

	(19) 대한민국특허청(KR) (12) 공개특허공보(A)	(11) 공개번호 10-2014-0061590 (43) 공개일자 2014년05월22일
(51) 국제특허분류(Int. Cl.) H01L 31/042 (2014.01) H01L 31/0224 (2006.01) H01L 31/18 (2006.01)		(71) 출원인 서강대학교산학협력단 서울특별시 마포구 백범로 35 (신수동, 서강대학교)
(21) 출원번호	10-2012-0127677	(72) 발명자
(22) 출원일자	2012년11월12일	문준혁 서울 양천구 목동남로2길 60-7, 103동 603호 (신정동, 양천중앙하이츠)
심사청구일자	2012년11월12일	박예슬 서울 강서구 공항대로75길 30, 102동 1305호 (염창동, 삼정그린코아)
		(74) 대리인 특허법인엠에이피에스

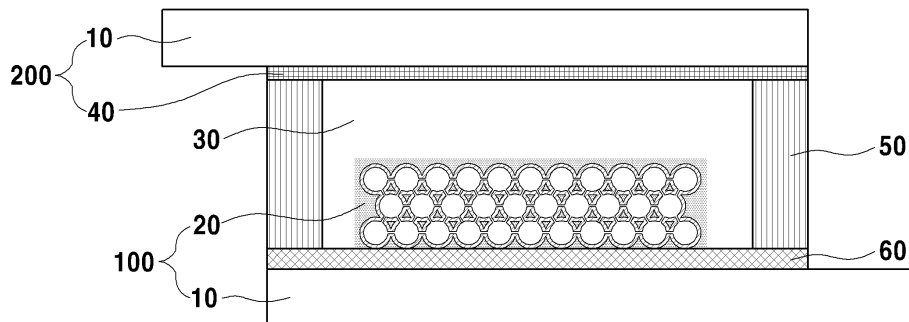
전체 청구항 수 : 총 16 항

(54) 발명의 명칭 **염료감응 태양전지용 광전극, 이의 제조 방법, 및 이를 포함하는 염료감응 태양전지**

(57) 요약

본원은, 역전된 콜로이드 결정을 이용하여 형성되고 표면처리된 염료감응 태양전지용 광전극, 상기 광전극의 제조 방법 및 상기 광전극을 포함하는 염료감응 태양전지에 관한 것이다.

대표도 - 도2



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 20110030253

부처명 교육과학기술부

연구사업명 나노원천기술개발사업

연구과제명 제한 공간내 자기조립을 이용한 계층형 광전변환소재 구조제어 및 광전특성 분석

기 여 율 1/1

주관기관 서강대학교 산학협력단

연구기간 2011.09.01 ~ 2012.08.31

특허청구의 범위

청구항 1

전도성 투명 기재 상에 콜로이드 결정층을 형성하는 단계;

상기 콜로이드 결정층 내로 제 1 전이금속 산화물 입자-함유 용액을 주입한 후 소결하여 상기 콜로이드 결정층을 선택적으로 제거함으로써 다공성 제 1 전이금속 산화물층을 형성하는 단계;

상기 제 1 전이금속 산화물층에 제 2 전이금속 산화물층을 코팅하여 다공성 3차원 구조체를 형성하는 단계; 및,

상기 다공성 3차원 구조체를 표면처리하는 단계

를 포함하는, 염료감응 태양전지용 광전극의 제조 방법.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 제 1 전이금속 산화물층을 제 2 전이금속 산화물 전구체-함유 용액에 침지시켜 제 2 전이금속 산화물층을 코팅하는 것인, 염료감응 태양전지용 광전극의 제조 방법.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 표면처리하는 자외선 조사, 또는 산소 플라즈마를 조사한 후 산처리하는 것을 포함하는, 염료감응 태양전지용 광전극의 제조 방법.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 다공성 3차원 구조체에 감광성 염료를 흡착시키는 단계를 추가 포함하는, 염료감응 태양전지용 광전극의 제조 방법.

청구항 5

제 1 항에 있어서,

상기 제 1 전이금속 산화물은 Ti, Zr, Sr, Zn, In, Yr, La, V, Mo, W, Sn, Nb, Mg, Al, Y, Sc, Sm, Ga 및 이들의 조합으로 이루어진 군에서 선택되는 금속의 산화물 반도체를 포함하는 것인, 염료감응 태양전지용 광전극의 제조 방법.

청구항 6

제 2 항에 있어서,

상기 제 2 전이금속 산화물은 Ti, Zr, Sr, Zn, In, Yr, La, V, Mo, W, Sn, Nb, Mg, Al, Y, Sc, Sm, Ga 및 이들의 조합으로 이루어진 군에서 선택되는 금속의 산화물을 포함하는 것인, 염료감응 태양전지용 광전극의 제조 방법.

청구항 7

제 1 항에 있어서,

상기 제 1 전이금속 산화물 입자의 크기는 100 nm 이하인, 염료감응 태양전지용 광전극의 제조 방법.

청구항 8

제 2 항에 있어서,

상기 제 2 전이금속 산화물층의 두께는 상기 제 2 전이금속 산화물 전구체-함유 용액의 농도 또는 상기 침지 시간에 의하여 조절될 수 있는 것인, 염료감응 태양전지용 광전극의 제조 방법.

청구항 9

제 2 항에 있어서,

상기 제 2 전이금속 산화물층은 500 nm 이하의 두께를 가지는 것인, 염료감응 태양전지용 광전극의 제조 방법.

청구항 10

제 1 항에 있어서,

상기 콜로이드 결정층을 형성하기 전에 상기 전도성 투명 기재 상에 차단층을 형성하는 것을 추가 포함하는, 염료감응 태양전지용 광전극의 제조 방법.

청구항 11

제 1 항에 있어서,

상기 콜로이드 결정층은, 휘발성 용매에 콜로이드 입자가 분산되어 있는 콜로이드 용액을 상기 전도성 투명 기재 상에 도포하는 것을 포함하는 공정에 의하여 형성되는 것인, 염료감응 태양전지용 광전극의 제조 방법.

청구항 12

제 1 항에 있어서,

상기 콜로이드 결정층은, 폴리스타이렌(PS), 폴리메틸메타크릴레이트(PMMA), 폴리스타이렌/폴리디비닐벤젠(PS/DVB = polystyrene/divinylbenzene), 폴리아미드, 폴리(부틸메타크릴레이트-디비닐벤젠) (PBMA), 또는 이들의 조합을 함유하는 콜로이드 입자를 포함하는 것인, 염료감응 태양전지용 광전극의 제조 방법.

청구항 13

제 1 항에 있어서,

상기 다공성 3차원 구조체의 기공은 100 nm 내지 5 μm 이하의 크기를 가지는 것인, 염료감응 태양전지용 광전극의 제조 방법.

청구항 14

제 1 항에 있어서,

상기 소결은 400℃ 내지 600℃의 온도에서 수행되는 것인, 염료감응 태양전지용 광전극의 제조 방법.

