



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2023-0053401
(43) 공개일자 2023년04월21일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

C08F 222/14 (2006.01) C08F 2/44 (2006.01)
C08F 2/50 (2006.01) C08F 222/10 (2006.01)
C08K 5/134 (2006.01) C09K 19/02 (2006.01)
H01L 31/054 (2014.01)

(52) CPC특허분류

C08F 222/14 (2022.08)
C08F 2/44 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2021-0136863

(22) 출원일자 2021년10월14일

심사청구일자 2021년10월14일

(71) 출원인

경희대학교 산학협력단

경기도 용인시 기흥구 덕영대로 1732 (서천동, 경희대학교 국제캠퍼스내)

(72) 발명자

최석원

경기도 수원시 영통구 센트럴파크로 100, 6404동 2403호

배상욱

서울 송파구 송파대로 345 헬리오시티 아파트 10 5동 2604호

(74) 대리인

특허법인 천지

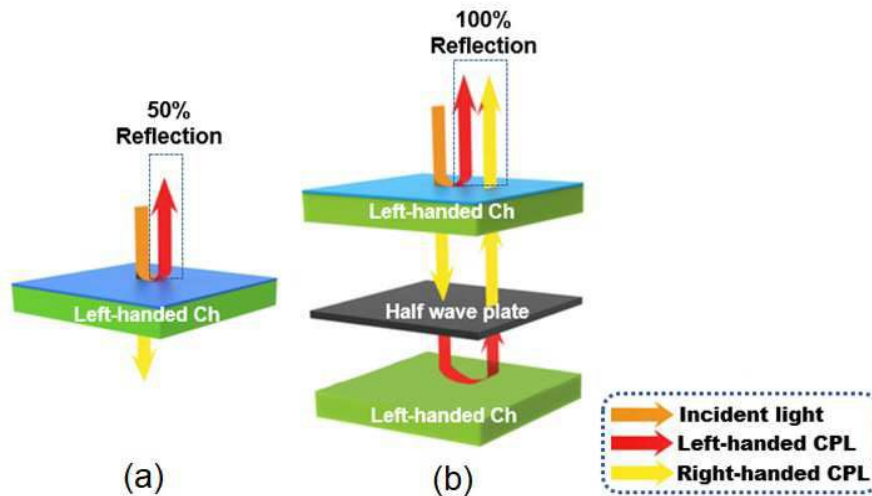
전체 청구항 수 : 총 13 항

(54) 발명의 명칭 광학필름 및 이를 포함하는 컬러 태양전지

(57) 요약

본 발명은 광학필름 및 이를 포함하는 컬러 태양전지에 관한 것으로서, 구체적으로 트리메틸올프로판트리아크릴레이트(Trimethylolpropane triacrylate)를 첨가하여 색 구현과 함께 높은 광투과도를 가진 광학필름 및 효율이 우수한 컬러 태양전지에 관한 것이다.

대표도 - 도3



(52) CPC특허분류

C08F 2/50 (2013.01)
C08F 222/103 (2022.08)
C08K 5/1345 (2013.01)
C09K 19/0208 (2013.01)
H01L 31/054 (2015.01)
Y02E 10/50 (2020.08)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711113679
과제번호	2019R1F1A1058751
부처명	교육부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	개인기초연구(과기정통부)(R&D)
연구과제명	레이저 공진기용 자기조립 카이럴 액정초분자 구조체에 관한 연구
기 여 율	0.4/1
과제수행기관명	경희대학교 산학협력단
연구기간	2019.06.01 ~ 2022.02.28

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1345321158
과제번호	2020R1A6A1A03048004
부처명	교육부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	이공학학술연구기반구축(R&D)
연구과제명	미래형 친환경 디스플레이 기술 연구
기 여 율	0.4/1
과제수행기관명	경희대학교 산학협력단
연구기간	2020.06.01 ~ 2021.02.28

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1345311787
과제번호	2019R1A6C101052
부처명	교육부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	이공학학술연구기반구축(R&D)
연구과제명	기초연구역량강화사업(핵심연구지원센터조성사업)
기 여 율	0.2/1
과제수행기관명	경희대학교 산학협력단
연구기간	2021.03.01 ~ 2022.02.28

명세서

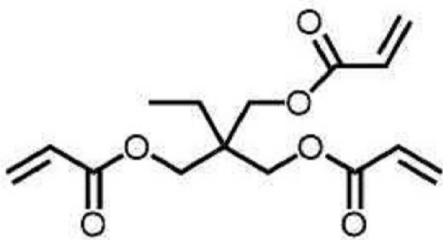
청구범위

청구항 1

트리메틸올프로판트리아크릴레이트(Trimethylolpropane triacrylate);
네마틱상(nematic phase)을 갖는 반응성 액정 단량체(Reactive mesogens);
카이랄 도펀트(Chiral dopant); 및
광개시제;를 포함하는, 광학필름용 조성물.

청구항 2

제1항에 있어서,
상기 트리메틸올프로판트리아크릴레이트는 하기 화학식 1로 표시되는, 광학필름용 조성물:
[화학식 1]



청구항 3

제1항에 있어서,
상기 트리메틸올프로판트리아크릴레이트를 1 내지 6 중량% 포함하는, 광학필름용 조성물.

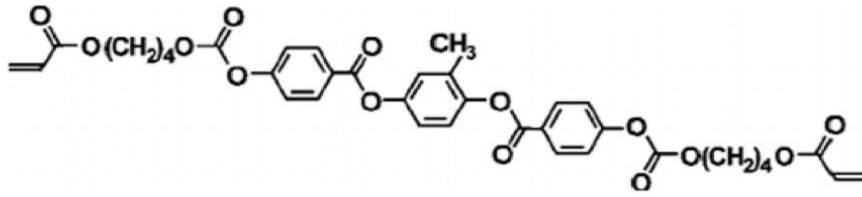
청구항 4

제1항에 있어서,
상기 반응성 액정 단량체는 아크릴레이트기를 말단기로 포함하는 구조인, 광학필름용 조성물.

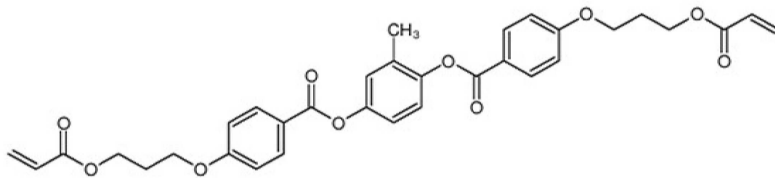
청구항 5

제4항에 있어서,
상기 반응성 액정 단량체는 하기 화학식 2 내지 4로 표시되는 화합물 중 1종 이상을 포함하는, 광학필름용 조성물:

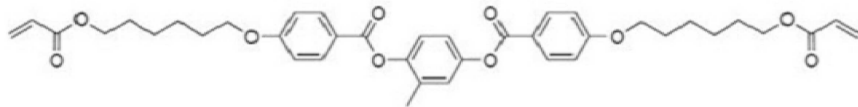
[화학식 2]



[화학식 3]



[화학식 4]



청구항 6

제1항에 있어서,

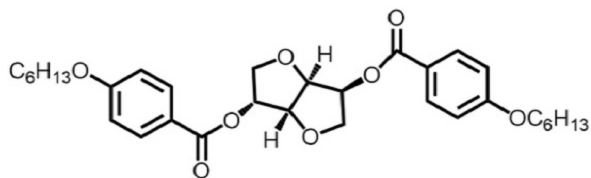
상기 카이랄 도펀트는 오른쪽카이랄도펀트(right chiral dopant) 또는 왼쪽카이랄도펀트(left chiral dopant) 중 1종만을 포함하는, 광학필름용 조성물.

청구항 7

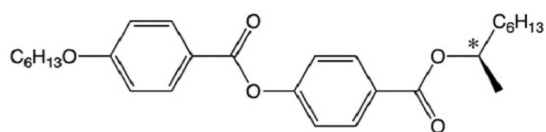
제1항에 있어서,

상기 카이랄 도펀트는 하기 화학식 5 내지 9로 표시되는 화합물 중 1종 이상을 포함하는, 광학필름용 조성물:

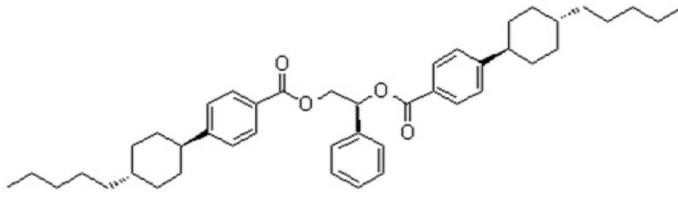
[화학식 5]



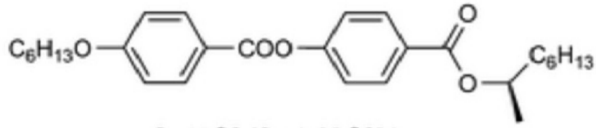
[화학식 6]



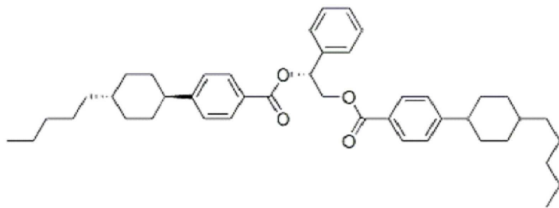
[화학식 7]



[화학식 8]



[화학식 9]



청구항 8

제1항에 있어서,

상기 트리메틸올프로판트리아크릴레이트(TMPTA) 2 내지 4 중량%;

상기 네마틱상을 갖는 반응성 액정 단량체 및 카이랄 도펀트(Chiral dopant)의 합이 94 내지 97 중량%; 및

상기 광개시제 0.5 내지 2 중량%;를 포함하는, 광학필름용 조성물.

