



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2023-0077535
(43) 공개일자 2023년06월01일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C09K 9/02 (2006.01) G02F 1/15 (2019.01)
(52) CPC특허분류
C09K 9/02 (2013.01)
G02F 1/15 (2022.01)
(21) 출원번호 10-2021-0164901
(22) 출원일자 2021년11월25일
심사청구일자 2021년11월25일

(71) 출원인
한국기술교육대학교 산학협력단
충청남도 천안시 동남구 병천면 충절로 1600 (한
국기술교육대학교내)
(72) 발명자
나윤채
세종특별자치시 누리로 27 첫마을아파트 607동
401호
강광모
충청남도 천안시 동남구 중앙로 255-58 호인빌
504호
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
특허법인오암

전체 청구항 수 : 총 14 항

(54) 발명의 명칭 전기 변색 조성물 및 이를 포함하는 전기 변색 소자

(57) 요약

본 발명은 착색 시와 탈색 시의 색 대비가 크며, 탈색 시간이 매우 빠른 전기 변색 조성물 및 이를 포함하는 전
기 변색 소자에 관한 것이다.

대표도 - 도1



(72) 발명자

김현정

충청남도 천안시 동남구 병천면 충절로 1638 신한
아파트 105동 104호

최수민

충청남도 천안시 동남구 병천면 가전8길 91 다운
B동 306호

박정수

충청남도 천안시

김태양

광주광역시 서구 칠성로 89, 101동 1403호

김유정

충청북도 청주시 서원구 1순환로1137번길 79 주은
프레지던트아파트 908동 903호

이정희

충청북도 청주시 상당구 호미로 261, 809동 203호

고현준

충청남도 천안시 동남구 병천면 가전7길 1-12

백승환

경기도 용인시 기흥구 금화로58번길 10

홍재민

대구광역시 달서구 진천로 77 진천역 계룡 리슈빌
105동 1601호

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1345332573
과제번호	LINCPLUS-2021-18
부처명	교육부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	산학협력고도화지원(R&D)
연구과제명	사회맞춤형산학협력선도대학(LINC+)육성(0.5)
기 여 율	1/1
과제수행기관명	한국기술교육대학교
연구기간	2021.03.01 ~ 2022.02.28

명세서

청구범위

청구항 1

하기 화학식 1을 만족하는 전기 변색 화합물.

[화학식 1]

(상기 화학식 1에서, A⁻는 음이온이다.)

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 음이온은 Cl⁻, F⁻, I⁻, NO₃⁻, TFSI⁻(bis(trifluoromethane sulfonyl) imide), PF₆⁻ 및 BF₄⁻ 중에서 선택되는 어느 하나 이상인 전기 변색 화합물.

청구항 3

하기 화학식 1을 만족하는 전기 변색 화합물 및 이온 겔을 포함하는 전기 변색 조성물.

[화학식 1]

(상기 화학식 1에서,

A⁻는 Cl⁻, F⁻, I⁻, NO₃⁻, TFSI⁻(bis(trifluoromethane sulfonyl) imide), PF₆⁻ 및 BF₄⁻ 중에서 선택되는 어느 하나 이상인 음이온이다.)

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 이온 겔은 고분자 매트릭스, 유기용매 및 염을 포함하는 것인 전기 변색 조성물.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 고분자 매트릭스는 폴리비닐 부티랄(polyvinyl butyral), 폴리비닐리덴 플루오라이드(polyvinylidene fluoride, PVDF), 폴리헥사플루오로프로필렌(polyhexafluoropropylene), 폴리아크릴레이트 및 폴리메타아크릴레이트 중에서 선택되는 어느 하나 이상을 포함하는 것인 전기 변색 조성물.

청구항 6

제4항에 있어서,

상기 유기용매는 프로필렌 카보네이트, 에틸렌 카보네이트, 메탄올 및 에탄올 중에서 선택되는 어느 하나 이상을 포함하는 것인 전기 변색 조성물.

청구항 7

제4항에 있어서,

상기 염은 리튬염인 전기 변색 조성물.

청구항 8

한 쌍의 전극; 상기 한 쌍의 전극 사이에 위치하는 전기 변색 조성물;을 포함하는 전기 변색 소자에 있어서,

상기 전기 변색 조성물은 하기 화학식 1을 만족하는 전기 변색 화합물 및 이온 겔을 포함하며, t_c (변색 시간)가 12 내지 15초이며, t_b (탈색 시간)가 1 내지 2초인 것인 전기 변색 소자.

[화학식 1]

(상기 화학식 1에서,

A^- 는 Cl^- , F^- , I^- , NO_3^- , TFSI $^-$ (bis(trifluoromethane sulfonyl) imide), PF_6^- 및 BF_4^- 중에서 선택되는 어느 하나 이상인 음이온이다.)

청구항 9

제8항에 있어서,

상기 한 쌍의 전극은 ITO(Indium tin oxide)를 포함하는 것인 전기 변색 소자.

청구항 10

제8항에 있어서,

상기 전기 변색 소자는 T_b (탈색 시 투과도)가 90 내지 95%인 전기 변색 소자.

청구항 11

제8항에 있어서,

상기 전기 변색 소자는 T_c (변색 시 투과도)가 40 내지 45%인 전기 변색 소자.

