



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2017-0141407
(43) 공개일자 2017년12월26일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 51/44 (2006.01) H01L 51/00 (2006.01)
H01L 51/42 (2006.01)
(52) CPC특허분류
H01L 51/441 (2013.01)
H01L 51/0036 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2016-0074401
(22) 출원일자 2016년06월15일
심사청구일자 없음

(71) 출원인
코오롱인더스트리 주식회사
경기도 과천시 코오롱로 11(별양동, 코오롱타워)
(72) 발명자
문정열
경기도 용인시 기흥구 마북로154번길 30
조근상
경기도 용인시 기흥구 마북로154번길 30
최윤영
경기도 용인시 기흥구 마북로154번길 30
(74) 대리인
김성호, 박형달

전체 청구항 수 : 총 11 항

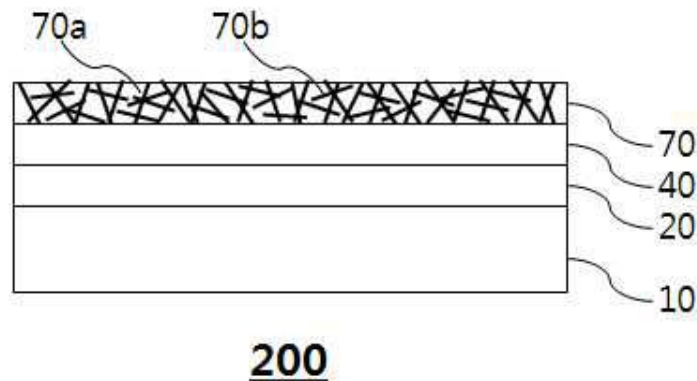
(54) 발명의 명칭 유기 태양전지 및 이의 제조 방법

(57) 요약

본 발명은 유기 태양전지 및 이의 제조방법에 관한 것으로, 보다 상세하게는 기재; 상기 기재 상에 형성된 음극; 상기 음극 상에 형성된 광활성층; 및 상기 광활성층 상에 형성되고, 정공수송 물질 및 전도성 나노와이어를 포함하는 일체형 양극을 포함하는 유기 태양전지에 관한 것이다.

상기 유기 태양전지는 일체형 양극을 구비하여 우수한 수명 및 성능 특성을 나타낼 수 있으며 코팅을 통한 롤투를 공정에 적용이 가능하여 유기 태양전지의 생산성 및 생산 효율을 개선할 수 있다.

대표도 - 도2



(52) CPC특허분류

H01L 51/0037 (2013.01)

H01L 51/4253 (2013.01)

Y02E 10/549 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 20153010140030

부처명 산업통상자원부

연구관리전문기관 에너지기술평가원

연구사업명 에너지기술개발사업

연구과제명 유연 유기태양전지 모듈 및 이를 적용한 off-grid 지능형 광고 미디어 제품 개발

기 여 율 1/1

주관기관 코오롱중앙기술원

연구기간 2015.12.01 ~ 2016.09.30

명세서

청구범위

청구항 1

기재;

상기 기재 상에 형성된 음극;

상기 음극 상에 형성된 광활성층; 및

상기 광활성층 상에 형성되고, 정공수송 물질 및 전도성 나노와이어를 포함하는 일체형 양극을 포함하는 유기 태양전지.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 일체형 양극은 정공수송 물질을 포함하는 매트릭스 내에 전도성 나노와이어가 3차원 네트워크 구조를 형성하는 것을 특징으로 하는 유기 태양전지.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 일체형 양극의 두께는 0.1 내지 5 μm 인 것을 특징으로 하는 유기 태양전지.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 정공수송 물질은 폴리(3,4-에틸렌디옥시티오펜) (poly(3,4-ethylenedioxythiophene; PEDOT) 및 폴리(스티렌설포네이트)(poly(styrene sulfonate); PSS)로 이루어진 군으로부터 선택된 1종 이상을 포함하는 것을 특징으로 하는 유기 태양전지.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 전도성 나노와이어는 금속계 나노와이어 및 탄소계 나노와이어로 이루어진 군으로부터 선택된 1종 이상을 포함하는 것을 특징으로 하는 유기 태양전지.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 금속계 나노와이어는 금(Au), 은(Ag), 백금(Pt), 구리(Cu), 니켈(Ni), 철(Fe), 팔라듐(Pd), 로듐(Rh), 이리듐(Ir), 코발트(Co), 주석(Sn), 아연(Zn) 및 몰리브덴(Mo)로 이루어진 군에서 선택되는 1종 이상을 포함하는 것을 특징으로 하는 유기 태양전지.

청구항 7

제5항에 있어서,

상기 탄소계 나노와이어는 탄소나노튜브, 탄소 나노섬유 및 그래핀으로 이루어진 군에서 선택되는 1종 이상을 포함하는 것을 특징으로 하는 유기 태양전지.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 음극과 광활성층 사이에 금속산화물 박막층을 추가로 포함하는 것을 특징으로 하는 유기 태양전지.

청구항 9

기재를 준비하는 단계;

상기 기재 상에 음극을 형성하는 단계;

상기 음극 상에 광활성층을 형성하는 단계; 및

상기 광활성층 상에 정공수송 물질 및 전도성 물질을 포함하는 일체형 양극을 형성하는 단계를 포함하는 제1항의 유기 태양전지의 제조방법.

청구항 10

제9항에 있어서,

상기 일체형 양극은 정공수송 물질 및 전도성 물질을 포함하는 조성물을 상기 광활성층 상에 롤투롤(roll-to-roll) 방식으로 코팅한 후, 경화하는 것을 특징으로 하는 유기 태양전지의 제조방법.

청구항 11

제9항에 있어서,

상기 음극 상에 광활성층을 형성하기 단계 이전에 상기 음극 상에 금속산화물 박막층을 형성하는 단계를 추가로 포함하는 것을 특징으로 하는 유기 태양전지.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 수명 특성이 우수한 유기 태양전지 및 이의 제조방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 일반적으로 태양전지는 태양 에너지를 전기 에너지로 변환할 목적으로 제작된 광전지로, 태양으로부터 생성된 빛 에너지를 전기 에너지로 바꾸는 반도체 소자를 의미한다. 이러한 태양전지는 공해가 적고 자원이 무한적이며 반영구적인 수명을 가지고 있어 미래 에너지 문제를 해결할 수 있는 에너지원으로 기대되고 있다. 최근에 태양전지에 관한 기술은 발전 단가를 낮추는 저가형 태양전지에 대한 연구와 변환 효율을 높이는 고효율 태양전지에 대한 연구가 동시에 진행되고 있다.