청구항 9

제1항 내지 제8항 중 어느 한 항의 광학필름용 조성물이 경화된, 광학필름.

청구항 10

제9항에 있어서,

두께가 5 내지 20 μm 인, 광학필름.

청구항 11

태양전지; 및

상기 태양전지 상에 마련된 제9항의 광학필름;을 포함하는 컬러 태양전지.

청구항 12

제9항의 제1 광학필름;

상기 제1 광학필름 상에 마련된 위상지연자필름; 및

상기 위상지연자필름 상에 마련된 제9항의 제2 광학필름;을 포함하며,

상기 제1 광학필름 및 제2 광학필름의 나선형 구조(helical structure)의 회전 방향은 동일한, 광학필름 적층체.

청구항 13

태양전지; 및

상기 태양전지 상에 마련된 제12항의 광학필름 적층체;를 포함하는 고선명 컬러 태양전지.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 선명한 색 구현이 가능하면서도 광 투과율이 높은 광학필름 및 광효율이 우수한 컬러 태양전지에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 최근 신재생에너지에 대한 높은 관심 속, 특히나 각광 받고 있는 태양전지분야에서 하나의 이슈로 떠오르는 것이 바로 빌딩부착형 태양전지이다. 이와 함께 빌딩부착형 태양전지를 이용한 제로에너지소비도시가 주목 받고 있다. 빌딩부착형 태양전지가 활성화되고 제로에너지소비도시가 실현하기 위해 필요한 것 중 하나가 빌딩부착형 태양전지에 색과 유연성을 부여하는 일이다. 일반적인 태양전지는 단순히 검은색상을 띄고 있기에 매우 단조로우며 도시의 특징을 만들기에는 매우 부족하다. 따라서 태양전지의 효율저감은 최소화시키면서도 다양하고 아름다운 색을 나타낼 수 있으며, 건물의 다양한 형태에도 적합하게 부착이 가능한 유연한 장치의 개발을 필요로 하고 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0003] 본 발명의 목적은 색 구현이 가능하면서 광 투과율이 우수한 광학필름을 제공하는 것이다.

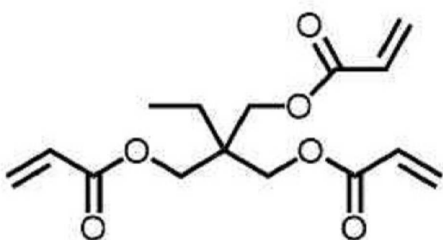
[0004] 본 발명의 또 다른 목적은 태양전지의 효율이 우수하게 유지되면서도 색 구현이 가능하여, 태양전지가 사용되는 공간의 색감을 통한 생동감을 줄 수 있는 컬러 태양전지를 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0005] 상기 목적을 달성하기 위해, 본 발명의 일 측면에 따른 광학필름용 조성물은 트리메틸올프로판트리아크릴레이트(Trimethylolpropane triacrylate), 네마틱상(nematic phase)을 갖는 반응성 액정 단량체(Reactive mesogens), 카이랄 도펀트(Chiral dopant) 및 광개시제를 포함한다.

[0006] 상기 트리메틸올프로판트리아크릴레이트는 하기 화학식 1로 표시될 수 있다.

[0007] [화학식 1]

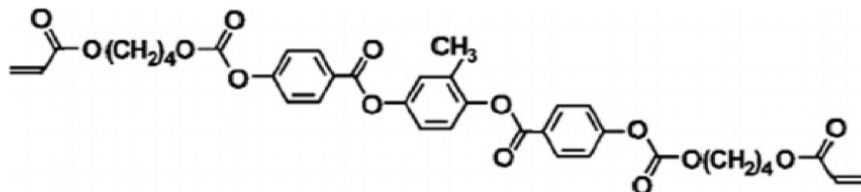


[0008]

[0009] 상기 광학필름용 조성물은 트리메틸올프로판트리아크릴레이트는 1 내지 6 중량%, 바람직하게는 2 내지 4 중량% 포함할 수 있다.

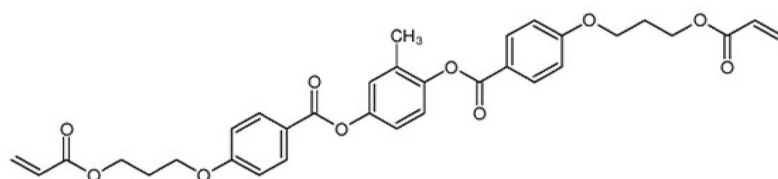
[0010] 상기 반응성 액정 단량체는 아크릴레이트기를 말단기로 포함할 수 있으며, 하기 화학식 2 내지 4로 표시되는 화합물 중 1종 이상을 포함할 수 있다.

[0011] [화학식 2]



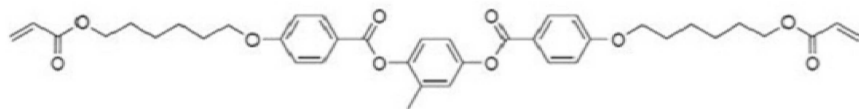
[0012]

[0013] [화학식 3]



[0014]

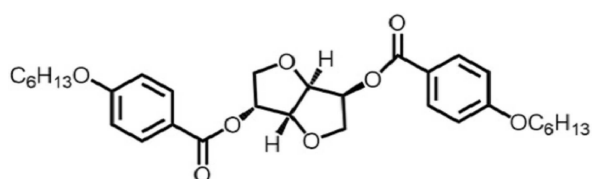
[0015] [화학식 4]



[0016]

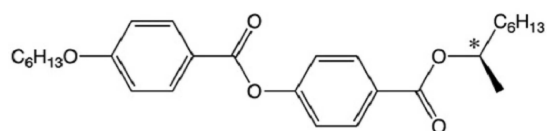
[0017] 상기 카이랄 도펀트는 오른쪽카이랄도펀트(right chiral dopant) 또는 왼쪽카이랄도펀트(left chiral dopant) 중 1종만을 포함할 수 있으며, 하기 화학식 5 내지 9로 표시되는 화합물 중 1종 이상을 포함할 수 있다.

[0018] [화학식 5]



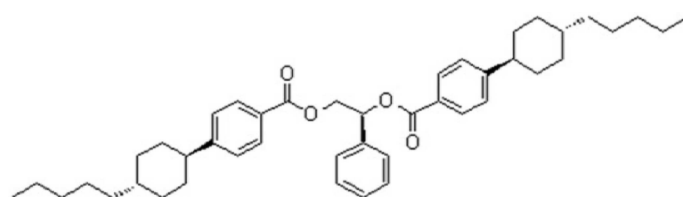
[0019]

[0020] [화학식 6]



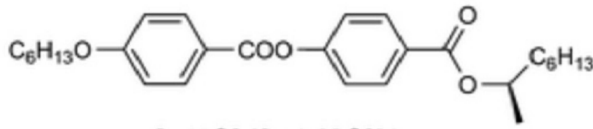
[0021]

[0022] [화학식 7]



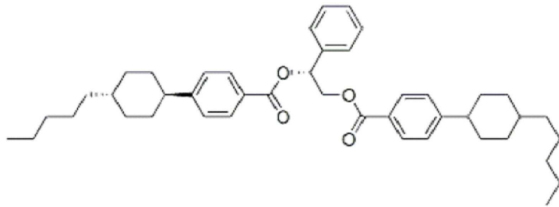
[0023]

[0024] [화학식 8]



[0025]

[0026] [화학식 9]



[0027]

[0028] 상기 광학필름용 조성물은 구체적으로 상기 트리메틸올프로판트리아크릴레이트(TMPTA) 2 내지 4 중량%, 상기 네마틱상을 갖는 반응성 액정 단량체 및 카이랄 도펀트(Chiral dopant)의 합이 94 내지 97 중량% 및 상기 광개시제 0.5 내지 2 중량%를 포함할 수 있다.

[0029] 본 발명의 다른 일 측면에 따른 광학필름은 상기 광학필름용 조성물이 경화된 것이며, 두께는 5 내지 20 μm 일 수 있다.

[0030] 본 발명의 또 다른 일 측면에 따른 컬러 태양전지는 태양전지 및 상기 태양전지 상에 마련된 상기 광학필름을 포함하는 것이다.

[0031] 본 발명의 또 다른 일 측면에 따른 광학필름 적층체는 상기 본 발명에 따른 광학필름(제1 광학필름), 상기 제1 광학필름 상에 마련된 위상지연자필름 및 상기 위상지연자필름 상에 마련된 상기 본 발명에 따른 광학필름(제2 광학필름)을 포함하며, 상기 제1 광학필름 및 제2 광학필름의 나선형 구조(helical structure)의 회전 방향은 동일한 것이다.

[0032] 본 발명의 또 다른 일 측면에 따른 고선명 컬러 태양전지는 일반적인 태양전지 상에 상기 광학필름 적층체가 마련된 것이다.

발명의 효과

[0033] 본 발명의 일 측면에 따른 광학필름은 카이랄 도펀트의 농도 조절을 통하여 다양한 색을 모두 표현할 수 있으며, 색 구현으로 인한 광 투과도 감소가 거의 없어 태양전지의 표면에 부착하여도 태양전지의 효율이 우수하게 유지될 수 있다.

