

(12) 특허협력조약에 의하여 공개된 국제출원

(19) 세계지식재산권기구
국제사무국



(43) 국제공개일
2010년 9월 23일 (23.09.2010)

PCT

(10) 국제공개번호
WO 2010/107261 A2

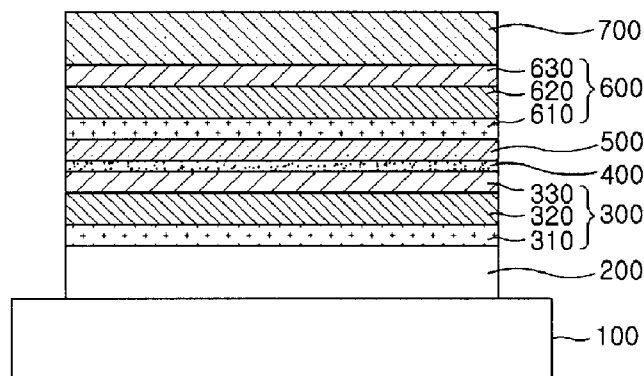
- (51) 국제특허분류: H01L 31/0224 (2006.01) H01L 31/045 (2006.01)
H01L 31/042 (2006.01)
- (21) 국제출원번호: PCT/KR2010/001685
- (22) 국제출원일: 2010년 3월 18일 (18.03.2010)
- (25) 출원언어: 한국어
- (26) 공개언어: 한국어
- (30) 우선권정보: 10-2009-0023048 2009년 3월 18일 (18.03.2009) KR
- (71) 출원인 (US 을(를) 제외한 모든 지정국에 대하여): 한양대학교 산학협력단 (IUCF-HYU (INDUSTRY-UNIVERSITY COOPERATION FOUNDATION HANYANG UNIVERSITY)) [KR/KR]; 서울시 성동구 행당동 17번지, 133-791 Seoul (KR).
- (72) 발명자: 곽
- (75) 발명자/출원인 (US 에 한하여): 박재근 (PARK, Jea Gun) [KR/KR]; 경기도 성남시 분당구 구미동 무지개마을 건영아파트 1003-1901, 463-500 Gyeonggi-do (KR). 이수환 (LEE, Su Hwan) [KR/KR]; 서울시 도봉구 창1동 주공4단지아파트 409-204, 132-786 Seoul (KR). 김달호 (KIM, Dal Ho) [KR/KR]; 전라남도 여수시 국동 37-299, 550-180 Jeollanam-do (KR). 심태현
- (58) (SHIM, Tae Hun) [KR/KR]; 경기도 수원시 영통구 영통2동 삼성아파트 921-102, 443-472 Gyeonggi-do (KR).
- (74) 대리인: 특허법인 무한 (MUHANN PATENT & LAW FIRM); 서울시 강남구 논현동 51-8 명림빌딩 2, 5, 6층, 135-814 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, LS, MW, MZ, NA, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), 유라시아 (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), 유럽 (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, SE, SI, SK, SM, TR), OAPI (BF,

[다음 쪽 계속]

(54) Title: SOLAR CELL AND A PRODUCTION METHOD THEREFOR

(54) 발명의 명칭 : 태양 전지 및 그 제조 방법

[Fig. 1]



(57) Abstract: The present invention provides a solar cell and a production method therefor. The solar cell according to the present invention comprises: a first and second electrode at least one of which has light transmitting properties; two or more photoelectric conversion layers positioned between the first and second electrodes; and a transfective electrically conductive layer positioned between the photoelectric conversion layers. Further, tunnelling layers are also provided between the photoelectric conversion layers and the transfective electrically conductive layer. The efficiency of the solar cell can be improved, as compared with the prior art, by providing tunnelling layers and a transfective electrically conductive layer in this way.

(57) 요약서: 본 발명은 태양 전지 및 그 제조 방법을 제공한다. 본 발명에 따른 태양 전지는 적어도 하나는 광 투과성을 가지는 제 1 및 제 2 전극과, 제 1 및 제 2 전극 사이에 위치하는 둘 이상의 광전 변환층들과, 상기 광전 변환층들 사이에 위치하는 반투과 도전층을 포함한다. 또한, 광전 변환층과 반투과 도전층 사이에 터널링층이 더 마련된다. 이렇게 터널링층 및 반투과 도전층이 마련됨으로써 태양 전지의 효율을 종래보다 향상시킬 수 있다.

WO 2010/107261 A2

BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, **공개:**
SN, TD, TG).

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

명세서

발명의 명칭: 태양 전지 및 그 제조 방법

기술분야

- [1] 본 발명은 태양 전지 및 그 제조 방법에 관한 것으로, 특히 둘 이상의 광전 변환층을 적층하는 유기물 태양 전지 및 그 제조 방법에 관한 것이다.

배경기술

- [2] 화석 연료의 지속적인 사용으로 인한 지구 온난화 등의 환경 문제가 대두되고 있고, 화석 연료를 대체하여 사용하는 우라늄은 방사능의 오염 및 핵폐기물 처리 시설 등의 문제를 일으키고 있다. 이에 따라, 대체 에너지에 대한 요구 및 연구가 진행되고 있는데, 그중 대표적인 것이 태양 에너지를 전기 에너지로 변환하는 태양 전지이다.
- [3] 종래에는 단결정 또는 다결정의 실리콘 태양 전지가 많이 이용되어 왔으나, 실리콘 태양 전지는 제조 비용이 높고 플렉서블(flexible) 기판에는 적용할 수 없는 등의 문제점이 있고, 이러한 단점을 해결하는 대안으로 최근에는 유기물 태양 전지에 대한 연구가 활발하게 진행되고 있다. 유기물 태양 전지는 제조 공정이 간단하여 제조 비용이 낮으며, 넓은 면적을 코팅할 수 있고, 낮은 온도에서도 박막을 형성할 수 있다. 또한, 유리 기판을 비롯하여 플라스틱 기판 등 거의 모든 종류의 기판을 이용할 수 있고, 기판 형태의 제한 없이 곡면, 구면 등 플라스틱 성형품과 같은 다양한 형태의 태양 전지를 제작할 수 있으며, 구부리거나 접을 수도 있어서 휴대하기 편리하다. 따라서, 이러한 장점을 활용하면 사람의 옷, 가방 등에 부착하거나 휴대용 전기전자 제품에 부착하여 이용할 수도 있다. 또한, 고분자 블렌드 박막은 빛에 대한 투명도가 높아서 건물의 유리창 또는 자동차의 유리창 등에 부착하여 밖을 볼 수 있게 하면서도 전력을 생산할 수 있어 불투명한 실리콘 태양 전지보다 응용 범위가 훨씬 높을 수 있다.
- [4] 그러나, 이와 같은 장점에도 불구하고 유기물 태양 전지는 전력 변환 효율과 수명이 낮아서 실용적 응용에는 적합하지 않았다. 즉, 유기물 태양 전지의 효율은 1990년대 말까지 약 1% 수준에 머물러 있었으나, 2000년대에 들어오면서 고분자 블렌드 구조의 모폴로지(morphology) 향상 등으로 성능이 크게 향상되기 시작했다. 예를 들어, 2003년에는 P3HT(poly(3-hexylthiophene))와 PCBM([6,6]-phenyl-C61 butyric acid methyl ester) 블렌드 박막을 이용하고 Al 전극과의 접합 계면에 얇은 LiF층을 이용하여 약 3.5%에 이르는 효율이 보고되었다[F. Padinger, R. S. Rittberger, N.S. Sariciftci, Adv. Func. Mater., 13, 85(2003)].
- [5] 그러나, 이러한 고분자 태양 전지는 아직도 다른 박막 태양 전지의 효율보다는 많이 낮은 상태이므로 많은 개선이 필요하다.

발명의 상세한 설명

기술적 과제

- [6] 본 발명은 효율을 향상시킬 수 있는 태양 전지 및 그 제조 방법을 제공한다.
- [7] 본 발명은 제 1 및 제 2 광전 변환층을 적층하고 제 1 및 제 2 광전 변환층 사이에 터널링층 및 반투과 도전층을 형성함으로써 효율을 향상시킬 수 있는 태양 전지 및 그 제조 방법을 제공한다.

