(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2025-0089106
(43) 공개일자 2025년06월18일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G02F 1/1334 (2006.01) *B60J 3/04* (2006.01)
E06B 3/67 (2006.01) *E06B 9/24* (2006.01)
G02F 1/13 (2006.01) *G02F 1/1339* (2019.01)
G02F 1/1343 (2006.01) *G02F 1/139* (2006.01)
(52) CPC특허분류
G02F 1/1334 (2021.01)
B60J 3/04 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2023-0178662
(22) 출원일자 2023년12월11일
심사청구일자 2023년12월11일

(71) 출원인
국립창원대학교 산학협력단
경상남도 창원시 의창구 창원대학로 20(퇴촌동)
(72) 발명자
박홍규
경상남도 창원시 성산구 동산로 115, 123동 1003호(상남동, 대동아파트)
(74) 대리인
양성보

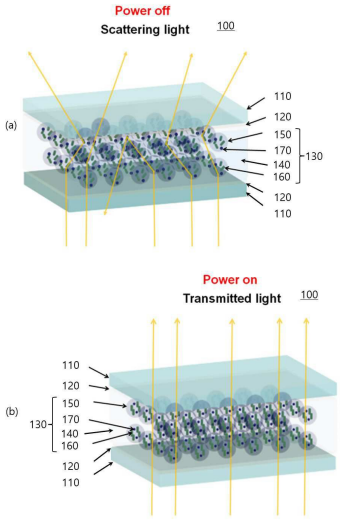
전체 청구항 수 : 총 15 항

(54) 발명의 명칭 **나노입자 분산형 고분자 분산 액정 디바이스 및 그의 제조 방법**

(57) 요 약

본 개시는 나노입자 분산형 고분자 분산 액정(PDLC) 디바이스 및 그의 제조 방법을 제공한다. 다양한 실시예들에 따르면, PDLC 디바이스는, 기판들, 및 기판들의 사이에 배치되는 액정 레이어를 포함하고, 액정 레이어는, 고분자 매트릭스, 및 고분자 매트릭스의 내부에 분산되어 배치되며, 컬러를 나타내는 나노입자들을 갖는 액정들을 각각 보유하는 액적들을 포함할 수 있다.

대 표 도 - 도1



(52) CPC특허분류
E06B 3/6715 (2013.01)
E06B 9/24 (2013.01)
G02F 1/1303 (2013.01)
G02F 1/1339 (2019.01)
G02F 1/1343 (2013.01)
G02F 1/139 (2013.01)
E06B 2009/2464 (2013.01)
G02F 2202/36 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 1711193709
과제번호 2016-0-00318-008
부처명 과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명 정보통신기획평가원
연구사업명 지역지능화혁신인재양성(Grand ICT연구센터)
연구과제명 IoT 및 지능정보 기반 동남권 제조 IT 기술 혁신 및 인재양성
기 여 율 1/2
과제수행기관명 부산대학교 산학협력단
연구기간 2023.01.01 ~ 2023.12.31
이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 1711187377
과제번호 2021R1F1A1063983
부처명 과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명 한국연구재단
연구사업명 이공분야기초연구사업-기본연구
연구과제명 저전력 광변색 유연 스마트윈도우 구현을 위한 나노입자 적용 액정 고분자 네트워크의 전기광학특성 연구
기 여 율 1/2
과제수행기관명 창원대학교 산학협력단
연구기간 2023.03.01 ~ 2024.02.29

명 세 서

청구범위

청구항 1

고분자 분산 액정 디바이스에 있어서,

기판들; 및

상기 기판들의 사이에 배치되는 액정 레이어

를 포함하고,

상기 액정 레이어는,

고분자 매트릭스; 및

상기 고분자 매트릭스의 내부에 분산되어 배치되며, 컬러를 나타내는 나노입자들을 갖는 액정들을 각각 보유하는 액적들

을 포함하는,

고분자 분산 액정 디바이스.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 컬러는 붉은색인,

고분자 분산 액정 디바이스.

청구항 3

제 2 항에 있어서,

상기 고분자 분산 액정 디바이스는,

오프 시, 불투명하게 상기 붉은색을 나타내고,

온 시, 투명해지는,

고분자 분산 액정 디바이스.

청구항 4

제 2 항에 있어서,

상기 나노입자들은,

DR 13을 포함하는,

고분자 분산 액정 디바이스.

청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 기판들에 각각 배치되어, 상기 고분자 매트릭스를 사이에 두고 서로에 대향하여 배치되는 전극 레이어들을 더 포함하는,

고분자 분산 액정 디바이스.

청구항 6

제 1 항에 있어서,

상기 액정 레이어는,

상기 나노입자들을 갖는 액정 용액을 준비하고, 상기 액정 용액에 고분자 재료 및 광 경화제를 혼합하여, 고분자-액정 혼합물을 형성하고, 상기 고분자-액정 혼합물을 상기 기판들의 사이에 도포하고, 자외선을 조사하는 것에 의해, 상기 고분자-액정 혼합물로부터 형성되고,

상기 고분자 분산 액정 디바이스에 대해 정해지는 구동 전압에 따라, 상기 액정 레이어의 두께 또는 상기 자외선의 조사 강도 중 적어도 하나가 조절되는,

고분자 분산 액정 디바이스.

청구항 7

제 6 항에 있어서,

상기 액정 레이어의 상기 두께가 클수록, 상기 구동 전압은 더 높고,

상기 자외선의 상기 조사 강도가 강할수록, 상기 구동 전압은 더 높은,

고분자 분산 액정 디바이스.

청구항 8

고분자 분산 액정 디바이스의 제조 방법에 있어서,

컬러를 나타내는 나노입자들을 갖는 액정 용액을 준비하는 단계;

상기 액정 용액에 고분자 재료 및 광 경화제를 혼합하여, 고분자-액정 혼합물을 형성하는 단계;

상기 고분자-액정 혼합물을 기판들의 사이에 도포하는 단계; 및

자외선을 조사하여, 상기 고분자-액정 혼합물로부터 액정 레이어를 형성하는 단계

를 포함하고,

상기 액정 레이어는,

고분자 매트릭스; 및

상기 고분자 매트릭스의 내부에 분산되어 배치되며, 상기 나노입자들을 갖는 액정들을 각각 보유하는 액적들을 포함하는,

고분자 분산 액정 디바이스의 제조 방법.

청구항 9

제 8 항에 있어서,

상기 컬러는 붉은색인,

고분자 분산 액정 디바이스의 제조 방법.

청구항 10

제 9 항에 있어서,

상기 고분자 분산 액정 디바이스는,

오프 시, 불투명하게 상기 붉은색을 나타내고,

온 시, 투명해지는,

고분자 분산 액정 디바이스의 제조 방법.

청구항 11

제 9 항에 있어서,

상기 나노입자들은,

DR 13을 포함하는,

고분자 분산 액정 디바이스의 제조 방법.

청구항 12

제 8 항에 있어서,

상기 액정 용액을 준비하는 단계는,

기본 액정을 가열하여 액정상에서 액체상으로 변화시키는 단계; 및

상기 액체상의 상기 기본 액정에 상기 나노입자들을 혼합하여, 상기 액정 용액을 형성하는 단계

를 포함하는,

고분자 분산 액정 디바이스의 제조 방법.

청구항 13

제 8 항에 있어서,

상기 고분자-액정 혼합물에 상기 기판들 사이의 공간을 유지하기 위한 스페이서들을 추가하는 단계

를 더 포함하는,

고분자 분산 액정 디바이스의 제조 방법.

청구항 14

제 8 항에 있어서,

상기 고분자 분산 액정 디바이스에 대해 정해지는 구동 전압에 따라, 상기 액정 레이어의 두께 또는 상기 자외선의 조사 강도 중 적어도 하나가 조절되는,

고분자 분산 액정 디바이스의 제조 방법.

청구항 15

제 14 항에 있어서,

상기 액정 레이어의 상기 두께가 클수록, 상기 구동 전압은 더 높고,

상기 자외선의 상기 조사 강도가 강할수록, 상기 구동 전압은 더 높은,

고분자 분산 액정 디바이스의 제조 방법.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 다양한 실시예들은 나노입자 분산형 고분자 분산 액정(POLYMER DISPERSED LIQUID CRYSTAL; PDLC) 디바이스 및 그의 제조 방법에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 전 세계적으로 기후 변화에 대응하기 위하여 탄소 중립을 향하는 가운데, 2015년 파리 세계 기후 협약 이후로 탄소 중립과 관련된 정책과 법안이 쏟아져 나오고 있다. 그 중 전압, 빛 등을 이용하여 외부 태양광을 가변적으로 조절할 수 있는 스마트 윈도우 분야는 에너지 손실을 줄이고 냉난방 효율을 높일 수 있어, 건물이나 차량 등 다양한 부분에서 에너지 절감이 가능할 것이라는 전망과 함께 활발한 연구가 진행되고 있다.

[0003] 스마트 윈도우에는 구동 방식에 따라 전기적 또는 전자적 기술을 쓰지 않는 수동 조절 기술을 사용하여 UV 차단, 태양열 흡수 등의 기능을 수행하는 수동형 방식과 전기 전자적 기술을 동반하여 신속한 응답 반응으로 소비자의 편의에 의해 조절이 가능한 능동형 방식이 있다. 능동형 방식의 스마트 윈도우로는 전압에 따라 산화 환원 반응을 이용하는 전기변색, 열 변화에 따라 반응하는 열변색, 광 세기에 따라 반응하는 광변색 기술 등 다양한 구동 원리와 소재를 활용한 방식이 존재하나, 제작 공정이 간단하고 비용이 저렴하다는 이점을 갖고 있어, 접근성이 우수하고 광범위한 연구가 가능한 PDLC에 대한 관심이 최근 급부상하고 있다.

[0004] 액정(liquid crystal)과 고분자 매트릭스(polymer matrix) 간의 굴절률 차이를 이용하는 PDLC 기술은 고분자 각각의 유연성, 투명도 및 기계적 특성과 액정의 광학적, 전기적 특성으로 인해 동작 방식을 다양하게 구현 가능하다. 평소에는 고분자 매트릭스 내부에 액적(droplet)이 존재하는데, 이 때 액정의 정렬은 무분별하여 고분자들과 굴절률 차이가 발생하므로 외부의 빛이 입사됨과 동시에 대부분 굴절이 발생하게 되고, 이로 인한 헤이즈(haze)가 진하게 발생된다. 전압을 인가하여 전기장이 형성된다면, 액적 내부의 액정이 전기장의 방향에 따라 정렬하는 동작을 보여주어 고분자 매트릭스와의 굴절률 일치로 인한 입사광의 통과를 통해 온(on)/오프(off) 구동을 하게 된다. 이 때 인가되는 전압에 따라 불투명도의 조절이 가능하여 태양빛을 원하는 대로 미세 조정할 수 있는 강점을 갖고 있다. 그러나, 일반적인 PDLC 기술이 적용된 스마트 윈도우에는 구동 전압이 높은 단점이 있다. 구체적으로, 그러한 스마트 윈도우는 투과율이 10 %에 위치하여 동작 시작점이라 표현되는 문턱 전압(threshold voltage; V_{th})이 30 V 이상의 값을 보이고, 투과율이 90 %에 위치하여 동작 완료점으로 표현되는 포화 전압(saturation voltage; V_{sat})이 60 V 이상의 값을 보이는 것이 일반적이다.

