



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2012년03월27일
 (11) 등록번호 10-1125821
 (24) 등록일자 2012년03월05일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 31/042 (2006.01) *H01L 31/0224*
 (2006.01)
 (21) 출원번호 10-2010-0102643
 (22) 출원일자 2010년10월20일
 심사청구일자 2010년10월20일
 (56) 선행기술조사문헌
 KR100945742 B1
 JP2008171621 A
 KR100927212 B1
 KR1020100088310 A

(73) 특허권자
 한국에너지기술연구원
 대전 유성구 장동 71-2
 (72) 발명자
한치환
 경기도 성남시 분당구 분당로 190, 라이프아파트
 108-1403 (분당동, 셋별마을)
윤경훈
 대전광역시 유성구 대덕대로541번길 68, 101동
 202호 (도룡동, 현대아파트)
 (뒷면에 계속)
 (74) 대리인
특허법인다울

전체 청구항 수 : 총 18 항

심사관 : 임동우

(54) 발명의 명칭 **염료 및 타이타네이트 커플링제가 흡착된 나노 산화물층을 포함한 음극계 전극을 포함하는 염료감응 태양전지 및 이의 제조방법**

(57) 요약

본 발명은 나노 산화물 입자 표면에 염료 및 타이타네이트 커플링제가 흡착된 나노 산화물층을 포함한 음극계 전극을 포함하여 구성됨으로써 광전변환 효율이 향상된 염료감응 태양전지 및 이의 제조방법에 관한 것으로, 염료감응 태양전지의 음극계 전극 제조시 나노 산화물 표면에 염료를 단분자층으로 흡착시킴으로써 염료감응 태양전지의 문제점인 낮은 광전변환 효율을 개선할 수 있다.

(72) 발명자

한상도

대전광역시 유성구 어은로 57, 133동 1002호 (어은동, 한빛아파트)

조태연

충청남도 부여군 세도면 청송리 202

배상훈

부산광역시 사상구 삼락천로 323 (삼락동)

전세미나

대구광역시 중구 달성동 118-3 금오맨션 209호

특허청구의 범위

청구항 1

투명 전도성 산화물층이 형성된 투명 기판 상에 나노 산화물층을 형성하는 단계(단계 1);

염료, 타이타네이트 커플링제 및 유기용매를 혼합한 염료용액에 상기 나노 산화물층이 형성된 투명기판을 담지하여 나노 산화물 입자 표면에 염료 및 타이타네이트 커플링제를 흡착시킴으로써 음극계 전극을 제조하는 단계(단계 2);

투명 전도성 산화물층이 형성된 투명 기판의 상부에 금속층을 형성하여 양극계 전극을 제조하는 단계(단계 3); 및

상기 단계 2에서 제조된 음극계 전극과 단계 3에서 제조된 양극계 전극을 대향시켜 접합시킨 후 전해액을 주입하는 단계(단계 4)

를 포함하는 염료감응 태양전지의 제조방법.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 염료용액은 유기 용매에 염료 50 내지 95 중량% 및 상기 타이타네이트 커플링제 5 내지 50 중량%를 용해시켜 제조되는 것을 특징으로 하는 염료감응 태양전지의 제조방법.

청구항 3

청구항 2에 있어서,

상기 유기 용매는 에탄올, 메탄올, 프로판올, 이소프로판올 및 아세토니트릴로 이루어진 군으로부터 선택되는 것을 특징으로 하는 염료감응 태양전지의 제조방법.

청구항 4

청구항 2에 있어서,

상기 타이타네이트 커플링제는 테트라이소프로필 디(디옥틸포스페이트) 타이타네이트, 이소프로필 디올레일(디옥틸포스페이트) 타이타네이트, 이소프로필 트리(디옥틸포스페이트) 타이타네이트, 이소프로필 트리올레일 타이타네이트, 이소프로필 트리스테아릴 타이타네이트, 이소프로필 트리(도데실벤젠설포네이트) 타이타네이트, 이소프로필 트리(디옥틸피로포스페이트) 타이타네이트 및 디(디옥틸피로포스페이트) 에틸렌 타이타네이트로 이루어진 군으로부터 선택되는 것을 특징으로 하는 염료감응 태양전지의 제조방법.

