



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2022년08월29일
(11) 등록번호 10-2437446
(24) 등록일자 2022년08월24일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G02F 1/155 (2006.01) G02F 1/1506 (2019.01)
G02F 1/153 (2019.01)
(52) CPC특허분류
G02F 1/155 (2013.01)
G02F 1/1506 (2019.01)
(21) 출원번호 10-2020-0082250
(22) 출원일자 2020년07월03일
심사청구일자 2020년07월03일
(65) 공개번호 10-2022-0004427
(43) 공개일자 2022년01월11일
(56) 선행기술조사문헌
KR1020190118120 A*
KR102101874 B1*
KR1020150109020 A*
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
연세대학교 산학협력단
서울특별시 서대문구 연세로 50 (신촌동, 연세대학교)
(72) 발명자
김중현
서울특별시 종로구 창의문로5나길 4-1 (부암동)
박찬일
서울특별시 광진구 독성로24길 48, 101호 (자양동)
(74) 대리인
(뒷면에 계속)
특허법인다나

전체 청구항 수 : 총 12 항

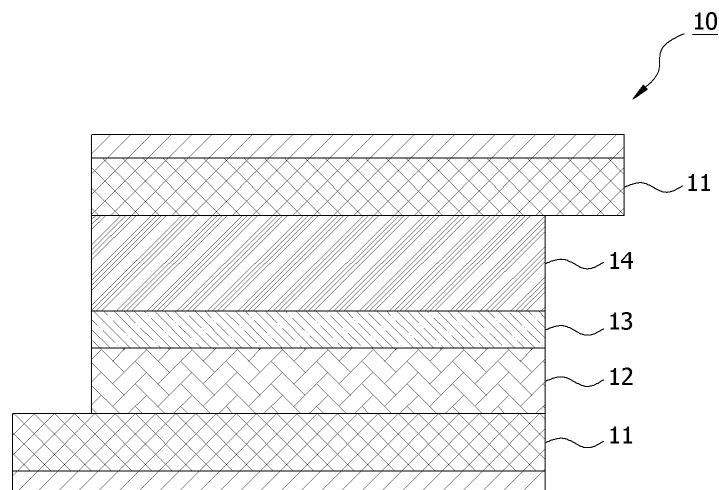
심사관 : 서미란

(54) 발명의 명칭 전기변색층 상부에 형성된 무기코팅층을 포함하는 전기변색소자

(57) 요약

본 출원은 전기변색층 상부에 코팅된 표면 개질용 무기계 물질에 의해 누설전류가 감소된 전기변색소자에 관한 것으로서, 보다 상세하게는, 전기변색소자의 전해질과 변색층 계면에 무기 계열의 커플링제를 코팅해 전기변색소자 내에 흐르는 전류가 전해질을 통해 누설되는 것을 감소시켜 전기변색소자의 안정성 및 내구성을 향상시키는 것에 관한 것이다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

G02F 2001/1536 (2013.01)

(72) 발명자

배소영

서울특별시 서대문구 연희로39길 31-21, 101호 (홍은동)

도민석

서울특별시 서대문구 신촌로7길 49-20, 407호 (창천동)

김정민

경상남도 창원시 의창구 동읍 신방로 17, 212호 (동읍대환아파트)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호

2019111022

과제번호

K_G012000293102

부처명

산업통상자원부

과제관리(전문)기관명

한국산업기술평가관리원

연구사업명

산업기술혁신사업

연구과제명

맞는 에너지 절감형 대면적 스마트 필름 개발(2/4)

기 여 율

45/100

과제수행기관명

연세대학교 산학협력단

연구기간

2019.04.01 ~ 2019.12.31

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호

2020110222

과제번호

2019R1A6A1A1105566012

부처명

과학기술정보통신부

과제관리(전문)기관명

한국연구재단

연구사업명

대학중점연구소지원(후속연구)

연구과제명

(통합Ezbaro)(후속)나노과학기술연구소(2/3,1단계)

기 여 율

45/100

과제수행기관명

연세대학교 산학협력단

연구기간

2019.06.01 ~ 2025.02.28

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호

1415173534

과제번호

20013621

부처명

산업통상자원부

과제관리(전문)기관명

한국산업기술평가관리원

연구사업명

산업기술거점센터육성시범사업

연구과제명

초임계 소재 산업기술거점센터

기 여 율

10/100

과제수행기관명

연세대학교 산학협력단

연구기간

2020.09.01 ~ 2026.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

전극층; 상기 전극층 상에 형성된 전기변색층; 상기 전기변색층 상에 형성된 전해질층; 및
상기 전기변색층 및 상기 전해질층 사이에 배치되는 무기코팅층을 포함하며,
상기 무기코팅층은 전해질을 통해 흘러버리게 되는 누설전류를 감소시키거나 방지하고,
상기 무기코팅층은 실란(Silane, $\text{Si}_n\text{H}_{2n+2}$) 계열의 무기계 물질을 포함하며,
상기 무기코팅층의 ISO4287 규격에 따른 표면 조도(두께 균일도) Ra 값은 0.4 nm 내지 0.6 nm인 전기변색소자.