청구항 12

제8항에 있어서,

상기 전기 변색 소자는 ΔT (탈색 시 투과도와 변색 시 투과도의 차이)가 45 내지 55%인 전기 변색 소자.

청구항 13

제8항에 있어서,

상기 전기 변색 소자에 고분자 패턴을 포함하는 것인 전기 변색 소자.

청구항 14

전기 변색 화합물 및 이온 겔을 혼합하여 전기 변색 조성물을 제조하는 단계; 전기 변색 화합물 및 이온 겔을 혼합하여 전기 변색 조성물을 제조하는 단계; 한 쌍의 전극을 준비하는 단계; 고분자 패턴을 하판 전극에 구현

하는 단계; 고분자 패턴을 경화시키는 단계; 상판 전극을 덮어 소자를 조립하는 단계; 전기 변색 조성물을 주입하여 전기 변색 소자를 완성하는 단계;

를 포함하는 것인 전기 변색 소자의 제조 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 전기 변색 조성물 및 전기 변색 소자에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 본 발명은 전기 변색 조성물 및 전기 변색 소자(electrochromic device)에 관한 것으로, 바이올로젠(viologen), 폴리머 매트릭스, 유기용매 및 염을 포함하는 것이다.

[0003] 전기 변색은 외부 전압의 인가로 인한 물질의 산화, 환원 반응 시 물질의 빛 투과율이나 색이 변화하는 현상을 의미한다. 통상적으로 이러한 전기 변색 물질은 작동 전압이 1.5V 이내이며, 개방 회로(open circuit)를 유지하더라도 기억 효과를 가지기 때문에 변색 이후 전압을 계속해서 가해줄 필요가 없다는 특징을 갖는다. 전기 변색 소자는 이러한 특성으로 인해 스마트 윈도우, 스마트 거울, 디스플레이 및 스위칭 소자 등으로 응용되고 있다.

[0004] 일반적으로 이러한 전기 변색 소자는 작업전극(working electrode)으로 투명한 전도체 위에 전기 변색 층이 위치하고, 상대전극(counter electrode)으로 투명한 전도체 위에 이온 저장 층이 위치하며, 이들 사이에 전해질이 위치한 구조로 제조된다.

[0005] 전술한 전기 변색 층은 통상적으로 산화반응이 발생할 때 탈색되는 물질을 사용하며, 무기 소재로 한정하는 경우 텅스텐 산화물, 탄탈럼 산화물, 나이오븀 산화물, 몰리브데넘 산화물을 들 수 있으며, 유기 소재로 한정하는 경우 바이올로젠(viologen) 종류의 물질을 들 수 있다.

[0006] 또한, 전술한 이온 저장 층은 단순히 이온을 저장하거나 내보내는 역할을 하거나, 나아가 상기한 전기 변색 층과 반대로 작용하여 소자의 명암 특성을 향상하기도 한다.

[0007] 그러나, 통상의 바이올로젠을 포함하는 겔타입 조성물을 사용하는 전기 변색 소자의 경우, 두 전극 간의 압착으로 인해 겔이 압력을 받으면서 소자에 시각적인 패턴을 부여할 수 없는 문제가 있다.

[0008] 본 발명에서는 전술한 전기 변색 소자의 성능을 더욱 향상하여 착색 및 탈색의 반응속도를 높이고, 낮은 전압에서 구동이 가능하며, 겔 타입임에도 시각적인 패턴을 부여한 전기 변색 소자를 제공하고자 한다.

선행기술문헌

특허문헌

[0009] (특허문헌 0001) (0001) 대한민국 등록특허공보 제10-0868450호 (2008. 05. 23.)

(특허문헌 0002) (0002) 대한민국 공개특허공보 제10-2016-0084246호 (2015. 01. 05.)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0010] 본 발명은 착색 및 탈색 효과의 반응속도를 높이고, 낮은 전압에서 구동이 가능한 전기 변색 소자를 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

[0011] 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명의 일 양태는 하기 화학식 1을 만족하는 전기 변색 화합물에 관한 것이다.

[0012] [화학식 1]

[0013]

[0014] (상기 화학식 1에서, A^- 는 음이온이다.)

[0015] 상기 일 양태에 있어, 상기 음이온은 Cl^- , F^- , I^- , NO_3^- , TFSI $^-$ (bis(trifluoromethane sulfonyl) imide), PF_6^- 및 BF_4^- 중에서 선택되는 어느 하나 이상일 수 있다.

[0016] 또한, 본 발명의 다른 일 양태는 상기 전기 변색 화합물 및 이온 겔을 포함하는 전기 변색 조성물에 관한 것이다.

[0017] 상기 다른 일 양태에 있어, 상기 이온 겔은 고분자 매트릭스, 유기용매 및 염을 포함하는 것일 수 있다.

[0018] 상기 다른 일 양태에 있어, 상기 고분자 매트릭스는 폴리비닐 부티랄(polyvinyl butyral), 폴리비닐리덴 플루오라이드(polyvinylidene fluoride, PVDF), 폴리헥사플루오로프로필렌(polyhexafluoropropylene), 폴리아크릴레이트 및 폴리메타아크릴레이트 중에서 선택되는 어느 하나 이상을 포함하는 것일 수 있다.

