



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2015-0137589

(43) 공개일자 2015년12월09일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

H01L 31/0256 (2006.01) H01L 31/04 (2014.01)

H01L 31/18 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2014-0065688

(22) 출원일자 2014년05월30일

심사청구일자 2014년05월30일

(71) 출원인

서강대학교산학협력단

서울특별시 마포구 백범로 35 (신수동, 서강대학교)

(72) 발명자

문준혁

서울특별시 양천구 목동남로2길 60-7, 103동 603호 (신정동, 양천중앙하이츠아파트)

이정우

서울특별시 마포구 백범로 68-1 (신수동)

(74) 대리인

특허법인엠에이피에스

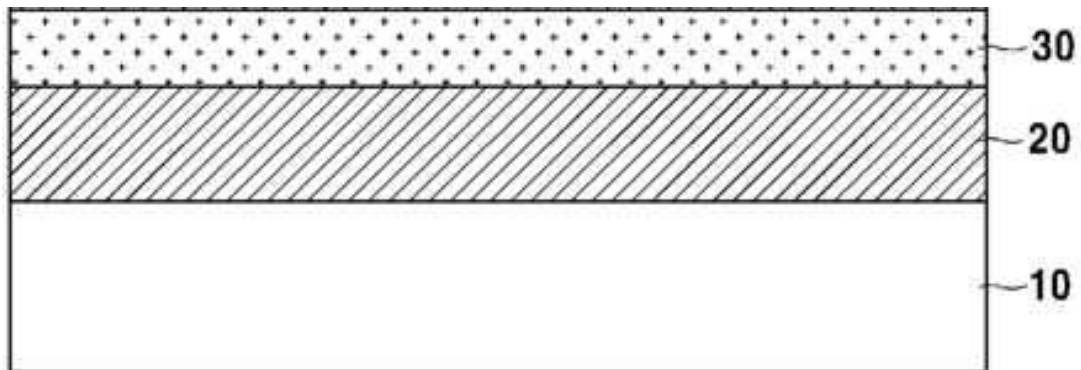
전체 청구항 수 : 총 12 항

(54) 발명의 명칭 염료감응 태양전지용 광전극, 및 이의 제조 방법

(57) 요약

전도성 투명 기재 상에 형성된 차단층; 및, 상기 차단층 상에 형성되고, 규칙적으로 배열된 메조 크기의 기공을 갖는 다공성 전이금속 산화물 구조체를 포함하는, 염료감응 태양전지용 광전극, 및 이의 제조 방법에 관한 것이다.

대표도 - 도1



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 201332017

부처명 미래창조과학부

연구관리전문기관 (재)한국연구재단

연구사업명 나노소재기술개발사업

연구과제명 제한공간 내 자기조립을 이용한 계층형 광전변환소재 구조제어 및 광전특성

기 여 율 1/1

주관기관 서강대학교 산학협력단

연구기간 2013.09.01 ~ 2014.08.31

명세서

청구범위

청구항 1

전도성 투명 기재 상에 형성된 차단층; 및

상기 차단층 상에 형성되고, 규칙적으로 배열된 메조 크기의 기공을 갖는 다공성 전이금속 산화물 구조체를 포함하는,

염료감응 태양전지용 광전극.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 다공성 전이금속 산화물 구조체는 역전오파광결정구조를 갖는 것인, 염료감응 태양전지용 광전극.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 기공은 2 nm 내지 100 nm의 크기를 갖는 것인, 염료감응 태양전지용 광전극.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 전이금속 산화물은 Ti, Cu, Zr, Fe, Zn, In, Ir, La, V, Mo, W, Sn, Nb, Y, Sc, Sm, Ga, 및 이들의 조합으로 이루어진 군에서 선택되는 것의 산화물을 포함하는 것인, 염료감응 태양전지용 광전극.

청구항 5

전도성 투명 기재 상에 차단층을 형성하는 단계;

상기 차단층 상에 고분자 희생층을 형성하는 단계;

상기 고분자 희생층에 전이금속 산화물을 충전하는 단계; 및

상기 고분자 희생층을 제거하는 단계;

를 포함하며,

상기 고분자 희생층은 규칙적으로 배열된 입자 구조를 갖고, 상기 입자는 메조 크기를 갖는 것인,

염료감응 태양전지용 광전극의 제조 방법.

청구항 6

제 5 항에 있어서,

상기 고분자 희생층은 오파광결정구조를 갖는 것인, 염료감응 태양전지용 광전극의 제조 방법.

청구항 7

제 5 항에 있어,

상기 입자는 2 nm 내지 100 nm의 크기를 갖는 것인, 염료감응 태양전지용 광전극의 제조 방법.

청구항 8

제 5 항에 있어서,

상기 고분자 희생층을 형성하기 위한 고분자 입자는 폴리스타이렌, 폴리메틸메타크릴레이트, 폴리스타이렌/폴리디비닐벤젠, 폴리아미드, 폴리(부틸메타크릴레이트-디비닐벤젠), 및 이들의 조합들로 이루어진 군에서 선택된 것인, 염료감응 태양전지용 광전극의 제조 방법.

청구항 9

제 5 항에 있어서,

상기 전이금속 산화물은 원자층 증착법을 사용하여 증진되는 것인, 염료감응 태양전지용 광전극의 제조 방법.

청구항 10

제 5 항에 있어서,

상기 전이금속 산화물은 Ti, Cu, Zr, Fe, Zn, In, Ir, La, V, Mo, W, Sn, Nb, Y, Sc, Sm, Ga 및 이들의 조합으로 이루어진 군에서 선택되는 것의 산화물을 포함하는 것인, 염료감응 태양전지용 광전극의 제조 방법.

청구항 11

제 5 항에 있어서,

상기 고분자 희생층을 제거하는 것은 열분해에 의하여 수행되는 것인, 염료감응 태양전지용 광전극의 제조 방법.

청구항 12

염료가 흡착된 제 1 항의 광전극,

상기 광전극에 대향되는 상대전극, 및

상기 광전극 및 상기 상대 전극 사이에 위치하는 전해질을 포함하는,

염료감응 태양전지.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본원은, 다공성 전이금속 산화물 구조체를 포함하는 염료감응 태양전지용 광전극, 및 이의 제조 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 일반적으로 태양전지는 태양의 빛 에너지를 전기에너지로 변환시키는 소자이다. 태양전지는 무한한 에너지원인 태양광을 이용해 전기를 생산하는 도구로서, 이미 우리 생활에 널리 이용되고 있는 실리콘 태양전지가 대표적이며, 최근 차세대 태양전지로서 염료감응 태양전지가 연구되고 있다.

[0003] 염료감응 태양전지는 스위스의 그라첼(Gratzel) 등에 의하여 발표된 것이 대표적이다 (미국등록특허 제 5,350,644 호 참조). 구조적인 측면에서, 염료감응 태양전지의 2개의 전극 중 하나의 전극은 감광성 염료가 흡착되어 있는 반도체 산화물 층이 형성된 전도성 투명 기재를 포함하는 광전극이며, 두 전극 사이의 공간에는 전해질이 채워져 있다.

[0004] 염료감응 태양전지의 작동 원리를 살펴보면, 태양에너지가 전극의 반도체 산화물 층에 흡착된 감광성 염료에 의해 흡수됨으로써 광전자가 발생하며, 상기 광전자는 반도체 산화물 층을 통해 전도되어 투명 전극이 형성된 전도성 투명 기재에 전달되고, 전자를 잃어 산화된 염료는 전해질에 포함된 산화·환원 쌍에 의해 환원된다. 한편, 외부 전선을 통하여 반대편 전극인 상대전극에 도달한 전자는 산화된 전해질의 산화·환원 쌍을 다시 환원시킴으로써 태양전지의 작동 과정을 완성한다.