청구항 2

제 1 항에 있어서,
상기 무기코팅층의 일면과 마주하는 전해질층의 반대면 상에 형성된 이온저장층, 및 전극층을 더 포함하는 전기변색소자.

청구항 3

제 1 항 또는 제 2 항에 있어서,
상기 전극층은 투명 전극 또는 반사 전극인 전기변색소자.

청구항 4

제 3 항에 있어서,
상기 투명 전극은 투명 전도성 화합물(TCO); 전도성 고분자; 은 나노와이어(Ag nanowire); 및 메탈메쉬(Metal mesh)로 이루어진 그룹 중에서 선택된 하나 이상을 포함하는 전기변색소자.

청구항 5

제 4 항에 있어서,
상기 투명 전극은 1 nm 내지 1 μm 범위의 두께를 갖고, 가시광선에 대한 투과율이 70 % 내지 95 % 범위인 전기변색소자.

청구항 6

제 1 항에 있어서,
상기 전기변색층은 Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Li, Rh, Ir, Ti, Nb, Mo, V, Ta 및 W로 이루어진 그룹 중에서 선택된 하나 이상의 금속 산화물을 포함하는 전기변색소자.

청구항 7

제 1 항에 있어서,

상기 전기변색층은 하기 일반식 1을 만족시키는 전기변색소자:

[일반식 1]

$$\Delta T(\%) = T_1 - T_2 \geq 30$$

상기 [일반식 1]에서 T_1 은 전기변색층의 탈색시 가시광선에 대한 투과율이고, T_2 는 전기변색층의 착색시 가시광선의 투과율이다.

청구항 8

제 1 항에 있어서,

상기 전해질층은 액체 전해질, 겔-고분자 전해질, 및 무기고체전해질로 이루어진 그룹 중에서 선택된 하나 이상을 포함하는 전기변색소자.

청구항 9

제 1 항에 있어서,

상기 전해질층은 두께가 30 μm 내지 200 μm 이고, 가시광선에 대한 광 투과율이 70 % 내지 95 % 범위인 전기변색소자.

청구항 10

삭제

청구항 11

제 1 항에 있어서,

상기 무기코팅층의 두께는 15nm 내지 20nm인 전기변색소자.

청구항 12

삭제

청구항 13

제 2 항에 있어서,

상기 이온저장층은 Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Li, Rh, Ir, Ti, Nb, Mo, V, Ta 및 W로 이루어진 그룹 중에서 선택된 하나 이상의 금속 산화물을 포함하는 전기변색소자.

청구항 14

제 2 항에 있어서,

상기 이온저장층 및 상기 전극층 사이에 배치되는 무기코팅층을 추가로 포함하는 전기변색소자.

청구항 15

삭제

발명의 설명

기술 분야

- [0001] 본 출원은 전기변색층 상부에 코팅된 무기층에 의해 누설전류가 감소된 전기변색소자에 관한 것이다. 보다 상세하게는, 전기변색소자의 전해질과 변색층 계면에 무기 코팅층을 형성시켜 전기변색소자 내에 흐르는 전류가 전해질을 통해 누설되는 것을 감소시켜 전기변색소자의 안정성 및 내구성을 향상시키는 것에 관한 것이다.

배경 기술

- [0003] 전기변색이란 전기화학적 산화 또는 환원 반응에 의하여 전기변색물질의 광학적 성질이 변하는 현상을 말하며, 상기 현상을 이용한 소자를 전기변색소자라고 한다. 일반적으로, 전기변색소자는 2개의 대향하는 전극 사이에, 전기변색층, 전해질층, 및 이온저장층을 포함하며, 전기변색층과 이온저장층 각각에는 발색을 위한 반응이 서로 상반되는 변색물질이 포함된다.
- [0004] 일반적으로, 소자의 광학적 성질 변화는 전기변색 물질을 함유하는 층 또는 박막의 색 변화를 통해 구현될 수 있다. 이러한 전기변색 현상은 주로 높은 산화수를 갖는 전이 금속 산화물에서 관찰되며 재료에 따라 나타나는 전기변색 특성이 다르다. 예를 들어, 전기변색 물질로서 무색 투명에 가까운 산화텅스텐(WO_3)을 사용할 경우, 전압 인가에 의해 전해질 이온과 전자가 이동하게 되면 환원 반응이 일어나고, 전기변색 물질을 포함하는 층 또는 박막의 색이 블루 계통으로 변색된다. 반대로 상기 층 또는 박막에서 산화 반응이 일어날 경우에는, 층 또는 박막이 본래의 투명 상태로 탈색된다.
- [0005] 한편, 전기변색소자에 인가되는 전압에 의해 소자 내에 흐르는 전류가 소자를 구성하는 전해질을 통해 흘러버리게 되는 누설전류(current leakage)가 발생한다. 이러한 누설전류를 막는 것은 소자의 수명을 증대시키는 중요한 요인 중 하나이다.
- [0006] 따라서, 예를 들어, 트랜지스터나 디스플레이 소자와 같은 여러 물질의 적층 구조로 이루어진 소자의 경우, 누설전류 방지를 위한 소재의 사용이나 공정상의 후처리 등 다양한 기존의 선행 기술들이 존재하고, 전기변색소자에서 누설전류 감소를 위한 방안 마련이 필요한 실정이다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0008] 이에, 본 출원의 목적은 전기변색소자 내에 흐르는 전류가 전해질을 통해 누설되는 것을 감소시켜, 전력 소모를 감소시켜 효율이 우수하고, 안정성 및 내구성이 우수한 전기변색소자를 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