[0005] 한편, 성별에 관계없이 인간의 삶에서의 주변광은 각성 및 인지 같은 시각 이외의 요건에 영향을 끼친다. 푸른색은 다른 색에 비하여 감정적 반응에서 즐거움, 안전함과 편안함 같은 긍정적인 영향을 끼친다는 연구 결과가 있었으며, 창의성과 혁신성을 증가시키는 영향을 미치기도 한다. 아울러, 붉은색은 다른 색에 비하여 감각과 열정을 자극하고, 자신감을 향상시키는 것과 같은 긍정적인 영향을 끼친다는 연구 결과가 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 다양한 실시예들은, 나노입자들의 분산을 통해 낮은 구동 전압을 갖는 PDLC 디바이스 및 그의 제조 방법을 제공한다.

[0007] 다양한 실시예들은, 일반적인 하얀색을 갖는 PDLC 디바이스와 다르게, 나노입자들의 분산을 통해 특정 색을 갖는 PDLC 디바이스 및 그의 제조 방법을 제공한다.

과제의 해결 수단

[0008] 다양한 실시예들에 따른 PDLC 디바이스는, 기판들, 및 상기 기판들의 사이에 배치되는 액정 레이어를 포함하고, 상기 액정 레이어는, 고분자 매트릭스, 및 상기 고분자 매트릭스의 내부에 분산되어 배치되며, 컬러를 나타내는 나노입자들을 갖는 액정들을 각각 보유하는 액적들을 포함할 수 있다.

[0009] 다양한 실시예들에 따른 PDLC 디바이스의 제조 방법은, 컬러를 나타내는 나노입자들을 갖는 액정 용액을 준비하는 단계, 상기 액정 용액에 고분자 재료 및 광 경화제를 혼합하여, 고분자-액정 혼합물을 형성하는 단계, 상기 고분자-액정 혼합물을 기판들의 사이에 도포하는 단계, 및 자외선을 조사하여, 상기 고분자-액정 혼합물로부터 액정 레이어를 형성하는 단계를 포함하고, 상기 액정 레이어는, 고분자 매트릭스, 및 상기 고분자 매트릭스의 내부에 분산되어 배치되며, 상기 나노입자들을 갖는 액정들을 각각 보유하는 액적들을 포함할 수 있다.

발명의 효과

[0010] 다양한 실시예들에 따르면, PDLC 디바이스가 컬러를 표현하도록 구현될 수 있다. 즉, 일반적인 PDLC 디바이스는 하얀색을 표현한 데 반해, 푸른색 또는 붉은색을 표현하는 PDLC 디바이스가 제조될 수 있다. 그러한 PDLC 디바이스는 일반적인 PDLC 디바이스에 비해 더 낮은 구동 전압을 가질 수 있다. 이 때, PDLC 디바이스를 제조하는 데 있어서 액정 레이어의 두께 및 자외선의 조사 강도 중 적어도 하나가 조절함으로써, PDLC 디바이스에 대해 원하는 구동 전압이 설정될 수 있다. 따라서, 컬러를 표현하는 PDLC 디바이스는 상업화 용도로써 다방면으로 제작되어, 필요로 하는 조건에 맞게 활용될 수 있을 것이다.

도면의 간단한 설명

[0011] 도 1은 다양한 실시예들에 따른 PDLC 디바이스를 개략적으로 도시하는 도면이다.

도 2는 다양한 실시예들에 따른 PDLC 디바이스의 제조 방법을 개략적으로 도시하는 도면이다.

도 3a, 도 3b, 및 도 3c는 도 2의 제조 방법에 사용되는 재료들의 예들을 나타내는 도면들이다.

도 4는 다양한 실시예들에 따른 PDLC 디바이스의 실제 구동 이미지들이다.

도 5는 다양한 실시예들에 따른 PDLC 디바이스에 대해 편광광학현미경(polarized optical microscopy; POM)으로 측정한 이미지이다.

도 6은 다양한 실시예들에 따른 PDLC 디바이스에 대한 가시광선 영역대의 흡광도를 측정한 그래프이다.

도 7은 다양한 실시예들에 따른 PDLC 디바이스에 대한 전압-투과율 특성을 측정한 그래프이다.

도 8은 다양한 실시예들에 따른 PDLC 디바이스에 대한 응답속도를 측정한 그래프들이다.

도 9는 다양한 실시예들에 따른 상이한 셀 갭들로 제작된 PDLC 디바이스들에 대해 편광광학현미경으로 측정한 이미지들이다.

도 10은 다양한 실시예들에 따른 상이한 셀 갭들로 제작된 PDLC 디바이스들에 대한 가시광선 영역대의 흡광도를 측정한 그래프이다.

도 11은 다양한 실시예들에 따른 상이한 셀 갭들로 제작된 PDLC 디바이스들에 대한 전압-투과율 특성을 측정한 그래프이다.

도 12는 다양한 실시예들에 따른 상이한 셀 갭들로 제작된 PDLC 디바이스들에 대한 응답속도를 측정한 그래프들이다.

도 13은 다양한 실시예들에 따른 상이한 자외선의 조사 강도들로 제작된 PDLC 디바이스들에 대해 편광광학현미경으로 측정한 이미지들이다.

도 14는 다양한 실시예들에 따른 상이한 자외선의 조사 강도들로 제작된 PDLC 디바이스들에 대한 가시광선 영역대의 흡광도를 측정한 그래프이다.

도 15는 다양한 실시예들에 따른 상이한 자외선의 조사 강도들로 제작된 PDLC 디바이스들에 대한 전압-투과율

특성을 측정한 그래프이다.

도 16은 다양한 실시예들에 따른 상이한 자외선의 조사 강도들로 제작된 PDLC 디바이스들에 대한 응답속도를 측정한 그래프들이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0012] 이하, 본 개시의 다양한 실시예들이 첨부된 도면을 참조하여 설명된다.

[0014] 도 1은 다양한 실시예들에 따른 PDLC 디바이스(100)를 개략적으로 도시하는 도면이다.

[0015] 도 1을 참조하면, PDLC 디바이스(100)는 컬러, 특히, 푸른색을 갖도록 구현될 수 있다. 구체적으로, PDLC 디바이스(100)는 한 쌍의 기판(110)들, 한 쌍의 전극 레이어(120)들 및 액정 레이어(130)를 포함하며, 액정 레이어(130)가 푸른색을 가질 수 있다.

[0016] 기판(110)들은 서로로부터 이격되어 배치될 수 있다. 이로써, 기판(110)들의 사이에, 공간이 마련될 수 있다. 기판(110)들은 해당 공간 내의 전극 레이어(120)들과 액정 레이어(130)를 지지할 수 있다. 여기서, 기판(110)들은 투명한 재료로 이루어질 수 있다. 예를 들어, 기판(110)들은 유리로 이루어질 수 있다.

[0017] 전극 레이어(120)들은 기판(110)들 사이의 공간에서 서로로부터 이격되어 배치될 수 있다. 이 때, 전극 레이어(120)들의 각각은 기판(110)들의 각각의 일 면에 배치될 수 있다. 바꿔 말하면, 전극 레이어들(120)은 기판(110)들 사이의 공간을 향하는 기판(110)들의 내측면들에 각각 배치될 수 있다. 여기서, 전극 레이어(120)들은 전기 전도성을 갖는 투명 도전막들로 구현될 수 있다. 예를 들어, 전극 레이어(120)들은 ITO(Indium Tin Oxide)로 이루어질 수 있다.

[0018] 액정 레이어(130)는 기판(110)들 사이의 공간에 제공될 수 있다. 이 때, 액정 레이어(130)는 비활성화 상태에서 불투명하고, 활성화 상태에서 투명하도록 구현될 수 있다. 이 때, 액정 레이어(130)는 특정 색, 예컨대, 푸른색 또는 붉은색을 나타낼 수 있다. 이를 위해, 액정 레이어(130)는 고분자 매트릭스(140), 및 복수의 액적(150)들을 포함할 수 있다.

[0019] 고분자 매트릭스(140)는 기판(110)들 사이의 공간을 유지할 수 있다. 바꿔 말하면, 고분자 매트릭스(140)는 전극 레이어(120)들 사이의 공간을 유지할 수 있다. 여기서, 고분자 매트릭스(140)는 투명한 고분자 재료로 이루어질 수 있다.

[0020] 액적(150)들은 고분자 매트릭스(140)의 내부에 분산되어 배치될 수 있다. 액적(150)들의 각각은 액정(160)들을 보유할 수 있다. 이 때, 액정(160)들은 특정 색과 관련된 나노입자(170)들을 갖는다. 일 실시예에서, 푸른색과 관련된 나노입자(170)들은 구리 화합물 염료를 포함하며, 예컨대, 구리 프탈로시아닌(copper phthalocyanine; CuPc)을 포함할 수 있다. 다른 실시예에서, 붉은색과 관련된 나노입자(170)들은 안트라퀴논 계열 염료를 포함하며, 예컨대, DR 13(dispersed red 13)을 포함할 수 있다. 여기서, DR 13은 2-{[4-(2-클로로-4-니트로-페닐아조)-페닐]-에틸-아미노)-에탄올을 지칭할 수 있다.

[0021] 도 1의 (a)에 도시된 바와 같이, PDLC 디바이스(100)의 오프 시, 액정 레이어(130)는 비활성화 상태에서 특정 색으로 불투명할 수 있다. 즉, 전극 레이어(120)들에 전압이 인가되지 않아서 전기장이 형성되지 않고, 따라서, 액정 레이어(130)가 비활성화 상태에 있을 수 있으며, 액정 레이어(130) 내에서 액정(160)들이 무분별하게 정렬될 수 있다. 이 때, 액정(160)들과 고분자 매트릭스(140) 사이의 굴절률 차이로 인해, 액정(160)들이 고분자 매트릭스(140)를 통과하는 빛들을 굴절시키며, 이로써, 액정 레이어(130)가 특정 색으로 불투명할 수 있다. 여기서, 액정 레이어(130)는 나노입자(170)들에 따라 푸른색 또는 붉은색을 나타낼 수 있다.

[0022] 한편, 도 1의 (b)에 도시된 바와 같이, PDLC 디바이스(100)의 온 시, 액정 레이어(130)는 활성화 상태에서 특정 색으로 투명할 수 있다. 즉, 전극 레이어(120)들에 전압이 인가되어 전기장이 형성되며, 따라서, 액정 레이어(130)가 활성화 상태로 전환되고, 액정 레이어(130) 내에서 액정(160)들이 전기장의 방향을 따라 정렬될 수 있다. 이 때, 액정(160)들과 고분자 매트릭스(140)의 굴절률 일치로 인해, 액정(160)들이 고분자 매트릭스(140)를 통과하는 빛들을 투과시키며, 이로써, 액정 레이어(130)가 특정 색으로 투명할 수 있다. 일부 실시예들에서는, PDLC 디바이스(100)의 온 시, 인가되는 전압에 따라, 액정 레이어(130)의 투명도가 조절될 수 있다. 즉, 전극 레이어(120)들에 인가되는 전압을 조정함으로써, 액정 레이어(130)의 투명도가 조절될 수 있다. 여기서, 액정 레이어(130)는 나노입자(170)들에 따라 푸른색 또는 붉은색을 나타낼 수 있다.

[0023] 도 2는 다양한 실시예들에 따른 PDLC 디바이스(100)의 제조 방법을 개략적으로 도시하는 도면이다. 도 3a, 도 3b, 및 도 3c는 도 2의 제조 방법에 사용되는 재료들의 예들을 나타내는 도면들이다.

