



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2024-0107879
(43) 공개일자 2024년07월09일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

C09K 11/02 (2006.01) C09K 11/66 (2006.01)

C09K 19/38 (2006.01) C09K 19/58 (2006.01)

(52) CPC특허분류

C09K 11/02 (2013.01)

C09K 11/664 (2021.01)

(21) 출원번호 10-2022-0190926

(22) 출원일자 2022년12월30일

심사청구일자 2022년12월30일

(71) 출원인

경희대학교 산학협력단

경기도 용인시 기흥구 덕영대로 1732 (서천동, 경희대학교 국제캠퍼스내)

(72) 발명자

최석원

경기도 수원시 영통구 센트럴파크로 100, 6404동 2403호(이의동, 광고센트럴타운 오드카운티)

최용준

경상북도 포항시 북구 장량중앙로 40, 202동 180 2호 (양덕동, 양덕삼구트리니티엔2차)

이재진

경기도 수원시 영통구 봉영로1492번길 26, 201호 (영통동)

(74) 대리인

김연권

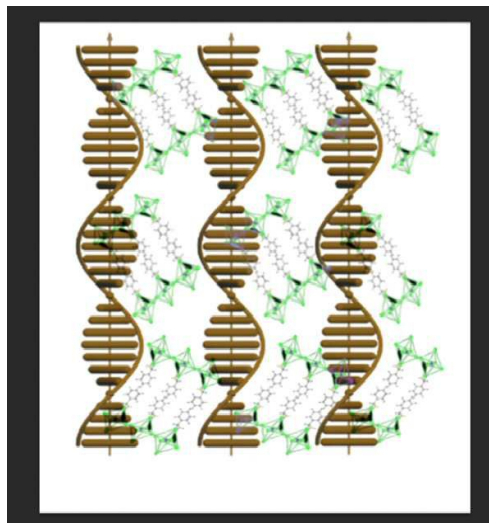
전체 청구항 수 : 총 9 항

(54) 발명의 명칭 카이랄성이 유도된 페로브스카이트를 포함하는 원편광 발광체 및 이의 제조방법

(57) 요약

본 발명은 카이랄성이 유도된 페로브스카이트를 포함하는 원편광 발광체 및 이의 제조방법에 관한 것이다. 보다 상세하게는, 원편광 발광체는 다공성의 콜레스테릭 고분자 플랫폼 및 고분자 플랫폼의 기공 내부에 배치된 페로브스카이트로 구성되고, 콜레스테릭 카이랄 플랫폼과의 $\pi-\pi$ 상호작용을 통해 비카이랄성의 페로브스카이트에 카이랄성을 부여하는 것이다.

대표도 - 도3a



(52) CPC특허분류

C09K 19/38 (2013.01)

C09K 19/586 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711153374
과제번호	2022R1A2C100562011
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	이공분야기초연구사업/중견연구
연구과제명	자기조직 키랄 초분자 플랫폼과 여기분자내 양성자이동 액정 발광분자를 이용한 호스트-게스트(host-guest)형 액정시스템 원편광 발광재료에 대한 연구

기 여 율	30/100
과제수행기관명	경희대학교(국제캠퍼스)
연구기간	2022.03.01 ~ 2023.02.28

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711153374
과제번호	2022K2A9A2A0800017911
부처명	교육부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	한일협력연구사업
연구과제명	초분자나선구조의 전사에 따른 키랄 나노공간에서의 기능성 발현구조체에 관한 연구
기 여 율	30/100
과제수행기관명	경희대학교 산학협력단
연구기간	2022.04.01 ~ 2023.03.31

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1345342987
과제번호	2020R1A6A1A03048004
부처명	교육부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	이공분야기초연구사업/기초연구기반구축사업/대학중점연구소지원사업/중점연구소지원(이공계분야)
연구과제명	미래형 친환경 디스플레이 기술 연구
기 여 율	30/100
과제수행기관명	경희대학교 산학협력단
연구기간	2020.06.01 ~ 2029.05.31

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1345350438
과제번호	2019R1A6C101052
부처명	교육부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	이공학학술연구기반구축(R&D)
연구과제명	기초연구역량강화사업(핵심연구지원센터조성사업)
기 여 율	10/100
과제수행기관명	경희대학교 산학협력단
연구기간	2022.03.01 ~ 2023.02.28

명세서

청구범위

청구항 1

다공성의 콜레스테릭 고분자 플랫폼; 및
상기 콜레스테릭 고분자 플랫폼의 기공에 배치된 페로브스카이트
를 포함하고,
상기 페로브스카이트는 카이랄성을 띠는 것을 특징으로 하는 원편광 발광체.

청구항 2

제1항에 있어서,
상기 콜레스테릭 고분자 플랫폼은 반응성 메조겐(reactive mesogen)이 호스트(host)인 것을 특징으로 하는 원편광 발광체.

청구항 3

제1항에 있어서,
상기 기공의 크기는 300 nm 내지 700 nm 인 것을 특징으로 하는 원편광 발광체.

청구항 4

제1항에 있어서,
상기 페로브스카이트는 하기 화학식 1 또는 화학식 2로 표시되는 것을 특징으로 하는 원편광 발광체.

[화학식 1]



(상기 A는 벤질 아민(benzyl amine), 메틸 아민(methyl amine), 뷰틸 아민(butyl amine) 및 나프틸 아민(naphthyl amine)으로 이루어진 군에서 선택되는 어느 하나이고, 상기 B는 Pb이며, 상기 X는 Cl, Br 및 I으로 이루어진 군에서 선택되는 어느 하나이다.)

[화학식 2]



(상기 A는 벤질 아민(benzyl amine), 메틸 아민(methyl amine), 뷰틸 아민(butyl amine) 및 나프틸 아민(naphthyl amine)으로 이루어지는 군에서 선택되는 어느 하나이고, 상기 B는 Pb이며, 상기 X는 Cl, Br 및 I으로 이루어지는 군에서 선택되는 어느 하나이다.)

청구항 5

반응성 메조겐(reactive mesogen), 카이랄 도펀트(chiral dopant) 및 네마틱 액정을 혼합하여 전구체를 생성하는 단계;

상기 전구체를 광경화하여 다공성의 콜레스테릭 고분자 플랫폼을 형성하는 단계;

유기물을 포함하는 비카이랄성인 페로브스카이트를 합성하는 단계; 및

상기 유기물을 포함하는 비카이랄성인 페로브스카이트를 콜레스테릭 고분자 플랫폼의 기공에 투입하는 단계;

를 포함하고,

상기 콜레스테릭 고분자 플랫폼의 기공에 배치된 상기 유기물을 포함하는 비카이랄성인 페로브스카이트는 카이랄성으로 전환되는 것을 특징으로 하는 원편광 발광체의 제조방법.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 다공성의 콜레스테릭 고분자 플랫폼을 형성하는 단계 이후, 상기 다공성의 콜레스테릭 고분자 플랫폼에서 상기 카이랄 도펀트 및 상기 네마틱 액정을 제거하는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 원편광 발광체의 제조방법.

청구항 7

제5항에 있어서,

상기 반응성 메소젠, 상기 카이랄 도펀트 및 상기 네마틱 액정은 40 내지 50 : 20 내지 35 : 15 내지 40의 중량 비율로 혼합하는 것을 특징으로 하는 원편광 발광체의 제조방법.

청구항 8

제5항에 있어서,

상기 기공의 크기는 300nm 내지 700 nm인 것을 특징으로 하는 원편광 발광체의 제조방법.

청구항 9

제5항에 있어서,

상기 유기물을 포함하는 비카이랄성인 페로브스카이트는 하기 화학식 1 또는 화학식 2로 표시되는 것을 특징으로 하는 원편광 발광체의 제조방법.

[화학식 1]



(상기 A는 벤질 아민(benzyl amine), 메틸 아민(methyl amine), 뷰틸 아민(butyl amine) 및 나프틸 아민(naphthyl amine)으로 이루어진 군에서 선택되는 어느 하나이고, 상기 B는 Pb이며, 상기 X는 Cl, Br 및 I으로 이루어진 군에서 선택되는 어느 하나이다.)

[화학식 2]



(상기 A는 벤질 아민(benzyl amine), 메틸 아민(methyl amine), 뷰틸 아민(butyl amine) 및 나프틸 아민(naphthyl amine)으로 이루어지는 군에서 선택되는 어느 하나이고, 상기 B는 Pb이며, 상기 X는 Cl, Br 및 I으로 이루어지는 군에서 선택되는 어느 하나이다.)

발명의 설명

기술분야

[0001] 본 발명은 카이랄성이 유도된 페로브스카이트를 포함하는 원편광 발광체 및 이의 제조방법에 관한 것이다. 보다 상세하게는, 반응성 메소겐을 이용하여 콜레스테릭 카이랄 플랫폼에 의해 비카이랄성의 페로브스카이트에 카이랄성을 부여하는 것이다.