[0034] 또한 광학필름은 유연성이 우수하여 외형에 구애받지 않고 어디든 부착이 가능하며, 대면적 작업 또한 용이하여 적용가능한 분야가 넓다.

[0035] 본 발명의 반사필름과 반사필름 적층체를 반사광의 선명도와 태양전지의 에너지효율 저감율을 고려하여 선택할 수 있다.

[0036] 그리고 반사필름 또는 반사필름 적층체가 적용된 태양전지는 태양전지 고유의 우수한 효율을 유지하면서도 태양전지가 설치되는 공간의 색으로 인한 생동감을 줄 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0037] 도 1은 나선형 구조(helical structure)를 가진 콜레스테릭 광학결정구조를 나타낸 것이다.

도 2는 본 발명의 일 측면에 따른 컬러 태양전지의 구성을 간략하게 나타낸 것이다.

도 3은 본 발명의 광학필름(a)과 광학필름 적층체(b)의 각각의 일 실시예의 구성 및 특정 파장에서의 반사율 및 투과 경로를 도식화한 것이다.

도 4는 본 발명의 일 측면에 따른 고선명 컬러 태양전지의 구조를 간략히 나타낸 것이다.

도 5는 본 발명의 일 실시예인 광학필름의 파장에 따른 투과도 및 페로브스카이트 솔라셀의 흡광도를 나타낸 것

이다.

도 6은 본 발명의 일 실시예인 컬러 태양전지에 대하여 전압에 따른 전류밀도(J_{sc})를 나타낸 그래프이다.

도 7은 본 발명의 일 실시예인 컬러 태양전지에 대하여 파장에 따른 EQE를 나타낸 그래프이다.

도 8은 본 발명의 일 실시예인 고선명 컬러 태양전지에 대하여 전압에 따른 전류밀도(J_{sc})를 나타낸 그래프이다.

도 9는 본 발명의 일 실시예인 고선명 컬러 태양전지에 대하여 파장에 따른 EQE를 나타낸 그래프이다.

도 10은 본 발명의 실시예인 컬러 태양전지 및 고선명 컬러 태양전지에 대한 파장에 따른 반사율을 비교한 그래프이다.

도 11은 본 발명의 실시예인 컬러 태양전지 및 고선명 컬러 태양전지에 대한 색좌표 크로마토그래피(CIE)를 통한 반사광의 선명성을 비교한 것이다.

도 12는 본 발명의 실시예인 광학필름의 반치폭에 대한 벤딩테스트 결과이다.

도 13은 광학필름이 부착되지 않은 태양전지(without ChRF 1, 비교예)와 광학필름이 부착된 색태양전지(with ChRF 1, 실시예)의 곡률 반경(50mm~1mm)에 따른 PCE(에너지변환효율)의 변화율을 나타낸 그래프이다.

도 14는 광학필름이 없는 레퍼런스 태양전지와 광학필름이 부착된 색 태양전지의 곡률반경 10mm에서의 벤딩테스트 결과를 보여주는 그래프이다.

도 15는 본 발명의 실시예에 따른 대면적(8cm*8cm) 광학 필름의 유연성을 테스트하는 장면(위)과 유연성 테스트 후의 상태(아래)를 나타낸 사진이다.

도 16은 TMPTA 조성비에 따른 액정분자들의 등방성 및 정렬성을 나타낸 것이다.

도 17은 543nm 파장에서의 광학적 이방성(n)과 함께 적색(R), 녹색(G), 청색(B) 파장에서의 TMPTA 중량%에 따른 광학적 이방성 및 FWHM(Full with half maximum)를 나타낸 것이다.

도 18은 액정혼합물과 TMPTA 그리고 유기발광분자를 섞어준 혼합물의 흡광도를 측정한 것이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0038]

이하, 도면을 참고하여 본 발명을 상세하게 설명한다.

[0039]

이에 앞서, 본 명세서 및 청구범위에 사용된 용어나 단어는 통상적이거나 사전적인 의미로 한정해서 해석되어서는 아니 되며, 발명자는 그 자신의 발명을 가장 최선의 방법으로 설명하기 위해 용어의 개념을 적절하게 정의할 수 있다는 원칙에 입각하여 본 발명의 기술적 사상에 부합하는 의미와 개념으로 해석되어야만 한다.

[0040]

따라서, 본 명세서에 기재된 실시예와 도면에 도시된 구성은 본 발명의 가장 바람직한 일 실시예에 불과할 뿐이고, 본 발명의 기술적 사상을 모두 대변하는 것은 아니므로, 본 출원시점에 있어서 이들은 대체할 수 있는 다양한 균등물과 변형예들이 있을 수 있음을 이해하여야 한다.

[0041]

본 발명의 일 측면에 따른 광학필름용 조성물은, 특정 영역 파장의 빛만을 반사시키고 나머지 빛은 모두 투과시킬 수 있는 성질의 콜레스테릭 광학 결정구조 구현이 가능한 조성물이다. 상기 특성 구현을 위하여, 광학필름용 조성물은 일반적인 네마틱 액정에 사용되는 네마틱 액정 혼합물에 트리메틸올프로판트리아크릴레이트(Trimethylolpropane triacrylate, TMPTA)를 첨가하여, 조성물의 경화체에 빛이 조사될 때, 반사되는 빛의 파장 범위가 좁은 특성이 나타날 뿐만 아니라, 기존의 네마틱 액정 혼합물과도 용이하게 혼합되고, 조성물의 경화에도 도움을 준다.

[0042]

상기 네마틱 액정 혼합물은 구체적으로 네마틱상(nematic phase)을 갖는 반응성 액정 단량체(Reactive mesogens), 카이랄 도판트(Chiral dopant) 및 광개시제를 포함한다. 이때 반응성 액정 단량체는 네마틱상을 갖기 위해 막대형 메조겐(calamitic mesogen)일 수 있다. 즉, 본 발명의 일 측면에 따른 광학필름용 조성물은 트리메틸올프로판트리아크릴레이트(TMPTA), 네마틱상(nematic phase)을 갖는 반응성 액정 단량체(Reactive mesogens), 카이랄 도판트(Chiral dopant) 및 광개시제를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0043]

광학필름에 빛이 조사될 때, 광학필름이 반사시키는 빛의 파장 범위(반사파장영역, $\Delta \lambda$)는 반치폭으로 표시하며 하기 수학적 식 1로 표현된다.

수학식 1

$$\Delta \lambda = \Delta n P$$

[0044]

[0045]

수학식 1에서 P는 상기 반응성 액정 단량체에 카이랄 도펀트가 결합되어 형성되는 나선형 구조(helical structure)의 길이(pitch)를 의미한다. 상기 나선형 구조의 길이가 길어질수록 광학필름이 반사시키는 파장의 길이가 길어지며, 나선형 구조의 길이가 짧아질수록 광학필름이 반사시키는 파장의 길이가 짧아진다. 따라서 상기 P의 값은 광학필름의 색을 결정하게 된다. 따라서, $\Delta \lambda$ 를 줄이기 위해서는 반사되는 빛의 파장의 반치폭을 좁게 하여 색의 선명도를 높이고, 반사되는 빛의 양을 최소화시키기 위해 수학식 1에서 Δn 값을 줄여야 한다.

[0046]

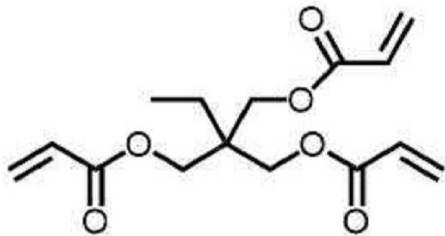
수학식 1에서 Δn 은 액정의 광학적 이방성을 의미하며, 광축과 평행한 방향의 굴절율과 광축과 수직한 방향의 굴절율 차이를 뜻한다. Δn 을 줄이기 위해서는 광학적으로 등방성을 가지며, 기존의 액정 혼합물과 잘 섞이면서도, 고분자 필름을 안정적으로 형성할 수 있는 물질이 필요하다.

[0047]

따라서 본 발명은 상기 Δn 을 줄일 수 있는 물질로서, 트리메틸올프로판트리아크릴레이트(이하, TMPTA)를 광학필름용 조성물에 포함한다. TMPTA는 하기 화학식 1로 표시되는 구조를 가진다.

[0048]

[화학식 1]



[0049]

[0050]

화학식 1을 참조하면, TMPTA는 산소원자를 가지고 있어 기존의 광학 필름에 사용되는 액정 혼합물과 혼합이 용이하며, 작용기로서 아크릴레이트를 3개 가지고 있어 광학필름 형성을 위한 경화(고분자화)에도 유리하다. 또한 TMPTA는 광학적으로 등방성($\Delta n=0$)을 가져, TMPTA를 첨가함으로써 인해 광학필름용 조성물의 광학적 이방성을 줄이는데 도움이 된다.

[0051]

광학필름용 조성물에서 TMPTA가 과도하게 첨가되는 경우 액정의 정렬성(네마틱 특성)을 잃어버릴 수 있어, 적정 범위로 광학필름용 조성물에 포함되는 것이 바람직하다. 구체적으로 광학필름용 조성물 전체 중량에 대하여 TMPTA는 1 내지 6 중량%로 포함되는 것이 바람직하며, 2 내지 4 중량%로 포함되는 것이 보다 바람직하다. 광학필름용 조성물에 TMPTA가 1 중량% 미만으로, 포함되는 경우 TMPTA로 인한 효과가 미미할 수 있으며, 6 중량% 초과로 포함되는 경우 액정의 정렬성이 크게 떨어지며 필름을 통과할 수 있는 빛의 양이 크게 줄어드는 문제가 발생할 수 있다.

