

(12) 특허협력조약에 의하여 공개된 국제출원

(19) 세계지식재산권기구
국제사무국



(43) 국제공개일
2012년 5월 3일 (03.05.2012)

PCT

(10) 국제공개번호
WO 2012/057504 A2

- (51) 국제특허분류:
H01L 31/042 (2006.01) *H01L 31/0236* (2006.01)
- (21) 국제출원번호: PCT/KR2011/007993
- (22) 국제출원일: 2011년 10월 25일 (25.10.2011)
- (25) 출원언어: 한국어
- (26) 공개언어: 한국어
- (30) 우선권정보:
10-2010-0103904 2010년 10월 25일 (25.10.2010) KR
- (71) 출원인 (US 을(를) 제외한 모든 지정국에 대하여): **서울대학교산학협력단 (SNU R&DB FOUNDATION)** [KR/KR]; 서울 관악구 신림동 산 56-1, 151-742 Seoul (KR).
- (72) 발명자: **김**
- (75) 발명자/출원인 (US 에 한하여): **이규철 (YI, Gyuchul)** [KR/KR]; 서울특별시 송파구 잠실동 레이크팰리스 104동 2503호, 138-220 Seoul (KR). **김용진 (KIM, Yongjin)** [KR/KR]; 서울특별시 관악구 봉천 6동 148-150번지, 151-050 Seoul (KR). **이철호 (LEE, Chul-ho)** [KR/KR]; 서울특별시 관악구 봉천 6동 148-15번지, 151-050 Seoul (KR).
- (74) 대리인: **홍장원 (HONG, Jangwon)**; 서울 서초구 서초동 1623-10 영진빌딩 6층 하나국제특허법률사무소, 137-070 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, QA, RO, RS, RU, RW, 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, RW, 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).

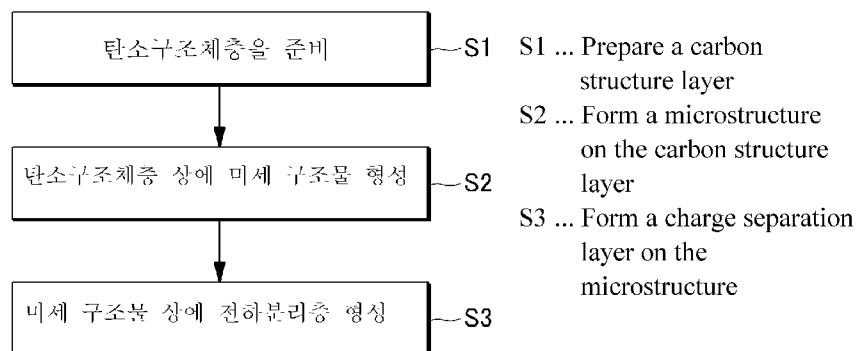
공개:

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

(54) Title: SOLAR CELL AND METHOD FOR MANUFACTURING SAME

(54) 발명의 명칭 : 태양전지 및 그 제조 방법

[Fig. 1]



(57) Abstract: The present invention provides a solar cell and a method for manufacturing same, the solar cell comprising: a carbon structure layer; a microstructure formed on the carbon structure layer; and a charge separation layer which includes a charge separation junction part and which is formed on the surface of the microstructure.

(57) 요약서: 본원은 탄소구조체층과, 상기 탄소구조체층 상에 형성되어 있는 미세 구조물과, 상기 미세 구조물 표면에 형성되어 있는, 전하분리접합부를 포함하는 전하분리층을 포함하는 태양전지 및 이의 제조방법을 제공한다.

WO 2012/057504 A2

명세서

발명의 명칭: 태양전지 및 그 제조 방법

기술분야

- [1] 본원은 탄소구조체층 상에 형성되어 있는 미세 구조물을 포함하는, 태양전지 및 이의 제조 방법에 관한 것이다.

배경기술

- [2] 최근 심각한 환경 오염 문제와 화석 에너지 고갈로 차세대 청정 에너지 개발에 대한 중요성이 증대되고 있다. 그 중에서 태양전지는 공해가 적고, 자원이 무한적이며 반 영구적인 수명을 가지고 있어 미래 에너지 문제를 해결할 수 있는 에너지원으로 기대되고 있다.
- [3] 태양전지는 태양광을 전기로 전환시키는 소자로 이용된다. 하지만, 박막 태양 전지는 종래의 기술에 비해서 비용, 효율 등에 있어서 상대적으로 경쟁력이 떨어지기 때문에, 아직 널리 활용되지 않고 있으며, 박막 태양 전지 기술이 활용되고 있는 범위는 크게 한정되어 있다.
- [4] 태양전지에서 효율이 한정되는 대표적인 요인은 물질 내부의 구조적인 결함이다. 태양전지에서 생성된 광전하(photo-induced carrier, electron and hole)가 태양전지 내부의 점결함(point defect), 선결함(dislocation), 적층 결함(stacking fault), 및 그레인 경계(grain boundary)등에서 포획되고(trapped) 광전하의 재결합(recombination)되는 과정에 의해 상기 박막 태양 전지 효율은 제한된다. 따라서, 이런 구조적인 결함이 없는 물질에서는 광전하의 확산거리가 길어져 태양전지의 효율을 향상시킬 수 있을 것이다.
- [5] 이에, 상기 언급한 문제점을 해결할 수 있는 고효율의 태양전지로서, 간단한 제조 방법에 의해 저렴하고, 다양한 성질을 가지는 대면적의 기판 상에 형성된 고효율의 태양전지가 필요한 실정이다.

발명의 상세한 설명

기술적 과제

- [6] 이에, 본원은 탄소구조체층을 포함하는 태양전지를 제공하고자 한다. 보다 구체적으로, 상기 탄소구조체층 상에 형성되어 있는 미세 구조물을 포함하는, 태양전지를 제공하고자 한다.
- [7] 그러나, 본원이 해결하고자 하는 과제는 이상에서 기술한 과제로 제한되지 않으며, 기술되지 않은 또 다른 과제들은 아래의 기재로부터 당업자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제 해결 수단

- [8] 상기와 같은 목적을 달성하기 위하여, 본원의 일 측면은, 탄소구조체층과, 상기 탄소구조체층 상에 형성되어 있는 미세 구조물과, 상기 미세 구조물 표면에 형성되어 있는, 전하분리접합부를 포함하는 전하분리층을 포함하는 태양전지를

제공한다.

- [9] 본원의 다른 측면은, 탄소구조체층을 준비하는 단계와, 상기 탄소구조체층 상에 미세 구조물을 성장시키는 단계와, 상기 미세 구조물 표면에 전하분리층을 형성하는 단계를 포함하는 태양전지의 제조 방법을 제공한다.

발명의 효과

- [10] 본원은 탄소구조체층 상에 우수한 결정성을 가지는 미세 구조물을 형성하여 전기적 성질 및 광학적 성질이 향상된 태양전지를 제공하며, 상기 태양전지의 전하분리접합부의 접촉면적을 증가시켜 태양전지의 효율을 향상시킬 수 있다. 또한 기존의 태양전지와 달리 평평한 표면이 아닌 요철 형태의 미세 구조물을 사용함으로써, 빛의 흡수 효율을 향상시킬 수 있다.
- [11] 또한 상기 태양전지의 탄소구조체는 전기 전도도가 우수하여 기판인 동시에 전극으로 사용이 가능할 뿐만 아니라, 가격이 저렴한 기판 상으로 전사가 용이하여 태양전지의 제조 단가를 낮출 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [12] 도 1은 본원의 일 구현예에 따른 미세 구조물을 포함하는 태양전지의 제조 방법을 설명하는 흐름도이다.
- [13] 도 2는 본원의 일 구현예에 따른 다양한 미세 구조물의 단면을 나타낸 그림이다.
- [14] 도 3은 본원의 일 구현예에 따른 개구부를 포함하는 마스크층을 이용하여 미세 구조물의 위치 제어를 설명하는 단면도이다.
- [15] 도 4는 본원의 일 구현예에 따른 태양전지의 전하분리 접합부를 나타내는 단면도이다.
- [16] 도 5는 본원의 일 구현예에 따른 태양전지의 절연층의 다양한 형태를 보여주는 단면도이다.
- [17] 도 6은 본원의 일 구현예에 따른 다양한 위치에 전극이 형성되어 있는 태양전지의 단면도이다.
- [18] 도 7은 본원의 일 구현예에 따른 태양전지의 전사과정을 설명하는 그림이다.