배경기술

[0003] 카이랄성(chirality)은 대상의 거울상으로부터 분별 가능한 비대칭성을 의미한다. 원편광(circular polarization)은 편광 상태가 카이랄성을 지닌 빛으로, 흔히 알려진 선편광과는 다른 형태의 편광이며, 원편광 형태의 빛을 발산하는 콜레스테릭 액정과 카이랄성 액정이 복잡한 질서구조에서 네마틱상과는 전혀 다른 광학적 성질이 있기 때문에 그 응용의 가능성이 주목받고 있다.

[0004] 페로브스카이트가 광학적 카이랄성을 갖게 되는 방법은 크게 세 가지가 있다. 첫번째로는 페로브스카이트 결정 바깥에 리간드를 추가하여 표면 왜곡에 의해 카이랄한 특성을 발현시킬 수 있고, 두번째로는 페로브스카이트의 구조(ABX_3 또는 A_2BX_4)에서 A 자리를 카이랄한 물질로 바꾸어 합성함으로써 카이랄 특성을 발현시킬 수 있으며, 세번째로는 본 발명과 같이 카이랄한 플랫폼과 페로브스카이트를 동시에 사용하여 카이랄 특성을 발현시킬 수 있다.

[0005] 첫번째 방법의 경우 CPL(원편광발광)을 유도할 수 있지만 CD(원편광 이색성)을 나타내기 어렵다. 두번째 방법의 경우 CD 값은 나타낼 수 있으나 CPL(원편광발광) 값을 얻기 어렵다. 세번째 방법의 경우 카이랄 플랫폼에 의한 필터링 효과(플랫폼에 의한 원편광발광)가 나타나는 경우가 많으며 현재 많은 연구가 되어있지 않다. 본 발명은 세번째 방법을 이용한 발광체로, 페로브스카이트 자체에서 카이랄성이 나타나며 보다 확실한 원편광 발광을 구현할 수 있다.

[0007] 이에, 본 발명자는 반응성 메소겐을 도입하여 콜레스테릭 액정 플랫폼을 형성하고 플랫폼에 하이브리드 유무기 페로브스카이트를 결합하여 원편광 빛을 방출할 수 있는 화합물을 합성하여 본 발명에 이르게 되었다.

선행기술문헌

특허문헌

[0009] (특허문헌 0001) 한국 등록특허공보 제10-0257719호, "카이랄 네마틱 혼성 배향 구조를 이용한 반사형 칼라 액정 표시 장치"

발명의 내용

해결하려는 과제

[0010] 본 발명의 일 목적은 카이랄성이 없는 페로브스카이트에 카이랄성을 부여하여 원편광 발광을 유도하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0012] 본 발명에 따른 원편광 발광체는 다공성의 콜레스테릭 고분자 플랫폼 및 콜레스테릭 고분자 플랫폼의 기공에 배치된 페로브스카이트를 포함하고, 페로브스카이트는 카이랄성을 띤다.

[0013] 일 실시형태에 따라서는, 콜레스테릭 고분자 플랫폼은 반응성 메조겐(reactive mesogen)이 호스트(host)일 수 있다.

[0014] 일 실시형태에 따라서는, 기공의 크기는 300 nm 내지 700 nm일 수 있다.

- [0015] 일 실시형태에 따라서는, 페로브스카이트는 하기 화학식 1 또는 화학식 2로 표시될 수 있다.
- [0016] [화학식 1]
- [0017] A_2BX_4
- [0018] (상기 A는 벤질 아민(benzyl amine), 메틸 아민(methyl amine), 뷰틸 아민(butyl amine) 및 나프틸 아민(naphthyl amine)으로 이루어진 군에서 선택되는 어느 하나이고, 상기 B는 Pb이며, 상기 X는 Cl, Br 및 I으로 이루어진 군에서 선택되는 어느 하나이다.)
- [0019] [화학식 2]
- [0020] ABX_3
- [0021] (상기 A는 벤질 아민(benzyl amine), 메틸 아민(methyl amine), 뷰틸 아민(butyl amine) 및 나프틸 아민(naphthyl amine)으로 이루어지는 군에서 선택되는 어느 하나이고, 상기 B는 Pb이며, 상기 X는 Cl, Br 및 I으로 이루어지는 군에서 선택되는 어느 하나이다.)
- [0022] 본 발명에 따른 원편광 발광체의 제조방법은 반응성 메조겐(reactive mesogen), 카이랄 도펀트(chiral dopant) 및 네마틱 액정을 혼합하여 전구체를 생성하는 단계, 전구체를 광경화하여 다공성의 콜레스테릭 고분자 플랫폼을 형성하는 단계, 유기물을 포함하는 비카이랄성인 페로브스카이트를 합성하는 단계 및 유기물을 포함하는 비카이랄성인 페로브스카이트를 콜레스테릭 고분자 플랫폼의 기공에 투입하는 단계를 포함하고, 콜레스테릭 고분자 플랫폼의 기공에 배치된 유기물을 포함하는 비카이랄성인 페로브스카이트는 카이랄성으로 전환된다.
- [0023] 일 실시형태에 따라서는, 다공성의 콜레스테릭 고분자 플랫폼을 형성하는 단계 이후, 상기 다공성의 콜레스테릭 고분자 플랫폼에서 상기 카이랄 도펀트 및 상기 네마틱 액정을 제거하는 단계를 더 포함할 수 있다.
- [0024] 일 실시형태에 따라서는, 반응성 메소겐, 카이랄 도펀트 및 네마틱 액정은 40 내지 50 : 20 내지 35 : 15 내지 40의 중량 비율로 혼합할 수 있다.
- [0025] 일 실시형태에 따라서는, 기공의 크기는 300nm 내지 700 nm일 수 있다.
- [0026] 일 실시형태에 따라서는, 유기물을 포함하는 비카이랄성인 페로브스카이트는 하기 화학식 1 또는 화학식 2로 표시될 수 있다.
- [0027] [화학식 1]
- [0028] A_2BX_4
- [0029] (상기 A는 벤질 아민(benzyl amine), 메틸 아민(methyl amine), 뷰틸 아민(butyl amine) 및 나프틸 아민(naphthyl amine)으로 이루어진 군에서 선택되는 어느 하나이고, 상기 B는 Pb이며, 상기 X는 Cl, Br 및 I으로 이루어진 군에서 선택되는 어느 하나이다.)
- [0030] [화학식 2]
- [0031] ABX_3
- [0032] (상기 A는 벤질 아민(benzyl amine), 메틸 아민(methyl amine), 뷰틸 아민(butyl amine) 및 나프틸 아민(naphthyl amine)으로 이루어지는 군에서 선택되는 어느 하나이고, 상기 B는 Pb이며, 상기 X는 Cl, Br 및 I으로 이루어지는 군에서 선택되는 어느 하나이다.)
- 발명의 효과**
- [0034] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 반응성 메소겐을 이용한 콜레스테릭 카이랄 플랫폼을 기반으로 하여 페로브스카이트에 카이랄성을 유도할 수 있다.
- [0035] 본 발명의 다른 실시예에 따르면, 카이랄성이 유도된 페로브스카이트는 원편광 발광을 구현할 수 있다.
- [0036] 본 발명의 다른 실시예에 따르면, 카이랄성이 유도된 페로브스카이트는 종래의 자체 카이랄 페로브스카이트보다 원편광 이색성이 뛰어나다.

도면의 간단한 설명

[0038]

도 1은 고분자 플랫폼을 나타낸 모식도이다.

도 2는 고분자 플랫폼에 투입하고자 하는 페로브스카이트의 모식도이다.

도 3a는 원편광 발광체를 나타낸 모식도이다.

도 3b와 도 3c는 각각 고분자 플랫폼과, 고분자 플랫폼에 페로브스카이트를 채워 넣은 SEM 이미지이다.

도 4a는 비카이랄성 페로브스카이트의 XRD 그래프, 도 4b는 고분자 플랫폼 내부의 페로브스카이트의 XRD 그래프이다.

도 5는 페로브스카이트의 PL(photoluminescence, 광 발광) 스펙트럼을 나타낸 그래프이다.

도 6a는 준비예 1의 원편광 이색성(CD)를 측정한 그래프이다.

도 6b는 실시예 1 및 실시예 2의 원편광 이색성(CD)를 측정한 그래프이다.

도 7은 준비예 1, 실시예 1 및 실시예 2의 원편광발광(CPL)을 측정한 그래프이다.

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, 단계, 동작 및/또는 소자는 하나 이상의 다른 구성요소, 단계, 동작 및/또는 소자의 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]

또한, 막, 층, 영역, 구성 요청 등의 부분이 다른 부분 "위에" 또는 "상에" 있다고 할 때, 다른 부분의 바로 위에 있는 경우뿐만 아니라, 그 중간에 다른 막, 층, 영역, 구성 요소 등이 개재되어 있는 경우도 포함한다.

