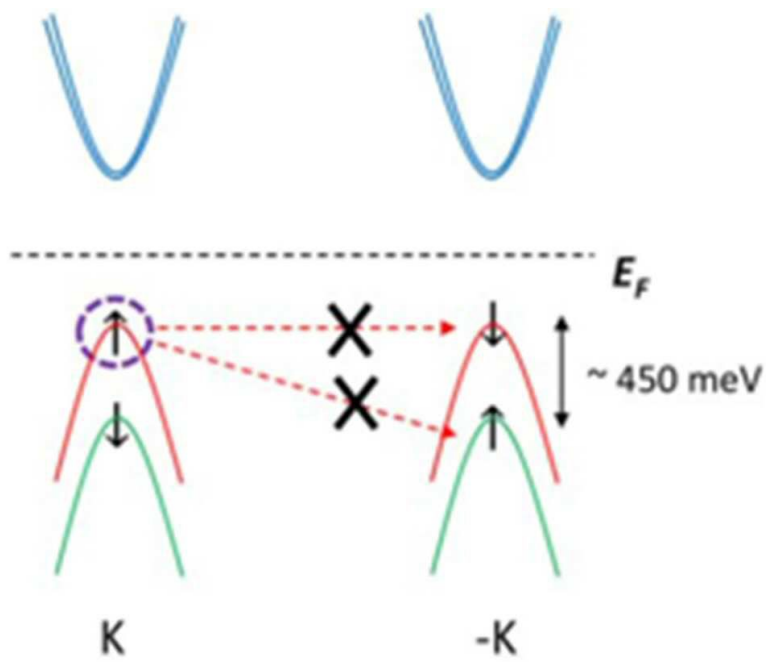
- [0052] 다음 단계는 형광 유기물을 준비하는 단계로, 본 발명에서는 순수 유기물인 diethyl 2, 5-dihydroxyterephthalate (DDT)를 사용하였다.
- [0053] 다음 단계는 상기 형광 유기물을 유기용매에 녹여 용액을 제조하는 단계로, 상기 유기용매는 테트라하이드로퓨란(tetrahydrofuran, THF) 또는 디메틸포름아미드(dimethylformamide, DMF)를 포함할 수 있다.
- [0054] 마지막 단계는 상기 용액을 상기 벨리트로닉스 물질 위에 적층 구조를 조성하는 단계이다. 상기 적층 구조를 조성하는 단계는 드랍 캐스팅하여 조성하고, 전자 스핀상태를 조절하여 삼중항을 활성화시킬 수 있다.
- [0055] 도5는 순수 유기물인 diethyl 2, 5-dihydroxyterephthalate (DDT)의 경우 파장과 시간에 따른 빛에너지 방출을 나타낸 그래프이다.
- [0056] 도6은 전이금속 칼코겐 화합물과 형광 유기물을 적층하여 순수 유기인광을 발현한 이미지이다.
- [0057] 도7은 다양한 전이금속 칼코겐 화합물과 형광 유기물의 조합을 통해 RGB를 구현한 이미지이다.
- [0058] 도5 내지 도7을 참고하면, 순수 유기물인 diethyl 2, 5-dihydroxyterephthalate (DDT)는 단독으로 존재할 때 450 nm에서 최대 emission이 나타나며, 수 ns의 수명을 갖는 블루 형광을 보인다. 그러나 벨리트로닉스 물질인 molybdenum disulfide (MoS_2) 상단에 위치하게 될 경우, 최대발광이 516 nm으로 시프트가 발생하여 초록색으로 색 변화가 나타나며 수명이 수십 μs 로 증가한다. 벨리트로닉스 물질인 MoS_2 의 존재가 DDT의 색 변화와 순수 유기인광을 유발함을 확인할 수 있다. 이러한 효과는 벨리트로닉스 물질이 형광 유기물인 DDT에만 한정되는 것이 아니라 다른 유기물과도 상호작용하는 것을 확인할 수 있다.
- [0060] 전술한 본 발명의 설명은 예시를 위한 것이며, 본 발명이 속하는 기술분야의 통상의 지식을 가진 자는 본 발명의 기술적 사상이나 필수적인 특징을 변경하지 않고서 다른 구체적인 형태로 쉽게 변형이 가능하다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로 이상에서 기술한 실시예들은 모든 면에서 예시적인 것이며 한정적이 아닌 것으로 이해해야만 한다. 예를 들어, 단일형으로 설명되어 있는 각 구성 요소는 분산되어 실시될 수도 있으며, 마찬가지로 분산된 것으로 설명되어 있는 구성 요소들도 결합된 형태로 실시될 수 있다.
- [0061] 본 발명의 범위는 후술하는 특허청구범위에 의하여 나타내어지며, 특허청구범위의 의미 및 범위 그리고 그 균등 개념으로부터 도출되는 모든 변경 또는 변형된 형태가 본 발명의 범위에 포함되는 것으로 해석되어야 한다.