청구항 15

전도성 투명 기재, 상기 전도성 투명 기재 상에 형성된 다공성 3차원 구조체, 및 상기 다공성 3차원 구조체에 흡착된 감광성 염료를 포함하며,

제 1 항 내지 제 14 항 중 어느 한 항에 따른 방법에 의하여 제조되는 것인,

염료감응 태양전지용 광전극.

청구항 16

광전극, 상기 광전극에 대향되는 상대전극, 및 상기 두 개의 전극 사이에 위치하는 전해질을 포함하는 염료감응 태양전지에 있어서,

상기 광전극은, 전도성 투명 기재, 상기 전도성 투명 기재 상에 형성된 다공성 3차원 구조체, 및 상기 다공성 3차원 구조체에 흡착된 감광성 염료를 포함하며, 제 1 항 내지 제 14 항 중 어느 한 항에 따른 방법에 의하여 제조되는 것인,

염료감응 태양전지.

명세서

기술분야

[0001] 본원은, 역전된 콜로이드 결정을 이용하여 형성되고 표면처리된 염료감응 태양전지용 광전극, 상기 광전극의 제조 방법, 및 상기 광전극을 포함하는 염료감응 태양전지에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 일반적으로 태양전지는 태양에너지를 전기에너지로 변화시키는 소자이다. 태양전지는 무한한 에너지원인 태양광을 이용해 전기를 생산하는 것으로서, 이미 우리 생활에 널리 이용되고 있는 실리콘 태양전지가 대표적이며, 최근 차세대 태양전지로 염료감응 태양전지가 연구되고 있다.

[0003] 염료감응 태양전지는 스위스의 그라첼(Gratzel) 등에 의하여 발표된 것이 대표적이며 [미국등록특허 제 5350644호], 구조는 두 개의 전극 중 하나의 전극은 염료가 흡착되어 있는 반도체 산화물층이 형성된 전도성 투명 기재를 포함하는 광전극이며, 상기 두 개의 전극 사이의 공간에는 전해질이 채워져 있다. 작동 원리를 살펴보면, 태양 에너지가 반도체 산화물 전극에 흡착된 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 전극(상대전극)에 도달한 전자는 산화된 전해질의 산화-환원 쌍을 다시 환원시켜 작동 과정이 완성된다.

[0004] 염료감응 태양전지에서 산화물 전극은 일반적으로 다공성 메조기공을 갖는 이산화티타늄 전극이 많이 사용되며, 일반적으로 이산화티타늄 나노입자를 코팅하여 얻어진다. 메조기공은 비표면적을 증가시켜 염료흡착을 증가시켜 궁극적으로 광-전기 변환효율을 높일 수 있다.

[0005] 다공성 이산화티타늄 구조체의 제조는 나노입자의 코팅뿐만 아니라 최근에 주형법을 통해서도 이루어지고 있으며, 주형법은 계면활성제 및 고분자 나노입자 등의 자기조립을 통해 틀을 만들고, 이산화티타늄을 주입하고, 틀을 제거하여 다공성 이산화티타늄 구조를 획득하는 방법이다 [Advanced Functional Materials 2009, 19, p1913-1099]. 예를 들어, 대한민국 공개특허 제2011-0086269호의 "광전극의 제조 방법 및 이에 의한 광전극을 포함하는 염료감응 태양전지"에서 이산화티타늄을 이용한 염료감응 태양전지에 관한 연구에 대하여 개시된 바 있다.

[0006] 한편, 후처리(post treatment)공정을 적용시킴으로서 염료감응 태양전지의 효율을 증가시킬 수 있는데, 타이타니아 다공성 구조체에 타이타니아 입자를 증착시키는 방법이다. 그러나 이러한 방법은 여러 과정을 거치면서,

전극에 불순물 등이 생기고, 염료가 전극에 흡착되기에 보다 적합하지 않은 환경이 형성되어, 염료가 적게 흡착되고 결국 태양전지의 효율이 떨어지는 단점이 있게 된다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0007] 본원은, 역전된 콜로이드 결정을 이용하여 형성되고 표면처리된 염료감응 태양전지용 광전극, 상기 광전극의 제조 방법, 및 상기 광전극을 포함하는 염료감응 태양전지를 제공하고자 한다.

[0008] 그러나, 본원이 해결하고자 하는 과제는 이상에서 언급한 과제로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 과제들은 아래의 기재로부터 당업자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

[0009] 본원의 제 1 측면은, 전도성 투명 기재 상에 콜로이드 결정층을 형성하는 단계; 상기 콜로이드 결정층 내로 제 1 전이금속 산화물 입자-함유 용액을 주입한 후 소결하여 상기 콜로이드 결정층을 선택적으로 제거함으로써 다공성 제 1 전이금속 산화물층을 형성하는 단계; 상기 제 1 전이금속 산화물층에 제 2 전이금속 산화물층을 코팅하여 다공성 3차원 구조체를 형성하는 단계; 및, 상기 다공성 3차원 구조체를 표면처리하는 단계를 포함하는, 염료감응 태양전지용 광전극의 제조 방법을 제공한다.

[0010] 본원의 제 2 측면은, 전도성 투명 기재, 상기 전도성 투명 기재 상에 형성된 다공성 3차원 구조체, 및 상기 다공성 3차원 구조체에 흡착된 감광성 염료를 포함하며, 제 1 측면에 따른 방법에 의하여 제조되는 것인, 염료감응 태양전지용 광전극을 제공한다.

[0011] 본원의 제 3 측면은, 광전극, 상기 광전극에 대향되는 상대전극, 및 상기 두 개의 전극 사이에 위치하는 전해질을 포함하는 염료감응 태양전지에 있어서, 상기 광전극은, 전도성 투명 기재, 상기 전도성 투명 기재 상에 형성된 다공성 3차원 구조체, 및 상기 다공성 3차원 구조체에 흡착된 감광성 염료를 포함하며, 제 1 측면에 따른 방법에 의하여 제조되는 것인, 염료감응 태양전지를 제공한다.

발명의 효과

[0012] 본원에 따른 염료감응 태양전지용 광전극은, 다공성 패턴 내에 수십 내지 수 나노미터의 기공크기의 제어 가능하여 더 작은 다공성 패턴을 갖는 구조를 적용함으로써, 높은 비표면적을 가질 수 있기 때문에 종래 기술 구조보다 더 많은 염료를 흡착시켜 태양전지의 효율을 증가시킬 수 있다. 또한, 고농도의 콜로이드 용액을 사용하여 회생층의 형성 시간이 짧아 공정 시간을 단축시킬 수 있다.

[0013] 본원에 따른 염료 감응 태양 전지용 광전극은, 기존의 어떠한 과정보다도 간단하고 짧은 시간을 갖는 공정의 도입으로 보다 향상된 염료감응 태양전지의 제조가 가능하게 할 수 있다.