[0019] 상기 다른 일 양태에 있어, 상기 유기용매는 프로필렌 카보네이트, 에틸렌 카보네이트, 메탄올 및 에탄올 중에서 선택되는 어느 하나 이상을 포함하는 것일 수 있다.

[0020] 상기 다른 일 양태에 있어, 상기 염은 리튬염일 수 있다.

[0021] 또한, 본 발명의 또 다른 일 양태는 한 쌍의 전극; 상기 한 쌍의 전극 사이에 위치하는 상기 전기 변색 조성물;을 포함하는 전기 변색 소자에 관한 것이다.

[0022] 상기 또 다른 일 양태에 있어, 상기 전기 변색 조성물은 상기 이온 겔을 포함하는 것일 수 있다.

[0023] 상기 또 다른 일 양태에 있어, 상기 전기 변색 조성물은 t_c (변색 시간)가 12 내지 15초이며, t_b (탈색 시간)가 1 내지 2초일 수 있다.

[0024] 상기 또 다른 일 양태에 있어, 상기 한 쌍의 전극은 ITO(Indium tin oxide)를 포함하는 것일 수 있다.

[0025] 상기 또 다른 일 양태에 있어, 상기 전기 변색 소자는 T_b (탈색 시 투과도)가 90 내지 95%일 수 있다.

[0026] 상기 또 다른 일 양태에 있어, 상기 전기 변색 소자는 T_c (변색 시 투과도)가 40 내지 45%일 수 있다.

[0027] 상기 또 다른 일 양태에 있어, 상기 전기 변색 소자는 ΔT (탈색 시 투과도와 변색 시 투과도의 차이)가 45 내지 55%일 수 있다.

[0028] 상기 또 다른 일 양태에 있어, 상기 전기 변색 소자의 제조 방법은,

[0029] 전기 변색 화합물 및 이온 겔을 혼합하여 전기 변색 조성물을 제조하는 단계; 한 쌍의 전극을 준비하는 단계; 고분자 패턴을 하판 전극에 구현하는 단계; 고분자 패턴을 경화시키는 단계; 상판 전극을 덮어 소자를 조립하는 단계; 전기 변색 조성물을 주입하여 전기 변색 소자를 완성하는 단계;

[0030] 를 포함하는 것일 수 있다.

발명의 효과

[0031] 본 발명에 따른 전기 변색 소자는 빠른 변색 시간 및 탈색 시간을 가지며, 낮은 전압에서도 변색이 발생하여 작동 전압이 낮다는 장점이 있다.

도면의 간단한 설명

[0032] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 변색 소자의 착색된 상태를 촬영한 사진이다.

도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 변색 소자의 착색된 상태를 촬영한 사진이다.

도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 변색 소자의 탈색된 상태를 촬영한 사진이다.

도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 전기 변색 소자의 착색 및 탈색 시 투과율 차를 나타낸 그래프이다.

도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 전기 변색 조성물의 순환전압전류법(cyclic voltammetry) 그래프이며, 산화·환원 반응을 표시하였다.

도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 전기 변색 소자의 전압 인가에 따른 UV-vis 흡광도 변화를 나타낸 그래프이다.

도 7은 비교예로 사용된 전기 변색 소자의 착색 및 탈색 시 투과율 차를 나타낸 그래프이다.

도 8은 비교예로 사용된 전기 변색 조성물의 순환전압전류법 그래프이며, 산화·환원 반응을 표시하였다.

도 9는 비교예로 사용된 전기 변색 소자의 전압 인가에 따른 UV-vis 흡광도 변화를 나타낸 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0033] 이하 본 발명에 따른 전기 변색 조성물 및 전기 변색 소자에 대하여 상세히 설명한다. 다음에 소개하는 도면들은 당업자에게 본 발명의 사상이 충분히 전달될 수 있도록 예로써 제공하는 것이다. 따라서, 본 발명은 이하 제시되는 도면들에 한정되지 않고 다른 형태로 구체화될 수도 있으며, 이하 제시되는 도면들은 본 발명의 사상을 명확히 하기 위해 과장되어 도시될 수 있다. 이때, 본 발명에서 사용하는 기술 용어 및 과학 용어에 있어서 다른 정의가 없다면, 이 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 통상적으로 이해하고 있는 의미를 가지며, 하기의 설명 및 첨부 도면에서 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있는 공지 기능 및 구성에 대한 설명은 생략한다.

[0035] 본 발명은 전기 변색 소자를 제공하며, 상기 전기 변색 소자는 하기 화학식 1을 만족하는 전기 변색 화합물을 포함한다.

[0036] [화학식 1]

[0037]

[0038] (상기 화학식 1에서, A⁻는 음이온이다.)

[0039] 상기 음이온은 Cl⁻, F⁻, I⁻, NO₃⁻, TFSI⁻(bis(trifluoromethane sulfonyl) imide), PF₆⁻ 및 BF₄⁻ 중에서 선택되는 어느 하나 이상일 수 있다. 이때, 상기 음이온은 Cl⁻, TFSI⁻, PF₆⁻ 및 BF₄⁻ 중에서 선택되는 어느 하나 이상인 것이 바람직하며, Cl⁻인 것이 더욱 바람직하다. 이와 같은 음이온을 사용함으로써 본 발명에서 제공하는 전기 변색 소자의 착색 및 탈색 시간이 줄어드는 것일 수 있다.

