

	(19) 대한민국특허청(KR) (12) 공개특허공보(A)	(11) 공개번호 10-2016-0084246 (43) 공개일자 2016년07월13일
(51) 국제특허분류(Int. Cl.) G02F 1/15 (2006.01)	(71) 출원인 한국기술교육대학교 산학협력단 충남 천안시 동남구 병천면 충절로 1600, 내 (한국기술교육대학교)	
(52) CPC특허분류 G02F 1/15 (2013.01)	(72) 발명자 나윤채 세종특별자치시 나리로 38, 704동 1603호(한솔동, 첫마을아파트7단지)	
(21) 출원번호 10-2015-0000883	김태형 충청남도 공주시 봉황로 60-1(반죽동)	
(22) 출원일자 2015년01월05일	하린희 광주광역시 서구 운천로56번길 10, 102동 306호(금호동, 해광대덕무지개아파트)	
심사청구일자 2015년01월05일	(74) 대리인 김정수	

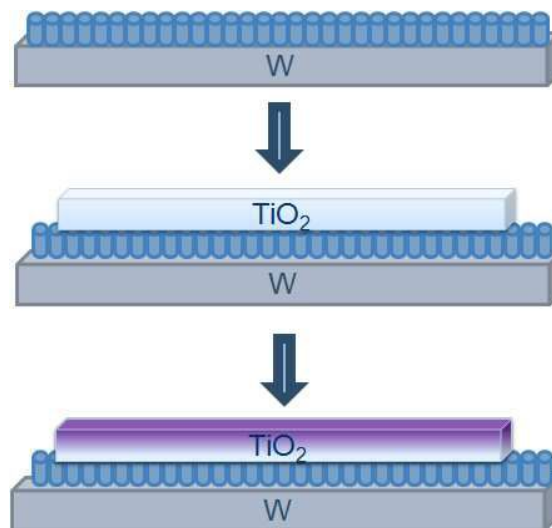
전체 청구항 수 : 총 11 항

(54) 발명의 명칭 광전기 변색소자용 복합체 및 광전기 변색소자의 제조방법

(57) 요약

본 발명은 광전기 변색소자용 복합체 및 광전기 변색소자의 제조방법에 관한 것으로, 더욱 구체적으로 텅스텐 산화물 전극을 전해액에 침지시킨 후 전압을 인가하여 양극산화시켜 나노 다공성 구조의 텅스텐 산화물을 제조하는 단계; 상기 제조된 나노 다공성 구조의 텅스텐 산화물에 이산화티타늄 나노입자를 도포시킨 후 열처리하는 단계; 및 상기 이산화티타늄 나노입자가 도포된 텅스텐 산화물을 염료가 용해된 용액에 침지시켜 이산화티타늄 나노입자에 염료를 흡착시키는 단계;를 포함하는 광전기 변색소자용 복합체의 제조방법에 관한 것이다.

대표도 - 도3



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 2014-B-7255-010105

부처명 교육부

연구관리전문기관 한국연구재단

연구사업명 LINC 사업 산학공동연구과제

연구과제명 나노구조를 이용한 일체형 광전소자 개발

기 여 율 1/1

주관기관 한국기술교육대학교

연구기간 2014.06.16 ~ 2014.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

텅스텐 산화물 전극을 전해액에 함침시킨 후 전압을 인가하여 양극산화시켜 나노 다공성 구조의 텅스텐 산화물을 제조하는 단계;

상기 제조된 나노 다공성 구조의 텅스텐 산화물에 이산화티타늄 나노입자를 도포시킨 후 열처리하는 단계; 및

상기 이산화티타늄 나노입자가 도포된 텅스텐 산화물을 염료가 용해된 용액에 함침시켜 이산화티타늄 나노입자에 염료를 흡착시키는 단계;를 포함하는 광전기 변색소자용 복합체의 제조방법.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 텅스텐 산화물은 단사정계 구조(monoclinic structure)이고, 상기 이산화티타늄 나노입자는 아나타제 구조(anatase structure)인 것을 특징으로 하는 광전기 변색소자용 복합체의 제조방법.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 전해액은 황산 및 NaF을 포함하는 것을 특징으로 하는 광전기 변색소자용 복합체의 제조방법.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 양극산화는 35 ~ 45 V의 전압으로 1시간 동안 수행되는 것을 특징으로 하는 광전기 변색소자용 복합체의 제조방법.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 열처리는 20 °C/분의 승온속도로 300 ~ 450 °C에서 1시간 동안 수행되는 것을 특징으로 하는 광전기 변색소자용 복합체의 제조방법.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 염료는 N719 염료($[(C_4H_9)_4N]_2[Ru(dcbpyH)_2(NCS)_2]$), N3 염료($[Ru(dcbpyH)_2(NCS)_2]$, dcbpyH=2,2'-bipyridyl-4,4'-dicarboxylic acid) 및 N749 염료($[(C_4H_9)_4N]_3[Ru(tcterpy)(NCS)_3] \cdot 3H_2O$, tcterpy=4,4',4"-tricarboxy-2,2':6',2"-terpyridine)로 이루어진 군으로부터 선택되는 1종인 것을 특징으로 하는 광전기 변색소자용 복합체의 제조방법.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 염료는 에탄올에 용해되는 것을 특징으로 하는 광전기 변색소자용 복합체의 제조방법.

