



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2023-0167633
(43) 공개일자 2023년12월11일

(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 10-2022-0067737
(22) 출원일자 2022년06월02일
심사청구일자 2022년06월02일

(71) 출원인
창원대학교 산학협력단
경상남도 창원시 의창구 창원대로 20(퇴촌동)
(72) 발명자
박홍규
경상남도 창원시 성산구 동산로 115, 123동 1003호(상남동, 대동아파트)
최세훈
경상남도 창원시 의창구 용지로285번길 36, 206(사림동)
김진아
경상남도 창원시 의창구 사림로 37, 202호(봉곡동)
(74) 대리인
양성보

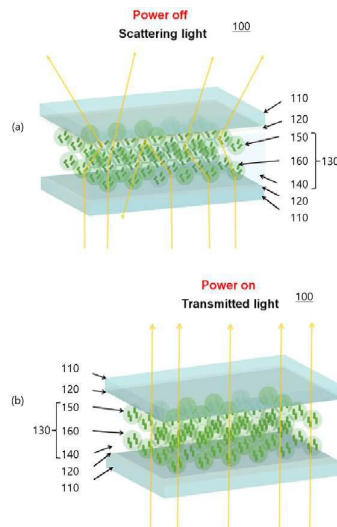
전체 청구항 수 : 총 15 항

(54) 발명의 명칭 유기물이 분산된 고분자 분산형 액정 디바이스 및 그의 제조 방법

(57) 요약

다양한 실시예들은 유기물이 분산되어 푸른색을 갖는 고분자 분산형 액정(PDLC) 디바이스 및 그의 제조 방법을 제공한다. 다양한 실시예들에 따르면, PDLC 디바이스는, 기관들, 및 기관들의 사이에 배치되는 액정 레이어를 포함하고, 액정 레이어는, 고분자 매트릭스, 및 고분자 매트릭스의 내부에 분산되어 배치되며, 컬러를 나타내는 유기물을 갖는 액정들을 각각 보유하는 액적들을 포함할 수 있다.

대표도 - 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)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1711170015

과제번호 2022-0121

부처명 과학기술정보통신부

과제관리(전문)기관명 한국연구재단

연구사업명 기본연구

연구과제명 저전력 광변색 유연 스마트윈도우 구현을 위한 나노입자 적용 액정 고분자 네트워크

의 전기광학특성 연구

기 여 율 1/2

과제수행기관명 창원대학교 산학협력단

연구기간 2022.03.01 ~ 2023.02.28

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1711160598

과제번호 2016-0-00318-007

부처명 과학기술정보통신부

과제관리(전문)기관명 정보통신기획평가원

연구사업명 Grand ICT연구센터지원사업

연구과제명 IoT 및 지능정보 기반 동남권 제조 IT 기술 혁신 및 인재양성

기 여 율 1/2

과제수행기관명 부산대학교 산학협력단

연구기간 2022.01.01 ~ 2022.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

고분자 분산형 액정 디바이스에 있어서,
기관들; 및
상기 기관들의 사이에 배치되는 액정 레이어
를 포함하고,
상기 액정 레이어는,
고분자 매트릭스; 및
상기 고분자 매트릭스의 내부에 분산되어 배치되며, 컬러를 나타내는 유기물을 갖는 액정들을 각각 보유하는 액
적들
을 포함하는,
고분자 분산형 액정 디바이스.

청구항 2

제 1 항에 있어서,
상기 컬러는 푸른색인,
고분자 분산형 액정 디바이스.

청구항 3

제 2 항에 있어서,
상기 고분자 분산형 액정 디바이스는,
오프 시, 불투명하게 상기 푸른색을 나타내고,
온 시, 투명해지는,
고분자 분산형 액정 디바이스.

청구항 4

제 2 항에 있어서,
상기 유기물은,
구리 프탈로시아닌(CuPc)을 포함하는,
고분자 분산형 액정 디바이스.

청구항 5

제 1 항에 있어서,
상기 기관들에 각각 배치되어, 상기 고분자 매트릭스를 사이에 두고 서로에 대향하여 배치되는 전극 레이어들
을 더 포함하는,
고분자 분산형 액정 디바이스.

청구항 6

제 1 항에 있어서,
상기 액정 레이어는,
상기 유기물을 갖는 액정 용액을 준비하고, 상기 액정 용액에 고분자 재료 및 광 경화제를 혼합하여, 고분자-액
정 혼합물을 형성하고, 상기 고분자-액정 혼합물을 상기 기관들의 사이에 도포하고, 자외선을 조사하는 것에 의
해, 상기 고분자-액정 혼합물로부터 형성되는,
고분자 분산형 액정 디바이스.

청구항 7

제 6 항에 있어서,
상기 자외선의 조사 시간이 증가됨에 따라, 상기 액적들의 크기는 작아지고, 상기 액적들의 개수는 증가되어,
상기 고분자 분산형 액정 디바이스의 구동에 필요한 전압이 상승되며, 상기 고분자 분산형 액정 디바이스의 응
답속도가 빨라지는,
고분자 분산형 액정 디바이스.

청구항 8

고분자 분산형 액정 디바이스의 제조 방법에 있어서,
컬러를 나타내는 유기물을 갖는 액정 용액을 준비하는 단계;
상기 액정 용액에 고분자 재료 및 광 경화제를 혼합하여, 고분자-액정 혼합물을 형성하는 단계;
상기 고분자-액정 혼합물을 기관들의 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 유기물을 갖는 액정들을 각각 보유하는 액적들
을 포함하는,
고분자 분산형 액정 디바이스의 제조 방법.

청구항 9

제 8 항에 있어서,
상기 컬러는 푸른색인,

고분자 분산형 액정 디바이스의 제조 방법.

