

(12) 특허협력조약에 의하여 공개된 국제출원

(19) 세계지식재산권기구
국제사무국



(43) 국제공개일
2012년 1월 19일 (19.01.2012)

PCT

(10) 국제공개번호
WO 2012/008761 A2

- (51) 국제특허분류:
H01L 31/042 (2006.01)
- (21) 국제출원번호: PCT/KR2011/005166
- (22) 국제출원일: 2011년 7월 13일 (13.07.2011)
- (25) 출원언어: 한국어
- (26) 공개언어: 한국어
- (30) 우선권정보:
10-2010-0068973 2010년 7월 16일 (16.07.2010) KR
- (71) 출원인 (US 을(를) 제외한 모든 지정국에 대하여): 광
주과학기술원 (GWANGJU INSTITUTE OF SCI-
ENCE AND TECHNOLOGY) [KR/KR]; 광주광역시
북구 오룡동 1번지, 500-712 Gwangju (KR).
- (72) 발명자: 겸
- (75) 발명자/출원인 (US 에 한하여): 정건영 (JUNG, Gun-
Young) [KR/KR]; 광주광역시 북구 첨단과기로
261(오룡동) 광주과학기술원 신소재공학과, 500-712
Gwangju (KR). 김기석 (KIM, Ki-Seok) [KR/KR]; 광주
광역시 북구 첨단과기로 261(오룡동) 광주과학기술
원 신소재공학과, 500-712 Gwangju (KR). 김진주
(KIM, Jin-Ju) [KR/KR]; 광주광역시 북구 첨단과기로
261(오룡동) 광주과학기술원 신소재공학과, 500-712
Gwangju (KR).

(74) 대리인: 특허법인 이상 (E-SANG PATENT &
TRADEMARK LAW FIRM); 서울특별시 서초구 양
재동 82-2 우도빌딩 3층, 137-890 Seoul (KR).

(81) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의
국내 권리의 보호를 위하여): AE, AG, AL, AM, AO,
AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BH, BR, BW, BY, BZ, CA,
CH, CL, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DO, DZ,
EC, EE, EG, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, GT, HN,
HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KM, KN, KP, KZ,
LA, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LY, MA, MD, ME, MG,
MK, MN, MW, MX, MY, MZ, NA, NG, NI, NO, NZ,
OM, PE, PG, PH, PL, PT, RO, RS, RU, SC, SD, SE, SG,
SK, SL, SM, ST, SV, SY, TH, TJ, TM, TN, TR, TT, TZ,
UA, UG, US, UZ, VC, VN, ZA, ZM, ZW.

(84) 지정국 (별도의 표시가 없는 한, 가능한 모든 종류의
역내 권리의 보호를 위하여): ARIPO (BW, GH, GM,
KE, LR, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM,
ZW), 유라시아 (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ,
TM), 유럽 (AL, AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE,
ES, FI, FR, GB, GR, HR, HU, IE, IS, IT, LT, LU, LV,
MC, MK, MT, NL, NO, PL, PT, RO, RS, SE, SI, SK,
SM, TR), OAPI (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ,
GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

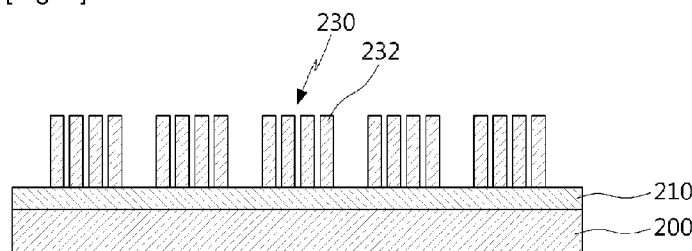
공개:

— 국제조사보고서 없이 공개하며 보고서 접수 후 이를
별도 공개함 (규칙 48.2(g))

(54) Title: METHOD FOR PRODUCING ZINC-OXIDE NANOSTRUCTURE ELECTRODES, AND METHOD FOR PRO-
DUCING DYE-SENSITIZED SOLAR CELLS USING SAME

(54) 발명의 명칭: 산화아연 나노 구조체 전극 제조방법 및 이를 이용한 염료감응형 태양전지 제조방법

[Fig. 6]



(57) Abstract: The present invention relates to a method for producing zinc-oxide nanostructure electrodes and to a method for producing dye-sensitized solar cells using same. The method for producing zinc-oxide nanostructure electrodes comprises the following steps: sequentially forming a superhydrophobic self-assembled monolayer and a zinc layer on a carrier substrate having a stamp pattern; arranging the carrier substrate and a first substrate such that the zinc layer of the carrier substrate and the first substrate are opposite each other, and performing a stamping process to form at least one zinc pattern on the first substrate; oxidizing the zinc pattern to obtain zinc-oxide seeds; and growing at least one zinc-oxide nanostructure from the zinc-oxide seeds using a hydrothermal method to form a zinc-oxide nanostructure electrode consisting of at least one zinc-oxide nanostructure.

(57) 요약서: 본 발명은 산화아연 나노 구조체 전극 제조방법 및 이를 이용한 염료감응형 태양전지 제조방법에 관한 것이다. 본 발명에 의하면, 스탬프 패턴(stamp pattern)을 구비한 캐리어 기판 상에 초소수성 자기조립층 및 아연층을 순차적으로 형성하는 단계; 상기 캐리어 기판의 아연층과 제 1 기판을 대면하도록 배치하고, 스탬프법을 실시하여 상기 제 1 기판 상에 적어도 하나의 아연 패턴을 형성하는 단계; 상기 아연 패턴을 산화시켜 산화아연 시드를 형성하는 단계; 및 수열합성법을 이용하여 상기 산화아연 시드로부터 적어도 하나의 산화아연 나노 구조체를 성장시켜 상기 적어도 하나의 산화아연 나노 구조체로 이루어진 산화아연 나노 구조체 전극을 형성하는 단계;를 포함하는 산화아연 나노 구조체 전극 제조방법이 제공된다.



WO 2012/008761 A2

명세서

발명의 명칭: 산화아연 나노 구조체 전극 제조방법 및 이를 이용한 염료감응형 태양전지 제조방법

기술분야

- [1] 본 발명은 산화아연 나노 구조체 전극 제조방법 및 이를 이용한 염료감응형 태양전지 제조방법에 관한 것이다.

배경기술

- [2] 최근 들어 직면한 에너지 문제를 해결하기 위하여 기존의 화석 연료를 대체할 수 있는 에너지로서 풍력, 원자력, 태양력 등의 자연 에너지를 활용하기 위한 광범위한 연구가 진행되고 있다.
- [3] 이중 태양에너지를 이용한 태양전지는 기타 다른 에너지원과는 달리 자원이 무한하고 환경 친화적이다.
- [4] 태양전지는 현재 실리콘 기반의 태양전지가 개발되어 실용화 단계에 이르고 있다. 그러나 상기 실리콘 기반의 태양전지는 제조 공정이 복잡하고 제조 단가가 높다는 문제점이 있다.
- [5] 이러한 문제를 극복하기 위하여 제작 비용이 낮고 제조 공정이 비교적 단순한 염료감응형 태양전지에 대한 관심이 높아지고 있다.
- [6] 상기 염료감응형 태양전지는 실리콘 기반의 태양전지와는 달리 가시광선을 흡수하여 전자-정공 쌍(electron-hole pair)을 생성하는 염료 및 생성된 전자를 전달하는 전이 금속 산화물을 주된 구성으로 하는 광전기화학적 태양전지이다. 종래의 염료 감응 태양전지 중, 대표적인 연구 개발로는 1991년도 스위스 국립 로잔 고등기술원(EPFL)의 마이클 그라첼(Michael gratzel)의 연구팀이 개발한 나노입자 산화티탄늄(아나타제)을 이용한 염료 감응 태양전지가 있다.
- [7] 이 염료감응형 태양전지는 기존의 실리콘 태양전지에 비해 제조 단가가 저렴하고 투명한 전극으로 인해 건물 외벽 유리창이나 유리 온실 등에 응용이 가능하다는 이점이 있으나, 광전변환 효율이 낮아서 실제 사용에는 제한이 있는 상황이다.
- [8] 태양전지의 광전변환 효율은 태양 광의 흡수에 의해 생성된 전자의 양에 비례하므로, 효율을 증가시키기 위해서는 태양 광의 흡수를 증가시키거나, 염료의 흡착량을 높여 전자의 생성량을 늘리거나, 생성된 여기전자가 전자-정공 재결합에 의해 소멸되는 것을 막아주는 방법이 있을 수 있다.
- [9] 단위면적당 염료의 흡착량을 늘리기 위해서 산화물 반도체의 입자를 나노미터 수준의 크기로 하거나, 태양 광의 흡수를 높이기 위해 백금전극의 반사율을 높이거나, 수 마이크로 크기의 반도체 산화물 광산란자를 섞어서 제조하는 방법 등이 개발되어 있다. 그러나 이러한 종래 방법으로는 태양전지의 광전변환 효율 향상에 한계가 있으며, 따라서 효율 향상을 위한 새로운 기술 개발이 절실히

요구되고 있는 실정이다.