[0003] 태양전지는 내부 구성 물질 중 광활성층을 구성하는 물질에 따라 무기 태양전지와 유기 태양전지로 나뉠 수 있다. 무기 태양전지는 단결정 실리콘이 주로 사용되는데, 이러한 단결정 실리콘계 태양 전지는 효율 및 안정성 면에서 우수하고 현재 양산이 이루어지고 있는 태양 전지의 대부분을 차지하고 있지만 현재 원자재 확보, 효율 향상 및 저가격화 기술의 개발에 한계점을 나타내고 있다. 이에 유기 태양전지는 저분자(small molecule; 단분자라도 표현)나 고분자(polymer)의 유기 반도체 재료와 같은 유기물을 사용하는데 무기 태양전지에 사용된 무기물에 비해 가격이 월등히 저렴하며 다양하게 합성과 가공이 가능하여 수급이 용이하다. 따라서 제조 공정을 단순화 및 고속화할 수 있고, 여러가지 재질, 형태로의 응용과 대량 생산이 가능하기 때문에 유기 태양전지에 대한 관심과 연구가 증폭되고 있다.

[0004] 유기 태양전지는 기본적으로 박막형 구조를 가지고 있으며, 일반적으로 서로 대향하여 위치하는 양극과 음극, 그리고 상기 양극과 음극 사이에 개재되어 위치하며, 공액 고분자와 같은 정공수용체(hole acceptor)과 플러렌 등의 전자수용체(electron acceptor)가 접합구조로 이루어진 유기물질을 포함하는 광활성층으로 이루어져 있으며, 필요에 따라 상기 광활성층의 상부 및 하부에 각각 전공전달층 및 전자전달층을 더 포함할 수 있다.

[0005] 이러한 다층 박막 구조를 갖는 유기 소자는 슬롯다이 코팅, 스펀코팅, 그라비아 코팅 등 다양한 코팅법을 이용하여 제조할 수 있으며, 이중에서도 롤투롤(roll-to-roll) 방식의 슬롯다이 코팅법이 주로 이용된다.

[0006] 전술한 바와 같이 유기 태양전지는 손쉬운 가공성 및 저렴한 가격으로 대량생산이 가능하며, 롤투롤(roll-to-roll) 방식에 의한 박막 제작이 가능하므로 유연성을 가지는 대면적 전자소자의 제작이 가능하다는 장점이

있다.

- [0007] 그러나, 상기와 같은 기술적, 경제적 유리함에도 불구하고 유기 태양전지를 구성하는 소재는 대기 중의 수분, 산소, 자외선에 노출되면 낮은 수명으로 인해 실용화에 어려움을 겪고 있다. 이에 따라 수명 저하의 원인되는 대기 중의 수분, 산소, 자외선 등을 차단할 수 있는 물질을 광활성층, 전자전달층 및 정공전달층에 첨가하여 별도의 층을 추가하거나 금속 전극을 산화되기 어려운 금속으로 대체하는 등 유기 태양전지의 수명 향상을 위한 다양한 방법들이 연구되고 있다.
- [0008] 일례로, 대한민국 공개특허 제2011-0128122호는 탄소나노튜브를 포함하는 금속산화물 복합막을 전자전달층으로 사용하여 유기 태양전지의 효율 및 수명을 향상시키는 방법을 개시하고 있다.
- [0009] 또한, 대한민국 공개특허 제2012-0018043호는 투명 전극 상에 전도성과 투명성이 우수한 산화아연 박막을 버퍼층으로 구비하여 유기 태양전지의 수명 저하 문제를 개선하는 방법을 개시하고 있다.
- [0010] 이들 특허들은 유기 태양전지의 수명을 어느 정도 개선하였으나 그 효과가 충분치 않고 별도의 물질이나 층을 추가하는 것은 유기 태양전지의 특성 저하를 일으키고 공정 측면에서도 많은 시간과 비용이 요구되어 오히려 비경제적이다. 따라서 우수한 수명 및 효율을 가지는 유기 태양전지의 개발이 더욱 필요한 실정이다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0011] (특허문헌 0001) 대한민국 공개특허 제2011-0128122호(2011.11.28), 탄소나노튜브가 침입된 금속산화물 복합막, 이의 제조방법 및 이를 이용한 광전변환효율 및 수명이 향상된 유기태양전지
- (특허문헌 0002) 대한민국 공개특허 제2012-0018043호(2012.02.29), 고효율 전도성 산화아연 박막의 제조방법과 이를 갖는 인버티드 구조의 유기태양전지 및 그 제조방법

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0012] 이에 본 발명자들은 상기한 문제점을 해결하고자 다각적으로 연구를 수행한 결과, 정공수송 물질과 전도성 나노와이어를 포함하는 일체형 양극을 제조하는 경우 유기 태양전지의 수명 및 효율을 높일 수 있으며 풀투풀 공정에 적용하는 것이 용이함을 확인하였다.
- [0013] 이에 본 발명의 목적은 우수한 수명 및 성능을 가지는 유기 태양전지를 제공하는 것이다.
- [0014] 또한, 본 발명의 다른 목적은 상기 유기 태양전지의 제조방법을 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

- [0015] 상기 목적을 달성하기 위해, 본 발명은 기재; 상기 기재 상에 형성된 음극; 상기 음극 상에 형성된 광활성층; 및 상기 광활성층 상에 형성되고, 정공수송 물질 및 전도성 나노와이어를 포함하는 일체형 양극을 포함하는 유기 태양전지를 제공한다.
- [0016] 상기 일체형 양극은 정공수송 물질을 포함하는 매트릭스 내에 전도성 나노와이어가 3차원 네트워크 구조를 형성하는 것을 특징으로 한다.
- [0017] 이때 상기 일체형 양극의 두께는 0.1 내지 5 μm인 것을 특징으로 한다.
- [0018] 상기 정공수송 물질은 폴리(3,4-에틸렌디옥시티오펜) 및 폴리(스티렌설포네이트)로 이루어진 군으로부터 선택된 1종 이상을 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [0019] 상기 전도성 나노와이어는 금속계 나노와이어 및 탄소계 나노와이어로 이루어진 군으로부터 선택된 1종 이상을 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [0020] 상기 유기 태양전지는 상기 음극과 광활성층 사이에 금속산화물 박막층을 추가로 포함하는 것을 특징으로 한다.
- [0021] 또한, 본 발명은 기재를 준비하는 단계; 상기 기재 상에 음극을 형성하는 단계; 상기 음극 상에 광활성층을 형

성하는 단계; 및 상기 광활성층 상에 정공수송 물질 및 전도성 물질을 포함하는 일체형 양극을 형성하는 단계를 포함하는 유기 태양전지의 제조방법을 제공한다.