[0041] 본 발명에서 제공하는 전기 변색 조성물은 이온 겔 및 상기 전기 변색 화합물을 포함하는 것이다.

[0042] 상기 이온 겔은 고분자 매트릭스, 유기용매 및 염을 포함하는 것일 수 있다. 유기용매 및 염은 전기 변색 소자의 전해질로써 작용하며, 고분자 매트릭스는 유기용매의 증발을 억제하고 전기화학적 부반응을 최소화하는 역할을 한다.

[0043] 상기 고분자 매트릭스는 폴리비닐 부티랄(polyvinyl butyral), 폴리비닐리덴 플루오라이드(polyvinylidene fluoride, PVDF), 폴리헥사플루오로프로필렌(polyhexafluoropropylene), 폴리아크릴레이트 및 폴리메타아크릴레이트 중에서 선택되는 어느 하나 이상을 포함하는 것일 수 있다. 이때, 폴리비닐 부티랄을 사용하는 경우 고분자의 빛 투과도가 높아 전기 변색 소자의 성능 향상에 도움이 되어 바람직하다.

- [0044] 상기 유기용매는 프로필렌 카보네이트, 에틸렌 카보네이트, 메탄올 및 에탄올 중에서 선택되는 어느 하나 이상을 포함하는 것일 수 있다. 이때, 프로필렌 카보네이트를 사용하는 것이 바람직하다. 프로필렌 카보네이트를 사용함으로써 전기 변색 소자의 작동 온도 범위가 크게 증가할 수 있다.
- [0045] 상기 염은 리튬염으로, 통상적으로 전기화학 소자에 사용되는 리튬염이라면 그 종류에 특별히 제한받지는 않는다. 구체적인 예시로는 Li(TFSI)(lithium bis(trifluoromethan sulfonyl) imide), Li(FSI)(lithium bis(fluorosulfonyl) imide), LiPF₆, LiClO₄, LiAsF₆, LiBF₄, LiSbF₆, LiAlO₄, LiAlCl₄, LiCF₃SO₃, LiC₄F₉SO₃, LiC₆H₅SO₃, LiN(C₂F₅SO₃)₂, LiN(C₂F₅SO₂)₂, LiN(CF₃SO₂)₂, LiN(FSO₂)₂, LiN(C_xF_{2x+1}SO₂)(C_yF_{2y+1}SO₂)(x, y는 서로 독립적인 0 또는 3 이하의 자연수), LiCl, LiI, LiSCN, LiB(C₂O₄)₂, LiF₂BC₂O₄, LiPF₄(C₂O₄), LiPF₂(C₂O₄)₂, 및 LiP(C₂O₄)₃ 중 선택되는 어느 하나 이상을 사용하는 것일 수 있다. 이때, Li(TFSI) 또는 Li(FSI)를 사용하는 것이 이온 전도도가 높으면서도 상온에서 석출되지 않아 성능 저하가 적어 바람직하다.
- [0047] 본 발명에서 제공하는 전기 변색 소자는 한 쌍의 전극; 상기 한 쌍의 전극 사이에 위치하는 상기 전기 변색 조성물;을 포함하는 것일 수 있다.
- [0048] 상기 전기 변색 조성물은 상기 이온 겔을 포함하는 것으로, 소자 내에서 전해질로써 작용하는 동시에 전기 변색 효과를 갖는다.
- [0049] 상기 한 쌍의 전극은 ITO(Indium tin oxide), PEDOT(poly(3,4-ethylenedioxythiophene)), PSS(polystyrene sulfonate) 및 poly(4,4-dioctyl cyclopentadithiophene) 중 선택되는 어느 하나 이상일 수 있으며, 이들 중 선택되는 둘 이상의 혼합물 또는 공중합체를 포함하는 것일 수 있다. 이때, ITO를 사용하는 것이 전극의 전도도가 높아 바람직하다.
- [0050] 상기 전기 변색 조성물은 t_c(변색 시간)가 12 내지 15초이며, t_b(탈색 시간)가 1 내지 2초일 수 있다.
- [0051] 상기 전기 변색 소자는 T_b(탈색 시 투과도)가 90 내지 95%, T_c(변색 시 투과도)가 40 내지 45%, ΔT(탈색 시 투과도와 변색 시 투과도의 차이)가 45 내지 55%일 수 있다.
- [0052] 상기 전기 변색 소자는 고분자 패턴을 더 포함하는 것일 수 있다. 상기 고분자 패턴은 전해질에 녹지 않는 것으로, 소자 내에 포함되어 색변화를 야기하지 않고 소자의 전기 변색 시에도 색이 변하지 않고 잔존함으로써 시각적인 패턴을 나타낼 수 있다.
- [0053] 상기 고분자 패턴은 PMMA(polymethylmethacrylate)로 이루어진 것일 수 있다. 또한, 상기 고분자 패턴은 전극-전기 변색 조성물-전극으로 이루어진 샌드위치 형의 소자 내에서 격벽 형태를 갖는 것일 수 있다.
- [0054] 상기 전기 변색 소자의 제조 방법은,
- [0055] 전기 변색 화합물 및 이온 겔을 혼합하여 전기 변색 조성물을 제조하는 단계; 한 쌍의 전극을 준비하는 단계; 고분자 패턴을 하판 전극에 구현하는 단계; 고분자 패턴을 경화시키는 단계; 상판 전극을 덮어 소자를 조립하는 단계; 전기 변색 조성물을 주입하여 전기 변색 소자를 완성하는 단계;
- [0056] 를 포함하는 것일 수 있다.
- [0057] 이때, 상기 전기 변색 조성물의 주입은 고분자 패턴이 이루는 격벽 사이로 전기 변색 조성물을 도포하는 것을 지칭한다.
- [0059] 이하, 실시예를 통해 본 발명에 따른 전기 변색 소자에 대하여 더욱 상세히 설명한다. 다만 하기 실시예는 본 발명을 상세히 설명하기 위한 하나의 참조일 뿐 본 발명이 이에 한정되는 것은 아니며, 여러 형태로 구현될 수 있다.
- [0060] 또한, 달리 정의되지 않은 한, 모든 기술적 용어 및 과학적 용어는 본 발명이 속하는 당업자 중 하나에 의해 일반적으로 이해되는 의미와 동일한 의미를 갖는다. 본원에서 설명에 사용되는 용어는 단지 특정 실시예를 효과적으로 기술하기 위함이고 본 발명을 제한하는 것으로 의도되지 않는다. 또한, 명세서에서 특별히 기재하지 않은 첨가물의 단위는 중량%일 수 있다.