발명의 실시를 위한 최선의 형태

- [19] 이하, 첨부한 도면을 참조하여 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 본원의 구현예 및 실시예를 상세히 설명한다.
- [20] 그러나 본원은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 구현예 및 실시예에 한정되지 않는다. 그리고 도면에서 본 발명을 명확하게 설명하기 위해서 설명과 관계없는 부분은 생략하였으며, 명세서 전체를 통하여 유사한 부분에 대해서는 유사한 도면 부호를 붙였다.
- [21] 본원 명세서 전체에서, 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함"한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른

구성 요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미한다.

- [22] 본 명세서에서 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.
- [23] 본 명세서에서 사용되는 "그래핀(graphene)" 이라는 용어는 복수개의 탄소원자들이 서로 공유결합으로 연결되어 폴리시클릭 방향족 분자를 형성하는 그래핀이 층 또는 시트 형태를 형성한 것으로서, 상기 공유결합으로 연결된 탄소원자들은 기본 반복단위로서 6 원환을 형성하나, 5 원환 및/또는 7 원환을 더 포함하는 것도 가능하다. 따라서 상기 그래핀은 서로 공유 결합된 탄소원자들(통상 sp^2 결합)의 단일층으로서 보이게 된다. 상기 그래핀은 다양한 구조를 가질 수 있으며, 이와 같은 구조는 그래핀 내에 포함될 수 있는 5 원환 및/또는 7 원환의 함량에 따라 달라질 수 있다. 상기 그래핀은 상술한 바와 같은 그래핀의 단일층으로 이루어질 수 있으나, 이들이 여러 개 서로 적층되어 복수층을 형성하는 것도 가능하며, 통상 상기 그래핀의 측면 말단부는 수소원자로 포화될 수 있다.
- [24] 본원의 일 측면에 따른 태양전지는 탄소구조체층; 상기 탄소구조체층 상에 형성되어 있는 미세 구조물; 상기 미세 구조물 표면에 형성되어 있는, 전하분리접합부를 포함하는 전하분리층을 포함한다.
- [25] 예시적 구현예에 있어서, 상기 태양전지는 상기 전하분리층 상에 형성된 제 1 전극층을 추가 포함할 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다. 일 구현예에 있어서, 상기 탄소구조체층과 상기 제 1 전극층 사이에 위치한 절연층을 추가 포함할 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다. 상기 절연층의 재료는 특별히 한정되지 않으며, 예를 들어, 실리카, 알루미나, 티타니아, 플라이트, 코디어라이트, 스피넬, 제오라이트, 포스테라이트 등의 산화물, 탄화붕소 등의 탄화물, 질화실리콘이나 질화붕소, 질화알루미늄 등의 질화물, 불화마그네슘, 불화알루미늄 등의 불화물, 폴리비닐페놀, 폴리이미드, 폴리메틸메타크릴레이트, 폴리스틸렌, 폴리비닐알코올, 폴리비닐아세테이트, 또는 폴리이소부틸렌으로 대표되는 폴리올레핀계 폴리머, 또는 이들의 공중합체일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [26] 예시적 구현예에 있어서, 상기 태양전지는 상기 탄소구조체층의 표면 상에 형성된 제 2 전극층을 추가 포함할 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다. 상기 제 1 전극층 및/또는 상기 제 2 전극층은 도전성을 지닌 재료로서 당업자가 통상적으로 전극으로 사용할 수 있는 것이라면, 제한없이 사용가능하다. 상기 전극층의 비제한적인 예시로는 금속, ITO(indium tin oxide), IZO(indium zinc oxide), AZO(aluminum zinc oxide), IZTO(indium zinc tin oxide) 등의 투명전도성산화물(TCO), 도전성 폴리머, 그래핀 또는 그래파이트 등이 사용될

수 있다. 예컨대, 상기 금속은 Ag, Au, Ni, Ti, Cr 등일 수 있다.

- [27] 예시적 구현예에 있어서, 상기 탄소구조체층은 그래핀(graphene), 그래파이트(graphite)를 포함할 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다. 일 구현예에 있어서, 상기 그래핀 또는 그래파이트는 단층 또는 복수층일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [28] 예시적 구현예에 있어서, 상기 태양전지는 상기 탄소구조체층 하부에 기판을 추가 포함할 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다. 일 구현예에 있어서, 상기 탄소구조체층은 상기 기판과 분리되어 목적 기판 상으로 쉽게 전사할 수 있는 것을 포함할 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다. 상기 기판의 재료로서 금속, 유리, 수지 등의 어떠한 재료도 사용 가능하다. 일 구현예에 있어서, 상기 기판의 재료는 실리콘, 실리콘카바이드, 비소화갈륨, 스피넬, 인화인듐, 인화갈륨, 인화알루미늄, 질화갈륨, 질화인듐, 질화알루미늄, 산화아연, 산화마그네슘, 산화알루미늄, 산화티타늄, 사파이어, 퀴즈, 파이렉스 또는 금속(예: Au, Pt, Al, Ni, Ti, Pd 및 이들의 합금)을 사용할 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [29] 예시적 구현예에 있어서, 상기 전하분리층은 한 개 또는 복수개의 층을 포함할 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [30] 예시적 구현예에 있어서, 상기 태양전지는 상기 탄소구조체층과 상기 미세 구조물사이에 위치하며, 하나 이상의 개구부를 가지는 마스크층을 추가 포함할 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다. 상기 개구부는 상기 마스크층을 전자빔 리소그래피, 포토리소그래피, 레이저 간섭 리소그래피, 나노임프린트, 템플릿 및 이들의 조합으로 이루어진 군에서 선택되는 방법을 사용하여 형성할 수 있다.
- [31] 예시적 구현예에 있어서, 상기 전하분리접합부는 상기 미세 구조물과 상기 박막의 계면 및/또는 상기 복수개의 전하분리층의 각각의 계면에 형성되어 있는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [32] 예시적 구현예에 있어서, 상기 미세 구조물은 미세 막대, 미세 바늘, 미세 튜브, 미세 벽 및 이들의 조합으로 이루어진 군에서 선택되는 것을 포함할 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다. 예를 들어, 상기 미세 구조물의 단면 모양은 원형, 삼각형, 사각형, 오각형, 육각형, 칠각형, 팔각형, 구각형, 십각형, 사디리꼴, 마름모 및 평행사변형 등과 같은 다각형, 타원, 반달, 초생달, 꽃모양 및 별 모양 등과 같은 복합 도형, 직선형 및 곡선형 도랑(trench) 형태 등 다양한 기하학적 형태를 가질 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [33] 예시적 구현예에 있어서, 상기 미세 구조물은 금속 또는 반도체 중 적어도 어느 하나로 이루어진 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다. 일 구현예에서, 상기 금속은 Mg, Cd, Ti, Li, Cu, Al, Ni, Y, Ag, Mn, V, Fe, La, Ta, Nb, Ga, In, S, Se, P, As, Co, Cr, B, N, Sb 및 이들의 조합으로 이루어진 군에서 선택되는 것일 수 있으나, 이에 제한되지 않는다. 일 구현예에서, 상기 반도체는 산화물, 질화물, 카바이드, III-V족 또는 II-VI족 화합물, 또는 실리콘 계열의 반도체로 이루어진 것을 포함할 수 있으나, 이에 제한되지 않는다. 보다 구체적으로, 상기 미세

구조물은 실리콘, 산화아연, 산화아연마그네슘, 산화아연카드뮴, 산화아연마그네슘카드뮴, 산화아연베릴륨, 산화아연마그네슘베릴륨, 산화아연망간, 산화아연마그네슘망간, 질화갈륨, 질화알루미늄, 질화갈륨알루미늄, 및 질화인듐갈륨으로 이루어진 군에서 선택된 하나 이상의 원소를 포함하는 것일 수 있으나, 이에 제한되지 않는다.