도면

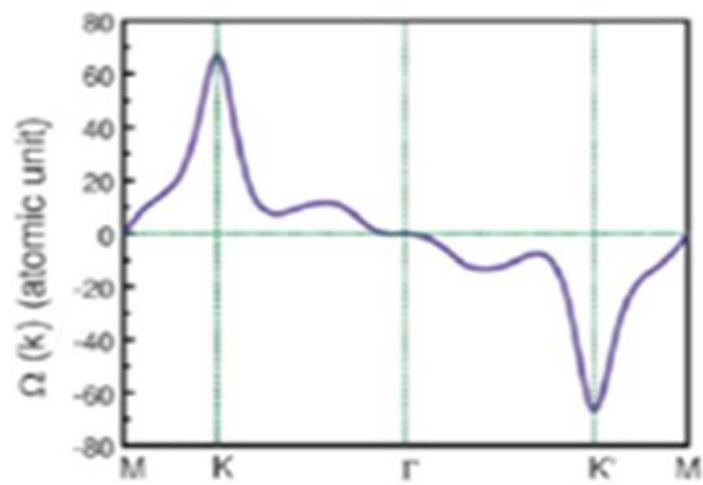
도면1



도면2

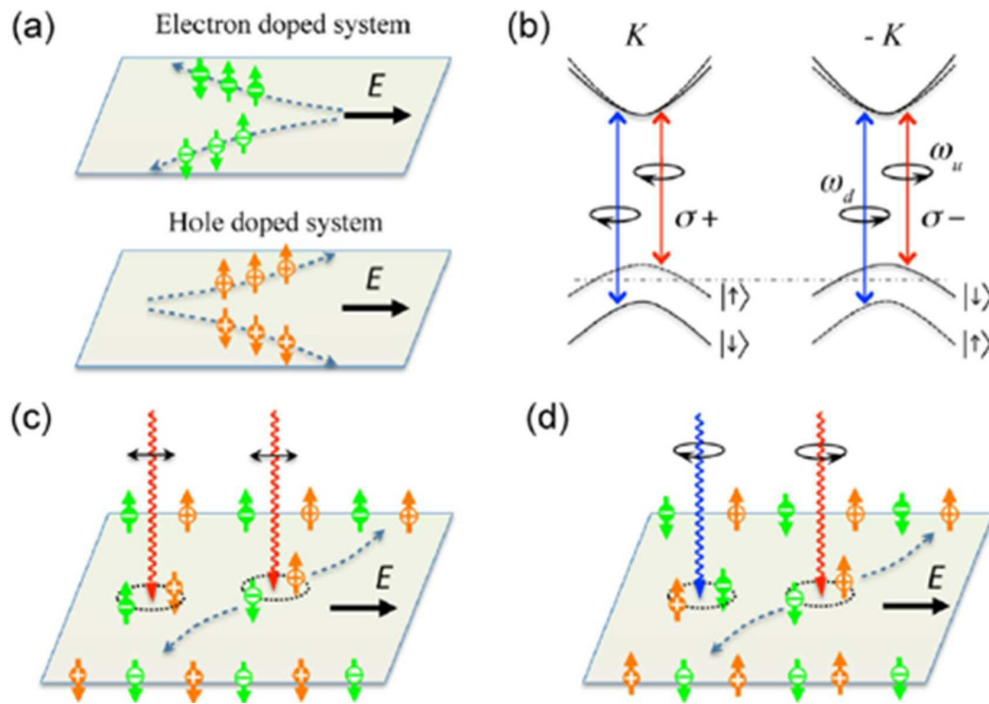