청구항 8

제1항 내지 제7항 중 어느 하나의 방법으로 제조된 광전기 변색소자용 복합체를 투명 전도성 산화물이 코팅된 유리에 부착시켜 작업전극을 제조하는 단계;

투명 전도성 산화물이 코팅된 유리에 백금 전구체 용액을 적하하여 스핀코팅시켜 상대전극을 제조하는 단계; 및
상기 작업전극 및 상대전극 사이에 전해질을 주입하는 단계;를 포함하는 광전기 변색소자의 제조방법.

청구항 9

제8항에 있어서,

상기 투명 전도성 산화물은 산화주석(SnO_2), 인듐 틴 옥사이드(ITO) 및 불소가 도핑된 인듐 틴 옥사이드(FTO)로 이루어진 군으로부터 선택되는 1종인 것을 특징으로 하는 광전기 변색소자의 제조방법.

청구항 10

제8항에 있어서,

상기 백금 전구체 용액은 H_2PtCl_6 및 KCl을 포함하는 것을 특징으로 하는 광전기 변색소자의 제조방법.

청구항 11

제8항에 있어서,

상기 전해질은 리튬 아이오다이드(LiI) 및 요오드(I_2)를 포함하는 것을 특징으로 하는 광전기 변색소자의 제조방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 광전기 변색소자용 복합체 및 광전기 변색소자의 제조방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 일반적으로 전기변색(electrochromism)은 외부에서 전압이 가해졌을 때 빛의 투과율이나 색을 변화시키는 현상을 의미한다. 이와 같은 전기 변색소자의 특징으로는 작동 전압이 1.5V 이하로 적고, 광변색 효율이 크며, 개방(open circuit) 상태에서도 메모리 효과를 가지기 때문에 전압을 계속 가해줄 필요가 없다는 점이다. 이러한 특성 때문에 여러 가지 응용 가능성이 있는바, 예를 들어 스마트 윈도우, 거울, 디스플레이, 광 스위칭 소자 등으로 응용되고 있다.

[0003] 이러한 전기변색 소자는 작업전극(working electrode)으로 투명전도체 위에 삼산화텅스텐(WO_3) 전기변색층이 있고, 상대전극(counter electrode)으로 투명전도체 위에 이온저장층이 위치하며, 이들 사이에 전해질이 개재되어 있는 전기화학적 구조이다. 일반적으로 상기 작업 전극에 있는 전기변색층에서 환원반응이 발생할 때 착색되고,

산화반응이 발생할 때 탈색되는 물질을 사용하며, 대표적으로 W 산화물, Ta 산화물, Nb 산화물, Mo 산화물을 들 수 있다. 상대전극의 이온저장층의 경우 환원반응이나 산화반응에 관계없이 단순히 이온을 저장하거나 내보내는 역할을 한다. 다른 한편으로 이온저장층은 작업전극과 반대로 산화반응일 때 착색되고 환원반응일 때 탈색되는 물질을 사용할 수도 있으며, 이런 경우 작업전극과 함께 착색되거나 탈색이 동시에 일어나므로 소자의 명암 특성을 향상시킬 수 있다. 이러한 물질의 대표적인 예로 Ni 산화물, Ir 산화물, V 산화물 등을 들 수 있다.

[0004] 그러나, 전기변색 소자는 착색과 탈색을 위해 외부에서 전기를 가해주어야 한다는 단점이 있어 이를 극복하기 위해서 필요한 전기를 태양광으로부터 얻을 수 있는 태양전지 및 전기변색 소자가 융합된 광전기변색 소자가 에너지 절약형 전기변색 소자로서 주목받아 왔다.

[0005] 하지만, 종래 전기변색 소자는 텅스텐 옥사이드 층이 전자가 형성되는 티타늄 산화물 기판과 분리되어 있어 착색과 탈색의 반응속도가 차이가 나기 때문에 전기변색 특성이 저하되는 문제가 있어 이를 보완할 수 있는 전기변색 소자에 대한 연구가 필요한 실정이다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 따라서, 본 발명은 착색 및 탈색 반응속도 및 반응효율이 향상된 광전기 색변환 소자의 제조방법을 제공하는데 있다.

과제의 해결 수단

[0007] 상기 과제를 해결하기 위해, 본 발명은 텅스텐 산화물 전극을 전해액에 함침시킨 후 전압을 인가하여 양극산화시켜 나노 다공성 구조의 텅스텐 산화물을 제조하는 단계; 상기 제조된 나노 다공성 구조의 텅스텐 산화물에 이산화티타늄 나노입자를 도포시킨 후 열처리하는 단계; 및 상기 이산화티타늄 나노입자가 도포된 텅스텐 산화물을 염료가 용해된 용액에 함침시켜 이산화티타늄 나노입자에 염료를 흡착시키는 단계;를 포함하는 광전기 변색 소자용 복합체의 제조방법을 제공한다.