- [0010] 본 출원의 일 측면은 전기변색소자에 관한 것이다.
- [0011] 일 예시에서, 전극층; 상기 전극층 상에 형성된 전기변색층; 상기 전기변색층 상에 형성된 전해질층; 및 상기 전기변색층 및 상기 전해질층 사이에 배치되는 무기코팅층을 포함할 수 있다.
- [0012] 일 예시에서, 상기 무기코팅층의 일면과 마주하는 전해질층의 반대면 상에 형성된 이온저장층, 및 전극층을 더 포함할 수 있다.
- [0013] 일 예시에서, 상기 전극층은 투명 전극 또는 반사 전극일 수 있다.
- [0014] 일 예시에서, 상기 투명 전극은 투명 전도성 화합물(TCO); 전도성 고분자; 은 나노와이어(Ag nanowire); 및 메탈메쉬(Metal mesh)로 이루어진 그룹 중에서 선택된 하나를 포함할 수 있다.
- [0015] 일 예시에서, 상기 투명 전극은 1 nm 내지 1 μm 범위의 두께를 갖고, 가시광선에 대한 투과율이 70 % 내지 95 % 범위일 수 있다.
- [0016] 일 예시에서, 상기 전기변색층은 Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Li, Rh, Ir, Ti, Nb, Mo, V, Ta 및 W로 이루어진 그룹 중에서 선택된 하나 이상의 금속 산화물을 포함할 수 있다.
- [0017] 일 예시에서, 상기 전기변색층은 하기 [일반식 1]을 만족시키는 전기변색소자일 수 있다.:

- [0018] [일반식 1]
- [0019] $\Delta T(\%) = T_1 - T_2 \geq 30$
- [0020] 상기 일반식 1에서 T_1 은 전기변색층의 탈색시 가시광선에 대한 투과율이고, T_2 는 전기변색층의 착색시 가시광선의 투과율이다.
- [0021] 일 예시에서, 상기 전해질층은 액체 전해질, 겔-고분자 전해질, 및 무기고체전해질로 이루어진 그룹 중에서 선택된 하나 이상을 포함할 수 있다.
- [0022] 일 예시에서, 상기 전해질층은 두께가 30 μm 내지 200 μm 이고, 가시광선에 대한 광 투과율이 70 % 내지 95 % 범위를 가질 수 있다.
- [0023] 일 예시에서, 상기 무기코팅층은 실란(Silane, $\text{Si}_n\text{H}_{2n+2}$)계열의 무기계 물질을 포함할 수 있다.
- [0024] 일 예시에서, 상기 무기코팅층의 두께는 15nm 내지 20nm일 수 있다.
- [0025] 일 예시에서, 상기 무기코팅층의 ISO4287 규격에 따른 표면 조도(두께 균일도) Ra 값은 0.4nm 내지 0.6nm일 수 있다.
- [0026] 일 예시에서, 상기 이온저장층은 Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Li, Rh, Ir, Ti, Nb, Mo, V, Ta 및 W 로 이루어진 그룹 중에서 선택된 하나 이상의 산화물을 포함할 수 있다.
- [0027] 일 예시에서, 상기 이온저장층 및 상기 전극층 사이에 배치되는 무기코팅층을 추가로 포함할 수 있다.
- [0028] 일 예시에서, 상기 이온저장층 및 상기 전극층 사이에 배치되는 상기 무기코팅층은 실란(Silane, $\text{Si}_n\text{H}_{2n+2}$)계열의 무기계 물질을 포함할 수 있다.