Berry Curvature of Valence Band

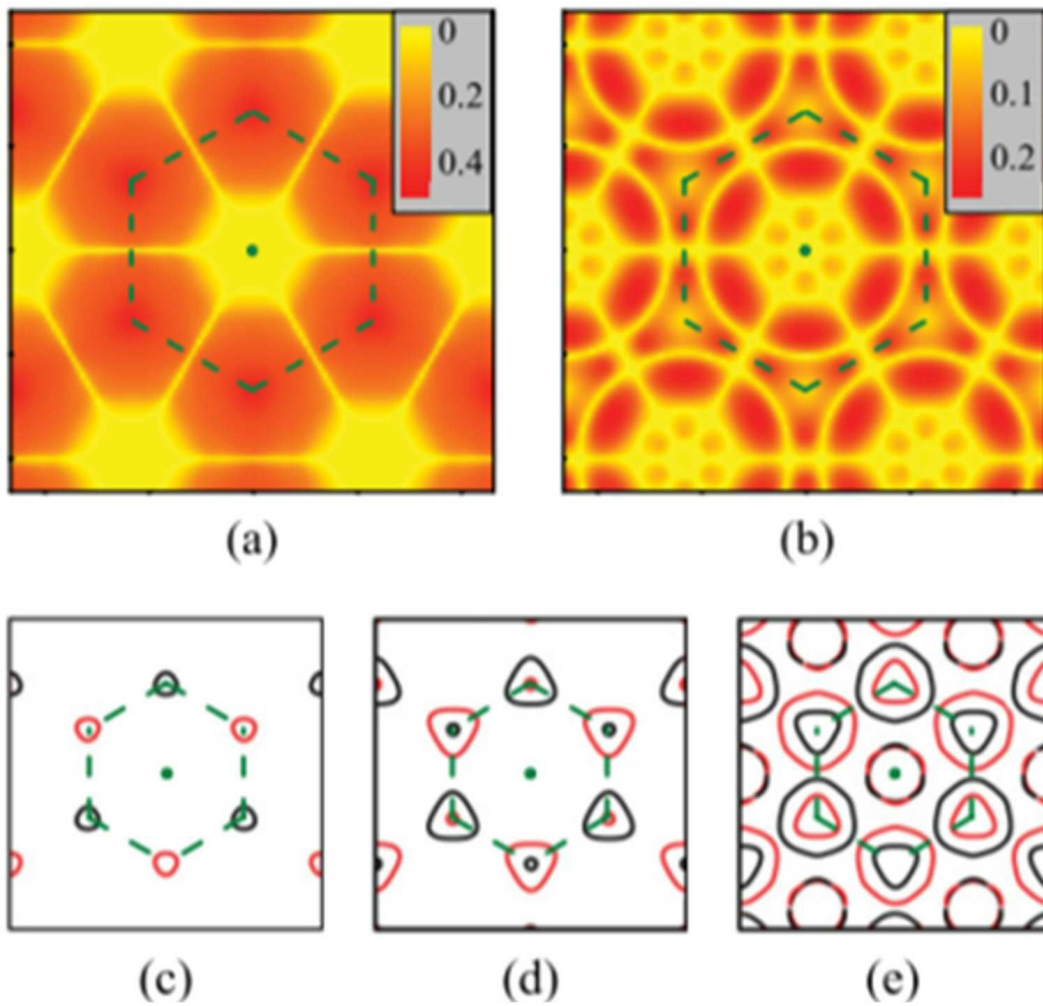


Chem. Soc. Rev., 2015, **44**, 2643