[0005] 종래에는 염료감응 태양전지의 산화물 전극을 제조함에 있어서, 닥터 블레이드법을 이용하여 제조한 불규칙한 배열의 기공을 갖는 광전극이 사용되었다. (대한민국 특허 공개번호 2009-0047300호 참조).

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0006] 본원은, 규칙적 배열의 메조 크기의 기공을 함유하는 역전오팔광결정구조의 구조체를 포함하는 염료감응 태양전지용 광전극, 및 상기 광전극의 제조 방법을 제공하고자 한다.
- [0007] 그러나, 본 발명이 해결하고자 하는 과제는 이상에서 언급한 과제로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 과제들은 아래의 기재로부터 당업자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

- [0008] 본원의 제 1 측면은, 하기를 포함하는, 염료감응 태양전지용 광전극을 제공한다:
- [0009] 전도성 투명 기재 상에 형성된 차단층; 및
- [0010] 상기 차단층 상에 형성되고, 규칙적으로 배열된 메조 크기의 기공을 갖는 다공성 전이금속 산화물 구조체.
- [0011] 본원의 제 2 측면은, 하기를 포함하는, 염료감응 태양전지용 광전극의 제조 방법을 제공한다:
- [0012] 전도성 투명 기재 상에 차단층을 형성하는 단계;
- [0013] 상기 차단층 상에 고분자 희생층을 형성하는 단계;
- [0014] 상기 고분자 희생층에 전이금속 산화물을 증진하는 단계; 및
- [0015] 상기 고분자 희생층을 제거하는 단계
- [0016] 를 포함하며,
- [0017] 상기 고분자 희생층은 규칙적으로 배열된 입자 구조를 갖고, 상기 입자는 메조 크기를 갖는 것임.
- [0018] 본원의 제 3 측면은, 하기를 포함하는, 염료감응 태양전지를 제공한다:
- [0019] 염료가 흡착된 제 1 항에 따른 광전극
- [0020] 상기 광전극에 대향되는 상대전극, 및
- [0021] 상기 광전극 및 상기 상대 전극 사이에 위치하는 전해질.

발명의 효과

- [0022] 본원의 일 구현예에 있어서, 염료감응 태양전지용 광전극은, 규칙적으로 배열된 메조 크기의 기공을 함유하는 역전오팔광결정구조의 구조체를 포함함으로써, 기존의 닥터블레이드 방법을 이용하여 제조된, 기공이 불규칙하게 배열된 NP 광전극에 비해, 전류밀도를 현저하게 높여 고효율의 염료감응 태양전지용 광전극을 제공할 수 있다.
- [0023] 본원의 일 구현예에 있어서, 염료감응 태양전지용 광전극은, 규칙적으로 배열된 메조 크기의 기공을 함유하는 역전오팔광결정구조의 구조체를 포함함으로써, 전자 이동 속도를 향상시켜 고효율의 염료감응 태양전지용 광전극을 제공할 수 있다.
- [0024] 본원의 일 구현예에 있어서, 염료감응 태양전지용 광전극은, 규칙적으로 배열된 메조 크기의 기공을 포함하는 역전오팔광결정구조의 구조체를 포함함으로써, 넓은 비표면적을 제공할 수 있다.
- [0025] 본원의 일 구현예에 있어서, 규칙적으로 배열된 메조 크기의 기공을 함유하는 역전오팔광결정구조의 구조체를 포함하는 염료감응 태양전지용 광전극을 제조함으로써, 상기 염료감응 태양전지의 제조공정의 공정성을 개선할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0026] 도 1은, 본원의 일 구현예에 있어서, 염료감응 태양전지용 광전극의 구조를 도시한 개략도이다.
- 도 2는, 본원의 일 실시예에 있어서, 오팔구조를 갖는 폴리스타이렌 희생층의 전자현미경 사진이다.

도 3은, 본원의 일 실시예에 있어서, 도 2의 구조에 이산화티타늄을 충전 한 후 열처리하여 희생층을 제거한, 규칙적 배열의 메조 크기의 기공을 함유하는 역전오팔광결정 구조의 다공성 전이금속 산화물 구조체를 포함하는 이산화티타늄 광전극의 전자현미경 사진이다.

도 4는, 본원의 일 구현예에 있어서, 도 3의 구조를 포함하는 광전극을 갖는 염료감응형 태양전지의 I-V 특성 그래프이다.

도 5는, 본원의 일 구현예에 있어서, 도 3의 구조를 포함하는 광전극을 갖는 염료감응형 태양전지의 전기화학 임피던스 분광법(Electrochemical Impedance Spectroscopy) 특성 그래프이다.

도 6은, 본원의 일 실시예에 있어서, 염료감응 태양전지용 광전극의 제조 방법을 도시한 흐름도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0027] 아래에서는 첨부한 도면을 참조하여 본원이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 본원의 실시예를 상세히 설명한다. 그러나 본원은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 실시예에 한정되지 않는다. 그리고 도면에서 본원을 명확하게 설명하기 위해서 설명과 관계없는 부분은 생략하였으며, 명세서 전체를 통하여 유사한 부분에 대해서는 유사한 도면 부호를 붙였다.
- [0028] 본원 명세서 전체에서, 어떤 부분이 다른 부분과 "연결"되어 있다고 할 때, 이는 "직접적으로 연결"되어 있는 경우뿐 아니라, 그 중간에 다른 소자를 사이에 두고 "전기적으로 연결"되어 있는 경우도 포함한다.
- [0029] 본원 명세서 전체에서, 어떤 부재가 다른 부재 "상에" 위치하고 있다고 할 때, 이는 어떤 부재가 다른 부재에 접해 있는 경우뿐 아니라 두 부재 사이에 또 다른 부재가 존재하는 경우도 포함한다.
- [0030] 본원 명세서 전체에서, 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함"한다고 할 때, 이는 특별한 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성 요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미한다.
- [0031] 본원 명세서 전체에서 사용되는 정도의 용어 "약", "실질적으로" 등은 언급된 의미에 고유한 제조 및 물질 허용 오차가 제시될 때 그 수치에서 또는 그 수치에 근접한 의미로 사용되고, 본원의 이해를 돕기 위해 정확하거나 절대적인 수치가 언급된 개시 내용을 비양심적인 침해자가 부당하게 이용하는 것을 방지하기 위해 사용된다.
- [0032] 본원 명세서 전체에서 사용되는 정도의 용어 "~(하는) 단계" 또는 "~의 단계"는 "~를 위한 단계"를 의미하지 않는다.
- [0033] 본원 명세서 전체에서, 마쿠시 형식의 표현에 포함된 "이들의 조합"의 용어는 마쿠시 형식의 표현에 기재된 구성 요소들로 이루어진 군에서 선택되는 하나 이상의 혼합 또는 조합을 의미하는 것으로서, 상기 구성 요소들로 이루어진 군에서 선택되는 하나 이상을 포함하는 것을 의미한다.
- [0034] 본원의 제 1 측면은, 하기를 포함하는, 염료감응 태양전지용 광전극을 제공한다:
- [0035] 전도성 투명 기재 상에 형성된 차단층; 및
- [0036] 상기 차단층 상에 형성되고, 규칙적으로 배열된 메조 크기의 기공을 갖는 다공성 전이금속 산화물 구조체이며,
- [0037] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 다공성 전이금속 산화물 구조체는 역전오팔광결정구조를 갖는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0038] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 기공은 약 2 nm 내지 약 100 nm의 크기를 갖는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0039] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 전이금속 산화물은 Ti, Cu, Zr, Fe, Zn, In, Ir, La, V, Mo, W, Sn, Nb, Y, Sc, Sm, Ga, 및 이들의 조합으로 이루어진 군에서 선택되는 것의 산화물을 포함하는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0040] 본원의 제 2 측면은, 하기를 포함하는, 염료감응 태양전지용 광전극의 제조 방법을 제공한다:
- [0041] 전도성 투명 기재 상에 차단층을 형성하는 단계;
- [0042] 상기 차단층 상에 고분자 희생층을 형성하는 단계;