[0008] 또한, 본 발명은 전술한 제조방법으로 제조된 광전기 변색소자용 복합체를 투명 전도성 산화물이 코팅된 유리에 부착시켜 작업전극을 제조하는 단계; 투명 전도성 산화물이 코팅된 유리에 백금 전구체 용액을 적하하여 스핀코팅시켜 상대전극을 제조하는 단계; 및 상기 작업전극 및 상대전극 사이에 전해질을 주입하는 단계;를 포함하는 광전기 변색소자의 제조방법을 제공한다.

발명의 효과

[0009] 본 발명에 따르면, 텅스텐 산화물을 단사정계 구조(monoclinic system)로 형성시켜 전기적 특성이 향상되고 이산화티타늄 나노입자를 아나타제(anatase) 구조로 형성시켜 루타일(rutile) 구조에서 발생하는 이산화티타늄의 표면적이 작아지는 문제를 방지할 수 있다.

[0010] 또한, 양극을 산화시키는 전해산화 공정을 이용하여 나노 다공성 구조의 텅스텐 산화물을 제조할 수 있고, 나노 다공성 구조의 텅스텐 산화물에 이산화티타늄 나노입자를 도포시켜 착색과 탈색 반응 속도 및 효율을 증대시킬 수 있으며, 임의의 스위치를 통해 전기변색 반응 및 광전기 변색소자의 투과율을 조절할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0011] 도 1은 본 발명에 따른 광전기 변색소자용 복합체의 제조방법에서 나노 다공성 구조의 텅스텐 산화물의 제조 공정 및 제조된 나노 다공성 텅스텐 산화물을 나타낸 모식도이다.

도 2는 본 발명에 따른 광전기 변색소자용 복합체의 제조방법에서 나노 다공성 구조의 텅스텐 산화물에 이산화티타늄 나노입자를 도포시키는 방법을 나타낸 모식도이다.

도 3은 본 발명에 따른 광전기 변색소자용 복합체의 제조방법을 나타낸 모식도이다.

도 4는 본 발명에 따른 광전기 변색소자를 나타낸 모식도이다.

도 5의 (a)는 본 발명에 따른 광전기 변색소자용 복합체에서 나노 다공성 구조의 텅스텐 산화물의 SEM 사진이고, 도 5의 (b)는 EDS 분석 결과이다.

도 6의 (a)는 본 발명에 따른 광전기 변색소자용 복합체에서 이산화티타늄 나노입자의 SEM 사진이고, 도 6의 (b)는 EDS 분석 결과이다.

도 7은 본 발명에 따른 광전기 변색소자용 복합체의 XRD 결과이다.

도 8은 본 발명에 따른 광전기 변색소자의 전류-전압 그래프이다.

도 9는 본 발명에 따른 광전기 변색소자의 반사도(reflectance)를 나타낸 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0012] 이하 첨부된 도면을 참조하면서 본 발명에 따른 바람직한 실시예를 상세히 설명하기로 한다.
- [0013] 본 발명의 이점 및 특징, 그리고 그것을 달성하는 방법은 첨부된 도면과 함께 상세하게 후술되어 있는 실시예들을 참조하면 명확해질 것이다.
- [0014] 그러나 본 발명은 이하에 개시되는 실시예들에 의해 한정되는 것이 아니라 서로 다른 다양한 형태로 구현될 것이며, 단지 본 실시예들은 본 발명의 개시가 완전하도록 하며, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 발명의 범주를 완전하게 알려주기 위해 제공되는 것이며, 본 발명은 청구항의 범주에 의해 정의될 뿐이다.
- [0015] 또한, 본 발명을 설명함에 있어 관련된 공지 기술 등이 본 발명의 요지를 흐리게 할 수 있다고 판단되는 경우 그에 관한 자세한 설명은 생략하기로 한다.
- [0016] 본 발명은 텅스텐 산화물 전극을 전해액에 함침시킨 후 전압을 인가하여 양극산화시켜 나노 다공성 구조의 텅스텐 산화물을 제조하는 단계;
- [0017] 상기 제조된 나노 다공성 구조의 텅스텐 산화물에 이산화티타늄 나노입자를 도포시킨 후 열처리하는 단계; 및
- [0018] 상기 이산화티타늄 나노입자가 도포된 텅스텐 산화물을 염료가 용해된 용액에 함침시켜 이산화티타늄 나노입자에 염료를 흡착시키는 단계;를 포함하는 광전기 변색소자용 복합체의 제조방법을 제공한다.
- [0019] 본 발명에 따른 광전기 변색소자용 복합체의 제조방법은 텅스텐 산화물을 단사정계 구조로 형성시켜 전기적 특성이 향상되고 이산화티타늄 나노입자를 아나타제 구조로 형성시켜 루타일(rutile) 구조에서 발생하는 이산화티타늄의 표면적이 작아지는 문제를 방지할 수 있다. 또한, 양극을 산화시키는 전해산화 공정을 이용하여 나노 다공성 구조의 텅스텐 산화물을 제조할 수 있고, 나노 다공성 구조의 텅스텐 산화물에 이산화티타늄 나노입자를 도포시켜 착색과 탈색 반응 속도 및 효율을 증대시킬 수 있으며, 임의의 스위치를 통해 전기변색 반응 및 광전기 변색소자의 투과율을 조절할 수 있다.
- [0020] 이하, 본 발명을 더욱 상세히 설명한다.
- [0021] 본 발명에 따른 광전기 변색소자용 복합체의 제조방법은 텅스텐 산화물 전극을 전해액에 함침시킨 후 전압을 인가하여 양극산화시켜 나노 다공성 구조의 텅스텐 산화물을 제조하는 단계를 포함한다.
- [0022] 이때, 상기 나노 다공성 텅스텐 산화물은 단사정계 구조(monoclinic structure)이고, 상기 이산화티타늄 나노입자는 아나타제 구조(anatase structure)인 것이 바람직하다. 전술한 바와 같이 나노 다공성 텅스텐 산화물을 단사정계 구조로 형성시켜 전기적 특성을 향상시킬 수 있으며, 이산화티타늄 나노입자를 아나타제 구조로 형성시켜 루타일 구조에서 발생하는 이산화티타늄의 표면적 감소를 방지할 수 있다.
- [0023] 또한, 상기 전해액은 황산 및 플루오린화나트륨(sodium fluoride, NaF)을 포함하고, 상기 황산의 농도는 1M이 적절하며, NaF를 0.5 중량%로 포함하는 것을 사용하는 것이 바람직하다.