과제 해결 수단

- [8] 본 발명의 일 양태에 따른 태양 전지는 적어도 하나는 광 투과성을 가지는 제 1 및 제 2 전극; 상기 제 1 및 제 2 전극 사이에 위치하는 둘 이상의 광전 변환층들; 및 상기 광전 변환층들 사이에 위치하는 반투과 도전층을 포함한다.
- [9] 상기 광전 변환층들은 각각 도너 물질 및 억셉터 물질을 포함한다.
- [10] 상기 광전 변환층들은 블리킹층을 더 포함한다.
- [11] 상기 반투과 도전층과 상기 광전 변환층 사이에 위치하는 터널링층을 더 포함한다.
- [12] 상기 터널링층은 금속 산화물을 포함하고, 상기 터널링층은 자연 산화막일 수 있으며, 상기 금속 산화물은 Al_2O_3 를 포함할 수 있다.
- [13] 상기 터널링층과 상기 광전 변환층 사이에 위치하는 전자 주입층을 더 포함한다.
- [14] 상기 반투과 도전층은 가시광선 영역에서 단파장의 반사율과 장파장의 반사율이 서로 다르며, 상기 반투과 도전층은 Au, Cu 또는 이들의 합금을 포함한다.
- [15] 본 발명의 다른 양태에 따른 태양 전지 제조 방법은 기판 상에 제 1 전극층을 형성하는 단계; 상기 제 1 전극층 상에 둘 이상의 광전 변환층들과 상기 광전 변환층 사이에 터널링층 및 반투과 도전층을 형성하는 단계; 및 상기 광전 변환층 상에 제 2 전극층을 형성하는 단계를 포함한다.
- [16] 상기 광전 변환층들 각각을 형성한 후 어닐링하는 단계를 더 포함한다.
- [17] 상기 광전 변환층들을 모두 형성한 후 어닐링하는 단계를 더 포함한다.
- [18] 상기 터널링층은 금속 물질을 증착하면서 상기 금속 물질을 산화시켜 형성한다.

발명의 효과

- [19] 본 발명은 제 1 전극층과 제 2 전극층 사이에 제 1 광전 변환층 및 제 2 광전 변환층이 마련되고, 제 1 및 제 2 광전 변환층 사이에 터널링층 및 반투과 도전층이 마련된 태양 전지가 제공된다. 또한, 제 1 광전 변환층과 터널링층 사이에 전자 주입층이 더 마련된다.
- [20] 이렇게 터널링층 및 반투과 도전층이 형성됨으로써 터널링층 및 반투과 도전층이 전자의 이동을 원활하게 하고 제 1 광전 변환층에서 흡수되지 않은 빛을 제 2 광전 변환층에서 흡수되도록 하여 태양 전지의 효율을 향상시킬 수

있다.

도면의 간단한 설명

- [21] 도 1은 본 발명의 일 실시 예에 따른 태양 전지의 단면도이다.
- [22] 도 2는 본 발명에 이용되는 금속 물질의 반사율을 도시한 그래프이다.
- [23] 도 3은 본 발명의 다른 실시 예에 따른 태양 전지의 단면도이다.
- [24] 도 4는 본 발명의 일 실시 예에 따른 태양 전지의 제조 방법을 설명하기 위한 공정 흐름도이다.
- [25] 도 5 내지 도 9는 본 발명의 일 실시 예에 따른 태양 전지의 제조 방법을 설명하기 위해 공정 순으로 도시한 단면도이다.
- [26] 도 10은 본 발명의 실험 예에 따른 태양 전지의 특성 그래프이다.
- [27] 도 11 내지 도 14는 비교 예들에 따른 태양 전지의 특성 그래프이다.

발명의 실시를 위한 형태

- [28] 이후, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명에 따른 실시 예를 더욱 상세히 설명한다. 그러나, 본 발명은 이하에서 개시되는 실시 예에 한정되는 것이 아니라 서로 다른 다양한 형태로 구현될 것이며, 단지 본 실시 예들은 본 발명의 개시가 완전하도록 하며, 통상의 지식을 가진 자에게 발명의 범주를 완전하게 알려주기 위해 제공되는 것이다. 도면에서 여러 층 및 각 영역을 명확하게 표현하기 위하여 두께를 확대하여 표현하였으며 도면상에서 동일 부호는 동일한 요소를 지칭하도록 하였다. 또한, 층, 막, 영역 등의 부분이 다른 부분 상부에 또는 상에 있다고 표현되는 경우는 각 부분이 다른 부분의 바로 상부 또는 바로 위에 있는 경우뿐만 아니라 각 부분과 다른 부분의 사이에 또 다른 부분이 있는 경우도 포함한다.
- [29] 도 1은 본 발명의 일 실시 예에 따른 태양 전지의 단면도이고, 도 2는 본 발명에 이용될 수 있는 금속 물질의 반사율을 나타낸 그래프이다.
- [30] 도 1을 참조하면, 본 발명의 일 실시 예에 따른 태양 전지는 기판(100) 상에 적층 형성된 제 1 전극층(200), 제 1 광전 변환층(300), 터널링층(400), 반투과 도전층(500), 제 2 광전 변환층(600) 및 제 2 전극층(700)을 포함한다. 또한, 제 1 광전 변환층(300)은 제 1 도너/억셉터층(320)을 포함하거나 제 1 홀 전달층(310), 제 1 도너/억셉터층(320) 및 제 1 블럭킹층(330)을 포함할 수 있고, 제 2 광전 변환층(600)은 제 2 도너/억셉터층(620)을 포함하거나 제 2 홀 전달층(610), 제 2 도너/억셉터층(620) 및 제 2 블럭킹층(630)을 포함할 수 있다. 본 실시 예에서는 제 1 및 제 2 광전 변환층(300 및 600)이 각각 제 1 및 제 2 홀 전달층(310 및 610), 제 1 및 제 2 도너/억셉터층(320 및 620), 그리고 제 1 및 제 2 블럭킹층(330 및 630)을 포함하는 경우를 설명한다. 이러한 본 발명의 일 실시 예에 따른 태양 전지는 동일 구조를 갖는 제 1 및 제 2 광전 변환층(300 및 600)이 적층되고, 그 사이에 터널링층(400) 및 반투과 도전층(500)이 형성된 구조를 갖는다. 이로부터 제 1 광전 변환층(300)에서 흡수되지 않고 손실된 빛을 제 2 광전

- 변환층(600)에서 흡수하여 효율을 향상시킬 수 있다.
- [31] 기관(100)은 가시광 파장에서 적어도 110% 이상, 바람직하게는 80% 이상의 투과율을 갖는 투명 물질을 이용한다. 즉, 기관(100)은 석영 또는 유리 등의 투명 무기 물질이나 폴리에틸렌테레프탈레이트(PET), 폴리에틸렌나프탈레이트(PEN), 폴리카보네이트(PC), 폴리스티렌(PS), 폴리프로필렌(PP), 폴리이미드(PI), 폴리에틸렌설포네이트(PES), 폴리옥시메틸렌(POM), 아크리로나이트릴-스티렌(AS) 수지, 아크리로나이트릴-부타디엔-스티렌(ABS) 수지, 트리아세틸셀룰로스(TAC) 등을 포함하는 플라스틱 등의 투명 물질을 이용할 수 있다.
- [32] 제 1 전극층(200)은 애노드(anode)로 이용되며, 약 4.5eV 이상의 높은 일함수와 낮은 저항을 갖는 전도성 물질을 이용할 수 있다. 또한, 제 1 전극층(200)은 기관(100)을 통과한 빛이 제 1 광전 변환층(300)에 도달하는 경로가 되므로 높은 투명도를 갖는 물질을 이용한다. 따라서, 제 1 전극층(200)은 인듐 틴 옥사이드(indium tin oxide; ITO), 징크 옥사이드(zinc oxide; ZnO), 인듐 도핑 ZnO(IZO), 갈륨 도핑 ZnO(GZO), 알루미늄 도핑 ZnO(AZO) 등의 투명 도전성 물질을 이용할 수 있다. 이러한 제 1 전극층(200)은 열 기상 증착, 전자 빔 증착, RF 또는 마그네트론 스퍼터링, 화학적 증착 등을 이용하여 형성할 수 있다.
- [33] 제 1 광전 변환층(300)은 제 1 홀 전달층(310), 제 1 도너/억셉터층(320) 및 제 1 블럭킹층(330)을 포함한다. 제 1 도너/억셉터층(320)은 빛을 흡수하여 엑시톤(exciton)을 생성하고, 제 1 홀 전달층(310)은 엑시톤으로부터 분리된 홀을 제 1 전극층(200)으로 전달하며, 제 1 블럭킹층(330)은 엑시톤으로부터 분리된 홀과 분리되지 않은 엑시톤 등이 터널링층(400)으로 이동하는 것을 방지하고 전자가 터널링층(400)으로 이동하도록 한다.
- [34] 제 1 홀 전달층(310)은 전도성 고분자 물질로 형성하는데, 예를 들어 PEDOT(폴리(3,4-에틸렌디옥시티오펜)), PSS(폴리(스티렌설포네이트)), 폴리아닐린, 프탈로시아닌, 펜타센, 폴리디페닐아세틸렌, 폴리(t-부틸)디페닐아세틸렌, 폴리(트리플루오로메틸)디페닐아세틸렌, CuPc(카파프타로야닌), 폴리(비스트리플루오로메틸)아세틸렌, 폴리비스(T-부틸디페닐)아세틸렌, 폴리(트리메틸실릴)디페닐아세틸렌, 폴리(카르바졸)디페닐아세틸렌, 폴리디아세틸렌, 폴리페닐아세틸렌, 폴리피리딘아세틸렌, 폴리메톡시페닐아세틸렌, 폴리메틸페닐아세틸렌, 폴리(t-부틸)페닐아세틸렌, 폴리니트로페닐아세틸렌, 폴리(트리플루오로메틸)페닐아세틸렌, 폴리(트리메틸실릴)페닐아세틸렌 및 이들의 유도체와 같은 전도성 고분자를 하나 또는 둘 이상의 조합으로 이용할 수 있으며, 바람직하게는 PEDOT와 PSS 혼합물을 이용한다. 이러한 전도성 고분자 물질은 일반적인 코팅 방법, 예를 들어 스프레이, 스핀 코팅, 딥핑, 프린팅, 닥터블레이딩, 스퍼터링 등의 방법을 이용하여 형성할 수 있다.
- [35] 제 1 도너/억셉터층(320)은 도너 물질 및 억셉터 물질을 블렌딩하여 형성할 수