[0046]

페로브스카이트가 광학적 카이랄성을 갖게 되는 방법은 크게 세 가지가 있다. 첫번째 방법은 페로브스카이트 결정의 외부에 리간드를 첨가하여 표면 왜곡을 이용해 카이랄 특성을 발현시키는 것이다. 두번째 방법은 페로브스카이트의 구조(ABX_3 또는 A_2BX_4)의 A 자리를 카이랄성을 띠는 물질로 치환하여 합성함으로써 카이랄 특성을 발현시키는 것이다. 세번째 방법은 카이랄한 플랫폼을 사용하여 페로브스카이트의 카이랄 특성을 발현시키는 것으로, 본 발명에서 이와 같은 방법을 사용한다.

[0048]

첫번째 방법을 이용한 페로브스카이트는 좌회전 편광 또는 우회전 편광만을 나타내므로 원편광발광을 하지만 원편광 이색성에 대한 특징은 나타내지 않는다.

[0049]

두번째 방법은 페로브스카이트 자체에 카이랄 분자를 합성시키는 것이므로 첫번째 방법과는 달리 페로브스카이트 이외의 리간드 없이도 원편광적인 특성을 나타낼 수 있다. 예를 들어 페로브스카이트의 A 자리를 구성하는

물질로 비카이랄성 분자인 벤질아민(Benzylamine)을 사용하여 합성하면 페로브스카이트 자체의 카이랄 특성이 발현되지 않지만, 카이랄 분자인 메틸벤질아민(Methylbenzylamine)을 페로브스카이트의 A 자리를 구성하도록 합성하면 페로브스카이트 자체에서 카이랄 특성이 나타나게 된다. 따라서 두번째 방법과 같은 경우 페로브스카이트 자체만으로 원편광 이색성(CD) 값을 나타낼 수 있다. 반면에 원편광 발광(CPL) 값은 나타내기 어렵다.

[0050] 세번째 방법(본 발명)은 콜레스테릭 상의 고분자에 의해 페로브스카이트 자체가 카이랄성을 부여받는다. 이 경우 콜레스테릭 고분자 없이 페로브스카이트 만으로는 카이랄성이 없지만 콜레스테릭 고분자와 상호작용을 통해 카이랄 특성을 발현할 수 있는 것이다. 즉, R 방향 콜레스테릭 고분자 내에 존재하는 페로브스카이트는 R 방향의 원편광을 나타내고, S 방향 콜레스테릭 고분자 내에 존재하는 페로브스카이트는 S 방향의 원편광을 나타낸다. 따라서 이 경우에는 원편광발광(CPL) 값과 원편광 이색성(CD) 값이 모두 나타나는 특징이 있다. 원편광 이색성(CD)을 나타낸다는 점은 페로브스카이트 자체에 카이랄성이 있다는 것을 시사한다.

[0052] 본 발명에 따른 원편광 발광체는 다공성의 콜레스테릭 고분자 플랫폼 및 상기 콜레스테릭 고분자 플랫폼의 기공에 배치된 페로브스카이트를 포함한다. 상기 콜레스테릭 고분자 플랫폼 및 상기 페로브스카이트는 각각 π 결합을 포함하며, 상기 콜레스테릭 고분자 플랫폼과 상기 페로브스카이트의 π - π 상호작용으로 인해 상기 페로브스카이트는 카이랄성을 띤다.

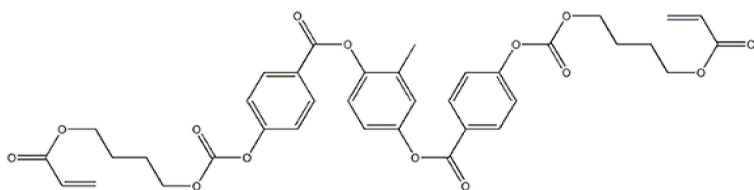
[0054] 구체적으로는 고분자 플랫폼을 구성하는 반응성 메조젠 내에 π 결합이 존재하고, 비카이랄성 페로브스카이트의 A 자리에 π 결합을 포함하는 방향족 화합물 등이 존재한다. π - π 상호작용(interaction)은 π - π 효과(effect)라고도 하며, 비공유 상호작용의 한 유형으로 π 결합의 음전하 영역이 다른 π 시스템과 정전기적으로 상호작용하는 것이다. π - π 상호작용을 통해 고분자 플랫폼과 페로브스카이트는 조화를 이룰 수 있고, 고분자 플랫폼의 카이랄 특성이 페로브스카이트에 전달되어 비카이랄성이었던 페로브스카이트에 카이랄성이 유도된다.

[0056] 고분자 플랫폼은 반응성 메조젠, 카이랄성 도펀트, 네마틱 상을 갖는 액정으로 구성될 수 있다. 반응성 메조젠의 경우 특정 온도범위에서 네마틱 상을 갖는다. 이에 카이랄성 도펀트에 의해 특정 온도에서 콜레스테릭 상을 형성할 수 있고 광경화를 통해 콜레스테릭 상의 고분자 플랫폼을 형성할 수 있다. 카이랄성 도펀트는 R 또는 S (시계 또는 반시계방향)으로 한쪽 방향으로 콜레스테릭 상을 형성할 수 있게 만드는 물질이다. 고분자 플랫폼이 콜레스테릭 상인 것은 카이랄성을 띄기 때문이며, 네마틱 상 또는 스멕틱 상은 카이랄하지 않기 때문에 콜레스테릭 상을 갖는 고분자 플랫폼을 사용한다.

[0058] 반응성 메조젠은 RM242(4-[[[4-[(1-Oxo-2-propenyl)oxy]butoxy]carbonyl]oxy]benzoic acid 2-methyl-1,4-phenylene ester) 또는 RM257(1,4-Bis[4-(3-acryloyloxypropoxy)benzoyloxy]-2-methylbenzene)일 수 있다.

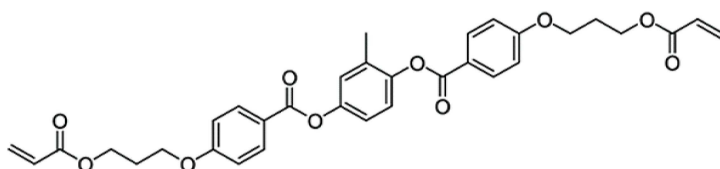
[0059] 각 물질의 구조식은 다음과 같다.

[0060] [구조식 1] RM242



[0061]

[0062] [구조식 2] RM257

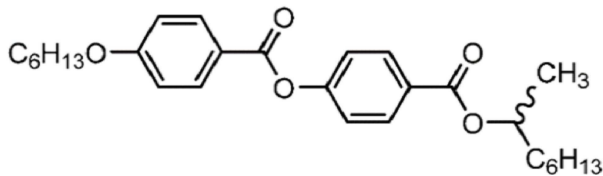


[0063]

[0064] 카이랄성 도펀트는 R811((R)-2-Octyl 4-[4-(Hexyloxy)benzoyloxy]benzoate), S811((S)-2-Octyl 4-[4-(Hexyloxy)benzoyloxy]benzoate), R1011(Benzoic Acid, 4-(trans-4-pentylcyclohexyl)-, (1R)-1-phenyl-1,2-ethanediyl Ester), S1011(Benzoic Acid, 4-(trans-4-pentylcyclohexyl)-, (1S)-1-phenyl-1,2-ethanediyl Ester), R2011([4(R)-[trans(trans)]]-1,3-Difluoro-2-[(1-methylheptyl)oxy]-5-(4'-propyl[1,1'-bicyclohexyl]-4-yl)benzene), S2011([4(S)-[trans(trans)]]-1,3-Difluoro-2-[(1-methylheptyl)oxy]-5-(4'-propyl[1,1'-bicyclohexyl]-4-yl)benzene) 중 어느 하나일 수 있다.

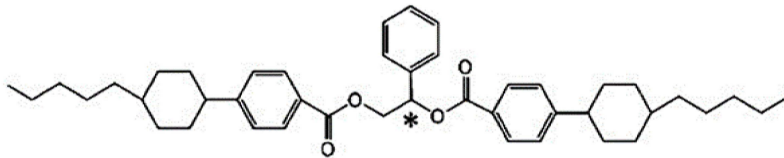
[0065] 각 물질의 구조식은 다음과 같다.