청구항 10

제 9 항에 있어서,
상기 고분자 분산형 액정 디바이스는,
오프 시, 불투명하게 상기 푸른색을 나타내고,
온 시, 투명해지는,
고분자 분산형 액정 디바이스의 제조 방법.

청구항 11

제 9 항에 있어서,
상기 유기물은,
구리 프탈로시아닌(CuPc)을 포함하는,
고분자 분산형 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 유기물을 혼합하여, 상기 액정 용액을 형성하는 단계
를 포함하는,
고분자 분산형 액정 디바이스의 제조 방법.

청구항 13

제 8 항에 있어서,
상기 고분자-액정 혼합물에 상기 기관들 사이의 공간을 유지하기 위한 스페이서들을 추가하는 단계
를 더 포함하는,
고분자 분산형 액정 디바이스의 제조 방법.

청구항 14

제 8 항에 있어서,
상기 자외선의 조사 시간이 증가됨에 따라, 상기 액적들의 크기는 작아지고, 상기 액적들의 개수는 증가되어,
상기 고분자 분산형 액정 디바이스의 구동에 필요한 전압이 상승되며, 상기 고분자 분산형 액정 디바이스의 응
답속도가 빨라지는,

고분자 분산형 액정 디바이스의 제조 방법.

청구항 15

제 8 항에 있어서,

상기 기관들에는, 상기 고분자 매트릭스를 사이에 두고 서로에 대하여 배치되는 전극 레이어들이 각각 마련되는,

고분자 분산형 액정 디바이스의 제조 방법.

발명의 설명

기술 분야

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

배경 기술

[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 방식인 PDLC는 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 장점을 갖고 있다.

[0005] 성별에 관계없이 인간의 삶에서의 주변광은 각성 및 인지 같은 시각 이외의 요건에 영향을 끼친다. 이러한 가운데 푸른색은 다른 색에 비하여 감정적 반응에서 즐거움, 안전함과 편안함 같은 긍정적인 영향을 끼친다는 연구 결과가 있었으며, 창의성과 혁신성을 증가시키는 영향을 미치기도 한다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 다양한 실시예들은, 기존의 하얀색을 갖는 PDLC 디바이스와 다르게, 푸른색을 갖는 PDLC 디바이스 및 그의 제조 방법을 제공한다.

[0007] 다양한 실시예들은, 유기물이 분산되어 푸른색을 갖는 PDLC 디바이스 및 그의 제조 방법을 제공한다.

과제의 해결 수단

[0008] 다양한 실시예들에 따른 PDLC 디바이스는, 기관들, 및 상기 기관들의 사이에 배치되는 액정 레이어를 포함하고,

상기 액정 레이어는, 고분자 매트릭스, 및 상기 고분자 매트릭스의 내부에 분산되어 배치되며, 컬러를 나타내는 유기물을 갖는 액정들을 각각 보유하는 액적들을 포함할 수 있다.

[0009] 다양한 실시예들에 따른 PDLC 디바이스의 제조 방법은, 컬러를 나타내는 유기물을 갖는 액정 용액을 준비하는 단계, 상기 액정 용액에 고분자 재료 및 광 경화제를 혼합하여, 고분자-액정 혼합물을 형성하는 단계, 상기 고분자-액정 혼합물을 기관들의 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 유기물을 갖는 액정들을 각각 보유하는 액적들을 포함할 수 있다.

발명의 효과

[0010] 다양한 실시예들에 따르면, PDLC 디바이스가 컬러, 특히, 푸른색을 표현하도록 구현될 수 있다. 즉, 기존의 PDLC 디바이스는 하얀색을 표현한 데 반해, 푸른색을 표현하는 PDLC 디바이스가 제조될 수 있다. 이 때, PDLC 디바이스를 제조하기 위해 적용되는 자외선의 조사 시간이 증가됨에 따라, 액적들의 크기는 작아지고, 액적들의 개수는 증가되어, PDLC 디바이스의 구동에 필요한 전압이 상승되며, PDLC 디바이스의 응답속도가 빨라질 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 3은 다양한 실시예들에 따른 PDLC 디바이스에 대해 편광광학현미경으로 측정한 이미지들이다.
 도 4는 다양한 실시예들에 따른 PDLC 디바이스에 대해 저전압주사전자현미경으로 측정한 이미지들이다.
 도 5는 다양한 실시예들에 따른 PDLC 디바이스의 전압-투과율 특성을 측정한 그래프이다.
 도 6은 다양한 실시예들에 따른 PDLC 디바이스의 응답속도를 측정한 그래프이다.
 도 7은 다양한 실시예들에 따른 PDLC 디바이스의 가시광선 영역대의 흡광도를 측정한 그래프이다.
 도 8은 다양한 실시예들에 따른 PDLC 디바이스의 일 예에 대한 이미지이다.

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 기관(110)들, 한 쌍의 전극 레이어(120)들 및 액정 레이어(130)를 포함하며, 액정 레이어(130)가 푸른색을 가질 수 있다.

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

[0017] 전극 레이어(120)들은 기관(110)들 사이의 공간에서 서로로부터 이격되어 배치될 수 있다. 이 때, 전극 레이어(120)들의 각각은 기관(110)들의 각각의 일 면에 배치될 수 있다. 바꿔 말하면, 전극 레이어들(120)은 기관(110)들 사이의 공간을 향하는 기관(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 기관(110)들 사이의 공간에 제공될 수 있다. 이 때, 액정 레이어(130)는 비활성화 상태에서 푸른색을 나타내고, 활성화 상태에서 투명하도록 구현될 수 있다. 이를 위해, 액정 레이어(130)는 고분자 매트릭스(140), 및 복수의 액적(150)들을 포함할 수 있다.