- [34] 예시적 구현예에 있어서, 상기 전하분리층은 금속 또는 반도체 중 적어도 어느 하나로 이루어진 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다. 일 구현예에서, 상기 금속은 Mg, Cd, Ti, Li, Cu, Al, Ni, Y, Ag, Mn, V, Fe, La, Ta, Nb, Ga, In, S, Se, P, As, Co, Cr, B, N, Sb 및 이들의 조합으로 이루어진 군에서 선택되는 것일 수 있으나, 이에 제한되지 않는다. 일 구현예에서, 상기 반도체는 산화물, 질화물, 카바이드, III-V족 또는 II-VI족 화합물, 또는 실리콘 계열의 반도체로 이루어진 것을 포함할 수 있으나, 이에 제한되지 않는다.
- [35] 예시적 구현예에 있어서, 상기 미세구조물은 상기 탄소구조체층 상의 데미지(damage) 상에 형성되어 있을 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다. 예를 들어, 상기 탄소구조체층 상의 데미지는 상기 미세 구조물이 성장할 수 있는 씨드(seed)층의 기능을 수행할 수 있다.
- [36] 예시적 구현예에 있어서, 상기 탄소구조체층은 상기 태양전지의 전극일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다. 예를 들어, 상기 탄소구조체층은 전극의 기능과 동시에 기판의 기능을 할 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [37] 본원의 다른 측면에 따른 태양전지의 제조 방법은 탄소구조체층을 준비하는 단계; 상기 탄소구조체층 상에 미세 구조물을 성장시키는 단계; 상기 미세 구조물 표면에 전하분리층을 형성하는 단계: 를 포함한다.
- [38] 예시적 구현예에 있어서, 상기 태양전지의 제조 방법은 상기 전하분리층 상에 제 1 전극층을 형성하는 단계를 추가 포함할 수 있다. 일 구현예에 있어서, 상기 전하분리층의 형성 이전 또는 후에 상기 탄소구조체층과 상기 제 1 전극층 사이에 절연층을 형성하는 단계를 추가 포함할 수 있으나, 이에 제한되지 것은 아니다.
- [39] 예시적 구현예에 있어서, 상기 태양전지의 제조 방법은 상기 탄소구조체층의 표면 상에 제 2 전극층을 형성하는 단계를 추가 포함할 수 있다.
- [40] 예시적 구현예에 있어서, 상기 탄소구조체층 상에 미세 구조물을 성장시키기 전에, 상기 탄소구조체층 상에 하나 이상의 개구부를 가지는 마스크층을 증착하는 단계를 추가 포함할 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다. 일 구현예에서, 상기 마스크 층에 의해 상기 미세 구조물의 위치가 제어되는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [41] 예시적 구현예에 있어서, 상기 탄소구조체층을 준비하는 단계는 기판 상에 상기 탄소구조체층을 형성하는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다. 일 구현예에서, 상기 탄소구조체층을 준비하는 단계는 상기 기판 상에 형성되어 있는 탄소구조체층을 목적 기판 상으로 전사하는 것을 포함할 수 있으나, 이에

제한되는 것은 아니다.

[42] 예시적 구현예에 있어서, 상기 탄소구조체층 상에 미세 구조물을 성장시키는 단계는, 상기 탄소구조체층 상에 데미지를 형성하고, 상기 데미지 상층에 상기 미세 구조물을 형성하는 것을 포함할 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다. 일 구현예에서, 상기 데미지에 의해 상기 미세 구조물의 위치가 제어되는 것일 수 있다. 일 구현예에서, 상기 데미지는, 가스 플라즈마, 이온빔, 전자빔, 양성자빔, 중성자빔 및 이들의 조합으로 이루어진 군에서 선택되는 방법 중 하나에 의해 형성되는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.

[43] 예시적 구현예에서, 상기 데미지를 형성하는 것은, 상기 탄소구조체층 상에 마스크층을 형성하는 단계; 상기 마스크층을 패터닝하여 복수개의 개구부를 형성하는 단계; 및 상기 개구부를 통해 상기 탄소구조체층에 데미지를 생성하는 단계: 를 포함할 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.

[44] 예시적 구현예에서, 상기 마스크층을 패터닝하여 복수개의 개구부를 형성하는 단계는 전자빔 리소그래피, 포토리소그래피, 레이저 간섭 리소그래피, 나노임프린트, 및 템플릿 중 하나 이상의 방법을 이용하는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.

[45] 이하, 도면을 참조하여, 본원의 태양전지 및 상기 태양전지의 제조방법에 대해 구체적으로 설명하도록 한다. 그러나, 본원이 이에 제한되는 것은 아니다.

[46] 도 1을 참조하면, 본원의 태양전지의 제조 방법은, 탄소구조체층(10)을 준비하는 단계(S1); 상기 탄소구조체층 상에 미세 구조물을 성장시키는 단계(S2); 상기 미세 구조물(30) 표면에 전하분리층을 형성하는 단계(S3): 를 포함한다. 도 1을 참조하여 본원의 태양전지의 제조 방법의 일 구현예로써, 그래핀 또는 그래파이트를 포함하는 태양전지에 대해 보다 구체적으로 언급한다.

[47] 먼저, 그래핀 또는 그래파이트를 준비(S1)한다. 상기 그래핀 또는 그래파이트는 그래핀 또는 그래파이트 만으로 존재하거나, 다른 기판(40) 상에 그래핀 또는 그래파이트가 형성되어 있는 것일 수 있다.

[48] 상기 기판 상에 그래핀 또는 그래파이트를 형성하는 일 구현예로, 화학기상증착법을 사용할 수 있다. 상기 화학기상증착법은 당업계에서 그래핀 또는 그래파이트의 형성을 위해 통상적으로 사용되는 것이라면 특별한 제한 없이 사용할 수 있으며, 예를 들어, 열 화학기상증착법(thermal chemical vapor deposition; T-CVD), 급속 열처리 화학기상증착법(rapid thermal chemical vapor deposition; RTCVD), 플라즈마 화학기상증착법(plasma enhanced chemical vapor deposition; PECVD), 유도전류플라즈마 화학기상증착법(inductively coupled enhanced chemical vapor deposition; ICPCVD), 유기금속 화학기상증착법(metal organic chemical vapor deposition; MOCVD), 저압화학증기증착(low pressure chemical vapor deposition; LPCVD), 또는 상압화학증기증착(atmospheric pressure chemical vapor deposition; APCVD) 등을 사용할 수 있으나, 이에 제한되는 것은

아니다. 상기 기판 상에 그래핀층을 형성하는 다른 구현예로, 흑연, 또는 그래파이트로부터 기계적 박리뿐만 아니라 화학적 박리에 의해 상기 그래핀을 형성할 수 있다.

- [49] 이어서, 상기 그래핀 또는 그래파이트 상에 미세 구조물(30)을 성장(S2)시킨다. 상기 미세 구조물은 그래핀 또는 그래파이트 상의 임의의 지점에서 복수개 설치될 수 있다. 상기 미세 구조물은 마이크로(micro) 또는 나노(nano) 스케일의 미세 구조물로서, 그 크기 또는 형상에 특별한 제한이 있는 것은 아니다. 또한, 상기 미세 구조물은 상기 그래핀 또는 그래파이트 상에 수직 또는 수평으로 성장하여 형성될 수 있으며, 보다 바람직 하게는 수직으로 성장하여 형성될 수 있다. 이는 상기 미세 구조물과 상기 그래핀 또는 그래파이트가 이루는 각도가 반드시 90도 라는 것은 아니며, 단지 상기 미세 구조물과 상기 그래핀 또는 그래파이트가 접하는 부분을 시점으로 하여, 상기 그래핀 또는 그래파이트가 판면에 대해 상방으로 쌓아가기(bottom-up) 방법으로 형성될 수 있다는 것을 의미한다. 상기 쌓아가기 방법에 의해 제조된 미세 구조물은 그래핀 또는 그래파이트의 물질 상수(격자 상수나 열팽창 계수 등)의 차이에도 불구하고, 매우 낮은 전위 밀도를 가진 우수한 결정질로 성장할 수 있다. 따라서, 박막 증착과 식각 공정에 기반한 깎아내기(top-down) 방법으로 제조된 구조물보다 우수한 결정성을 가진다.

- [50] 보다 구체적으로, 도 2를 참조하면, 본원의 태양전지는 다양한 형태의 미세 구조물(30)을 포함할 수 있다. 상기 미세 구조물의 형태는 당업계에서 통상적으로 사용될 수 있는 것이라면, 제한없이 사용 가능하며, 예를 들어, (a) 미세 막대, (b) 미세 바늘, (c) 미세 튜브, (d) 미세 벽을 포함할 수 있다. 본원의 태양전지는, 미세 구조물을 포함하는 태양전지를 제공함으로써, 종래 전하분리접합부가 박막의 계면 상에 형성되던 것과 비교하여, 상기 3 차원 구조의 미세 구조물 상에 전하분리 접합부가 형성되어 상기 전하분리 접합부의 표면적을 확대시킬 수 있다. 또한 상기 미세 구조물을 설치함으로써, 종래 태양전지 박막의 표면이 평평(flat)하여 빛의 전반사로 인해 상기 빛의 흡수 효율이 떨어지는 현상을 개선할 수 있다.