발명의 상세한 설명

기술적 과제

- [10] 본 발명의 목적은 수직으로 성장하고, 잘 배열(well-align)되고 패턴화된 산화아연 나노 구조체 전극을 제조하는 방법을 제공하는 것이다.
- [11] 본 발명의 다른 목적은 저온에서 산화아연 나노 구조체 전극을 제조하는 방법을 제공하는 것이다.
- [12] 본 발명의 또 다른 목적은 식각 공정, 포토리소그래피 공정 및 리프트 오프(lift-off) 공정 등 수용액(aqueous solution)을 이용하는 공정을 이용하지 않는 비수용액(non-aqueous) 공정을 이용함으로써 기판에 손상을 입히지 않는 산화아연 나노 구조체 전극을 제조하는 방법을 제공하는 것이다.
- [13] 본 발명의 또 다른 목적은 플렉시블한 기판 상에 산화아연 나노 구조체 전극을 제조하는 방법을 제공하는 것이다.
- [14] 본 발명의 또 다른 목적은 상기 산화아연 나노 구조체 전극을 제조하는 방법을 포함하는 염료감응형 태양전지를 제조하는 방법을 제공하는 것이다.

과제 해결 수단

- [15] 상기 목적을 달성하기 위하여, 본 발명의 일 측면에 따르면, 스탬프 패턴(stamp pattern)을 구비한 캐리어 기판 상에 초소수성 자기조립층 및 아연층을 순차적으로 형성하는 단계; 상기 캐리어 기판의 아연층과 제1기판을 대면하도록 배치하고, 스탬프법을 실시하여 상기 제1기판 상에 적어도 하나의 아연 패턴을 형성하는 단계; 상기 아연 패턴을 산화시켜 산화아연 시드를 형성하는 단계; 및 수열합성법을 이용하여 상기 산화아연 시드로부터 적어도 하나의 산화아연 나노 구조체를 성장시켜 상기 적어도 하나의 산화아연 나노 구조체로 이루어진 산화아연 나노 구조체 전극을 형성하는 단계;를 포함하는 산화아연 나노 구조체 전극 제조방법이 제공된다.
- [16] 상기 제1기판은 투명한 플렉시블 기판 및 상기 플렉시블 기판의 표면 상에 위치한 투명도전층을 포함하며, 상기 아연 패턴은 상기 투명도전층 상에 위치할 수 있다.
- [17] 상기 투명한 플렉시블 기판은 박형 유리 기판, PET(Polyethylene Terephthalate) 기판, PC(Polycarbonate) 기판, PES(Polyether Sulfone) 기판, PI(Polyimide) 기판, 폴리노르보넨(Polynorbonene) 기판 및 PEN(Polyethylene Naphthalate) 기판 중 어느 하나일 수 있다.
- [18] 상기 아연 패턴을 산화시켜 산화아연 시드를 형성하는 단계는 상기 아연 패턴이 형성된 제1기판을 수산화이온 공급원 극성 용액에 침지하여 상기 아연 패턴을 산화시켜 산화아연 시드를 형성하는 단계일 수 있다.
- [19] 상기 수산화이온 공급원 극성 용액은 NH_4OH , KOH , LiOH 및 NaOH 중 어느 하나를 포함할 수 있다.

- [20] 상기 수열합성법을 이용하여 상기 산화아연 시드로부터 산화아연 나노 구조체를 성장시켜 산화아연 나노 구조체로 이루어진 산화아연 나노 구조체 전극을 형성하는 단계는 상기 산화아연 시드가 형성된 제1기판을 수열합성 용액에 침지하여 이루어지며, 상기 수열합성 용액은 물, 상기 물과 반응하여 아연이온을 공급하는 아연이온 공급원 및 상기 물과 반응하여 수산화이온을 공급하는 수산화이온 공급원을 포함할 수 있다.
- [21] 상기 아연이온 공급원은 아세트산 아연(Zinc acetate : $\text{Zn}(\text{O}_2\text{CCH}_3)_2$), 질산 아연(Zinc nitrate : $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$), 황산 아연(Zinc sulfate : ZnSO_4) 및 염화 아연(Zinc Chloride : ZnCl_2) 중 어느 하나일 수 있다.
- [22] 상기 수산화이온 공급원은 헥사메틸렌테트라아민(hexamethytetramine)일 수 있다.
- [23] 본 발명의 다른 측면에 따르면, 스탬프 패턴(stamp pattern)을 구비한 캐리어 기판 상에 초소수성 자기조립층 및 아연층을 순차적으로 형성하는 단계; 상기 캐리어 기판의 아연층과 제1기판을 대면하도록 배치하고, 스탬프법을 실시하여 상기 제1기판 상에 적어도 하나의 아연 패턴을 형성하는 단계; 상기 아연 패턴을 산화시켜 산화아연 시드를 형성하는 단계; 수열합성법을 이용하여 상기 산화아연 시드로부터 적어도 하나의 산화아연 나노 구조체를 성장시켜 상기 적어도 하나의 산화아연 나노 구조체로 이루어진 산화아연 나노 구조체 전극을 형성하는 단계; 상기 산화아연 나노 구조체 전극에 염료를 흡착시키는 단계; 및 상기 염료가 흡착된 제1기판과 제2기판 사이에 전해액이 충전되도록 체결하여 밀봉하는 단계;를 포함하는 염료감응형 태양전지 제조방법이 제공된다.
- [24] 상기 제2기판은 상기 제1기판과 대향하는 표면 상에 Pt층을 더 포함할 수 있다.
- [25] 상기 제2기판은 투명한 플렉시블 기판과 상기 플렉시블 기판의 표면 상에 위치한 투명도전층을 포함하며, 상기 Pt층은 상기 투명도전층 상에 위치할 수 있다.
- [26] 상기 제2기판은 도전성의 플렉시블 기판일 수 있다.
- [27] 상기 제1기판과 제2기판을 체결하여 밀봉하는 단계는 상기 제1기판의 가장자리와 제2기판의 가장자리 사이에 체결 부재로 체결하여 밀봉하되, 상기 제1기판과 제2기판은 일정 간격으로 이격되어 체결될 수 있다.
- [28] 본 발명의 또 다른 측면에 따르면, 제1기판; 및 상기 제1기판 상에 위치하며, 적어도 하나의 산화아연 나노 구조체로 이루어진 패턴화된 적어도 하나의 산화아연 나노 구조체 전극;을 포함하는 염료감응형 태양전지가 제공된다.
- [29] 상기 염료감응형 태양전지는 상기 산화아연 나노 구조체 전극의 산화아연 나노 구조체의 표면에 흡착된 염료; 상기 제1기판과 대향하는 제2기판; 상기 제1기판과 제2기판을 체결하고 밀봉하는 체결 부재; 및 상기 제1기판과 제2기판 사이에 채워진 전해액;을 더 포함할 수 있다.
- [30] 상기 제1기판은 투명한 플렉시블 기판을 포함하고, 상기 제2기판은 플렉시블 기판을 포함할 수 있다.

발명의 효과

- [31] 본 발명의 구성을 따르면 앞서서 기재한 본 발명의 목적을 모두 달성할 수 있다. 구체적으로는 본 발명에 의하면, 수직으로 성장하고, 잘 배열되고 패터화된 산화아연 나노 구조체 전극을 제조하는 방법을 제공하는 효과가 있다.
- [32] 또한, 본 발명에 의하면, 나노 구조체가 성장되는 기관에 별도의 식각 공정 및 리프트 오프(lift-off) 공정 등이 요구되지 않으며, 저온에서 산화아연 나노 구조체를 형성할 수 있으므로 열 또는 화학적 손상을 받기 쉬운 플렉시블 기관 상에 산화아연 나노 구조체 전극을 용이하게 제조할 수 있는 효과가 있다.
- [33] 또한, 본 발명에 의하면, 상기 산화아연 나노 구조체 전극을 제조하는 방법을 포함하는 염료감응형 태양전지를 제조하는 방법을 제공하는 효과가 있다.
- [34] 또한, 본 발명에 의하면, 플렉시블하며, 광전 변화 효율이 높은 염료감응형 태양전지를 제조하는 방법을 제공하는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

- [35] 도 1 내지 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 산화아연 나노 구조체 전극 제조방법을 보여주는 단면도이다.
- [36] 도 7 및 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 염료감응형 태양전지를 제조하는 방법을 보여주는 단면도이다.
- [37] 도 9a는 본 발명의 일 실시예에 따른 산화아연 나노 구조체 전극 제조방법에 의해 잘 배열되고 패터화된 산화아연 나노 구조체 전극을 보여주는 사진이고, 도 9b는 패터화되지 않은 산화아연 나노 구조체 전극을 보여주는 사진이고, 도 9c 및 도 9d는 본 발명의 패터화된 산화아연 나노 구조체 전극과 패터화되지 않은 산화아연 나노 구조체 전극의 투과율 및 흡수도를 측정한 결과를 보여주는 도면들이다.
- [38] 도 10은 본 발명의 일 실시예에 따른 염료감응형 태양전지를 제조하는 방법에 의해 제조된 염료감응형 태양전지를 벤딩한 후의 단면도이다.
- [39] 도 11은 본 발명의 일 실시예에 따른 염료감응형 태양전지를 제조하는 방법에 의해 제조된 염료감응형 태양전지를 벤딩한 후 그 성능을 측정하는 모습을 보여주는 실제 사진이다.