있다. 도너 물질로는 π -전자를 포함하는 전도성 고분자 물질을 이용할 수 있는데, 예를 들어 P3HT(폴리(3-헥실티오펜)), 폴리실록산 카르바졸, 폴리아닐린, 폴리에틸렌 옥사이드, (폴리(1-메톡시-4-(0-디스피스레드1)-2,5-페닐렌-비닐렌), 폴리인돌, 펠리카르바졸, 폴리피리디아진, 폴리이소티아나프탈렌, 폴리페닐렌 셀파이드, 폴리비닐피리딘, 폴리티오펜, 폴리플루오렌, 폴리피리딘 및 이들의 유도체 등을 포함하는 전도성 고분자의 어느 하나 또는 2종 이상의 물질을 혼합하여 이용할 수 있다. 또한, 억셉터 물질로는 플러렌 또는 그 유도체를 이용할 수 있다. 바람직하게 제 1 도너/억셉터층(320)은 도너 물질로서 P3HT와 억셉터 물질로서 플러렌 유도체인 PCBM([6,6]-phenyl-C61 butyric acid methyl ester)의 혼합물을 이용한다. 여기서, P3HT와 PCBM은 1:0.1 내지 1:2의 중량비(wt%)로 혼합될 수 있다. 이러한 제 1 도너/억셉터층(320) 또한 일반적인 코팅 방법, 예를 들어 스프레이, 스핀 코팅, 딥핑, 프린팅, 닥터블레이딩, 스퍼터링 등의 방법을 이용하여 형성할 수 있다.

[36] 제 1 블럭킹층(330)은 엑시톤으로부터 분리된 홀 및 분리되지 않은 엑시톤의 이동을 방지하고 전자의 이동을 허용하기 위해 최고 점유 분자궤도(Highest Occupied Molecular Orbital; HOMO) 레벨이 큰 물질로 형성하는데, 예를 들어 배소큐프로인(bathocuproine; BCP)을 이용하여 형성한다. 제 1 블럭킹층(330)은 증발 증착법(evaporation)으로 형성할 수 있다.

[37] 터널링층(400)은 제 1 블럭킹층(330)을 통해 전달된 전자가 반투과 도전층(500)으로 원활하게 이동될 수 있도록 한다. 터널링층(400)은 금속 산화물을 이용하여 형성할 수 있는데, 바람직하게는 Al_2O_3 를 이용한다. 이러한 터널링층(400)은 진공 분위기에서 금속 물질을 느린 속도로 증착하여 금속 물질이 증착되면서 자연 산화되도록 하여 형성할 수 있으며, 그외 산소 플라즈마를 이용하여 산화시키는 등 다양한 방법으로 형성할 수 있다.

[38] 반투과 도전층(500)은 제 1 광전 변환층(300)으로부터 터널링층(400)을 통해 전달된 전자를 제 2 광전 변환층(600)으로 전달한다. 즉, 반투과 도전층(500)은 빛이 제 2 광전 변환층(600)으로 투과될 수 있도록 적어도 반투과 도전 물질로 형성하는 것이 바람직하다. 이러한 반투과 도전층(500)은 Ag, Au, Mg, Ca, Li, Cu 또는 이들의 합금중 적어도 어느 하나가 이용될 수 있는데, 특히 가시광선 영역에서 300~400nm의 단파장의 반사율과 700~800nm의 장파장의 반사율이 다른 물질로 형성하는 것이 바람직하다. 즉, 도 2의 금속 물질과 그 반사율을 나타낸 그래프에 도시된 바와 같이 단파장의 반사율과 장파장의 반사율이 다른 Au, Cu 또는 이들의 합금으로 형성하는 것이 바람직하다. 예를 들면, Au를 이용하여 반투과 도전층(500)을 형성할 경우 Au는 단파장 영역에서의 반사율이 낮으며, 장파장 영역에서는 반사율이 높다. 따라서, 기판(100), 제 1 전극(200) 및 제 1 광전 변환층(300)을 통하여 입사한 빛 중 장파장 영역의 빛은 반투과 도전층(500)에 의해 반사되고, 단파장 영역의 빛은 반투과 도전층(500)을 통과하여 제 2 광전 변환층으로 입사될 수 있다. 한편, 반투과 도전층(500) 이외에

ITO, ZnO, IZO, GZO, AZO 등의 투명 도전성 물질을 이용할 수도 있다. 이러한 반투과 도전층(500)의 물질의 예는 상술한 것에 국한되지 않으며, 합금, 공증착 등을 이용하여 적어도 반투과 성질을 갖는다면 어느 금속이든 가능하다.

- [39] 제 2 광전 변환층(600)은 반투과 도전층(500) 상에 적층된 제 2 홀 전달층(610), 제 2 도너/억셉터층(620) 및 제 2 블러킹층(630)을 포함한다. 제 2 도너/억셉터층(620)은 제 1 광전 변환층(300)에서 손실된 빛을 흡수하여 엑시톤을 생성하고, 제 2 홀 전달층(610)은 제 2 도너/억셉터층(620)의 엑시톤으로부터 분리된 홀을 반투과 도전층(500)으로 전달하며, 제 1 블러킹층(630)은 엑시톤으로부터 분리된 홀과 분리되지 않은 엑시톤 등이 제 2 전극층(700)으로 이동하는 것을 방지하고 전자가 제 2 전극층(700)으로 이동하도록 한다. 즉, 제 1 전극(200)을 통하여 입사된 빛 중에서 반투과 도전층(500)에 의하여 반사된 빛은 제 1 광전 변환층(300)에서 흡수되고, 반투과 도전층(500)을 통과한 빛은 제 2 광전 변환층(600)에서 흡수되어 전자 및 홀을 생성하게 된다. 이때, 제 2 광전 변환층(600)은 제 1 광전 변환층(300)과 동일 구조로 형성되지만, 제 2 광전 변환층(600)은 제 1 광전 변환층(300)과 다른 물질로 형성될 수 있다. 예를 들면, 제 1 광전 변환층(300)의 도너 물질과 제 2 광전 변환층(600)의 도너 물질은 밴드갭 에너지가 다를 수 있다. 즉, 제 1 광전 변환층(300)의 도너 물질과 제 2 광전 변환층(600)의 도너 물질은 각각 광 흡수 스펙트럼을 가지며, 하나 이상의 피크 파장을 갖는데, 적어도 하나의 피크 파장은 다른 도너 물질의 피크 파장과 다를 수 있다. 예를 들면, Au를 이용하여 반투과 도전층(500)을 형성할 경우 제 1 광전 변환층(300)을 통하여 입사한 빛 중 장파장 영역의 빛은 반투과 도전층(500)에 의하여 반사되므로, 제 1 광전 변환층(300)의 도너 물질은 적색 영역에서 피크 파장을 갖는 도너 물질을 포함하도록 형성할 수 있다. 그리고, 단파장 영역의 빛은 반투과 도전층(500)을 통과하여 제 2 광전 변환층(600)으로 입사되므로, 제 2 광전 변환층(600)은 청색 또는 녹색 영역에서 피크 파장을 갖는 도너 물질을 포함하도록 형성할 수 있다.
- [40] 제 2 전극층(700)은 케소드(cathod)로 이용되며, 제 1 전극층(200)보다 일함수가 낮은 물질로 형성된다. 예를 들어, 제 2 전극층(700)은 Mg, Al, Ag 등의 금속 또는 이들의 합금으로 형성할 수 있는데, 반사율이 높은 Al으로 형성하는 것이 바람직하다.