[0066] [구조식 3] R(S)811



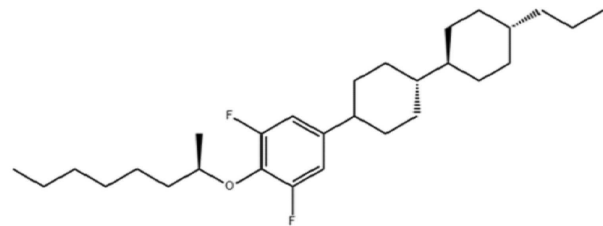
[0067]

[0068] [구조식 4] R(S)1011



[0069]

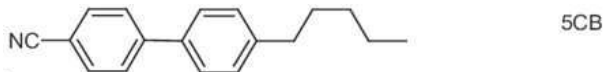
[0070] [구조식 5] R(S)2011



[0071]

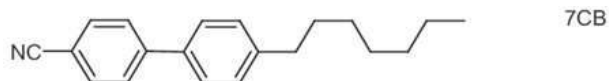
[0073] 네마틱 액정의 경우 여러 네마틱 액정의 혼합물로 이루어져 있다. 혼합물은 5CB (4'-Pentyl-4-biphenylcarbonitrile), 7CB (4'-Heptyl-4-biphenylcarbonitrile), 80CB (4'-octyl-4-biphenylcarbonitrile), 5CT (4-[4-(4-pentylphenyl)phenyl]benzonitrile) 등의 네마틱 화합물을 포함할 수 있다. 또한, 상기 네마틱 액정 화합물은 다음과 같은 구조식을 가진다. 하기 화합물들로 구성된 액정을 E7으로 명명한다.

[0074] [구조식 6]



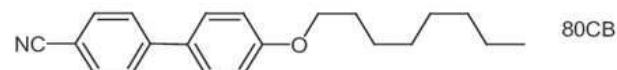
[0075]

[0076] [구조식 7]



[0077]

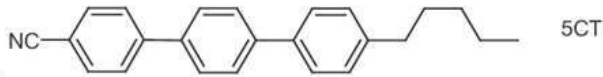
[0078] [구조식 8]



[0079]

[0080] [구조식 9]

[0081]



[0083] 상기 네마틱 액정 혼합물을 넣어주는 이유는 페로브스카이트가 들어갈 공간을 마련해주기 위함이다. 광경화를 통해 콜레스테릭 플랫폼을 형성한 뒤 고분자를 제외한 카이랄성 도펀트와 네마틱 액정을 제거한다. 그 후 페로브스카이트를 고분자 플랫폼 안에 넣게 되는데, 그 공간을 확보해주기 위해 상기 네마틱 액정을 투입한다.

[0085] 일 실시형태에 있어서, 상기 콜레스테릭 고분자 플랫폼은 반응성 메조겐(reactive mesogen)이 호스트(host)일 수 있다.

[0086] 반응성 메조겐은 고분자 플랫폼의 단량체로 반응성 메조겐의 중합을 통해 고분자 플랫폼이 형성될 수 있다. 네마틱 상인 반응성 메조겐은 카이랄 도펀트의 영향을 받아 좌회전성 또는 우회전성을 띤 나선형 구조(helicoidal structure)의 콜레스테릭 고분자 플랫폼이 중합된다.

[0087] 종래의 플랫폼에서는 반응성 메조겐이 호스트 액정 고분자를 감싸서 호스트 액정 고분자의 안정화 역할을 하였다. 반면, 본 발명에서는 반응성 메조겐이 호스트, 즉 액정 고분자 자체이다.

[0088] 액정 고분자에서 반응성 메조겐은 보통 게스트(guest)로 많이 쓰인다. 즉, 호스트인 액정을 감싸서 호스트 액정 분자를 안정화시키는 용도로 사용한다. 만약 호스트의 액정이 카이랄성을 띄고 있다면 이 경우는 고분자 자체에서의 카이랄성이 발현되지 않고, 반응성 메조겐은 카이랄성을 띄는 액정의 구조가 무너지지 않게끔 하는 지지대의 역할에 그친다. 반면에 본 발명에 따른 원편광 발광체에서는 액정 고분자(반응성 메조겐) 자체가 카이랄성을 띄며 고분자화된 것이기 때문에 액정 고분자(반응성 메조겐) 자체에서 카이랄성이 나타나게 된다.

[0090] 다공성 고분자 플랫폼을 제조할 때, 반응성 메조겐과 카이랄 도펀트의 혼합 비율을 조정하여 고분자 플랫폼 상의 기공 크기를 조절할 수 있다. 반응성 메조겐을 다량 투입하면 작고 촘촘한 기공들이 형성되고, 반응성 메조겐을 소량 투입하면 크기가 큰 기공들이 형성된다.

[0092] 일 실시형태에 있어서, 기공의 크기는 300 nm 내지 700 nm일 수 있다. 바람직하게는, 기공의 크기는 300 nm 내지 500 nm일 수 있다. 이는 콜레스테릭 상 고분자 플랫폼 상에서 콜레스테릭 구조의 한 주기(pitch)에 해당하는 값이다.

[0094] 일 실시형태에 있어서, 페로브스카이트는 하기 화학식 1 또는 화학식 2로 표시될 수 있다.

[0095] [화학식 1]

[0096] A_2BX_4

[0097] (상기 A는 벤질 아민(benzyl amine), 메틸 아민(methyl amine), 뷰틸 아민(butyl amine) 및 나프틸 아민(naphthyl amine)으로 이루어진 군에서 선택되는 어느 하나이고, 상기 B는 Pb이며, 상기 X는 Cl, Br 및 I으로 이루어진 군에서 선택되는 어느 하나이다.)

[0098] [화학식 2]

[0099] ABX_3

[0100] (상기 A는 벤질 아민(benzyl amine), 메틸 아민(methyl amine), 뷰틸 아민(butyl amine) 및 나프틸 아민(naphthyl amine)으로 이루어지는 군에서 선택되는 어느 하나이고, 상기 B는 Pb이며, 상기 X는 Cl, Br 및 I으로 이루어지는 군에서 선택되는 어느 하나이다.)

[0101] 페로브스카이트에서 A 자리의 경우 무기물과 유기물 모두 적용이 가능하다. 무기물의 경우 대표적으로 Cs가 있

다. 유기물의 경우 메틸 아민, 벤질 아민, 뷰틸 아민, 나프틸 아민 등 다양한 아민을 사용 가능하나 이에 한정되지는 않는다. 비카이랄성 페로브스카이트는 바람직하게는 유기물을 포함할 수 있으며, 유기물은 바람직하게는 벤젠고리를 포함하는 방향족 화합물일 수 있다.

[0102] 또한, 상기 표시되어 있는 화학식 외 다양한 구조의 페로브스카이트가 적용될 수 있다.

[0104] 본 발명에 따른 원편광 발광체의 제조방법은 반응성 메조겐, 카이랄 도펀트 및 네마틱 액정을 혼합하여 전구체를 생성하는 단계, 전구체를 광경화하여 다공성의 콜레스테릭 고분자 플랫폼을 형성하는 단계, 유기물을 포함하는 비카이랄성인 페로브스카이트를 합성하는 단계 및 유기물을 포함하는 비카이랄성인 페로브스카이트를 콜레스테릭 고분자 플랫폼의 기공에 투입하는 단계를 포함하고, 콜레스테릭 고분자 플랫폼의 기공에 배치된 상기 유기물을 포함하는 비카이랄성인 페로브스카이트는 카이랄성으로 전환된다.

[0106] 일 실시형태에 따라서는, 다공성의 콜레스테릭 고분자 플랫폼을 형성하는 단계 이후, 다공성의 콜레스테릭 고분자 플랫폼에서 카이랄 도펀트 및 네마틱 액정을 제거하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0107] 상기 단계를 수행하기 위해, 형성된 플랫폼을 24 시간 내지 72 시간동안 유기용매에 넣는다. 이때 유기용매는 카이랄 도펀트와 네마틱 액정을 제거하는 용도로써, 카이랄 도펀트, 네마틱 액정, 부산물(byproduct) 등 제거하고자 하는 물질들은 효과적으로 녹이고, 고분자는 녹이지 않는 아세톤 또는 에탄올을 사용할 수 있다. 유기용매에 플랫폼을 투입하는 시간이 너무 짧으면 카이랄 도펀트와 네마틱 액적이 플랫폼으로부터 빠져나올 시간이 부족할 수 있다. 다공성 고분자의 기공을 통해 유기용매가 들어가서 카이랄 도펀트와 네마틱 액정 물질을 빼낼 수 있다.

[0108] 그 후 50 ℃에서 2 시간 내지 4 시간 동안 건조시킬 수 있다. 건조 시간이 너무 짧으면 아세톤이 충분히 증발될 수 없다. 건조 공정이 완료되면 반응성 메조겐으로 구성된 콜레스테릭 고분자 플랫폼만 남게된다.

[0110] 고분자 플랫폼은 콜레스테릭 상을 가진 채로 광경화 된다. 즉 고분자 플랫폼 자체에서 카이랄성을 가지며 그 방향이 카이랄성 도펀트에 의해 R 또는 S로 나뉠 수 있다. 콜레스테릭 플랫폼을 형성하는 주요 물질은 반응성 메조겐이고, 나머지 두 물질인 카이랄성 도펀트, 네마틱 액정은 빠져나가게 되어 다공성의 플랫폼이 만들어지게 된다.