[0022] 이때 상기 일체형 양극은 정공수송 물질 및 전도성 물질을 포함하는 조성물을 상기 광활성층 상에 롤투롤(roll-to-roll) 방식으로 코팅한 후, 경화하는 것을 특징으로 한다.

[0023] 상기 음극 상에 광활성층을 형성하기 단계 이전에 상기 음극 상에 금속산화물 박막층을 형성하는 단계를 추가로 포함하는 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

[0024] 본 발명에 따른 유기 태양전지는 정공수송 물질과 전도성 나노와이어를 포함하는 일체형 양극을 포함함으로써 종래 금속 전극이 가지는 수명 특성 저하를 방지할 수 있을 뿐 아니라 두개의 층을 하나의 층으로 형성함으로써 유기 태양전지의 박막화가 가능하다. 또한, 상기 일체형 양극은 코팅을 통해 형성이 가능하기 때문에 롤투롤 공정으로의 적용이 용이하며 이는 유기 태양전지의 제조에 있어서 생산량 및 생산 효율을 개선시킨다.

[0025] 이러한 일체형 양극은 유기 태양전지의 성능과 수명을 향상시키고 제조공정 측면에서도 동일한 코팅 방법을 실시하고 제조 단계를 감소시킴으로써 유기 태양전지의 대량 생산을 가능케 한다.

도면의 간단한 설명

[0026] 도 1은 종래 유기 태양전지의 구조를 개략적으로 나타낸 도면이다.

도 2는 본 발명의 일 구현예에 따른 유기 태양전지의 구조를 개략적으로 나타낸 도면이다.

도 3은 본 발명의 다른 일 구현예에 따른 유기 태양전지의 구조를 개략적으로 나타낸 도면이다.

도 4는 본 발명의 실시예 1에서 형성된 일체형 양극의 주사 전자 현미경(SEM) 이미지이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0027] 이하, 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 본 발명의 구현예에 대하여 첨부한 도면을 참고로 하여 상세히 설명한다. 그러나 본 발명은 여러가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 구현예에 한정되지 않는다. 또한, 도면에서 동일한 참조번호는 동일한 구성 요소를 지칭하며, 각 구성 요소의 크기나 두께는 설명의 편의를 위해 과장되어 있을 수 있다.

[0028] 본 명세서에서 어떤 부재가 다른 부재 “상에” 위치하고 있다고 할 때, 이는 어떤 부재가 다른 부재에 접해 있는 경우뿐 아니라 두 부재 사이에 또 다른 부재가 존재하는 경우도 포함한다.

[0029] 본 명세서에서 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.

[0031] 본 발명은 수명 특성이 향상된 유기 태양전지를 제공한다.

[0032] 고가이며 매장량에 제한이 있는 실리콘 기반의 무기 태양전지에 비해, 유기물 기반의 유기 태양전지는 경제성과 공정 용이성 및 저온 공정으로 인한 유연한(flexible) 소자의 제작 가능성 등의 장점을 바탕으로 최근 관심이 집중되고 있다. 특히, 유기 반도체를 이용하는 유기 태양전지는 진공 증착을 필요로 하지 않고 스핀 코팅, 딥 코팅, 닥터 블레이딩 등과 같은 용액 공정으로 제작가능하기 때문에 비용이나 공정면에서 매우 유리하다. 최근 이러한 유기 태양전지의 실용화를 목적으로 롤투롤(roll-to-roll)과 같은 공정이 소개되고 있으나 실제 유기 태양전지의 제작에 적용되기 위해서는 많은 변화가 요구되고 있다.

[0033] 종래 유기 태양전지(100)는 도 1에 나타낸 바와 같이 기판(10)상에, 음극(20), 금속산화물 박막층(30), 광활성층(40), 정공수송층(50) 및 양극(60)이 구성요소로서 적층된 구조를 이루고 있으며, 상기 구성요소는 스핀 코팅, 딥 코팅, 그라비아 코팅 등 다양한 코팅 방법을 이용하여 형성된다.

[0034] 그러나 종래 유기 태양전지의 상기 양극은 금속 전극으로서 일반적으로 은(Ag) 페이스트가 사용된다. 이때 은 페이스트가 함유하고 있는 잔류 용매 및 불순물이 전지 구동시 하부에 존재하는 층, 특히 광활성층으로 확산되며 이는 광활성층을 구성하는 유기물을 손상시킬 뿐 아니라 열화되어 유기 태양전지의 수명을 감소시킨다. 또한, 상기 은 페이스트를 통한 금속 전극은 코팅 공정을 통한 형성이 어렵기 때문에 스크린 프린팅, 그라비아

프린팅, 그라비아 오프셋(Gravure-offset) 프린팅, 열 기상 증착, 전자 빔 증착, RF 또는 마그네트론 스퍼터링, 화학적 증착 등의 방법을 이용한다. 이러한 방법은 롤투롤 공정에 적용되기는 적절하지 못하다.