- [0024] 상기 양극산화는 35 ~ 45 V의 전압으로 1시간 동안 수행되는 것이 바람직하다. 상기 양극산화가 35 V 미만에서 수행되는 경우에는 텅스텐 산화물에 기공 형성이 원활히 이루어지지 않으며, 45 V를 초과하는 경우에는 나노 다공성 구조가 형성되지 않는 문제가 있다.
- [0025] 다음으로, 본 발명에 따른 광전기 변색소자용 복합체의 제조방법은 상기 제조된 나노 다공성 구조의 텅스텐 산화물에 이산화티타늄 나노입자를 도포시킨 후 열처리하는 단계를 포함한다.
- [0026] 상기 이산화티타늄 나노입자는 디핑법, 잉크젯 프린팅, 스크린 프린팅, 스핀코팅 등의 물리적 방법으로 나노 다공성 구조의 텅스텐 산화물에 도포시킬 수 있고, 상기 열처리는 20 °C/분의 승온속도로 300 ~ 450 °C에서 1시간 동안 수행되는 것이 바람직하다. 상기 열처리가 300 °C 미만에서 수행되는 경우에는 아나타제 구조의 이산화티타늄을 제조할 수 없고 이산화티타늄이 텅스텐 산화물에 도포되지 않는 문제가 있고, 450 °C를 초과하는 경우에는 이산화티타늄의 구조가 루타일 구조로 형성되는 문제가 있다.
- [0027] 본 발명에 따른 광전기 변색소자용 복합체의 제조방법은 상기 이산화티타늄 나노입자가 도포된 텅스텐 산화물을 염료가 용해된 용액에 침지시켜 이산화티타늄 나노입자에 염료를 흡착시키는 단계를 포함한다.
- [0028] 상기 염료는 에탄올에 용해시킨 후 액상 방법으로 이산화티타늄 나노입자에 부착시킬 수 있으며, 상기 염료는 N719 염료($[(C_4H_9)_4N]_2[Ru(dcbpyH)_2(NCS)_2]$), N3 염료($[Ru(dcbpyH)_2(NCS)_2]$, dcbpyH₂=2,2'-bipyridyl-4,4'-dicarboxylic acid) 및 N749 염료($[(C_4H_9)_4N]_3[Ru(tcterpy)(NCS)_3] \cdot 3H_2O$, tcterpy=4,4',4''-tricarboxy-2,2':6',2''-terpyridine)로 이루어진 군으로부터 선택되는 1종을 사용할 수 있다.
- [0029] 또한, 본 발명은 전술한 제조방법으로 제조된 광전기 변색소자용 복합체를 투명 전도성 산화물이 코팅된 유리에 부착시켜 작동전극을 제조하는 단계;
- [0030] 투명 전도성 산화물이 코팅된 유리에 백금 전구체 용액을 적하하여 스핀코팅시켜 상대전극을 제조하는 단계; 및
- [0031] 상기 작동전극 및 상대전극 사이에 전해질을 주입하는 단계;를 포함하는 광전기 변색소자의 제조방법을 제공한다.
- [0032] 본 발명에 따른 광전기 변색소자는 전술한 제조방법으로 제조된 광전기 변색소자용 복합체를 투명 전도성 산화물이 코팅된 유리에 부착시켜 작동전극을 제조하고, 전술한 바와 같이 상대전극을 제조한 후 작동전극 및 상대전극 사이에 전해질을 주입하여 제조될 수 있다.
- [0033] 상기 투명 전도성 산화물은 산화주석(SnO_2), 인듐 틴 옥사이드(ITO) 및 불소가 도핑된 인듐 틴 옥사이드(FTO)로 이루어진 군으로부터 선택되는 1종을 사용할 수 있고, 상기 백금 전구체 용액은 염화백금산(hydrogen hexachloroplatinate, H_2PtCl_6) 및 염화칼륨(potassium chloride, KCl)을 포함한다.
- [0034] 상기 작동전극과 항상 접촉하여 전기 화학 반응을 가능하게 하는 전해질로는 액체 전해질, 이온성 액체 전해질, 이온성 겔 전해질, 고분자 전해질 및 이들 간의 복합체 등이 있으나 액체 전해질이 바람직하며, 용매에 용해된 전기화학적으로 비활성 염을 하나 이상 포함하는 것이 더욱 바람직하다. 적합한 염은 예를 들어 리튬 아이오다이드(LiI), 리튬 퍼클로레이트($LiClO_4$), 리튬 테트라플루오로보레이트($LiBF_4$), 리튬 헥사플루오로포스페이트($LiPF_6$), 리튬 헥사플루오로아르세네이트($LiAsF_6$), 리튬 트리플레이트 ($LiCF_3SO_3$), 리튬 메타크릴레이트, 이외에 리튬 클로라이드 ($LiCl$), 리튬 브로마이드 ($LiBr$) 및 리튬 트리플루오로아세테이트 (CF_3COOLi)와 같은 리튬 할라이드 및 이들의 조합을 사용할 수 있다. 이러한 알칼리 금속 이온의 공급원은 0.01 내지 1.0M의 농도로 전해질에 존재할 수 있다.
- [0035] 또한, 상기 전해질을 구성하는 용매로서는 아세토나이트릴, 3-히드록시프로피오나이트릴, 메톡시프로피오나이트릴, 3-에톡시프로피오나이트릴, 2-아세틸부티로락톤, 프로필렌 카보네이트, 에틸렌 카보네이트, 글리세린 카보네이트, 테트라메틸렌술폰, 시아노에틸 수크로스, 감마-부티로락톤, 2-메틸글루타로나이트릴, N,N'-디메틸포름아미드, 3-메틸설포란, 글루타로나이트릴, 3,3'-옥시디프로피오나이트릴, 메틸에틸케톤, 시클로펜타논, 시클로헥사논, 벤조일 아세톤, 4-히드록시-4-메틸-2-펜타논, 아세토펜, 2-메톡시에틸 에테르, 트리에틸렌 글리콜 디