[41]

[42] 도 3은 본 발명의 다른 실시 예에 따른 태양 전지의 단면도이다.

- [43] 도 3을 참조하면, 본 발명의 다른 실시 예에 따른 태양 전지는 기판(100) 상에 순차 형성된 제 1 전극층(200), 제 1 광전 변환층(300), 전자 주입층(800), 터널링층(400), 반투과 도전층(500), 제 2 광전 변환층(600) 및 제 2 전극층(700)을 포함한다. 또한, 제 1 광전 변환층(300)은 제 1 홀 전달층(310), 제 1 도너/억셉터층(320) 및 제 1 블러킹층(330)을 포함하고, 제 2 광전 변환층(600)은 제 2 홀 전달층(610), 제 2 도너/억셉터층(620) 및 제 2 블러킹층(630)을 포함한다.

즉, 본 발명의 다른 실시 예에 따른 태양 전지는 도 1의 구조에서 전자 주입층(800)이 더 포함된 구조를 갖는다.

- [44] 전자 주입층(800)은 제 1 광전 변환층(300)에서 분리된 전자를 터널링층(400)으로 주입하고, 계면 특성을 향상시킨다. 이러한 전자 주입층(800)은 LiF, Liq 등의 물질로 형성할 수 있다. 또한, 제 2 블럭킹층(630)과 제 2 전극층(700) 사이에 전자 주입층이 더 형성될 수도 있다.
- [45]
- [46] 상기와 같은 본 발명에 따른 태양 전지의 제조 방법을 도 4 및 도 5 내지 도 9를 이용하여 설명하면 다음과 같다. 여기서, 도 4 및 도 5 내지 도 9는 본 발명의 일 실시 예에 따른 태양 전지의 제조 방법을 설명하기 위한 공정 흐름도 및 단면도이다.
- [47] 도 4를 참조하면, 홀 전달층 및 도너/억셉터층의 형성 물질을 마련한다(S310). 홀 전달층 형성 물질을 마련하기 위해 PEDOT와 PSS의 혼합물을 이소프로필알콜(IPA) 등의 유기 용매에 용해시켜 최소 24시간 분산시킨다. 홀 전달층 형성 물질은 또한 PEDOT와 PSS를 각각 유기 용매에 혼합한 후 두 유기 용매를 혼합하여 마련할 수도 있다. 또한, 홀 전달층 형성 물질은 PEDOT와 PSS를 혼합하여 마련할 수도 있다. 즉, 유기 용매에 혼합하지 않고 PEDOT와 PSS를 혼합하여 홀 전달층 형성 물질을 마련할 수도 있다. 또한, 도너/억셉터층 형성 물질을 마련하기 위해 P3HT와 PCBM을 1:0.1 내지 2:1의 중량비(wt%)로 혼합하고, 이를 유기 용매에 용해시켜 최소한 72시간 분산시킨다. 그리고, 코팅 시 문제를 발생시킬 수 있는 거대 입자를 제거하기 위해 혼합물을 예를 들어 5 μ m의 필터를 이용하여 필터링한다. 여기서, 유기 용매는 클로로벤젠, 벤젠, 클로로포름, THF 등을 이용할 수 있으며, 이들 유기 용매를 혼합하여 이용할 수도 있다. 한편, 도너/억셉터층 형성 물질은 P3HT와 PCBM를 각각 유기 용매에 용해시킨 후 두 유기 용매를 혼합하여 마련할 수도 있다.
- [48] 도 4 및 도 5를 참조하면, 기판(100) 상부에 제 1 전극층(200)을 형성한다(S320). 여기서, 기판(100)은 유리 기판 등의 투명 기판을 이용하고, 제 1 전극층(200)은 투명 도전성 물질을 이용하여 형성한다. 그리고, 제 1 전극층(200)은 100~200nm의 두께로 형성할 수 있다. 이후 제 1 전극층(200)이 형성된 기판(100)을 클리닝한 다음 UV 및 오존 처리를 실시할 수 있다. 이때, 클리닝 공정은 이소프로판올(IPA), 아세톤 등의 유기 용매 또는 순수를 이용하여 예를 들어 10분 정도 실시할 수 있다. 또한, 클리닝된 기판(100)을 예를 들어 100°C 정도의 온도에서 1시간 이상 건조한다.
- [49] 도 4 및 도 6을 참조하면, 제 1 전극층(200)의 적어도 일부 상에 제 1 홀 전달층(310), 제 1 도너/억셉터층(320) 및 제 1 블럭킹층(330)을 순차적으로 형성하여 제 1 광전 변환층(300)을 형성한다(S330). 제 1 홀 전달층(310) 및 제 1 도너/억셉터층(320)은 일반적인 코팅 방법, 즉 스프레이, 스핀 코팅, 딥핑, 프린팅, 닥터블레이딩, 스퍼터링 등의 방법을 이용하여 형성할 수 있다. 예를 들어 제 1

홀 전달층(310)은 PEDOT와 PSS이 유기 용매에 용해된 홀 전달층 형성 물질을 예를 들어 2000rpm으로 60초간 스핀 코팅한 후 약 140°C의 질소 분위기에서 10분간 어닐링하여 형성한다. 그리고, 제 1 도너/억셉터층(320)은 P3HT와 PCBM이 유기 용매에 용해된 도너/억셉터층 형성 물질을 예를 들어 1000rpm으로 60초간 스핀 코팅한 후 약 125°C의 질소 분위기에서 10분간 어닐링하여 형성한다. 또한, 제 1 도너/억셉터층(320) 상에 BCP를 증발 증착법(evaporattion)으로 증착하여 제 1 블러킹층(330)을 형성한다. 제 1 홀 전달층(310), 제 1 도너/억셉터층(320) 및 제 1 블러킹층(330)은 각각 5~50nm, 10~150nm, 5~30nm의 두께로 형성할 수 있다.

- [50] 도 4 및 도 7을 참조하면, 제 1 블러킹층(330) 상에 터널링층(400) 및 반투과 도전층(500)을 형성한다(S340). 터널링층(400)은 금속 산화물로 형성할 수 있고, 금속 산화물은 금속 물질을 증발 증착법으로 증착하면서 자연 산화되도록 하여 형성할 수 있다. 예를 들어 챔버 내부의 압력을 10^{-6} ~ 10^{-3} Pa로 유지하고 증착률을 0.1 ~ $1\text{\AA}/\text{s}$ 로 유지하여 금속 물질을 증발 증착하면 금속 물질이 증착되면서 자연 산화되고, 이에 따라 금속 산화물이 형성된다. 따라서, 금속 산화물로 이루어진 터널링층(400)을 형성할 수 있다. 또한, 터널링층(400)은 금속 물질을 증착한 후 산화시켜 형성할 수도 있고, 금속 산화물을 증착하여 형성할 수도 있다. 이러한 터널링층(400)은 전자의 터널링이 용이한 두께로 형성하는 것이 바람직한데, 예를 들어 0.1 ~ 10nm 의 두께로 형성한다. 그리고, 터널링층(400) 상에 반투과 도전층(500)을 증발 증착법을 이용하여 형성하는데, 터널링층(400)을 형성하기 위한 금속 물질의 증착률보다 높은 증착률, 예를 들어 0.5 ~ $7\text{\AA}/\text{s}$ 의 증착률로 금속 물질을 증발시켜 형성한다. 이러한 반투과 도전층(500)은 가시광선 영역에서 단파장의 반사율과 장파장의 반사율이 서로 다른 물질로 형성하는 것이 바람직하며, 예를 들어 Au, Cu 또는 이들의 합금을 이용하여 형성한다. 반투과 도전층(500)은 예를 들어 5 ~ 20nm 의 두께로 형성한다.