[0014] 기존의 역전된 콜로이드 결정 구조만을 이용하는 기술에 비해, 자외선 또는 산소 플라즈마를 조사하여 표면처리함으로써, 전극 표면의 불순물을 제거하고 유기물을 분해할 수 있다. 이를 통하여 전극 표면을 깨끗하게 하고, 이에 더해 산소 플라즈마는 표면의 친수성을 최대화시키게 되어 염료의 흡착량이 늘어난 염료감응 태양전지용 전극의 제조를 가능하게 할 수 있다.

[0015] 종래의 역전된 콜로이드 결정 구조만을 이용하는 기술에 비해, 자외선 또는 산소 플라즈마를 조사한 후, 산처리를 통해 양성자화(protonation)과정을 거침으로써, 염료흡착 가능한 최대의 전극표면상태를 제조할 수 있어, 이것은 염료의 흡착량을 증가시켜 궁극적으로 효율이 향상된 염료감응 태양전지의 제조를 가능하게 할 수 있다.

[0016] 본원에 따른 염료감응 태양전지용 광전극은, 염료감응 태양전지뿐만 아니라, 광촉매 등 산화티타늄 등 반도체 소재가 사용되는 다양한 분야에 활용될 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0017] 도 1은 본원의 일 구현예에 따른 염료감응 태양전지용 광전극의 제조 과정을 나타내는 개략도이다.

도 2는 본원의 일 구현예에 따른 광전극을 포함하는 염료감응 태양전지 구조의 개략도이다.

도 3은 본원의 일 실시예에 따른 종래의 역전된 콜로이드 결정 구조(미표면처리)와 표면처리를 한 전극 구조의

I-V 특성 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0018] 이하, 첨부한 도면을 참조하여 본원이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 본원의 구현예 및 실시예를 상세히 설명한다.
- [0019] 그러나 본원은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 구현예 및 실시예에 한정되지 않는다. 그리고 도면에서 본원을 명확하게 설명하기 위해서 설명과 관계없는 부분은 생략하였으며, 명세서 전체를 통하여 유사한 부분에 대해서는 유사한 도면 부호를 붙였다.
- [0020] 본원 명세서 전체에서, 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함" 한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성 요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성 요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미한다. 본원 명세서 전체에서 사용되는 정도의 용어 "약", "실질적으로" 등은 언급된 의미에 고유한 제조 및 물질 허용오차가 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. 본원 명세서 전체에서 사용되는 정도의 용어 "~(하는) 단계" 또는 "~의 단계"는 "~를 위한 단계"를 의미하지 않는다.
- [0021] 본원의 제 1 측면은, 전도성 투명 기재 상에 콜로이드 결정층을 형성하는 단계; 상기 콜로이드 결정층 내로 제 1 전이금속 산화물 입자-함유 용액을 주입한 후 소결하여 상기 콜로이드 결정층을 선택적으로 제거함으로써 다공성 제 1 전이금속 산화물층을 형성하는 단계; 상기 제 1 전이금속 산화물층에 제 2 전이금속 산화물층을 코팅하여 다공성 3차원 구조체를 형성하는 단계; 및, 상기 다공성 3차원 구조체를 표면처리하는 단계를 포함하는, 염료감응 태양전지용 광전극의 제조 방법을 제공한다.
- [0022] 본원의 일 구현예에 따르면, 상기 제 1 전이금속 산화물층을 제 2 전이금속 산화물 전구체-함유 용액에 침지시켜 제 2 전이금속 산화물층을 코팅하는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0023] 본원의 일 구현예에 따르면, 상기 표면처리는 자외선 조사, 또는 산소 플라즈마를 조사한 후 산처리하는 것을 포함하는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다. 예를 들어, 상기 산처리하는 염산, 아세트산, 또는 포름산을 이용하여 처리하는 것을 포함하는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0024] 본원의 일 구현예에 따르면, 상기 다공성 3차원 구조체에 감광성 염료를 흡착시키는 단계를 추가 포함하는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다. 본원의 일 구현예에 따르면, 상기 제 1 전이금속 산화물은 Ti, Zr, Sr, Zn, In, Yr, La, V, Mo, W, Sn, Nb, Mg, Al, Y, Sc, Sm, Ga 및 이들의 조합으로 이루어진 군에서 선택되는 금속의 산화물 반도체를 포함하는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0025] 본원의 일 구현예에 따르면, 상기 제 2 전이금속 산화물은 Ti, Zr, Sr, Zn, In, Yr, La, V, Mo, W, Sn, Nb, Mg, Al, Y, Sc, Sm, Ga 및 이들의 조합으로 이루어진 군에서 선택되는 금속의 산화물을 포함하는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0026] 본원의 일 구현예에 따르면, 상기 제 1 전이금속 산화물 입자의 크기는 약 100 nm 이하인 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다. 예를 들어, 상기 제 1 전이금속 산화물 입자의 크기는 약 100 nm 이하, 약 90 nm 이하, 약 80 nm 이하, 약 70 nm 이하, 약 60 nm 이하, 약 50 nm 이하, 약 40 nm 이하, 약 30 nm 이하, 약 20 nm 이하, 약 10 nm 이하, 약 10 nm 내지 약 50 nm, 약 10 nm 내지 약 40 nm, 약 10 nm 내지 약 30 nm, 약 10 nm 내지 약 20 nm, 또는 약 10 nm 내지 약 15 nm 일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0027] 본원의 일 구현예에 따르면, 상기 제 2 전이금속 산화물층의 두께는 상기 제 2 전이금속 산화물 전구체-함유 용액의 농도 또는 상기 침지 시간에 의하여 조절될 수 있는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0028] 본원의 일 구현예에 따르면, 상기 제 2 전이금속 산화물층은 약 500 nm 이하의 두께를 가지는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다. 예를 들어, 상기 제 2 전이금속 산화물층은 약 500 nm 이하, 약 400 nm 이하, 약 300 nm 이하, 약 200 nm 이하, 약 150 nm 이하, 약 100 nm 이하, 약 100 nm 내지 약 500 nm, 약 100 nm 내지 약 400 nm, 약 100 nm 내지 약 300 nm, 약 100 nm 내지 약 200 nm, 약 50 nm 내지 약 500 nm, 약 50 nm 내지 약 400 nm, 약 50 nm 내지 약 300 nm, 약 50 nm 내지 약 200 nm, 약 50 nm 내지 약 100 nm, 약 10 nm 내지 약 500 nm, 약 10 nm 내지 약 400 nm, 약 10 nm 내지 약 300 nm, 약 10 nm 내지 약 200 nm, 또는 약 10 nm 내지 약 100 nm의 두께를 가지는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.