- [0043] 상기 고분자 희생층에 전이금속 산화물을 증진하는 단계; 및
- [0044] 상기 고분자 희생층을 제거하는 단계;
- [0045] 를 포함하며,
- [0046] 상기 고분자 희생층은 규칙적으로 배열된 입자 구조를 갖고, 상기 입자는 메조 크기를 갖는 것임.
- [0047] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 고분자 희생층은 오팔결정구조를 갖는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0048] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 입자는 약 2 nm 내지 약 100 nm의 크기를 갖는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0049] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 고분자 희생층을 형성하기 위한 고분자 입자는 폴리스타이렌, 폴리메틸메타크릴레이트, 폴리스타이렌/폴리디비닐벤젠, 폴리이미드, 폴리(부틸메타크릴레이트-디비닐벤젠), 및 이들의 조합들로 이루어진 군에서 선택된 것을 포함하는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0050] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 전이금속 산화물은 원자층 증착법을 사용하여 증진되는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0051] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 전이금속 산화물은 Ti, Cu, Zr, Fe, Zn, In, Ir, La, V, Mo, W, Sn, Nb, Y, Sc, Sm, Ga, 및 이들의 조합으로 이루어진 군에서 선택되는 것의 산화물을 포함하는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0052] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 고분자 희생층을 제거하는 것은 열분해에 의하여 수행되는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0053] 본원의 제 3 측면은, 하기를 포함하는, 염료감응 태양전지를 제공한다:
- [0054] 염료가 흡착된 제 1 항에 따른 광전극,
- [0055] 상기 광전극에 대향되는 상대전극, 및
- [0056] 상기 광전극 및 상기 상대 전극 사이에 위치하는 전해질.
- [0057] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본원의 구현예 및 실시예를 상세히 설명한다.
- [0058] 도 1은, 본원의 일 구현예에 따른 다공성 전이금속 산화물 구조체를 포함하는 염료감응 태양전지용 광전극의 모식도이다. 도 1에 나타난 일 구현예에 따른 염료감응 태양전지용 광전극은, 전도성 투명 기재(10) 상에 형성된 차단층(20); 상기 차단층(20) 상에 형성되고 규칙적으로 배열된 메조 크기의 기공을 함유하는 다공성 전이금속 산화물 구조체(30)를 포함하는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0059] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 전도성 투명 기재(10)는 당업계에 공지된 것들을 특별한 제한 없이 사용할 수 있다. 상기 전도성 투명 기재(10)는 투명 기재 상에 전도성 투명 산화물 또는 금속을 포함하는 전도성 투명 전극을 증착하여 제조될 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다. 상기 투명 기재로는 외부광의 입사가 가능하도록 투명성을 가지는 물질이라면 특별한 제한 없이 사용할 수 있으며, 예를 들어, 유리 기재 또는 유연성을 갖는 투명 고분자 기재를 사용할 수 있다. 상기 투명 기재로 사용할 수 있는 투명 고분자 기재의 재료로는, 예를 들어, 폴리프로필렌(PP), 폴리이미드(PI), 폴리에틸렌테레프탈레이트(PET), 폴리에틸렌나프탈레이트(PEN), 폴리카보네이트(PC), 트리아세틸셀룰로오스(TAC), 또는 이들의 공중합체 등을 사용할 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다. 상기 투명 기재 상에 형성되는 상기 전도성 투명 전극은, 인듐 틴 옥사이드(ITO), 플루오린 틴 옥사이드(FTO), 안티몬 틴 옥사이드(ATO), 산화아연(ZnO), 산화주석(SnO₂), ZnO-Ga₂O₃, ZnO-Al₂O₃, SnO₂-Sb₂O₃, 및 이들의 혼합물로 이루어진 군에서 선택되는 전도성 금속 산화물을 포함하여 형성될 수 있으나 이에 제한되는 것은 아니다. 예를 들어, 상기 전도성 투명 전극은, 전도성, 투명성, 및 내열성이 우수한 산화주석(SnO₂), 또는 비용 면에서 저렴한 인듐 틴 옥사이드(ITO)를 포함할 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다. 상기 전도성 투명 기재(10)는, 태양광과 같은 빛이 투과되어 내부로 입사됨으로써 계층형 다공성 광전극으로 이용할 수 있도록 하기 위함이다. 그리고, 본원을 설명하는 명세서에서 "투명"이라는 단어의 의미는, 소재의 광 투과율이 100% 인 경우 뿐만 아니라 광 투과율이 높은 경우를 모두 포함한다.

- [0060] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 투명 전도성 기재(10) 상에는 차단층(20)이 형성되어 있다.
- [0061] 상기 차단층(20)은 상기 투명 전도성 기재(10) 상에 산화물을 일정한 두께로 코팅하여 형성할 수 있다. 상기 차단층(20)은 기재 상에 당업계에 공지된 물질을 공지된 방법으로 코팅하여 형성할 수 있다. 예를 들어, 상기 차단층(20)은 증착, 전기 분해, 또는 습식법에 의하여 형성될 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다. 상기 차단층의 재료, 및 상기 차단층을 형성하기 위한 열처리 횟수나 조건 등은 본원의 목적을 달성할 수 있는 범위 내에서 다양하게 변형이 가능하다. 예를 들어, 상기 차단층(20)은, Ti, Cu, Zr, Fe, Zn, In, Ir, La, V, Mo, W, Sn, Nb, Y, Sc, Sm, Ga, 및 이들의 조합으로 이루어진 군에서 선택되는 것의 산화물을 포함하는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다. 이러한 차단층(20)은 기재와 다공성 전이금속 산화물 구조체 사이에 접착력을 강화하는 역할을 한다.
- [0062] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 차단층(20) 상에는 다공성 전이금속 산화물 구조체(30)가 형성되어 있을 수 있다. 상기 다공성 전이금속 산화물 구조체(30)는 규칙적으로 배열된 기공을 함유할 수 있으나 이에 제한되는 것은 아니다. 상기 다공성 전이금속 산화물 구조체(30)는 규칙적으로 배열된 메조 크기의 기공을 함유할 수 있으나 이에 제한되는 것은 아니다. 상기 다공성 전이금속 산화물 구조체(30)는 규칙적으로 배열된 메조 크기의 기공을 함유하는 역전오파광결정구조의 구조체를 포함하는 것일 수 있으나 이에 제한되는 것은 아니다. 본원의 일 구현예에 따른 규칙적으로 배열된 메조 크기의 기공을 포함하는 다공성 전이금속 산화물 구조체(30)를 포함하는 태양전지용 광전극을 제조하는 경우, 도 4에 도시된 바와 같이, 기존의 닥터블레이드 방법으로 제작되어, 불규칙한 기공을 함유하는 나노입자 광전극을 포함하는 태양전지용 광전극을 제조하는 경우에 비하여 현저한 광-전기 변환 효율율이 달성된다.
- [0063] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 다공성 전이금속 산화물 구조체(30)의 기공은 메조 크기를 갖는 것일 수 있으나 이에 제한되는 것은 아니다. 구체적으로, 상기 다공성 전이금속 산화물 구조체(30)의 기공의 크기는 약 2 nm 내지 약 100 nm의 크기를 가지는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다. 예를 들어, 상기 다공성 산화물 구조체(30)의 기공은 약 2 nm 내지 약 100 nm, 약 2 nm 내지 약 90 nm, 약 2 nm 내지 약 80 nm, 약 2 nm 내지 약 70 nm, 약 2 nm 내지 약 60 nm, 약 2 nm 내지 약 50 nm, 약 2 nm 내지 약 40 nm, 약 2 nm 내지 약 30 nm, 약 10 nm 내지 약 100 nm, 약 20 nm 내지 약 100 nm, 약 30 nm 내지 약 100 nm, 약 40 nm 내지 약 100 nm, 또는 약 50 nm 내지 약 100 nm의 크기를 갖는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0064] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 다공성 전이금속 산화물 구조체(30)는 약 2 μm 내지 약 10 μm 의 두께를 갖는 것일 수 있으나 이에 제한되는 것은 아니다. 예를 들어 상기 다공성 전이금속 산화물 구조체(30)의 두께는 약 2 μm 내지 약 10 μm , 약 5 μm 내지 약 10 μm , 또는 약 7 μm 내지 약 10 μm 인 것일 수 있다.
- [0065] 상기 다공성 전이금속 산화물 구조체(30)가 수 μm 내지 10 μm 의 두께를 가짐에 따라서 더 많은 염료가 흡착될 수 있고, 광흡수량이 증가하며, 이에 따라 광전류밀도가 증가하여, 상기 다공성 전이금속 산화물 구조체(30)를 포함하는 광전극을 염료감응 태양전지용 광전극으로 사용하는 경우, 염료전지의 광전변환효율이 증대되는 효과가 있다.
- [0066] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 다공성 전이금속 산화물 구조체(30)의 전이금속 산화물은 Ti, Cu, Zr, Fe, Zn, In, Ir, La, V, Mo, W, Sn, Nb, Y, Sc, Sm, Ga, 및 이들의 조합으로 이루어진 군에서 선택되는 것의 산화물을 포함하는 것일 수 있으나 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0067] 이하, 본원의 일 구현예에 있어서, 염료감응 태양전지용 광전극의 제조 방법에 대하여 보다 상세하게 설명한다.
- [0068] 도 6은, 본원의 일 구현예에 있어서, 염료감응 태양전지용 광전극을 제조하는 과정에 대한 순서도이다.
- [0069] 본원의 일 구현예에 있어서, 하기를 포함하는, 염료감응 태양전지용 광전극의 제조 방법을 제공한다:
- [0070] 전도성 투명 기재 상에 차단층을 형성하는 단계(S100);
- [0071] 상기 차단층 상에 고분자 희생층을 형성하는 단계(S200);
- [0072] 상기 고분자 희생층에 전이금속 산화물을 충전하는 단계(S300); 및
- [0073] 상기 고분자 희생층을 제거하는 단계(S400)를 포함하며,
- [0074] 상기 고분자 희생층은 규칙적으로 배열된 입자 구조를 갖고, 상기 입자는 메조 크기를 갖는 것.