- [0035] 이에 본 발명은 기재 상에 서로 대향하여 위치하는 음극과 양극, 그리고 상기 음극과 양극 사이에 광활성층을 비롯한 유기막을 포함하는 유기 태양전지에 있어서, 상기 양극을 정공수송 물질과 전도성 나노와이어를 포함하는 일체형 양극으로 형성함으로써, 페이스트 사용시 잔존하는 용매 및 불순물로 인해 야기된 하부층의 손상 및 열화를 방지하여 유기 태양전지의 성능 및 수명을 향상시킬 수 있다. 또한, 상기 일체형 양극은 코팅 공정을 통해 형성이 가능하기 때문에 롤투롤 공정에 적용이 적합하며 이는 유기 태양전지의 생산성 향상 및 상용화에 유리하다.
- [0037] 도 2는 본 발명의 일 구현예에 따른 유기 태양전지의 구조를 개략적으로 도시한 도면이다.
- [0038] 도 2를 참조하면, 본 발명의 일 구현예에 따른 유기 태양전지(200)는 기재(10); 상기 기재 상에 형성된 음극(20); 상기 음극 상에 형성된 광활성층(40); 및 상기 광활성층에 형성되고, 정공수송 물질(70a)과 전도성 나노와이어(70b)를 포함하는 일체형 양극(70)을 포함한다.
- [0039] 상기 기재(10)는 투명성을 갖는 것이라면 특별히 한정되지 않고 사용할 수 있다.
- [0040] 일례로 상기 기재(10)는 석영 또는 유리와 같은 투명 무기 기재이거나, 폴리에틸렌테레프탈레이트(PET), 폴리에틸렌나프탈레이트(PEN), 폴리카보네이트(PC), 폴리스티렌(PS), 폴리프로필렌(PP), 폴리이미드(PI), 폴리에틸렌설포네이트(PES), 폴리옥시메틸렌(POM), 폴리에테르에테르케톤(PEEK), 폴리에테르설포네이트(PES) 및 폴리에테르이미드(PEI)로 이루어진 군에서 선택되는 1종의 투명 플라스틱 기재를 사용할 수 있다. 이 중에서 유연하면서도 높은 화학적 안정성, 기계적 강도 및 투명도를 가지는 필름 형태의 투명 플라스틱 기재를 사용하는 것이 바람직하다.
- [0041] 또한, 상기 기재(10)는 약 400 내지 750 nm의 가시광 파장에서 적어도 70 % 이상, 바람직하게는 80 % 이상의 투과율을 갖는 것이 좋다.
- [0042] 상기 기재의 두께는 특별히 한정되지 않으며 사용 용도에 따라 적절히 결정될 수 있는데 일례로 1 내지 500 μ m 일 수 있다.
- [0043] 상기 음극(20)은 전술한 기재(10) 상에 형성되며 상기 기재(10)를 통과한 빛이 광활성층(40)에 도달할 수 있도록 하는 경로가 되므로 높은 투명도를 가지고 약 4.5 eV 이상의 높은 일함수와 낮은 저항을 갖는 전도성 물질을 사용하는 것이 바람직하다.
- [0044] 일례로, 상기 음극(20)으로는 인듐 주석 산화물(Indium tin oxide; ITO), 인듐 아연 산화물(Indium zinc oxide; IZO), 불소도핑 산화주석(fluorine-doped tin oxide; FTO), ZnO-Ga₂O₃, ZnO-Al₂O₃, SnO₂-Sb₂O₃ 및 이들의 조합으로 이루어진 군에서 선택되는 금속산화물 투명 전극; 전도성 고분자, 그래핀(graphene) 박막, 그래핀 산화물(graphene oxide) 박막, 탄소나노튜브 박막과 같은 유기 투명전극; 또는 금속이 결합된 탄소나노튜브 박막과 같은 유-무기 결합 투명전극 등을 사용할 수 있다.
- [0045] 상기 음극(20)의 두께는 10 내지 3000 nm일 수 있다.
- [0046] 상기 광활성층(40)은 전술한 음극(20) 상에 위치하며, 정공수용체와 전자수용체가 혼합된 벌크 이종 접합 구조를 가진다.
- [0047] 상기 정공수용체는 전기 전도성 고분자 또는 유기 저분자 반도체 물질 등과 같은 유기 반도체를 포함한다. 상기 전기 전도성 고분자는 폴리티오펜(polythiophene), 폴리페닐렌비닐렌(polyphenylenevinylene), 폴리플루오렌(polyfulorene), 폴리피롤(polypyrrole) 및 이들의 공중합체로 이루어진 군에서 선택되는 1종 이상일 수 있다. 상기 유기 저분자 반도체 물질은 펜타센(pentacene), 안트라센(anthracene), 테트라센(tetracene), 퍼틸렌(perylene), 올리고티오펜(oligothiophene) 및 이들의 유도체로 이루어진 군에서 선택되는 1종 이상을 포함할 수 있다.
- [0048] 바람직하게 상기 정공수용체는 폴리-3-헥실티오펜(poly-3-hexylthiophene; P3HT), 폴리-3-옥틸티오펜(poly-3-octylthiophene; P3OT), 폴리파라페닐렌비닐렌(poly-p-phenylenevinylene; PPV), 폴리(9,9'-디옥틸플루오렌)(poly(9,9'-dioctylfluorene)), 폴리(2-메톡시-5-(2-에틸-헥실옥시)-1,4-페닐렌비닐렌)(poly(2-methoxy-5-(2-ethyl-hexyloxy)-1,4-phenylenevinylene; MEH-PPV) 및 폴리(2-메틸-5-(3', 7' -디메틸옥틸옥시)-1,4-페닐렌비닐렌)(poly(2-methyl-5-(3', 7'-dimethyloctyloxy)-1,4-phenylene vinylene; MDMOPPV)으로 이루어진 군에

서 선택되는 1종 이상을 포함할 수 있다.