- [0029] 본원의 일 구현예에 따른 염료감응 태양전지용 광전극의 제조 방법은, 상기 콜로이드 결정층을 형성하기 전에 상기 전도성 투명 기재 상에 차단층을 형성하는 것을 추가 포함하는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0030] 본원의 일 구현예에 따르면, 상기 콜로이드 결정층은, 상기 콜로이드 결정층은, 휘발성 용매에 콜로이드 입자가 분산되어 있는 콜로이드 용액을 상기 전도성 투명 기재 상에 도포하는 것을 포함하는 공정에 의하여 형성되는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0031] 본원의 일 구현예에 따르면, 상기 콜로이드 결정층은, 폴리스타이렌(PS), 폴리메틸메타크릴레이트(PMMA), 폴리스타이렌/폴리디비닐벤젠 (PS/DVB = polystyrene/divinylbenzene), 폴리아미드, 폴리(부틸메타크릴레이트-디비닐벤젠) (PBMA), 또는 이들의 조합을 함유하는 콜로이드 입자를 포함하는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0032] 본원의 일 구현예에 따르면, 상기 다공성 3차원 구조체의 기공은 약 100 nm 내지 약 5 μm 이하, 약 100 nm 내지 약 4 μm 이하, 약 100 nm 내지 약 3 μm , 약 100 nm 내지 약 2 μm 이하, 또는 약 100 nm 내지 약 1 μm 이하의 크기를 가지는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다. 예를 들어, 상기 다공성 3차원 구조체의 기공은 상기 사용되는 상기 콜로이드 입자의 크기에 따라 조절될 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0033] 본원의 일 구현예에 따르면, 상기 소결은 약 400℃ 내지 약 600℃의 온도에서 수행되는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0034] 본원의 제 2 측면은, 전도성 투명 기재, 상기 전도성 투명 기재 상에 형성된 다공성 3차원 구조체, 및 상기 다공성 3차원 구조체에 흡착된 감광성 염료를 포함하며, 제 1 측면에 따른 방법에 의하여 제조되는 것인, 염료감응 태양전지용 광전극을 제공한다.
- [0035] 상기 본원의 제 1 측면에 대하여 기재된 내용은 모두 본원의 제 2 측면에 따른 염료감응 태양전지용 광전극에 적용될 수 있다.
- [0036] 본원의 제 3 측면은, 광전극, 상기 광전극에 대향되는 상대전극, 및 상기 두 개의 전극 사이에 위치하는 전해질을 포함하는 염료감응 태양전지에 있어서, 상기 광전극은, 전도성 투명 기재, 상기 전도성 투명 기재 상에 형성된 다공성 3차원 구조체, 및 상기 다공성 3차원 구조체에 흡착된 감광성 염료를 포함하며, 제 1 측면에 따른 방법에 의하여 제조되는 것인, 염료감응 태양전지를 제공한다.
- [0037] 상기 본원의 제 1 측면에 대하여 기재된 내용은 모두 본원의 제 3 측면에 따른 염료감응 태양전지에 적용될 수 있다.
- [0038] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본원의 구현예 및 실시예를 상세히 설명한다.
- [0039] 도 1 및 도 2를 참조하여, 본원의 일 구현예에 따른 다공성 3차원 구조체(20) 및 이를 포함하는 광전극(100) 및 그의 제조방법에 대하여 구체적으로 설명하도록 한다.
- [0040] 먼저, 도 1은 본 실험을 위한 콜로이드 입자를 주형으로 이용한 다공성 3차원 구조체(20)를 포함하는 광전극의 제조 과정을 나타내는 개략도이다. 구체적으로, 전도성 투명 기재에, 폴리스타이렌 입자와 같은 입자를 포함하는 콜로이드 결정층을 희생층으로서 형성하고, 상기 콜로이드 결정층 내로 제 1 전이금속 산화물 입자-함유 용액을 주입한 후 소결하여 상기 콜로이드 결정층을 선택적으로 제거함으로써 다공성 3차원 구조체를 형성할 수 있다.
- [0041] 먼저, 도 1 및 도 2에 도시한 바와 같이, 전도성 투명 기재(10) 상에 콜로이드 결정층을 형성한다(도 1a 및 도 1b).
- [0042] 상기 광전극을 제조하기 위해서는 우선, 기재를 준비한다. 상기 전도성 투명 기재(10)는 투명 기재 상에 투명

전극(투명 전도성 필름)을 증착하여 제조할 수 있다. 상기 투명 기재로는 외부광의 입사가 가능하도록 투명성을 갖는 물질이라면 특별히 한정됨 없이 사용할 수 있다. 상기 전도성 투명 기재(10)는 당업계에서 사용되는 통상적인 것에서 선택하여 사용할 수 있으며, 투명 기재 상에, 인듐 틴 옥사이드(ITO), 플루오린 틴 옥사이드(FTO), $\text{ZnO-Ga}_2\text{O}_3$, $\text{ZnO-Al}_2\text{O}_3$, 및 $\text{SnO}_2\text{-Sb}_2\text{O}_3$ 중 어느 하나를 포함하는 투명 전극이 코팅된 것을 사용할 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다. 예를 들어, 상기 투명 기재는 유리 기재 또는 투명 고분자 기재일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다. 또한, 상기 전도성 투명 전극은, 전도성, 투명성, 및 내열성이 우수한 산화주석(SnO_2), 또는 비용면에서 저렴한 인듐 틴 옥사이드(ITO)를 포함할 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다. 상기 전도성 투명 기재는, 태양광과 같은 빛이 투과되어 내부로 입사될 수 있도록 하여 다공성 광전극으로 이용될 수 있도록 하기 위함이다. 상기 투명 고분자 기재의 구체적인 예로는 폴리에틸렌테레프탈레이트(polyethyleneterephthalate, PET), 폴리에틸렌 나프탈레이트(polyethylene naphthalate, PEN), 폴리카보네이트(polycarbonate, PC), 폴리프로필렌(polypropylene, PP), 폴리이미드(polyimide, PI), 트리아세틸 셀룰로오스(triacetylcellulose, TAC), 또는 이들의 공중합체 등의 고분자를 포함하는 기재를 들 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다. 다음으로, 기재 상에 필요에 따라 차단층이 형성될 수 있다. 상기 차단층은 기재 상에 산화물을 일정한 두께로 코팅하여 형성할 수 있다. 상기 차단층은 기재 상에 당업계에 공지된 물질을 공지된 방법으로 코팅하여 형성할 수 있다. 예를 들어, 상기 차단층은 증착, 전기 분해, 또는 습식법에 의하여 형성될 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다. 상기 차단층의 재료, 차단층을 형성하기 위한 열처리 횟수나 조건 등은 본원의 목적을 달성할 수 있는 범위 내에서 다양하게 변형이 가능하다. 이러한 차단층은 기재와 다공성 전이금속 산화물 구조체 사이에 접착력을 강화하는 역할을 한다.