- [51] 도 4 및 도 8을 참조하면, 반투과 도전층(500) 상에 제 2 홀 전달층(610), 제 2 도너/억셉터층(620) 및 제 2 블러킹층(630)을 순차적으로 형성하여 제 2 광전 변환층(600)을 형성한다(S350). 제 2 홀 전달층(610) 및 제 2 도너/억셉터층(620)은 일반적인 코팅 방법, 즉 스프레이, 스핀 코팅, 딥핑, 프린팅, 닥터블레이딩, 스퍼터링 등의 방법을 이용하여 형성할 수 있다. 예를 들어 제 2 홀 전달층(610) 및 제 2 도너/억셉터층(620)은 각각 제 1 홀 전달층(310) 및 제 1 도너/억셉터층(32)과 마찬가지로 방법으로 형성할 수 있다. 즉, 제 2 홀 전달층(610)은 PEDOT와 PSS이 유기 용매에 용해된 홀 전달층 형성 물질을 예를 들어 2000rpm으로 60초간 스핀 코팅한 후 약 140°C의 질소 분위기에서 10분간 어닐링하여 형성할 수 있고, 제 2 도너/억셉터층(620)은 P3HT와 PCBM이 유기 용매에 용해된 도너/억셉터층 형성 물질을 예를 들어 1000rpm으로 60초간 스핀 코팅한 후 약 125°C의 질소 분위기에서 10분간 어닐링하여 형성할 수 있다. 물론, 제 2 홀 전달층(610) 및 제 2 도너/억셉터층(620)은 각각 제 1 홀 전달층(310) 및 제

1 도너/억셉터층(320)과 다른 물질로 형성할 수 있다. 특히, 제 2 도너/억셉터층(620)은 제 1 도너/억셉터층(320)과 다른 파장의 빛을 흡수하는 각각 다른 물질로 형성될 수 있는데, 예를 들어 제 2 도너/억셉터층(620)을 제 1 도너/억셉터층(320)보다 높은 파장의 빛을 흡수하는 물질로 형성할 수 있다. 그리고, 제 2 도너/억셉터층(620) 상에 BCP를 증발 증착법(evaporattion)으로 증착하여 제 2 블럭킹층(630)을 형성한다. 제 2 홀 전달층(610), 제 2 도너/억셉터층(620) 및 제 2 블럭킹층(630)은 각각 5~50nm, 10~150nm, 5~30nm의 두께로 형성할 수 있다.

[52] 도 4 및 도 9를 참조하면, 제 2 블럭킹층(630) 상에 제 2 전극층(700)을 형성한다(S360). 제 2 전극층(700)은 금속 물질을 증발 증착법으로 형성하는데, 예를 들어 10^{-6} ~ 10^{-3} Pa의 압력을 유지하는 챔버에서 증착률을 $0.5\sim 7\text{\AA}/\text{s}$ 로 유지하여 금속 물질을 증발시켜 형성한다. 이러한 제 2 전극층(700)은 Mg, Al, Ag 등의 금속 또는 이들의 합금으로 형성할 수 있는데, Al으로 형성하는 것이 바람직하며, 50~150nm의 두께로 형성할 수 있다.

[53]

[54] 한편, 상기 실시 예에서 제 1 홀 전달층(310), 제 1 도너/억셉터층(320), 제 2 홀 전달층(610) 및 제 2 도너/억셉터층(620)을 각각 형성한 후 어닐링 공정을 실시하였으나, 제 1 홀 전달층(310) 및 제 1 도너/억셉터층(320)의 형성 후에는 어닐링 공정을 실시하지 않고, 제 2 홀 전달층(610) 및 제 2 도너/억셉터층(620)을 형성한 후에만 어닐링 공정을 실시할 수도 있다.

[55]

그리고, 도 3를 이용하여 예시된 본 발명의 다른 실시 예에 따른 태양 전지, 즉 제 1 블럭킹층(330)과 터널링층(400)의 사이에 전자 주입층(800)이 형성되는 경우 LiF, Liq 등을 증발 증착법으로 증착하여 전자 주입층(800)을 형성할 수 있다. 또한, 제 2 블럭킹층(630)과 제 2 전극층(700) 사이에 전자 주입층이 더 형성되는 경우에도 LiF, Liq 등을 증발 증착법으로 증착하여 전자 주입층을 형성할 수 있다. 이때, 전자 주입층(800)은 각각 0.1~10nm의 두께로 형성할 수 있다.

[56]

[57] 이하, 본 발명에 따른 태양 전지와 종래의 비교 예에 따른 태양 전지들을 비교하겠다.

[58] 실현 예

[59] 유리 기판상에 100nm의 ITO 제 1 전극층, 10nm의 PEDOT:PSS 제 1 홀 전달층, 70nm의 P3HT:PCBM 제 1 도너/억셉터층, 12nm의 BCP 제 1 블럭킹층, 0.5nm의 LiF 전자 주입층, 0.5nm의 Al_2O_3 터널링층, 10nm의 Au 반투과 도전층, 10nm의 PEDOT:PSS 제 2 홀 전달층, 70nm의 P3HT:PCBM 제 2 도너/억셉터층, 12nm의 BCP 제 2 블럭킹층 및 80nm의 Al 제 2 전극층을 적층하여 태양 전지를 제조하였다.

[60] 태양 전지의 특성은 개방 회로 전압(open circuit voltage; Voc), 단락 회로

전류(short circuit current; J_{sc}), 충실도(fill factor; FF) 및 효율을 이용하여 평가하게 된다. 개방 회로 전압(V_{oc})는 외부의 전기적 부하 없이 빛이 조사되었을 때 생성되는 전압, 즉 전류가 0일 때의 전압이고, 단락 회로 전류(J_{sc})는 단락된 전기 접촉으로 빛이 조사되었을 때 생성되는 전류, 즉 전압이 인가되지 않을 경우 빛에 의한 전류로 정의된다. 또한, 충실도(FF)는 전류 및 전압이 인가되고 그에 따라 변화되는 전류 및 전압의 곱을 개방 회로 전압(V_{oc})과 단락 회로 전류(J_{sc})의 곱으로 나눈 값으로 정의된다. 이러한 충실도(FF)는 개방 회로 전압(V_{oc})과 단락 회로 전류(J_{sc})가 동시에 얻어지지 않기 때문에 항상 1 이하이다. 그렇지만 충실도(FF)가 1에 근접할수록 태양 전지의 효율이 보다 높아지고, 충실도(FF)가 낮아질수록 저항이 증가하는 것으로 평가된다. 한편, 효율은 개방 회로 전압(V_{oc}), 단락 회로 전류(J_{sc}) 및 충실도(FF)의 곱을 조사되는 빛의 세기로 나눈 값, 즉 [수학식 1]로 정의된다.

[61] [수학식 1]

[62]

$$\text{효율} = \frac{V_{oc} \times J_{sc} \times FF}{\text{조사되는 빛의 세기}}$$

[63] 도 10은 실시 예에 따른 태양 전지의 특성 그래프로서, 암전류(dark current)와 광전류(photo current)를 도시한 그래프이다. 도면에서 도면부호 "10"은 암전류를 나타내고, "11" 및 "12"는 각각 동일 구조로 형성된 두개의 태양 전지의 광전류를 나타낸다. 실시 예에 따른 태양 전지는 전류가 인가되지 않을 경우의 전압, 즉 개방 회로 전압(V_{oc})이 0.655V이고, 전압이 인가되지 않을 경우의 전류, 즉 단락 회로 전류(J_{sc})가 23.87mA/cm²로 측정되었다. 또한, 충실도(FF)가 0.513으로 측정된다. 따라서, 이들로부터 효율은 약 8.027로 산출된다.

[64]

[65] 비교 예 1

[66] 유리 기판 상에 100nm의 ITO 제 1 전극층, 10nm의 PEDOT:PSS 홀 전달층, 70nm의 P3HT:PCBM 도너/억셉터층, 12nm의 BCP 블러킹층, 0.5nm의 LiF 전자 주입층 및 80nm의 Al 제 2 전극층을 적층하여 태양 전지를 제조하였다. 즉, 비교 예 1은 본 발명에 비해 광전 변환층을 단일층으로 형성하여 태양 전지를 제조하였다.