- [0049] 상기 전자수용체는 풀러렌(fullerene, C₆₀), C₇₀, C₇₆, C₇₈, C₈₀, C₈₂, C₈₄ 등의 풀러렌 유도체, CdS, CdSe, CdTe 및 ZnSe으로 이루어진 군에서 선택되는 1종 이상을 포함할 수 있다.
- [0050] 바람직하게 상기 전자수용체는 (6,6)-페닐-C₆₁-부티릭에시드 메틸에스테르((6,6)-phenyl-C₆₁-butyric acid methyl ester; PCBM), (6,6)-페닐-C₇₁-부티릭에시드 메틸에스테르((6,6)-phenyl-C₇₁-butyric acid methyl ester; C₇₀-PCBM), (6,6)-티에닐-C₆₁-부티릭에시드 메틸에스테르((6,6)-thienyl-C₆₁-butyric acid methyl ester; ThCBM) 및 탄소나노튜브로 이루어진 군에서 선택되는 1종 이상을 포함할 수 있다.
- [0051] 이때 상기 광활성층(40)은 정공수용체로서 P3HT와 전자수용체로서 PCBM의 혼합물을 포함하는 것이 더욱 바람직하고, 이때 상기 P3HT와 PCBM의 혼합 중량 비율은 1:0.1 내지 1:2일 수 있다.
- [0052] 상기 광활성층(40)의 두께는 5 내지 2000 nm일 수 있다.
- [0053] 상기 일체형 양극(70)은 전술한 광활성층(40) 상에 형성되며 정공수송 물질(70a)과 전도성 나노와이어(70b)를 포함함으로써 종래 유기태양전지의 정공전달층의 역할을 함께 수행한다. 구체적으로, 기존의 양극 형성을 위한 금속 페이스트 대신 전도성 나노와이어를 사용하기 때문에 페이스트가 함유하는 용매 및 불순물로 인한 문제가 발생하지 않아 유기 태양전지의 수명을 늘릴 수 있다. 또한, 전도성 나노와이어와 정공수송 물질이 용액 상에 분산되어 있기 때문에 코팅법을 이용할 수 있을 뿐 아니라 롤투롤 공정에 적용이 가능하다. 또한, 상기 일체형 양극(70)은 단일층으로 기존의 정공전달층과 양극의 역할을 동시에 수행하기 때문에 유기 태양전지의 박막화가 가능하며 공정 측면에서도 적층 횟수를 줄일 수 있다는 이점을 가진다.
- [0054] 이에 더해, 상기 일체형 양극(70)은 정공수송 물질(70a)을 포함하는 매트릭스 내에 전도성 나노와이어(70b)가 3차원 네트워크 구조를 형성하여 서로가 연결되기 때문에 정공의 이동이 보다 원활해짐에 따라 유기 태양전지의 광전변환효율을 향상시킬 수 있다.
- [0055] 상기 정공수송 물질(70a)은 정공의 전달을 돕는 역할을 하며 후술하는 전도성 나노와이어와 함께 물에 분산이 가능한 것으로, 폴리(3,4-에틸렌디옥시티오펜) (poly(3,4-ethylenedioxythiophene; PEDOT) 및 폴리(스티렌설포네이트)(poly(styrene sulfonate); PSS)로 이루어진 군으로부터 선택된 1종 이상을 포함할 수 있다. 바람직하게는 상기 PEDOT과 PSS의 혼합물을 포함할 수 있다.
- [0056] 상기 전도성 나노와이어(70b)는 유기 태양전지의 양극 역할을 하며 금속계 나노와이어 및 탄소계 나노와이어로 이루어진 군으로부터 선택된 1종 이상을 포함할 수 있다.
- [0057] 본 발명에 사용될 수 있는 금속계 나노와이어로는, 통상의 금속계 나노와이어를 특별한 제한없이 사용할 수 있다. 일례로 상기 금속계 나노와이어는 금(Au), 은(Ag), 백금(Pt), 구리(Cu), 니켈(Ni), 철(Fe), 팔라듐(Pd), 로듐(Rh), 이리듐(Ir), 코발트(Co), 주석(Sn), 아연(Zn) 및 몰리브덴(Mo)로 이루어진 군에서 선택되는 1종 이상의 금속 원소로 이루어질 수 있고, 바람직하게는 은(Ag)으로 이루어질 수 있다.
- [0058] 본 발명에 사용될 수 있는 탄소계 나노와이어로는 탄소나노튜브, 탄소 나노섬유 및 그래핀으로 이루어진 군에서 선택되는 1종 이상을 포함할 수 있으며 바람직하게는 탄소나노튜브일 수 있다.
- [0059] 상기 전도성 나노와이어(70b)의 형상으로는, 특별히 제한은 없고, 목적에 따라 적절히 선택할 수 있으며, 예를 들어, 원주 형상, 직육면체 형상, 단면이 다각형인 기둥 형상 등의 임의의 형상을 가질 수 있다. 상기 전도성 나노와이어(70b)의 장축 평균 길이는, 1 μm 이상, 바람직하게는 5 μm 이상, 더욱 바람직하게는 10 μm 이상, 예를 들면, 1 내지 1000 μm, 구체적으로는 5 내지 100 μm이다. 상기 전도성 나노와이어(70b)의 길이가, 1 μm 미만이면, 나노와이어 사이에 접합점이 감소되어 저항이 증가할 우려가 있다. 또한, 상기 전도성 나노와이어(70b)의 단축 평균 길이(직경)은 1 내지 200 nm, 바람직하게는 5 내지 100 nm, 더욱 바람직하게는 10 내지 50 nm이다. 상기 나노와이어의 직경이 너무 작으면, 나노와이어의 내열성이 저하될 우려가 있고, 너무 크면, 산란에 의한 헤이즈가 증가되어, 전도성 나노와이어(70b)를 함유하는 일체형 양극(70)의 광선 투과성 및 시인성이 저하될 우려가 있다.
- [0060] 상기 일체형 양극(70) 내 전도성 나노와이어(70b)의 함량은 특별히 한정하지는 않으나 분산성 및 광투과성을 위해 너무 높은 함량으로 포함되는 것은 바람직하지 않다. 따라서, 상기 전도성 나노와이어(70b)의 함량은 0.1 내지 10 중량%, 바람직하게는 1 내지 10 중량%일 수 있다. 만약, 전도성 나노와이어(70b)의 함량이 상기 범위 미만이면 전극으로서의 기능을 수행할 수 없고, 상기 범위를 초과하면 분산성과 광투과성이 크게 저하될 뿐만 아

나라 상대적으로 정공수송 물질인 PEDOT:PSS의 함량이 줄어들어 이 또한 광전변환효율이 감소하는 문제가 발생하므로, 상기 범위 내에서 적절히 사용한다.