- [0019] 고분자 매트릭스(140)는 기관(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 푸른색과 관련된 유기물을 갖는다. 여기서, 유기물은 구리 화합물 염료를 포함하며, 예컨대, 구리 프탈로시아닌(copper phthalocyanine; CuPc)을 포함할 수 있다.
- [0021] 도 1의 (a)에 도시된 바와 같이, PDLC 디바이스(100)의 오프 시, 액정 레이어(130)는 비활성화 상태에서 불투명한 푸른색을 나타낼 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 불투명한 푸른색을 나타낼 수 있다.
- [0022] 한편, 도 1의 (b)에 도시된 바와 같이, PDLC 디바이스(100)의 온 시, 액정 레이어(130)는 활성화 상태에서 투명한 할 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 투명한 할 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.
- [0023] 도 2는 다양한 실시예들에 따른 PDLC 디바이스(100)의 제조 방법을 개략적으로 도시하는 도면이다.
- [0024] 도 2를 참조하면, 210 단계에서, 유기물을 갖는 액정 용액이 준비될 수 있다. 이를 위해, 기본 액정 및 푸른색과 관련된 유기물이 준비될 수 있다. 기본 액정으로는, 예컨대, 방향은 존재하나 위치는 자유로우며 유동성이 존재하는 네마틱(nematic) 액정으로서, 4-pentylphenyl 4-propylbenzoate (63 중량비)와 4 N-pentylbiphenyl (37 중량비)로 구성되는 액정이 사용될 수 있다. 유기물로는, 구리 화합물 염료로서, 예컨대, CuPc가 사용될 수 있다. 구체적으로, 기본 액정을 미리 정해진 온도로, 예컨대, 60 °C 이상으로 가열하여, 기본 액정이 액정상에서 액체상으로 변화될 수 있다. 이 후, 액체상의 기본 액정에 유기물이 혼합될 수 있다. 여기서, 액체상의 기본 액정은 형성하고자 하는 혼합물의 50 중량비만큼 준비되고, 유기물은 형성하고자 하는 혼합물의 1 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 °C를 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 소재가 형성하고자 하는 혼합물의 49 중량비만큼 준비되어, 액정 용액에 혼합될 수 있다. 이로써, 고분자-액정 혼합물이 형성될 수 있다. 추가적으로, 고분자-액정 혼합물에는, 기관(110)들 사이의 공간을 유지하기 위해, 스페이서(spacer)들이 더 혼합될 수 있다. 여기서, 스페이서들은 미리 정해진 크기, 예컨대, 20 μm 의 크기를 갖고, 미리 정해진 양, 예컨대, 0.003 내지 0.005 g만큼 소량으로 추가될 수 있다. 이 때, 고분자-액정 혼합물에 대해, 초음파가 적용되고, 교반기에서 미리 정해진 속도, 예컨대, 2000 rpm으로, 미리 정해진 기간, 예컨대, 3 분 동안 교반이 진행된 다음, 미리 정해진 기간, 예컨대, 3 시간 동안 안정화가 진행될 수 있다.
- [0026] 다음으로, 230 단계에서, 고분자-액정 혼합물이 기관(110)들의 사이에 도포될 수 있다. 이를 위해, 한 쌍의 기관(110)들이 준비되고, 한 쌍의 전극 레이어(120)들의 각각이 기관(110)들의 각각의 일 면에 배치될 수 있다. 그리고, 전극 레이어(120)들이 마주하도록, 기관(110)들이 배열될 수 있다. 이 후, 고분자-액정 혼합물이 원드롭 필링(one drop filling) 방식으로, 기관(110)들의 사이에 균일하게 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. 이 때, 액적(150)들은 유기물을 갖는 액정(160)들을 보유할 수 있다. 여기서, 자외선의 조사 강도는, 예컨대, $11 \text{ mW} \cdot \text{sec}/\text{cm}^2$ 로 고정될 수 있다. 한

편, 자외선의 조사 시간은, 예컨대, 70 내지 175 초일 수 있다. 결과적으로, 도 1에 도시된 바와 같은 PDLC 디바이스(100)가 제조될 수 있다.