[0052]

반응성 액정 단량체는 기본적으로 액정성의 발현을 위한 메조겐 구조와 고분자화를 위한 중합 가능 말단기를 동시에 갖는 화학 구조를 필요로 한다. 액정성의 발현을 위한 메조겐으로서는 네마틱(nematic) 액정상을 발현하는 막대형(calamitic) 메조겐이나 디스코틱 액정상을 발현할 수 있는 접시 형태의 디스코틱(discotic) 메조겐이 사용될 수 있다. 이 중 본 발명의 광학필름용 조성물에 포함되는 반응성 액정 단량체는 네마틱상을 가진 것으로 막대형(calamitic) 메조겐일 수 있다.

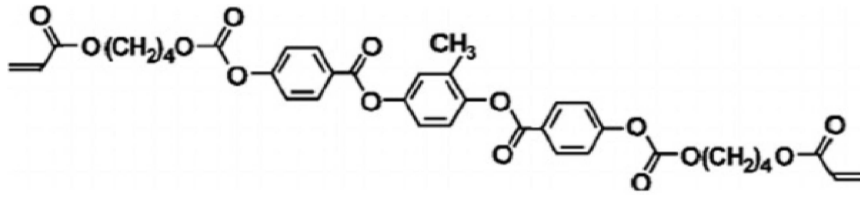
[0053]

반응성 액정 단량체는 아크릴레이트기를 말단기로 포함하는 것이 바람직하다. 아크릴레이트기가 말단기에 포함된 경우 반응성 액정 단량체의 라디칼 중합 반응이 보다 용이하게 일어날 수 있다.

[0054]

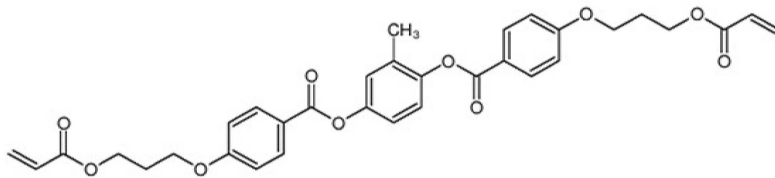
반응성 액정 단량체는 하기 화학식 2 내지 4로 표시되는 화합물 중 1종 이상을 포함할 수 있다. 이때 화학식 2로 표시되는 화합물은 LC242, 화학식 3으로 표시되는 화합물은 RM257, 화학식 4로 표시되는 화합물은 RM82로 각각 명명되는 화합물이다.

[0055] [화학식 2]

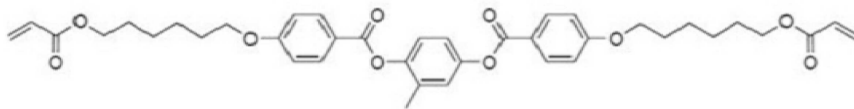


[0056]

[0057] [화학식 3]



[0058]



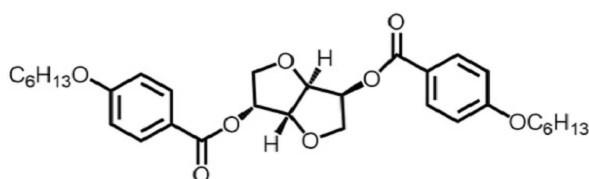
[0059] [화학식 4]

[0060] 카이랄 도펀트(Chiral dopant)는 LC242와 같은 네마틱상을 갖는 반응성 액정 단량체에 카이랄(chiral) 특성을 부여할 수 있는 재료로써, 상기 반응성 액정 단량체와 혼합성이 높은 것이 바람직하다. 도 1은 나선형 구조(helical structure)를 가진 콜레스테릭 광학결정구조를 나타낸 것이다. 도 1을 참고하면, 나선형 구조(helical structure)의 회전방향에 따라, 카이랄 도펀트가 왼쪽방향(Left-handed) 또는 오른쪽방향(Right-handed) 중 한 방향으로 액정 단량체(Host NLC)를 회전 배열시켜 나선형(helical) 특성을 부여할 수 있다. 즉, 왼쪽방향으로 나선형 특성을 부여하는 물질을 왼쪽카이랄도펀트(left chiral dopant)라고 하며, 오른쪽으로 나선형 특성을 부여하는 물질을 오른쪽카이랄도펀트(right chiral dopant)라고 한다. 본 발명의 광학필름용 조성물에 포함된 카이랄 도펀트는 오른쪽카이랄도펀트 또는 왼쪽카이랄도펀트 중 1종만을 포함하는 것이 바람직하며 회전 방향이 상이한 카이랄 도펀트를 혼용하는 경우 광학필름용 조성물의 카이랄 특성이 충분히 부여되지 못하는 문제가 발생할 수 있다. 또한, 후술할 광학필름 적층체의 제1 광학필름에 포함되는 카이랄 도펀트와 제2 광학필름에 포함되는 카이랄 도펀트의 회전 배열 방향은 동일한 것이 바람직하다.

[0061] 카이랄 도펀트가 액정 단량체의 회전 배열을 시킬 수 있는 정도를 나선형 회전력(helical twisting power, HTP)이라고 하며, 나선형 회전력의 절대값이 높을수록 강한 나선형(helical) 특성을 부여할 수 있어, 적은 양의 카이랄 도펀트로도 액정 단량체에 카이랄 특성을 부여할 수 있다.

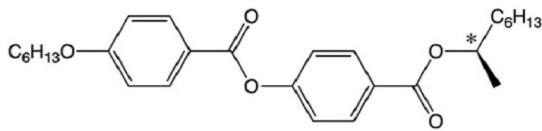
[0062] 카이랄 도펀트의 종류는 특별히 한정되지는 않으나, 예를 들어, 하기 화학식 5 내지 9로 표시되는 화합물 중 1종 이상을 포함할 수 있다. 이때 화학식 5로 표시되는 화합물은 ISO(60BA)₂, 화학식 6으로 표시되는 화합물은 S811, 화학식 7로 표시되는 화합물은 S1011, 화학식 8로 표시되는 화합물은 R811, 화학식 9로 표시되는 화합물은 R1011로 각각 명명되는 화합물이다. 하기 화학식 5로 표시되는 ISO(60BA)₂ 화합물은 나선형 회전력의 절대값이 높은 물질로 본 발명의 카이랄 도펀트로 사용하기에 바람직하나, 이외의 나선형 회전력의 절대값이 낮은 물질을 사용하여도 무방하다.

[0063] [화학식 5]



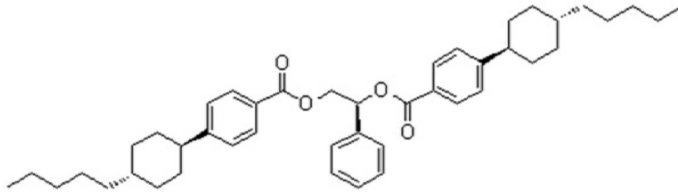
[0064]

[0065] [화학식 6]



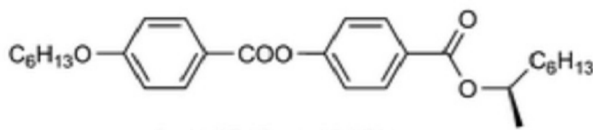
[0066]

[0067] [화학식 7]



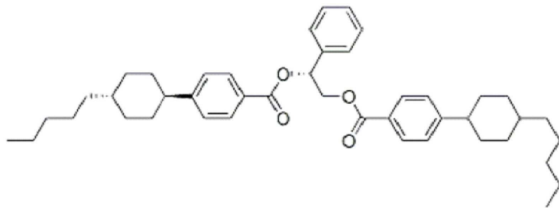
[0068]

[0069] [화학식 8]



[0070]

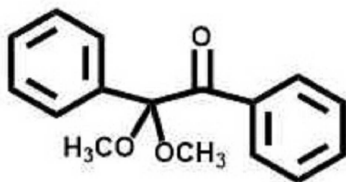
[0071] [화학식 9]



[0072]

[0073] 광개시제는 빛, 구체적으로 자외선을 받아 라디칼(radical)을 형성하여 반응성 액정 단량체와 트리메틸올프로판트리아크릴레이트 말단에 존재하는 아크릴레이트의 C=C 이중결합에 영향을 주어, 광학필름용 조성물의 고분자화(polymerization) 반응을 시작시키는 물질이다. 광개시제는 예를 들어, 하기 화학식 10으로 표시되는 DMPAP 화합물을 사용할 수 있으나, 본 발명에서 사용되는 광개시제는 상기 예시에 한정되지 않으며, 일반적인 광개시제를 사용할 수 있다.

[0074] [화학식 10]



[0075]

[0076] 광학필름용 조성물의 조성은 전체중량에 대하여 트리메틸올프로판트리아크릴레이트(TMPTA) 2 내지 4 중량%, 네마틱상을 갖는 반응성 액정 단량체와 카이랄 도펀트의 합이 94 내지 97 중량% 및 광개시제 0.5 내지 2 중량%를 포함하는 것이 반사시키는 빛의 양을 최소화하면서 반사되는 파장의 반치폭을 좁혀 필름의 색 선명도를 높일 수 있어 바람직할 수 있으나, 본 발명이 상기 조성비에 특별히 한정되는 것은 아니다. 이때, 상기 반응성 액정 단량체와 카이랄 도펀트의 비율에 따라 발현되는 색이 달라질 수 있으므로, 목적으로 하는 색에 따라 적절히 비율을 조절할 수 있다.