발명의 실시를 위한 형태

- [40] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명에 따른 실시예들을 상세히 설명하기로 한다. 그러나, 본 발명은 여기서 설명되는 실시예들에 한정되지 않고 다른 형태로 구체화될 수도 있다. 오히려, 여기서 소개되는 실시예들은 개시된 내용이 철저하고 완전해질 수 있도록 그리고 당업자에게 본 발명의 사상이 충분히 전달될 수 있도록 하기 위해 제공되는 것이다. 도면들에 있어서, 층 및 영역들의 두께는 명확성을 기하기 위하여 과장된 것이다. 명세서 전체에 걸쳐서 동일한 참조번호들은 동일한 구성요소들을 나타낸다.

[41]

- [42] 도 1 내지 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 산화아연 나노 구조체 전극 제조방법을 보여주는 단면도이다.
- [43] 도 1 내지 도 6을 참조하여 설명하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 산화아연 나노 구조체 전극 제조방법은 우선, 도 1에서 도시한 바와 같이 적어도 하나의 스탬프 패턴(stamp pattern)(110), 바람직하게는 복수 개의 스탬프 패턴(110)을 구비한 캐리어 기판(100)을 준비한다.
- [44] 상기 캐리어 기판(100)은 상기 스탬프 패턴(110)을 형성할 수 있는 재질이라면 어떠한 재질로 이루어져도 무방하다. 상기 캐리어 기판(100)은 유리, 실리콘, 금속 또는 폴리머로 이루어질 수 있다.
- [45] 상기 스탬프 패턴(110)들은 상기 캐리어 기판(100)의 일측 표면에 구비될 수 있다. 상기 스탬프 패턴(110)들은 이후 설명될 아연 패턴(132)들 또는 산화아연 시드(220)들의 크기를 고려하여 적절한 크기로 형성할 수 있다.
- [46] 상기 스탬프 패턴(110)은 원형과 삼각형 또는 사각형을 포함하는 다각형의 패턴일 수 있고, 원기둥과 삼각 기둥 또는 사각 기둥을 포함하는 다각 기둥 등과 같은 다양한 형태의 입체적인 기둥 패턴일 수도 있다.
- [47] 상기 스탬프 패턴(110)들은 이후 설명될 제1기판(200) 상에 형성되는 산화아연 나노 구조체 전극(230)들이 상기 제1기판(200)의 벤딩(bending) 시 서로 부딪쳐서 부서지지 않도록 적절한 간격을 유지하도록 구비되는 것이 바람직하다.
- [48] 상기 스탬프 패턴(110)들은 상기 캐리어 기판(100)의 일측 표면에 규칙적으로 배열되고 패턴화되어 구비될 수 있다.
- [49] 상기 스탬프 패턴(110)들은 다양한 방법을 이용하여 상기 캐리어 기판(100)의 일측 표면에 형성할 수 있다. 예컨대, X선 리소그래피(lithography)법, 극자외선 리소그래피법, 나노 리소그래피법 또는 전자빔 리소그래피법 등의 리소그래피법을 이용할 수도 있고, 레이저를 이용하는 LIL(Laser Interference Lithography)법을 이용할 수도 있다.
- [50] 이어서, 도 2에 도시된 바와 같이 상기 캐리어 기판(100)의 일측 표면 상에 초소수성 자기조립층(120) 및 아연층(130)을 순차적으로 형성한다.
- [51] 상기 초소수성 자기조립층(120)은 상기 캐리어 기판(100)의 일측 표면의 표면에 에너지를 조절하여 상기 캐리어 기판(100)과 아연층(130) 사이의 결합력을 약하게 하는 역할을 한다.
- [52] 상기 초소수성 자기조립층(120)은 불화계 물질로 이루어질 수 있으며, 바람직하게는 $\text{CF}_3(\text{CF}_2)_5(\text{CH}_2)_2\text{SiCl}_3$ (tridecafluoro-1,1,2,2-tetrahydrooctyltrichlorosilane)를 포함하여 이루어질 수 있다. 상기 초소수성 자기조립층(120)은 기상증착법 또는 디핑(dipping)법으로 형성할 수 있다.
- [53] 상기 아연층(130)은 물리적 기상 증착법 또는 화학적 기상 증착법 등을 이용하여 형성할 수 있다.
- [54] 이어서, 도 3에 도시된 바와 같이 상기 초소수성 자기조립층(120) 및

아연층(130)이 형성된 상기 캐리어 기판(100)의 일측 표면이 제1기판(200)의 일측 표면과 대면하도록 배치한다.

- [55] 상기 제1기판(200)은 반도체 소자, 표시 장치 또는 태양전지 등에 이용되는 어떤 기판, 예컨대, 유리 기판 또는 사파이어 기판 등과 같이 산화물로 이루어진 기판, 실리콘 기판 또는 GaAs 기판 등과 같이 반도체 물질로 이루어진 기판, 금속 기판 또는 금속 포일 기판 등과 같이 도전성 물질로 이루어진 기판, 플라스틱 기판 등과 같이 고분자로 이루어진 기판 등을 이용할 수 있다. 또한, 상기 제1기판(200)은 잘 휘어지지 않은 기판(rigid substrate) 또는 잘 휘어지는 기판(flexible substrate)을 이용할 수도 있다.
- [56] 상기 제1기판(100)은 투명한 기판일 수 있다. 바람직하게 상기 제1기판은 투명한 플렉시블 기판일 수 있으며, 상기 투명한 플렉시블 기판은 박형 유리(ultra-thin glass) 기판 또는 플라스틱 기판일 수 있다.
- [57] 이때, 상기 박형 유리는 일반적인 표시 장치 또는 태양전지에 이용되는 유리 기판뿐만 아니라, 그 두께가 50 내지 100 μm 로 구부러질 수 있는 유리 기판을 의미한다.
- [58] 상기 플라스틱 기판은 PET(Polyethylene Terephthalate) 기판, PC(Polycarbonate) 기판, PES(Polyether Sulfone) 기판, PI(Polyimide) 기판, 폴리노르보넨(Polynorbonene) 기판 및 PEN(Polyethylene Naphthalate) 기판 등이 있을 수 있다. 따라서, 상기 제1기판(100)은 박형 유리 기판, PET 기판, PC 기판, PES 기판, PI 기판, 폴리노르보넨 기판 및 PEN 기판 중 어느 하나를 이용할 수 있다.
- [59] 이때, 상기 제1기판(100)의 일측 표면 상에는 투명도전층(210)이 위치할 수 있다.
- [60] 상기 투명도전층(210)은 이후 설명될 산화아연 나노 구조체 전극(210)들을 전기적으로 연결하여 외부의 다른 기기 또는 소자와 연결하는 역할을 한다. 상기 투명도전층(210)은 투명한 도전 물질로 이루어질 수 있으며, 바람직하게는 ITO(Indium Tin Oxide) 등과 같이 투명하고 도전성의 산화물일 수 있다. 또한 상기 투명도전층(210)은 탄소나노튜브 등과 같은 투명한 도전 물질로 이루어질 수 있다. 다만, 본 발명의 일 실시예에 따른 산화아연 나노 구조체 전극(210)은 염료감응형 태양전지에 적용될 수 있으므로, 상기 투명도전층(210)의 재질은 상기 산화아연 나노 구조체 전극(210)과 대응하는 다른 전극, 즉, 이후 설명될 상대 전극(320)과의 일함수(work function) 등을 고려하여 적절히 선택할 수 있다.
- [61] 한편, 상기 캐리어 기판(100)의 일측 표면과 상기 제1기판(200)의 일측 표면을 대면하도록 배치하기 이전에 상기 캐리어 기판(100)의 일측 표면과 상기 제1기판(200)의 일측 표면을 각각 에탄올 또는 초순수를 이용하여 세척하는 과정을 더 진행할 수 있다.
- [62] 이어서, 스탬프법을 실시하여 도 4에 도시된 바와 같이 상기 제1기판(100)의 일측 표면 상에 적어도 하나의 아연 패턴(132)을 형성한다. 바람직하게는

스탬프법을 실시하여 상기 제1기판(100)의 일측 표면 상에 복수 개의 아연 패턴(132)을 잘 배열(well-align)되고 패턴화되도록 형성한다.

[63] 이때, 상기 스탬프법은 상기 제1기판(100)의 타측 표면을 일정 압력으로 눌러 상기 제1기판(100)의 일측 표면 상의 아연층(130)의 일부, 정확하게는 상기 제1기판(100)의 스탬프 패턴(110)들 상에 위치한 아연층(130)이 상기 제1기판(200)의 일측 표면, 바람직하게는 투명도전층(210) 상으로 전사시키는 방법이다.