[0043] 기재 상에 차단층이 형성되면, 상기 차단층 상에 희생층을 형성한다. 또는, 차단층을 형성함 없이, 상기 기재 상에 희생층을 형성할 수 있다. 상기 희생층을 형성하는 것은, 고분자의 콜로이드 입자를 포함하는 용액을 일정한 두께로 도포한 뒤 건조 과정을 거쳐, 상기 고분자 콜로이드 입자가 자기조립됨으로써 희생층이 형성되는 공정에 의하여 수행될 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다. 상기 기재, 또는 상기 기재 상에 수 나노미터 두께로 형성된 차단층 상에 상기 고분자 콜로이드 입자를 코팅하기 전에, 플라즈마 세정 등을 통하여 상기 기재 또는 상기 차단층의 표면을 세척하면, 상기 고분자 콜로이드 입자의 퍼짐성을 좋게 할 수 있다.

[0044] 상기 콜로이드 결정층은 고분자의 콜로이드 입자로 이루어지는 층을 말하는데, 상기 고분자 콜로이드 입자는, 구 형태와 입자의 균일도를 충족하고, 높은 온도를 가하였을 때 기화되어 제거될 수 있어야 하며, 상기 조건들을 충족하는 입자라면 특별히 제한 없이 사용할 수 있다.

[0045] 상기 고분자의 콜로이드 입자를 포함하는 용액에 이용되는 용매로서는, 물, 알코올, 또는 이들의 혼합 용매 등의 휘발성 용매를 사용할 수 있으며, 상기 고분자의 콜로이드 입자를 포함하는 용액을 도포하는 것은 스핀 코팅 또는 캐스팅 방법에 의하여 수행할 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다. 상기 스핀 코팅 속도를 조절하거나 또는 상기 캐스팅 수행 시 사용되는 상기 고분자 콜로이드 입자를 포함하는 용액의 양을 조절함으로써, 상기 희생층의 두께를 조절할 수 있다.

[0046] 전도성 투명 기재(10) 상에 고분자 콜로이드 용액을 일정한 두께로 도포하여 건조과정을 거쳐 고분자 콜로이드 자기조립 결정층(12)을 형성한다(도 1b). 상기 고분자 콜로이드 용액을 도포하는 것은 스핀 코팅 또는 캐스팅 방법에 의하여 수행될 수 있다. 이에 따라 형성된 콜로이드 자기조립 결정층은, 이후 다공성 제 1 전이금속 산화물층(14) 형성을 위하여 주형으로 사용한다. 예를 들어, 상기 고분자 콜로이드 결정층의 콜로이드 입자의 크기는 약 100 nm 내지 약 1 μm 이하 일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다. 예를 들어, 상기 고분자 콜로이드 자기조립 결정층(12)의 두께는 상기 고분자 콜로이드 용액의 도포량에 의하여 조절될 수 있으며, 약 1 μm 내지 약 15 μm , 약 1 μm 내지 약 10 μm , 또는 약 1 μm 내지 약 5 μm 두께로 조절할 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.

[0047] 여기서 상기 고분자 콜로이드 용액은 폴리스타이렌(PS), 폴리메틸메타크릴레이트(PMMA), 폴리스타이렌/폴리디비닐벤젠(PS/DVB = polystyrene/divinylbenzene), 폴리아미드 6(Nylon 6) 등과 같은 폴리아미드, 폴리(부틸메타크릴레이트-디비닐벤젠) (PBMA), 또는 이들의 조합을 포함하는 고분자 콜로이드 입자가 물과 알코올의 혼합 용매 등과 같은 휘발성 용매 중에 약 10 중량% 이상 또는 약 20 중량% 이상의 고농도로 분산된 용액을 사용할 수 있으며, 이로 인하여 상기 고분자 콜로이드 용액은 도포 후 단시간 내에 건조시킬 수 있다. 이때 고농도의 콜로이드 입자의 경우 저장 안전성이 좋지 않을 수 있으므로 계면활성제를 추가할 수 있다. 또한, 전도성 투명 기재(10) 상에 상기 고분자 콜로이드 입자를 코팅하기 전에 플라즈마 세정 등을 통해 상기 기재 표면을 세척하면 상기 고분자 콜로이드 입자의 퍼짐성을 좋게 할 수 있다.