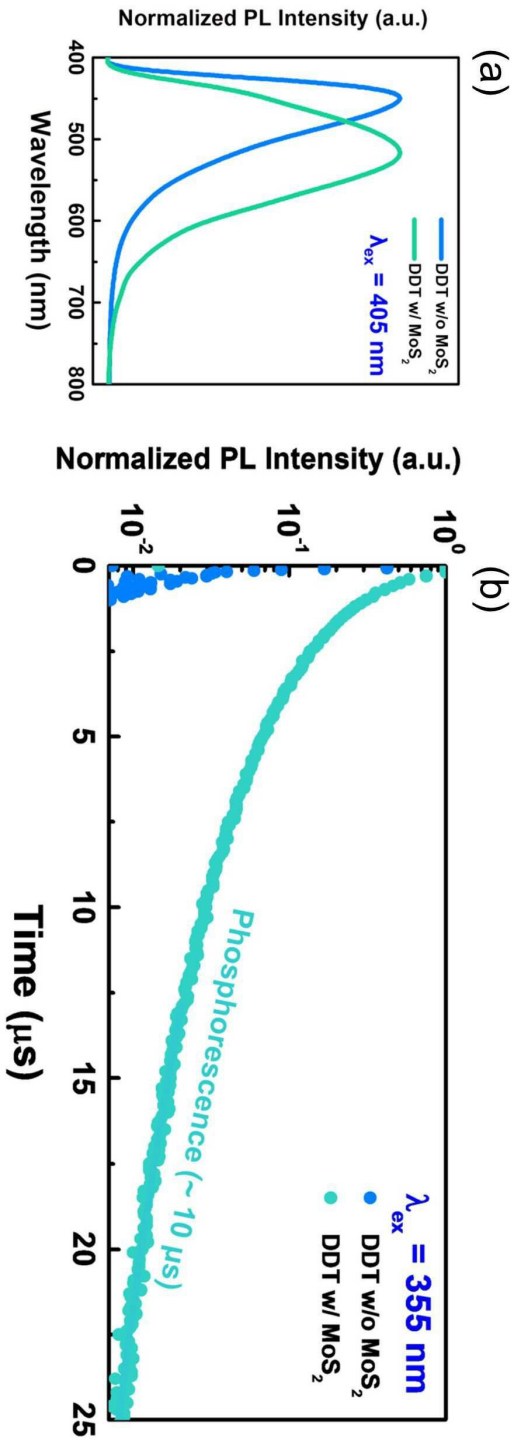
도면3



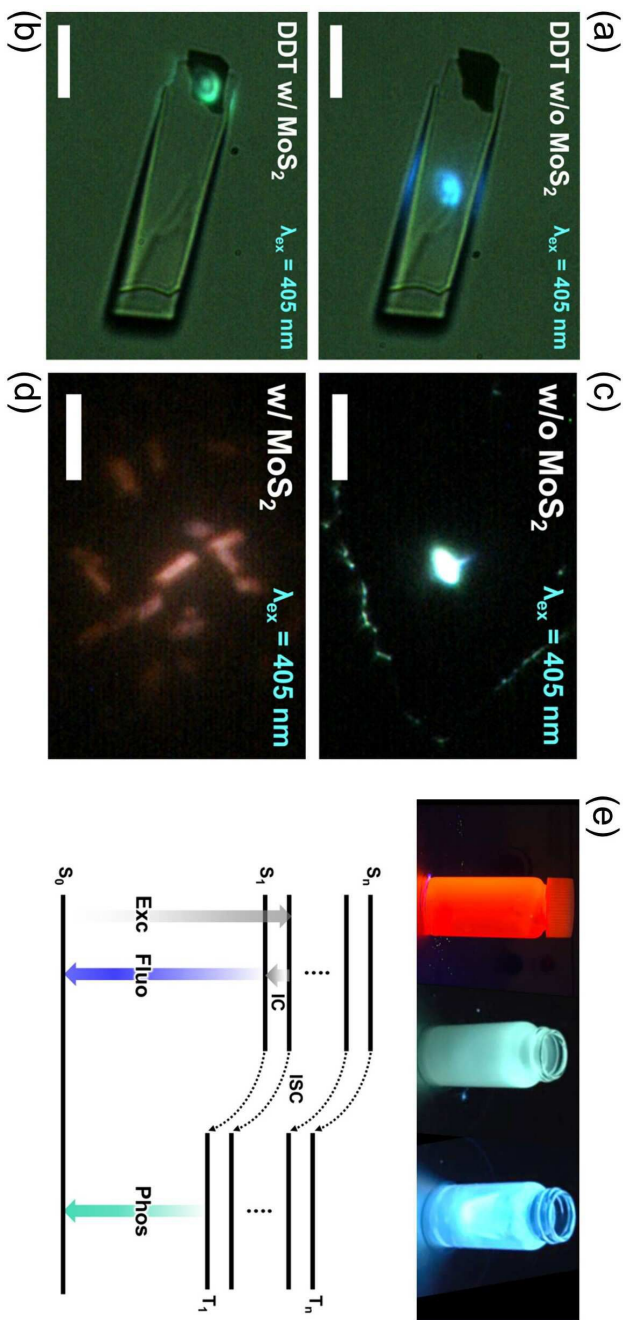
도면4



도면5



도면6



도면7