청구항 5

청구항 4에 있어서,

상기 타이타네이트 커플링제는 테트라이소프로필 디(디옥틸포스페이트) 타이타네이트인 것을 특징으로 하는 염료감응 태양전지의 제조방법.

청구항 6

청구항 2에 있어서,

상기 염료는 루테늄계 염료인 것을 특징으로 하는 염료감응 태양전지의 제조방법.

청구항 7

청구항 1에 있어서,

상기 투명 전도성 산화물층은 불소가 도핑된 틴 옥사이드(FTO), 인듐틴옥사이드(ITO), 인듐징크옥사이드(IZO), 인듐징크틴옥사이드(IZTO), 알루미늄징크옥사이드(AZO), 인듐틴옥사이드-은-인듐틴옥사이드(ITO-Ag-ITO), 인듐징크옥사이드-은-인듐징크옥사이드(IZO-Ag-IZO), 인듐징크틴옥사이드-은-인듐징크틴옥사이드(IZTO-Ag-IZTO) 및 알루미늄징크옥사이드-은-알루미늄징크옥사이드(AZO-Ag-AZO)로 이루어진 군으로부터 선택된 투명 전도성 산화물로 형성되는 것을 특징으로 하는 염료감응 태양전지의 제조방법.

청구항 8

청구항 1에 있어서,

상기 투명 기판은 유리 기판 또는 투명한 플라스틱 기판인 것을 특징으로 하는 염료감응 태양전지의 제조방법.

청구항 9

청구항 1에 있어서,

상기 금속층은 백금층인 것을 특징으로 하는 염료감응 태양전지의 제조방법.

청구항 10

청구항 1에 있어서,

상기 나노 산화물층은 이산화티탄을 포함하는 코팅용 조성물을 도포하여 형성되는 것을 특징으로 하는 염료감응 태양전지의 제조방법.

청구항 11

염료감응 태양전지의 음극계 전극으로서,

상기 음극계 전극은 염료, 타이타네이트 커플링제 및 유기용매를 혼합한 염료용액에 나노 산화물층이 형성된 투명기판을 담지함으로써 나노 산화물 입자 표면에 염료 및 타이타네이트 커플링제가 흡착된 나노 산화물층을 포함하는 것을 특징으로 하는 염료감응 태양전지의 음극계 전극.

청구항 12

청구항 11에 있어서,

상기 나노 산화물 입자는 이산화티탄 입자인 것을 특징으로 하는 염료감응 태양전지의 음극계 전극.

청구항 13

청구항 11에 있어서,

상기 염료는 루테늄계 염료인 것을 특징으로 하는 염료감응 태양전지의 음극계 전극.

청구항 14

청구항 11에 있어서,

상기 타이타네이트 커플링제는 테트라이소프로필 디(디옥틸포스페이트) 타이타네이트, 이소프로필 디올레일(디옥틸포스페이트) 타이타네이트, 이소프로필 트리(디옥틸포스페이트) 타이타네이트, 이소프로필 트리올레일 타이타네이트, 이소프로필 트리스테아릴 타이타네이트, 이소프로필 트리(도데실벤젠설포네이트) 타이타네이트, 이소프로필 트리(디옥틸피로포스페이트) 타이타네이트 및 디(디옥틸피로포스페이트) 에틸렌 타이타네이트로 이루어진 군으로부터 선택되는 것을 특징으로 하는 염료감응 태양전지의 음극계 전극.

청구항 15

염료감응 태양전지로서,

상기 염료감응 태양전지는 염료, 타이타네이트 커플링제 및 유기용매를 혼합한 염료용액에 나노 산화물층이 형성된 투명기판을 담지함으로써 나노 산화물 입자 표면에 염료 및 타이타네이트 커플링제가 흡착된 나노 산화물층이 형성된 음극계 전극을 포함하는 것을 특징으로 하는 염료감응 태양전지.

청구항 16

청구항 15에 있어서,

상기 나노 산화물 입자는 이산화티탄 입자인 것을 특징으로 하는 염료감응 태양전지.

청구항 17

청구항 15에 있어서,

상기 염료는 루테늄계 염료인 것을 특징으로 하는 염료감응 태양전지.