[0024] 도 2를 참조하면, 210 단계에서, 나노입자(170)들을 갖는 액정 용액이 준비될 수 있다. 이를 위해, 기본 액정 및 특정 색과 관련된 나노입자(170)들이 준비될 수 있다. 기본 액정으로는, 예컨대, 방향은 존재하나 위치는 자유로우며 유동성이 존재하는 네마틱(nematic) 액정으로서, 도 3a에 도시된 바와 같이 4-pentylphenyl 4-propylbenzoate와 4 N-pentylbiphenyl로 구성되는 액정이 사용될 수 있다. 일 실시예에서, 푸른색과 관련된 나노입자(170)들로는, 구리 화합물 염료로서, 예컨대, CuPc가 사용될 수 있다. 다른 실시예에서, 붉은색과 관련된 안트라퀴논 계열 염료로서, 예컨대, 도 3b에 도시된 바와 같은 DR 13이 사용될 수 있다. 구체적으로, 기본 액정을 미리 정해진 온도로, 예컨대, 60 ℃ 이상으로 가열하여, 기본 액정이 액정상에서 액체상으로 변화될 수 있다. 이 후, 액체상의 기본 액정에 나노입자들이 혼합될 수 있다. 여기서, 액체상의 기본 액정은 형성하고자 하는 혼합물의 50 중량비만큼 준비되고, 나노입자들은 형성하고자 하는 혼합물의 0.2 중량비만큼 준비되어, 혼합될 수 있다. 이로써, 액정 용액이 준비될 수 있다. 이 때, 액정 용액에 대해, 마그네틱 바가 넣어지고, 핫플레이트에서 미리 정해진 온도, 예컨대, 80 ℃를 유지하면서, 미리 정해진 속도, 예컨대, 1000 rpm으로, 미리 정해진 기간, 예컨대, 1 시간 동안 충분히 교반이 진행된 다음, 미리 정해진 기간, 예컨대, 하루 동안 안정화가 진행될 수 있다.

[0025] 다음으로, 220 단계에서, 액정 용액에 고분자 재료 및 자외선과 반응하는 광 경화제를 혼합하여, 고분자-액정 혼합물이 형성될 수 있다. 여기서, 고분자 재료와 광 경화제가 혼합된 소재, 예컨대, 도 3c에 도시된 바와 같은 NOA 65가 형성하고자 하는 혼합물의 49.3 중량비만큼 준비되어, 액정 용액에 혼합될 수 있다. 이로써, 고분자-액정 혼합물이 형성될 수 있다. 추가적으로, 고분자-액정 혼합물에는, 기판(110)들 사이의 공간을 유지하기 위해, 스페이서(spacer)들이 더 혼합될 수 있다. 여기서, 스페이서들은 미리 정해진 크기, 예컨대, 20 ㎛의 크기를 갖고, 미리 정해진 양, 예컨대, 0.003 내지 0.005 g만큼 소량으로 추가될 수 있다. 이 때, 고분자-액정 혼합물에 대해, 미리 정해진 기간, 예컨대, 30 분 동안의 초음파 처리가 적어도 한 회, 예컨대, 2 회 반복 적용된 다음, 미리 정해진 기간, 예컨대, 3 시간 동안 안정화가 진행될 수 있다. 이 후, 해당 고분자-액정 혼합물에 대해, 교반기에서 미리 정해진 속도, 예컨대, 2000 rpm으로, 미리 정해진 기간, 예컨대, 3 분 동안 교반이 진행된 다음, 미리 정해진 기간, 예컨대, 3 분 동안 안정화가 진행될 수 있다.

[0026] 다음으로, 230 단계에서, 고분자-액정 혼합물이 기판(110)들의 사이에 도포될 수 있다. 이를 위해, 한 쌍의 기판(110)들이 준비되고, 한 쌍의 전극 레이어(120)들의 각각이 기판(110)들의 각각의 일 면에 배치될 수 있다. 여기서, 기판(110)들은 아세톤, 아이소프로필 알코올(isopropyl alcohol; IPA), 및 탈이온수(de-ionized water; DI water)의 혼합 용액에서 미리 정해진 기간, 예컨대, 15 분 동안 각각 세척될 수 있다. 그리고, 기판(110)들 중 하나의 전극 레이어(120)에 대해 고분자-액정 혼합물이 도포된 다음, 고분자-액정 혼합물을 사이에 두고 전극 레이어(120)들이 마주하도록, 기판(110)들이 결합될 수 있다. 여기서, 피펫을 이용하여, 고분자-액정 혼합물이 충분히 도포될 수 있다.

[0027] 다음으로, 240 단계에서, 자외선을 조사하여, 고분자-액정 혼합물로부터 액정 레이어(130)가 형성될 수 있다. 구체적으로, 자외선에 의해, 고분자-액정 혼합물에서 상 분리가 유도되며, 따라서, 고분자 매트릭스(140)가 생성되면서 고분자 매트릭스(140)의 내부에 액적(150)들이 생성될 수 있다. 예를 들어, 365 nm 파장의 LED 자외선 조사기를 이용하여, 자외선이 조사될 수 있다. 이 때, 액적(150)들은 나노입자들을 갖는 액정(160)들을 보유할 수 있다. 여기서, 자외선의 조사 강도는, 예를 들어, 11 $mW \cdot sec/cm^2$로 고정될 수 있다. 한편, 자외선의 조사 시간은, 예를 들어, 70 내지 175 초일 수 있다. 결과적으로, 도 1에 도시된 바와 같은 PDLC 디바이스(100)가 제조될 수 있다.

[0028] 도 4는 다양한 실시예들에 따른 PDLC 디바이스(100)의 실제 구동 이미지들이다.

[0029] 도 4를 참조하면, PDLC 디바이스(100)에 인가되는 전압의 크기에 따라, PDLC 디바이스(100)의 투명도가 조절될 수 있다. 도 4의 (a)에 도시된 바와 같이, PDLC 디바이스(100)의 오프 시, PDLC 디바이스(100)는 불투명할 수 있다. 이 때, PDLC 디바이스(100)에 전압이 인가되지 않음에 따라, PDLC 디바이스(100)는 오프 상태에 있을 수 있다. 여기서, PDLC 디바이스(100)에 전압이 인가되지 않으면, PDLC 디바이스(100)는 도 4의 (a)에 도시된 바와 같이 불투명할 수 있다. 그리고, PDLC 디바이스(100)는 내부의 나노입자(170)들에 따라 푸른색 또는 붉은색을 나타낼 수 있다. 한편, PDLC 디바이스(100)의 온 시, PDLC 디바이스(100)는 투명할 수 있다. 이 때, PDLC 디바이스(100)에 전압이 인가됨에 따라, PDLC 디바이스(100)는 온 상태에 있을 수 있다. 여기서, PDLC 디바이스(100)에 100 V의 전압이 인가되면, PDLC 디바이스(100)는 도 4의 (b)에 도시된 바와 같은 투명도를 나타낼 수

있다. 그리고, PDLC 디바이스(100)는 내부의 나노입자(170)들에 따라 푸른색 또는 붉은색을 나타낼 수 있다.

[0031] 전술된 바와 같은 PDLC 디바이스(100)에 대해, 특성을 확인하였다. 여기서, PDLC 디바이스(100)를 제작하는 데, 붉은색과 관련된 나노입자(170)들인 CR 13이 이용되었다. 이러한 붉은색의 PDLC 디바이스(100)에 대해, 도 5, 도 6, 도 7, 및 도 8에 도시된 바와 같은 측정 결과들이 이루어졌다.

[0032] 도 5는 다양한 실시예들에 따른 PDLC 디바이스(100)에 대해 편광광학현미경으로 측정한 이미지이다. 이 때, 액정 레이어(130)의 두께, 즉, 셀 갭(cell gap)은 50 ㎛였다. 여기서, 배율은 x200으로 관찰되었다.

[0033] 도 5를 참조하면, 이미지에서, 액정 레이어(130)에서 고분자 매트릭스(140)와 액적(150)들이 분리되어 있는 모습이 확인된다. 이 때, 액정 레이어(130) 전체에 걸쳐, 붉은색이 균일하게 표현되고 있다. 이는, 액정 레이어(130) 내에서, 나노입자(170)들이 뭉침없이 균일하게 분산되어 있음을 나타낸다.

[0034] 도 6은 다양한 실시예들에 따른 PDLC 디바이스(100)에 대한 가시광선 영역대의 흡광도를 측정한 그래프이다. 흡광도의 측정은 PDLC 디바이스(100)의 오프 시 375 nm 내지 750 nm의 가시광선 영역의 발광체에서 나온 빛의 양을 투과된 후의 빛의 양으로 계산함으로써 이루어지며, 계산 공식은 다음과 같다: $A = \log_{10}(I_0/I)$. 여기서, A는 흡광도를 나타내고, I_0는 발광체에서 나온 빛의 양을 나타내며, I는 투과된 후의 빛의 양을 나타낸다. 일반적으로 측정되는 가시광선에서의 붉은색의 파장 범위는 630 내지 750 nm이다.

[0035] 도 6을 참조하면, PDLC 디바이스(100)는 붉은색의 파장 범위에서 0.4 이하의 가장 낮은 흡광도를 나타낸다. 즉, PDLC 디바이스(100)들은 붉은색의 파장 범위를 제외한 가시광에 해당하는 파장의 빛을 받아들인다. 결과적으로, PDLC 디바이스(100)들은 붉은색을 나타낸다.

[0036] 도 7은 다양한 실시예들에 따른 PDLC 디바이스(100)에 대한 전압-투과율 특성을 측정한 그래프이다. 도 7은 PDLC 디바이스(100)에 대해 인가되는 전압을 0에서 100 V까지 상승시키면서 관찰되는 PDLC 디바이스(100)의 투과율 변화를 나타낸다. 이 그래프는 측정 구간에서 발광체로부터 나오는 빛을 반대편의 수광 센서가 받아들인 후, 전체 데이터를 상대적인 값으로 나타낸 수치를 이용하여 만들어졌다.

[0037] 도 7을 참조하면, PDLC 디바이스(100)의 구동 전압은 일반적인 PDLC 디바이스에 비해 감소된다. 즉, 문턱 전압(threshold voltage; V_{th})과 포화 전압(saturation voltage; V_{sat})이 전체적으로 감소된다. 여기서, 투과율이 10 %가 되는 지점이 문턱 전압(V_{th})이라 정의되며, 투과율이 90 %가 되는 지점이 포화 전압(V_{sat})이라 정의된다. 구체적으로, 문턱 접압의 경우, 일반적인 PDLC 디바이스는 32.1 V인데 반해, 붉은색의 PDLC 디바이스(100)는 6.45 V로, 일반적인 PDLC 이바이스에 비해 약 79.9 % 더 낮다. 한편, 포화 전압의 경우, 일반적인 PDLC 디바이스는 53.1 V인데 반해, 붉은색의 PDLC 디바이스(100)는 14.41 V로, 일반적인 PDLC 디바이스에 비해 약 72.9 % 더 낮다. 이는, 나노입자(170)들의 분산으로 인해, 액적(150)들과 고분자 매트릭스(140) 간의 앵커링 에너지의 영향이 감소하기 때문인 것으로 예상된다.

표 1

[0038]

	문턱 전압(V)	포화 전압(V)
일반적인 PDLC 디바이스	32.1	53.1
붉은색의 PDLC 디바이스	6.45	14.41

[0039] 도 8은 다양한 실시예들에 따른 PDLC 디바이스(100)에 대한 응답속도를 측정한 그래프들이다. 도 8은 PDLC 디바이스(100)들에 대해 인가되는 전압을 0과 100 V 사이에서 순간적으로 변화시키면서 관찰되는 PDLC 디바이스(100)의 응답속도를 나타낸다. 인가되는 전압의 변화에 따라 투과율이 10 %에서 90 %로 상승하는 시간이 상승시간(Rising Time; R.T.)이라 정의되고, 여기서, 전기장의 방향에 따라 액정(160)들이 정렬된다. 한편, 인가되는 전압의 변화에 따라 투과율이 90 %에서 10 %로 하강하는 시간이 하강시간(Falling Time; F.T.)이라 정의되고, 여기서, 액정(160)들이 원래의 상태로 돌아온다. 그리고, 상승시간과 하강시간의 합이 총 응답시간(Total response time)이라 정의된다. 도 8을 참조하면, 총 측정 시간의 경우 200 ms 만큼 진행되었다. 도 8의 (a)에 도시된 바와 같이, 붉은색의 PDLC 디바이스(100)의 상승시간은 일반적인 PDLC 디바이스의 상승시간과 대체로 유사하다. 그러나, 도 8의 (b)에 도시된 바와 같이, 붉은색의 PDLC 디바이스(100)의 하강시간은 일반적인 PDLC 디

바이스의 하강시간보다 더 느리다. 이는, 나노입자(170)들의 분산으로 인해, 잔류 전압 발생에 따른 복원 딜레이가 생성되기 때문인 것으로 예상된다.