메틸 에테르, 4-에테닐-1,3-디옥살라네-2-온, 1,2-부틸렌 카보네이트, 글리시딜 에테르 카보네이트 및 이들의 조합에서 선택되며, 감마-부티로락톤, 프로필렌 카보네이트, 1,2-부틸렌 카보네이트, 테트라메틸렌 술폰과 프로필렌 카보네이트의 조합 및 1,2-부틸렌 카보네이트와 프로필렌 카보네이트의 조합을 사용할 수 있다.

[0036] 본 발명에서는 전해질 용액으로는 리튬 아이오다이드(LiI) 또는 에테트라프로필암모늄 요오드(tetrapropylammonium iodide)에 5 mM의 요오드 분자(I₂)가 함유된 용액과 함께 프로필렌 카보네이트에 용해시켜 사용한다.

[0037] 실시예 1: 광전기 변색소자용 복합체의 제조

[0038] 나노 다공성 구조의 텅스텐 산화물 제조

[0039] 1M 황산과 0.5 중량%의 NaF로 이루어진 전해액을 비이커에 넣고 텅스텐 산화물의 양극 및 백금 음극을 함침시킨 후 양극과 음극에 40 V의 전압을 1시간 동안 인가하여 양극산화시켰다.

[0040] 도 1은 본 발명에 따른 광전기 변색소자용 복합체의 제조방법에서 나노 다공성 구조의 텅스텐 산화물의 제조 공정 및 제조된 나노 다공성 텅스텐 산화물을 나타낸 모식도이다.

[0041] 나노 다공성 구조의 텅스텐 산화물에 이산화티타늄 나노입자의 도포

[0042] 나노 다공성 구조의 텅스텐 산화물에 디핑법으로 이산화티타늄 나노입자를 도포시킨 후 20 °C/분의 승온속도로 300 °C에서 1시간 동안 열처리시켰다.

[0043] 도 2는 본 발명에 따른 광전기 변색소자용 복합체의 제조방법에서 나노 다공성 구조의 텅스텐 산화물에 이산화티타늄 나노입자를 도포시키는 방법을 나타낸 모식도이다.

[0044] 이산화티타늄 나노입자에 염료 흡착

[0045] 0.3 mM의 N719 염료를 300 mL의 에탄올(99.8%)에 용해시킨 후 이산화티타늄 나노입자가 도포된 텅스텐 산화물을 함침시켜 이산화티타늄 나노입자에 염료를 흡착시켰다.

[0046] 도 3은 본 발명에 따른 광전기 변색소자용 복합체의 제조방법을 나타낸 모식도이다. 전술한 공정으로 광전기 변색소자용 복합체를 제조하였다.