[64] 상기 스탬프법은 상기 제1기판(200)이 플라스틱 기판인 경우, 상기 제1기판(200)이 열에 의해 변형되지 않도록 유리전이 온도 이하, 예컨대, 100°C에서 실시하며, 상기 제1기판(200)을 누르는 압력은 상기 제2기판(200) 상에 스탬프 패턴(110)들이 형성될 수 있을 정도의 적절한 압력, 예컨대, 100bar의 압력으로, 적절한 시간, 예컨대, 20분 정도 실시할 수 있다.

[65] 이어서, 상기 제1기판(200) 상에 형성된 아연 패턴(132)을 산화시켜 도 5에 도시된 바와 같이 상기 제1기판(200) 상에 산화아연 시드(220)를 형성한다.

[66] 상기 산화아연 시드(220)를 형성하는 방법은 상기 아연 패턴(132)이 형성된 제1기판(200)을 수산화이온 공급원 극성 용액에 침지함으로써 이루어질 수 있다. 상기 수산화이온 공급원 극성 용액은 수산화이온을 제공하는 NH_4OH , KOH , LiOH 및 NaOH 중 어느 하나를 포함할 수 있다. 상기 아연 패턴(132)은 상기 수산화이온 공급원 극성 용액 내의 수산화이온(OH^-)에서 산소를 공급받아 산화됨으로써 산화아연 시드(220)로 형성된다.

[67] 이어서, 수열합성법을 이용하여 상기 산화아연 시드(220)로부터 산화아연 나노 구조체(232)를 성장시켜 도 6에 도시된 바와 같이 산화아연 나노 구조체(232)로 이루어진 산화아연 나노 구조체 전극(230)을 형성한다. 상기 산화아연 나노 구조체 전극(230)은 적어도 하나의 산화아연 나노 구조체(232), 바람직하게는 복수 개의 산화아연 나노 구조체(232)가 수직하게 성장되어 형성된다. 따라서 상기 산화아연 나노 구조체 전극(230)은 상기 제1기판(200) 상에 잘 배열되고 패턴화된 상기 산화아연 시드(220)들로부터 성장하여 형성되므로 수직하게 성장된 적어도 하나의 산화아연 나노 구조체(232)로 이루어지며, 상기 산화아연 시드(220)의 배열을 따라 규칙적으로 배열되며 패턴화되어 형성된다.

[68] 상기 수열합성법에 의한 상기 산화아연 나노 구조체 전극(230) 형성은 상기 산화아연 시드(220)가 형성된 상기 제1기판(200)을 수열합성 용액에 침지하여 이루어질 수 있다.

[69] 상기 수열합성 용액은 물, 상기 물과 반응하여 아연이온을 공급하는 아연이온 공급원 및 상기 물과 반응하여 수산화이온을 공급하는 수산화이온 공급원을 포함할 수 있다.

[70] 이때, 상기 아연이온 공급원은 아세트산 아연(Zinc acetate : $\text{Zn}(\text{O}_2\text{CCH}_3)_2$), 질산 아연(Zinc nitrate : $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$), 황산 아연(Zinc sulfate : ZnSO_4) 및 염화 아연(Zinc Chloride : ZnCl_2) 중 어느 하나일 수 있으며, 상기 수산화이온 공급원은

헥사메틸렌테트라아민(hexamethylenetetramine)일 수 있다.

- [71] 따라서, 본 발명의 일 실시예에 따른 산화아연 나노 구조체 전극 제조방법은 스탬프법, 산화이온 공급원 극성 용액의 산화 및 수열합성법 등으로 투명하고 플렉시블한 제1기판(200) 상에 산화아연 나노 구조체 전극(230)을 제조하는 방법을 제공한다.
- [72] 이와 같은 상기 산화아연 나노 구조체 전극 제조방법은 저온에서 실시됨으로써 상기 투명하고 플렉시블한 제1기판(200)이 손상되지 않은 제조방법을 제공한다.
- [73] 또한 상기 산화아연 나노 구조체 전극 제조방법은 습식 식각과 건식 식각을 포함하는 식각 공정, 포토리소그래피 공정 및 리프트 오프(lift-off) 공정 등 수용액(aqueous solution)을 이용하는 공정을 이용하지 않고, 비수용액(non-aqueous) 공정을 이용함으로써 상기 투명하고 플렉시블한 제1기판(200)이 화학적으로 손상되지 않은 제조방법을 제공한다.
- [74] 또한 상기 산화아연 나노 구조체 전극 제조방법은 적어도 하나의 산화아연 나노 구조체(232), 바람직하게는 복수 개의 산화아연 나노 구조체(232)로 이루어진 산화아연 나노 구조체 전극(230)을 제조하는 방법을 제공함으로써 표면적이 넓은 산화아연 나노 구조체 전극(230)을 제조하는 방법을 제공한다.
- [75] 또한 상기 산화아연 나노 구조체 전극 제조방법은 스탬프법으로 규칙적으로 배열된 아연 패턴(132)으로부터 유래된 산화아연 시드(220)로부터 성장하여 규칙적으로 배열되며 패턴화된 산화아연 나노 구조체 전극(230)을 제조하는 방법을 제공함으로써 제1기판(230)을 구부려도 상기 산화아연 나노 구조체 전극(230)들이 서로 부딪쳐 손상되지 않도록 하는 산화아연 나노 구조체 전극(230)을 제조하는 방법을 제공한다.
- [76]
- [77] 도 7 및 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 염료감응형 태양전지를 제조하는 방법을 보여주는 단면도이다.
- [78] 도 7 및 도 8을 참조하여 설명하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 염료감응형 태양전지를 제조하는 방법은 우선, 상기 도 1 내지 도 6을 참조하여 설명한 본 발명의 일 실시예에 따른 산화아연 나노 구조체 전극 제조방법에 따라 제조된 산화아연 나노 구조체 전극(230)이 형성된 제1기판(200)을 준비한다.
- [79] 이어서, 상기 산화아연 나노 구조체 전극(230)에 염료를 흡착시켜, 도 7에 도시된 바와 같이 상기 산화아연 나노 구조체 전극(230), 정확하게는 상기 산화아연 나노 구조체 전극(230)의 산화아연 나노 구조체(232)의 표면에 염료(240)가 흡착되도록 한다.
- [80] 상기 염료(240)는 광을 흡수하여 전자-정공 쌍을 생성하는 염료, 예컨대, 루테튬계 염료, 고분자 염료 또는 양자점을 응용한 염료 등을 이용할 수 있다. 이때, 상기 루테튬계 염료는 $\text{Ru}[\text{dcbpy}(\text{TBA})_2]_2(\text{NCS})_2$ 일 수 있으며, 상기 고분자 염료의 경우 P3HT-PCBM 코팅 고분자일 수 있고, 상기 양자점으로는 CdSe 또는 ZnSe가 사용될 수 있다.

- [81] 상기 산화아연 나노 구조체 전극(230)에 염료(240)를 흡착시키는 공정은 100°C 이하, 바람직하게는 60°C의 온도에서 약 2시간 정도 실시하거나, 상온에서 약 24시간 정도 실시할 수 있다.
- [82] 이어서, 상기 염료(240)가 흡착된 제1기판(200)과 제2기판(300)을 도 8에 도시된 바와 같이 체결 부재(250)을 이용하여 체결하여 밀봉하되, 상기 제1기판(200)과 제2기판(300) 사이에 전해액(260)이 충전되도록 체결하여 염료감응형 태양전지를 형성한다.
- [83] 상기 체결 부재(250)는 상기 제1기판(200)과 제2기판(300)을 체결하고, 동시에 밀봉하는 역할을 한다. 또한 상기 체결 부재(250)는 상기 제1기판(200)과 제2기판(300)의 사이를 일정 간격으로 유지하는 스페이서의 역할도 한다.
- [84] 상기 체결 부재(250)는 양면 테이프일 수도 있고, 접착력이 있는 유기물일 수 있다.
- [85] 상기 체결 부재(250)는 3 내지 6 μ m, 바람직하게는 4.5 μ m의 두께일 수 있으며, 이로 인해 상기 제1기판(200)과 제2기판(300)은 3 내지 6 μ m의 간격을 유지할 수 있다.
- [86] 상기 체결 부재(250)는 상기 제1기판(200)의 가장자리와 상기 제2기판(300)의 가장자리에 위치하여 상기 제1기판(200)과 제2기판(300)을 체결하는 형태로 구비될 수 있다.
- [87] 이때, 상기 제2기판(300)은 상기 제1기판(200)과 동일한 기판을 사용할 수 있다. 또한 상기 제2기판(300)은 금속 포일을 포함하는 플렉시블 기판을 사용할 수 있다. 즉, 상기 제2기판(300)은 투명 여부에 관계없이 플렉시블한 기판은 모두 사용할 수 있다.
- [88] 상기 제2기판(300)은 그 일측 표면, 바람직하게는 상기 제1기판(200)의 일측 표면과 대향하는 표면 상에 투명도전층(310) 및 상기 투명도전층(310) 상에 상대 전극(320)을 구비하고 있다.
- [89] 이때, 상기 투명도전층(310)은 상기 제1기판(200) 상의 투명도전층(310)과 같이 투명한 도전성 물질로 이루어질 수 있다. 한편, 상기 투명도전층(310)은 상기 제2기판(300)이 금속 포일과 같이 도전성 재질로 이루어진 경우에는 생략될 수도 있다.
- [90] 상기 상대 전극(320)은 상기 산화아연 나노 구조체 전극(230) 등과 같이 제1기판(200) 상의 전극의 일 함수를 고려하여 Pt층으로 이루어지는 것이 바람직하다.
- [91] 상기 전해액(260)은 염료감응형 태양전지에서 사용되는 어떤 전해액을 사용하여도 무방하다. 예컨대, 상기 전해액(260)은 1-헥실-2,3-디메틸 이미다졸 요오드(1-hexyl-2,3-dimethyl imidazolium iodide)을 사용할 수 있다.
- [92] 상기 전해액(260)은 상기 제1기판(200)과 제2기판(300)을 상기 체결 부재(250)로 체결한 후 상기 제1기판(200)과 제2기판(300) 사이의 공간 내에 주입될 수도 있다.