- [0061] 상기 일체형 양극(70)의 두께는 0.1 내지 5 μm 일 수 있다. 종래 유기 태양전지의 경우 정공전달층을 0.1 내지 10 μm , 양극을 5 내지 20 μm 의 두께로 형성한다. 이와 비교하여 본 발명의 일체형 양극(70)의 두께는 0.1 내지 5 μm , 바람직하게는 0.1 내지 2 μm 이기 때문에 최종 유기 태양전지의 두께를 현저히 감소시킬 수 있다.
- [0063] 도 3은 본 발명의 다른 일 구현예에 따른 유기 태양전지를 개략적으로 나타내는 도면이다.
- [0064] 도 3을 참조하면, 본 발명의 다른 일 구현예에 따른 유기 태양전지(300)는 상기 도 2의 유기 태양전지(200)의 음극(20)과 광활성층(40) 사이에 금속산화물 박막층(30)을 추가로 포함한다.
- [0065] 상기 금속산화물 박막층(30)은 부전극으로서 전자의 이동 속도를 증가시켜 유기 태양전지의 효율을 높이는 역할을 한다. 또한, 외부로부터 유입된 산소와 수분을 차단하여 상기 광활성층(40)에 영향을 주는 것을 방지할 수 있다.
- [0066] 상기 금속산화물 박막층(30)은 티타늄(Ti), 아연(Zn), 규소(Si), 망간(Mn), 스트론튬(Sr), 인듐(In), 바륨(Ba), 칼륨(K), 니오븀(Nb), 철(Fe), 탄탈럼(Ta), 텅스텐(W), 비스무트(Bi), 니켈(Ni), 구리(Cu), 몰리브덴(Mo), 세륨(Ce), 백금(Pt), 은(Ag) 및 로듐(Rh)으로 이루어진 군에서 선택되는 1종 이상의 금속 산화물을 포함할 수 있다. 바람직하게 상기 금속산화물 박막층(30)은 밴드갭이 넓고 반도체적 성질을 가지고 있는 산화아연(ZnO)으로 이루어질 수 있다.
- [0067] 또한 상기 금속산화물 박막층(30)에 포함되는 금속산화물은 평균 입경이 10 nm 이하이고, 바람직하게 1 내지 8 nm이고, 더욱 바람직하게 3 내지 7 nm일 수 있다.
- [0068] 본 발명의 다른 일 구현예에 따른 유기 태양전지(300)의 기재(10), 음극(20), 광활성층(40) 및 일체형 양극(70)은 본 발명의 일 구현예에서 기술한 바와 같다.
- [0070] 또한, 본 발명은 상기 유기 태양전지의 제조방법을 제공할 수 있다.
- [0071] 이하, 본 발명의 일 구현예에 따른 유기 태양전지의 제조방법을 상세히 설명한다.
- [0072] 본 발명의 일 구현예에 따른 유기 태양전지의 제조방법은 기재를 준비하는 단계; 상기 기재 상에 음극을 형성하는 단계; 상기 음극 상에 광활성층을 형성하는 단계; 및 상기 광활성층 상에 정공수송 물질 및 전도성 물질을 포함하는 일체형 양극을 형성하는 단계를 포함한다.
- [0073] 또한, 상기 유기 태양전지의 제조방법은 상기 음극 상에 광활성층을 형성하는 단계 이전에 금속산화물 박막층을 형성하는 단계를 추가로 포함할 수 있다.
- [0074] 우선, 기재를 준비하고 상기 기재 상에 음극을 형성하는 단계이다. 준비된 기재 상에 음극은 통상의 방법에 따라 형성될 수 있다. 구체적으로 상기 음극은 기재의 일면에 음극 형성용 조성물을 열 기상 증착, 전자 빔 증착, RF 또는 마그네트론 스퍼터링, 화학적 증착 또는 이와 유사한 방법을 통해 형성할 수 있다.
- [0075] 이때 상기 음극의 형성에 앞서 선택적으로 기재에 대하여 O_2 플라즈마 처리법, UV/오존 세척, 산 또는 알칼리 용액을 이용한 표면 세척, 질소 플라즈마 처리법 및 코로나 방전 세척으로 이루어진 군에서 선택되는 적어도 어느 하나의 방법을 이용하여 상기 기재의 표면을 전처리할 수도 있다.
- [0076] 이어서 상기 음극이 형성된 기재를 톨투를 방식으로 이송시키면서 코팅 용액을 코팅하여 박막층을 형성하는 단계를 포함한다. 이때 상기 박막층은 광활성층, 일체형 양극 및 금속산화물 박막층이다.
- [0077] 상기 코팅 용액은 각 박막층에 포함되는 물질 및 용매를 포함한다. 구체적으로 상기 코팅 용액은 광활성층 형성용 조성물, 일체형 양극 조성물 및 금속산화물 박막층 형성용 조성물일 수 있다.
- [0078] 상기 박막층을 형성하는 단계가 광활성층일 경우 전술한 전자수용체와 정공수용체를 용매에 용해시켜 제조한 광활성층 형성용 조성물을 코팅하여 도막을 형성한다.
- [0079] 상기 용매는 전자수용체와 정공수용체를 용해시키거나 분산시킬 수 있는 것이라면 특별한 제한없이 사용할 수 있다. 일례로, 상기 용매는 물; 에탄올, 메탄올, 프로판올, 이소프로필알코올, 부탄올 등의 알코올; 또는 아세

톤, 펜탄, 톨루엔, 벤젠, 디에틸에테르, 메틸부틸에테르, N-메틸피롤리돈(NMP), 테트라하이드로퓨란(THF), 디메틸포름아마이드(DMF), 디메틸아세트아마이드(DMAC), 디메틸설폭사이드(DMSO), 카본테트라클로라이드, 디클로로메탄, 디클로로에탄, 트리클로로에틸렌, 클로로포름, 클로로벤젠, 디클로로벤젠, 트리클로로벤젠, 사이클로헥산, 사이클로펜타논, 사이클로헥사논, 디옥산, 터피네올, 메틸에틸케톤 등의 유기 용매, 또는 이들의 혼합물일 수 있으며, 코팅 용액 제조시 대상 물질의 종류에 따라 상기한 용매 중에서 적절히 선택하여 사용하는 것이 바람직하다.