발명의 효과

- [0030] 본 출원의 일 실시예에 따르면, 전기변색소자의 전해질과 변색층 계면에 무기 계열의 커플링제를 코팅하여 변색 특성은 유지한 채, 전압 인가시 전기변색소자 내에 흐르는 전류가 전해질을 통해 누설되는 것을 효과적으로 제어하고 감소시켜 불필요한 전력소모를 줄일 수 있다. 나아가, 전기변색소자의 안정성 및 내구성을 향상시키고 수명을 증대시킬 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0032] 도 1은 본 출원의 일 실시예에 따른 전기변색소자를 개략적으로 도시한 것이다.
- 도 2는 본 출원의 일 실시예에 따른 전기변색소자의 시간당 전류(정상전류)를 측정할 그래프로, 실시예 1 및 비교예 1의 정상전류를 측정할 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0033] 본 출원은 다양한 변경을 가할 수 있고 여러 가지 실시예를 가질 수 있는 바, 특정 실시예들을 도면에 예시하고 상세한 설명에 상세하게 설명하고자 한다.
- [0034] 그러나, 이는 본 출원을 특정한 실시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 출원의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다. 본 출원을 설명함에 있어서 관련된 공지 기술에 대한 구체적인 설명이 본 출원의 요지를 흐릴 수 있다고 판단되는 경우 그 상세한 설명을 생략한다.
- [0035] 제1, 제2 등의 용어는 다양한 구성요소들을 설명하는데 사용할 수 있지만, 구성요소들은 용어들에 의해 한정되어서는 안 된다. 용어들은 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만 사용된다.
- [0036] 본 출원에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시예를 설명하기 위해 사용된 것으로, 본 출원을 한정하려는 의도가 아니다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다.
- [0037] 본 출원에서, "포함한다" 또는 "가지다" 등의 용어는 명세서상에 기재된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되

어야 한다.

- [0038] 따라서, 본 명세서에 기재된 실시예에 도시된 구성은 본 출원의 가장 바람직한 일 실시예에 불과할 뿐이고 본 출원의 기술적 사상을 모두 대변하는 것은 아니므로, 본 출원시점에 있어서 이들을 대체할 수 있는 다양한 균등물과 변형 예들이 있을 수 있다.
- [0039] 또한, 본 출원에서 첨부된 도면은 설명의 편의를 위하여 확대 또는 축소하여 도시된 것으로 이해되어야 한다.
- [0041] 이하, 본 출원을 보다 상세히 설명한다.
- [0043] 본 출원은 일 실시예에서 전극층; 상기 전극층 상에 형성된 전기변색층; 상기 전기변색층 상에 형성된 전해질층; 및 상기 전기변색층 및 상기 전해질층 사이에 배치되는 무기코팅층을 포함하는 전기변색소자를 제공한다.
- [0044] 또한, 상기 무기코팅층의 일면과 마주하는 전해질층의 반대면 상에 형성된 이온저장층, 및 전극층을 더 포함할 수 있다.
- [0045] 한편, 상기 전극층은 상기 전기변색층에 전하를 공급할 수 있는 구성을 의미할 수 있다. 하나의 예시에서, 투명 전극 또는 반사 전극일 수 있다. 상기 투명 전극은 투명 전도성 화합물(TCO); 전도성 고분자; 은 나노와이어(Ag nanowire); 및 메탈메쉬(Metal mesh)로 이루어진 그룹 중에서 선택된 하나 이상을 포함하여 형성될 수 있다. 