[0040] 표 2

	상승시간(ms)	하강시간(ms)	응답시간(ms)
일반적인 PDLC 디바이스	3.71	5.86	10.86
붉은색의 PDLC 디바이스	2.01	37.12	39.11

[0041] 이와 같이, PDLC 디바이스(100)는 붉은색과 관련된 나노입자(170)들이 균일하게 분산되어 전체적으로 붉은색을 나타내며, 성공적으로 구동됨이 확인되었다.

[0042] 전술된 바와 같은 PDLC 디바이스(100)에 대해, 액정 레이어(130)의 두께, 즉, 셀 갭에 따른 특성을 확인하기 위한 실험이 진행되었다. 여기서, PDLC 디바이스(100)를 제작하는 데, 푸른색과 관련된 나노입자(170)들인 CuPc가 이용되었다. 1.4 ㎛, 5 ㎛, 20 ㎛, 및 60 ㎛의 셀 갭들을 갖는 PDLC 디바이스(100)들이 각각 제작되었으며, 이러한 PDLC 디바이스(100)에 대해 도 9, 도 10, 도 11, 및 도 12에 도시된 바와 같은 측정 결과들이 이루어졌다.

[0043] 도 9는 다양한 실시예들에 따른 상이한 셀 갭들로 제작된 PDLC 디바이스(100)들에 대해 편광광학현미경으로 측정한 이미지들이다.

[0044] 도 9를 참조하면, 모든 이미지들에서, 나노입자(170)들의 뭉침 덩어리가 확인되지 않는다. 이는, 액정 레이어(130) 내에서, 셀 갭과 관계없이, 나노입자(170)들이 균일하게 분산되어 있음을 나타낸다. 아울러, 이미지들에 따르면, 동일한 조건들 하에서, 셀 갭이 클수록, 고분자 매트릭스(140)의 구성이 더 견고하며, 투과도는 더 낮고, 특정 색, 즉, 푸른색은 더욱 짙었다.

[0045] 도 10은 다양한 실시예들에 따른 상이한 셀 갭들로 제작된 PDLC 디바이스(100)들에 대한 가시광선 영역대의 흡광도를 측정한 그래프이다. 흡광도의 측정은 PDLC 디바이스(100)들의 오프 시 375 nm 내지 725 nm의 가시광선 영역의 발광체에서 나온 빛의 양을 투과된 후의 빛의 양으로 계산함으로써 이루어지며, 계산 공식은 다음과 같다: $A = \log_{10}(I_0/I)$. 여기서, A는 흡광도를 나타내고, I_0는 발광체에서 나온 빛의 양을 나타내며, I는 투과된 후의 빛의 양을 나타낸다. 일반적으로 측정되는 가시광선에서의 푸른색의 파장 범위는 450 내지 490 nm이다.

[0046] 도 10을 참조하면, 모든 PDLC 디바이스(100)들은 푸른색의 파장 범위에서 제일 낮은 흡광도를 나타낸다. 즉, PDLC 디바이스(100)들은 푸른색의 파장 범위를 제외한 가시광에 해당하는 파장의 빛을 받아들인다. 결과적으로 PDLC 디바이스(100)들은 푸른색을 나타낸다. 아울러, 동일한 조건들 하에서, 셀 갭이 작을수록, 흡광도는 더 낮다.

[0047] 도 11은 다양한 실시예들에 따른 상이한 셀 갭들로 제작된 PDLC 디바이스(100)들에 대한 전압-투과율 특성을 측정한 그래프이다. 도 11은 PDLC 디바이스(100)들에 대해 인가되는 전압을 0에서 100 V까지 상승시키면서 관찰되는 PDLC 디바이스(100)들의 투과율 변화를 나타낸다. 이 그래프는 측정 구간에서 발광체로부터 나오는 빛을 반대편의 수광 센서가 받아들인 후, 전체 데이터를 상대적인 값으로 나타낸 수치를 이용하여 만들어졌다.

[0048] 도 11을 참조하면, 모든 PDLC 디바이스(100)들의 구동 전압은 일반적인 PDLC 디바이스에 비해 감소된다. 즉, 문턱 전압(V_{th})과 포화 전압(V_{sat})이 전체적으로 감소된다. 특히, 셀 갭이 5 ㎛ 이하일 때의 구동 전압은, 셀 갭이 20 ㎛ 또는 60 ㎛일 때의 구동 전압에 비해 현저하게 낮다.

[0049] 도 12는 다양한 실시예들에 따른 상이한 셀 갭들로 제작된 PDLC 디바이스(100)들에 대한 응답속도를 측정한 그래프들이다. 도 12는 PDLC 디바이스(100)들에 대해 인가되는 전압을 0과 100 V 사이에서 순간적으로 변화시키면서 관찰되는 PDLC 디바이스(100)들의 응답속도를 나타낸다.

[0050] 도 12를 참조하면, 총 측정 시간의 경우 200 ms 만큼 진행되었다. 도 12의 (a)에 도시된 바와 같이, 셀 갭과 관계없이, 상승시간은 유사하지만, 셀 갭이 클수록, 투과율은 더 낮다. 한편, 도 12의 (b)에 도시된 바와 같이, 하강시간의 경우, 셀 갭이 20 ㎛일 때, 가장 안정적이다.

[0051] 이와 같이, PDLC 디바이스(100)에 대해 원하는 구동 전압을 설정하기 위해, PDLC 디바이스(100)의 제조 시에 액정 레이어(130)의 두께가 조절될 수 있음이 확인되었다. 즉, 원하는 구동 전압이 결정되면, 그에 상응하도록 액

정 레이어(130)의 두께를 조절함으로써, PDLC 디바이스(100)가 제조될 수 있다. 결과적으로, PDLC 디바이스(100)에 대해 원하는 구동 전압이 설정될 수 있다.

[0053] 전술된 바와 같은 PDLC 디바이스(100)에 대해, PDLC 디바이스(100) 제작 시의 자외선의 조사 강도에 따른 특성을 확인하기 위한 실험이 진행되었다. 여기서, PDLC 디바이스(100)를 제작하는 데, 푸른색과 관련된 나노입자들(170)들인 CuPc가 이용되었다. 3 mW/cm^2, 5 mW/cm^2, 7 Mw/cm^2, 9 mW/cm^2, 및 11 mW/cm^2의 조사 강도들로 PDLC 디바이스(100)들이 각각 제작되었으며, 이러한 PDLC 디바이스(100)에 대해 도 13, 도 14, 도 15, 및 도 16에 도시된 바와 같은 측정 결과들이 이루어졌다. 여기서, 액정 레이어(130)의 두께, 즉, 셀 갭은 20 ㎛였다.

[0054] 도 13은 다양한 실시예들에 따른 상이한 자외선의 조사 강도들로 제작된 PDLC 디바이스(100)들에 대해 편광광학현미경으로 측정한 이미지들이다. 도 13에서, (a)는 조사 강도가 3 mW/cm^2이고, (b) 조사 강도가 5 mW/cm^2이고, (c)는 자외선의 조사 강도가 7 Mw/cm^2이고, (d)는 조사 강도가 9 mW/cm^2이며, 및 (e)는 조사 강도가 11 mW/cm^2이다.

[0055] 도 13을 참조하면, 모든 이미지들에서, 나노입자(170)들의 뭉침 덩어리가 확인되지 않는다. 이는, 액정 레이어(130) 내에서, 셀 갭과 관계없이, 나노입자(170)들이 균일하게 분산되어 있음을 나타낸다. 아울러, 이미지들에 따르면, 동일한 조건들 하에서, 자외선의 조사 강도가 강할수록, 고분자 매트릭스(140)의 구성이 더 견고하며, 투과도는 더 낮고, 특정 색, 즉, 푸른색은 더욱 짙었다.

[0056] 도 14는 다양한 실시예들에 따른 상이한 자외선의 조사 강도들로 제작된 PDLC 디바이스(100)들에 대한 가시광선 영역대의 흡광도를 측정한 그래프이다. 흡광도의 측정은 PDLC 디바이스(100)들의 오프 시 350 nm 내지 750 nm의 가시광선 영역의 발광체에서 나온 빛의 양을 투과된 후의 빛의 양으로 계산함으로써 이루어지며, 계산 공식은 다음과 같다: $A = \log_{10}(I_0/I)$. 여기서, A는 흡광도를 나타내고, I_0는 발광체에서 나온 빛의 양을 나타내며, I는 투과된 후의 빛의 양을 나타낸다. 일반적으로 측정되는 가시광선에서의 푸른색의 파장 범위는 450 내지 490 nm이다.

[0057] 도 14를 참조하면, 모든 PDLC 디바이스(100)들은 푸른색의 파장 범위에서 제일 낮은 흡광도를 나타낸다. 즉, PDLC 디바이스(100)들은 푸른색의 파장 범위를 제외한 가시광에 해당하는 파장의 빛을 받아들인다. 결과적으로 PDLC 디바이스(100)들은 푸른색을 나타낸다. 아울러, 동일한 조건들 하에서, 자외선의 조사 강도가 강할수록, 흡광도는 더 높다.

[0058] 도 15는 다양한 실시예들에 따른 상이한 자외선의 조사 강도들로 제작된 PDLC 디바이스(100)들에 대한 전압-투과율 특성을 측정한 그래프이다. 도 15는 PDLC 디바이스(100)들에 대해 인가되는 전압을 0에서 50 V까지 상승시키면서 관찰되는 PDLC 디바이스(100)들의 투과율 변화를 나타낸다. 이 그래프는 측정 구간에서 발광체로부터 나오는 빛을 반대편의 수광 센서가 받아들인 후, 전체 데이터를 상대적인 값으로 나타낸 수치를 이용하여 만들어졌다.

[0059] 도 15를 참조하면, 모든 PDLC 디바이스(100)들의 구동 전압은 일반적인 PDLC 디바이스에 비해 감소된다. 즉, 문턱 전압(V_{th})과 포화 전압(V_{sat})이 전체적으로 감소된다. 특히, 자외선의 조사 강도가 강할수록, 구동 전압은 더 높다.

[0060] 도 16은 다양한 실시예들에 따른 상이한 자외선의 조사 강도들로 제작된 PDLC 디바이스(100)들에 대한 응답속도를 측정한 그래프들이다. 도 16은 PDLC 디바이스(100)들에 대해 인가되는 전압을 0과 100 V 사이에서 순간적으로 변화시키면서 관찰되는 PDLC 디바이스(100)들의 응답속도를 나타낸다.

[0061] 도 16을 참조하면, 총 측정 시간의 경우 200 ms 만큼 진행되었다. 도 16의 (a)에 도시된 바와 같이, 자외선의 조사 강도와 관계없이, 상승시간과 투과율은 유사하다. 한편, 도 16의 (b)에 도시된 바와 같이, 하강시간의 경우, 자외선의 조사 강도가 강할수록, 더 빠르다.

[0062] 이와 같이, PDLC 디바이스(100)에 대해 원하는 구동 전압을 설정하기 위해, PDLC 디바이스(100)의 제조 시에 자외선의 조사 강도가 조절될 수 있음이 확인되었다. 즉, 원하는 구동 전압이 결정되면, 그에 상응하도록 자외선의 조사 강도를 조절함으로써, PDLC 디바이스(100)가 제조될 수 있다. 결과적으로, PDLC 디바이스(100)에 대해

원하는 구동 전압이 설정될 수 있다.