- [0080] 상기 용매는 코팅 용액 중 잔부의 양으로 포함될 수 있으며, 바람직하게는 코팅 용액 총 중량에 대하여 1 내지 95 중량%로 포함될 수 있다. 용매의 함량이 95 중량%를 초과할 경우 원하는 코팅층의 기능을 얻기 어렵고, 용매의 함량이 1 중량% 미만일 경우 균일한 두께의 박막 형성이 어렵다.
- [0081] 또한, 상기 박막층을 형성하는 단계가 일체형 양극일 경우 전술한 전자수송 물질, 전도성 나노와이어를 물에 용해시켜 제조한 일체형 양극 조성물을 도포하여 도막을 형성한다.
- [0082] 상기 일체형 양극 조성물은 전술한 전자수송 물질 및 전도성 나노와이어 외에 선택적으로 당업계에서 통상적으로 사용되는 계면활성제(surfactant), 습윤제(wetting agent), 점도 조절제, 부식 방지제, 소포제, 환원제 등의 기타 첨가제가 더 포함될 수 있다.
- [0083] 상기 계면활성제로는 소듐 라우릴 설페이트(sodium lauryl sulfate)와 같은 음이온 계면활성제, 노닐페녹시폴리에톡시에탄올(nonyl phenoxy-polyethoxyethanol), 듀폰사(Dupont)제품의 에프에스엔(FSN)과 같은 비이온성 계면활성제, 그리고 라우릴벤질암모늄 클로라이드 등과 같은 양이온성 계면활성제나 라우릴 베타인(betaine), 코코 베타인과 같은 양쪽성 계면활성제 등이 사용될 수 있다.
- [0084] 상기 습윤제 또는 습윤분산제로는 폴리에틸렌글리콜, 에어프로덕트사(Air Product) 제품의 썬피놀 시리즈, 데구사(Degussa)의 테고 웨트 시리즈와 같은 화합물이 사용될 수 있다.
- [0085] 상기 점도 조절제로는 비와이케이(BYK)사의 비와이케이(BYK) 시리즈, 데구사(Degussa)의 글라이드 시리즈, 에프카(EFKA)사의 에프카(EFKA) 3000 시리즈나 코그니스(Cognis)사의 디에스엑스(DSX) 시리즈 등이 사용될 수 있다.
- [0086] 상기 환원제는 일체형 양극 조성물의 도포 후 열처리시 소성이 용이하도록 하는 것으로, 구체적으로는 히드라진, 아세틱히드라자이드, 소듐 또는 포타슘 보로하이드라이드, 트리소듐 시트레이트, 그리고 메틸디에탄올아민, 디메틸아민보란(dimethylamineborane)과 같은 아민화합물; 제1염화철, 유산철과 같은 금속 염; 수소; 요오드화 수소; 일산화탄소; 포르말데히드, 아세트알데히드와 같은 알데히드 화합물; 글루코스, 아스코빅산, 살리실산, 탄닌산(tannic acid), 피로갈롤(pyrogallol), 히드로퀴논과 같은 유기 화합물 등이 사용될 수 있다.
- [0087] 특히, 상기와 같은 일체형 양극 조성물은 공정성을 고려하여 적절한 점도를 갖는 것이 바람직하다. 구체적으로는 일체형 양극 조성물은 0.1 내지 50cps, 바람직하게는 1 내지 20cps, 보다 바람직하게는 2 내지 15cps의 점도를 갖는 것이 좋다. 만약, 이 범위보다 낮을 경우 소성 후 박막의 두께가 충분하지 못해 전도도 저하가 우려되며, 범위보다 높게 되면 원활하게 조성물이 토출되기 어려운 단점이 있다. 이에 따라 사용되는 구성성분들의 분자량 및 함량을 조절하여 상기 투명 전극 형성용 조성물이 적절한 점도를 갖도록 하는 것이 바람직하다.
- [0088] 상기 기재에 대한 각각의 박막층 형성시, 상기 기재를 롤투를 방식으로 이송시키는 속도는 0.01 m/min 내지 20 m/min일 수 있고, 바람직하게 0.1 m/min 내지 5 m/min 일 수 있다. 상기 이송 속도는 롤투를 장비를 이용한 박막층의 코팅 및 건조 속도에 따라 최적화하여 사용할 수 있다.
- [0089] 상기 코팅은 슬롯다이 코팅, 스핀 코팅, 그라비아 코팅, 스프레이, 스핀 코팅, 딥 코팅, 닥터 블레이딩 등의 통상의 코팅 방법에 의해 실시될 수 있으며, 바람직하게는 슬롯다이 코팅이 수행될 수 있다.
- [0090] 상기 코팅 용액의 코팅 후, 코팅된 기재에 대해 선택적으로 건조 또는 열처리하는 후처리 공정을 실시할 수 있다. 상기 건조는 50 내지 400 °C, 바람직하게는 70 내지 200 °C에서 1 내지 30분 동안 열풍건조, NIR 건조, 또는 UV 건조를 통하여 실시될 수 있다.
- [0091] 일례로, 광활성층의 경우 코팅 공정 후 25 내지 150 °C에서 5 내지 145분 동안 건조 및 열처리하는 후처리 공정을 실시할 수 있다. 상기 건조 공정과 열처리 공정의 적절한 조절에 의하여 상기 전자수용체와 상기 정공수용체 사이에 적절한 상분리를 유도할 수 있고, 상기 전자수용체의 배향을 유도할 수 있다. 상기 열처리 공정의 경우, 온도가 25 °C 미만인 경우 상기 전자수용체 및 상기 정공수용체의 이동도가 낮아서 열처리 효과가 미미할 수 있고, 상기 열처리 온도가 150 °C를 초과하는 경우 상기 전자수용체의 열화로 인하여 성능이 저하될 수 있다. 또

한, 상기 열처리 시간이 5분 미만인 경우 상기 전자수용체 및 상기 정공수용체의 이동도가 낮아서 열처리 효과가 미미할 수 있고, 상기 열처리 시간이 145분을 초과하는 경우 상기 전자수용체의 열화로 인하여 성능이 저하될 수 있다.

[0092] 상기와 같은 방법에 따라 형성되는 박막층의 두께는 그 용도에 따라 적절히 결정될 수 있으며, 바람직하게는 10 nm 내지 10 μ m, 보다 바람직하게 20 nm 내지 1 μ m 일 수 있다. 상기 박막층의 두께가 상기 범위 내인 경우 제조된 유기 소자의 효율이 가장 우수하다.

[0093] 이러한 단계를 포함하는 유기 태양전지의 제조방법은 종래 기술과 비교하여 기존에 정공전달층과 양극을 각각 형성하는 것이 아니라, 이들을 일체화시켜 제조함에 따라 기존 2회 수행하던 적층 공정을 1회 만으로 수행이 가능한 이점이 있다. 또한, 롤투롤 공정을 통해 제조될 수 있으며, 다른 층들과 함께 슬롯 다이 코팅만으로 유기 태양전지의 모듈 제작이 가능해진다.

[0094] 본 발명에 따른 유기 태양전지는 일체형 양극을 사용함에 따라 전체적인 전지 두께의 감소, 즉 박막화를 달성할 수 있고 연속생산이 가능하기 때문에, 유기 태양전지를 의류, 포장지, 벽지 등을 비롯한 소형 휴대용 전자기기, 일회용 배터리 등의 다양한 분야에 적용 가능하다.

[0096] 이하, 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 본 발명의 실시예에 대하여 상세히 설명한다. 그러나 본 발명은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 실시예에 한정되지 않는다.