[0077] 본 발명의 일 측면에 따른 광학필름은 상기 본 발명의 광학필름용 조성물이 경화된 것이다. 광학필름은 광학필름용 조성물이 빛(자외선)을 받아 경화된 것으로 빛을 파장에 따라 선택적으로 반사 또는 투과시키는 특성이 있다. 광학필름에서 반사되는 빛의 파장 종류에 따라 광학필름의 색이 결정되며 이는 네마틱상을 갖는 반응성 액

정 단량체와 카이랄 도펀트 함량비율을 조절하여 결정할 수 있다.

- [0078] 광학필름의 두께 또한 투과되는 필름을 투과하는 빛의 양에 영향을 줄 수 있어, 적절한 두께로 선택되는 것이 바람직하다. 구체적으로 광학 필름의 두께는 5 내지 20 μm 인 것이 바람직하며, 상기 두께 범위보다 얇은 경우 필름의 물리적 내구성이 크게 떨어지는 문제가 발생할 수 있으며, 상기 두께 범위보다 두꺼운 경우 고분자 특성상의 산란 효과로 인하여 발현되는 색의 선명도가 크게 떨어지는 문제가 발생할 수 있다.
- [0079] 도 2는 본 발명의 일 측면에 따른 컬러 태양전지의 구성을 간략하게 나타낸 것이다. 도 2를 참조하면, 컬러 태양전지(10)는 태양전지(2) 및 태양전지(2) 상에 마련된 상기 특정 파장의 빛만을 반사시키는 광학필름(1)을 포함하는 것이다. 구체적으로 광학필름(1)은 태양전지에서 빛(3)이 들어오는 가장 바깥부분에 마련되는 것으로, 조사된 빛(3)이 광학필름(1)에서 일부 파장의 빛이 반사되며 색 구현을 하며, 나머지 파장의 빛은 광학필름(1)을 투과하여 태양전지(2)에서 전기 에너지로 전환되는 컬러 태양전지(10)이다.
- [0080] 본 발명의 일 측면에 따른 광학필름 적층체는 상기 본 발명의 광학필름(제1 광학필름), 제1 광학필름 상에 마련된 위상지연자(retarder)필름, 및 상기 위상지연자필름 상에 마련된 본 발명의 광학필름(제2 광학필름)을 포함하며, 이때 제1 광학필름 및 제2 광학필름의 나선형 구조(helical structure)의 회전 방향은 동일한 특징이 있다.
- [0081] 도 3은 광학필름(a)과 광학필름 적층체(b)의 각각의 일 실시예의 구성 및 특정 파장에서의 반사율 및 투과 경로를 도식화한 것이다. 도 3의 실시예에서 광학필름은 액정의 나선형 구조의 회전 방향이 왼쪽방향(Left-handed Ch)인 것을 나타내었으나, 나선형 구조의 회전 방향은 오른쪽방향(Right-handed Ch)인 것을 사용할 수도 있다. 도 3의 a를 참고하면, 단일 광학필름은 가시광 영역에서 특정 파장의 빛을 최대 50%까지 반사시키고, 나머지 빛은 투과시키는 특성이 있다. 그러나, 도 3의 b를 참조하면, 위상지연자필름(Half-wave plate)을 사이에 두고 동일한 나선형 구조의 회전 방향을 갖는 본 발명의 광학필름(Left-handed Ch) 2장이 적층된 광학필름 적층체는 특정 파장의 반사율이 100%에 근접하게 상승할 수 있어, 색의 선명도를 크게 향상시킬 수 있다. 그러나 광학필름 1장에 비하여 투과되는 빛의 양은 줄어들게 되므로, 색의 선명도와 투과되는 빛의 양을 고려하여 목적에 따라 광학필름과 광학필름 적층체를 적절히 선택하여 사용할 수 있다.
- [0082] 광학필름 적층체에서 광학필름 사이에 위치한 위상지연자필름(Half wave plate라고도 한다)은 빛의 편광 방향을 180° 바꾸어주는 위상지연자(retarder) 물질이면 특별히 제한되지 않고 사용될 수 있다. 위상지연자는 예를 들어 트리아세틸셀룰로오스(TAC) 등의 물질이 사용될 수 있다.
- [0083] 광학필름 적층체는 광학필름 2장과 위상지연자 필름 1장을 광경화 레진을 통하여 접착시킬 수 있다.
- [0084] 도 4는 본 발명의 일 측면에 따른 고선명 컬러 태양전지의 구조를 간략히 나타낸 것으로, 도 4를 참조하면, 본 발명의 일 측면에 따른 고선명 컬러 태양전지(20)는 태양전지(2) 및 태양전지(2) 상에 마련된 광학필름 적층체(5)를 포함하는 것이다. 광학필름 적층체(5)는 두개의 광학필름(1) 사이가 위상지연자필름(4)이 위치한 구조를 가지며, 상술한 바와 같이 광학필름 적층체(5)는 특정파장의 빛을 100%에 근접하게 반사시키고, 나머지 빛은 투과시키는 특성이 있어 태양전지의 외관에 있어서 높은 선명도의 색이 구현되는 태양전지에 적용하기에 적합하다. 상기 컬러 태양전지와 마찬가지로 광학필름 적층체(5)는 태양전지(2)에서 빛이 들어오는 가장 바깥부분에 마련되는 것으로, 조사된 빛(3)은 광학필름 적층체(5)에서 일부 파장의 빛이 반사되며 색 구현을 하고, 나머지 파장의 빛은 광학필름 적층체(5)를 투과하여 태양전지(2)에서 전기 에너지로 전환되는 고선명 컬러 태양전지(20)이다.
- [0086] 이하, 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 본 발명의 실시예에 대하여 상세히 설명한다. 그러나 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 실시예에 한정되지 않는다.
- [0087] **[제조예 1: 광학필름의 제조]**
- [0088] 적색(Red), 녹색(Green), 청색(Blue)를 각각 구현하는 광학필름을 제조하기 위하여 하기 표 1의 조성으로 혼합하여 광학필름용 조성물을 제조하였다.

표 1

	LC242	ISO	TMPTA	INT
적색	91.42	5.58	3	1
녹색	90.36	6.64	3	1
청색	89.33	7.67	3	1

(단위 : INT를 제외하였을 때 중량%, INT는 나머지 조성의 합 100 중량부에 대한 중량부이다.)

- LC242 : 네마틱상을 갖는 반응성 액정 단량체 : 디아크릴레이트 반응성 액정 단량체(Diacrylate liquid crystal reactive mesogen monomer) (Daken Chemical company)

- ISO : 카이랄 도펀트인 ISO(60BA)₂ (4 Chmeistry, cotd.)

- TMPTA : 트리메틸올프로판트리아크릴레이트(Sigma-Aldrich, Inc.)

- INT : 광개시제인 2,2-디메톡시-2페닐-아세토펜(2,2-Dimethoxy-2phenyl-acetophenone)(99%)(Sigma-Aldrich, Inc.)

상기 표 1의 조성을 가진 각각의 광학용 필름 조성물을 핫플레이트 위에서 125℃에서 2시간 동안 막대 자석과 함께 교반(스터링)시킨다. 이후, 각 조성물을 -4℃에서 15분 동안 냉각시킨다. 이후, 온도를 75(T_{iso} - 40)℃로 올리고 1시간 동안 교반한다. 그리고 각 조성물을 10μm 셀에 주입한다. 셀에 주입된 조성물에 대하여 UV 램프를 사용하여 30분(365 nm, 60 mW/cm²) 동안 UV 경화시켜 광학필름을 제조한다. UV 경화 후 먼도날을 사용하여 상부 기판을 경화된 광학필름에서 분리하여 광학필름을 제조한다.

[제조예 2 : 컬러 태양전지의 제조]

먼저 광학필름 상에 보호층 형성을 위해, 제조예 1에서 제조된 광학필름 상에 PDMS(Dow chemical company)로 900rpm에서 스핀코팅한다. PDMS가 코팅된 필름은 80℃에서 2시간동안 가열하여 필름층 상부에 보호층을 형성한다.

보호층이 상부에 형성된 광학필름은 광학필름의 하부를 광경화레진(NOA88, Norland Products, Inc.)으로 페로브스카이트(Perovskite) 태양전지 상부에 결합시켜 컬러 태양전지를 제조한다.

[제조예 3 : 광학필름 적층체의 제조]

제조예 1에서 제조된 같은 색을 발현하는 2장의 광학필름 사이에 트리아세틸셀룰로오스(TMC) 위상지연자필름(Half wave plate)을 위치시켜 광경화레진(NOA88, Norland Products, Inc.)과 함께 30분간 UV 경화(365nm, 60mW/cm²)시켜 광학필름 적층체를 제조한다.

[제조예 4 : 고선명 컬러 태양전지의 제조]

제조예 3에서 제조된 광학필름 적층체 상에 PDMS(Dow chemical company)로 900rpm에서 스핀코팅한다. 상부가 스핀코팅된 광학필름 적층체는 오븐에서 70℃에서 12시간 동안 가열하여 광학필름 적층체 상부에 보호층을 형성한다.

보호층이 상부에 형성된 광학필름 적층체는 광학필름 적층체의 하부를 광경화레진(NOA88, Norland Products, Inc.)으로 페로브스카이트(Perovskite) 태양전지 상부에 결합시켜 고선명 컬러 태양전지를 제조한다.