청구항 18

청구항 15에 있어서,

상기 타이타네이트 커플링제는 테트라이소프로필 디(디옥틸포스페이트) 타이타네이트, 이소프로필 디올레일(디옥틸포스페이트) 타이타네이트, 이소프로필 트리(디옥틸포스페이트) 타이타네이트, 이소프로필 트리올레일 타이타네이트, 이소프로필 트리스테아릴 타이타네이트, 이소프로필 트리(도데실벤젠설포네이트) 타이타네이트, 이소프로필 트리(디옥틸피로포스페이트) 타이타네이트 및 디(디옥틸피로포스페이트) 에틸렌 타이타네이트로 이루어진 군으로부터 선택되는 것을 특징으로 하는 염료감응 태양전지.

명세서

기술분야

본 발명은 염료 및 타이타네이트 커플링제가 흡착된 나노 산화물층을 포함한 음극계 전극을 포함하는 염료감응 태양전지 및 이의 제조방법에 관한 것으로, 보다 상세하게는 나노 산화물 입자 표면에 염료 및 타이타네이트 커플링제가 흡착된 나노 산화물층을 포함한 음극계 전극을 포함하여 구성됨으로써 광전변환 효율이 향상된 염료감응 태양전지 및 이의 제조방법에 관한 것이다.

[0001]

배경 기술

- [0002] 최근 심각한 환경오염 문제와 화석 에너지 고갈로 차세대 청정 에너지 개발에 대한 중요성이 증대되고 있다. 그 중에서도 태양전지는 태양 에너지를 직접 전기 에너지로 전환시키는 장치로서, 공해가 적고, 자원이 무한적이며 반영구적인 수명을 가지고 있어 미래 에너지 문제를 해결할 수 있는 에너지원으로 기대되고 있다.
- [0003] 이와 같은 태양전지를 물질별로 크게 구분하면 무기물 태양전지(inorganic solar cell), 염료감응 태양전지(dye-sensitized solar cell) 및 유기물 태양전지(organic solar cell)가 있다.
- [0004] 무기물 태양전지로서 단결정 실리콘이 주로 사용되고 있고, 이러한 단결정 실리콘계 태양전지는 박막형 태양전지로 제조될 수 있는 장점을 가지나, 많은 비용이 소요되고, 안정성이 낮은 문제점을 가지고 있다.
- [0005] 염료감응 태양전지는 기존의 p-n 접합에 의한 실리콘 태양전지와는 달리, 가시광선의 빛을 흡수하여 전자-홀 쌍(electron-hole pair)을 생성할 수 있는 감광성 염료 분자와, 생성된 전자를 전달하는 전이금속 산화물을 주된 구성 재료로 하는 광전기화학적 태양전지이다. 염료감응 태양전지는 기존 실리콘을 기반으로 하는 태양 전지와 비교했을 때 빛과 열에 대한 장시간 노출에도 견딜 수 있으며, 저렴하고 용이하게 에너지를 생산할 수 있다.