- [0029] 기술된 바와 같은 PDLC 디바이스(100)에 대해, 표면 특성을 확인하기 위하여, 편광광학현미경(polarized optical microscopy; POM)과 저전압주사전자현미경(low vacuum-scanning electron microscope; LV-SEM)을 이용하였으며, 전기광학특성 변화를 확인하기 위하여, LCD평가시스템에 증폭기를 연결시켜 전압-투과율 특성과 응답 속도를 확인하였다.
- [0030] 도 3은 다양한 실시예들에 따른 PDLC 디바이스(100)에 대해 편광광학현미경으로 측정된 이미지들이다. 도 3은 상이한 자외선의 조사 시간들이 각각 적용된 PDLC 디바이스(100)에 대한 것으로, (a)는 70 초에 대응하고, (b)는 105 초에 대응하고, (c)는 140 초에 대응하며, (d)는 175 초에 대응한다. 여기서, 배율은 x200으로 관찰되었다.
- [0031] 도 3을 참조하면, 이미지들에서, 유기물, 즉, CuPc의 뭉침 덩어리가 확인되지 않는다. 이는, 액정 레이어(130) 내에서, CuPc가 균일하게 분산되어 있음을 나타낸다. 뿐만 아니라, 이미지들에서, 하얀색 원형의 스페이서들이 적절히 적절히 분산되어 셀 갭(cell gap)을 이루고 있음이 확인된다. 아울러, 자외선의 조사 시간이 증가함에 따라, 표면 갈라짐이 줄어드는 모습이 확인된다. 이는 자외선의 조사 시간이 증가함에 따라, 고분자 매트릭스(140)의 네트워크 형성 정도가 상승함과 동시에, 액적(150)들의 개수가 증가됨이 영향을 끼친 것이라 추정된다. 이를 뒷받침하기 위하여, 저전압주사전자현미경을 통해 더 확대된 모습이 확인되었다.
- [0032] 도 4는 다양한 실시예들에 따른 PDLC 디바이스(100)에 대해 저전압주사전자현미경으로 측정된 이미지들이다. 도 4는 상이한 자외선의 조사 시간들이 각각 적용된 PDLC 디바이스(100)에 대한 것으로, (a)는 70 초에 대응하고, (b)는 105 초에 대응하고, (c)는 140 초에 대응하며, (d)는 175 초에 대응한다. 여기서, 이미지들을 측정하기 전에, 액정 레이어(130)를 분리해 내어, 액정(160)들이 제거되었다. 예를 들어, 액정 레이어(130)를 사이클로헥세인이 들어있는 비커에 일주일 동안 담겨 놓음으로써, 액정(160)들이 제거되었다. 결과적으로, 고분자 매트릭스(140)가 남았다. 이 후, 이미지들을 측정하기 위해, 고분자 매트릭스(140)를 구리 테이프로 고정시키고, 백금(Pt)으로 고분자 매트릭스(140)의 표면을 한 차례 코팅한 다음, 진공 상태에서 x3000 배율로 측정되었다.
- [0033] 도 4를 참조하면, 고분자 매트릭스(140)의 내부에는, 액정(160)들이 제거되면서, 액적(150)들이 제거되어 생기는 구멍들이 남아 있다. 여기서, 구멍들의 크기로부터 액적(150)들의 크기가 확인되며, 액적(150)들의 크기는 2 μm 로 확인된다. 이 때, 자외선의 조사 시간이 증가함에 따라, 고분자 매트릭스(140)의 내부에 액적(150)들의 개수가 기하급수적으로 증가됨이 확인된다. 아울러, 자외선의 조사 시간이 증가함에 따라, 액적(150)들의 크기가 조금씩 작아짐이 추가적으로 확인된다. 따라서, 자외선의 조사 시간에 따라, 액적(160)들의 크기와 개수가 결정된다는 유의미가 결과가 얻어진다. 이러한 결과가 PDLC 디바이스(100)의 동작에 미치는 영향을 알아보기 위하여, 전기광학특성이 확인되었다.
- [0034] 도 5는 다양한 실시예들에 따른 PDLC 디바이스(100)의 전압-투과율 특성을 측정한 그래프이다. 도 5는 상이한 자외선의 조사 시간들이 각각 적용된 PDLC 디바이스(100)에 대해, 인가되는 전압을 0에서 50 V까지 2 V씩 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.
- [0035] 도 5를 참조하면, PDLC 디바이스(100)에 대해, 자외선의 조사 시간이 증가함에 따라 문턱 전압(threshold voltage; V_{th})과 포화 전압(saturation voltage; V_{sat})이 전체적으로 증가한다. 여기서, 투과율이 10%가 되는 지점이 문턱 전압(V_{th})이라 정의되며, 투과율이 90%가 되는 지점이 포화 전압(V_{sat})이라 정의된다. 자외선의 조사 시간별 문턱 전압과 포화 전압은 하기 [표 1]과 같으며, 70 초와 175 초의 비교시, 문턱 전압은 62%, 포화 전압은 55.6%만큼 증가했음이 확인된다. 전력 소비 절감을 위한 저전압 구동의 목적에서는, 70 초가 적용된 PDLC 디바이스(100)가 탁월한 성능을 나타낸다. 한편, 구동 전압의 변화 이유로는, 자외선의 조사 시간이 증가함에 따라 액적(150)들의 크기가 작아지며 액적(150)들의 개수가 증가하기에, 액정(160)들과 고분자 매트릭스(140) 간의 앵커링 에너지(anchoring energy)가 더 크게 작용하여, 구동 시 필요로 하는 전압이 상승하기 때문이다. 다른 선행 연구에서 앵커링 에너지가 커질수록 구동전압이 증가한다고 보고된 바 있다.

표 1

Irradiation time (s)	Threshold voltage (V_{th} , V)	Saturation voltage (V_{sat} , V)
70	10.39	23.51
105	13.62	28.79
140	14.31	29.93
175	16.85	36.57

[0036]

[0037]

도 6은 다양한 실시예들에 따른 PDLC 디바이스(100)의 응답속도를 측정한 그래프이다. 도 6은 상이한 자외선의 조사 시간들이 각각 적용된 PDLC 디바이스(100)에 대해, 인가되는 전압을 0과 100 V 사이에서 순간적으로 변화 시키면서 관찰되는 PDLC 디바이스(100)의 응답속도를 나타낸다. 0에서 100 V로의 순간적인 상승이 이루어지는 시간이 상승시간(Rising Time; R.T.)이라 정의되고, 여기서, 전기장의 방향에 따라 액정(160)들이 정렬된다. 한편, 100 V에서 0으로의 순간적인 감소가 이루어지는 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.

[0038]

도 6을 참조하면, 총 측정 시간의 경우 200 ms 만큼 진행되었다. 도 6의 (a)에 도시된 바와 같이, 상승시간의 경우, 상이한 자외선의 조사 시간들에 대해 1 내지 3 ms 내외로 나타나며, 전압 인가 이후 평균 투과율은 80 % 이상으로 유지된다. 반면, 도 6의 (b)에 도시된 바와 같이, 하강시간의 경우, 상이한 자외선의 조사 시간들에 대해 차이가 발생하게 되는데, 구체적으로, 하기 [표 2]와 같이, 자외선의 조사 시간이 증가할수록 하강시간이 비례하여 빨라지는 모습을 나타낸다. 이는 자외선의 조사 시간이 증가할수록 고분자 매트릭스(140)에서의 액적(150)들의 개수가 증가함에 따라, 원상태로 돌아가는 속도가 빨라지기 때문임을 나타낸다.