[93]

[94] 실험예 1

[95]

도 9a는 본 발명의 일 실시예에 따른 산화아연 나노 구조체 전극 제조방법에 의해 잘 배열되고 패턴화된 산화아연 나노 구조체 전극을 보여주는 사진이고, 도 9b는 패턴화되지 않은 산화아연 나노 구조체 전극을 보여주는 사진이고, 도 9c 및 도 9d는 본 발명의 패턴화된 산화아연 나노 구조체 전극과 패턴화되지 않은 산화아연 나노 구조체 전극의 투과율 및 흡광도를 측정한 결과를 보여주는 도들이다.

[96]

도 9a 내지 도 9d를 참조하여 설명하면, 도 9a에 도시된 사진은 기판(410) 상에 상기 도 1 내지 도 6를 참조하여 설명한 산화아연 나노 구조체 전극 제조방법에 의해 제조된 수직으로 잘 배열된 산화아연 나노 구조체(422)들로 이루어진 패턴화된 산화아연 나노 구조체 전극(420)들(이하, 본 발명의 산화아연 나노 구조체 전극(420)들이라 함)을 보여주고 있다.

[97]

이때, 상기 기판(410)은 PET 기판이고, 상기 PET 기판 상에는 투명도전층으로 ITO층이 형성되어 있다. 상기 초소수성 자기조립층(120)은 $\text{CF}_3(\text{CF}_2)_5(\text{CH}_2)_2\text{SiCl}_3$ (tridecafluoro-1,1,2,2-tetrahydrooctyltrichlorosilane)이고, 상기 스탬프법은 100°C에서 100bar의 압력으로, 20분간 가압하여 실시하였다.

[98]

상기 아연 패턴(132)을 산화아연 시드(220)로 형성하는 방법은 NH_4OH 을 포함하는 수산화이온 공급원 극성 용액에 2분간 침지하는 방법을 이용하였다. 상기 수열합성법은 물, 아세트산 아연 및 헥사메틸렌테트라아민을 포함하는 수열합성 용액을 이용하여 80°C의 온도에서 4시간 동안 실시하였다.

[99]

도 9b에 도시된 사진은 기판(510) 상에 일반적인 산화아연 나노 구조체를 제조하는 방법(예컨대, 아연 나노 입자를 스핀 코팅하여 산화아연 나노 구조체를 제조하는 방법 또는 산화 아연을 증착하여 산화아연 나노 구조체를 제조하는 방법)으로 산화아연 나노 구조체(522)를 형성한 것으로, 상기 산화아연 나노 구조체(522)가 잘 배열되지도 않고, 또한, 본 발명과 같이 패턴화가 이루어지지 않아 기판(510) 상에는 무질서하게 형성된 복수 개의 산화아연 나노 구조체(522), 즉, 잘 배열되지도 않고 패턴화되지도 않은 산화아연 나노 구조체 전극(520)(이하, 종래의 산화아연 나노 구조체 전극(520)이라 함)이 형성된 것을 보여주고 있다.

[100]

도 9c에 도시된 그래프는 각각의 기판 상에 형성된 본 발명의 산화아연 나노 구조체 전극(420)과 종래의 산화아연 나노 구조체 전극(520)의 투과율을 보여주는 그래프이다. 도 9c에 도시된 그래프에 의하면, 태양 광의 가시광선 영역(약 380nm 내지 760nm)을 포함하는 측정된 전 영역의 파장대에서 본 발명의 산화아연 나노 구조체 전극(420)의 투과율(G1)이 종래의 산화아연 나노 구조체 전극(520)의 투과율(G2) 보다 더 높은 것을 알 수 있다.

[101]

또한, 본 발명의 산화아연 나노 구조체 전극(420)의 투과율(G1)과 기판(410)(이때 상기 기판(410)은 PET 기판으로 이루어지며, 상기 PET 기판 상에

ITO층이 형성되어 있음) 자체의 투과율(G3)을 비교하여 볼 때, 두 투과율의 차이가 많이 나지 않은 것으로 보아 본 발명의 산화아연 나노 구조체 전극(420) 자체의 투과율은 상당히 높은 것으로 해석될 수 있다. 즉, 두 투과율의 차이(즉, G3-G1)가 본 발명의 산화아연 나노 구조체 전극(420)이 광의 투과를 방해하는 정도라고 볼 수 있는데, 상기 두 투과율의 차이가 적은 것으로 보아 본 발명의 산화아연 나노 구조체 전극(420)의 투과율은 높은 것으로 해석될 수 있다.

[102] 도 9d에 도시된 그래프는 본 발명의 산화아연 나노 구조체 전극(420)과 종래의 산화아연 나노 구조체 전극(520)의 염료 흡착후 흡광도를 나타내는 것으로 본 발명의 산화아연 나노 구조체 전극(420)의 흡광도(G4)가 종래의 산화아연 나노 구조체 전극(520)의 흡광도(G5) 보다 낮은 것으로 보여주고 있다. 이는 본 발명의 산화아연 나노 구조체 전극(420)이 수직으로 잘 배열되어 패턴화되어 있기 때문에 종래의 산화아연 나노 구조체 전극(520)에 비해 전체 표면적이 상대적으로 적아, 흡착된 염료의 양이 상대적으로 적기 때문이다.

[103] 그러나, 본 발명의 정렬된 산화아연 나노 구조체 전극(420)과 종래의 무질서하게 성장된 산화아연 나노 구조체 전극(520)을 태양전지에 적용할 경우, 염료의 양에 따른 효율 변화보다는 형성된 전극에 따른 효율차이를 보인다. 무질서하게 성장된 산화아연 나노 구조체 전극의 경우 반복적인 굽힘에 따른 나노 구조체간의 충돌 및 염료와의 응집문제에 의해 높은 염료 흡착량을 보임에도 낮은 효율을 보이게 된다. 반면, 정렬된 산화아연 나노 구조체 전극은 반복적인 굽힘에도 굽힘에 따른 전극 스트레스의 영향을 분산시킴으로써 파괴되지 않고, 안정적으로 전자를 수송할 수 있는 층을 형성함으로써 높은 효율을 계속 유지할 수 있는 장점을 가지고 있다.

[104]

[105] 실험예 2

[106] 도 10은 본 발명의 일 실시예에 따른 염료감응형 태양전지를 제조하는 방법에 의해 제조된 염료감응형 태양전지를 벤딩한 후의 단면도이고, 도 11은 본 발명의 일 실시예에 따른 염료감응형 태양전지를 제조하는 방법에 의해 제조된 염료감응형 태양전지를 벤딩한 후 그 성능을 측정하는 모습을 보여주는 실제 사진이다.

[107] 도 10 및 도 11을 참조하여 설명하면, 도 10은 도 7 및 도 8을 참조하여 설명한 본 발명의 일 실시예에 따른 염료감응형 태양전지를 제조하는 방법에 의해 제조된 염료감응형 태양전지를 벤딩하는 경우의 단면을 보여주는 것으로, 산화아연 나노 구조체 전극(230)은 패턴화되어 있기 때문에 상기 염료감응형 태양전지를 벤딩하여도 이웃하는 산화아연 나노 구조체 전극(230)들과 부딪치지 않아 부서지지 않게 된다. 이로 인해 하기 표 1과 같이 본 발명의 일 실시예에 따른 염료감응형 태양전지를 제조하는 방법에 의해 제조된 염료감응형 태양전지는 여러 번 벤딩을 반복하는 경우에도 그 성능이 저하되는 일이 없게 된다.

[108] 이때, 상기 염료(232)는 $\text{Ru}[\text{dcbpy}(\text{TBA})_2]_2(\text{NCS})_2$ 을 사용하였고, 상기

전해액(260)은 1-헥실-2,3-디메틸 이미다졸 요오드(1-hexyl-2,3-dimethyl imidazolium iodide)를 사용하였고, 상기 제2기판(300)은 PET 기판을, 상기 투명도전층(310)은 ITO층을, 상기 상대 전극(320)은 Pt층을 이용하였다.