- [51] 그래핀 또는 그래파이트의 표면은 화학적으로 매우 안정하고 반응성이 매우 떨어져, 일반적으로 그래핀 또는 그래파이트 상에 구조체의 성장이 매우 어렵다. 특히, 상기 그래핀 또는 그래파이트 상에 수평 방향으로 미세 구조물을 성장하는 방법보다, 상기 그래핀 또는 그래파이트 상에 수직 방향으로 미세 구조물을 성장하는 것은 매우 어렵다. 본원에서는 상기와 같은 문제를 해결하고자, 일 구현예로 그래핀 또는 그래파이트 상에 구조체가 성장하는 씨드 역할을 하는 데미지를 형성하여, 상기 데미지 상측에 미세 구조물을 형성하고자 한다.

- [52] 그래핀 또는 그래파이트 상에 데미지를 형성하는 방법은, 상기 그래핀 또는 그래파이트 상에 인위적으로 데미지(damage)를 주는 방법으로 당업계에서 통상적으로 사용되는 것이라면 제한없이 사용될 수 있으며, 예를 들어, 가스

플라즈마, 이온빔, 전자빔, 양성자빔, 또는 중성자빔 등의 방법을 포함할 수 있으며, 보다 구체적으로 상기 데미지는, 산소 플라즈마, 아르곤 플라즈마, 질소 플라즈마, 탄화수소계 가스 플라즈마, 이온빔 전자빔, 양성자빔, 중성자빔 및 이들의 조합으로 이루어진 군에서 선택되는 방법 중 하나에 의해 형성될 수 있다. 상기 언급한 방법 중 데미지의 위치를 조절할 수 있는 방법이라면 후술하는 마스크층을 사용하지 않고 미세 구조체의 위치 및 밀도 조절이 가능하다. 상기 그래핀 또는 그래파이트 상의 데미지는 상기 그래핀 또는 그래파이트 상에 핵생성(nucleation)과 성장이 일어날 수 있도록 해주는 역할을 한다. 또한, 상기 그래핀 또는 그래파이트 상에 미세 구조물의 성장 시, 상기 데미지의 위치를 조절하여, 상기 데미지 상측에만 미세 구조물을 성장시킴으로써, 상기 상기 그래핀 또는 그래파이트 상에 미세 구조물의 위치를 제어할 수 있다.

[53] 일 구현예로, 상기 데미지의 형태는 원, 삼각형, 사각형, 오각형, 육각형, 선 및 이들의 조합으로 이루어진 군에서 선택되는 어느 하나를 포함할 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다. 상기 데미지는 하나 또는 하나 이상이 형성될 수 있으며, 복수개의 데미지가 형성되어 있는 경우, 각 데미지 간의 거리는 수 나노에서 수 마이크로미터인 것을 포함할 수 있다. 또한 상기 복수개의 데미지는 서로 동일한 형태일 수 있으나, 상이한 형태를 가지는 둘 이상의 데미지를 포함한다.

[54] 그래핀 또는 그래파이트 상에 미세 구조물을 형성시키는 과정에 있어, 상기 미세 구조물의 위치를 제어할 수 있다. 도 3을 참조하면, 상기 미세 구조물의 위치를 제어하는 일 구현예로, 하나 이상의 개구부(21)를 가지는 마스크층(20)을 사용할 수 있다. 예를 들어, 상기 그래핀 또는 그래파이트 상에 마스크층을 형성하고 상기 마스크층을 패터닝하여 한 개 또는 복수개의 개구부를 형성하고, 상기 개구부를 통하여 데미지를 형성 할 수 있다(도 3b). 상기 개구부를 형성하는 방법은 전자빔 리소그래피, 포토리소그래피, 레이저 간섭 리소그래피, 나노임프린트, 템플릿 및 이들의 조합으로 이루어진 군에서 선택되는 방법을 사용하여 형성할 수 있다.

[55] 예를 들어 상기 그래핀 또는 그래파이트 상에 상기 개구부를 가지는 마스크층을 증착함으로써, 상기 마스크층의 상기 개구부에만 가스 플라즈마 등의 방법을 이용하여 데미지(도 3c)를 형성한다. 이후, 상기 데미지 상에 미세 구조물을 성장(도 3d)시킬 수 있으며, 상기 마스크층의 상기 개구부의 위치를 제어함으로써 상기 미세 구조물의 위치를 제어할 수 있다. 상기 개구부(21)는 원, 삼각형, 사각형, 오각형, 육각형 및 선의 형태 중 어느 하나인 것일 수 있으나, 이에 제한되지 않는다. 마스크층(20)을 사용하는 경우, 미세 구조물을 성장시킨 후에 마스크층(20)을 제거하는 공정(도 3e)을 추가 포함할 수 있다. 다만 상기 마스크층의 제거가 반드시 필요한 것은 아니며, 상기 마스크층을 일종의 절연층으로 잔존시키는 것도 가능하다.

[56] 상기 데미지가 형성된 그래핀 또는 그래파이트 상에 미세 구조물을 성장시키는

방법으로는, 유기금속 화학증착법을 포함하는 화학기상증착법, 스퍼터링(sputtering), 열 또는 전자빔 증발법(thermal or electron beam evaporation), 펄스레이저 증착법(pulse laser deposition) 등과 같은 물리적 성장 방법뿐만 아니라 금과 같은 금속촉매를 이용하는 기상 이송법(vapor-phase transport process) 등을 사용할 수 있으며, 보다 바람직하게는 유기금속 화학증착법을 사용할 수 있다. 상기 화학기상증착법 중 무촉매 유기금속 화학기상증착법(catalyst-free MOCVD)을 사용할 경우, 촉매를 사용하지 않음으로 인해 촉매에 의한 오염을 방지할 수 있으며, 전기적, 광학적 성능이 우수한 미세 구조물의 제조가 가능하다. 미세 구조물을 형성하는 방법에 있어서, 상기 언급한 쌓아가기(bottom-up) 방법은 기판과의 물질 상수(격자 상수, 열팽창 계수 등) 차이에도 불구하고 매우 낮은 전위 밀도를 가지므로, 식각 공정에 기반한 탑-다운(top-down) 방법보다 우수한 결정질로 성장할 수 있으며, 그 결과 전기적 성질이 향상되어 고효율의 태양전지 제조에 유리하다.

- [57] 한편, 지금까지는 패터닝 및/또는 데미지를 주어 데미지의 생성을 통해 미세 구조물의 위치 및 밀도 조절을 행하였으나, 반드시 이러한 방법을 행할 필요가 있는 것은 아니다. 예컨대, 온도 및 압력 등의 공정 조건을 적절히 선택함으로써 탄소구조체층 상에 직접 미세 구조물을 성장시키는 것도 가능하다.
- [58] 이어서, 박막 형성 물질로 상기 각각의 미세 구조물 표면에 전하분리층(60)을 형성한다(S3). 일 구현예에 있어서, 상기 전하분리층은 성장 미세 구조물의 동축 방향으로 형성될 수 있다. 상기 전하분리층이 성장 미세 구조물의 동축 방향으로 형성된다는 것은, 도 4에서 도시된 바와 같이 전하분리층이 적어도 미세 구조물의 측면을 따라 길게 형성된다는 것을 의미한다. 즉, 도 4에는 전하분리층이 미세 구조물을 완전히 덮는 것으로 도시되어 있으나, 상기 전하분리층이 상기 미세 구조물의 측면 상에 형성되어 있기만 하면, 전하분리층이 미세 구조물의 상면 상에 존재하지 않아도, 무방하다.
- [59] 상기 전하분리층은 금속 또는 반도체일 수 있다. 예를 들어, 상기 금속은 Mg, Cd, Ti, Li, Cu, Al, Ni, Y, Ag, Mn, V, Fe, La, Ta, Nb, Ga, In, S, Se, P, As, Co, Cr, B, N, Sb 및 이들의 조합으로 이루어진 군에서 선택되는 것일 수 있으나, 이에 제한되지 않는다. 또한 상기 반도체는 산화물, 질화물, 카바이드, III-V족 또는 II-VI족 화합물, 또는 실리콘 계열의 반도체로 이루어진 것을 포함할 수 있으나, 이에 제한되지 않는다.
- [60] 도 4는 상기와 같은 방법에 의해 형성된 태양 전지의 전하분리접합부(80)를 나타낸 단면도이다.
- [61] 상기 전하분리접합부는 상기 미세 구조물 또는 전하분리층의 성질에 따라 다양하게 나타날 수 있다. 예를 들어, 상기 전하분리접합부는 반도체 p-n 접합부, 반도체 p-i-n 접합부, 금속/반도체 접합부와 같이 다양하게 구성될 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다. 상기 전하분리접합부의 한 예시로, 상기 미세 구조물은 n 형 또는 p 형 반도체이고, 상기 전하분리층은 p 형 또는 n 형 반도체