[0047] 실시예 2: 광전기 변색소자의 제조

[0048] 상기 실시예 1에서 제조된 광전기 변색소자용 복합체를 투명 전도성 산화물이 코팅된 유리에 부착시켜 작동전극을 제조하고, 투명 전도성 산화물이 코팅된 유리에 백금 전구체 용액을 적하하여 스핀코팅시켜 상대전극을 제조한 후 상기 작동전극 및 상대전극 사이에 0.5 M의 LiI와 5 mM의 I₂를 프로필렌 카보네이트 용액에 용해시킨 전해질을 주입하여 광전기 변색소자를 제조하였다.

[0049] 도 4는 본 발명에 따른 광전기 변색소자를 나타낸 모식도이다.

[0050] 실험예 1: 광전기 변색소자용 복합체의 구조 분석

[0051] 본 발명에 따른 광전기 변색소자용 복합체에서 텅스텐 및 이산화티타늄의 구조를 알아보기 위해 SEM-EDS 및 XRD로 분석하고 그 결과를 도 5, 도 6 및 도 7에 나타내었다.

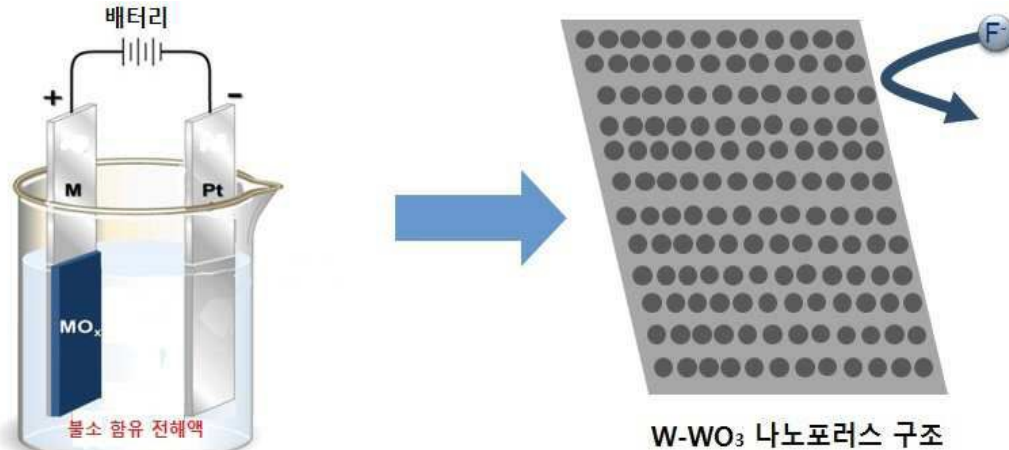
[0052] 도 5의 (a)에 나타난 바와 같이, 본 발명에 따른 광전기 변색소자용 복합체에서 나노 다공성 구조의 텅스텐 산화물은 기공 크기가 약 60 nm였고, 도 5의 (b)에 나타난 바와 같이, 텅스텐 입자 크기와 산소 입자 피크가 나타나는 것으로 보아 텅스텐과 텅스텐 산화물이 공존하고 있는 것을 알 수 있다.

[0053] 또한, 도 6의 (a)에 나타난 바와 같이, 본 발명에 따른 광전기 변색소자용 복합체에서 이산화티타늄은 나노크기의 분말인 것을 알 수 있고, 도 6의 (b)에 나타난 바와 같이, 티타늄과 산소 원자로 이루어져 있음을 알 수 있다.

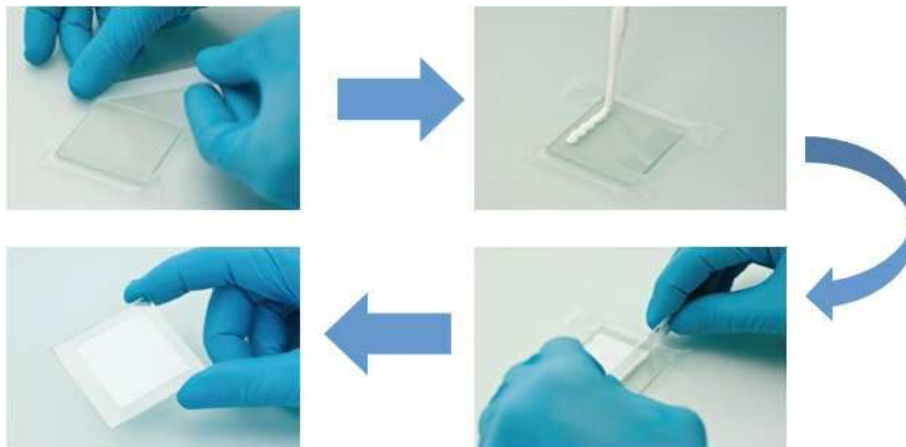
- [0054] 도 7에 나타난 바와 같이, 2 Theta 값이 24° 및 33° 에서 나타나는 것으로 보아 텅스텐 산화물(WO_3)은 단사정계 구조인 것을 알 수 있고, 2 Theta 값이 25° 에서 나타난 이산화티타늄은 아나타제 구조인 것을 알 수 있다.
- [0055] 실험예 2: 광전기 변색소자의 성능 분석
- [0056] 본 발명에 따른 광전기 변색소자의 성능을 알아보기 위해 전류-전압 특성을 분석하고, 그 결과를 도 8에 나타내었다.
- [0057] 도 8을 참고하면, 본 발명에 따른 광전기 변색소자는 필팩터(fill factor)가 0.20으로 나타나고, PCE는 0.44%로 나타났으며, V_{oc}/I_{sc} :0.49 V/4.45 mA에 나타났다.
- [0058] (mA/cm^2)
- [0059] 실험예 3: 광전기 변색소자의 색변환 성능 분석
- [0060] 본 발명에 따른 광전기 변색소자의 색변환 성능을 알아보기 위해 반사도를 측정하고, 그 결과를 도 9에 나타내었다.
- [0061] 도 9에 나타난 바와 같이, 반사도의 차이가 14%로 나타나 우수한 착색 및 탈색 변환효율을 나타내며, 반응시간이 230초로 나타나 나노 다공성 구조의 텅스텐 산화물에 이산화티타늄 나노입자를 도포시킨 구조로 이루어져 착색과 탈색 반응 속도가 향상된 것을 알 수 있다.