[0061] [실시예]

[0062] 1,1'-bis(2,3-dihydroxypropyl)-(4,4'-bipyridine)-1,1'-dium chloride(DHPV²⁺Cl²⁻) 0.015g, 페로센(ferrocene) 0.005g, Li(TFSI) 0.2g, 메탄올 2ml 및 프로필렌 카보네이트를 혼합하여 전해질을 제조하고, 폴리비닐 부타이랄 0.4g을 첨가하여 이온 겔을 제조하였다.

[0063] 다음으로, PMMA(poly methylmethacrylate)를 사용한 패턴을 제조하였다.

[0064] ITO 박막을 절단하여 같은 크기의 유리 기판에 부착한 전극을 2개 제조한 다음, PMMA 패턴을 한 쪽의 ITO 박막 상에 위치하고, 다른 한 쪽의 ITO 박막이 PMMA 패턴 쪽으로 위치하도록 하여 조립한 다음, 상기 이온 겔을 두 ITO 박막 사이에 주입하여 전기 변색 소자를 제조하였다.

[0065] [비교예]

[0066] 1,1'-bis(2,3-dihydroxypropyl)-(4,4'-bipyridine)-1,1'-dium chloride(DHPV²⁺Cl²⁻) 0.0935g, 포타슘 헥사사이아노 페레이트(II) 0.028g, 포타슘 헥사사이아노 페레이트(III) 0.028g 및 붕사 2.5ml를 혼합하여 전해질을 제조하고, 폴리비닐 알콜 10ml를 첨가하여 이온 겔을 제조하였다.

[0067] 이외의 모든 과정을 실시예와 동일하게 수행하여 전기 변색 소자를 제조하였다.

[0068] [특성 평가 방법]

[0069] A. 산화·환원 전위 측정

[0070] 실시예 및 비교예를 Potentiostat에 연결하여 2전극 순환전압전류법(cyclic voltammetry, CV)를 측정하였다.

[0071] 도 2를 참조하면, 실시예의 경우 환원반응이 -0.75V 부근에서 시작하여 피크가 -1.0V 부근에서 발생하며, 산화 반응의 피크는 -0.75V 부근에서 발생하는 것을 알 수 있다. 반면, 도 4를 참조하면, 비교예는 환원반응이 2.0V 이후에 시작하여 피크가 -2.5V 부근에서 발생하였으며, 산화 피크는 -1.0V 부근에서 발생하였다.

[0072] 이를 통해, 실시예의 작동 전압의 범위가 더 작아 적은 전력(저전압)으로도 전기 변색이 가능한 것을 알 수 있다.

[0073] B. 전기 변색 특성 측정

[0074] 실시예 및 비교예에 전류를 인가하며 완전한 변색이 이루어지는 시간(t_c) 및 완전한 탈색이 이루어지는 시간(t_b)를 측정하였다. 측정 결과, 실시예의 t_c 는 14.29초, t_b 는 1.7초로 나타났으며, 비교예의 t_c 는 16.13초, t_b 는 7.5초로 나타나, 실시예의 색 변화 시간이 비교예보다 우수한 것을 알 수 있다.

[0075] 도 1을 참조하면, 투과도(%)가 약 92%인 직선형 부분이 실시예의 변색 구간이고, 투과도가 약 42%인 부분이 실시예의 탈색 구간이며, 두 구간의 투과도 차이는 49.9%로 나타났다.

[0076] 반면, 도 4를 참조하면, 투과도(%)가 약 92%인 직선형 부분이 비교예의 변색 구간이고, 투과도가 약 48%인 부분이 비교예의 탈색 구간이며, 두 구간의 투과도 차이는 43.5%로 나타났다.

[0077] 실시예와 비교예의 특성을 정리하면 다음과 같다.