- [0006] 지금까지 알려진 염료감응 태양전지 중 대표적인 예로서 스위스의 그라첼(Gratzel) 등에 의하여 발표된 것이 있다(미국등록특허 제4,927,721호 및 제5,350,644호). 그라첼 등에 의해 제안된 염료감응 태양전지는 염료 분자가 입혀진 나노입자 이산화티탄(TiO₂)으로 이루어지는 반도체 전극과, 백금 또는 탄소가 코팅된 대향 전극과, 이들 전극 사이에 채워진 전해질 용액으로 구성되어 있다. 이 광전기화학적 태양전지는 기존의 실리콘 태양전지에 비하여 전력당 제조 원가가 저렴하여 주목받아 왔다. 이러한 그라첼이 개발한 염료감응 태양전지 기술은 값비싼 실리콘 태양 전지의 저렴한 대안으로 유망하다는 사실을 보여 주었다.
- [0007] 상술한 바와 같이 염료감응 태양전지는 기존의 실리콘 태양 전지에 비해 제조 단가가 저렴하고 투명한 전극으로 인해 건물 외벽 유리창이나 유리 온실 등에 응용이 가능하다는 이점이 있으나, 광전변환 효율이 낮아서 실제 적용에는 제한이 있는 상황이다.
- [0008] 태양 전지의 광전변환 효율은 태양빛의 흡수에 의해 생성된 전자의 양에 비례하므로, 광전변환 효율을 증가시키기 위해서는 태양빛의 흡수를 증가시키거나 염료의 흡착량을 높여 전자의 생성량을 늘일 수도 있고, 또는 생성된 여기전자가 전자-홀 재결합에 의해 소멸되는 것을 막아줄 수도 있다.
- [0009] 염료감응 태양전지는 염료가 햇빛을 받아 전자를 여기 시켜 전류를 생성하는데, 타이타늄 나노산화물에 흡착되어 있는 염료가 단분자층으로 형성되어야 효율적으로 전자를 여기시킬 수 있다. 그러나 염료 분자가 타이타늄 나노산화물에 흡착될 때에는 단분자층으로만 흡착되는 것이 아니라 여러 분자가 겹쳐서 흡착되기도 하는데, 이는 염료감응 태양전지의 효율 저하의 원인이 된다.
- [0010] 본 발명자들은 상술한 문제점을 해결하기 위하여 염료감응 태양전지의 제조시 염료를 타이타늄 나노산화물에 단분자층으로 흡착시키기 위한 연구를 거듭한 결과, 염료감응 태양전지의 음극계 전극 제조시 나노 산화물 입자 표면에 염료 및 타이타네이트 커플링제를 흡착시켜 나노 산화물층에 염료를 단분자층으로 흡착시킴으로써, 염료감응 태양전지의 문제점인 낮은 광전변환 효율을 개선할 수 있는 염료감응 태양전지 및 이의 제조방법을 제공하기 위한 것이다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0011] 본 발명의 목적은 염료감응 태양전지의 음극계 전극 제조시 나노 산화물 입자 표면에 염료 및 타이타네이트 커플링제를 흡착시켜 나노 산화물층에 염료를 단분자층으로 흡착시킴으로써, 염료감응 태양전지의 문제점인 낮은 광전변환 효율을 개선할 수 있는 염료감응 태양전지 및 이의 제조방법을 제공하기 위한 것이다.