[109]

[110] 표 1

[Table 1]

벤딩 횟수	$V_{oc}(V)$	$J_{sc}(mA/cm^2)$	FF(%)	$\eta(\%)$
1	0.56	9.85	52.5	2.91
10	0.55	9.86	51.89	2.79
50	0.55	9.54	52.36	2.75
100	0.55	9.11	52.92	2.64
300	0.56	9.32	53.30	2.79
500	0.55	8.85	52.23	2.56

[111] 즉, 표 1에서 개시하는 바와 같이 회로가 개방된 상태에서 광을 받았을 때, 상기 투명도전층(210)과 상대 전극(320) 사이에 형성되는 열린 회로 전압($V_{oc}(V)$), 회로가 단락된 상태에서 광을 받았을 때 나타나는 역방향(음의 값)의 전류밀도($J_{sc}(mA/cm^2)$), 최대전력점에서 전류밀도와 전압값의 곱($V_{mp} \cdot J_{mp}$)을 전위차와 전류밀도의 곱을 나눈 값인 필팩터(fill factor : FF(%)) 및 염료감응형 태양전지에 의해 생산된 최대 전력과 입사된 태양광에 의해 생성될 수 있는 최대 전력량과의 비율인 염료감응형 태양전지 효율($\eta(\%)$)이 500회까지 벤딩한 후 측정하여도 거의 변화가 없는 것으로 보아 벤딩에 의한 성능 저하가 거의 없는 것을 알 수 있다.

[112] 이를 통해 본 발명의 일 실시예에 따른 염료감응형 태양전지를 제조하는 방법에 의해 제조된 염료감응형 태양전지는 플렉시블한 염료감응형 태양전지로 벤딩 후에도 그 특성을 거의 유지하는 안정적인 염료감응형 태양전지인 것을 알 수 있다.

[113] 이상 본 발명을 상기 실시예들을 들어 설명하였으나, 본 발명은 이에 제한되는 것이 아니다. 당업자라면, 본 발명의 취지 및 범위를 벗어나지 않고 수정, 변경을 할 수 있으며 이러한 수정과 변경 또한 본 발명에 속하는 것임을 알 수 있을 것이다.

[114]

[115] [부호의 설명]

[116] 200: 제1기판 210, 310: 투명도전층

[117] 232: 산화아연 나노 구조체 230: 산화아연 나노 구조체 전극

[118] 240: 염료 250: 체결 부재

- [119] 260 : 전해액 300 : 제2기판
- [120] 320 : 상대전극

청구범위

- [청구항 1] 스탬프 패턴(stamp pattern)을 구비한 캐리어 기판 상에 초소수성 자기조립층 및 아연층을 순차적으로 형성하는 단계;
상기 캐리어 기판의 아연층과 제1기판을 대면하도록 배치하고, 스탬프법을 실시하여 상기 제1기판 상에 적어도 하나의 아연 패턴을 형성하는 단계;
상기 아연 패턴을 산화시켜 산화아연 시드를 형성하는 단계; 및 수열합성법을 이용하여 상기 산화아연 시드로부터 적어도 하나의 산화아연 나노 구조체를 성장시켜 상기 적어도 하나의 산화아연 나노 구조체로 이루어진 산화아연 나노 구조체 전극을 형성하는 단계;를 포함하는 산화아연 나노 구조체 전극 제조방법.
- [청구항 2] 제 1 항에 있어서,
상기 제1기판은 투명한 플렉시블 기판 및 상기 플렉시블 기판의 표면 상에 위치한 투명도전층을 포함하며, 상기 아연 패턴은 상기 투명도전층 상에 위치하는 산화아연 나노 구조체 전극 제조방법.
- [청구항 3] 제 2 항에 있어서,
상기 투명한 플렉시블 기판은 박형 유리 기판, PET(Polyethylene Terephthalate) 기판, PC(Polycarbonate) 기판, PES(Polyether Sulfone) 기판, PI(Polyimide) 기판, 폴리노르보넨(Polynorbonene) 기판 및 PEN(Polyethylene Naphthalate) 기판 중 어느 하나인 산화아연 나노 구조체 전극 제조방법.
- [청구항 4] 제 1 항에 있어서,
상기 아연 패턴을 산화시켜 산화아연 시드를 형성하는 단계는 상기 아연 패턴이 형성된 제1기판을 수산화이온 공급원 극성 용액에 침지하여 상기 아연 패턴을 산화시켜 산화아연 시드를 형성하는 단계인 산화아연 나노 구조체 전극 제조방법.
- [청구항 5] 제 4 항에 있어서,
상기 수산화이온 공급원 극성 용액은 NH_4OH , KOH , LiOH 및 NaOH 중 어느 하나를 포함하는 산화아연 나노 구조체 전극 제조방법.
- [청구항 6] 제 1 항에 있어서,
상기 수열합성법을 이용하여 상기 산화아연 시드로부터 적어도 하나의 산화아연 나노 구조체를 성장시켜 상기 적어도 하나의 산화아연 나노 구조체로 이루어진 산화아연 나노 구조체 전극을 형성하는 단계는
상기 산화아연 시드가 형성된 제1기판을 수열합성 용액에 침지하여 이루어지며, 상기 수열합성 용액은 물, 상기 물과

반응하여 아연이온을 공급하는 아연이온 공급원 및 상기 물과 반응하여 수산화이온을 공급하는 수산화이온 공급원을 포함하는 산화아연 나노 구조체 전극 제조방법.

[청구항 7]

제 6 항에 있어서,

상기 아연이온 공급원은 아세트산 아연(Zinc acetate : $\text{Zn}(\text{O}_2\text{CCH}_3)_2$), 질산 아연(Zinc nitrate : $\text{Zn}(\text{NO}_3)_2$), 황산 아연(Zinc sulfate : ZnSO_4) 및 염화 아연(Zinc Chloride : ZnCl_2) 중 어느 하나인 산화아연 나노 구조체 전극 제조방법.

[청구항 8]

제 6 항에 있어서,

상기 수산화이온 공급원은 헥사메틸렌테트라아민(hexamethylenetetramine)인 산화아연 나노 구조체 전극 제조방법.

[청구항 9]

스탬프 패턴(stamp pattern)을 구비한 캐리어 기판 상에 초소수성 자기조립층 및 아연층을 순차적으로 형성하는 단계;

상기 캐리어 기판의 아연층과 제1기판을 대면하도록 배치하고, 스탬프법을 실시하여 상기 제1기판 상에 적어도 하나의 아연 패턴을 형성하는 단계;

상기 아연 패턴을 산화시켜 산화아연 시드를 형성하는 단계;

수열합성법을 이용하여 상기 산화아연 시드로부터 적어도 하나의 산화아연 나노 구조체를 성장시켜 상기 적어도 하나의 산화아연 나노 구조체로 이루어진 산화아연 나노 구조체 전극을 형성하는 단계;

상기 산화아연 나노 구조체 전극에 염료를 흡착시키는 단계; 및 상기 염료가 흡착된 제1기판과 제2기판 사이에 전해액이 충전되도록 체결하여 밀봉하는 단계;를 포함하는 염료감응형 태양전지 제조방법.

[청구항 10]

제 9 항에 있어서,

상기 제2기판은 상기 제1기판과 대향하는 표면 상에 Pt층을 더 포함하는 염료감응형 태양전지 제조방법.

[청구항 11]

제 10 항에 있어서,

상기 제2기판은 투명한 플렉시블 기판과 상기 플렉시블 기판의 표면 상에 위치한 투명도전층을 포함하며, 상기 Pt층은 상기 투명도전층 상에 위치하는 염료감응형 태양전지 제조방법.

[청구항 12]

제 10 항에 있어서,

상기 제2기판은 도전성의 플렉시블 기판인 염료감응형 태양전지 제조방법.

[청구항 13]

제 9 항에 있어서,

상기 제1기판과 제2기판을 체결하여 밀봉하는 단계는

[청구항 14]

상기 제1기판의 가장자리와 제2기판의 가장자리 사이에 체결 부재로 체결하여 밀봉하되, 상기 제1기판과 제2기판은 일정 간격으로 이격되어 체결되는 염료감응형 태양전지 제조방법.

제1기판; 및

상기 제1기판 상에 위치하며, 적어도 하나의 산화아연 나노 구조체로 이루어진 패턴화된 적어도 하나의 산화아연 나노 구조체 전극;을 포함하는 염료감응형 태양전지.

[청구항 15]

제 14 항에 있어서,

상기 산화아연 나노 구조체 전극의 산화아연 나노 구조체의 표면에 흡착된 염료;

상기 제1기판과 대향하는 제2기판;

상기 제1기판과 제2기판을 체결하고 밀봉하는 체결 부재; 및

상기 제1기판과 제2기판 사이에 채워진 전해액;을 더 포함하는 염료감응형 태양전지.