표 1

	T_b (%)	T_c (%)	ΔT (%)	t_c (s)	t_b (s)
실시예	92.2	42.4	49.8	14.3	1.7
비교예	91.9	48.4	43.5	16.1	7.5

[0079] 표 1을 참조하면, 탈색 시의 투과도(T_b) 및 착색 시간(t_c)은 실시예와 비교예가 거의 유사한 수준을 보이나, 실시예의 착색 시의 투과도(T_c), 투과도 차이(ΔT) 및 탈색 시간(t_b)가 훨씬 우수한 것을 알 수 있다.

[0080] C. 패턴의 시인성 평가

[0081] 실시예에 추가한 PMMA 패턴이 시인성을 나타내는지 평가하였다. 도 1 및 2를 참조하면, 실시예의 착색 시 PMMA 패턴은 무색을 유지하여 시인성이 있는 것을 확인할 수 있다. 또한, 도 3을 참조하면, 실시예의 탈색 시에는 전

기 변색 조성물과 동일하게 투명한 상태를 유지하였다.

[0083] 이상과 같이 특정된 사항들과 한정된 실시예를 통해 본 발명을 설명하였으나, 이는 본 발명의 전반적인 이해를 돕기 위해서 제공된 것일 뿐, 본 발명은 상기의 실시예에 한정되는 것은 아니며, 본 발명이 속하는 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 이러한 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다.

[0084] 따라서, 본 발명의 사상은 설명된 실시예에 국한되어 정해져서는 아니되며, 후술하는 특허청구범위뿐 아니라 이 특허청구범위와 균등하거나 등가적 변형이 있는 모든 것들은 본 발명 사상의 범주에 속한다고 할 것이다.