과제의 해결 수단

- [0012] 상기 목적을 달성하기 위하여, 본 발명은,

- [0013] 투명 전도성 산화물층이 형성된 투명 기판 상에 나노 산화물층을 형성하는 단계(단계 1);
- [0014] 염료, 타이타네이트 커플링제 및 유기용매를 혼합한 염료용액에 상기 나노 산화물층이 형성된 투명기판을 담지하여 나노 산화물 입자 표면에 염료 및 타이타네이트 커플링제를 흡착시킴으로써 음극계 전극을 제조하는 단계(단계 2);
- [0015] 투명 전도성 산화물층이 형성된 투명 기판의 상부에 금속층을 형성하여 양극계 전극을 제조하는 단계(단계 3); 및
- [0016] 상기 단계 2에서 제조된 음극계 전극과 단계 3에서 제조된 양극계 전극을 대향시켜 접합시킨 후 전해액을 주입하는 단계(단계 4)를 포함하는 염료감응 태양전지의 제조방법을 제공한다.
- [0017] 하기에 본 발명에 따른 염료감응 태양전지의 제조방법을 구체적으로 설명한다.
- [0018] 우선, 투명 전도성 산화물층이 형성된 투명 기판 상에 나노 산화물층을 형성한다(단계 1).
- [0019] 본 발명에서 사용되는 투명 기판으로는 유리 기판 또는 투명한 플라스틱 기판을 사용할 수 있으며, 상기 투명한 플라스틱 기판으로는 폴리에틸렌테레프탈레이트(PET), 폴리에틸렌나프탈레이트(PEN), 폴리에틸렌(PE), 폴리에테르설폰(PES), 폴리카보네이트(PC), 폴리아릴레이트(PAR), 폴리이미드(PI) 등의 재질로 제조된 플라스틱 기판 사용할 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0020] 상기 투명 기판의 상부에는 투명 전도성 산화물층이 형성되며, 투명 전도성 산화물층의 소재로는 불소가 도핑된 틴 옥사이드(FTO), 인듐틴옥사이드(ITO), 인듐징크옥사이드(IZO), 인듐징크틴옥사이드(IZTO), 알루미늄징크옥사이드(AZO), 인듐틴옥사이드-은-인듐틴옥사이드(ITO-Ag-ITO), 인듐징크옥사이드-은-인듐징크옥사이드(IZO-Ag-IZO), 인듐징크틴옥사이드-은-인듐징크틴옥사이드(IZTO-Ag-IZTO), 알루미늄징크옥사이드-은-알루미늄징크옥사이드(AZO-Ag-AZO) 등을 사용할 수 있으며, 특히 불소가 도핑된 틴 옥사이드(FTO)가 바람직하다. 이러한 투명 전도성 산화물층은 스퍼터링(sputtering), 화학기상증착(CVD), 증기증착(evaporation), 열산화(thermal oxidation), 전기화학적 증착(electrochemical anodization(deposition)) 중 어느 한 방법에 의해 형성될 수 있다.
- [0021] 이후 상기 투명 전도성 산화물층에 나노 산화물층을 형성한다. 상기 나노 산화물층은 전이금속산화물, 특히 이산화티탄으로 구비될 수 있으며, 이산화티탄이 포함된 조성물이 닥터 블레이드법, 스크린 프린팅법 등에 의해 도포되어 형성될 수 있다.
- [0022] 다음으로, 염료, 타이타네이트 커플링제 및 유기용매를 혼합한 염료용액에 상기 나노 산화물층이 형성된 투명기판을 담지하여 나노 산화물 입자 표면에 염료 및 타이타네이트 커플링제를 흡착시킴으로써 음극계 전극을 제조한다(단계 2).
- [0023] 본 발명의 일 실시형태에 있어서, 상기 염료 용액은 유기 용매에 염료 50 내지 95 중량% 및 타이타네이트 커플링제 5 내지 50 중량%를 용해하여 제조할 수 있다.
- [0024] 상기 유기 용매로는 에탄올, 메탄올, 프로판올, 이소프로판올, 아세토니트릴 등을 사용할 수 있으며, 염료로는 루테늄(Ru) 복합체를 포함하여 가시광을 흡수할 수 있는 물질을 사용할 수 있고, 이외에도 가시광내의 장파장 흡수를 개선하여 효율을 향상시키는 염료 및 전자 방출이 용이한 새로운 타입의 염료를 제한 없이 사용할 수 있음은 물론이다.
- [0025] 본 발명에서 타이타네이트 커플링제로는 테트라이소프로필 디(디옥틸포스페이트) 타이타네이트(tetraisopropyl di(diocetylphosphate) titanate), 이소프로필 디올레일(디옥틸포스페이트) 타이타네이트(isopropyl dioleyl(diocetylphosphate) titanate), 이소프로필 트리(디옥틸포스페이트) 타이타네이트(isopropyl tri(diocetylphosphate) titanate), 이소프로필 트리올레일 타이타네이트(isopropyl trioleyl titanate), 이소프로필 트리스테아릴 타이타네이트(isopropyl tristearyl titanate), 이소프로필 트리(도데실벤젠설포네이트) 타이타네이트(isopropyl tri(dodecylbenzenesulfonate) titanate), 이소프로필 트리(디옥틸피로포스페이트) 타이타네이트(isopropyl tri(diocetylpyrophosphate) titanate), 디(디옥틸피로포스페이트) 에틸렌 타이타네이트(di(diocetylpyrophosphate) ethylene titanate) 등을 사용할 수 있으며, 이중 테트라이소프로필 디(디옥틸포스페이트) 타이타네이트(tetraisopropyl di(diocetylphosphate) titanate)가 가장 좋은 효과를 나타내고 있으나,

본 발명이 속하는 기술분야에서 알려진 타이타네이트 커플링제를 제한 없이 사용할 수 있다.