[실험예 1 : 광학필름 투과도 측정]

제조예 1에서 제조된 적색, 녹색, 청색을 띄는 광학필름에 대하여 가시자외선분광광도계(JASCO사의 V-570)를 이용하여 파장에 따른 투과도 및 페로브스카이트의 흡광도에 대하여 측정하였으며, 그 결과를 도 5에 나타내었다.

이때 도 5의 아래쪽 주황색 영역은 페로브스카이트 솔라셀의 흡광도를 의미한다. 도 5를 참조하면, 본 발명의 실시예에 따른 광학필름은 반사광영역이 좁은 반치폭을 보이며, 약 50%의 투과도를 나타내었으며, 이는 왼쪽으로 헬리칼 특성을 가지는 구조를 포함하는 광학필름이 왼쪽으로 편광된 빛만을 반사시키며 나머지 빛은 모두 투과시키기 때문이다.

[실험예 2 : 컬러 태양전지 효율 비교]

적색(R, 실시예 1), 녹색(G, 실시예 2), 청색(B, 실시예 3) 광학필름이 각각 적용된 제조예 2에서 제조된 컬러 태양전지에 대하여 Jsc(전류밀도) 및 EQE(외부 양자 효율)를 측정하여 광학필름이 적용되지 않은 태양전지(비교예 1)와 비교하여 하기 표 2에 나타내었으며, 이때 Jsc 측정(J-V특성 측정)은 AM1.5G(100 mW/cm²)에서 PEC-S101 solar simulator로 측정하였으며, EQE측정은 QE measurement System을 이용하여, 일반 대기조건에서 단색의 빛을 조사하여 측정하였다. 도 6은 전압에 따른 전류밀도(Jsc)를 측정한 그래프이며, 도 7은 파장에 따른 EQE를 나타낸 그래프이다.

표 2

	Voc [V]	Jsc [mA/cm ²]	FF [%]	PCE [%]	Integrated Jsc [mA/cm ²]	Relative PCE [%]
비교예 1	1.06	25.20	75.10	20.00	23.84	100
실시예 1(R)	1.07	23.20	73.60	18.30	21.60	91
실시예 2(G)	1.07	23.80	73.10	18.60	22.16	93
실시예 3(B)	1.07	24.00	74.00	19.00	22.66	95

상기 표 2의 Relative PCE는 비교예 1과 비교하였을 때 실시예 1 내지 3의 태양전지 효율을 나타낸 것으로, 광학필름을 사용하지 않은 비교예 1에 비하여 실시예 1 내지 3의 컬러 태양전지 효율이 91%, 93% 및 95%로 높게 나타나는 것을 알 수 있다.

[실험예 3 : 고선명 컬러 태양전지 효율 비교]

적색(R, 실시예 4), 녹색(G, 실시예 5), 청색(B, 실시예 6) 광학필름 적층체가 각각 적용된 제조예 4에서 제조된 고선명 컬러 태양전지에 대하여 Jsc(전류밀도) 및 EQE(외부 양자 효율)를 실험예 2와 동일한 장비를 이용하여 광학필름이 적용되지 않은 태양전지(비교예 2)와 비교하여 하기 표 3에 나타내었으며, 도 8은 전압에 따른 전류밀도(Jsc)를 나타낸 그래프이며, 도 9는 파장에 따른 EQE를 나타낸 그래프이다.

표 3

	Voc [V]	Jsc [mA/cm ²]	FF [%]	PCE [%]	Integrated Jsc [mA/cm ²]	Relative PCE [%]
비교예 2	1.12	24.41	74.00	20.23	23.77	100
실시예 4(R)	1.12	19.81	75.30	16.71	19.49	83
실시예 5(G)	1.12	20.63	75.48	17.45	19.91	87
실시예 6(B)	1.12	21.62	75.67	18.32	21.10	91

상기 표 3의 Relative PCE는 비교예 2와 비교하였을 때 실시예 4 내지 6의 태양전지 효율을 나타낸 것으로, 실시예 1 내지 3과 비교하였을 때는 외부 양자 효율(EQE)이 낮아지기는 하나, 광학필름을 사용하지 않은 비교예 2에 비하여 실시예 4 내지 6의 고선명 컬러 태양전지 효율이 83%, 87% 및 91%로 높게 나타나는 것을 알 수 있다.

[실험예 4 : 광학필름 및 광학필름 적층체의 광학특성 비교]

- [0122] 제조예 2와 제조예 4에서 제조된 컬러 태양전지(ChRF1) 및 고선명 컬러 태양전지(ChRF 2)의 파장에 따른 반사율을 측정하여 도 10에 나타내었으며, 색좌표 크로마토그래피(CIE)를 통하여 반사광의 선명성을 비교하여 도 11에 나타내었다. 이때 파장에 따른 반사율과 색좌표 크로마토그래피는 모두 MCPD-3000(Otsuka electronics 社)로 측정하였다.
- [0123] 도 10을 통하여 단일 광학필름만을 사용한 경우(ChRF1) 특정 파장의 반사율이 최대 50%이나, 광학필름 2장과 위상지연자필름을 사용한 본 발명의 광학필름 적층체를 사용한 경우(ChRF2) 특정 파장의 반사율이 약 90%로 크게 향상되는 것을 알 수 있으며, 도 11의 색좌표 크로마토그래피를 광학필름 적층체(ChRF2)의 가시광선에서의 반사광의 선명도가 광학필름(ChRF1)보다 높은 것을 알 수 있다.
- [0125] **[실험예 5 : 광학필름 물리적 특성 측정]**
- [0126] **(실험예 5-1 : 벤딩에 의한 광학적 특성 변화 여부 측정)**
- [0127] 도 12는 DLDMLH-FS/FU(YUASA 社)를 이용하여 본 발명의 실시예인 광학필름의 반치폭에 대한 벤딩테스트 결과를 나타낸 것이다. 구체적으로 ChRF1 광학필름을 얇은 PET기판에 접착시켜 곡률반경 10mm, 5mm 그리고 1mm으로 600회 이상 벤딩 테스트를 진행하였으며, 각 100번 벤딩 이후에 상기 실험예 4에서 사용한 MCPD-3000을 이용하여 반사율을 측정하고, 이를 기반으로 FWHM(반사영역의 반치폭)을 계산한 그래프이다. 도 12를 참조하면, 본 발명의 실시예에 따른 광학필름을 곡률반경 10mm, 5, 그리고 1mm로 테스트 하였을 때, 벤딩사이클 600회까지 반치폭의 변화가 거의 없음(색의 변화가 없음)을 알 수 있으며, 이는 통하여 벤딩에 의해 광학필름의 광학적 성질(반사율, 반사폭)의 변화가 없음을 나타낸다.
- [0129] **(실험예 5-2 : 곡률 반경에 따른 에너지변환효율 비교)**
- [0130] 도 13은 광학필름이 부착되지 않은 태양전지(without ChRF 1)와 광학필름이 부착된 색태양전지(with ChRF 1)의 곡률 반경(50mm~1mm)에 따른 PCE(에너지변환효율)의 변화율을 나타내 그래프이다. 구체적으로 도 13은 광학필름이 없는 태양전지와 광학필름이 있는 태양전지를 가지고 곡률반경 50mm, 20mm, 10mm, 5mm 그리고 1mm에서 벤딩 테스트 진행한 후, PCE(에너지변환효율)의 변화를 측정한 그래프이다.
- [0131] 도 13을 참조하면, 오른쪽 파란색 그래프는, 태양전지에 유연함을 부여하기위해 ITO전극 기판은 기존 유리가 아닌 PEN(폴리에틸렌 나프탈레이트) 필름으로 바꾸었을 때, 5mm 이하의 곡률반경에서, 이 PEN이 구겨짐에 따라 그 위에 있는 ITO전극이 손상이 가며 저항값(normalized resistance)이 높아지는 것을 보여준다. 따라서 도 13을 통하여 색태양전지가 5mm이하에서 효율이 감소하는 것은 광학필름 때문이 아닌 것을 알 수 있다.
- [0133] **(실험예 5-3 : 유연성에 대한 안정성 비교)**
- [0134] 도 14는 도 13과 비슷한 그래프로, 광학필름이 없는 레퍼런스 태양전지(검은색 태양전지, Ref)와 광학필름이 부착된 컬러 태양전지(ChRF 1)를 곡률반경 10mm에서의 벤딩테스트 결과를 보여주는 그래프이다. 두 가지 모두 성능 저하가 매우 적고, 그 변동폭이 일치하는 것으로 보아, 컬러 태양전지는 일반 태양전지와 똑같이 유연성에 대한 안정성이 우수하다는 것을 알 수 있다.
- [0135] 도 15는 본 발명의 실시예에 따른 8cm*8cm 면적(대면적)의 광학 필름의 유연성을 테스트하는 장면(위)과 유연성 테스트 후의 상태(아래)를 나타낸 사진이다.
- [0136] 상기 실험예 5와 도 12 내지 도 15를 통하여 본 발명의 광학필름이 부착되는 건물의 외관 곡률에 크게 구애받지 않은 유연한 소자임을 알 수 있다.
- [0138] **[실험예 6 : TMPTA의 혼합 비율에 따른 광학필름 특성 확인]**
- [0139] 도 16은 532nm 파장에서의 제조예 1에서 TMPTA가 3 중량%로 포함된 비율을 다른 조성들(이하, 액정혼합물)간의 비율은 유지한 채, TMPTA의 중량%만을 조절하였을 때의 광학적 특성을 비교한 그래프이다. 도 16을 참조하면, 액정혼합물에 TMPTA를 섞음에 따라 n(광학적 이방성)이 감소하는 것을 볼 수가 있다. 따라서 TMPTA가 첨가됨에

따라 광학필름의 광학적 등방성이 증가하는 효과가 있으나, TMPTA가 첨가됨으로 인해 액정분자들이 이루는 광학 구조물의 정렬성이 흐트러지게 되어, S(분자 정렬도, order parameter)값이 떨어지는 것을 알 수 있다. S는 0 이상 1 이하의 값을 가지며, 1에 가까울수록 고체의 특성, 즉 정렬도가 높아는 것이고, 0에 가까울수록 액체의 특성인 무규칙성이 증가하는 것이다. 즉 TMPTA를 넣을수록 액정혼합물의 액정분자의 정렬도가 떨어지는 것을 확인할 수가 있었다.