도면

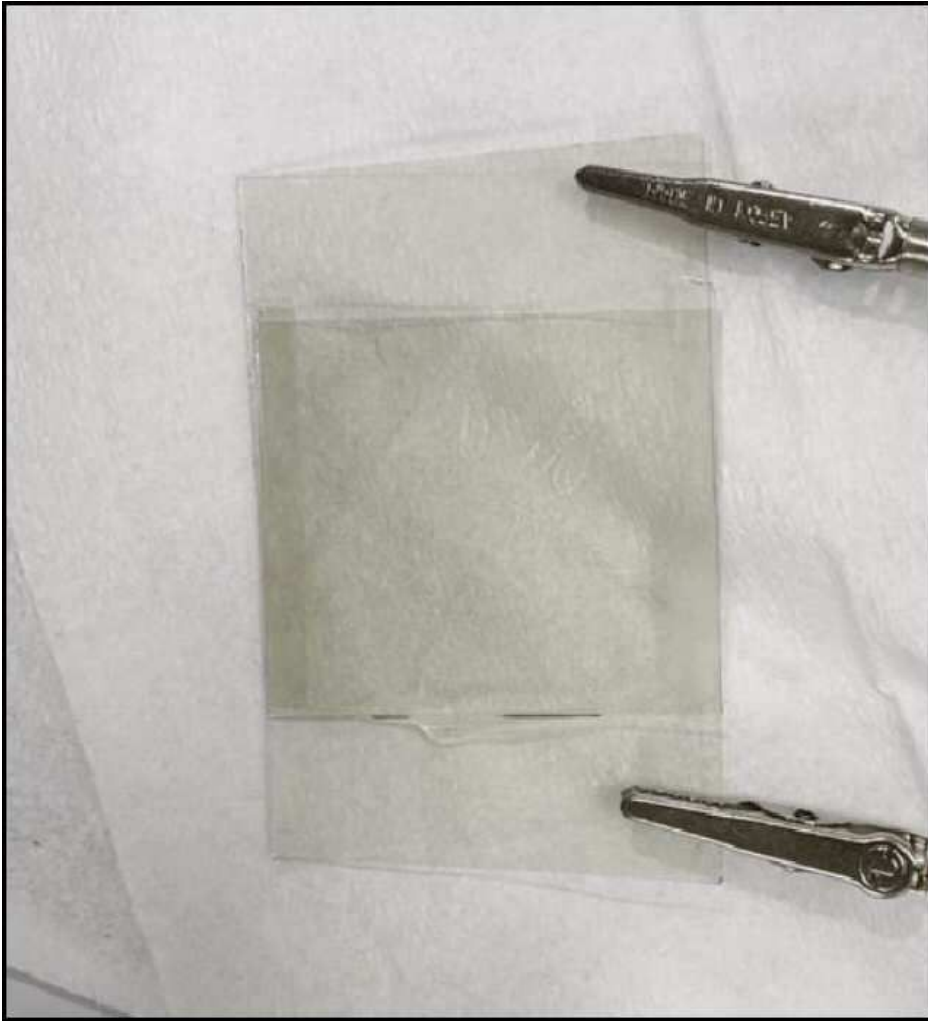
도면1



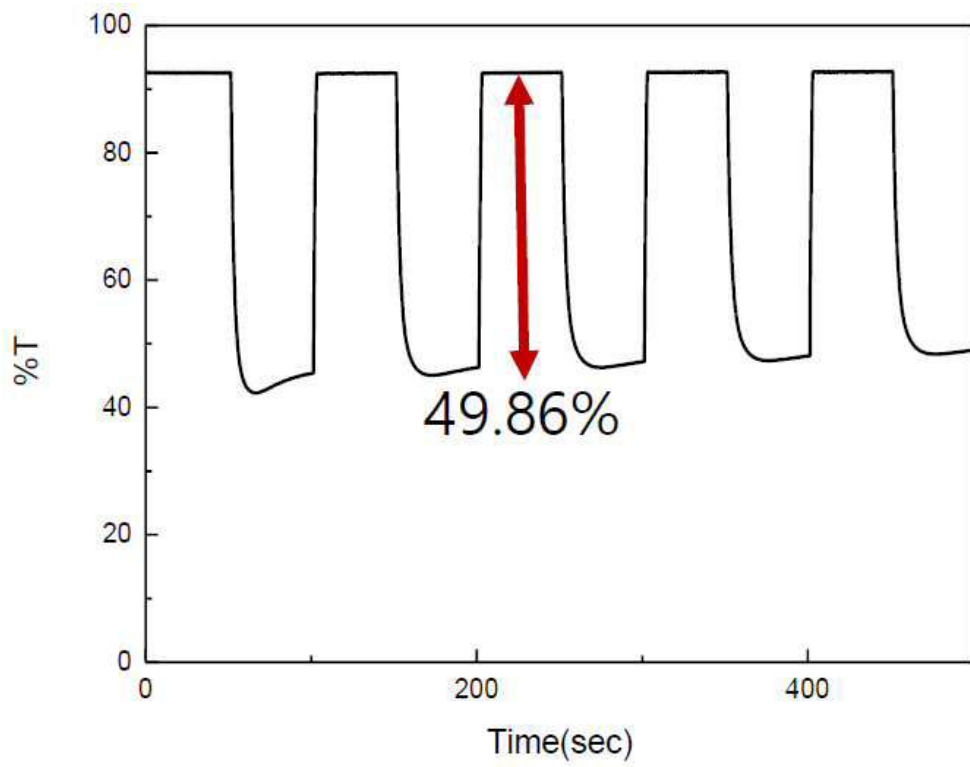
도면2



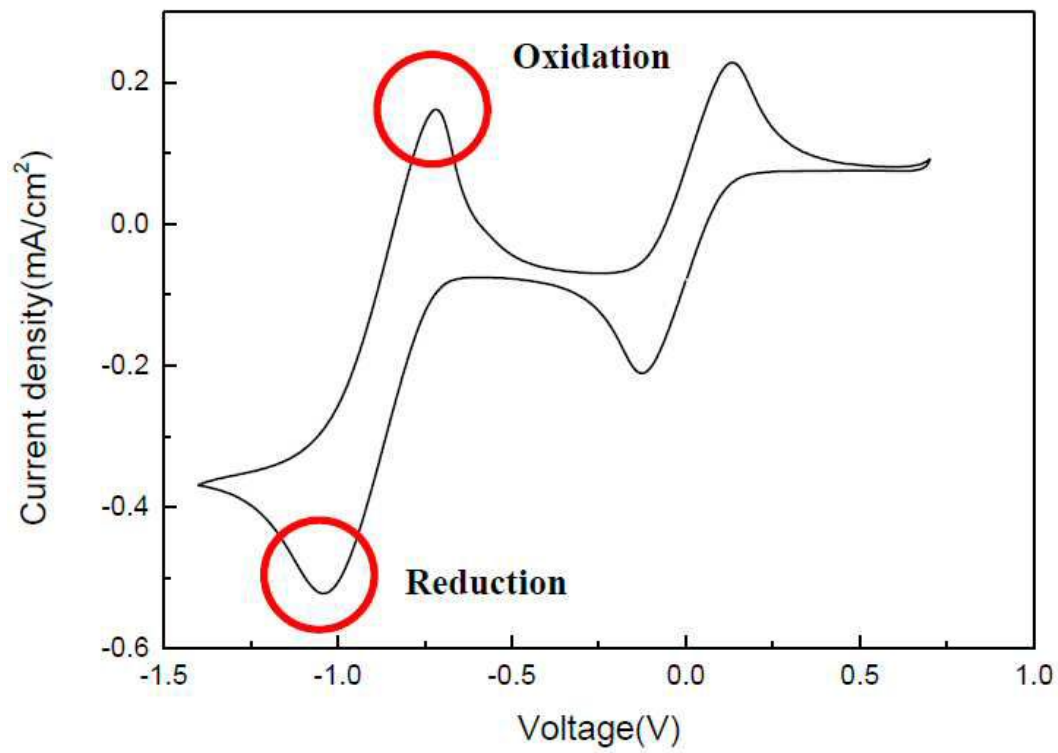
도면3