- [0026] 상술한 염료 및 타이타네이트 커플링제를 용해시킨 염료용액 내에 단계 1에서 제조한 나노 산화물층이 형성된 투명기판을 담지시킨 후, 염료 및 타이타네이트 커플링제가 나노 산화물 입자의 표면에 충분히 흡착될 수 있는 시간동안 유지시켜 나노 산화물 입자의 표면에 염료를 단분자층으로 흡착시킴으로써 음극계 전극을 제조한다.
- [0027] 다음으로, 투명 전도성 산화물층이 형성된 투명 기판의 상부에 금속층을 형성하여 양극계 전극을 제조한다(단계 3).
- [0028] 상기 단계 1에서와 동일하게 투명 전도성 산화물층을 투명 기판 상에 형성한 후, 상기 투명 전도성 산화물층에 금속층을 형성하여 양극계 전극을 제조할 수 있다.
- [0029] 상기 금속층은 통전이 가능한 물질로 구성되는데, 바람직하게는 백금(Pt) 등과 같은 귀금속 물질로 구비될 수 있다. 백금은 반사도가 좋아서, 투과된 가시광이 태양전지의 내부로 반사되어 광흡수의 효율에 유리하다. 또한, 백금 이외에도 저항값이 낮은 다른 귀금속 물질을 사용할 수 있음은 물론이다.
- [0030] 마지막으로, 단계 2에서 제조된 음극계 전극과 단계 3에서 제조된 양극계 전극을 대향시켜 접합시킨 후 전해액을 주입한다(단계 4).
- [0031] 본 발명의 일 실시형태에 있어서, 상기 음극계 전극과 양극계 전극을 대향시켜 접합시킨 후 양극계 전극에 미세 홀을 형성하여 전해액을 주입한 후, 미세 홀을 고분자 수지 등을 이용하여 밀봉함으로써 염료감응 태양전지를 제조할 수 있다.
- [0032] 또한, 본 발명은 염료, 타이타네이트 커플링제 및 유기용매를 혼합하여 제조된 염료용액에 상기 나노 산화물층이 형성된 투명기판을 담지함으로써 나노 산화물 입자 표면에 염료 및 타이타네이트 커플링제가 흡착된 나노 산화물층이 형성된 음극계 전극을 포함하는 것을 특징으로 하는 염료감응 태양전지를 제공한다.
- [0033] 상기 나노 산화물 입자 표면에 염료 및 타이타네이트 커플링제가 흡착된 나노 산화물층이 형성된 음극계 전극을 제조하는 방법은 상술한 바와 같이 수행될 수 있다.
- [0034] 본 발명에 따른 염료감응 태양전지의 경우, 음극계 전극 상에 염료가 흡착된 나노 산화물층을 형성하는 과정에서 염료와 함께 타이타네이트 커플링제를 사용하여 나노 산화물 입자 표면에 흡착시킴으로써 나노 산화물 입자 표면에 염료를 단분자층으로 형성하여 염료감응 태양전지의 광전변환 효율이 향상될 수 있다.

발명의 효과

- [0035] 본 발명은 염료감응 태양전지의 음극계 전극 제조시 나노 산화물 표면에 염료를 단분자층으로 흡착시킬 수 있는 기술을 제공하여 염료감응 태양전지의 문제점인 낮은 광전변환 효율을 개선할 수 있다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0036] 이하, 본 발명의 이해를 돕기 위하여 바람직한 실시예를 제시하나, 하기 실시예는 본 발명을 예시하는 것일 뿐 본 발명의 범주 및 기술사상 범위 내에서 다양한 변경 및 수정이 가능함은 당업자에게 있어서 명백한 것이며, 이러한 변형 및 수정이 첨부된 특허청구범위에 속하는 것도 당연한 것이다.

[0037] **<실시예>**

[0038] **실시예 1**

- [0039] (1) 불소가 도핑된 틸 옥사이드 투명전도성 산화물층이 형성된 투명 유리 기판을 준비하였다. 상기 기판의 투명전도성 산화물층 상부에 이산화티탄을 포함하는 코팅용 조성물을 닥터블레이드법으로 도포하고, 500 ℃에서 30분 동안 열처리하여, 나노크기의 금속 산화물 간의 접촉 및 충전이 이루어지도록 하여 약 8 μm 두께의 나노 산화물층을 형성시켰다. 이어서, 상기 나노 산화물층의 상부에 이산화티탄을 포함하는 코팅용 조성물을 동일한 방법으로 도포하고, 500 ℃의 온도에서 30분 동안 열처리하여 약 15 μm 두께의 나노 산화물층을 형성시켰다. 이후, 0.3 mM의 루테늄 디티오시아네이트 2,2'-비피리딘-4,4'-디카르복실레이트와 0.125 mM의 테트라이소프로필

디(디옥틸포스페이트) 타이타네이트가 에탄올에 녹아있는 염료용액을 제조하였다. 여기에 상기 나노 산화물층이 형성된 기판을 24시간 동안 담지한 후 건조시켜 나노크기의 금속 산화물에 염료 및 타이타네이트 커플링제를 흡착시켜 음극계 전극을 제조하였다.