일 수 있다. 상기 n 형 반도체층은 n형 불순물이 도핑된 반도체 물질로 제조될 수 있으며, 상기 n 형 불순물로는 실리콘, 게르마늄, 셀레늄, 텔루르, 또는 탄소가 사용될 수 있으며, 반도체 물질로는 질화 인듐, 질화갈륨, 질화알루미늄, 질화갈륨알루미늄, 또는 질화인듐갈륨이 사용될 수 있으나, 이러한 재료로 한정되는 것은 아니다. 또한, 상기 p 형 반도체층은 p 형 불순물이 도핑된 반도체 물질로 제조될 수 있으며, 상기 p 형 불순물로는 마그네슘, 아연 또는 베릴륨이 사용될 수 있으며, 반도체 물질로는 질화 인듐, 질화갈륨, 질화알루미늄, 질화갈륨알루미늄, 또는 질화인듐갈륨이 사용될 수 있으나, 이러한 재료로 한정되는 것은 아니다. 상기 박막층의 비제한적인 예시로, n 형 불순물로는 5족 원소, p 형 불순물로는 3족 원소로 이루어진 실리콘 반도체를 포함할 수 있다.

[62] 상기 전하분리접합부가 상기 미세 구조물과 상기 전하분리층 계면에 형성되는 경우, 박막과 박막 계면에 전하분리접합부가 형성되는 경우보다 전하분리접합부를 이루는 표면적이 넓어지게 되고, 그에 따라 태양전지의 효율도 증가하게 된다.

[63] 일 구현예로 도 4a를 참조하면, 본원의 태양전지는 미세 구조물(30)과 전하분리층(60)의 계면에 전하분리접합부(80)가 형성된다. 이 경우, 상기 미세 구조물(30)은 n 형 또는 p 형 반도체이거나, 상기 전하분리층(60)은 p 형 또는 n 형 반도체 일 수 있다. 다른 구현예로서, 도 4b를 참조하면, 본원의 태양전지는 제 1 전하분리층(61) 상에 제 2 전하분리층(62)이 추가 적층 되어 있다. 이 경우, 상기 미세 구조물(30)과 상기 제 1 전하분리층(61)의 계면 및 상기 제 1 전하분리층(61)과 상기 제 2 전하분리층(62)의 계면에 복수개의 전하분리 접합부(80)가 형성될 수 있다. 예를 들어, 상기 제 1 전하분리층은 n 형 또는 p 형 반도체이고, 상기 제 2 전하분리층은 p 형 또는 n 형 반도체일 수 있으나, 이에 제한되지 않는다. 도 4b에서와 같이 복수개의 전하분리층이 적층 되어 있는 경우, 각 전하분리층의 계면에 전하분리접합부가 형성된다.

[64] 태양광에 의해 상기 전하분리층 또는 상기 미세 구조물로부터 전자가 발생하고, 상기 전자는 상기 전하분리층 하부에 형성되어 있으며, 전극의 기능을 하는 탄소구조체층으로 이동된다. 이 때, 상기 탄소구조체층은 기존의 태양전지의 전극으로 사용되던 물질에 비하여 점결함(point defect), 선결함(dislocation), 적층 결함(stacking fault), 및 그레인 경계(grain boundary)등이 억제된 구조적으로 결함이 적은 물질로서, 광전하의 확산을 용이하게 하고, 그 결과 태양전지의 효율을 향상시킬 수 있다.

[65] 마지막으로, 상기 제 1 반도체층이 형성되어 있는 각각의 미세 구조물사이에 절연층(100)을 형성하여, 태양전지의 제 1 전극층과 제 2 전극층을 전기적으로 분리함으로써, 태양전지를 제조할 수 있다. 도 5를 참조하면, 상기 절연층(100)은 상기 전하분리층의 형성 이전에 상기 탄소구조체층과 상기 제 1 전극층 사이에 상기 절연층을 형성하거나, 혹은 상기 전하분리층의 형성 후에 상기 탄소구조체층과 상기 제 1 전극층 사이에 상기 절연층을 형성할 수 있다.

- [66] 도 5a를 참조하면, 미세 구조물(30) 상에 복수개의 전하분리층, 예를 들어, 제 1 전하분리층(61), 제 2 전하분리층(62), 제 3 전하분리층(63)을 형성한 후에, 절연층(100)을 형성하고, 이어서 제 1 전극층(90)을 형성함으로써, 태양전지를 제조할 수 있다.
- [67] 도 5b를 참조하면, 미세 구조물(30) 상에 제 1 전하분리층(61)을 형성한 후에, 절연층(100)을 형성하고, 이어서 제 2 전하분리층(62), 제 3 전하분리층(63)을 형성함으로써, 태양전지를 제조할 수 있다.
- [68] 도 5c를 참조하면, 상기 미세 구조물이 형성된 탄소구조체층 상에 절연층을 우선 형성한 후, 상기 절연층 상에 복수개의 전하분리층을 형성함으로써, 태양전지를 제조할 수 있다.
- [69] 또한, 지금까지의 실시예에서는 모두 절연층(100)이 존재하는 것으로 설명하였으나, 반드시 절연층이 필요한 것은 아니다. 예컨대, 도 5d 에서 도시된 바와 같이, 제 1 전하분리층(61)이 탄소구조체층의 상면을 덮도록 형성되어 상기 탄소구조체층과 제 1 전극층(90)이 접촉하지 않는 경우라면, 상기 탄소구조체층(10) 또는 제 2 전극층(미도시)과, 제 1 전극층(61) 사이에 절연층(100)이 마련되지 않아도 된다.
- [70] 상기 절연층의 재료는 특별히 한정되지 않으며, 예를 들어, 실리카, 알루미늄, 티타니아, 물라이트, 코디어라이트, 스피넬, 제오라이트, 포스테라이트 등의 산화물, 탄화붕소 등의 탄화물, 질화실리콘이나 질화붕소, 질화알루미늄 등의 질화물, 불화마그네슘, 불화알루미늄 등의 불화물, 폴리비닐페놀, 폴리이미드, 폴리메틸메타크릴레이트, 폴리스틸렌, 폴리비닐알코올, 폴리비닐아세테이트, 또는 폴리이소부틸렌으로 대표되는 폴리올레핀계 폴리머, 또는 이들의 공중합체일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [71] 도 6은, 제 1 전극층(90) 및 제 2 전극층(110)의 위치를 나타내는 태양전지의 단면도이다.
- [72] 도 6a 를 참조하면, 제 1 전극층(90)은 한개 또는 복수개의 전하분리층(63) 상에 형성되어 있을 수 있다. 또한 상기 탄소구조체층은 그 자체로 제 2 전극층(110)이거나 상기 탄소구조체층 상에 별도의 제 2 전극층을 형성할 수 있다. 상기 탄소구조체층 그 자체가 제 2 전극층으로 사용되는 경우, 별도의 전극층을 설치하는 경우에 비해 구조가 간단하여 공정 비용과 시간이 절약될 수 있으며, 탄소구조체층 상에 별도의 제 2 전극층을 형성하는 경우에는, 상기 탄소구조체층은 전기 전도도가 매우 우수하여 상기 탄소구조체층과 상기 전극층의 접촉 저항이 작은 이점이 있다. 도 6b 내지 도 6d 를 참조하면, 상기 제 1 전극층(90)은 전하분리층의 표면 상에 형성되어 있을 수 있으며, 제 2 전극층(110)은 상기 탄소구조체층(10)의 하부(도 6b) 또는 상부(도 6c)에 위치할 수 있다. 또한 상기 제 2 전극(110)은 상기 하부 또는 상부의 전면에 형성될 수 있을 뿐만 아니라, 상기 하부 또는 상부의 일부분에만 형성되어 있을 수 있다. 이 경우, 상기 제 2 전극이 형성되는 영역은 상기 탄소구조체층과 상기 절연층

사이의 영역이 아닌 별도의 영역을 포함한다.