[67] 도 11은 비교 예1에 따른 태양 전지의 특성 그래프이다. 도시된 바와 같이 비교 예 1에 따른 태양 전지는 개방 회로 전압(V_{oc})이 0.655V이고, 단락 회로 전류(J_{sc})가 15.36mA/cm²이며, 충실도(FF)가 0.661로 측정되었다. 따라서, 이들로부터 효율은 약 6.648로 산출된다. 즉, 본 발명의 효율이 비교 예 1의 효율에 비해 높은 것을 알 수 있다.

[68]

[69] 비교 예 2

- [70] 유리 기판상에 100nm의 ITO 제 1 전극층, 10nm의 PEDOT:PSS 제 1 홀 전달층, 70nm의 P3HT:PCBM 제 1 도너/억셉터층, 12nm의 BCP 제 1 블럭킹층, 10nm의 PEDOT:PSS 제 2 홀 전달층, 70nm의 P3HT:PCBM 제 2 도너/억셉터층, 12nm의 BCP 제 2 블럭킹층 및 80nm의 Al 제 2 전극층을 적층하여 태양 전지를 제조하였다. 즉, 비교 예 2는 본 발명에 비해 전자 주입층, 터널링층 및 반투과 도전층을 형성하지 않고 두 광전 변환층을 적층하여 태양 전지를 제조하였다. 그런데, 비교 예 2의 경우 제조 공정에서 BCP 제 1 블럭킹층 상에 PEDOT:PSS 제 2 홀 전달층을 스핀 코팅할 때 제 1 블럭킹층이 손상되는 문제가 발생되었다.
- [71] 또한, 도 12는 비교 예2에 따른 태양 전지의 특성 그래프로서, 도면부호 "20"은 암전류를 나타내고, "21" 및 "22"는 각각 동일 구조로 형성된 두개의 태양 전지의 광전류를 나타낸다. 비교 예 2에 따른 태양 전지는 개방 회로 전압(Voc)이 0.615V이고, 단락 회로 전류(Jsc)가 12.93mA/cm²이며, 충실도(FF)가 0.335으로 측정된다. 따라서, 이들로부터 효율은 약 2.665로 산출된다. 즉, 본 발명의 효율이 비교 예 2의 효율에 비해 높은 것을 알 수 있으며, 비교 예 2의 경우 공정상의 문제가 발생됨을 알 수 있다.

[72]

[73] 비교 예 3

- [74] 유리 기판상에 100nm의 ITO 제 1 전극층, 10nm의 PEDOT:PSS 제 1 홀 전달층, 70nm의 P3HT:PCBM 제 1 도너/억셉터층, 12nm의 BCP 제 1 블럭킹층, 3nm의 Al 반투과 도전층, 10nm의 PEDOT:PSS 제 2 홀 전달층, 70nm의 P3HT:PCBM 제 2 도너/억셉터층, 12nm의 BCP 제 2 블럭킹층 및 80nm의 Al 제 2 전극층을 적층하여 태양 전지를 제조하였다. 즉, 비교 예 3은 실시 예에 비해 전자 주입층 및 터널링층을 형성하지 않고 반투과 도전층으로 Au 대신 Al을 이용하여 태양 전지를 제조하였다.
- [75] 그런데, 비교 예 3의 경우 반투과 도전층으로 반사도가 높은 Al을 형성하고, Al의 반사도를 고려하여 3nm의 두께로 얇게 형성하였으나, Al의 두께가 너무 얇기 때문에 저항이 크게 증가하여 반투과 도전층으로 기능하지 못하고 저항으로 작용하게 된다. 즉, 도 13에 도시된 바와 같이 개방 회로 전압(Voc)과 단락 회로 전류(Jsc)가 너무 작아 충실도(FF)를 계산하기 어렵고, 효율이 약 0.01%로 매우 좋지 않아 태양 전지로서 이용하지 못하게 된다.

[76]

[77] 비교 예 4

- [78] 유리 기판상에 100nm의 ITO 제 1 전극층, 10nm의 PEDOT:PSS 제 1 홀 전달층, 70nm의 P3HT:PCBM 제 1 도너/억셉터층, 12nm의 BCP 제 1 블럭킹층, 10nm의 Au 반투과 도전층, 10nm의 PEDOT:PSS 제 2 홀 전달층, 70nm의 P3HT:PCBM 제 2 도너/억셉터층, 12nm의 BCP 제 2 블럭킹층 및 80nm의 Al 제 2 전극층을 적층하여 태양 전지를 제조하였다. 즉, 비교 예 4는 본 발명에 비해 전자 주입층 및 터널링층을 형성하지 않고 태양 전지를 제조하였다.

[79] 도 14는 비교 예 4에 따른 태양 전지의 특성 그래프로서, 도면부호 "40"은 암전류를 나타내고, 도면부호 "41" 및 "42"는 각각 동일 구조로 형성된 두개의 태양 전지의 광전류를 나타낸다. 비교 예 4에 따른 태양 전지는 개방 회로 전압(Voc)이 0.495V이고, 단락 회로 전류(Jsc)가 25.92mA/cm²이며, 충실도(FF)가 0.286으로 측정된다. 따라서, 이들로부터 효율은 약 3.666로 산출된다. 즉, 비교 예 4의 경우 단락 회로 전류(Jsc)가 본 발명에 비해 다소 증가하지만, BCP 제 1 블럭킹층과 Au 반투과 도전층 사이의 계면 특성의 한계로 개방 회로 전압(Voc)이 떨어지고, 그에 따라 충실도(FF) 및 효율이 떨어지게 된다.

[80]

[81] 상기 실험 예 및 비교 예들의 결과를 정리하면 [표 1]과 같다.

[82] [표 1]

[83]

	Voc(V)	Jsc(mA/cm ²)	FF	효율(%)
실험 예	0.655	23.87	0.513	8.027
비교 예 1	0.655	15.36	0.611	6.648
비교 예 2	0.615	12.93	0.335	2.665
비교 예 3	0.7	0.05	-	0.01
비교 예 4	0.495	25.92	0.286	3.666

[84] 상기로부터 본 발명의 실시 예에 따른 태양 전지가 비교 예들에 따른 태양 전지에 비해 개방 회로 전압(Voc) 및 단락 회로 전류(Jsc)가 모두 높아지고, 이로부터 충실도(FF)가 향상되며, 이에 따라 효율을 현저하게 향상시킬 수 있음을 알 수 있다.

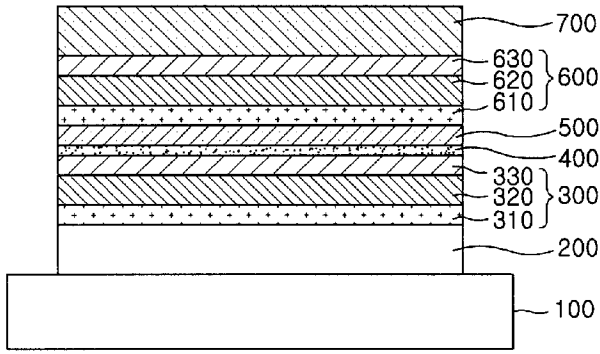
[85]

[86] 한편, 본 발명의 기술적 사상은 상기 실시 예에 따라 구체적으로 기술되었으나, 상기 실시 예는 그 설명을 위한 것이며, 그 제한을 위한 것이 아님을 주지해야 한다. 또한, 본 발명의 기술분야에서 당업자는 본 발명의 기술 사상의 범위 내에서 다양한 실시 예가 가능함을 이해할 수 있을 것이다.