- [0048] 전도성 투명 기재(10) 상에 콜로이드 결정층을 형성하기 전에 필요한 경우 차단층이 형성될 수도 있다. 상기 차단층은 전도성 투명 기재(10) 상에 산화물을 일정한 두께로 코팅하여 형성한다. 상기 차단층은 산화물로 이루어져 있으며, 전도성 투명 기재(10)와 다공성 제 1 전이금속 산화물층(14) 사이에 접착력을 강화하는 역할을 한다. 상기 차단층은 Ti, Zr, Sr, Zn, In, Yr, La, V, Mo, W, Sn, Nb, Mg, Al, Y, Sc, Sm, Ga 및 이들의 조합으로 이루어진 군에서 선택되는 금속의 산화물 반도체를 포함할 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다. 예를 들어, 전도성 투명 기재(10) 상에 약 0.1 M 사염화티타늄 수용액을 스핀 코팅 방법으로 균일하게 도포한 후 약 450℃에서 열처리하여 차단층을 완성할 수 있다. 그러나, 상기 차단층의 재료는 상술한 것에 한정되지 않으며, 열처리 횟수나 조건 등도 상술한 조건에 한정되지 않고 본원의 목적을 달성할 수 있는 범위 내에서 다양하게 변형 가능하다.
- [0049] 상기 형성된 고분자 콜로이드 자기조립 결정층 내로 제 1 전이금속 산화물 입자를 함유하는 용액을 주입하고 건조 및 소결하여 상기 고분자 콜로이드 자기조립 결정층을 제거함으로써 다공성 제 1 전이금속 산화물층(14)을 형성할 수 있다(도 1c). 필요한 경우, 상기 제 1 전이금속 산화물 입자를 함유하는 용액을 주입한 후 스핀 코팅하여 상기 고분자 콜로이드 자기조립 결정층 내로 제 1 전이금속 산화물 입자의 침투를 더욱 향상시킬 수 있다. 상기 제 1 전이금속 산화물 입자를 함유하는 용액은 졸-겔 반응을 일으켜 산화물을 형성할 수 있는 전이금속 산화물 형성용 전구체를 이용하여 당업계에서 통상 사용되는 방법을 사용할 수 있다. 상기 전구체는 용액 상태의 전구체 또는 용매에 희석된 것이다. 상기 고분자 콜로이드 자기조립 결정층 내로 상기 제 1 전이금속 산화물 입자를 함유하는 용액을 주입할 때 상기 전도성 투명 기재를 진공으로 고정하는 것을 포함할 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다. 상기 제 1 전이금속 산화물은 Ti, Zr, Sr, Zn, In, Yr, La, V, Mo, W, Sn, Nb, Mg, Al, Y, Sc, Sm, Ga 및 이들의 조합으로 이루어진 군에서 선택되는 금속의 산화물 반도체일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0050] 이어서, 상기 고분자 콜로이드 자기조립 결정층 제거를 위한 소결은, 예를 들어, 약 400℃ 이상, 또는 약 400℃ 내지 약 600℃의 온도에서 수행될 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다. 이러한 소결에 의하여, 상기 제 1 전이금속 산화물층(14)을 형성할 수 있다. 상기 소결 후, 상기 다공성 3차원 구조체를 제 2 전이금속 산화물 전구체-함유 용액에 침지시켜 제 2 전이금속 산화물층(16)을 코팅하는 단계를 추가 수행할 수 있다. 상기 코팅 후 필요한 경우 건조 및/또는 소결 과정을 수행할 수 있으며, 상기 소결은, 예를 들어, 약 400℃ 이상, 또는, 약 400℃ 내지 약 600℃의 온도에서 수행될 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0051] 상기한 바와 같이 후처리된 전체 전이금속 산화물층은 두께가 증가하는 효과가 있다. 또한, 상기 후처리 과정에서 상기 제 2 전이금속 산화물 층의 코팅이 졸-겔 반응을 통해 수행되므로, 상기 후처리 공정에서 사용하는 상기 제 2 전이금속 산화물 전구체는 졸-겔 반응이 가능한 전구체를 모두 사용할 수 있다. 예를 들어, 상기 제 2 전이금속 산화물은 Ti, Zr, Sr, Zn, In, Yr, La, V, Mo, W, Sn, Nb, Mg, Al, Y, Sc, Sm, Ga 및 이들의 조합으로 이루어진 군에서 선택되는 금속의 산화물일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0052] 상기 다공성 제 1 전이금속 산화물층에 제 2 전이금속 산화물층이 코팅되어 형성된 다공성 3차원 구조체는 상기 콜로이드 결정이 역전된 형태의 구조를 가지며, 다공성 3차원 구조로 되어 있다. 이와 같은 매크로기공 크기의 다공성 3차원 구조는 전해질을 도포할 때 원활하게 기공을 채울 수 있는 장점이 있고, 점성이 높은 고분자 또는 고체 전해질의 침투에 효율적인 기공을 제공한다. 한편, 상기 다공성 3차원 구조체(20)에 염료 흡착 전 자외선 조사, 또는 산소 플라즈마, 및 산처리 등의 표면 처리를 통해 불순물을 제거하며, 친수성을 증가시켜 염료 흡착을 최대화시킨다.
- [0053] 이어서, 상기 과정에 따라 상기 다공성 3차원 구조체(20)에 감광성 염료를 흡착시킨다. 상기 감광성 염료의 종류 및 흡착 방법은 당업자가 당업계에서 통상 사용되는 염료 및 흡착 방법을 적의 선택하여 사용할 수 있다. 예를 들어, 상기 감광성 염료는 알루미늄(Al), 백금(Pt), 팔라듐(Pd), 유로퓸(Eu), 납(Pb), 이리듐(Ir), 또는 루테튬(Ru) 등을 포함하는 금속 복합체를 포함할 수 있다. 여기서, 루테튬은 백금족에 속하는 원소로서 많은 유기 금속 복합체를 형성할 수 있어, 루테튬을 포함하는 염료가 많이 사용된다. 일례로, $\text{Ru(etc bpy)}_2(\text{NCS})_2 \cdot \text{CH}_3\text{CN}$ 타입이 많이 사용되고 있다. 여기서 etc는 $(\text{COOEt})_2$ 또는 $(\text{COOH})_2$ 로서 상기 후처리된 전이금속 산화물 구조체 표면과 결합 가능한 반응기이다. 또한, 유기 색소 등을 포함하는 염료가 사용될 수도 있는데, 이러한 유기 색소로는 쿠마린(coumarin), 포르피린(porphyrin), 크산틴(xanthene), 리보플라빈(riboflavin), 트리페닐메탄(triphenylmethane) 등이 있다. 이들은 단독 또는 Ru 복합체와 혼합 사용하여 장파장의 가시광 흡수를 개선함으로써 광전 변환 효율을 보다 향상시킬 수 있다.
- [0054] 본원의 일 구현예에 있어서, 광전극, 상기 광전극에 대향되는 상대전극, 및 상기 두 개의 전극 사이에 위치하는

전해질을 포함하는 염료감응 태양전지를 제조하기 위하여, 상기 광전극은, 전도성 투명 기재(10), 상기 전도성 투명 기재(10) 상에 형성된 다공성 3차원 구조체, 및 상기 다공성 3차원 구조체(20)에 흡착된 감광성 염료를 포함하는 염료감응 태양전지를 제공한다(도 2 참조).