표 2

Irradiation time (s)	Response time (ms)		
	Rising time	Falling time	Total
70	0.79	21.67	22.46
105	0.86	16.22	17.08
140	0.82	10.51	11.33
175	0.83	8.56	9.39

[0039]

[0040]

도 7은 다양한 실시예들에 따른 PDLC 디바이스(100)의 가시광선 영역대의 흡광도를 측정한 그래프이다. 도 7은 상이한 자외선의 조사 시간들이 각각 적용된 PDLC 디바이스(100)에 대해, 가시광선 영역대의 UV-vis 흡광도를 나타낸다. 측정은 PDLC 디바이스(100)의 오프 시 250 내지 900 nm의 가시광선 영역의 발광체에서 나온 빛의 양을 투과된 후의 빛의 양으로 계산 공식은 다음과 같다: $A = \log_{10}(I_0/I)$. 여기서, A는 흡광도를 나타내고, I_0 는 발광체에서 나온 빛의 양을 나타내며, I는 투과된 후의 빛의 양을 나타낸다. 일반적으로 측정되는 가시광선에서의 푸른색의 파장은 450 내지 495 nm이다.

[0041]

도 7을 참조하면, PDLC 디바이스(100)는 480 nm의 영역에서 제일 낮은 흡광도를 나타낸다. 측정된 값을 볼 때, PDLC 디바이스(100)는 470 내지 490 nm의 영역에서 0.28 내지 0.3의 흡광도를 나타낸다. 이는, 다른 가시광의 영역에서는 0.6 내지 1 사이의 흡광도를 가지는 것에 비하여 절반도 안 되는 수치를 보인다. 즉, PDLC 디바이스(100)는 푸른색에 해당하는 480 nm의 영역을 제외한 가시광에 해당하는 파장의 빛을 받아들인다. 결과적으로 아래 실제 모습과 같이 푸른색의 모습을 보이게 된다.