[0064] 다양한 실시예들에 따르면, PDLC 디바이스(100)가 컬러를 표현하도록 구현될 수 있다. 즉, 일반적인 PDLC 디바이스는 하얀색을 표현한 데 반해, 푸른색 또는 붉은색을 표현하는 PDLC 디바이스(100)가 제조될 수 있다. 그러한 PDLC 디바이스(100)는 일반적인 PDLC 디바이스에 비해 더 낮은 구동 전압을 가질 수 있다. 이 때, PDLC 디바이스(100)를 제조하는 데 있어서 액정 레이어(130)의 두께 및 자외선의 조사 강도 중 적어도 하나가 조절함으로써, PDLC 디바이스(100)에 대해 원하는 구동 전압이 설정될 수 있다. 따라서, 컬러를 표현하는 PDLC 디바이스(100)는 상업화 용도로써 다방면으로 제작되어, 필요로 하는 조건에 맞게 활용될 수 있을 것이다.

[0065] 요컨대, 다양한 실시예들은 PDLC 디바이스(100) 및 그의 제조 방법을 제공할 수 있다.

[0066] 다양한 실시예들에서, PDLC 디바이스(100)는, 기판(110)들, 및 기판(110)들의 사이에 배치되는 액정 레이어(130)를 포함할 수 있다.

[0067] 다양한 실시예들에서, 액정 레이어(130)는, 고분자 매트릭스(140), 및 고분자 매트릭스(140)의 내부에 분산되어 배치되며, 컬러를 나타내는 나노입자(170)들을 갖는 액정(160)들을 각각 보유하는 액적(150)들을 포함할 수 있다.

[0068] 다양한 실시예들에서, 컬러는 붉은색일 수 있다.

[0069] 다양한 실시예들에서, PDLC 디바이스(100)는, 오프 시, 불투명하게 붉은색을 나타내고, 온 시, 투명해질 수 있다.

[0070] 다양한 실시예들에서, 나노입자(170)들은, CR 13을 포함할 수 있다.

[0071] 다양한 실시예들에서, PDLC 디바이스(100)는, 기판(110)들에 각각 배치되어, 고분자 매트릭스(140)를 사이에 두고 서로에 대향하여 배치되는 전극 레이어(120)들을 더 포함할 수 있다.

[0072] 다양한 실시예들에서, 액정 레이어(130)는, 나노입자(170)들을 갖는 액정 용액을 준비하고, 액정 용액에 고분자 재료 및 광 경화제를 혼합하여, 고분자-액정 혼합물을 형성하고, 고분자-액정 혼합물을 기판(110)들의 사이에 도포하고, 자외선을 조사하는 것에 의해, 고분자-액정 혼합물로부터 형성될 수 있다.

[0073] 다양한 실시예들에서, PDLC 디바이스(100)에 대해 정해지는 구동 전압에 따라, 액정 레이어(130)의 두께 또는 자외선의 조사 강도 중 적어도 하나가 조절될 수 있다.

[0074] 다양한 실시예들에서, 액정 레이어(130)의 두께가 클수록, 구동 전압은 더 높을 수 있다.

[0075] 다양한 실시예들에서, 자외선의 조사 강도가 강할수록, 구동 전압은 더 높을 수 있다.

[0076] 다양한 실시예들에서, PDLC 디바이스(100)의 제조 방법은, 컬러를 나타내는 나노입자(170)들을 갖는 액정 용액을 준비하는 단계(210 단계), 액정 용액에 고분자 재료 및 광 경화제를 혼합하여, 고분자-액정 혼합물을 형성하는 단계(220 단계), 고분자-액정 혼합물을 기판(110)들의 사이에 도포하는 단계(230 단계), 및 자외선을 조사하여, 고분자-액정 혼합물로부터 액정 레이어(130)를 형성하는 단계(240 단계)를 포함할 수 있다.

[0077] 다양한 실시예들에서, 액정 레이어(130)는, 고분자 매트릭스(140), 및 고분자 매트릭스(140)의 내부에 분산되어 배치되며, 나노입자(170)들을 갖는 액정(160)들을 각각 보유하는 액적(150)들을 포함할 수 있다.

[0078] 다양한 실시예들에서, 컬러는 붉은색일 수 있다.

[0079] 다양한 실시예들에서, PDLC 디바이스(100)는, 오프 시, 불투명하게 붉은색을 나타내고, 온 시, 투명해질 수 있다.

[0080] 다양한 실시예들에서, 나노입자(170)들은, CR 13을 포함할 수 있다.

[0081] 다양한 실시예들에TJ, 액정 용액을 준비하는 단계(210 단계)는, 기본 액정을 가열하여 액정상에서 액체상으로 변화시키는 단계, 및 액체상의 기본 액정에 나노입자(170)들을 혼합하여, 액정 용액을 형성하는 단계를 포함할 수 있다.

[0082] 다양한 실시예들에서, PDLC 디바이스(100)의 제조 방법은, 고분자-액정 혼합물에 기판(110)들 사이의 공간을 유지하기 위한 스페이서들을 추가하는 단계를 더 포함할 수 있다.

[0083] 다양한 실시예들에서, PDLC 디바이스(100)에 대해 정해지는 구동 전압에 따라, 액정 레이어(130)의 두께 또는 자외선의 조사 강도 중 적어도 하나가 조절될 수 있다.

[0084] 다양한 실시예들에서, 액정 레이어(130)의 두께가 클수록, 구동 전압은 더 높을 수 있다.

[0085] 다양한 실시예들에서, 자외선의 조사 강도가 강할수록, 구동 전압은 더 높을 수 있다.

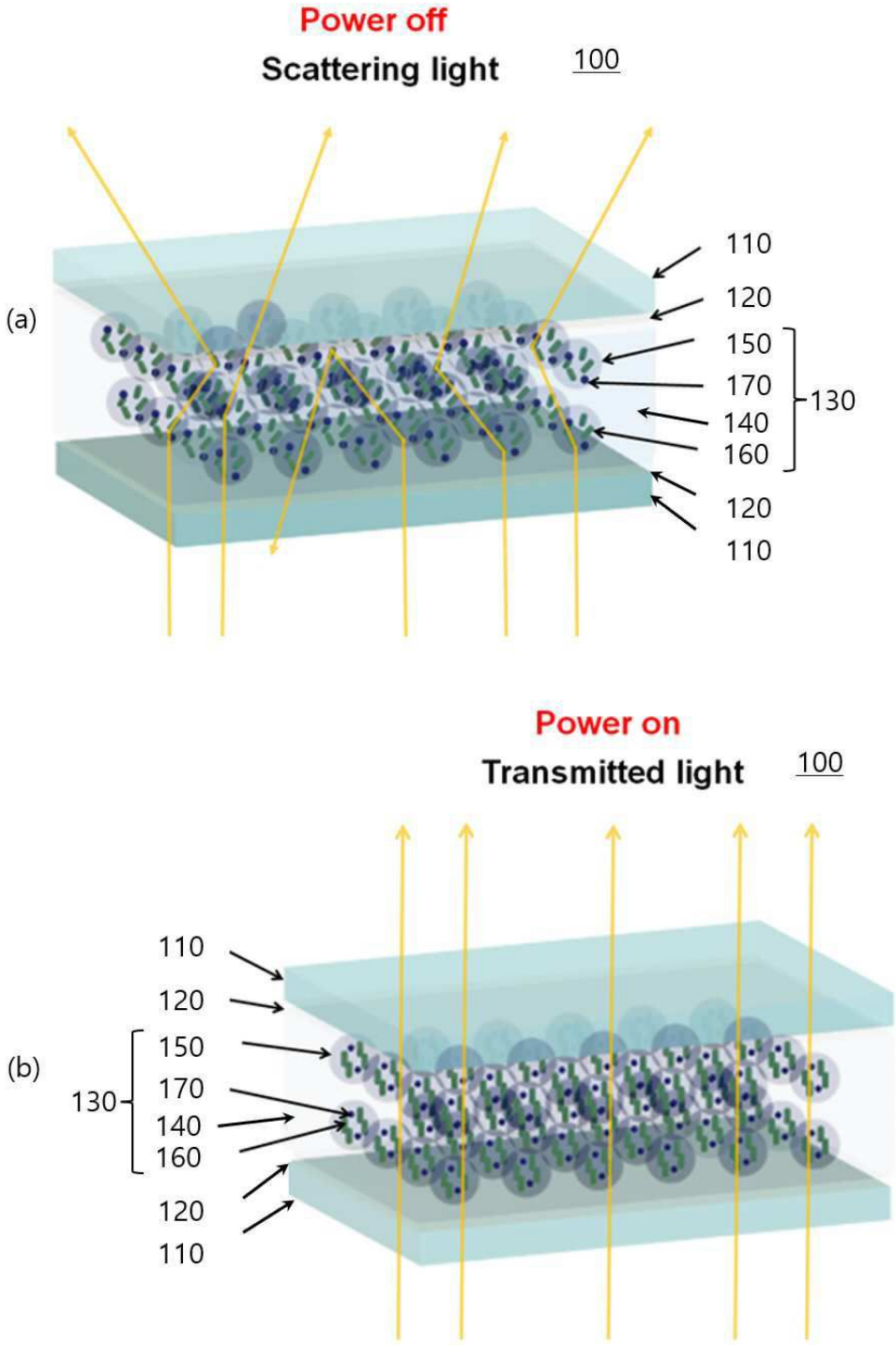
[0086] 다양한 실시예들에서, 기판(110)들에는, 고분자 매트릭스(140)를 사이에 두고 서로에 대향하여 배치되는 전극 레이어(120)들이 각각 마련될 수 있다.

[0087] 본 문서의 다양한 실시예들 및 이에 사용된 용어들은 본 문서에 기재된 기술을 특정한 실시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 해당 실시 예의 다양한 변경, 균등물, 및/또는 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다. 도면의 설명과 관련하여, 유사한 구성요소에 대해서는 유사한 참조 부호가 사용될 수 있다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함할 수 있다. 본 문서에서, "A 또는 B", "A 및/또는 B 중 적어도 하나", "A, B 또는 C" 또는 "A, B 및/또는 C 중 적어도 하나" 등의 표현은 함께 나열된 항목들의 모든 가능한 조합을 포함할 수 있다. "제 1", "제 2", "첫째" 또는 "둘째" 등의 표현들은 해당 구성요소들을, 순서 또는 중요도에 상관없이 수식할 수 있고, 한 구성요소를 다른 구성요소와 구분하기 위해 사용될 뿐 해당 구성요소들을 한정하지 않는다. 어떤(예: 제 1) 구성요소가 다른(예: 제 2) 구성요소에 "(물리적으로 또는 기능적으로) 연결되어" 있다거나 "접속되어" 있다고 언급된 때에는, 상기 어떤 구성요소가 상기 다른 구성요소에 직접적으로 연결되거나, 다른 구성요소(예: 제 3 구성요소)를 통하여 연결될 수 있다.