[0140] 도 17은 543nm 파장에서의 광학적 이방성(n)과 함께 적색(R), 녹색(G), 청색(B) 파장에서의 TMPTA 중량%에 따른 광학적 이방성 및 FWHM(Full width half maximum)를 나타낸 것이다. 도 17을 참조하여 TMPTA가 3중량% 근방에서 FWHM 즉 반치폭이 가장 작아짐을 알 수가 있다. TMPTA가 소량 첨가되는 경우 3 중량%까지는 0 중량%에 비해 각 색상별 필름의 n과 FWHM이 감소함을 알 수 있지만, 3%이상부터는 오히려 FWHM이 증가하는 것을 볼 수 있다. 원인은 TMPTA가 너무 많이 들어가게 되면, 액정분자들이 이루는 광학구조물의 정렬성을 흐트러뜨리게 되어, 산란이 발생하면서 오히려 FWHM가 증가하기 때문이다.

[0141] 도 18은 액정혼합물과 TMPTA 그리고 유기발광분자를 섞어준 혼합물의 흡광도를 통하여 혼합물의 정렬성 및 등방성을 측정한 것이다. 이때 액정분자는 폴리이미드 기판에 의해 한쪽방향으로 정렬이 되어있으며 유기발광분자 또한 이를 따라 일렬로 정렬되어 있다. 이때 유기발광분자가 흡수하는 영역의 빛을 직선편광된 형태로 샘플에 쏘주게 되면, 직선편광된 빛의 진동방향과 액정이 정렬된 방향의 각도에 따라 유기발광분자의 흡광도가 달라진다. 액정의 정렬방향과 빛의 진동방향이 일치할수록 흡광도가 강해진다. 따라서 검은색 그래프인 TMPTA가 없을 때(0 wt%), 즉 S가 가장 높을 때를 보게 되면, 방향이 일치되는 0° 와 180° 에서 흡광도는 매우 높은 반면 90° 와 270° , 즉 수직인 방향에서는 거의 흡수가 없음을 알 수 있다. 즉 도 18의 망콩모양의 그래프가 더 잘록할수록 S가 높다는 것을 보여준다. 따라서 도 18을 통하여, 도 16의 결과와 비슷하게 TMPTA가 3 중량%정도까지는 S가 크게 흐트러지지 않지만 6 중량% 이상부터는 크게 흐트러짐을 알 수 있다.

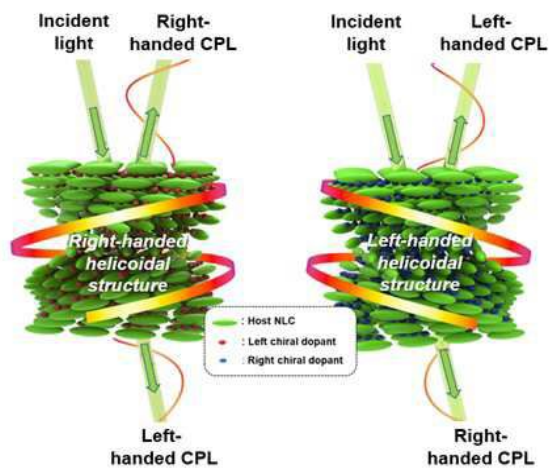
[0142] 이상에서 본 발명의 실시예에 대하여 상세하게 설명하였지만 본 발명의 권리범위는 이에 한정되는 것은 아니고, 청구범위에 기재된 본 발명의 기술적 사상을 벗어나지 않는 범위 내에서 다양한 수정 및 변형이 가능하다는 것은 당 기술분야의 통상의 지식을 가진 자에게는 자명할 것이다.

부호의 설명

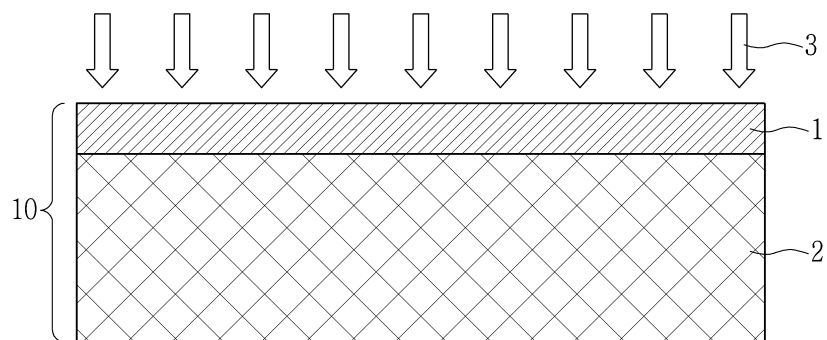
- [0143]
- 1 : 광학필름
 - 2 : 태양전지
 - 3 : 빛
 - 4 : 위상지연자필름
 - 5 : 광학필름 적층체
 - 10 : 컬러 태양전지
 - 20 : 고선명 컬러 태양전지