보다 구체적으로, ITO(Indium Tin Oxide), FTO(Fluor doped Tin Oxide), AZO(Aluminium doped Zinc Oxide), GZO(Galium doped Zinc Oxide), ATO(Antimony doped Tin Oxide), IZO(Indium doped Zinc Oxide), NTO(Niobium doped Titanium Oxide), ZnO(Zinc Oxide), OMO(Oxide/Metal/Oxide) 및 CTO(Cadmium Tin Oxide)로 이루어진 그룹 중에서 선택된 하나 이상의 투명 전도성 화합물(TCO); 전도성 고분자; 은 나노와이어(Ag nanowire); 및 메탈메쉬(Metal mesh) 등이 전극 물질로 사용될 수 있으나, 전극으로서 기능할 수 있도록 도전성을 갖는다면 전극층을 형성하는 물질의 종류는 특별히 제한되는 것은 아니다. 또 다른 예시에서, 상기 전극층은 2 이상의 전극 물질이 복수개의 층으로 적층된 구조를 가질 수도 있다.
- [0046] 여기서, 전도성 고분자는 CMC(carboxymethyl cellulose), PEDOT-PSS(poly(3, 4-ethylenedioxythiophene) polystyrene sulfonate), PEDOT-PANI(poly(3, 4-ethylenedioxythiophene) polyaniline), EDOT(Ethylenedioxythiophene), CNT(Carbon Nano Tube), PVDF(polyvinylidene fluoride), PEDOT:PPy, 및 SBR 수지로 이루어진 그룹 중에서 선택된 하나 이상을 포함할 수 있다.
- [0047] 특히, CMC(carboxymethyl cellulose), PEDOT-PSS(poly(3, 4-ethylenedioxythiophene) polystyrene sulfonate), 또는 PEDOT-PANI는 다른 전도성 고분자에 비하여 전기전도도가 높다. 따라서, 이들을 변색물질 간 전자의 이동을 용이하게 하고, 이에 따라 이온전도도가 증가하게 되며, 결과적으로 변색속도가 높아지는 효과를 얻을 수 있다.
- [0048] 상기 전극층을 형성하는 방법은 특별히 제한되지 않으며, 공지된 방법이 제한없이 사용될 수 있다. 예를 들어, 스퍼터링(sputtering) 공정을 통해 투명 전도성 산화물 입자를 포함하는 전극 재료를 투명한 유리 기판상에 박막 형태로 형성함으로써, 전극층이 마련될 수 있다.
- [0049] 상기 전극층의 두께는 특별히 제한되지 않으나, 유연성이나 층간 밀착력 등을 고려할 때, 예를 들어 상기 투명 전극은 1 nm 내지 1 μ m 범위의 두께일 수 있다. 상기 전극층은 1 nm 내지 1 μ m 범위 내에서, 1 nm 이상, 150 nm 이상, 또는 300 nm 이상의 두께를 가질 수 있다. 전극층 두께의 상한은 특별히 제한되지 않으나, 저 저항 구현을 위해 상기 전극층은 800 nm 이하, 700 nm 이하, 또는 500 nm 이하의 두께를 가질 수 있다.
- [0050] 또한, 상기 전극층은 가시광선에 대한 투과율이 70 % 내지 95 % 범위일 수 있다. 본 출원의 가시광선은 약 350 nm 내지 750 nm 범위의 파장 영역을 가지는 광을 의미할 수 있으며, 보다 구체적으로는 550 nm 파장의 광을 의미할 수 있다.
- [0051] 한편, 상기 전기변색층은 전압 인가에 의해 착색 또는 탈색되어 색이 변하는 전기변색 물질을 포함할 수 있다. 상기 전기변색층은 Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Li, Rh, Ir, Ti, Nb, Mo, V, Ta 및 W로 이루어진 그룹 중에서 선택된 하나 이상의 금속 산화물을 포함할 수 있다.
- [0052] 하나의 예시에서, 상기 전기변색층은 산화성 전기변색물질인 Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Li, Rh 및 Ir 로 구성된 군으로부터 선택된 하나 이상의 산화물을 포함할 수 있다. 산화성 변색물질은 전압인가에 따른 산화 반응시에 변색(착색)이 이루어지면서 낮은 광투과 특성을 보이는 물질을 의미한다. 산화성 변색물질은 환원 반응시에 변색(탈