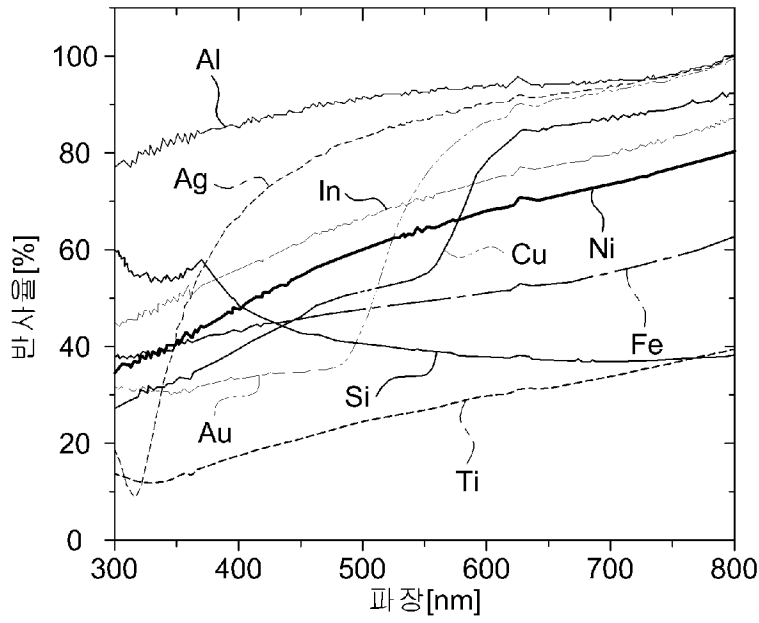
청구범위

- [청구항 1] 적어도 하나는 광 투과성을 가지는 제 1 및 제 2 전극;
상기 제 1 및 제 2 전극 사이에 위치하는 둘 이상의 광전 변환층들;
및
상기 광전 변환층들 사이에 위치하는 반투과 도전층을 포함하는 태양 전지.
- [청구항 2] 제 1 항에 있어서, 상기 광전 변환층들은 각각 도너 물질 및 억셉터 물질을 포함하는 태양 전지.
- [청구항 3] 제 2 항에 있어서, 상기 광전 변환층들은 블럭킹층을 더 포함하는 태양 전지.
- [청구항 4] 제 1 항에 있어서, 상기 반투과 도전층과 상기 광전 변환층 사이에 위치하는 터널링층을 더 포함하는 태양 전지.
- [청구항 5] 제 4 항에 있어서, 상기 터널링층은 금속 산화물을 포함하는 태양 전지.
- [청구항 6] 제 5 항에 있어서, 상기 터널링층은 자연 산화막인 태양 전지.
- [청구항 7] 제 5 항에 있어서, 상기 금속 산화물은 Al_2O_3 를 포함하는 태양 전지.
- [청구항 8] 제 3 항에 있어서, 상기 터널링층과 상기 광전 변환층 사이에 위치하는 전자 주입층을 더 포함하는 태양 전지.
- [청구항 9] 제 1 항에 있어서, 상기 반투과 도전층은 가시광선 영역에서 단파장의 반사율과 장파장의 반사율이 서로 다른 태양 전지.
- [청구항 10] 제 9 항에 있어서, 상기 반투과 도전층은 Au, Cu 또는 이들의 합금을 포함하는 태양 전지.
- [청구항 11] 기관 상에 제 1 전극층을 형성하는 단계;
상기 제 1 전극층 상에 둘 이상의 광전 변환층들과 상기 광전 변환층들 사이에 터널링층 및 반투과 도전층을 형성하는 단계; 및
상기 광전 변환층 상에 제 2 전극층을 형성하는 단계를 포함하는 태양 전지 제조 방법.
- [청구항 12] 제 11 항에 있어서, 상기 광전 변환층들 각각을 형성한 후 어닐링하는 단계를 더 포함하는 태양 전지 제조 방법.
- [청구항 13] 제 11 항에 있어서, 상기 광전 변환층들을 모두 형성한 후 어닐링하는 단계를 더 포함하는 태양 전지 제조 방법.
- [청구항 14] 제 11 항에 있어서, 상기 터널링층은 금속 물질을 증착하면서 상기 금속 물질을 산화시켜 형성하는 태양 전지 제조 방법.

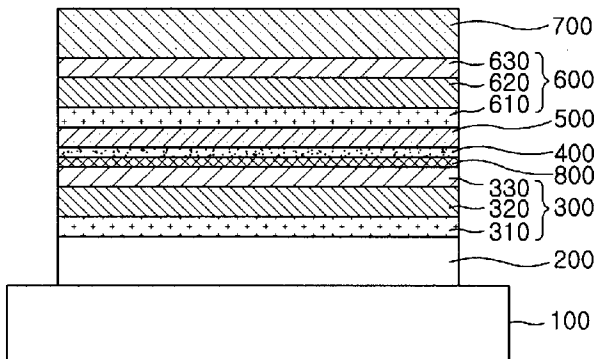
[Fig. 1]



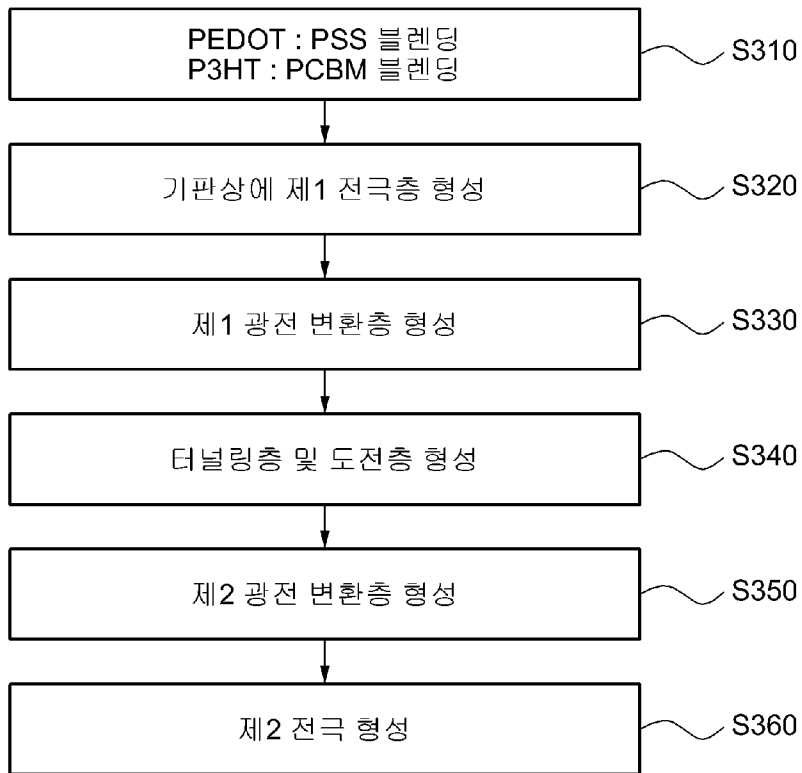
[Fig. 2]



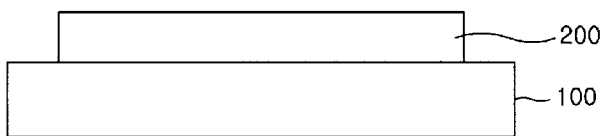
[Fig. 3]



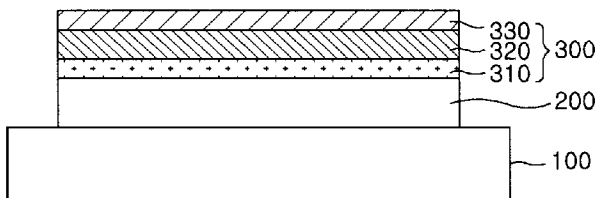
[Fig. 4]



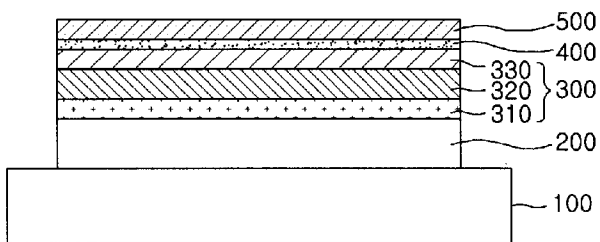
[Fig. 5]



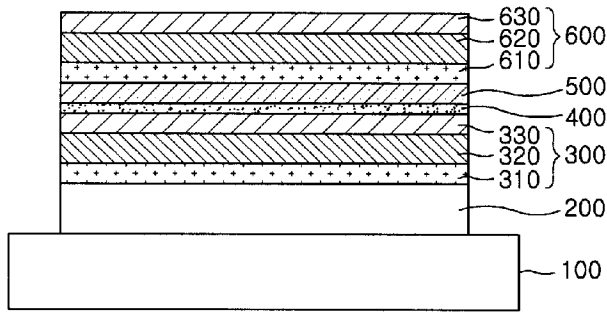
[Fig. 6]