- [0075] 본원의 일 구현예에 있어서, 우선, 전도성 투명 기재를 준비한다. 상기 전도성 투명 기제는, 본원의 제 1 측면에 따른 전도성 투명 기재를 사용할 수 있다.
- [0076] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 전도성 투명 기제 상에 차단층을 형성하는 단계(S100)는, 본원의 제 1 측면에 따른 차단층을 형성할 수 있다.
- [0077] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 차단층 상에 고분자 회생층을 형성하는 단계(S200)는, 템플릿 방법을 이용하여 제조되는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다. 상기 템플릿 방법은 고분자 입자를 상기 투명 기제 상에 코팅함으로써 고분자 회생층을 형성하는 방법일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다. 상기 템플릿 방법은 고분자 입자를 콜로이드 용액의 형태로 제조하여 상기 투명 기제 상에 코팅함으로써 고분자 회생층을 형성하는 방법일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0078] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 고분자 회생층을 형성하기 위한 고분자 입자는 폴리스타이렌(PS), 폴리메틸메타크릴레이트(PMMA), 폴리스타이렌/디비닐벤젠(PS/DVB), 폴리아미드, 폴리(부틸메타크릴레이트)(PBMA), 및 이들의 조합들로 이루어진 군에서 선택된 고분자 콜로이드 입자를 포함하여 형성된 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0079] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 고분자 회생층을 형성하기 위한 고분자 입자의 크기는 메조 크기를 갖는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다. 구체적으로, 고분자 입자의 크기는 약 2 nm 내지 약 100 nm의 크기를 가지는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다. 예를 들어, 상기 고분자 회생층의 고분자 입자의 크기는 약 2 nm 내지 약 100 nm, 약 2 nm 내지 약 90 nm, 약 2 nm 내지 약 80 nm, 약 2 nm 내지 약 70 nm, 약 2 nm 내지 약 60 nm, 약 2 nm 내지 약 50 nm, 약 2 nm 내지 약 40 nm, 약 2 nm 내지 약 30 nm, 약 10 nm 내지 약 100 nm, 약 20 nm 내지 약 100 nm, 약 30 nm 내지 약 100 nm, 약 40 nm 내지 약 100 nm, 또는 약 50 nm 내지 약 100 nm의 크기를 가지는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0080] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 고분자 회생층은 규칙적인 입자의 배열을 갖는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다. 상기 고분자 회생층은 오판구조의 규칙적인 입자의 배열을 갖는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0081] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 고분자 회생층을 형성하기 위한 콜로이드 코팅의 두께는, 약 2 μm 내지 약 10 μm , 약 5 μm 내지 약 10 μm , 또는 약 7 μm 내지 약 10 μm 인 것일 수 있으나 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0082] 상기 고분자 회생층이 수 μm 내지 10 μm 의 두께를 가짐에 따라, 이로 인해 제조되는 다공성 전이금속 산화물 구조체는 더 많은 염료를 흡착할 수 있고, 광흡수량이 증가하며, 이에 따라 광전류밀도가 증가하여 염료감응 태양 전지용 광전극으로 사용하는 경우, 염료전지의 광전변환효율이 증대되는 효과가 있다.
- [0083] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 고분자 회생층을 형성하기 위한 콜로이드 코팅층의 형성 후 열을 가하는 과정을 포함할 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0084] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 고분자 회생층에 전이금속 산화물을 충전하는 단계(S300)에 있어서, 상기 전이금속 산화물을 충전하는 것은 전이금속 산화물을 이용하여 원자층 증착법에 의하여 수행되는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0085] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 전이금속 산화물은 Ti, Cu, Zr, Fe, Zn, In, Ir, La, V, Mo, W, Sn, Nb, Y, Sc, Sm, Ga, 및 이들의 조합으로 이루어진 군에서 선택되는 것의 산화물을 포함하는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0086] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 고분자 회생층을 제거하는 단계(S400)에 있어서, 상기 고분자 회생층을 제거하는 것은 열분해에 의하여 수행되는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0087] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 고분자 회생층을 제거하는 단계(S400)는 열분해에 의해서 수행되는 것일 수 있다. 구체적으로, 전이금속 산화물을 충전하여 주형을 제조한 후, 약 400℃ 내지 600℃의 온도에서 가열하여 상기 고분자 회생층을 열 분해하여 제거함으로써 규칙적인 배열을 갖는 전이금속 산화물 광전극을 형성할 수 있으나 이에 제한되는 것은 아니다. 이 과정은 전극의 부피수축을 동반하여, 템플릿으로 사용한 고분자보다 작은 크기의 기공을 함유하는 전극이 제조될 수 있으나 이에 제한되는 것은 아니다.