색)이 이루어지면서 높은 광투과 특성을 보이게 된다.

- [0053] 하나의 예시에서, 상기 전기변색층은 환원성 전기변색물질인 Ti, Nb, Mo, V, Ta 및 W로 구성된 군으로부터 선택된 하나 이상의 산화물을 포함할 수 있다. 환원성 변색물질은 전압인가에 따른 환원 반응시에 변색(착색)이 이루어지면서 낮은 광투과 특성을 보이는 물질을 의미한다. 환원성 변색물질은, 산화 반응시에 변색(탈색)이 이루어지면서 높은 광투과 특성을 보이게 된다.
- [0054] 또한, 상기 전기변색층은 하기 [일반식 1]을 만족시키는 전기변색소자일 수 있다. :
- [0055] [일반식 1]
- [0056] $\Delta T(\%) = T_1 - T_2 \geq 30$
- [0057] 상기 [일반식 1]에서 T_1 은 전기변색층의 탈색시 가시광선에 대한 투과율이고, T_2 는 전기변색층의 착색시 가시광선의 투과율이다.
- [0058] 본 출원에서 『투과율』이란, 본 출원에서 설명되는 층 구성을 갖는 전기변색층이 갖는 가시광선에 대한 투과율을 의미한다. 투과율은 공지된 장치와 방법을 이용하여 측정될 수 있다. 예를 들어, 솔리드스펙 3700(Solidspec 3700), 또는 엘립소미터(ellipsometer)와 같은 공지의 장치가 전기변색층의 투과율 측정에 사용될 수 있다. 이 때, 가시광선은 약 350 nm 내지 750 nm 범위의 파장 영역을 가지는 광을 의미할 수 있으며, 보다 구체적으로는 550 nm 파장의 광을 의미할 수 있다.
- [0059] 본 출원에 따른 상기 전기변색층은 [일반식 1]에서, 소자의 광 투과율이 높아진 탈색(bleached)시 가시광선에 대한 투과율 및 소자의 광 투과율이 낮아진 착색(colored)시 가시광선에 대한 투과율 차이가 적어도 30% 이상을 만족하도록 구성된다. 보다 구체적으로, 35% 이상, 40% 이상, 45% 이상, 50% 이상, 55% 이상, 또는 60% 이상일 수 있다.
- [0060] 한편, 상기 전해질층은 전기변색 반응에 관여하는 전해질 이온을 제공하는 구성일 수 있다. 이때, 전해질 이온은 상기 전기변색층에 삽입되고, 그 변색 반응에 관여할 수 있는 1가 양이온, 예를 들어, H^+ , Li^+ , Na^+ , K^+ , Rb^+ , 또는 Cs^+ 일 수 있다.
- [0061] 전해질의 종류는 특별히 제한되지 않는다. 예를 들어, 상기 전해질층은 액체 전해질, 겔-고분자 전해질, 또는 무기고체전해질 중 어느 하나일 수 있다. 상기 전해질층은 인접하는 층 구성과 함께 적층될 수 있도록 하나의 층 또는 필름 형태로 사용될 수 있다.
- [0062] 여기서, 상기 전해질층은 바람직하게 Poly(ethylene glycol) methyl ether methacrylate(PEGMA), 또는 Poly(ethylene glycol) methyl ether dimethacrylate(PEGDMA) 중 적어도 어느 하나의 고분자 전해질을 포함할 수 있다.
- [0063] 상기 전해질층은 두께가 30 μm 내지 200 μm 이고, 가시광선에 대한 광 투과율이 70 % 내지 95 % 범위일 수 있다. 보다 구체적으로, 상기 전해질층은 두께가 30 μm 내지 50 μm , 30 μm 내지 100 μm , 50 μm 내지 100 μm , 50 μm 내지 200 μm , 100 μm 내지 200 μm , 또는 150 μm 내지 200 μm 범위 일 수 있고, 가시광선에서 광 투과율이 75 % 내지 95 %, 85 % 내지 95 %, 90 % 내지 95 %, 70 % 내지 80 %, 또는 70 % 내지 90 % 범위일 수 있다. 이 때, 가시광선은 약 350 nm 내지 750 nm 범위의 파장 영역을 가지는 광을 의미할 수 있으며, 보다 구체적으로는 550 nm 파장의 광을 의미할 수 있다.
- [0064] 한편, 상기 무기코팅층은 실란(Silane, Si_nH_{2n+2})계열의 무기계 물질을 포함할 수 있다. 보다 구체적으로, 비닐트리클로로실란, 비닐트리스(2-메톡시에톡시)실란, 비닐트리에톡시실란, 비닐트리메톡시실란 등의 비닐실란계 커플링제; 3-메타크릴옥시프로필트리메톡시실란, 3-메타크릴옥시프로필트리에톡시실란 등의 (메타)아크릴계 실란 화합물; 2-(3,4-에폭시사이클로헥실)-에틸트리메톡시실란, 3-글리시딜옥시프로필트리메톡시실란, 3-글리시딜옥시프로필메틸디에톡시실란 등의 에폭시계 실란 화합물; N-2-(아미노에틸)-3-아미노프로필메틸디메톡시실란, N-2-(아미노에틸)-3-아미노프로필트리메톡시실란, N-페닐-3-아미노프로필트리메톡시실란, 3-아미노프로필메틸디에톡시실란, 3-아미노프로필트리메톡시실란, 3-아미노프로필트리에톡시실란 등의 아미노계 실란 화합물; 및/또는 3-클로로프로필트리메톡시실란, 3-클로로프로필트리에톡시실란 등의 알콕시계 실란 화합물 등이 사용될 수 있으나, 상기 나열된 물질들로 특별히 제한되는 것은 아니다.
- [0065] 본 출원에서는 상기 전기변색층 및 상기 전해질층 사이의 계면에서 발생하는 부착성, 젖음성(wetting), 또는 전

해질 두께 등의 문제로 인해 소자 구동시 소자 내에 흐르는 전류가 전해질을 통해 흘러버리게 되는 누설전류(current leakage)를 방지하기 위하여 실란(Silane, $\text{Si}_n\text{H}_{2n+2}$)계열의 무기계 물질을 포함하는 상기 무기코팅층을 상기 전기변색층 및 상기 전해질층 사이에 배치한다.

[0066] 상기 무기코팅층을 코팅하는 방법은 특별히 제한되지 않는다. 예를 들어 스핀 코팅, 딥 코팅, 스프레이 코팅, 그라비아 코팅, 플로우 코팅 또는 바 코팅 등에 의하여 코팅될 수 있다. 바람직하게는 스핀 코팅에 의하여 상기 전기변색층에 도포 후 열처리 하는 단계를 통하여 코팅될 수 있다.