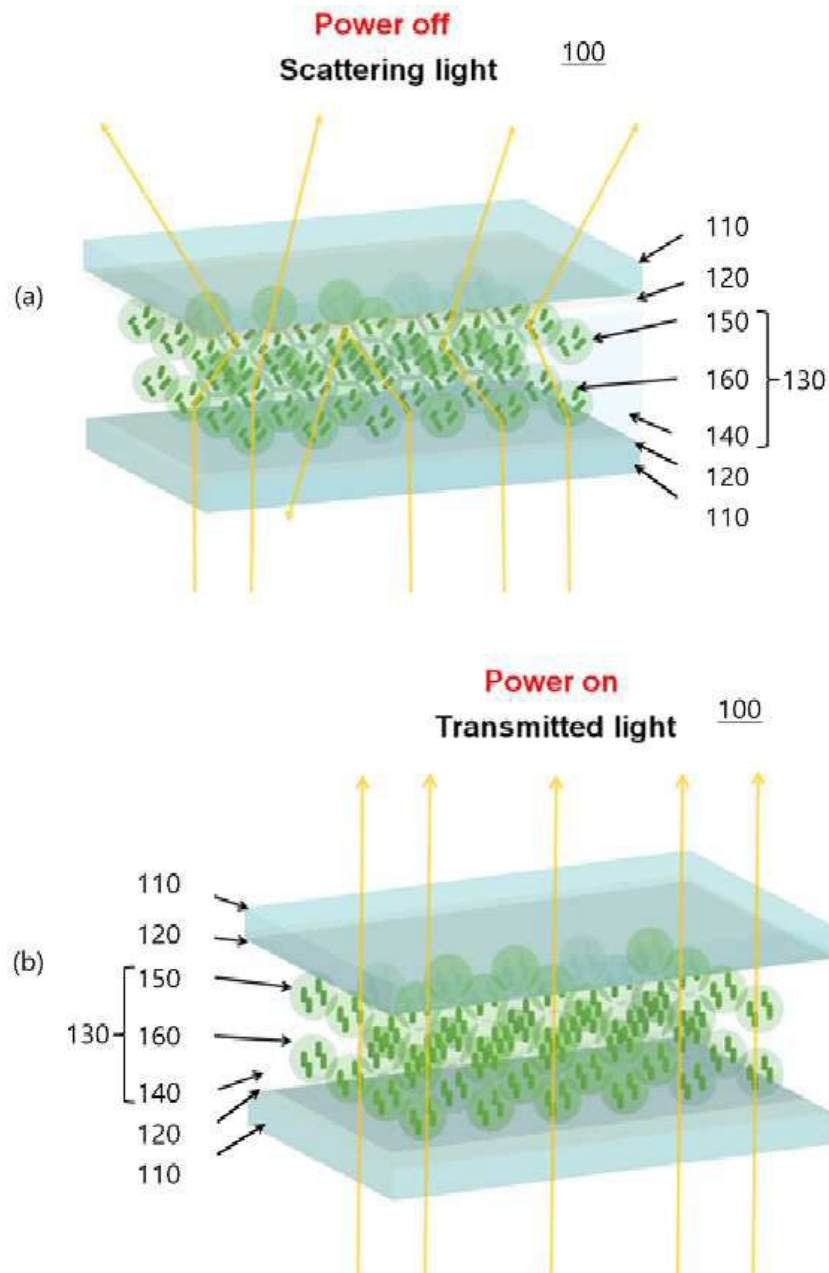
- [0042] 도 8은 다양한 실시예들에 따른 PDLC 디바이스(100)의 일 예에 대한 이미지이다. 도 8은 PDLC 디바이스(100)의 직접적인 구동 모습을 육안으로 확인하기 위하여 DC 파워 서플라이(power supply)에 연결한 후 촬영된 이미지이다.
- [0043] 도 8의 (a)는 전압을 인가하지 않은 상황이며, 무작위로 배열된 액정(160)들과 고분자 매트릭스(140)의 굴절률 차이로 인해, PDLC 디바이스(100)는 불투명한 푸른색을 나타낸다. 이로 인해, PDLC 디바이스(100)를 통해, 그 뒤의 이미지가 육안으로 확인되지 않는다. 도 8의 (b)는 100 V에서의 PDLC 디바이스(100)의 구동 모습이며, PDLC 디바이스(100)는 투명하게 변한다. 이로 인해, PDLC 디바이스(100)를 통해, 그 뒤의 이미지가 육안으로 확인된다.
- [0045] 다양한 실시예들에 따르면, PDLC 디바이스(100)가 컬러, 특히, 푸른색을 표현하도록 구현될 수 있다. 즉, 기존의 PDLC 디바이스는 하얀색을 표현한 데 반해, 푸른색을 표현하는 PDLC 디바이스(100)가 제조될 수 있다. 따라서, 컬러를 표현하는 PDLC 디바이스(100)는 상업화 용도로써 다방면으로 제작되어, 필요로 하는 조건에 맞게 활용될 수 있을 것이다.
- [0046] 요컨대, 다양한 실시예들은 유기물이 분산되어 푸른색을 갖는 PDLC 디바이스(100) 및 그의 제조 방법을 제공할 수 있다.
- [0047] 다양한 실시예들에 따른 PDLC 디바이스(100)는, 기관(110)들, 및 기관(110)들의 사이에 배치되는 액정 레이어(130)를 포함할 수 있다.
- [0048] 다양한 실시예들에 따르면, 액정 레이어(130)는, 고분자 매트릭스(140), 및 고분자 매트릭스(140)의 내부에 분산되어 배치되며, 컬러를 나타내는 유기물을 갖는 액정(160)들을 각각 보유하는 액적(150)들을 포함할 수 있다.
- [0049] 다양한 실시예들에 따르면, 컬러는 푸른색일 수 있다.
- [0050] 다양한 실시예들에 따르면, PDLC 디바이스(100)는, 오프 시, 불투명하게 푸른색을 나타내고, 온 시, 투명해질 수 있다.
- [0051] 다양한 실시예들에 따르면, 유기물은, 구리 프탈로시아닌(CuPc)을 포함할 수 있다.
- [0052] 다양한 실시예들에 따르면, PDLC 디바이스(100)는, 기관(110)들에 각각 배치되어, 고분자 매트릭스(140)를 사이에 두고 서로에 대향하여 배치되는 전극 레이어(120)들을 더 포함할 수 있다.
- [0053] 다양한 실시예들에 따르면, 액정 레이어(130)는, 유기물을 갖는 액정 용액을 준비하고, 액정 용액에 고분자 재료 및 광 경화제를 혼합하여, 고분자-액정 혼합물을 형성하고, 고분자-액정 혼합물을 기관(110)들의 사이에 도포하고, 자외선을 조사하는 것에 의해, 고분자-액정 혼합물로부터 형성될 수 있다.
- [0054] 다양한 실시예들에 따르면, 자외선의 조사 시간이 증가됨에 따라, 액적(150)들의 크기는 작아지고, 액적(150)들의 개수는 증가되어, PDLC 디바이스(100)의 구동에 필요한 전압이 상승되며, PDLC 디바이스(100)의 응답속도가 빨라질 수 있다.
- [0055] 다양한 실시예들에 따른 PDLC 디바이스(100)의 제조 방법은, 컬러를 나타내는 유기물을 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 기관(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.
- [0056] 다양한 실시예들에 따르면, 액정 레이어(130)는, 고분자 매트릭스(140), 및 고분자 매트릭스(140)의 내부에 분산되어 배치되며, 유기물을 갖는 액정(160)들을 각각 보유하는 액적(150)들을 포함할 수 있다.
- [0057] 다양한 실시예들에 따르면, 컬러는 푸른색일 수 있다.
- [0058] 다양한 실시예들에 따르면, PDLC 디바이스(100)는, 오프 시, 불투명하게 푸른색을 나타내고, 온 시, 투명해질 수 있다.
- [0059] 다양한 실시예들에 따르면, 유기물은, 구리 프탈로시아닌(CuPc)을 포함할 수 있다.
- [0060] 다양한 실시예들에 따르면, 액정 용액을 준비하는 단계(210 단계)는, 기본 액정을 가열하여 액정상에서 액체상으로 변화시키는 단계, 및 액체상의 기본 액정에 유기물을 혼합하여, 액정 용액을 형성하는 단계를 포함할 수

있다.