- [0088] 본원의 일 구현예에 있어서, 하기를 포함하는, 염료감응 태양전지를 제공한다:
- [0089] 염료가 흡착된 제 1 항에 따른 광전극,
- [0090] 상기 광전극에 대향되는 상대전극, 및
- [0091] 상기 광전극 및 상기 상대 전극 사이에 위치하는 전해질.
- [0092] 본원의 일 구현예에 있어서, 제 1 측면에 의해 형성된 광전극 상에 감광성 염료를 추가로 포함할 수 있다. 본원의 일 구현예에 따른 상기 광전극은 비표면적을 증가시켜 염료의 흡착량을 증가시킴으로써, 염료감응 태양전지용 광전극으로 이용되었을 경우에 태양전지의 에너지 전환효율을 높이는데 기여한다. 예를 들어, 본원의 일 구현예에 있어서, 다공성 전이금속 산화물 구조체를 감광성 염료가 포함된 용액에 침지하여 감광성 염료를 상기 다공성 전이금속 산화물 구조체의 내부 및 외부 표면에 흡착시켜 코팅할 수 있다. 상기 감광성 염료는 당업계에 공지된 것을 특별한 제한 없이 사용할 수 있으며, 예를 들어, 알루미늄(Al), 백금(Pt), 팔라듐(Pd), 유로퓸(Eu), 납(Pb), 이리듐(Ir), 또는 루테튬(Ru)을 포함하는 금속의 복합체 형태의 염료를 사용할 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다. 이들 중에서, 루테튬(Ru)은 백금족에 속하는 원소로서 많은 유기 금속 복합체를 형성할 수 있어, 루테튬(Ru)을 포함하는 감광성 염료가 많이 사용된다. 예를 들어, $\text{Ru}(\text{etc bpy})_2(\text{NCS})_2 \cdot \text{CH}_3\text{CN}$ 타입이 많이 사용되고 있다. 여기에서 etc는 $(\text{COOEt})_2$ 또는 $(\text{COOH})_2$ 를 의미한다. 또한, 유기 색소 등을 포함하는 염료가 사용될 수도 있는데, 이러한 유기 색소로는, 예를 들어, 리보플라빈(riboflavin), 트리페닐메탄(triphenylmethane), 쿠마린(coumarin), 포르피린(porphyrin), 크산틴(xanthene) 등이 있다. 이들은 단독으로, 또는 루테튬(Ru) 복합체와 혼합 사용하여 장파장의 가시광선 흡수를 개선함으로써 광전 변환 효율을 보다 향상시킬 수 있다. 상기 감광성 염료에 광이 입사되어 흡수되면 광전자가 생성되고, 생성된 광전자는 상기 활성층을 형성하고 있는 전이금속 산화물 구조체를 통로로 하여 전도성 투명 기재로 전달된다.
- [0093] 이후, 적절한 염료를 포함하는 용액을 이용하여 상기 다공성 전이금속 산화물 구조체에 상기 염료를 흡착시켜 염료감응 태양전지용 광전극을 완성할 수 있다.
- [0094] 예를 들어, 상기 다공성 전이금속 산화물 구조체를 감광성 염료가 포함된 용액에 침지하여 감광성 염료를 상기 다공성 전이금속 산화물 구조체의 내부 및 외부 표면, 예를 들어, 기공 표면에 흡착시켜 코팅할 수 있다. 상기 감광성 염료는 당업계에 공지된 것을 특별한 제한 없이 사용할 수 있으며, 예를 들어, 알루미늄(Al), 백금(Pt), 팔라듐(Pd), 유로퓸(Eu), 납(Pb), 이리듐(Ir), 또는 루테튬(Ru)을 포함하는 금속의 복합체 형태의 염료를 사용할 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다. 이들 중에서, 루테튬(Ru)은 백금족에 속하는 원소로서 많은 유기 금속 복합체를 형성할 수 있어, 루테튬(Ru)을 포함하는 감광성 염료가 많이 사용된다. 예를 들어, $\text{Ru}(\text{etc bpy})_2(\text{NCS})_2 \cdot \text{CH}_3\text{CN}$ 타입이 많이 사용되고 있다. 여기에서 etc는 $(\text{COOEt})_2$ 또는 $(\text{COOH})_2$ 로서 상기 다공성 전이금속 산화물 구조체 표면과 같은 다공질 막과 결합이 가능한 반응기이다. 또한, 유기 색소 등을 포함하는 염료가 사용될 수도 있는데, 이러한 유기 색소로는, 예를 들어, 리보플라빈(riboflavin), 트리페닐메탄(triphenylmethane), 쿠마린(coumarin), 포르피린(porphyrin), 크산틴(xanthene) 등이 있다. 이들은 단독으로, 또는 루테튬(Ru) 복합체와 혼합 사용하여 장파장의 가시광선 흡수를 개선함으로써 광전 변환 효율을 보다 향상시킬 수 있다. 상기 감광성 염료에 광이 입사되어 흡수되면 광전자가 생성되고, 생성된 광전자는 상기 다공성 전이금속 산화물 구조체를 통로로 하여 전도성 투명 기재로 전달된다.
- [0095] 본원의 일 구현예에 있어서, 광전극을 형성하는 전이금속 산화물 구조체의 표면에 흡착되어 있는 염료 분자로서는 루테튬 또는 쿠마린계 염료분자 중 어느 하나가 사용될 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0096] 이하, 본원의 일 구현예에 있어서, 염료감응 태양전지에 포함되는 반대전극에 대하여 보다 상세히 설명한다.
- [0097] 상기 염료감응 태양전지의 구성요소 가운데, 상기 광전극의 반대 전극은 투명전도성 기재에 평행하게 배치되어 있으며, 유리 등의 기재에 투명전극이 형성되어 있고, 백금 층이 형성되어 있을 수 있으나 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0098] 상기 반대전극에 있어서 전도성 투명 기재는, 상기 광전극에 이용되는 전도성 투명 기재와 마찬가지로, 투명 기재 상에 전도성 투명 전극을 코팅 또는 증착하여 형성할 수 있으나 이에 제한되는 것은 아니다. 여기서, 상기 투명 기재로는 외부광의 입사가 가능하도록 투명성을 가지는 물질이라면 특별한 제한 없이 사용할 수 있으며, 예를 들어, 유리 기재 또는 투명 고분자 기재를 사용할 수 있다. 상기 투명 고분자 기재의 재료로서는, 예를 들어, 폴리프로필렌(PP), 폴리이미드(PI), 폴리에틸렌테레프탈레이트(PET), 폴리에틸렌나프탈레이트(PEN), 폴리카보네이트(PC), 트리아세틸셀룰로오스(TAC), 또는 이들의 공중합체 등을 이용할 수 있으나, 이에 제한되는 것은

아니다. 또한, 이러한 투명 기재 상에 형성되는 상기 전도성 투명 전극은, 인듐 틴 옥사이드(ITO), 플루오린 틴 옥사이드(FTO), 안티몬 틴 옥사이드(ATO), 산화아연(ZnO), 산화주석(SnO₂), ZnO-Ga₂O₃, ZnO-Al₂O₃, SnO₂-Sb₂O₃, 및 이들의 혼합물로 이루어진 군에서 선택되는 전도성 금속 산화물을 포함할 수 있으며, 예를 들어, 전도성, 투명성, 및 내열성이 우수한 산화주석(SnO₂), 또는 비용 면에서 저렴한 인듐 틴 옥사이드(ITO)를 포함할 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다. 여기에서, 상기 전도성 투명 기재를 채용하는 이유는 태양광이 투과되어 내부로 입사될 수 있도록 하기 위함이다. 그리고, 본원을 설명하는 명세서에서 "투명"이라는 단어의 의미는, 소재의 광 투과율이 100% 인 경우뿐만 아니라 광 투과율이 높은 경우를 모두 포함한다.