[0112] 반응성 메조겐과 카이랄 도펀트를 혼합하여 전구체를 생성하는 단계는 광경화를 통해 고분자 플랫폼을 제조하기 위한 재료로써 전구체 혼합물을 제조하는 단계이다. 여기에서 반응성 메조겐은 고분자 플랫폼의 단량체 역할을 하고, 카이랄 도펀트는 반응성 메조겐을 호스트로 하여 생성되는 고분자 플랫폼에 카이랄성을 부여한다. 이때, 반응성 메조겐과 카이랄 도펀트를 혼합하는 조성을 조절하여 원하는 크기의 기공을 갖는 고분자 플랫폼을 제조할 수 있다. 또한, 반응성 메조겐으로 사용하는 화합물은 π 결합을 보유할 수 있다.

[0114] 전구체를 광경화하여 다공성의 콜레스테릭 고분자 플랫폼을 형성하는 단계에서, 전구체는 광경화 반응을 통해 자가조립(상분리) 과정을 거쳐 다공성이고 콜레스테릭 상을 갖는 고분자 플랫폼으로 형성된다.

[0115] 광경화 반응은 콜레스테릭 상을 가진 환경에서만 가능하다. 따라서 상온에서 콜레스테릭 상을 형성하기 때문에 광경화 공정은 주변환경과 동일한 환경 하에서 진행된다.

[0116] 용기에 전구체 물질들을 주입하고 광경화를 진행하여 고분자 플랫폼을 합성한다. 용기는 셀이라고도 표현하며, ITO(Indium Tin Oxide), Bare, 석영 유리(Quartz glass) 모두 사용이 가능하다. 용기의 형태에 맞게 광경화된 고분자 플랫폼은 필름 형태로 제작될 수 있다.

[0118] 유기물을 포함하는 비카이랄성인 페로브스카이트를 합성하는 단계에서, 비카이랄성인 페로브스카이트는 유기물 및 무기물을 포함하는 하이브리드 유무기 페로브스카이트로 합성한다. 페로브스카이트의 A 자리에 유기물, 특히 π 결합을 포함하는 유기물을 사용하여 페로브스카이트를 제조한다. 이로 인해 비카이랄성인 페로브스카이트는

고분자 플랫폼과 상호작용(interaction)을 통해 고분자 플랫폼의 카이랄성과 같은 특성을 부여받을 수 있다. 고분자 플랫폼으로부터 특성을 부여받아 카이랄성이 된 페로브스카이트는 여전히 고분자 플랫폼과 상호작용을 하고, 카이랄성 페로브스카이트와 고분자 플랫폼은 π 결합을 유지한다.

[0120] 유기물을 포함하는 비카이랄성인 페로브스카이트를 상기 콜레스테릭 고분자 플랫폼의 기공에 투입하는 단계로, 콜레스테릭 고분자 플랫폼 상에 페로브스카이트를 코팅할 수 있다. 보다 구체적으로는 코팅 공정을 위해 콜레스테릭 고분자는 필름 형태로 준비하고, 합성된 페로브스카이트는 DMF 등의 용매에 녹여 용액 상태로 준비하며, 바람직하게는 스핀코팅을 수행할 수 있다. 이때 고분자 플랫폼 내부의 기공 크기가 페로브스카이트가 들어갈 만큼 충분한 크기이기 때문에 페로브스카이트는 고분자 내부로 삽입될 수 있다.

[0121] 고분자 플랫폼에 페로브스카이트를 코팅하는 공정은 상세하게는, 페로브스카이트 페로브스카이트를 용매에 녹인 후 스핀코팅으로 고분자 상에 증착하고, 어닐링(annealing) 과정을 통해 용매를 날려주는 과정을 통해 진행한다.

[0122] 이때, 스핀코팅의 속도는 2000 rpm 내지 4000 rpm으로 진행한다. 속도가 너무 느리면 페로브스카이트의 증착 두께가 너무 두꺼워져 고분자 플랫폼 위에 쌓여 정확한 측정이 어려워지고, 속도가 너무 빠르면 페로브스카이트가 너무 얇게 증착될 수 있다. 어닐링은 70 °C 내지 110 °C로 약 10분간 진행한다. 어닐링 온도가 너무 낮으면 용매를 제거하는 데 너무 오랜시간이 낭비되고, 반대로 온도가 너무 높으면 페로브스카이트 결정이 열화될 수 있다.

[0124] 이와 달리 예를 들어, 고분자 광경화를 진행한 후 고분자 상에 페로브스카이트를 쌓아 올리는 등 콜레스테릭 고분자와 페로브스카이트를 단순 적층하는 경우에는 플랫폼을 구성하는 물질 중 일부를 회수하거나 제거하기 않으므로 페로브스카이트 결정이 삽입될만한 공간이 생성되지 않는다.

[0126] 한편, 콜레스테릭 액정은 각 층마다 방향자(director)를 가지는 동시에, 인접한 층마다 그 방향자 배열이 비틀어지면서 나선형으로 회전하는 층상 구조 형태를 지니고 있다. 이로 인해 액정을 전체적으로 보면, 우회전성(dextrorotatory) 또는 좌회전성(levorotatory) 방향으로 꼬여 있는 구조를 띄고 있다. 나선 구조가 한 번 회전하는 동안의 거리는 피치(pitch)로, 피치 길이에 따라 반사되는 파장을 바꿀 수 있다. 일반적으로 콜레스테릭 액정의 피치는 사용하는 카이랄 특성을 갖는 액정의 종류에 따라 결정이 되지만, 본 발명과 같이 회전을 주는 카이랄 도펀트를 특정 비율로 혼합하여 생성되는 고분자 플랫폼의 피치 길이를 조절할 수 있다. 즉, 가시광선 영역에서 선택 반사(selective reflection)의 피치 조절을 통해 광학적 밴드갭(optical bandgap)을 변경할 수 있다.

[0128] 일 실시형태에 있어서, 반응성 메소겐, 카이랄 도펀트 및 네마틱 액정은 40 내지 50 : 20 내지 35 : 15 내지 40의 중량 비율로 혼합할 수 있다.

[0130] 또한, 다공성 고분자 제조 시 반응성 메소겐의 혼합 비율에 따라 다공성 고분자 플랫폼 상의 기공 크기를 조절할 수 있다. 반응성 메소겐을 많이 혼합하면 이후 제거할 카이랄 도펀트와 네마틱 액정의 양이 상대적으로 줄어들어 기공의 크기가 작고 촘촘한 다공성 플랫폼이 생성된다. 반대로, 반응성 메소겐을 상대적으로 적게 혼합하면 기공의 크기가 큰 다공성 플랫폼이 형성된다.

[0132] 일 실시형태에 있어서, 상기 기공의 크기는 300nm 내지 700nm일 수 있다. 바람직하게는 기공의 크기는 300 nm 내지 500 nm일 수 있다. 이는 콜레스테릭 상 고분자 플랫폼 상에서 콜레스테릭 구조의 한 주기(pitch)에 해당하는 값이다.

[0133] 기공의 크기가 300nm 미만으로 너무 작으면 페로브스카이트가 고분자 플랫폼 내부로 들어가는 데 어려움이 있어 카이랄성을 부여받을 수 없다. 기공의 크기가 700nm를 초과하면 다량의 페로브스카이트 결정이 투입되게 된다.

이에 따라 페로브스카이트 결정이 고분자 플랫폼의 콜레스테릭 상을 따라 위치되는 데 어려움이 따르고, 이로 인해 페로브스카이트는 카이랄성을 부여받지 못하여 페로브스카이트의 카이랄성이 발현되지 않을 수 있다.