- [73] 또한, 제 1 전극층(90)이 전하분리층 상의 일부 영역에만 마련되는 것도 가능하다. 예컨대 도 6e에서 도시된 바와 같이 제 1 전극층(90)이 제 3 전하분리층(63)의 측면에만 위치하고 상면에는 위치하지 않을 수 있으며, 이는 특히 제1 전극층(60)이 투명하지 않은 경우에 유용하다.
- [74] 상기에서 언급한 제 1 전극층 및/또는 제 2 전극층은 그리드(grid) 형태로 형성될 수도 있다.
- [75] 도 7을 참조하면, 본원의 태양전지는 원하는 목적 기관(50)상으로 용이하게 전사할 수 있다. 기존의 태양전지의 제조 시에는, 소재 준비(성장, 증착 등) 과정에서 물질 상수에 의해 기관 선택에 제약이 있었다. 그러나 그래핀은 쉽게 분리되어 전사가 가능하므로, 기관 선택에 제약이 전혀 없으며, 그래핀 및 그 위의 미세 구조물을 원래의 기관과 분리하여 원하는 특성을 가지는 목적 기관(50) 상으로 전사할 수 있다.
- [76] 일 구현예로, 상기 탄소구조체층이 한층 또는 한층 이상인 경우, 상기 탄소구조체층(10)이 형성되어 있는 기관(40)으로부터 상기 탄소구조체층을 분리하여, 목적기관(50), 예를 들어, 유연하고 변형 가능한 고분자 기관, 투명한 기관, 열전도성이 우수한 금속성 기관 등에 전사할 수 있다. 특히 한층 이상의 그래핀 또는 그래파이트는 층상 구조를 가지고 있어, 상기 그래핀 또는 그래파이트가 형성되어 있는 기관으로부터 쉽게 분리가 가능하다.
- [77] 예를 들어, 상기 탄소구조체층(10)이 복수층인 경우, 상기 복수층 전부 또는 상기 복수층의 일부층만을 분리하여 원하는 목적기관(50) 상으로 전사가 가능하다.
- [78] 전술한 바와 같이, 탄소구조체층, 예를 들어, 그래핀은 기관으로부터 분리되어 전이되기 쉽다. 즉, 탄소구조체층 및 그 상층의 구조물들은 하부의 기관과 분리될 수 있으며, 이 분리된 탄소구조체층 및 그 상층의 구조물들은 다른 목적 기관에 전이될 수 있다. 탄소구조체층과 기관은 역학적 힘만으로도 분리될 수 있으며, 이를 역학적 리프트오프(mechanical lift-off)라 한다.
- [79] 일반적으로 널리 쓰이는 태양전지는 실리콘 기관 상에서 제조되는데, 상기 실리콘 기관은 일반 플라스틱 기관에 비해 비싸고, 상기 기관으로부터 상기 실리콘 태양전지의 분리 및 전사도 용이하지 않은 단점이 있었다. 이에 본원은, 상대적으로 가격이 저렴한 기관 상에 탄소구조체층을 포함하는 태양전지를 형성하거나, 상기 실리콘 기관 상에 형성된 탄소구조체층을 포함하는 태양전지를 가격이 저렴한 다른 목적 기관 상에 전사함으로써, 태양전지의 제조 가격을 낮출 수 있다.
- [80] 상기에서는 본원의 바람직한 구현예를 참조하여 설명하였지만, 해당 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 하기의 특허 청구의 범위에 기재된 본 발명의 사상 및 영역으로부터 벗어나지 않는 범위 내에서 본 발명을 다양하게 수정 및 변경시킬 수 있음을 이해할 수 있을 것이다.

청구범위

- [청구항 1] 탄소구조체층;
상기 탄소구조체층 상에 형성되어 있는 미세 구조물; 및
상기 미세 구조물 표면에 형성되어 있는, 전하분리접합부를
포함하는 전하분리층;
을 포함하는, 태양전지.
- [청구항 2] 제 1 항에 있어서,
상기 탄소구조체층 하부에 기판을 추가 포함하는, 태양전지.
- [청구항 3] 제 2 항에 있어서,
상기 탄소구조체층과 상기 기판은 분리가능한 것인, 태양전지.
- [청구항 4] 제 1 항에 있어서,
상기 탄소구조체층은 그래핀(graphene) 또는
그래파이트(graphite)를 포함하는 것인, 태양전지.
- [청구항 5] 제 1 항에 있어서,
상기 전하분리층 상에 형성된 제 1 전극층을 추가 포함하는,
태양전지.
- [청구항 6] 제 5 항에 있어서,
상기 탄소구조체층과 상기 제 1 전극층 사이에 위치한 절연층을
추가 포함하는, 태양전지.
- [청구항 7] 제 1 항에 있어서,
상기 탄소구조체층의 표면 상에 형성된 제 2 전극층을 추가
포함하는, 태양전지.
- [청구항 8] 제 1 항에 있어서,
상기 전하분리층은 한 개 또는 복수개의 층인 것인, 태양전지.
- [청구항 9] 제 8 항에 있어서,
상기 전하분리접합부는 상기 미세 구조물과 상기 박막의 계면
및/또는 상기 복수개의 전하분리층의 각각의 계면에 형성되어
있는 것인, 태양전지.
- [청구항 10] 제 1 항에 있어서,
상기 미세 구조물은 금속 또는 반도체 중 적어도 어느 하나로
이루어진 것인, 태양전지.
- [청구항 11] 제 1 항에 있어서,
상기 미세 구조물은 미세 막대, 미세 바늘, 미세 튜브, 미세 벽 및
이들의 조합으로 이루어진 군에서 선택되는 것을 포함하는 것인,
태양전지.
- [청구항 12] 제 1 항에 있어서,
상기 전하분리층은 금속 또는 반도체 중 적어도 어느 하나로

- 이루어진 것인, 태양전지.
- [청구항 13] 제 1 항에 있어서,
상기 미세구조물은 상기 탄소구조체층 상의 데미지(damage)
상층에 형성되어 있는, 태양전지.
- [청구항 14] 제 1 항에 있어서,
상기 탄소구조체층은 상기 태양전지의 전극인 것인, 태양전지.
- [청구항 15] 탄소구조체층을 준비하는 단계;
상기 탄소구조체층 상에 미세 구조물을 성장시키는 단계; 및
상기 미세 구조물 표면에 전하분리층을 형성하는 단계:
를 포함하는, 태양전지의 제조 방법.
- [청구항 16] 제 15 항에 있어서,
상기 전하분리층 상에 제 1 전극층을 형성하는 단계를 추가
포함하는, 태양전지의 제조 방법.
- [청구항 17] 제 16 항에 있어서,
상기 전하분리층의 형성 이전 또는 후에 상기 탄소구조체층과
상기 제 1 전극층 사이에 절연층을 형성하는 단계를 추가
포함하는, 태양전지의 제조 방법.
- [청구항 18] 제 15 항에 있어서,
상기 탄소구조체층의 표면 상에 제 2 전극층을 형성하는 단계를
추가 포함하는, 태양전지의 제조 방법.
- [청구항 19] 제 15 항에 있어서,
상기 탄소구조체층을 준비하는 단계는 기판 상에 상기
탄소구조체층을 형성하는 것인, 태양전지의 제조 방법.
- [청구항 20] 제 19 항에 있어서,
상기 기판 상에 형성된 탄소구조체층을 목적 기판 상으로
전사하는 것을 추가 포함하는, 태양전지의 제조 방법.
- [청구항 21] 제 15 항에 있어서,
상기 탄소구조체층 상에 미세 구조물을 성장시키는 단계는,
상기 탄소구조체층 상에 데미지를 형성하고, 상기 데미지 상층에
상기 미세 구조물을 형성하는 것인, 태양전지의 제조 방법.
- [청구항 22] 제 21 항에 있어서,
상기 데미지는, 가스 플라즈마, 이온빔, 전자빔, 양성자빔,
중성자빔 및 이들의 조합으로 이루어진 군에서 선택되는 방법 중
하나에 의해 형성되는 것인, 태양전지의 제조 방법.
- [청구항 23] 제 21 항에 있어서,
상기 데미지를 형성하는 것은,
상기 탄소구조체층 상에 마스크층을 형성하는 단계;
상기 마스크층을 패터닝하여 복수개의 개구부를 형성하는 단계;

및

상기 개구부를 통해 상기 탄소구조체층에 데미지를 생성하는 단계:

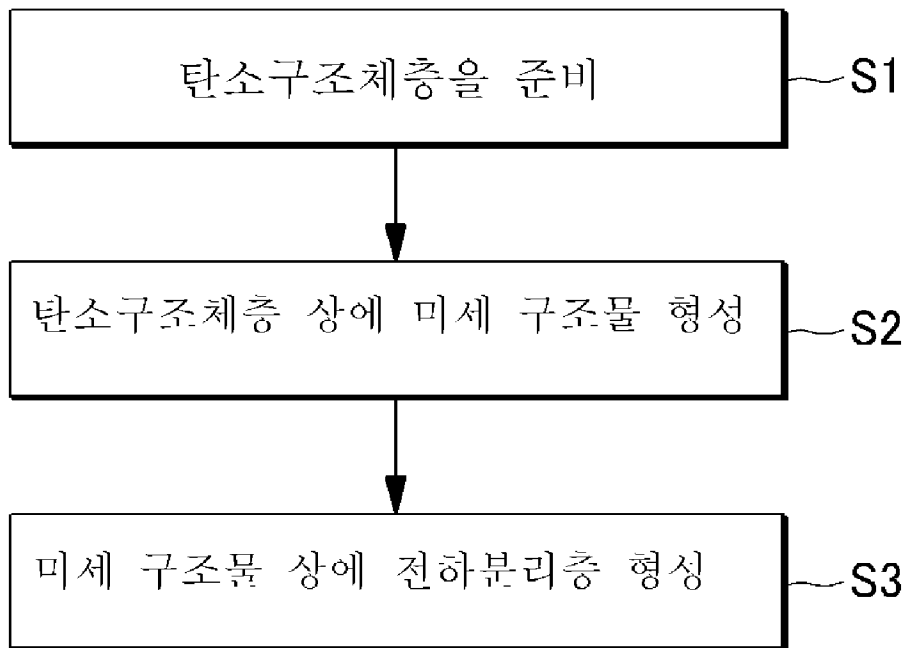
를 포함하는 것인, 태양전지의 제조 방법.

[청구항 24]

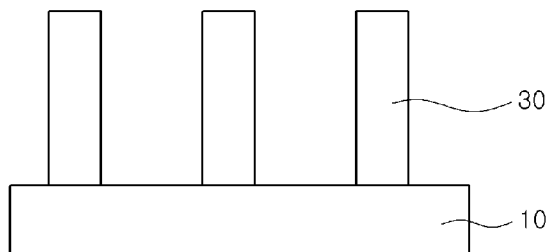
제 23 항에 있어서,

상기 마스크층을 패터닝하여 복수개의 개구부를 형성하는 단계는 전자빔 리소그래피, 포토리소그래피, 레이저 간섭 리소그래피, 나노임프린트, 및 템플릿 중 하나 이상의 방법을 이용하는 것인, 태양전지의 제조 방법.

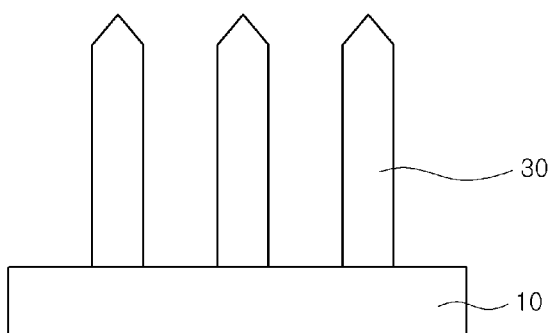
[Fig. 1]



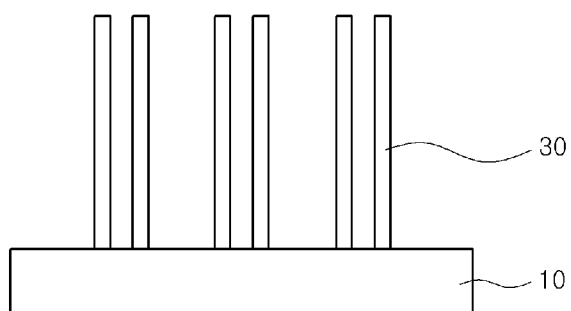
[Fig. 2a]



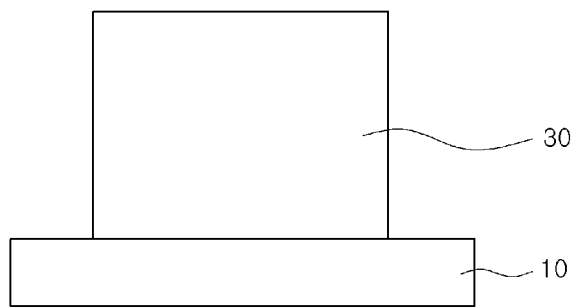
[Fig. 2b]



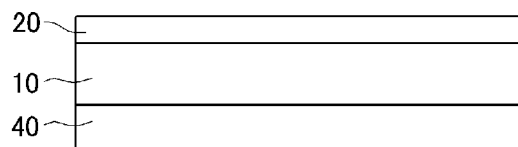
[Fig. 2c]



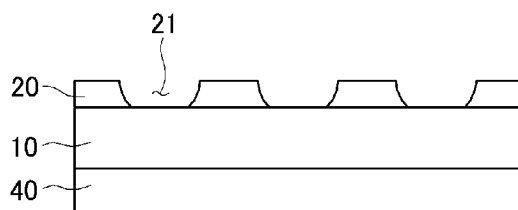
[Fig. 2d]



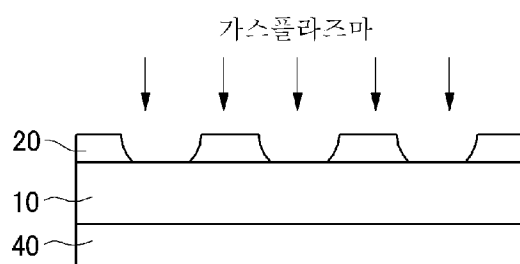
[Fig. 3a]



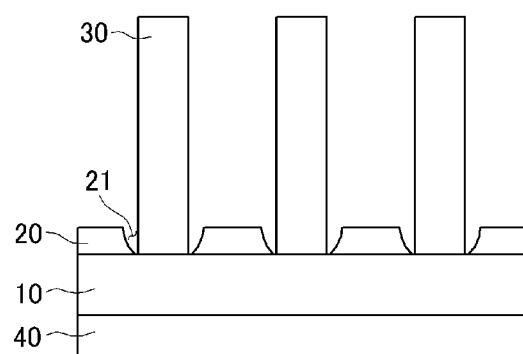
[Fig. 3b]



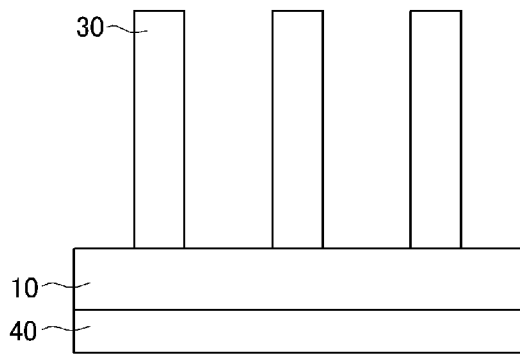
[Fig. 3c]



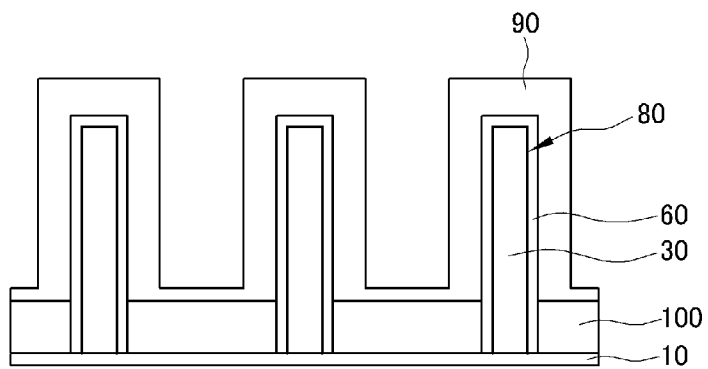
[Fig. 3d]



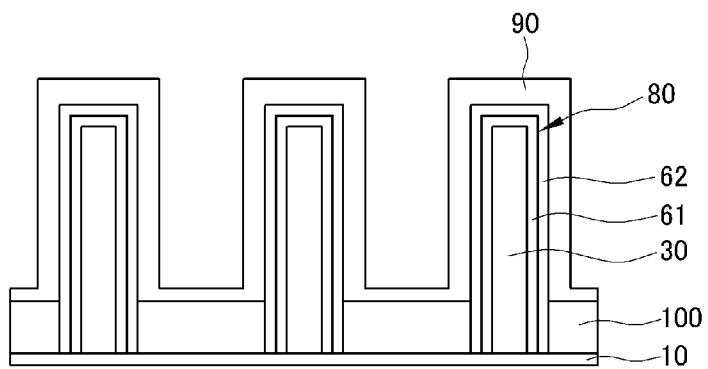
[Fig. 3e]