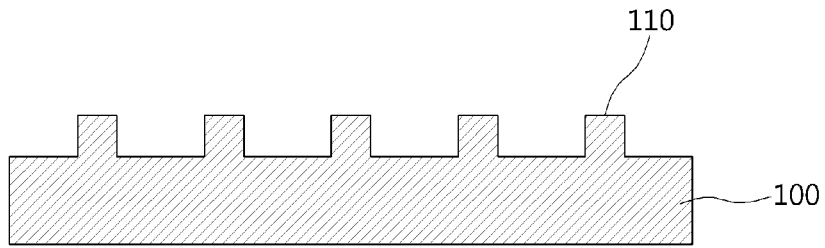
[청구항 16]

제 15 항에 있어서,

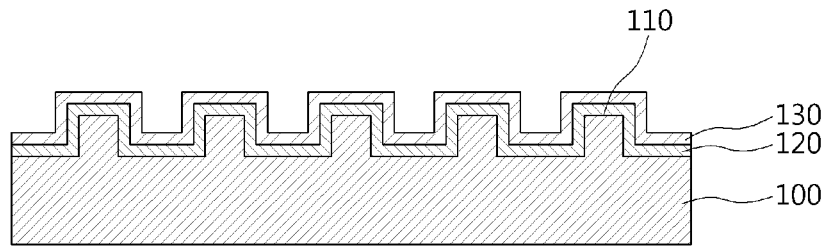
상기 제1기판은 투명한 플렉시블 기판을 포함하고, 상기

제2기판은 플렉시블 기판을 포함하는 염료감응형 태양전지.

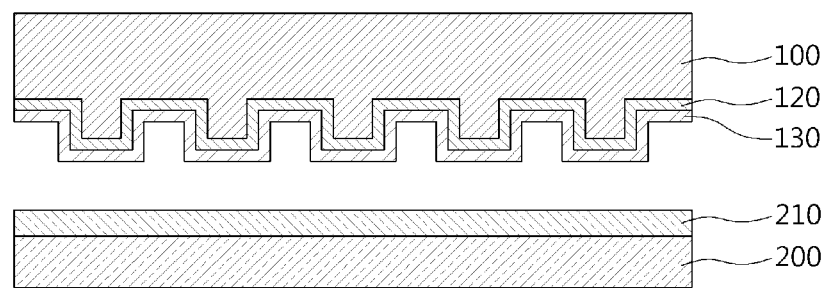
[Fig. 1]



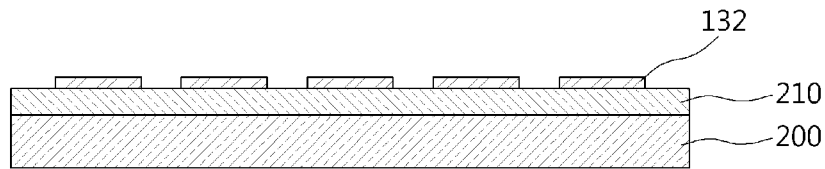
[Fig. 2]



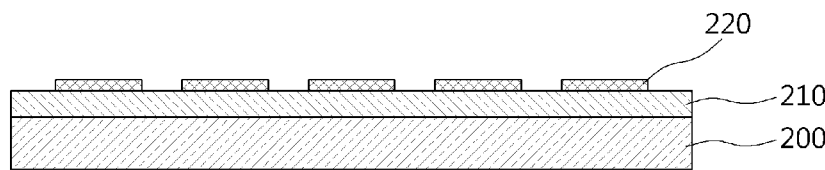
[Fig. 3]



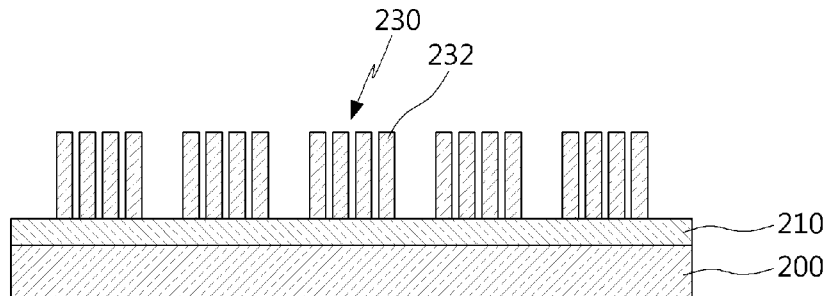
[Fig. 4]



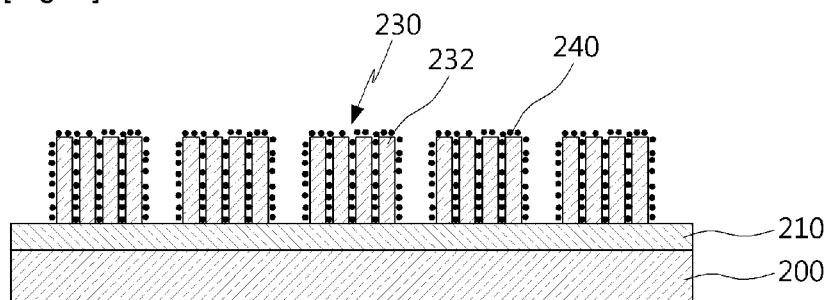
[Fig. 5]



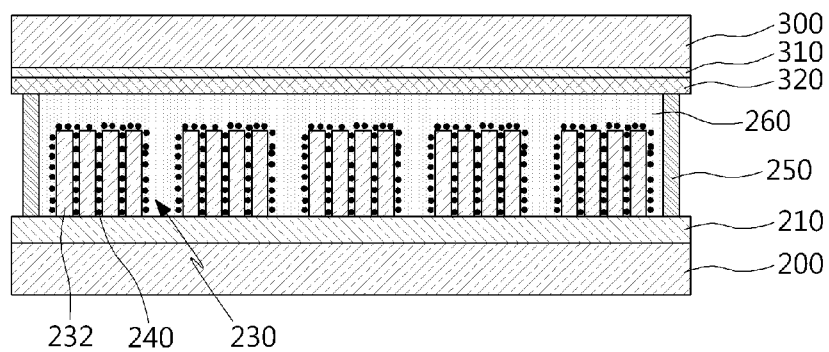
[Fig. 6]



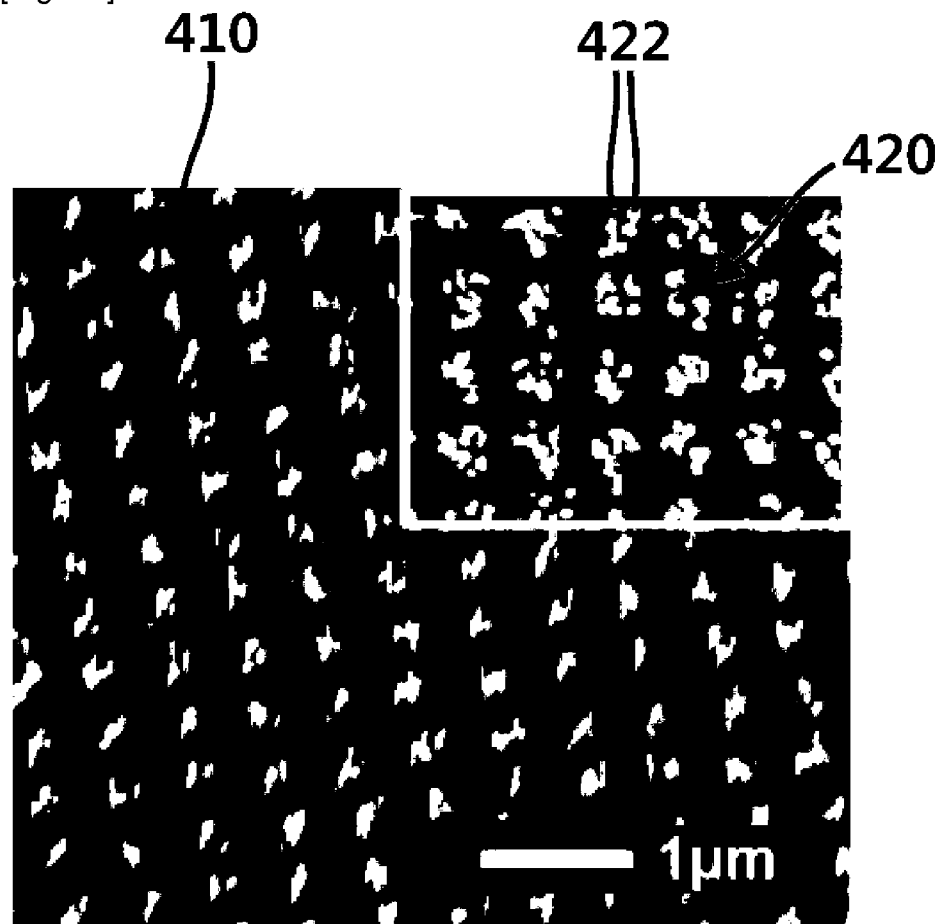
[Fig. 7]