[0099]

한편, 상기 반대전극에 포함되는 상기 전도층은 산화·환원 쌍(redox couple)을 활성화시키는 역할을 하는 것으로, 백금(Pt), 금(Au), 루테튬(Ru), 팔라듐(Pd), 로듐(Rh), 이리듐(Ir), 오스뮴(Os), 탄소(C), 산화텅스텐(WO₃), 이산화티타늄(TiO₂), 또는 전도성 고분자 등의 전도성 물질을 포함할 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다. 이러한 반대전극의 일면에 형성된 전도층은 반사율이 높을수록 효율이 우수하므로, 반사율이 높은 재료를 선택하는 것이 바람직하다.

[0100]

이하, 본원의 일 구현예에 있어서, 염료감응 태양전지에 포함되는 전해질-함유층에 대하여 보다 상세히 설명한다.

[0101]

상기 염료감응 태양전지의 구성요소 가운데, 상기 광전극과 상기 반대전극 사이에는 전해질을 포함하는 액체(전해액), 고체 고분자 전해질 또는 겔형 고분자 전해질을 주입하여 전해질-함유층을 형성할 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다. 상기 전해질은, 예를 들어, 요오드화물(iodide)을 포함하며, 산화·환원에 의해 상대전극으로부터 전자를 받아 전자를 잃었던 염료분자에게 받은 전자를 전달하는 역할을 수행한다. 상기 전해질은 광전극의 기공 내부로 균일하게 분산되어 있을 수 있다. 상기 전해질은 전해액으로 이루어질 수 있으며, 상기 전해액은 요오드화물(iodide)/삼요오드화물(triiodide) 쌍으로서 산화·환원에 의해 반대전극으로부터 전자를 받아 염료분자에게 전달하는 역할을 수행하는 물질을 포함할 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다. 예를 들어, 상기 전해질로서는 요오드(Iodine, I₂)를 아세토니트릴(ACN)에 용해시킨 용액 등을 사용할 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니며, 홀 전도 기능이 있는 것이라면 특별한 제한 없이 사용할 수 있다. 예를 들어, 상기 전해질로서는 약 0.7 M 1-부틸-3-메틸이미다졸륨 요오드화물(1-butyl-3-methylimidazolium iodide, BMII), 약 0.03 M 요오드(Iodine, I₂), 약 0.1 M 구아니디움 티오시아네이트(Guanidium thiocyanate, GSCN), 및 약 0.5 M 4-tert-부틸피리딘(4-tert-butylpyridine, 4-TBP)을 아세토니트릴(ACN)과 발레로니트릴(VN)의 혼합액(부피비 85:15)에 용해시켜 사용할 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.

[0102]

상기 염료감응 태양전지에 포함되는 전해질의 누출을 방지하기 위하여, 상기 광전극과 상기 반대전극의 가장자리에는 밀봉부가 형성될 수 있다. 상기 밀봉부는 열가소성 고분자물질을 포함하며, 열 또는 자외선에 의하여 경화될 수 있으나 이에 제한되는 것은 아니다. 구체적인 예로, 밀봉부는 에폭시 수지를 포함할 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다. 예를 들어, 밀봉부로서 수십 마이크로미터 두께의 고분자 필름을 광전극과 반대전극 사이에 끼워 넣어 간격을 유지할 수 있다.

[0103]

한편, 염료감응 태양전지에 사용될 수 있는 전해질은 그 성상에 따라 액체 전해질, 겔형 전해질, 및 고체 전해질로 구분될 수 있는데, 앞서 설명한 액체 전해질을 사용하여 태양전지를 제조할 경우 에너지 전환효율이 높아진다는 장점이 있지만, 액체 전해질에 포함된 용매가 외부 온도의 증가와 태양전지의 밀봉 상태에 따라 누출되거나 휘발됨으로써 태양전지의 수명이 낮아질 수 있다는 단점이 있다. 이러한 단점을 해결하기 위하여, 염료감응 태양전지에서 사용되는 상기 전해질은 고체 고분자 전해질, 겔형 고분자 전해질, 및 이들의 조합들로 이루어진 군에서 선택되는 것을 포함하는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.

[0104]

상기 겔형 전해질은, 예를 들어, 요오드계 산화/환원쌍(I₃⁻/I⁻); 저휘발성 유기 용매; 및 고분자 물질을 포함하는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.

[0105]

예를 들어, 상기 요오드계 산화/환원쌍을 형성하기 위한 요오드화물은, n-메틸이미다졸륨 요오드, n-에틸이미다졸륨 요오드, 1-벤질-2-메틸이미다졸륨 요오드, 1-에틸-3-메틸이미다졸륨 요오드, 1-부틸-3-메틸이미다졸륨 요오드, 1-메틸-3-프로필이미다졸륨 요오드, 1-메틸-3-이소프로필이미다졸륨 요오드, 1-메틸-3-부틸이미다졸륨 요오드, 1-메틸-3-이소부틸이미다졸륨 요오드, 1-메틸-3-s-부틸이미다졸륨 요오드, 1-메틸-3-펜틸이미다졸륨 요오드, 1-메틸-3-이소펜틸이미다졸륨 요오드, 1-메틸-3-헥실이미다졸륨 요오드, 1-메틸-3-이소헥실이미다졸륨 요오드, 1-메틸-3-옥틸이미다졸륨 요오드, 1,2-디메틸-3-프로필이미다졸륨 요오드, 1-에틸-3-이소프로필이미다졸륨

요오드, 1-프로필-3-프로필이미다졸륨 요오드, 및 이들의 조합들로 이루어진 군에서 선택되는 것을 포함하는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.

[0106] 예를 들어, 상기 저휘발성 유기 용매는, 메톡시프로피오니트릴, 에틸렌카보네이트, 프로필렌카보네이트, 디에틸카보네이트, 디메틸카보네이트, 감마-부티로락톤, 디메틸포름아미드, 및 이들의 조합들로 이루어진 군에서 선택되는 것을 포함하는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.

[0107] 예를 들어, 상기 고분자 물질은 액체 전해질을 겔화시킴으로써 겔형 전해질을 제조하기 위한 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다. 예를 들어, 상기 고분자 물질은 전도성 고분자로서, 종래의 액체 전해질처럼 전자 전달이 가능한 것이며, 액체 전해질을 포함하는 염료감응 태양전지의 단점 중의 하나인 누액 및 휘발 문제를 해결할 수 있는 것이나, 이에 제한되는 것은 아니다. 예를 들어, 상기 겔형 전해질에 포함되는 고분자 물질은, 폴리에틸렌옥사이드(PEO), 폴리비닐리덴플루오라이드-헥사플루오로프로필렌(PVdF-HFP), 및 이들의 조합들로 이루어진 군에서 선택되는 것을 포함하는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.

[0108] 예를 들어, 상기 요오드계 산화/환원쌍을 형성하기 위한 요오드화염 및 상기 고분자 물질의 비는 중량% 기준으로 1:1 내지 1:3 인 것을 포함하는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.

[0109] 본원의 일 구현예에 있어서, 광전극과 백금이 도포된 전극 사이에는 전해질이 있으며, 또한 광전극의 기공 내부에도 위치할 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다. 전해질은 요오드계 산화-환원 쌍을 갖는 액체 전해질을 사용할 수 있다. 예를 들면, 약 0.05 M 요오드화 리튬(Lithium iodide), 약 0.03 M 요오드(Iodine), 약 0.7 M 1-부틸-3-메틸이미다졸륨 요오드화물(1-butyl-3-methylimidazolium iodide(BMI)), 약 0.1 M 구아니딘 티오시아네이트(guanidinium thiocyanate(GSCN)), 및 약 0.5 M 4-tert-부틸피리딘(4-tert-butylpyridine(TBP))를 아세토니트릴(Acetonitrile(ACN)) 및 발레로니트릴(Valeronitrile(VN))에 용해 시킨 후 사용할 수 있으며, 전해질 용액이 새어 나오지 않도록 하기 위해 약 60 μ m 두께의 쉘린(Surlyn)을 사용할 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.