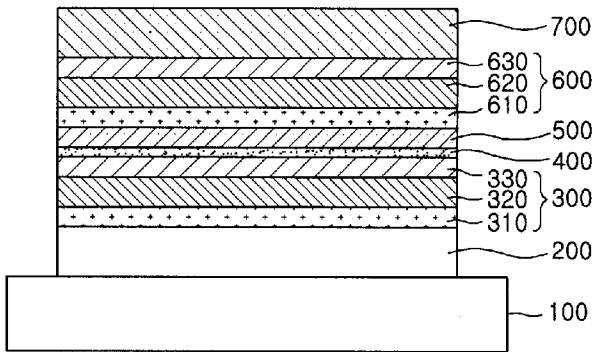
[Fig. 7]



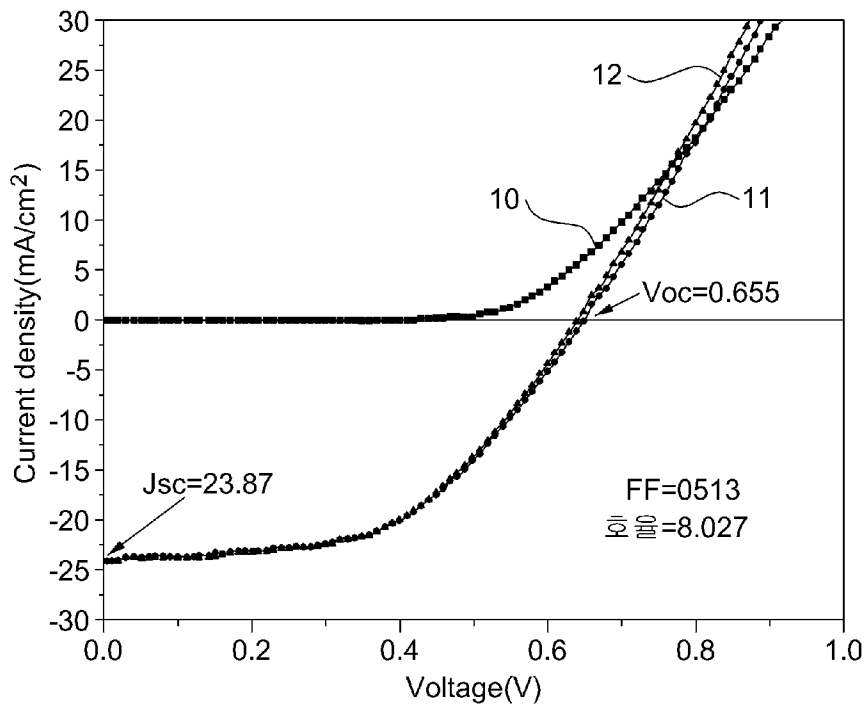
[Fig. 8]



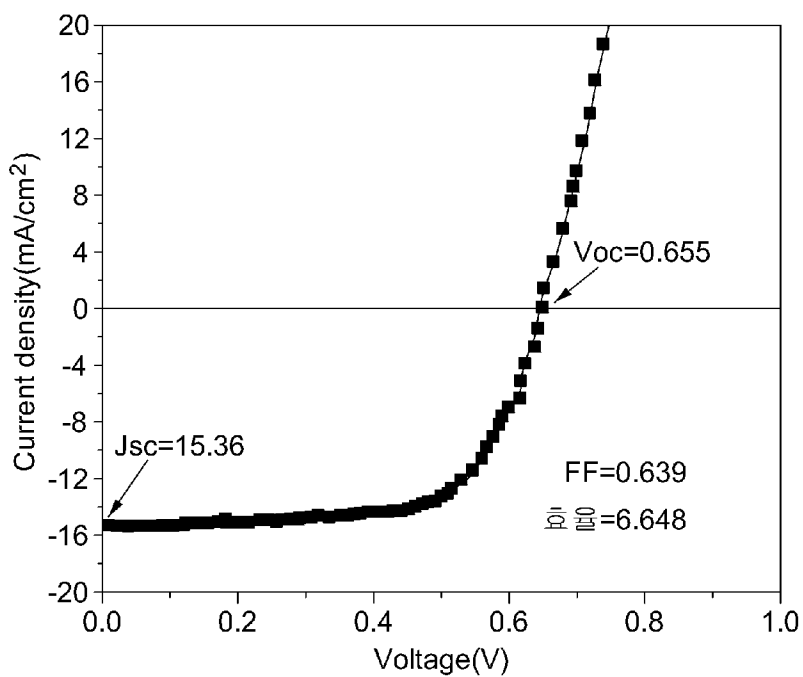
[Fig. 9]



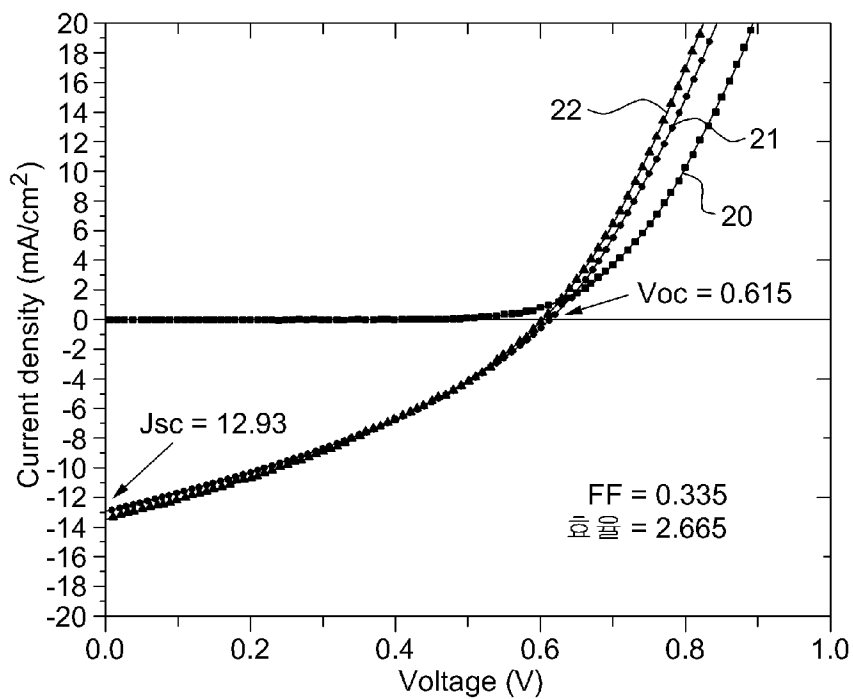
[Fig. 10]



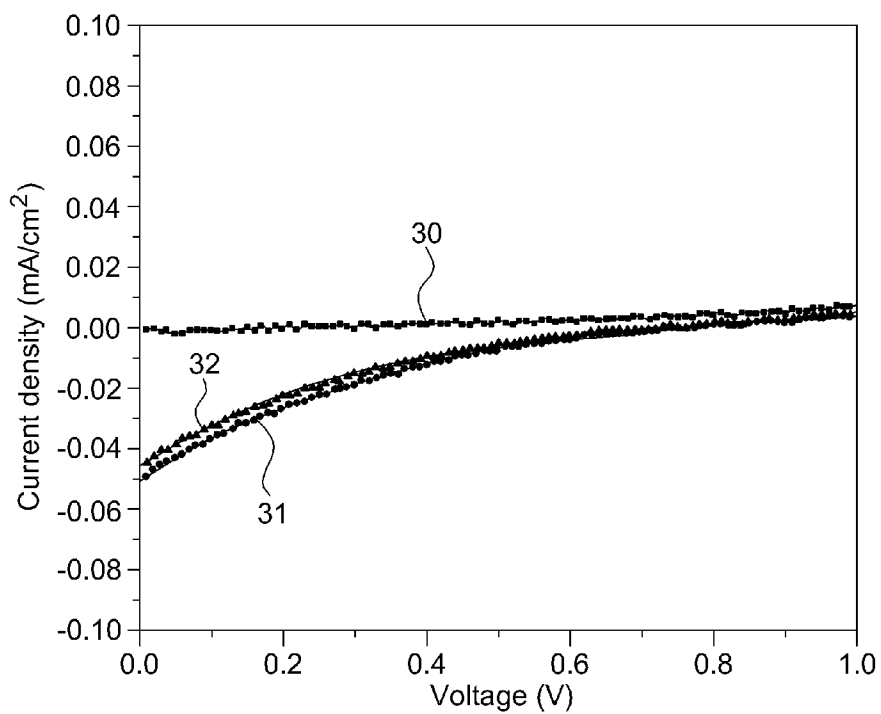
[Fig. 11]



[Fig. 12]



[Fig. 13]



[Fig. 14]