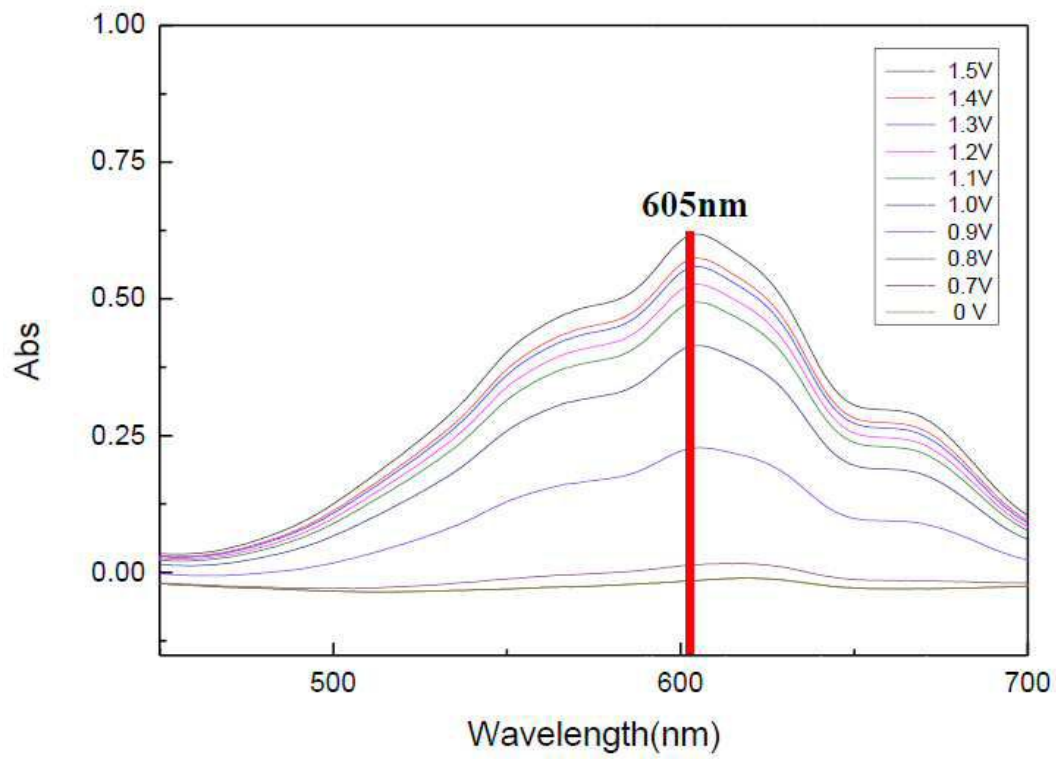
도면4



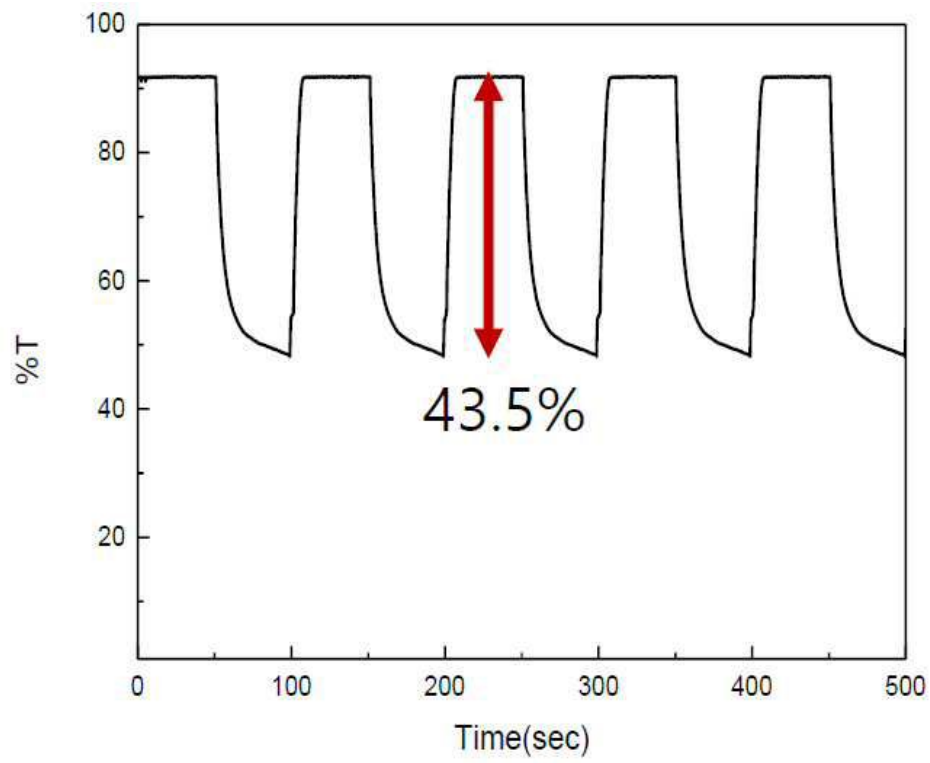
도면5



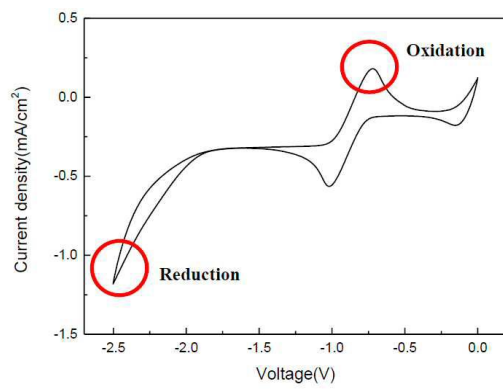
도면6



도면7



도면8



도면9