- [0055] 광전극(100)은 전술한 바와 같은 본원에 따른 방법에 의하여 제조된 상기 다공성 3차원 구조체(20)를 이용한다. 이러한 상기 다공성 3차원 구조체(20)를 이용하여 제조된 광전극(100)은 매크로기공 크기의 다공성 구조이며, 전해질을 도포할 때 원활하게 기공을 채울 수 있는 장점이 있고, 점성이 높은 고분자 또는 고체 전해질의 침투에 효율적인 기공을 제공한다.
- [0056] 상기와 같은 방법으로 제조된 광전극(100)을 포함하는 염료감응 태양전지는, 도 2에 도시된 바와 같이, 전도성 투명 기재(10)와 투명 기재 상에 형성된 염료가 흡착된 다공성 전이금속 산화물층으로 이루어진 광전극(100), 광전극(100)에 대향하는 상대전극(200), 및 광전극(100)과 상대전극 사이에 채워져 있는 전해질(30)을 포함한다.
- [0057] 상기 상대전극(200)은 전도성 투명 기재(10) 상에 형성된 백금층(40)을 포함하며, 백금층(40)이 광전극(100)의 염료가 흡착된 다공성 전이금속 산화물층과 대향하도록 배치된다.
- [0058] 상대전극(200)에 있어서 전도성 투명 기재(10)는, 광전극(100)에서와 동일하게, 유리 기재 또는 투명 고분자 기재 등의 투명 기재 상, 예를 들어, 유리 기재 또는 투명 고분자 기재 상에, 인듐 틴 옥사이드(ITO), 플루오린 틴 옥사이드(FTO), ZnO-Ga₂O₃, ZnO-Al₂O₃, 및 SnO₂-Sb₂O₃ 중 어느 하나를 포함하는 투명 전극이 코팅된 것을 사용할 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다. 또한, 상대전극(200)에 있어서, 전도성 투명 기재(10) 상에 백금층(40)이 형성된다. 상기 백금층(40)은 산화-환원 쌍(redox couple)을 활성화시키는 역할을 하는 것으로, 이외에 상기 백금과 함께 또는 백금 대신 금(Au), 루테튬(Ru), 팔라듐(Pd), 로듐(Rh), 이리듐(Ir), 오스뮴(Os), 탄소(C), WO₃, TiO₂ 및 전도성 고분자 등의 전도성 물질을 포함할 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다. 상기 백금층과 같은 역할을 하는 전도층은 반사율이 높을수록 효율이 우수하므로 반사율이 높은 재료를 선택하는 것이 바람직하다. 본원을 설명하는 명세서에서 투명이라는 단어의 의미는 소재의 광투과율이 100%인 경우뿐만 아니라 광투과율이 높은 경우를 모두 포함한다.
- [0059] 도 2에 나타낸 바와 같이, 광전극(100)과 상대전극(200) 사이에는 전해질(30)이 주입되어 있다. 전해질은 예를 들어, 요오드화물(iodide)을 포함하며, 산화, 환원에 의해 상대전극으로부터 전자를 받아 전자를 잃었던 염료 분자에 받은 전자를 전달하는 역할을 수행한다. 전해질은 실제로는 광전극(100)의 기공 내부로 균일하게 분산되어 있을 수 있다. 예를 들어, 전해질의 제조 방법은 다음과 같다. 상기 전해질은 전해액으로 이루어지며, 상기 전해액은 아이오다이드(iodide)/트리오다이드(triiodide) 쌍으로서 산화, 환원에 의해 상대전극으로부터 전자를 받아 염료 분자에 전달하는 역할을 수행한다. 예를 들어, 상기 전해질로서는 요오드를 아세트니트릴에 용해시킨 용액 등을 사용할 수 있으나 이에 한정되는 것은 아니며, 홀 전도 기능이 있는 것이라면 어느 것이나 제한 없이 사용할 수 있다. 또는, 상기 전해질로서는 요오드(Iodine, I₂) 약 0.05 M, 리튬 요오드화물(lithium iodide, LiI) 약 0.1 M, 4-tert-부틸피리딘(4-tert-buthylpyridine, 4-TBP) 약 0.5 M의 상기 3 개의 시약을 아세트나이트릴(ACN)에 용해하여 사용할 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0060] 본원의 일 구현예에 따르면, 상기 두 개의 전극 사이의 간격을 유지시켜 주는 고분자 필름을 추가 포함할 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다. 반대 전극으로는 전도성 투명 기재(10)에 백금이 코팅된 것을 사용할 수 있으며, 수 십 마이크로미터 두께의 고분자 필름을 두 전극 사이에 끼워 넣어 간격을 유지한다. 상기 고분자 필름은 가장자리에만 형성할 수 있다.
- [0061] 광전극(100)과 상대전극(200)의 가장 자리에는 밀봉부(50)가 형성될 수 있다. 밀봉부(50)는 열가소성 고분자물질을 포함하며, 열 또는 자외선에 의하여 경화된다. 구체적인 예로, 밀봉부(50)는 에폭시 수지를 포함할 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0062] 상기와 같이 형성된 염료감응 태양전지에 있어서, 광전극(100)은 전도성 투명 기재(10)와 염료가 흡착된 다공성 3차원 구조체(20)를 포함하며, 상기 다공성 3차원 구조체(20)는 일정한 규칙을 갖는 다공성의 3차원 면심입방 구조로 되어 있어 효과적인 전자 전달 통로가 형성되어 염료감응 태양전지의 광전 변환 효율이 향상된다. 또한, 상기 다공성 3차원 구조체(20)의 3차원 면심입방 구조의 정렬된 벌크-공극(ordered bulk-pore)을 통하여 점성이 높은 고분자 또는 고체 전해질의 침투에 효율적인 통로를 제공해줌으로써 염료감응 태양전지의 장기 안정성이 향상된다.

- [0063] 이하, 실시예와 도면을 참조하여 구체적으로 설명하도록 한다. 그러나, 본원이 이러한 실시예와 도면에 제한되는 것은 아니다.
- [0064] [실시예]
- [0065] <광전극 제조 및 이에 의한 염료감응 태양전지>
- [0066] 도 1은 콜로이드 입자를 주형으로 이용한 다공성 3차원 구조체를 포함하는 광전극의 제조 과정을 나타내는 개략도이다.
- [0067] 본 실시예에 따른 염료감응 태양전지는 전도성 투명 기재와, 전도성 투명 기재 상에 형성된 차단층, 차단층 상에 형성된 광전극과, 광전극에 흡착되어 있는 복수의 염료 분자와, 전도성 투명 기재에 대향 배치된 백금이 코팅된 상대전극, 두 전극사이에 채워져 있는 전해질층 및 두 전극 사이의 간격을 유지시켜주는 밀봉 고분자 필름을 포함하였다(도 2).
- [0068] 전도성 투명 기재는 투명한 유리 기재 상에 전도성의 ITO 투명전극이 형성되어 있는 구조를 갖는다. 전도성 투명 기재 상에는 차단층이 형성되어 있다. 차단층은 산화물을 포함하였다. 상기 차단층은 상기 전도성 투명 기재에 0.04 M TiCl_4 수용액을 30 분간 흡착하여 형성되었다. 상기 차단층 상에는 광전극이 형성되어 있고, 염료 분자가 흡착되어 있다. 상기 광전극은 역전된 콜로이드 결정 구조이며, 다공성 3차원 구조로 되어 있다. 상기 다공성 구조는 전해질을 도포할 때 원활하게 기공을 채울 수 있는 장점이 있고, 수십 나노미터에서 수백 나노미터까지의 크기를 가지는 이산화티타늄 입자를 증착시켜, 이산화티타늄의 양을 증가시킬 수 있다.
- [0069] 광전극 제조시 콜로이드 입자 상에 스핀 코팅하는 이산화티타늄 전구체는 졸-겔 반응을 일으킬 수 있는 용액 상태의 전구체 또는 용매에 희석된 것이다.
- [0070] 본 실시예에서는 이산화티타늄 전구체로 에탄올과 물을 용매로 사용한 TiCl_4 수용액을 사용하였다. 500℃에서 가열 소성 공정을 2 시간 동안 실시하여 TiO_2 만 남아있는 광전극을 형성하였다. 상기 소성 공정을 거친 후에, TiCl_4 전구체 수용액을 다시 제조하여 1 시간 동안 상기 제조된 광전극을 침전시켜 졸-겔 반응에 의한 이산화티타늄의 증착 과정 후, 450℃에서 30 분 동안 가열 소성 공정을 실시하였다.
- [0071] 상기 광전극 두 개에 각각 자외선(VILBER LOURMAT, UV lamp VL-4.LC, 254 nm) 20 분, 산소 플라즈마를 10 분 동안 각각 조사한 후 각각 HCl 용액 내에 1 시간 동안 담궈 표면의 불순물을 제거하고, 염료흡착의 최적의 상태가 되도록 표면처리 하였다.
- [0072] 상기 광전극을 형성하는 이산화티타늄 표면에 흡착되는 염료 분자로서 루테늄 또는 쿠마린계 염료 분자 중 어느 하나가 사용될 수 있으나, 구체적으로 본 실시예에서는 루테늄계 염료 분자인 N719 염료를 Dyesol 회사로부터 구입하여 사용하였다. N719를 무수에탄올에 분산시켜 0.5 mM의 농도로 맞추어 상기 광전극을 상기 염료 용액에 하루 동안 담가 염료를 흡착시켰다.
- [0073] 상기 광전극의 반대전극은 전도성 투명 기재에 평행하게 배치되어 있으며, 유리 등의 기재에 투명전극이 형성되어 있는 것으로서, 백금층이 형성되어 있다.
- [0074] 상기 백금층의 형성은 구체적으로 H_2PtCl_6 용액을 전도성 투명 기재에 도포하고 45℃의 핫플레이트에 놓고 용매를 제거시켰다. 그리고 450℃에서 30 분 동안 열처리를 하여 전도성 투명 기재에 백금층을 형성하였다.
- [0075] 상기 광전극과 백금이 도포된 상기 상대 전극 사이에는 전해질이 있으며, 또한 광전극의 기공 내부에도 위치한다. 상기 전해질은 요오드계 산화-환원 쌍을 갖는 액체 전해질을 사용하였다. 상기 전해질로서, 리튬 요오드화물(lithium iodide, LiI) 0.1 M, 요오드(Iodine, I_2) 0.05 M, 4-tert-부틸피리딘(4-tert-buthylpyridine, 4-TBP) 0.5 M을 아세토니트릴(acetonitrile, ACN)에 용해시킨 후 사용하였으며, 상기 전해질 용액이 새어 나오지 않도록 하기 위해 25 μm 두께의 설린(Surlin)을 사용하였다.
- [0076] 본 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(Efficiency)값을 측정하였고, 이 값을 기존의 역전된 콜로이드 결정 광전극을 이용한 염료감응 태양전지와 비교한 결과는 표 1에 나타난 바와 같다.