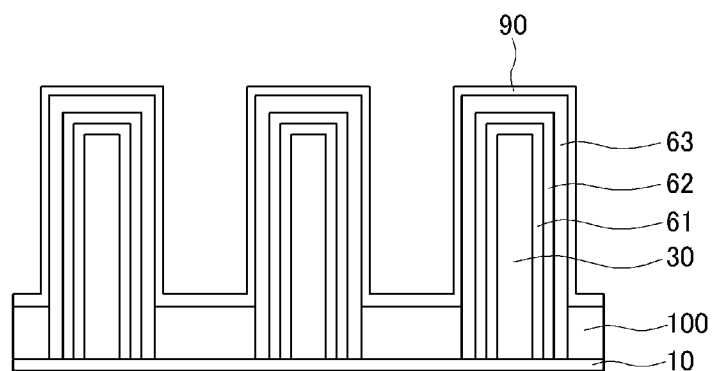
[Fig. 4a]



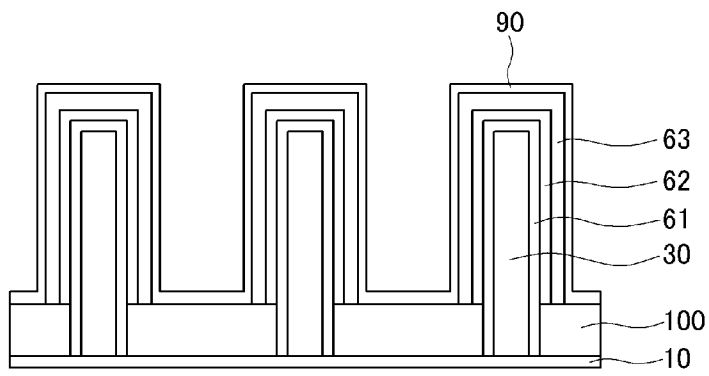
[Fig. 4b]



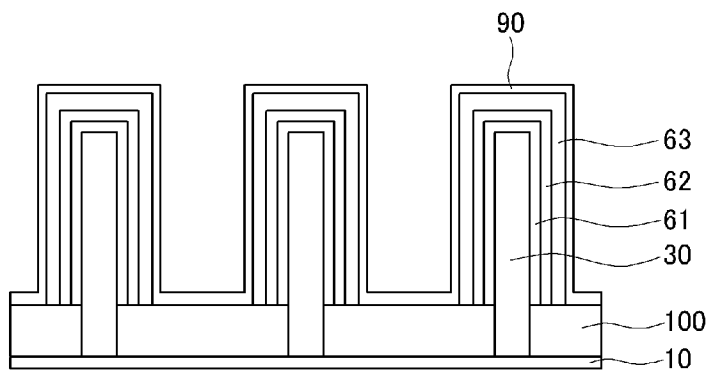
[Fig. 5a]



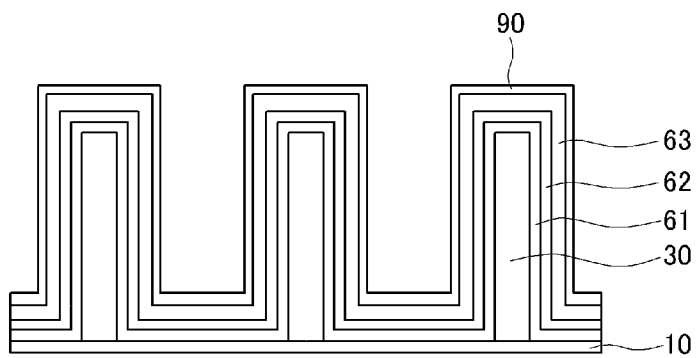
[Fig. 5b]



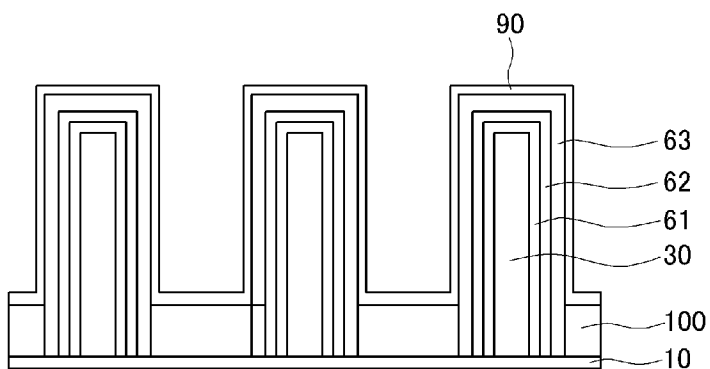
[Fig. 5c]



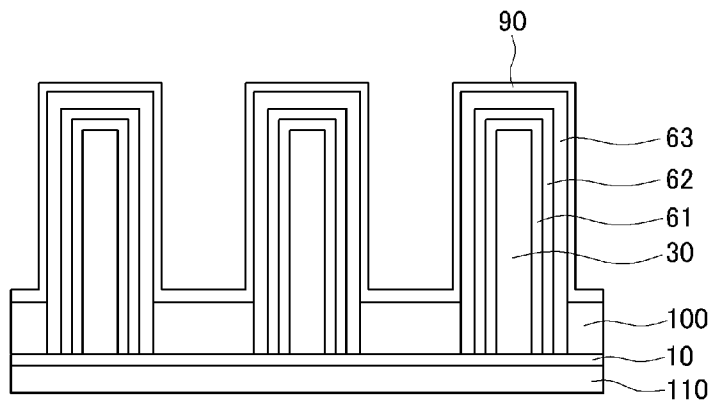
[Fig. 5d]



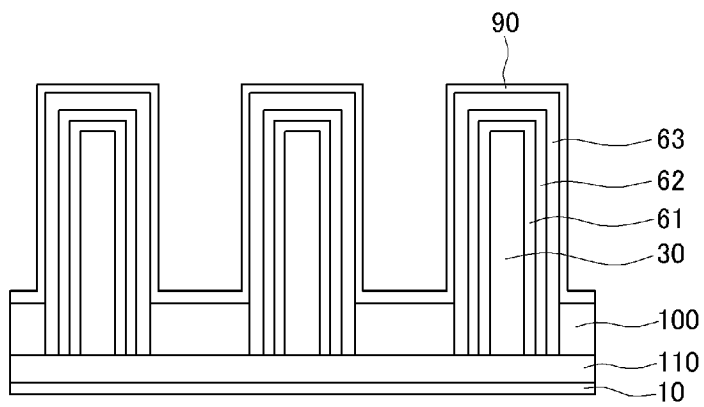
[Fig. 6a]



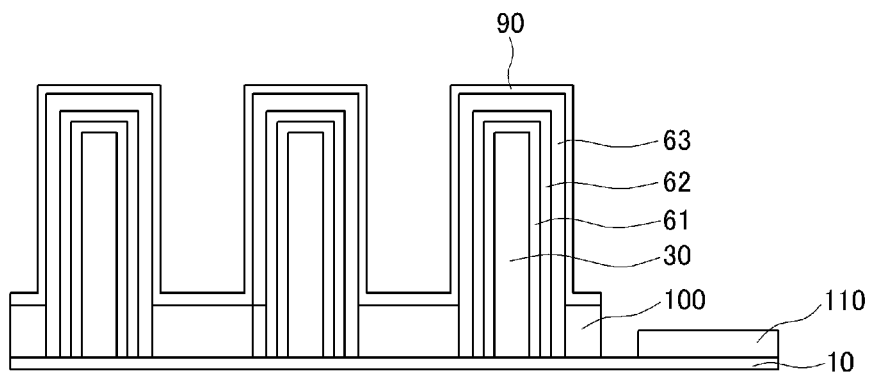
[Fig. 6b]



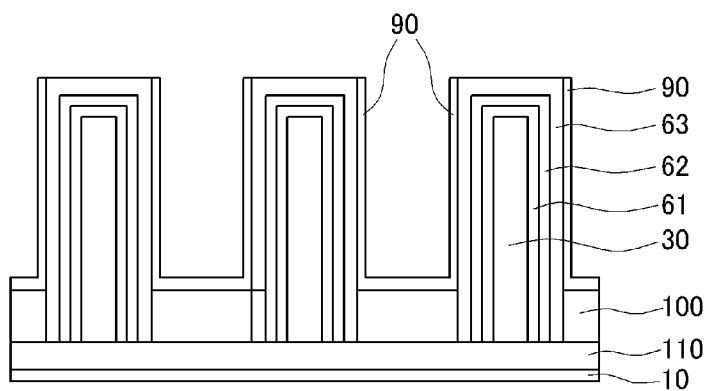
[Fig. 6c]



[Fig. 6d]



[Fig. 6e]



[Fig. 7]