[0110] 이하, 본원의 염료감응 태양전지에 대하여 실시예를 이용하여 좀 더 구체적으로 설명하지만, 본원이 이에 제한되는 것은 아니다.

[0111] [실시예]

[0112] 본 실시예의 광전극은 차단층이 형성된 투명 전도성 기재에 메조 크기를 갖는 폴리스타이렌 입자를 코팅하여 오팔구조의 고분자 회생층을 제작하고, 이산화티타늄 전구체를 기체 상태로 상기 회생층에 충전시켜 코팅하였으며, 상기 고분자 회생층을 열분해 하여 다공성 전이금속 산화물 구조체를 제조하였다.

[0113] 본 실시예의 투명 전도성 기재는 투명한 유리 기재 상에 전도성의 투명전극이 형성되어 있는 구조를 갖는다. 상기 투명 전도성 기재 상에는 이산화티타늄(TiO_2)으로 이루어진 차단층을 형성하였다. 상기 차단층은 상기 투명 전도성 기재를 약 0.1 M의 사염화티타늄(TiCl_4) 수용액에 약 70 $^{\circ}\text{C}$ 오븐 내 약 30 분 동안 담가 두는 과정을 통해 제조하였다.

[0114] 상기 고분자 회생층의 형성은 상기 차단층이 형성된 투명 전도성 기재에 폴리스타이렌 콜로이드 용액을 약 9 μ m 두께로 코팅함으로써 제조하였다. 구체적으로는, 약 99 nm의 크기 갖는 폴리스타이렌 고분자 입자를 사용하여 콜로이드 용액을 생성한 후, 상기 용액을 투명 전도성 기재 상에 도포한 후, 가열하여 오팔구조의 고분자 회생층을 형성하였다.

[0115] 상기 다공성 전이금속 산화물 구조체는 상기 제작된 오팔구조의 회생층에 원자층 증착 방식을 이용하여 이산화티타늄 전구체를 증착함으로써 제작하였다. 본 실시예에서는 이산화티타늄 전구체로서 사염화티탄(TiCl_4)과 물(H_2O)을 사용하였고, 약 80 $^{\circ}\text{C}$ 의 온도에서 열처리 과정을 통해 상기 전구체를 이산화티타늄으로 전환시켰다.

[0116] 이산화티타늄으로 충전된 상기 회생층을 제조한 후, 약 500 $^{\circ}\text{C}$ 의 온도에서 가열 소성 공정을 약 2시간 동안 실시하여 상기 회생층을 열분해 하여 제거함으로써 역전오팔광결정구조를 갖는 이산화티타늄(TiO_2) 광전극을 형성하였다. 이 과정은 전극의 부피 수축을 동반하므로, 템플릿으로 사용한 상기 약 99 nm의 폴리스타이렌보다 작은 메조 크기의 기공을 갖는 다공성 전이금속 산화물 구조체를 포함하는 광전극이 제조되었다.

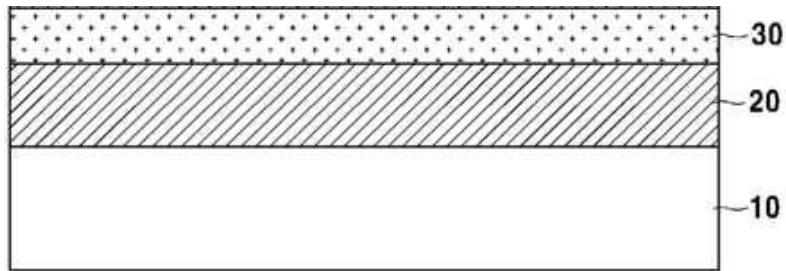
- [0117] 도 2는, 본 실시예에 있어서, 오팔구조를 갖는 폴리스타이렌 희생층의 전자현미경 사진이다.
- [0118] 도 3은, 본 실시예에 있어서, 도 2의 구조에 이산화티타늄을 증진 한 후 열처리하여 희생층을 제거한, 메조 크기의 기공을 함유하는 역전오팔광결정구조의 다공성 전이금속 산화물 구조체를 포함하는 이산화티타늄 광전극의 전자현미경 사진이다.
- [0119] 상기 광전극을 이루는 이산화티타늄 표면에 흡착되어 있는 염료분자로써 루테늄 또는 쿠마린계 염료분자 중 어느 하나가 사용될 수 있다. 구체적으로 본 실시예에서는 루테늄계 염료분자인 N719 염료를 사용하였다. N719를 무수 에탄올에 분산시켜 약 0.5 mM의 농도로 맞추어 광전극을 약 24시간 동안 담가 염료를 흡착시켰다.
- [0120] 광전극의 반대전극은 투명 전도성 기재에 평행하게 배치되어 있으며, 유리 등의 기재에 투명전극이 형성되어 있고, 백금 층이 형성되어 있다. 백금 층의 형성은 구체적으로, 염화백금산(H_2PtCl_6)용액을 투명 전도성 기재에 바르고 약 45℃의 가열판에 놓아서 용매를 기화시킴으로써 형성하였다. 이후, 약 450℃의 온도에서 약 30 분 동안의 추가 열처리를 통해 투명 전도성 기재에 백금 층을 형성하였다.
- [0121] 광전극과 백금이 도포된 전극 사이에는 전해질이 있으며, 또한 광전극의 기공 내부에도 위치한다. 전해질은 요오드계 산화-환원 쌍을 갖는 액체 전해질을 사용하였다. 본 실시예에서는 약 0.05 M 요오드화 리튬(Lithium iodide), 약 0.03 M 요오드(Iodine), 약 0.7 M 1-부틸-3-메틸이미다졸륨 요오드화물(1-butyl-3-methylimidazolium iodide(BMII)), 약 0.1M 구아니딘 티오시아네이트(guanidinium thiocyanate(GSCN)), 및 약 0.5 M 4-tert-부틸피리딘(4-tert-butylpyridine(TBP))을 아세토니트릴(Acetonitrile(ACN)) 및 발레로니트릴(Valeronitrile(VN))에 용해 시킨 후 사용하였으며, 전해질 용액이 새어 나오지 않도록 하기 위해 약 60 μm 두께의 쉘린(Surlyn)을 사용하였다.
- [0122] 상기 실시예에 따라 제조된 염료감응 태양전지를 AM 1.5, 100 mW/cm^2 조건에서 전류밀도(J_{sc}), 전압(V_{oc}), 충전 계수(FF) 및 에너지 변환효율(EFF.)값을 측정하였다. 여기에서 광전극은 규칙적 배열의 메조 크기 기공을 함유하는 역전오팔광결정구조를 포함하는 다공성 전이금속 산화물 구조체를 포함한다. 도 4는, 본원의 일 구현예에 있어서, 도 3의 구조를 포함하는 광전극을 갖는 염료감응형 태양전지의 I-V 특성 그래프이다. 도 4에서 나타낸 바와 같이, 규칙적 배열의 메조 크기의 기공을 함유하는 역전오팔광결정구조의 구조체를 포함하는 광전극의 경우 기존의 닥터블레이드 방법으로 제작된 불규칙한 기공을 함유하는 나노입자 광전극에 비해 높은 전류밀도 특성을 갖는다. 도 5는, 도 3의 구조를 포함하는 광전극을 갖는 염료감응형 태양전지의 전기화학적 임피던스 분광법(EIS) 특성 그래프이다. 규칙적 배열의 메조 크기의 기공을 갖는 역전오팔광결정구조의 구조체를 포함하는 광전극의 경우 기존의 닥터블레이드 방법으로 제작된 불규칙한 기공을 함유하는 나노입자 광전극에 비해 전자 이동 속도가 빠른 특성을 갖는다.
- [0123] 전술한 본원의 설명은 예시를 위한 것이며, 본원이 속하는 기술분야의 통상의 지식을 가진 자는 본원의 기술적 사상이나 필수적인 특징을 변경하지 않고서 다른 구체적인 형태로 쉽게 변형이 가능하다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로 이상에서 기술한 실시예들은 모든 면에서 예시적인 것이며 한정적이 아닌 것으로 이해해야만 한다. 예를 들어, 단일형으로 설명되어 있는 각 구성요소는 분산되어 실시될 수도 있으며, 마찬가지로 분산된 것으로 설명되어 있는 구성요소들도 결합된 형태로 실시될 수도 있다.
- [0124] 본원의 범위는 상기 상세한 설명보다는 후술하는 특허청구범위에 의하여 나타내어지며, 특허청구범위의 의미 및 범위, 그리고 그 균등 개념으로부터 도출되는 모든 변경 또는 변형된 형태가 본원의 범위에 포함되는 것으로 해석되어야 한다.