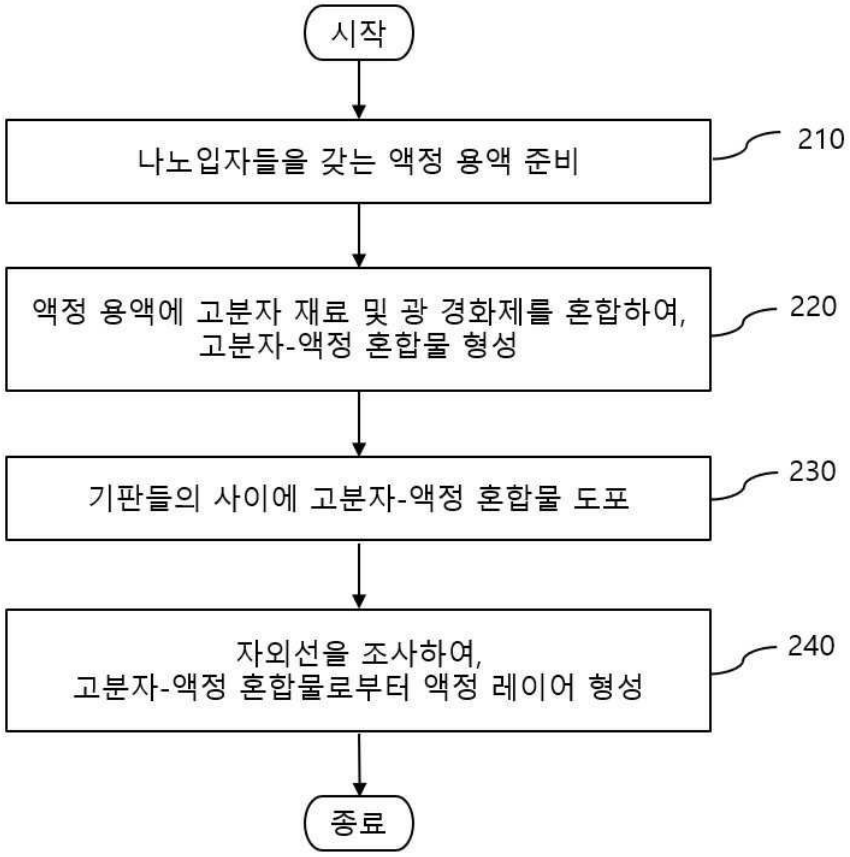
[0088] 다양한 실시예들에 따르면, 기술한 구성요소들의 각각의 구성요소는 단수 또는 복수의 개체를 포함할 수 있다. 다양한 실시예들에 따르면, 전술한 해당 구성요소들 중 하나 이상의 구성요소들 또는 동작들이 생략되거나, 또는 하나 이상의 다른 구성요소들 또는 동작들이 추가될 수 있다. 대체적으로 또는 추가적으로, 복수의 구성요소들은 하나의 구성요소로 통합될 수 있다. 이런 경우, 통합된 구성요소는 복수의 구성요소들 각각의 구성요소의 하나 이상의 기능들을 통합 이전에 복수의 구성요소들 중 해당 구성요소에 의해 수행되는 것과 동일 또는 유사하게 수행할 수 있다.

도면

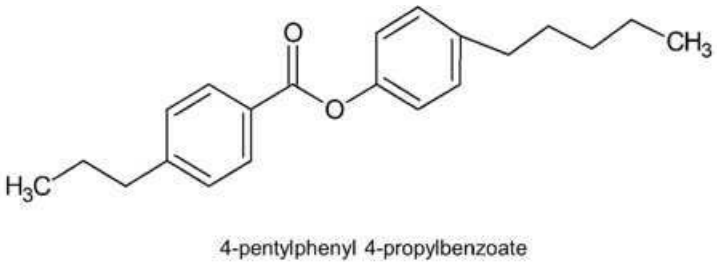
도면1


Power off
Scattering light
100
(a)
110
120
150
170
140
160
130
120
110
Power on
Transmitted light
100
(b)
110
120
150
170
140
160
130
120
110

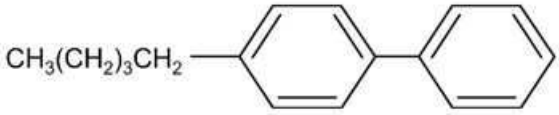
도면2



도면3a

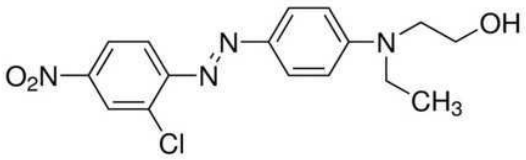


4-pentylphenyl 4-propylbenzoate

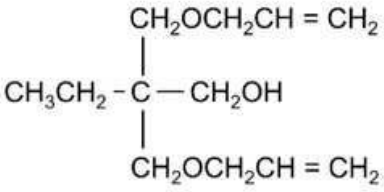


4 N-pentylbiphenyl

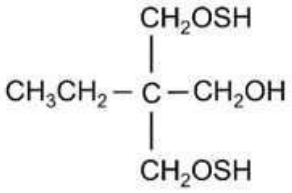
도면3b



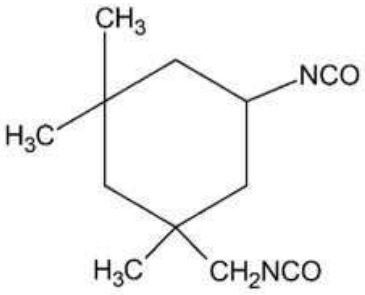
도면3c



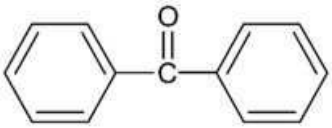
Trimethylolpropane diallyl ether



Trimethylolpropane tris thiol



Isophorone diisocyanate ester



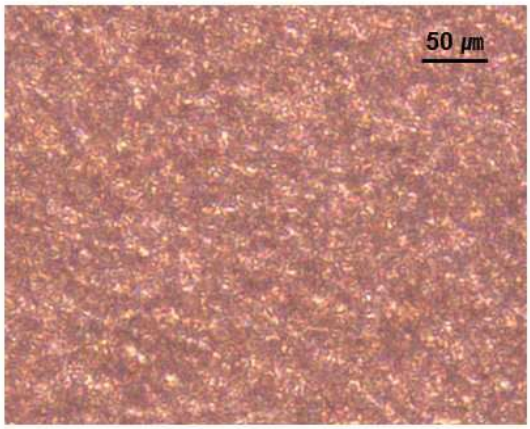
Benzophenone (photoinitiator, 5 wt%)

도면4

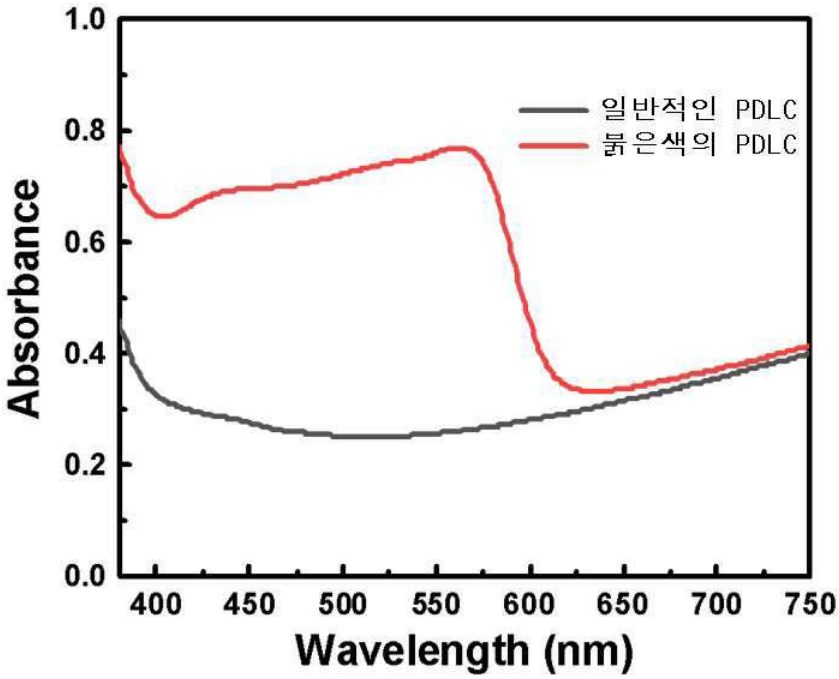


(a) (b)

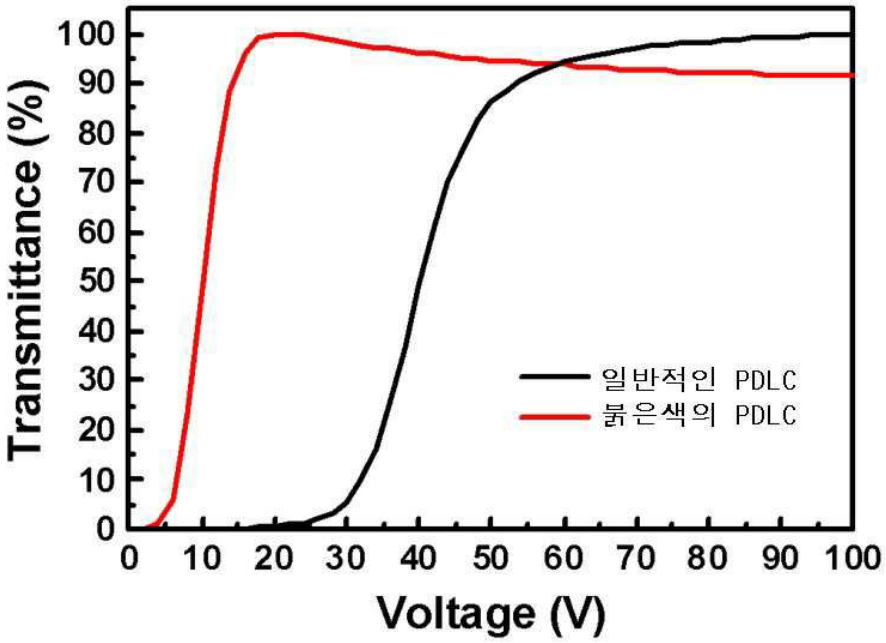
도면5


50 μm

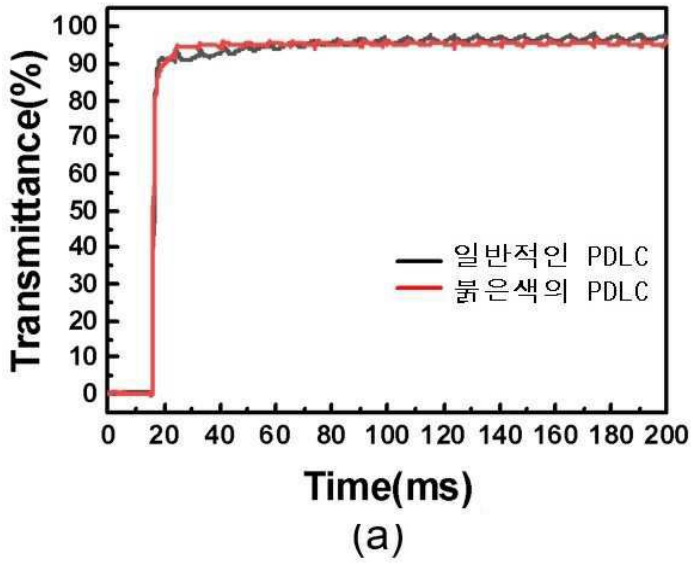
도면6


1.0
0.8
0.6
0.4
0.2
0.0
Absorbance
400
450
500
550
600
650
700
750
Wavelength (nm)
일반적인 PDLC
붉은색의 PDLC