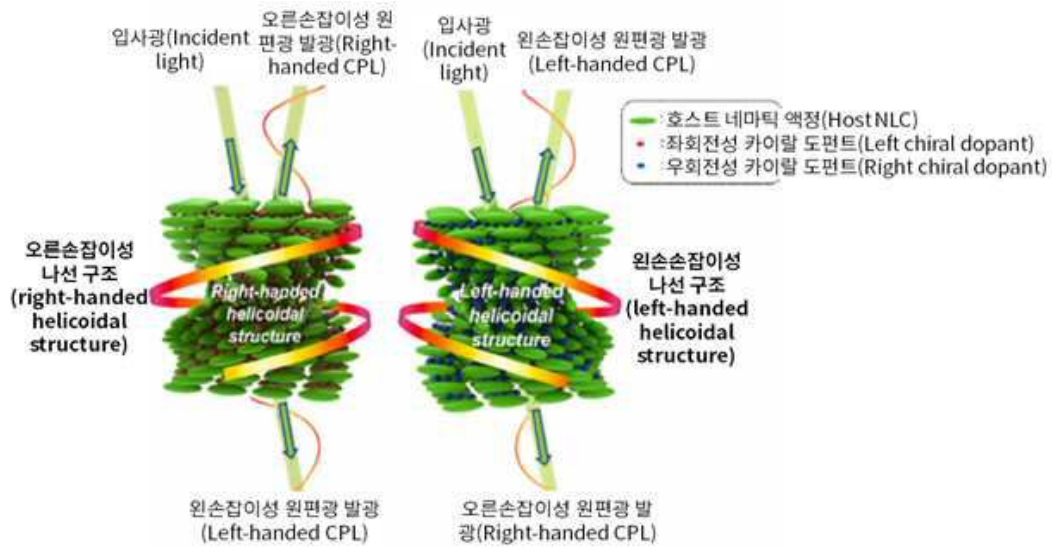
- [0135] 일 실시형태에 있어서, 유기물을 포함하는 비카이랄성인 페로브스카이트는 하기 화학식 1 또는 화학식 2로 표시되는 것일 수 있다.
- [0136] [화학식 1]
- [0137] A_2BX_4
- [0138] (상기 A는 벤질 아민(benzyl amine), 메틸 아민(methyl amine), 부틸 아민(butyl amine) 및 나프틸 아민(naphthyl amine)으로 이루어진 군에서 선택되는 어느 하나이고, 상기 B는 Pb이며, 상기 X는 Cl, Br 및 I으로 이루어진 군에서 선택되는 어느 하나이다.)
- [0139] [화학식 2]
- [0140] ABX_3
- [0141] (상기 A는 벤질 아민(benzyl amine), 메틸 아민(methyl amine), 부틸 아민(butyl amine) 및 나프틸 아민(naphthyl amine)으로 이루어지는 군에서 선택되는 어느 하나이고, 상기 B는 Pb이며, 상기 X는 Cl, Br 및 I으로 이루어지는 군에서 선택되는 어느 하나이다.)
- [0142] 유기물을 포함하는 비카이랄성 페로브스카이트에서 유기물은 바람직하게는 방향족 화합물일 수 있다.
- [0144] 일 실시형태에 있어서, 상기 콜레스테릭 고분자 플랫폼 및 상기 유기물을 포함하는 비카이랄성인 페로브스카이트는 각각 π 결함을 포함한다. 콜레스테릭 고분자 플랫폼과 유기물을 포함하는 비카이랄성인 페로브스카이트의 π - π 상호작용을 통해 고분자 플랫폼과 페로브스카이트는 조화를 이루어 비카이랄성이었던 페로브스카이트가 카이랄성으로 전환될 수 있다.
- [0146] 고분자 플랫폼 내에서 카이랄성이 구현된 페로브스카이트는 원편광 발광을 한다. 원편광 이색성(CD; Circular Dichroism) 측정 시 순수한 페로브스카이트는 카이랄성이 없기 때문에 CD 값이 검출되지 않는다. 하지만, 카이랄성이 있는 고분자 플랫폼 내의 페로브스카이트는 플랫폼의 영향을 받아 페로브스카이트가 카이랄성을 나타내게 되므로 CD 값이 명확하고 강하게 검출된다.
- [0147] 본 발명에 따른 원편광 발광체는 페로브스카이트 자체에 카이랄성을 부여받는다. 이는 비카이랄성 페로브스카이트가 발하는 빛이 고분자 플랫폼을 통과하며 원편광 필터링되는 종래기술과 달리 비카이랄성 페로브스카이트가 카이랄성으로 변환되는 것이므로 자체 카이랄 특성을 통해 원편광 이색성(CD)이 검출될 수 있다.
- [0149] 도 1은 고분자 플랫폼을 나타낸 모식도이다.
- [0150] 도 1을 참고하면, 초록색 결정은 호스트 네마틱 액정(nematic liquid crystal; NLC), 빨간색 구는 좌회전성 카이랄 도펀트(Left chiral dopant), 파란색 구는 우회전성 카이랄 도펀트(Right chiral dopant)를 나타낸다.
- [0151] 네마틱 액정 화합물과 좌회전성 카이랄 도펀트로 구성된 콜레스테릭 고분자 플랫폼은 오른손잡이성 나선 구조(right-handed helicoidal structure)를 나타낸다. 빛이 오른손잡이성 나선 구조의 콜레스테릭 고분자 플랫폼에 입사하면 오른손잡이성 원편광 발광(circularly polarized luminescence; CPL)하는 빛은 반사되고, 왼손잡이성 원편광 발광하는 빛은 통과한다.
- [0152] 네마틱 액정 화합물과 우회전성 카이랄 도펀트로 구성된 콜레스테릭 고분자 플랫폼은 왼손잡이성 나선 구조(left-handed helicoidal structure)를 나타낸다. 빛이 왼손잡이성 나선 구조의 콜레스테릭 고분자 플랫폼에 입사하면 왼손잡이성 원편광 발광(circularly polarized luminescence; CPL)하는 빛은 반사되고, 오른손잡이성 원편광 발광하는 빛은 통과한다.

- [0154] 도 2는 고분자 플랫폼에 투입하고자 하는 페로브스카이트의 모식도이다.
- [0155] 상기 페로브스카이트의 화학식은 이차원 구조의 A_2BX_4 로 A는 벤질 아민(Benzyl amine), B는 Pb, X는 I가 사용되었다. A는 방향족 화합물로 벤젠 고리를 가지므로 고분자 플랫폼과 $\pi-\pi$ 상호작용을 할 수 있다.
- [0157] 도 3a는 원편광 발광체를 나타낸 모식도이다.
- [0158] 도 3a를 참고하면, 콜레스테릭 상의 고분자 플랫폼(갈색으로 표시)의 기공 내부에 페로브스카이트(녹색 및 검정색으로 표시)가 존재한다. 고분자 플랫폼의 기공은 카이랄성 도펀트와 네마틱 액정이 빠져나간 자리로, 고분자가 도 3과 같이 적층된 형태로 정렬될 수도 있으나, 어느 방향으로든 고분자 줄기가 형성될 수 있으며 엮혀 있는 형태를 가질 수도 있다. 고분자 플랫폼과 페로브스카이트의 상호작용을 통해 고분자 플랫폼의 카이랄성을 페로브스카이트가 전달 받아 비카이랄성에서 카이랄성으로 전환될 수 있다.
- [0160] 페로브스카이트는 고분자 플랫폼의 비어 있는 기공을 채우는 형태로 위치하고 있다. 도 3b와 도 3c는 각각 고분자 플랫폼과, 고분자 플랫폼에 페로브스카이트를 채워 넣은 SEM 이미지이다. 도 3b를 참고하면, 다공성의 구조를 갖는 것을 확인할 수 있다. 도 3c를 참고하면, 고분자 플랫폼의 다공성 구조를 페로브스카이트가 채운 형태를 확인할 수 있다. 또한, 도 3a 및 3b는 각각 같은 배율로 촬영한 이미지로, 기공의 크기는 300~500nm임을 확인할 수 있다.
- [0162] 이하, 실시예를 통하여 본 발명을 보다 상세히 설명하고자 한다. 이들 실시예는 본 발명을 보다 구체적으로 설명하기 위한 것으로 본 발명의 범위가 이들 실시예에 의해 한정되는 것은 아니다.
- [0164] **[준비예 1] 고분자 플랫폼 합성 재료**
- [0165] 반응성 메조겐으로는 RM242를 준비하였고, 카이랄 도펀트는 S811 및 R811을 준비하였으며, 네마틱 액정은 E7을 준비하였고, E7은 5CB, 7CB, 80CB 및 5CT 화합물이 각각 51 중량%, 25 중량%, 16 중량%, 8 중량%의 비율을 갖는 혼합물이다.
- [0166] 상기 재료들은 모두 Jiangsu Hengcheng Display Technology Co.,Ltd.에서 구입하였다.
- [0168] **[준비예 2] 비카이랄성 페로브스카이트 합성**
- [0169] 산화납(PbO), 벤질아민(benzylamine), HI(hydrogen iodide) 용액을 A_2BX_4 의 비율에 맞추어 일정량을 혼합하였다. 90 °C에서 혼합 용액이 노란 색이 될 때 까지 오랜시간 교반시켰다. 그 후 상온으로 천천히 식혀 페로브스카이트 결정을 형성시켰다.
- [0171] **[실시예 1] (R)-페로브스카이트를 포함하는 고분자 플랫폼 합성**
- [0172] 반응성 메조겐 RM242와 카이랄 도펀트 R811 및 네마틱 액정 E7을 45 : 30 : 25 중량비로 혼합하였다. 혼합한 전구체를 10 μm 간격의 두 기관으로 구성된 셀(20X20mm)에 주입하였다. 365nm 파장의 자외선 램프(UV lamp) 하에서 약 5분 정도 광경화 과정을 수행하여 고분자를 합성하였다. 고분자를 24 시간 동안 아세톤에 투입하고, 50 °C에서 3 시간의 건조 과정을 거쳐 카이랄 도펀트와 네마틱 액정을 제거하였다. 이후 두 기관을 분리하여 한쪽 기관 위에 형성된 고분자 필름을 얻었다.
- [0173] 준비예 2에서 합성한 페로브스카이트를 DMF에 녹여 준비하였다.
- [0174] 고분자 필름 상에 페로브스카이트를 3000 rpm으로 스핀코팅한 후, 80 °C에서 10분간 어닐링하여 DMF를 제거하였다.