[0067] 상기 무기코팅층의 두께는 15nm 내지 20nm 범위일 수 있다. 보다 구체적으로, 15nm 내지 19.5nm, 15nm 내지 19nm, 15nm 내지 18.5nm, 15nm 내지 18nm, 15nm 내지 17.5nm, 15nm 내지 17nm, 15.5nm 내지 20nm, 15.5nm 내지 19.5nm, 15.5nm 내지 19nm, 15.5nm 내지 18.5nm, 15.5nm 내지 18nm, 15.5nm 내지 17.5nm, 15.5nm 내지 17nm, 16nm 내지 20nm, 16nm 내지 19.5nm, 16nm 내지 19nm, 16nm 내지 18.5nm, 16nm 내지 18nm, 16nm 내지 17.5nm, 16nm 내지 17nm, 16.5nm 내지 20nm, 16.5nm 내지 19.5nm, 16.5nm 내지 19nm, 16.5nm 내지 18.5nm, 16.5nm 내지 18nm, 16.5nm 내지 17.5nm, 또는 16.5nm 내지 17nm 범위일 수 있다.

[0068] 상기 무기코팅층의 ISO4287 규격에 따른 표면 조도(두께 균일도, Surface Roughness) Ra 값은 0.4nm 내지 0.6nm 범위일 수 있다. 보다 구체적으로, 0.43nm 내지 0.6nm, 0.46nm 내지 0.6nm, 0.4nm 내지 0.57nm, 0.43nm 내지 0.57nm, 0.46nm 내지 0.57nm, 0.4nm 내지 0.54nm, 0.43nm 내지 0.54nm, 0.46nm 내지 0.54nm, 0.4nm 내지 0.5nm, 0.43nm 내지 0.5nm, 또는 0.46nm 내지 0.5nm 범위일 수 있다.

[0069] 한편, 상기 무기코팅층의 일면과 마주하는 전해질층의 반대면 상에 형성된 이온저장층은 전기변색물질의 변색을 위한 가역적 산화·환원 반응시, 상기 전기변색층과의 전하 균형(charge balance)을 맞추기 위해 형성된 층을 의미할 수 있다. 보다 구체적으로, 상기 이온저장층은 전기변색층의 산화환원반응에 필요한 전하 입자가 삽입 또는 탈리될 수 있어, 변색 반응에 관여할 수 있는 층을 의미할 수 있다.

[0070] 상기 이온저장층은 Cr, Mn, Fe, Co, Ni, Li, Rh, Ir, Ti, Nb, Mo, V, Ta 및 W로 이루어진 그룹 중에서 선택된 하나 이상의 금속 산화물을 포함할 수 있다.

[0071] 하나의 예시에서, 상기 전기변색층과 상기 이온저장층 사이의 전하 균형을 맞추고자, 상보적인 전기변색물질을 상기 전기변색층과 상기 이온저장층 각각에 사용할 수 있다. 따라서, 전기변색층에 리튬니켈산화물(LiNiO_x)과 같은 산화성 변색 물질이 포함된 경우, 이온저장층에는 산화텅스텐(WO_x)과 같은 환원성 변색 물질이 포함될 수 있다.

[0072] 상기 이온저장층의 두께는 특별히 제한되지 않는다. 예를 들어, 이온 저장층의 두께는 1 μm 이하일 수 있다. 구체적으로, 상기 두께는 50 nm 이상, 100 nm 이상, 150 nm 이상, 또는 200 nm 이상일 수 있고, 그리고 900 nm 이하, 700 nm 이하, 500 nm 이하, 또는 400 nm 이하일 수 있다.

[0073] 또한, 상기 무기코팅층의 일면과 마주하는 전해질층의 반대면 상에 형성된 상기 이온저장층 및 상기 전극층 사이에 배치되는 무기코팅층을 추가로 포함할 수 있다.

[0074] 상기 무기코팅층은 실란(Silane, $\text{Si}_n\text{H}_{2n+2}$)계열의 무기계 물질을 포함할 수 있다. 상기 무기코팅층에 대한 상세한 설명은 앞서 설명한 무기코팅층과 동일하므로 생략한다.

[0076] 이하, 실시예를 통해 본 출원을 상세히 설명한다. 그러나, 본 출원의 보호범위가 하기 설명되는 실시예에 의해 제한되는 것은 아니다.

[0078] 실험예 1: 전기변색소자의 누설전류(current leakage) 측정

[0079] 하기와 같이 제조된 전기변색소자에 대하여, 누설전류를 측정하였다.

[0080] 실시예 1: 무기코팅층이 코팅된 전기변색소자의 제조

[0081] 실리카 계열의 전구체, 실란 화합물로서, 테트라에틸 오소실리케이트(Tetraethyl Orthosilicate, TEOS)를 메탄올 수용액에 TEOS:MeOH:H₂O=1:20:8 의 비율로 용해하여 가수분해 반응이 발생하도록 하였다.