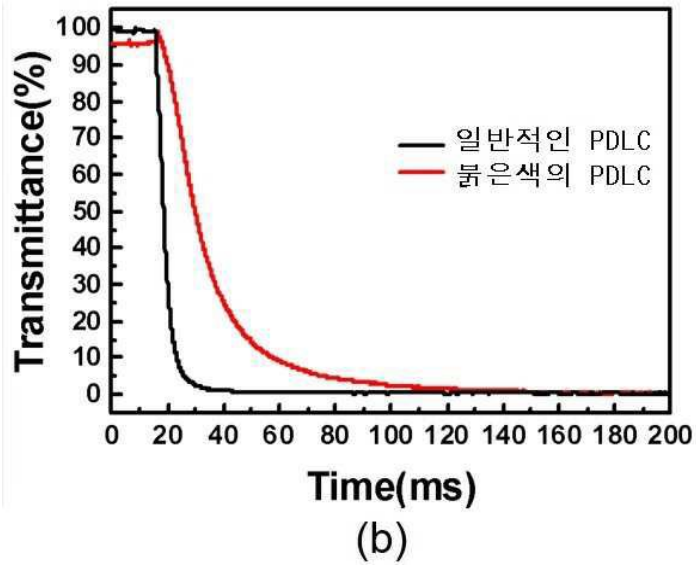
도면7


Transmittance (%)
100
90
80
70
60
50
40
30
20
10
0
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
Voltage (V)
일반적인 PDLC
붉은색의 PDLC

도면8

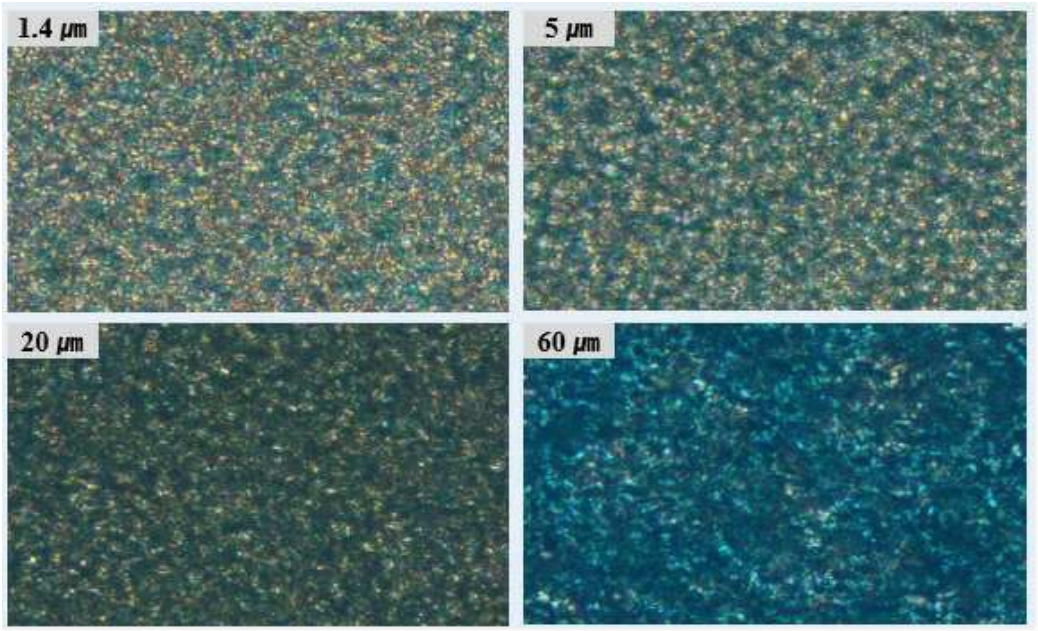

Transmittance(%)
Time(ms)
일반적인 PDLC
붉은색의 PDLC

(a)

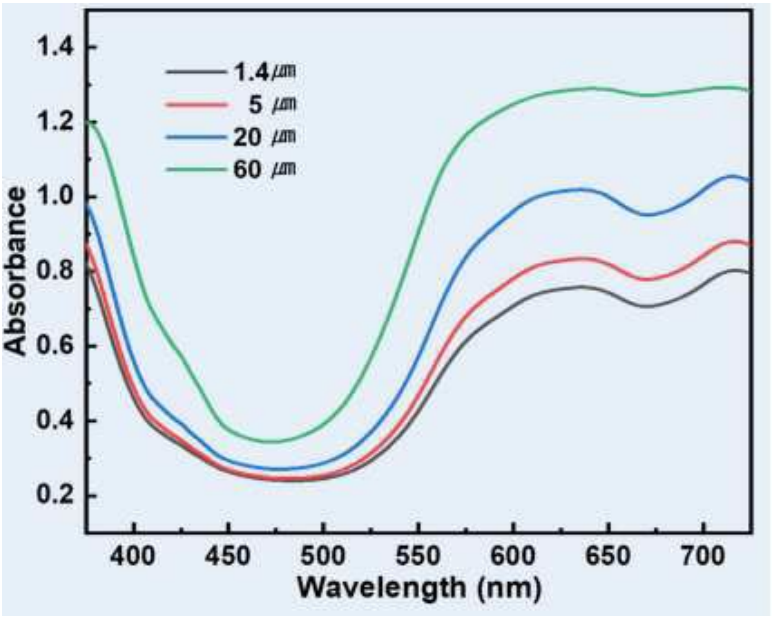

Transmittance(%)
Time(ms)
일반적인 PDLC
붉은색의 PDLC

(b)

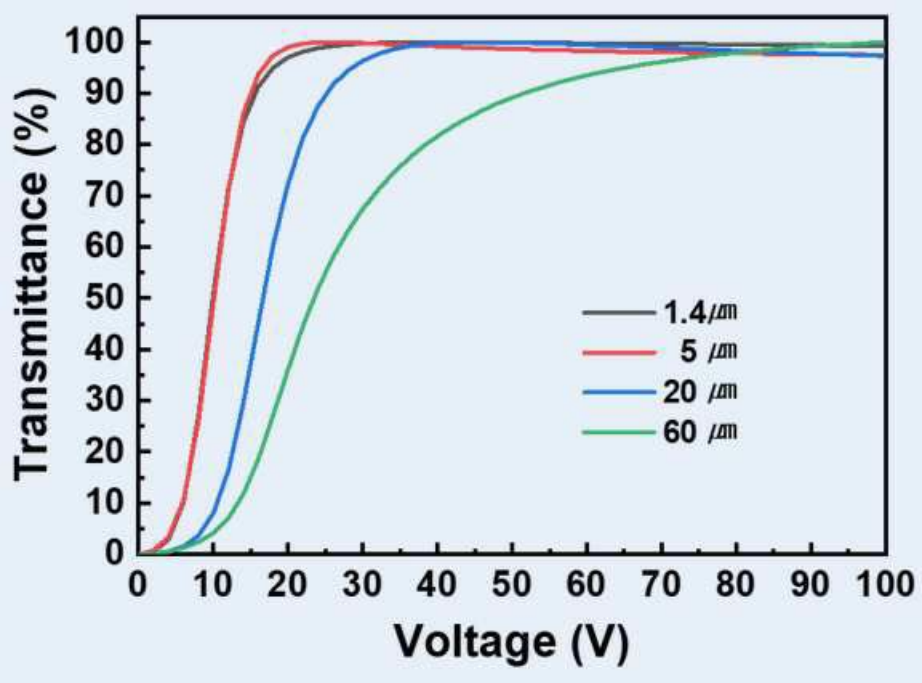
도면9


1.4 μm
5 μm
20 μm
60 μm

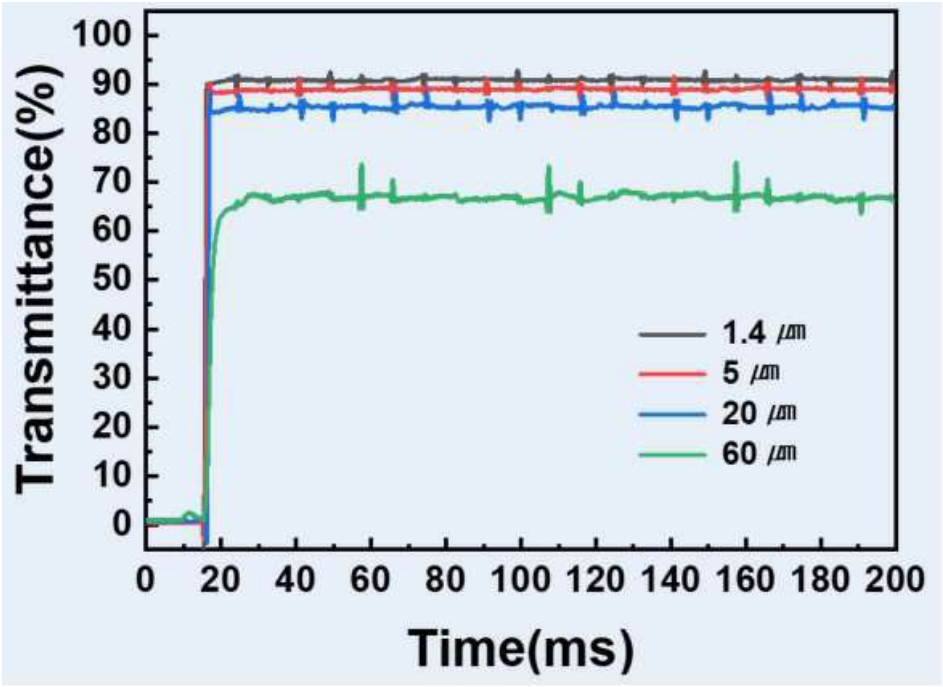
도면10


1.4 μm
5 μm
20 μm
60 μm
Absorbance
Wavelength (nm)
1.4
1.2
1.0
0.8
0.6
0.4
0.2
400
450
500
550
600
650
700

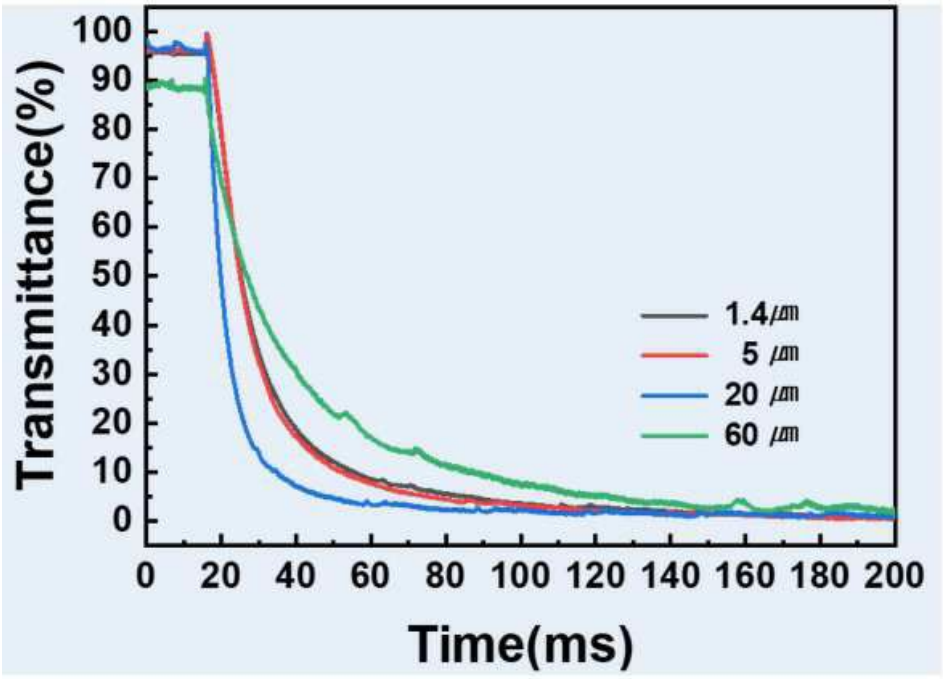
도면11


Transmittance (%)
Voltage (V)
0
10
20
30
40
50
60
70
80
90
100
1.4㎛
5 ㎛
20 ㎛
60 ㎛