도면

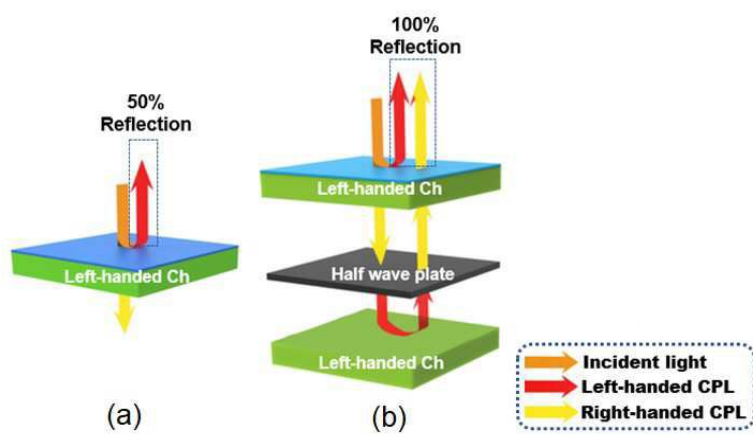
도면1



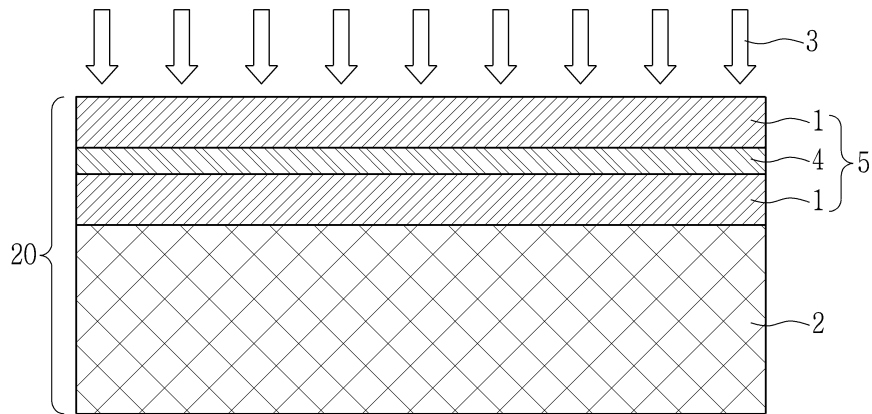
도면2



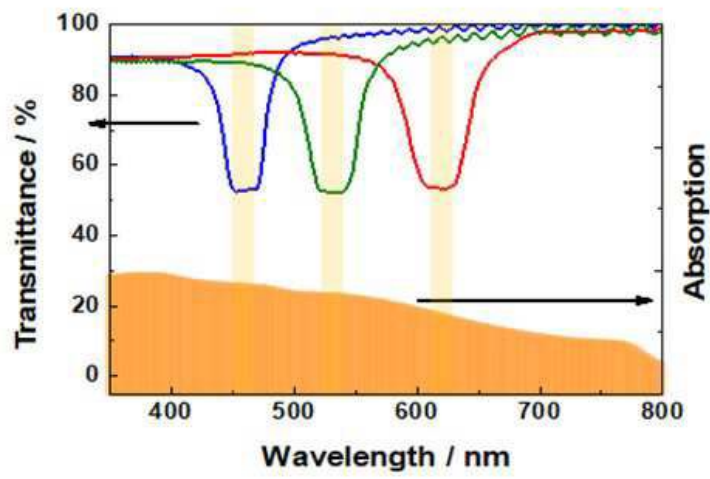
도면3



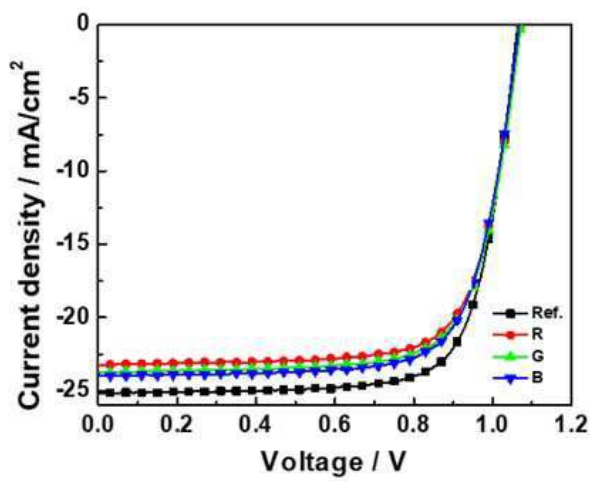
도면4



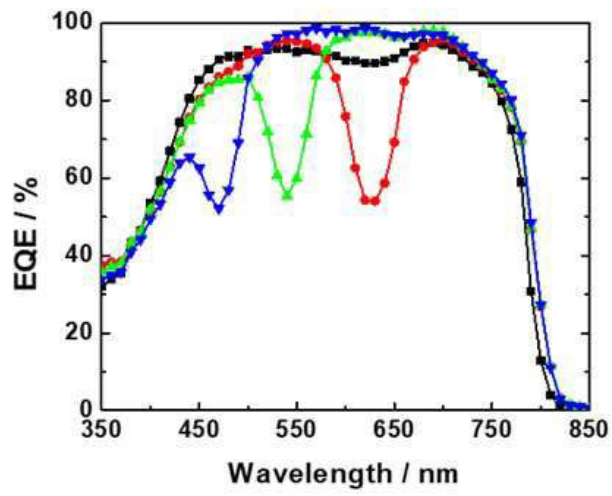
도면5



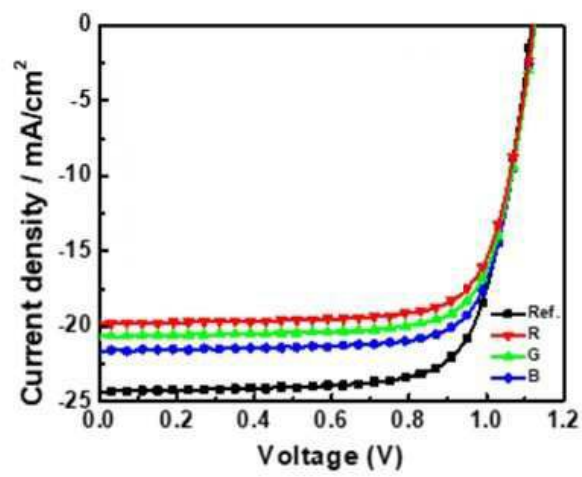
도면6



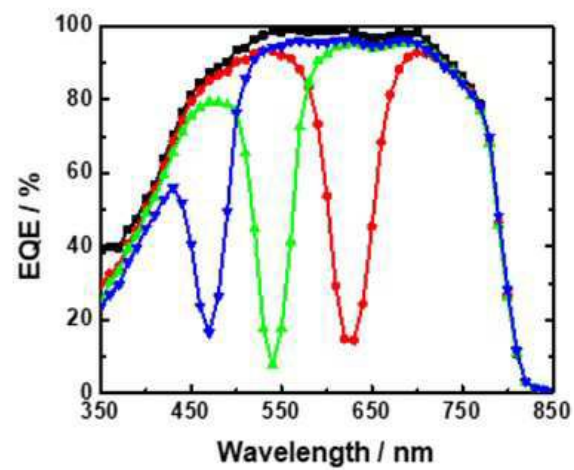
도면7



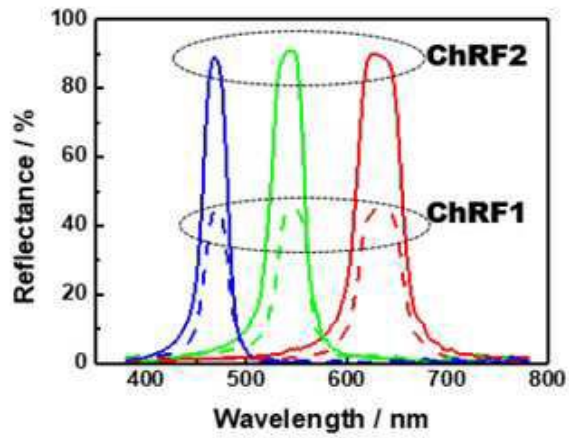
도면8



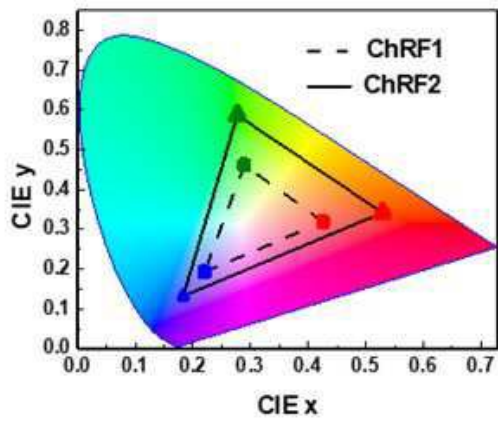
도면9



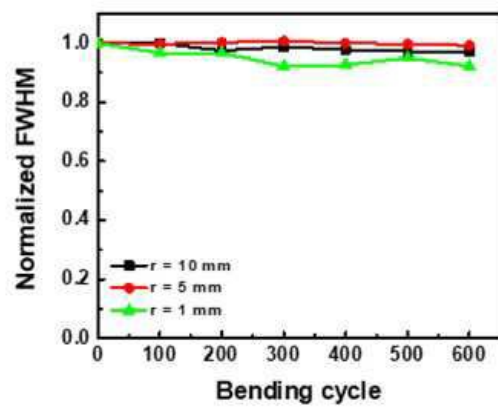
도면10



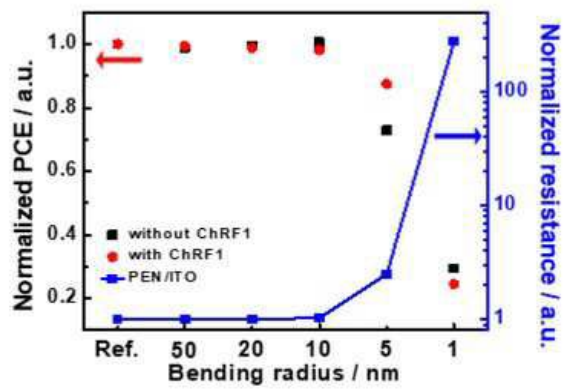
도면11



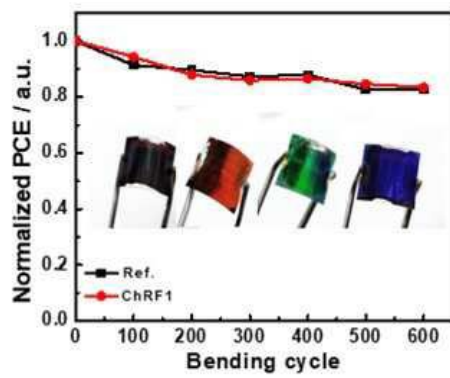
도면12



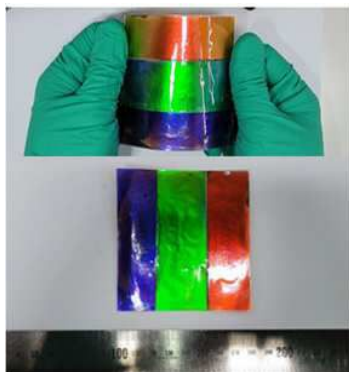
도면13



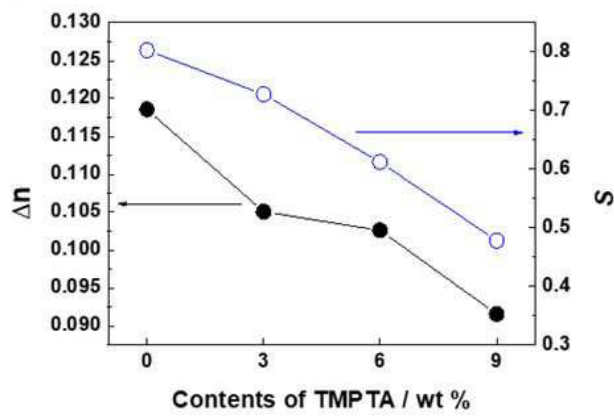
도면14



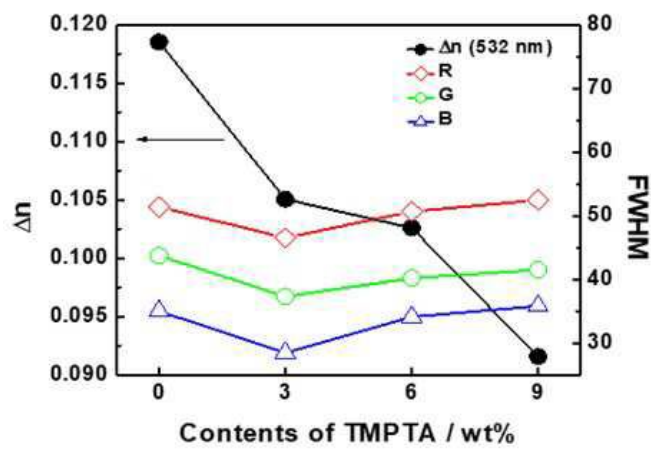
도면15



도면16



도면17



도면18