도면

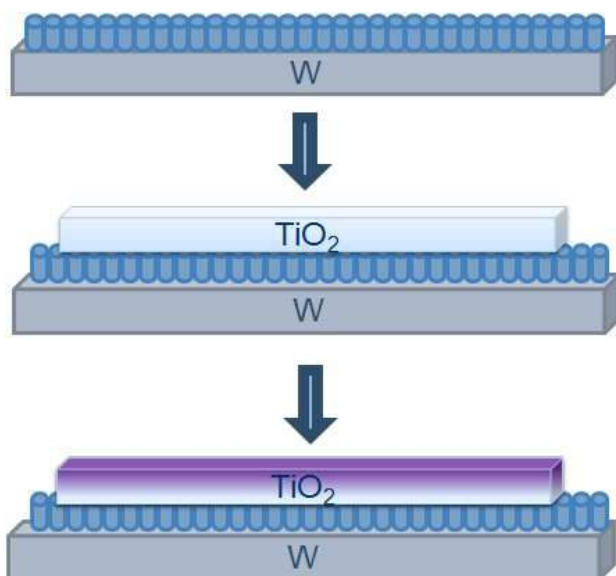
도면1



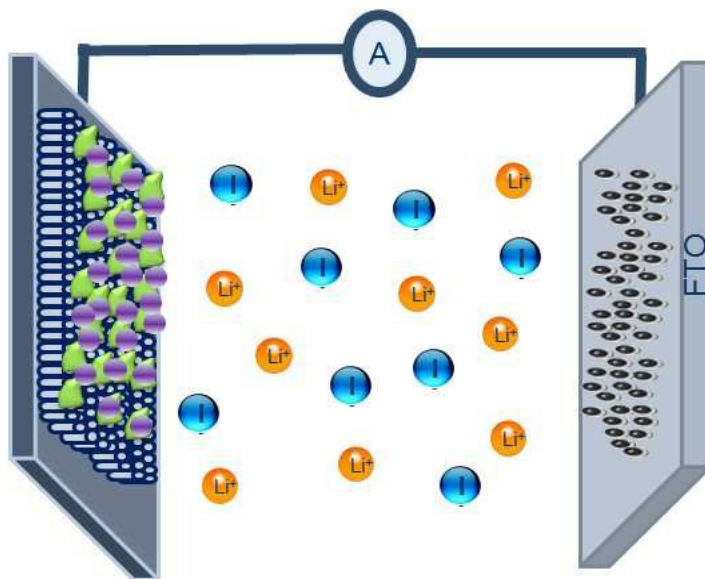
도면2



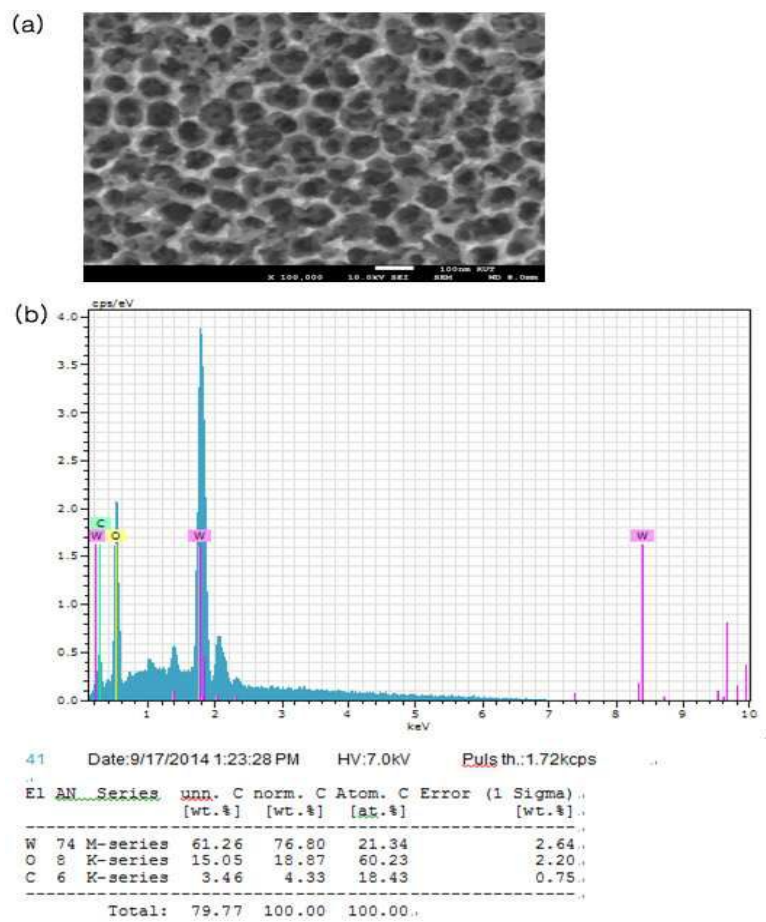
도면3