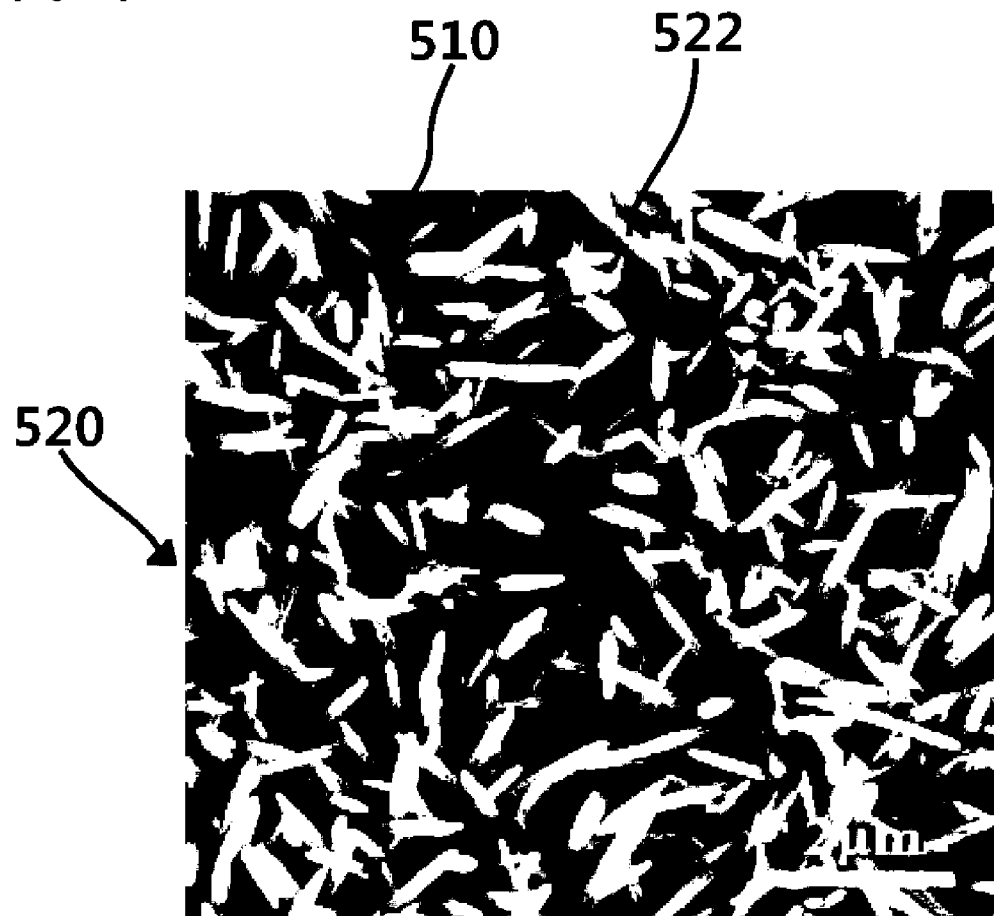
[Fig. 8]



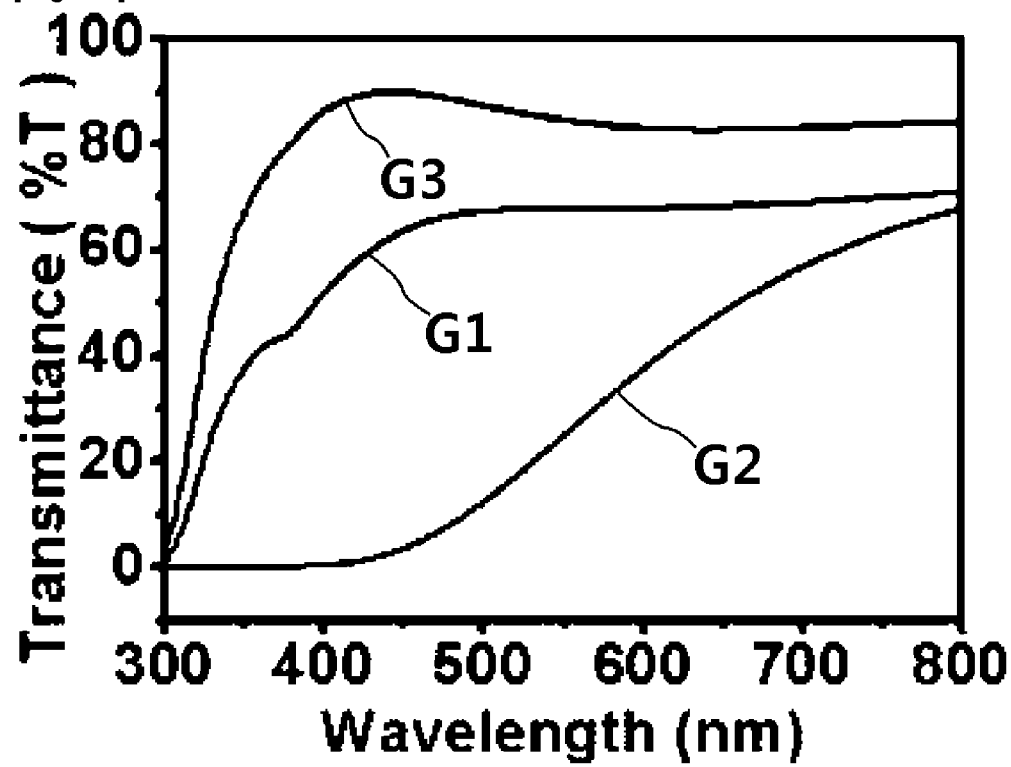
[Fig. 9a]



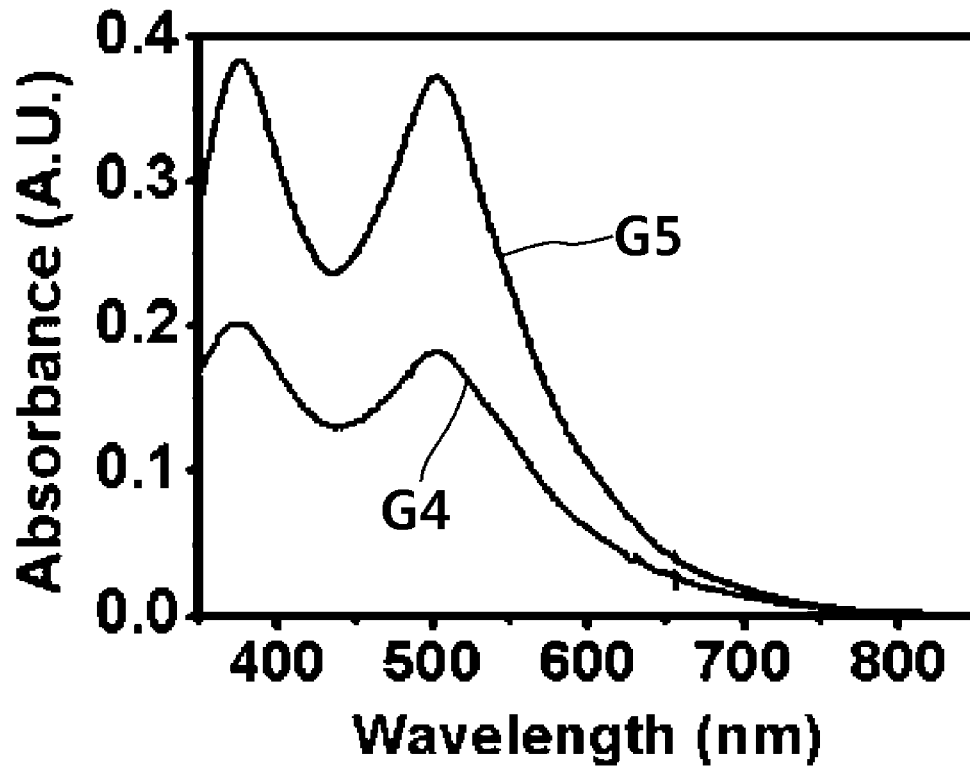
[Fig. 9b]



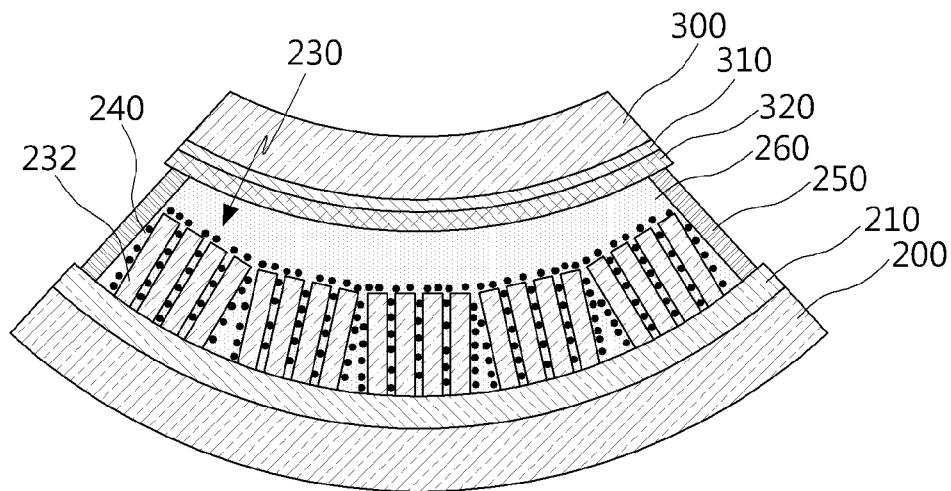
[Fig. 9c]



[Fig. 9d]



[Fig. 10]



[Fig. 11]