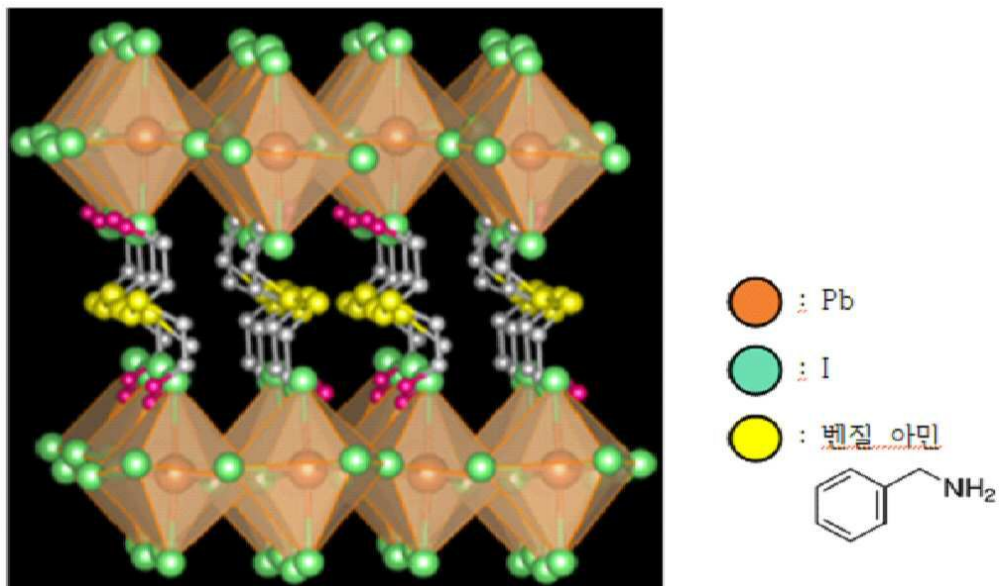
- [0175] 내부에 (R)-페로브스카이트를 포함하는 고분자 플랫폼을 얻었다.
- [0177] **[실시예 2] (S)-페로브스카이트를 포함하는 고분자 플랫폼 합성**
- [0178] 카이랄 도펀트로 R811 대신 S811을 사용한 것을 제외하고는 실시예 1과 동일하게 진행하여 내부에 (S)-페로브스카이트를 포함하는 고분자 플랫폼을 형성하였다.
- [0180] 본 명세서에서 순수 페로브스카이트는 고분자 플랫폼에 투입하기 전의 비카이랄성 페로브스카이트를 뜻하고, (R)-페로브스카이트와 (S)-페로브스카이트는 서로 반대 방향성을 갖는 카이랄성 페로브스카이트를 포함하는 고분자 플랫폼을 의미한다.
- [0182] 도 4a는 준비예 1의 XRD 그래프, 도 4b는 실시예 1 및 실시예 2의 XRD 그래프이다.
- [0183] 도 4a를 참고하면, 유기물을 포함하는 비카이랄성 페로브스카이트를 합성하고 XRD 측정한 그래프로 페로브스카이트의 특성을 나타내는 피크가 잘 나오는 것을 확인할 수 있다.
- [0184] 도 4b를 참고하면, 페로브스카이트를 포함하고, 서로 반대인 방향성을 나타내는 고분자 플랫폼(실시예 1, 2)의 XRD를 측정한 그래프이다. 순수 페로브스카이트(도 4a)와 동일한 패턴의 피크를 갖는 것으로 보아 고분자 플랫폼 안에 페로브스카이트가 성공적으로 위치했음을 알 수 있다. 또한, 고분자 플랫폼 내의 페로브스카이트와 순수 페로브스카이트의 차이가 없음을 알 수 있다.
- [0186] 도 5는 준비예 1, 실시예 1 및 실시예 2의 페로브스카이트의 PL(photoluminescence, 광 발광) 스펙트럼을 나타낸 그래프이다.
- [0187] PL 스펙트럼은 페로브스카이트의 발광특성을 알아보기 위해 측정하였다. 도 5를 참고하면, 순수 페로브스카이트와 고분자 플랫폼 내의 카이랄 페로브스카이트의 발광특성은 거의 동일하여 고분자 플랫폼 내에서도 페로브스카이트의 광학적 특성이나 성질이 변하지 않고 잘 보존된다는 것을 보여준다.
- [0189] 도 6a는 준비예 1의 원편광 이색성(CD)를 측정한 그래프이다.
- [0190] 도 6b는 실시예 1 및 실시예 2의 원편광 이색성(CD)를 측정한 그래프이다.
- [0191] 도 6a를 참고하면, 순수 페로브스카이트는 비카이랄성이기 때문에 CD가 측정되지 않는 것을 확인할 수 있다. 반면, 도 6b를 참고하면, 카이랄 플랫폼 내부의 페로브스카이트는 서로 반대 방향의 뚜렷한 CD 피크를 나타내므로 카이랄성을 나타낸다는 것을 확인할 수 있다. 실시예 1은 R 방향, 실시예 2는 S 방향으로 각각 흡수된다.
- [0193] 도 7은 준비예 1, 실시예 1 및 실시예 2의 원편광발광(CPL)을 측정한 그래프이다.
- [0194] 검정선은 고분자 플랫폼 안에 들어있지 않은 페로브스카이트이고, 빨간선과 파란선은 각각 R 방향, S 방향의 플랫폼에서 원편광발광을 측정하여 나타낸 것이다. 도 7을 참고하면, 시계 방향(R)과 반시계 방향(S) 원편광발광의 차이가 나타나며, 두 그래프가 서로 대칭 구조를 이루고 있고, 이는 각각 R 방향 및 S 방향으로 각각 원편광 발광이 일어난다는 것을 시사한다.
- [0196] 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 아니되며, 후술하는 특허청구범위뿐 아니라 이 특허청구범위와 균등한 것들에 의해 정해져야 한다.