부호의 설명

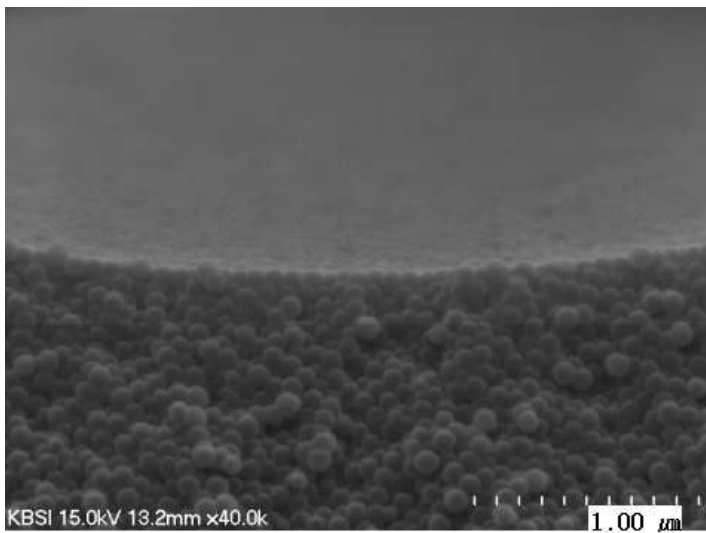
- [0125] 10: 전도성 투명 기재
20: 차단층
30: 다공성 전이금속 산화물 구조체

도면

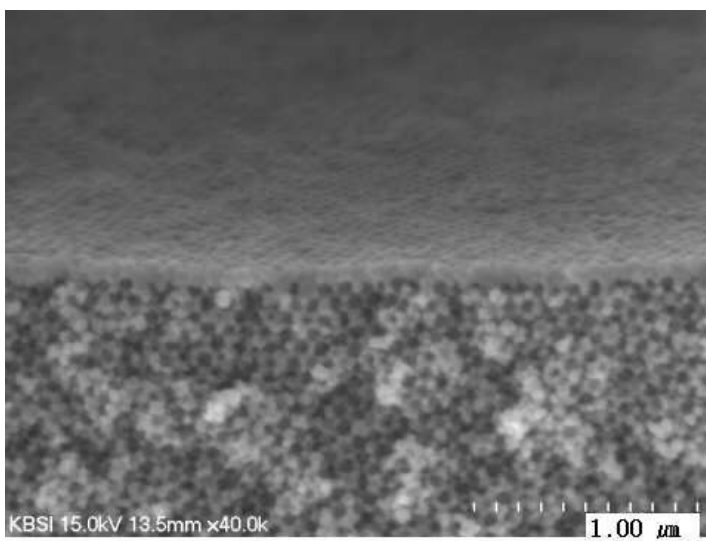
도면1



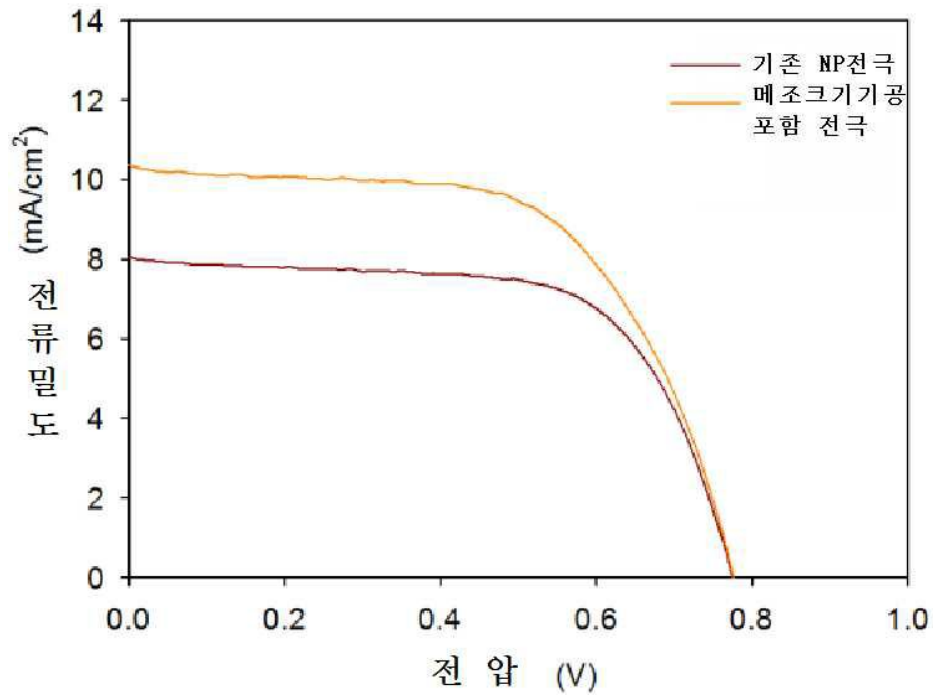
도면2



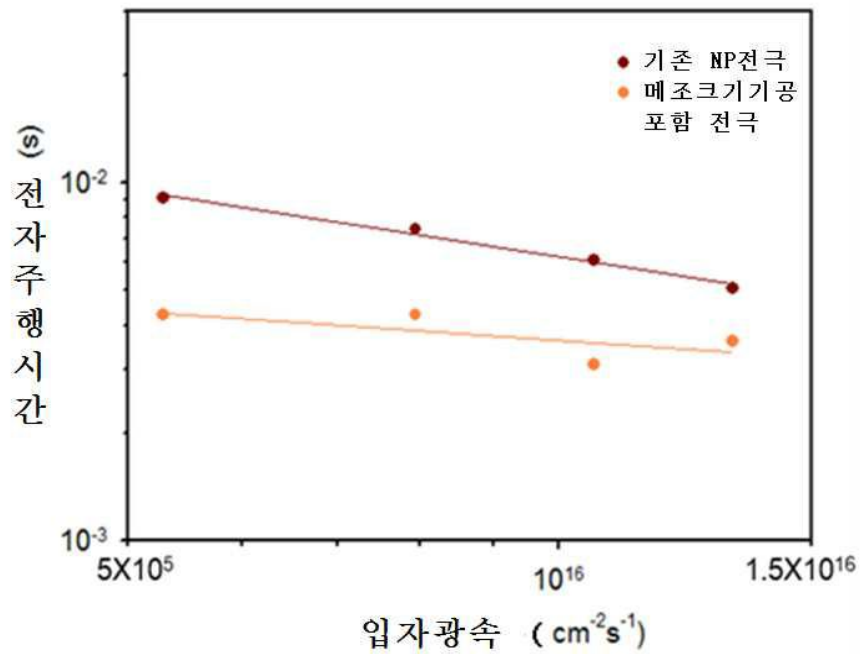
도면3



도면4



도면5



도면6