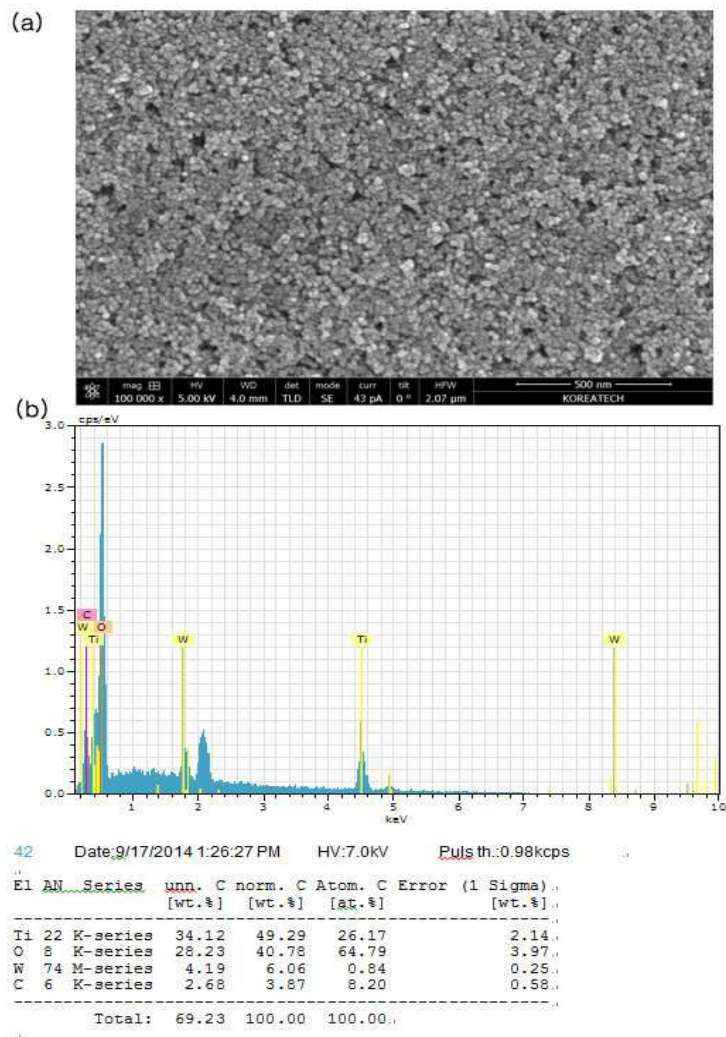
도면4



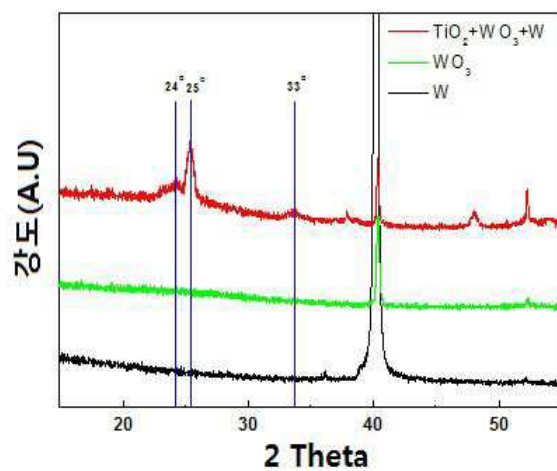
도면5



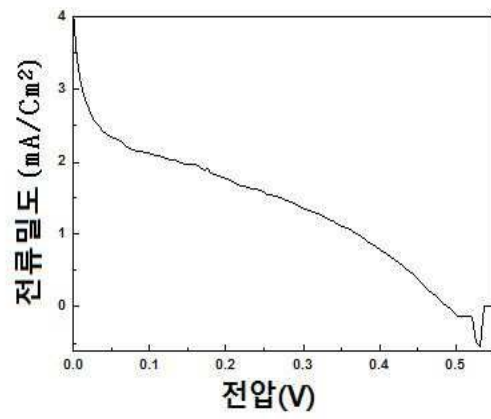
도면6



도면7



도면8



도면9