[0082] 다음으로, HCl을 촉매로 첨가하여, 전구체에 축합 반응을 유도하여 sol 형태의 코팅액을 제조하였다.

[0083] 이후, 상기과 같이 제조된 sol 형태의 코팅액을 전기변색층에 스핀 코팅 (spin coating) 으로 500rpm 에서 30초 간 코팅 후, 150℃ 오븐에서 3분간 건조시켰다.

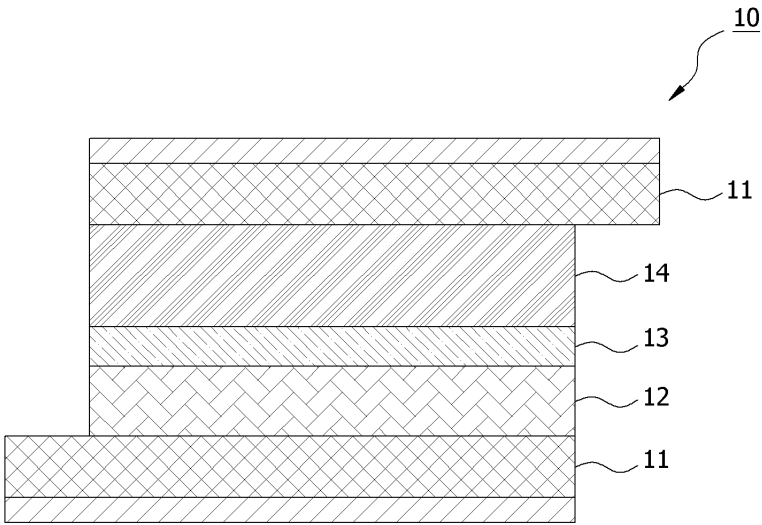
- [0084] 도 1은 전술된 본 출원의 일 실시예에 따른 전기변색소자(10)를 개략적으로 도시한 것이다. 본 출원의 실시예 1에서는, 전도성 고분자 PEDOT-PSS(poly(3, 4-ethylenedioxythiophene) polystyrene sulfonate)를 전극층(11)으로 사용하였고, WO₃(텅스텐 옥사이드)를 전기변색층(12)의 환원성 변색 물질로 사용했으며, TEOS를 무기코팅층(13)으로 사용하였고, PEGMA(Poly(ethylene glycol) methyl ether methacrylate) 계열의 고분자 전해질을 전해질층(14)으로 사용하였다.
- [0086] 비교예 1: 무기코팅층이 코팅되지 않은 것을 제외하고 실시예 1과 동일한 전기변색소자를 제조하였다.
- [0087] 도 2는 본 출원의 일 실시예에 따른 전기변색소자의 시간당 전류(정상전류)를 측정한 그래프로, 실시예 1 및 비교예 1의 정상전류를 측정한 그래프이다.
- [0088] 누설전류는 전기변색소자의 정상전류(steady-current) 값으로 측정될 수 있다. 정상전류는 일정한 전압이 인가되어 이온의 이동이 각 전극 방향으로 충분히 진행되었을 때(energy storing) 반대 전압이 인가되기 직전에 소자 내에 흐르고 있는 전류의 값을 의미한다.
- [0089] 도 2를 참조하면, 전압을 인가할 때 특정 구간에서, 포화되는 전류 값(포화 전류, 일정 이상의 전압을 걸때의 더 이상 증가하지 않는 최대 전류)이 측정되는데, 이 값을 정상전류 값으로 정의한다. 본 출원에서는 환원에 의한 색이 일어날 때 3V를, 산화에 의한 탈색이 일어날 때 0V를 인가하였다.
- [0090] 도 2를 참조하면, 본 출원의 무기코팅층이 코팅된 전기변색소자(실시예 1)가 무기코팅층이 코팅되지 않은 전기변색소자(비교예 1)에 대하여 누설전류가 감소한 것을 확인할 수 있다.
- [0091] 따라서, 전술된 본 출원의 전기변색소자에 따르면, 전해질층과 전기변색층 계면에 무기 계열의 커패시터를 코팅하여 변색 특성은 유지한 채, 전압 인가시 전기변색소자 내에 흐르는 전류가 전해질을 통해 누설되는 것을 효과적으로 제어하고 감소시켜 불필요한 전력소모를 줄일 수 있다. 나아가, 전기변색소자의 안정성 및 내구성을 향상시키고 수명을 증대시킬 수 있다.

부호의 설명

- [0093] 10: 전기변색소자
11: 전극층
12: 전기변색층
13: 무기코팅층
14: 전해질층

도면

도면1



도면2