[0040] (2) 불소가 도핑된 틴 옥사이드 투명전도성 산화물층이 형성된 투명 유리 기판을 준비하였다. 상기 기판의 투명전도성 산화물층 상부에 옥염화백금산(H₂PtCl₆)이 녹아있는 2-프로판올 용액을 떨어뜨린 후, 450 °C에서 30분 동안 열처리하여 백금층을 형성시켜 양극계 전극을 제조하였다.

[0041] (3) 제조된 음극계 전극의 나노 산화물층과 양극계 전극의 백금층이 서로 대향하도록 한 후, SURLYN(Du Pont사 제조)으로 이루어지는 약 60 μm 두께의 열가소성 고분자층을 각 전극의 테두리에 형성한 후, 130 °C의 오븐에 넣어 2분 동안 유지하여 두 전극을 부착하여 밀봉하였다. 다음으로, 음극계 전극과 양극계 전극을 관통하는 미세 홀을 형성하고 이 홀을 통해 두 전극 사이의 공간에 전해질 용액을 주입한 다음, 다시 홀의 외부를 접착제로 밀봉하였다. 여기서, 전해질 용액은 3-메톡시프로피오나이트릴 용매에 0.1M LiI, 0.05M I₂, 0.5M 4-tert-부틸피리딘과 이온성 액체인 0.6M 1-에틸-1-메틸피롤리디늄 아이오다이드를 녹여서 제조하였다.

[0042] **비교예 1**

[0043] 염료 용액으로서 타이타네이트 커플링제가 포함되지 않은 0.3 mM의 루테늄 디티오시아네이트 2,2'-비피리딜-4,4'-디카르복실레이트가 녹아있는 염료용액을 사용한 것을 제외하고는 상기 실시예 1과 동일한 방법으로 실시하여 염료감응 태양전지를 제조하였다.

[0044] **시험예**

[0045] 상기 실시예 1 및 비교예 1에서 제조한 염료감응 태양전지의 광전변환 효율을 평가하기 위하여 하기와 같은 방법으로 광전압 및 광전류를 측정하여 광전기적 특성을 관찰하고, 이를 통하여 얻어진 전류밀도(I_{sc}), 전압(V_{oc}), 및 충전계수(fillfactor, ff)를 이용하여 광전변환 효율(η_e)을 하기 수학적 식 1로 계산하였다.

[0046] 이때, 광원으로는 제논 램프(Xenon lamp, Oriel)를 사용하였으며, 상기 제논 램프의 태양조건(AM 1.5)은 표준 태양전지를 사용하여 보정하였다.

[0047] [수학적 식 1]

[0048]
$$\eta_e = (V_{oc} \times I_{sc} \times ff) / (P_{inc})$$

[0049] 상기 수학적 식 1에서, (P_{inc})는 100 mW/cm²(1 sun)을 나타낸다.

[0050] 상기와 같이 측정된 값들을 하기 표 1에 나타내었다.

표 1

[0051]

구분	전류밀도(mA/cm ²)	전압(V)	충전계수	광전변환 효율(%)
실시예 1	18.056	0.707	0.627	8.003
비교예 1	17.096	0.695	0.640	7.675

[0052] 상기 표 1에 나타난 바와 같이, 본 발명에 따른 실시예 1에서와 같이 염료감응 태양전지의 음극계 전극 제조시 나노 산화물 입자 표면에 염료 및 타이타네이트 커플링제를 흡착시켜 나노 산화물층에 염료를 단분자층으로 흡착시켜 제조된 음극계 전극을 포함하는 염료감응 태양전지는 비교예 1에서와 같이 종래 사용되었던 염료만 녹아 있는 용액을 사용하여 제조한 염료감응 태양전지와 비교하여 광전변환 효율이 향상된 것을 확인할 수 있었다.