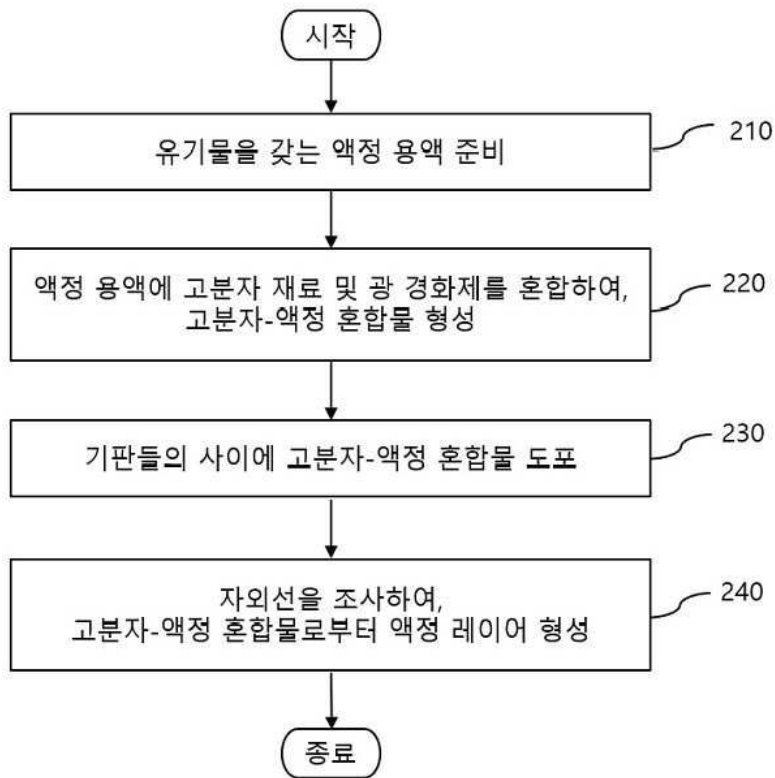
- [0061] 다양한 실시예들에 따르면, PDLC 디바이스(100)의 제조 방법은, 고분자-액정 혼합물에 기관(110)들 사이의 공간을 유지하기 위한 스페이서들을 추가하는 단계를 더 포함할 수 있다.
- [0062] 다양한 실시예들에 따르면, 자외선의 조사 시간이 증가됨에 따라, 액적(150)들의 크기는 작아지고, 액적(150)들의 개수는 증가되어, PDLC 디바이스(100)의 구동에 필요한 전압이 상승되며, PDLC 디바이스(100)의 응답속도가 빨라질 수 있다.
- [0063] 다양한 실시예들에 따르면, 기관(110)들에는, 고분자 매트릭스(140)를 사이에 두고 서로에 대향하여 배치되는 전극 레이어(120)들이 각각 마련될 수 있다.
- [0065] 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.
- [0066] 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