도면12

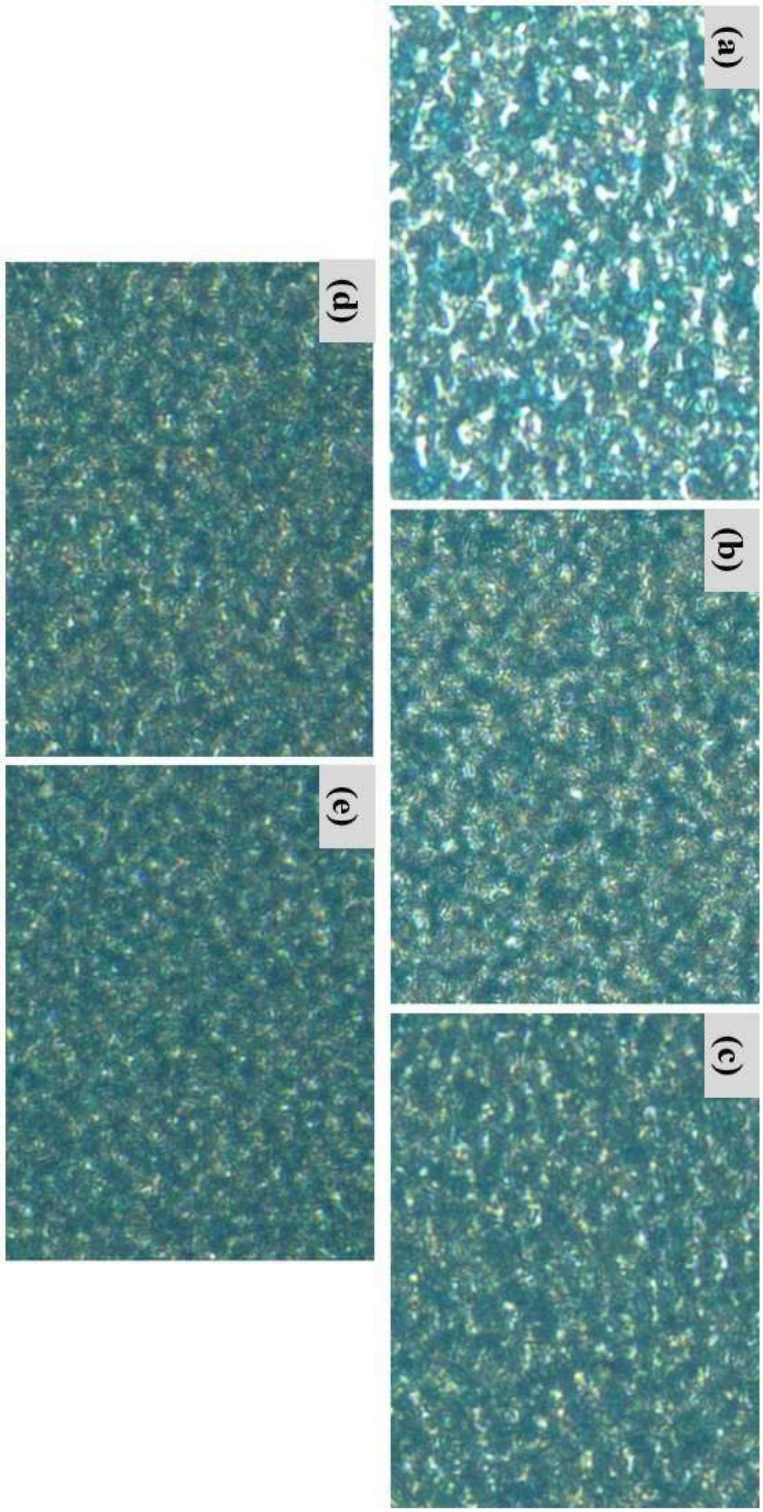

Transmittance(%)
Time(ms)
1.4 ㎛
5 ㎛
20 ㎛
60 ㎛

(a)

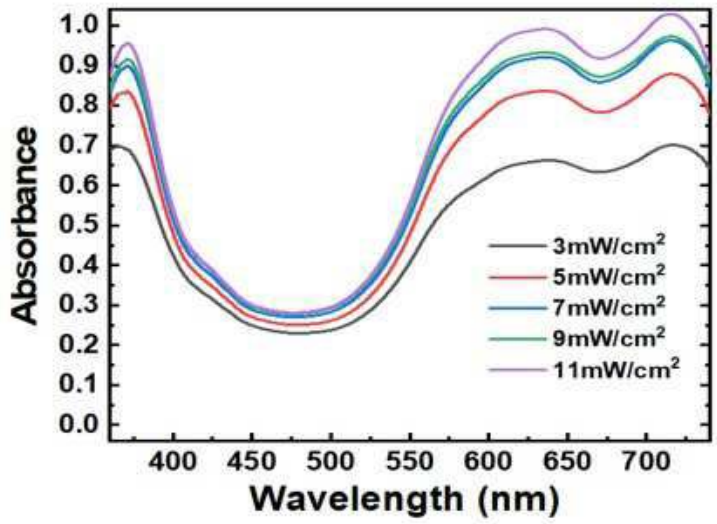

Transmittance(%)
Time(ms)
1.4㎛
5 ㎛
20 ㎛
60 ㎛

(b)

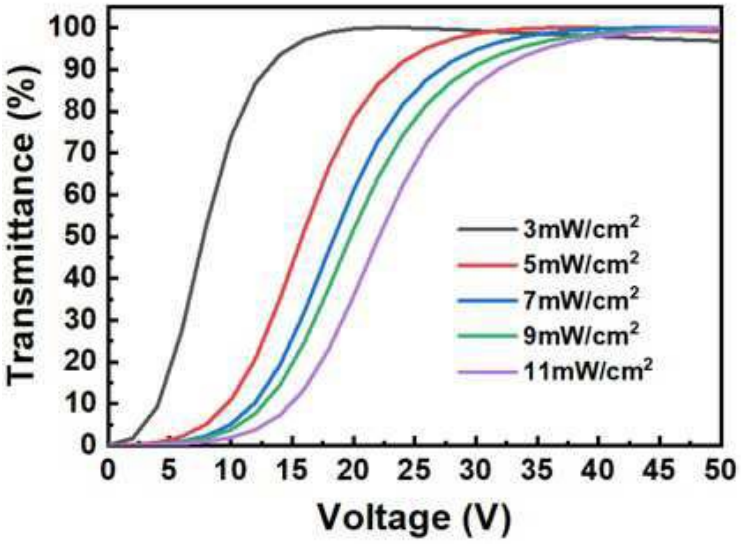
도면13



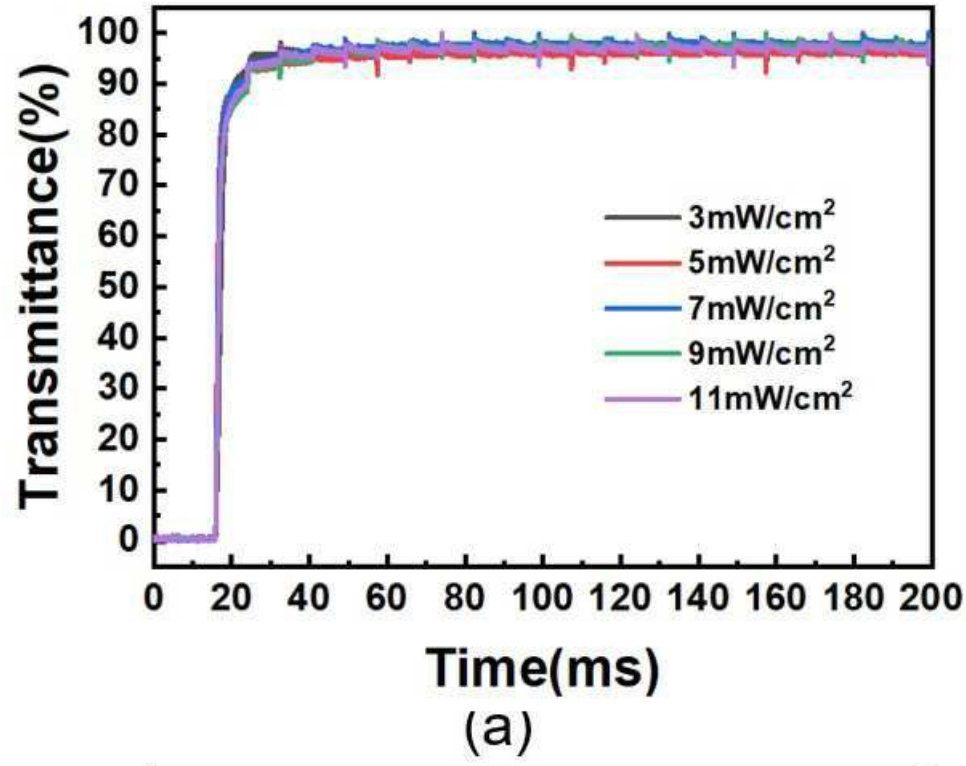
도면14


Absorbance
Wavelength (nm)
3mW/cm²
5mW/cm²
7mW/cm²
9mW/cm²
11mW/cm²

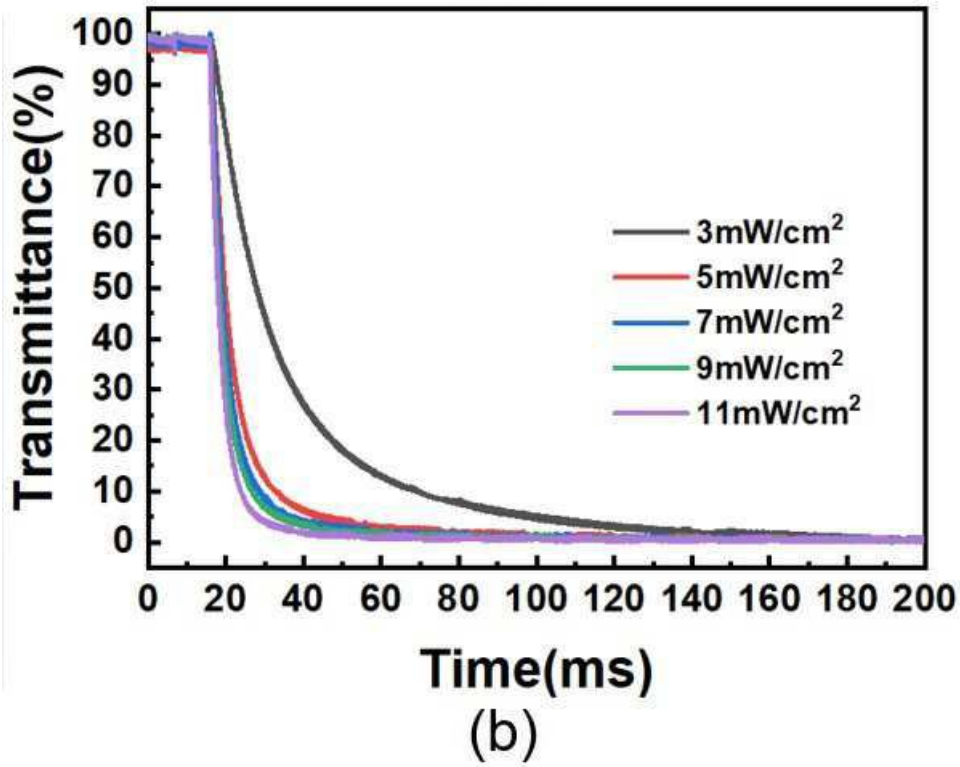
도면15


Transmittance (%)
Voltage (V)
3mW/cm²
5mW/cm²
7mW/cm²
9mW/cm²
11mW/cm²

도면16


Transmittance(%)
Time(ms)
3mW/cm2
5mW/cm2
7mW/cm2
9mW/cm2
11mW/cm2

(a)


Transmittance(%)
Time(ms)
3mW/cm2
5mW/cm2
7mW/cm2
9mW/cm2
11mW/cm2

(b)