도면

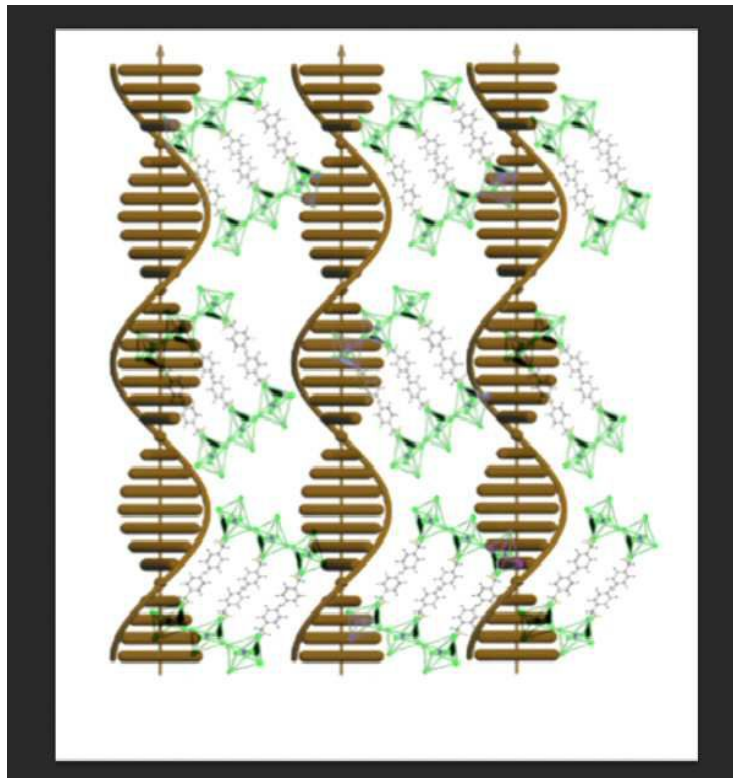
도면1



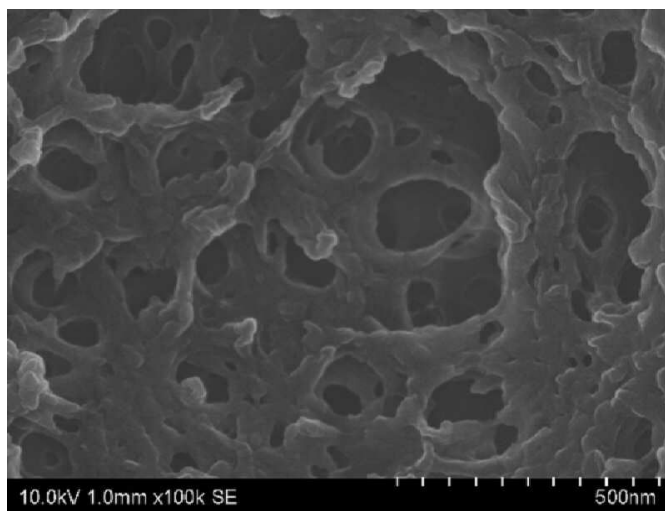
도면2



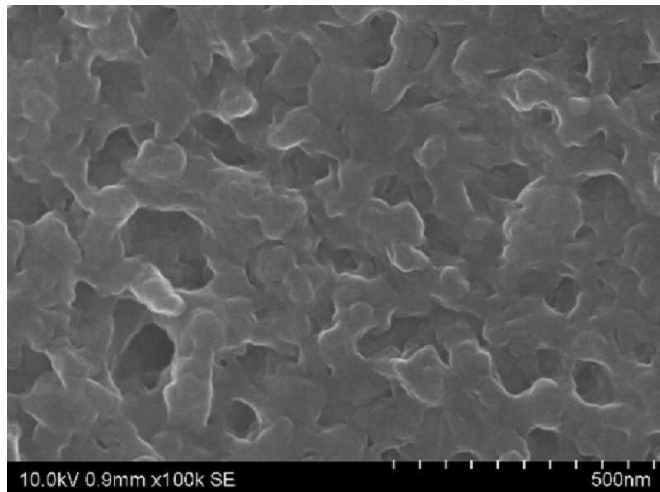
도면3a



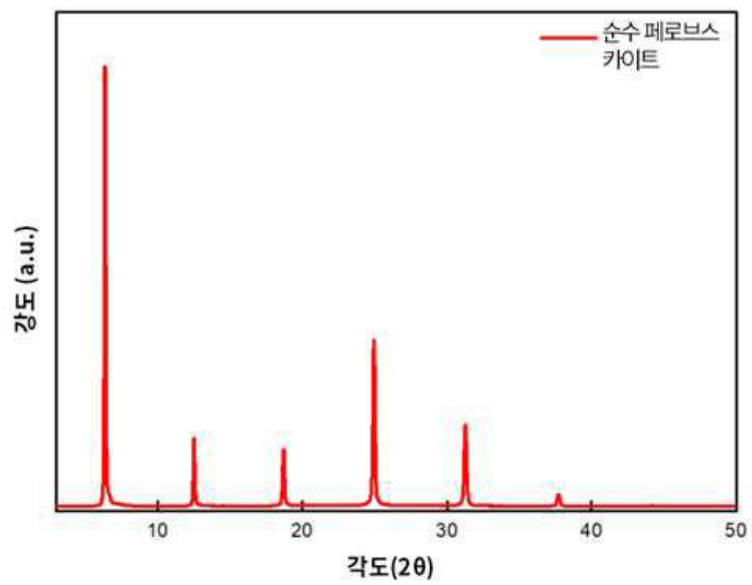
도면3b



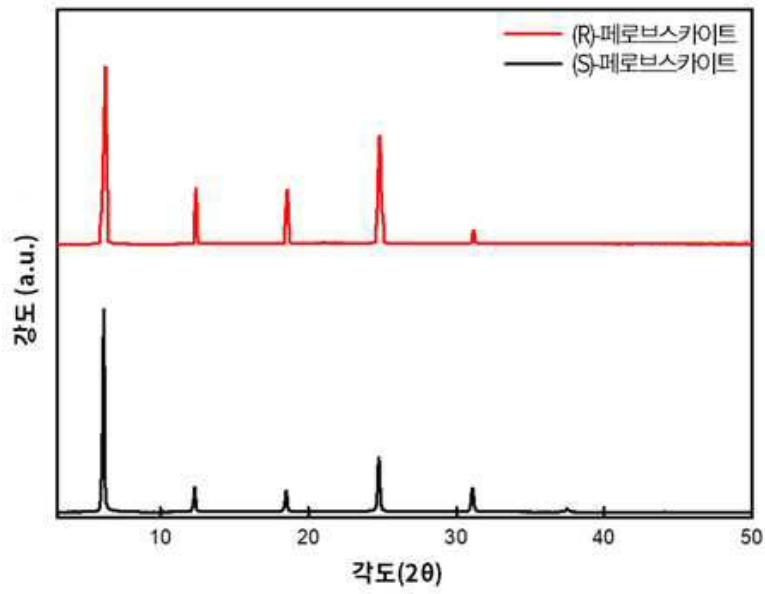
도면3c



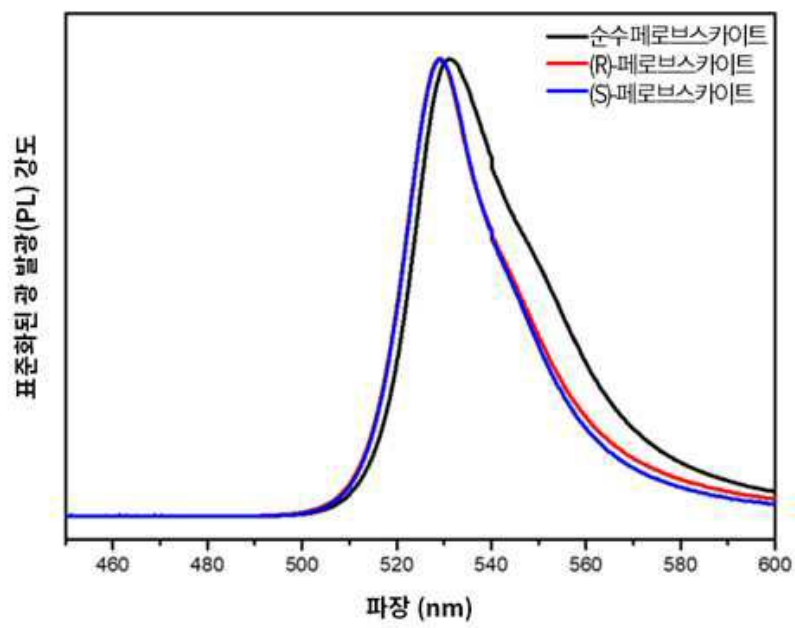
도면4a



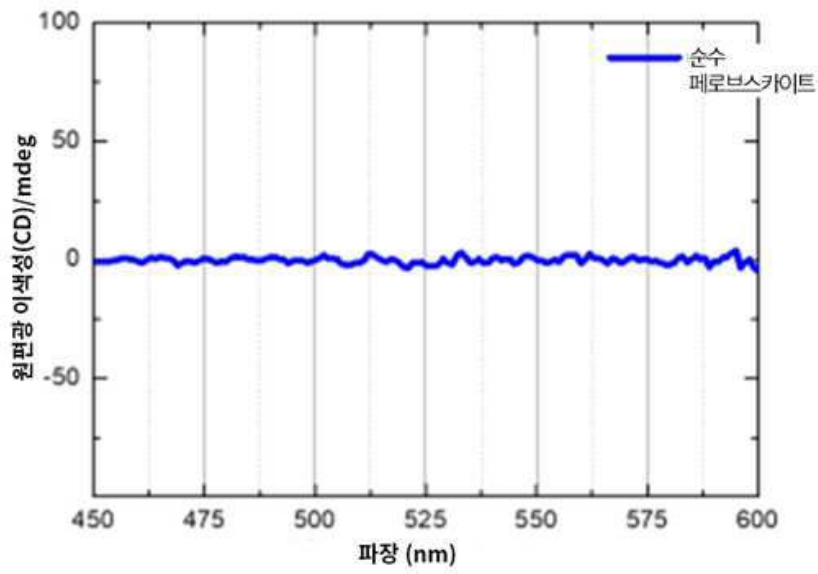
도면4b



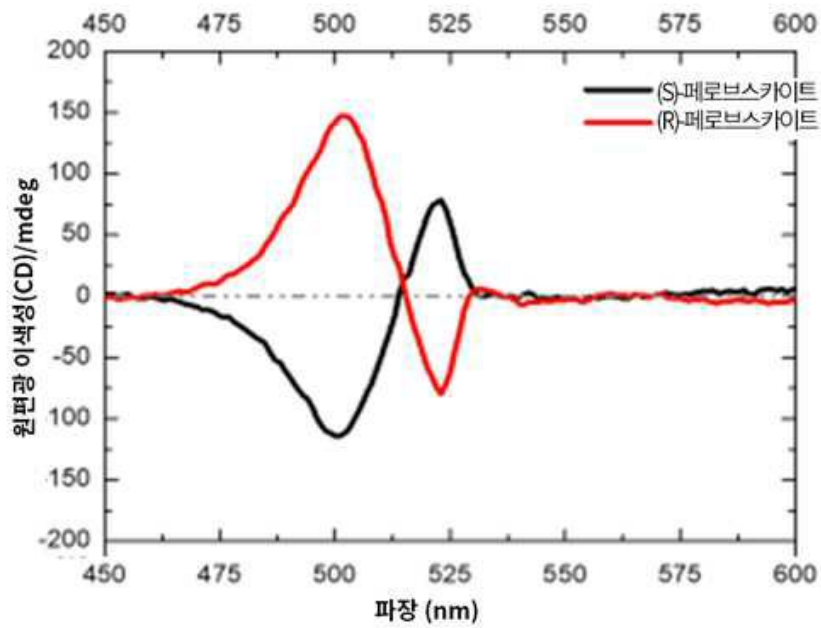
도면5



도면6a



도면6b



도면7