[0077] [표 1]

	Jsc (mAcm ⁻²)	Voc(V)	FF	Efficiency (%)
기존의 역전된 콜로이드 결정 구조의 전극	11.00	0.774	0.500	4.250
UV light + HCl 처리를 한 전극	14.64	0.709	0.611	6.343
O ₂ plasma + HCl 처리를 한 전극	14.50	0.761	0.594	6.555

[0078]

[0079] 도 3은 기존의 역전된 콜로이드 결정 구조와 표면처리를 한 전극 구조의 I-V특성을 비교한 그래프이다. 기존의 역전된 콜로이드 결정 구조를 갖는 전극과, 자외선(UV light)을 쬔 후 HCl에 담그는 과정, 산소 플라즈마(O₂ plasma)처리 후 HCl에 담그는 과정을 각각 거친 본 실시예에 따른 전극에서의 각각 전류밀도와 개방전압을 나타내고 있다. 표면처리를 거친 본원에 따른 광전극은 기존의 역전된 콜로이드 결정 구조를 갖는 전극에 비해, 높은 전류밀도를 가지는 것으로 측정되어 전지의 효율 향상을 기대해 볼 수 있다.

[0080] 이상, 실시예를 들어 본원을 상세하게 설명하였으나, 본원은 상기 구현예 및 실시예들에 한정되지 않으며, 여러 가지 다양한 형태로 변형될 수 있으며, 본원의 기술적 사상 내에서 당 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의하여 여러 가지 많은 변형이 가능함이 명백하다.

[0081] 부호의 설명

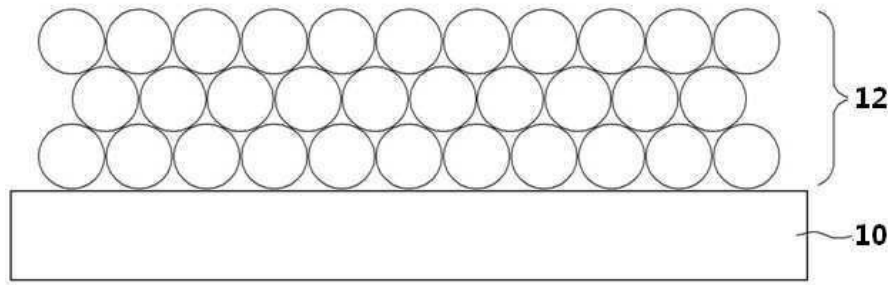
- [0081] 10: 전도성 투명 기재
12: 고분자 콜로이드 자기조립 결정층(희생층)
14: 제 1 전이금속 산화물층
16: 제 2 전이금속 산화물층
20: 다공성 3차원 구조체
30: 전해질
40: 백금층
50: 밀봉부
60: 차단층
100: 광전극
200: 상대전극

도면

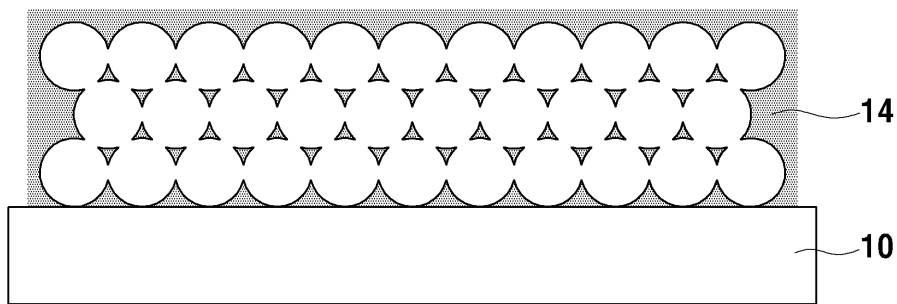
도면1a



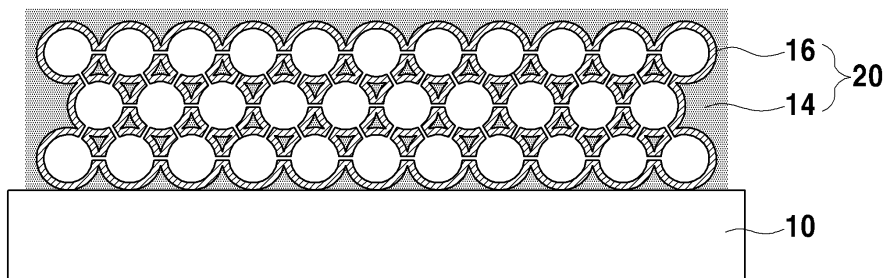
도면1b



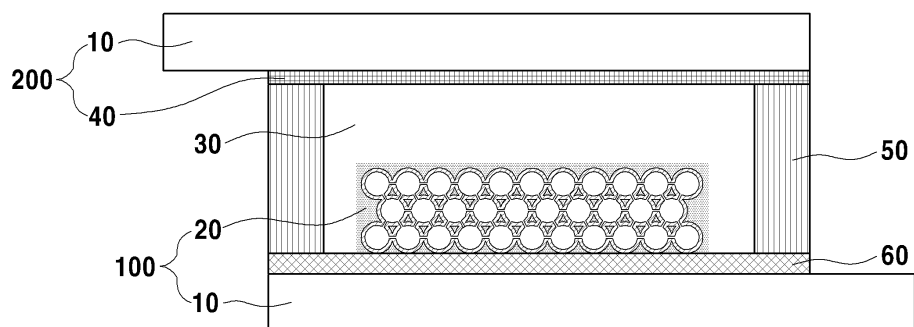
도면1c



도면1d



도면2



도면3