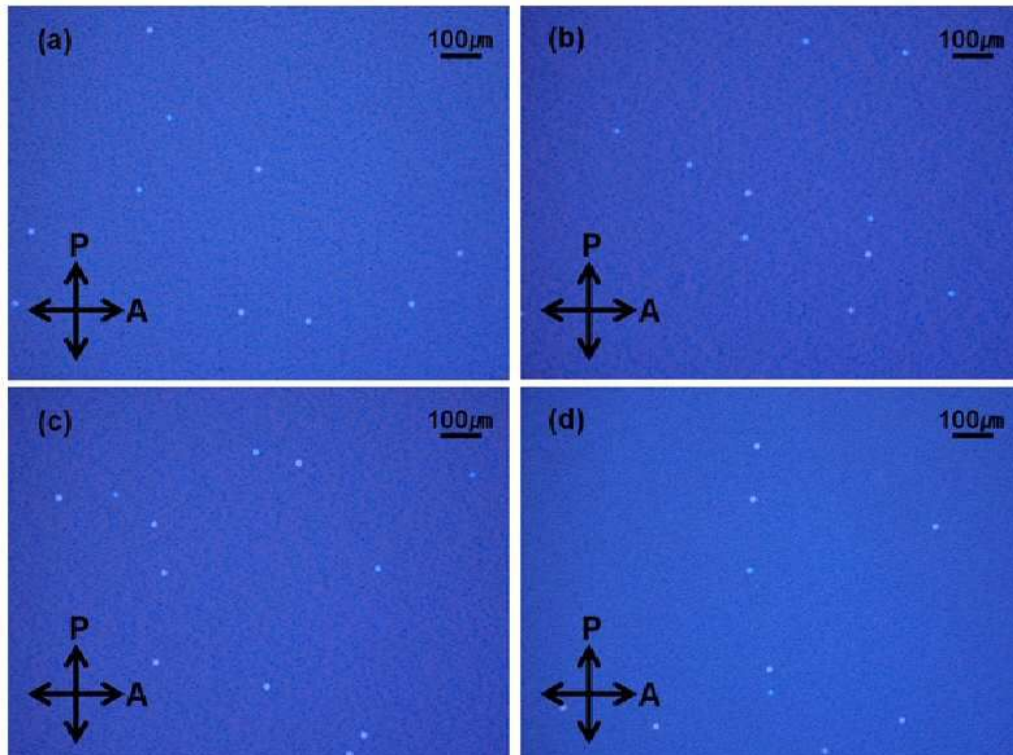
도면1



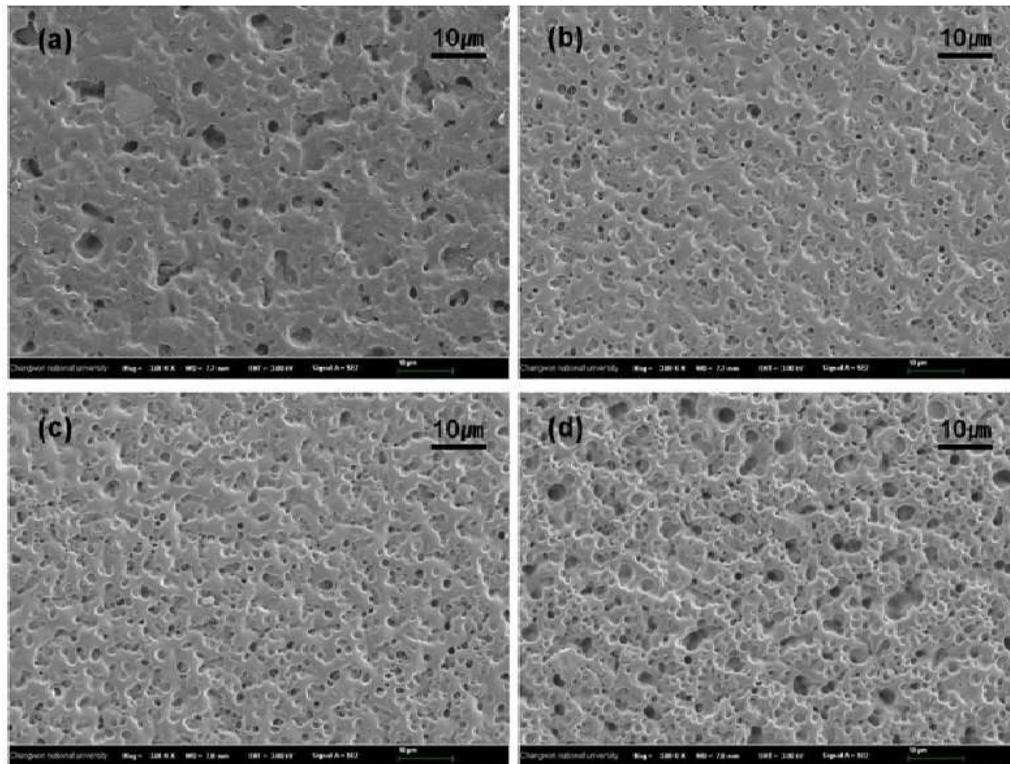
도면2



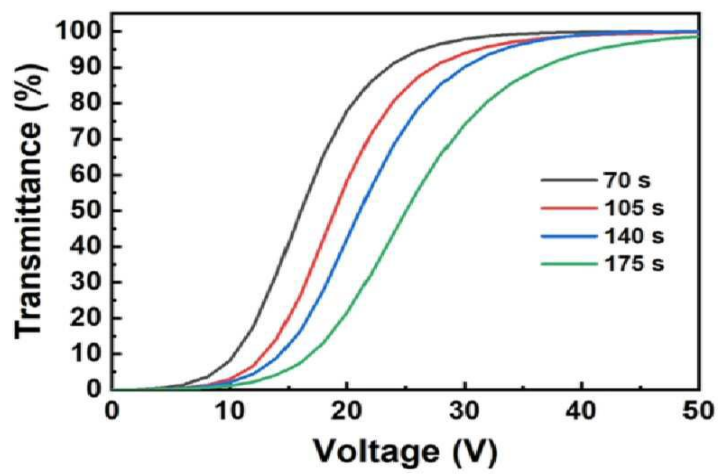
도면3



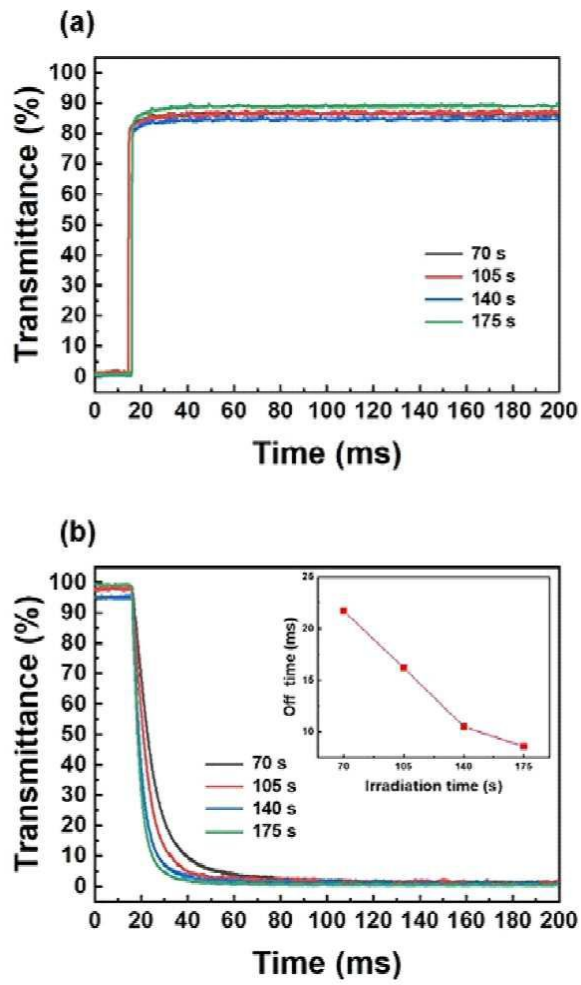
도면4



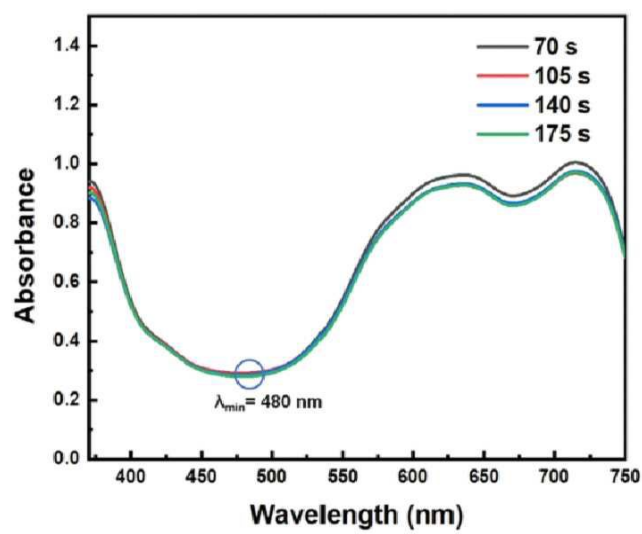
도면5



도면6



도면7



도면8