[0098] **실시예 1 및 비교예 1: 유기 태양전지의 제조**

[0099] [실시예 1]

[0100] ITO층이 형성된 기재 필름을 롤투롤 방식으로 이송시키면서 상기 ITO층 위에 ZnO 함유 코팅액(Zn(OAc)₂·2H₂O 247mg, KOH 126mg 및 1-부탄올(1-Butanol) 1ml를 혼합하여 제조함)을 스트라이프 형태로 슬롯다이 코팅한 후 120 °C에서 건조하여 ZnO의 금속산화물 박막층을 형성하였다. 상기 슬롯다이 코팅시 라인 속도(line speed)는 12mm/sec, 슬롯다이 높이는 1300 μ m, 코팅액 유량(flow rate)은 0.4ml/min으로 하였다.

[0101] 이어서 상기 ZnO 금속산화물 박막층 위에 광활성층 형성용 코팅용액(lisicon[®] SP001(머크사제) 15mg, lisicon[®] A-600(머크사제) 12mg 및 1,2-디클로로벤젠(Dichlorobenzene) 1ml를 혼합하여 제조함)을 슬롯 다이 코팅하고 120 °C에서 건조하여 광활성층을 제조하였다. 상기 슬롯 다이 코팅시 라인 속도는 12mm/sec, 슬롯다이 높이는 1500 μ m, 코팅액 유량은 1.2ml/min로 하였다.

[0102] 상기 광활성층 위에 PEDOT:PSS(Orgacon[®] EL-P 5010, agfa사제)와 직경이 약 30 nm이고 중횡비가 1000:1인 은 나노와이어를 9:1의 중량비로 포함하는 일체형 양극 형성용 조성물을 슬롯 다이 코팅시 라인 속도는 5mm/sec, 슬롯다이 높이는 800 μ m, 코팅액 유량은 3.0ml/min으로 슬롯 다이 코팅하고, 120 °C에서 건조하여 일체형 양극(두께 700 nm)을 형성함으로써 유기 태양전지를 제조하였다.

[0103] [비교예 1]

[0104] ITO층이 형성된 기재 필름을 롤투롤 방식으로 이송시키면서 상기 ITO층 위에 ZnO 함유 코팅액(Zn(OAc)₂·2H₂O 247mg, KOH 126mg 및 1-부탄올(1-Butanol) 1ml를 혼합하여 제조함)을 스트라이프 형태로 슬롯다이 코팅한 후 120 °C에서 건조하여 ZnO의 금속산화물 박막층을 형성하였다. 상기 슬롯다이 코팅시 라인 속도(line speed)는 12mm/sec, 슬롯다이 높이는 1300 μ m, 코팅액 유량(flow rate)은 0.4ml/min으로 하였다.

[0105] 이어서 상기 ZnO 금속산화물 박막층 위에 광활성층 형성용 코팅용액(lisicon[®] SP001(머크사제) 15mg, lisicon[®] A-600(머크사제) 12mg 및 1,2-디클로로벤젠(Dichlorobenzene) 1ml를 혼합하여 제조함)을 슬롯 다이 코팅하고 120 °C에서 건조하여 광활성층을 제조하였다. 상기 슬롯 다이 코팅시 라인 속도는 12mm/sec, 슬롯다이 높이는 1500 μ m, 코팅액 유량은 1.2ml/min로 하였다.

[0106] 상기 광활성층 위에 PEDOT:PSS(Orgacon[®] EL-P 5010, agfa사제)를 포함하는 정공전달층 형성용 조성물을 슬롯

다이 코팅하고, 120 °C에서 건조하여 정공전달층(두께 700 nm)을 형성하였다. 상기 슬롯 다이 코팅시 라인 속도는 5mm/sec, 슬롯다이 높이는 800 μ m, 코팅액 유량은 3.0ml/min로 하였다.

[0107] 이후, 스크린 프린터를 이용하여 상기 정공전달층 위에 Ag 전극(두께 10 μ m)을 프린팅하여 유기 태양전지를 제작하였다.

[0109] **실험예 1: 유기 태양 전지의 성능 평가**

[0110] 상기 실시예 1 및 비교예 1에서 제조된 유기 태양전지의 전류-전압 특성을 측정하였고, 그 결과를 하기 표 1에 나타내었다.

표 1

	Voc ¹⁾ (V)	Jsc ²⁾ (mA/cm ²)	FF ³⁾ (%)	Eff. ⁴⁾ (%)
실시예 1	0.76	10.25	51	4.02
비교예 1	0.78	12.09	65	6.10

1) Voc: open-circuit voltage, 개방전압
 2) Jsc: short-circuit photocurrent density, 단락전류밀도
 3) FF: fill factor, 필팩터
 4) Eff.: Efficiency, 광전환효율

[0112] 상기 표 1을 참조하면, 본 발명에 따른 일체형 양극을 구비한 유기 태양전지는 종래 유기 태양전지와 비슷한 수준의 유기 태양전지 성능을 가짐을 확인할 수 있었다.

산업상 이용가능성

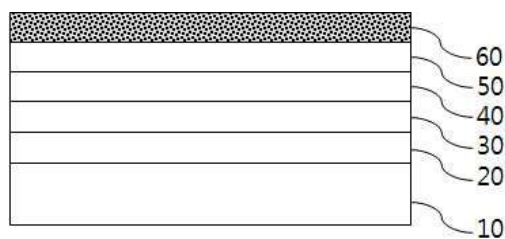
[0113] 본 발명에 따른 유기 태양전지는 우수한 수명 및 성능 특성을 나타내며 제조 공정을 단순화하여 유기 태양전지의 대량 생산이 가능하기 때문에 유기 태양전지의 패션 아웃도어 용품을 비롯한 소형 휴대용 전자기기, 일회용 배터리 등의 분야로의 적용을 가능케 한다.

부호의 설명

- [0114] 10: 기재 20: 음극
 30: 금속산화물 박막층 40: 광활성층
 50: 정공수송층 60: 양극
 70: 일체형 양극 70a: 정공수송 물질
 70b: 전도성 나노와이어
 100, 200, 300: 유기 태양전지

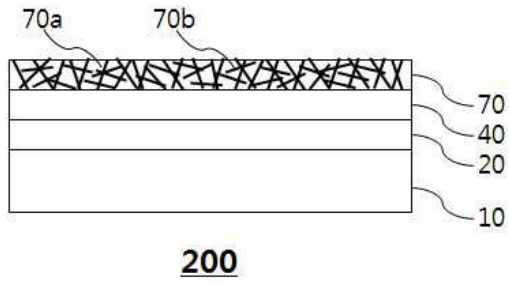
도면

도면1

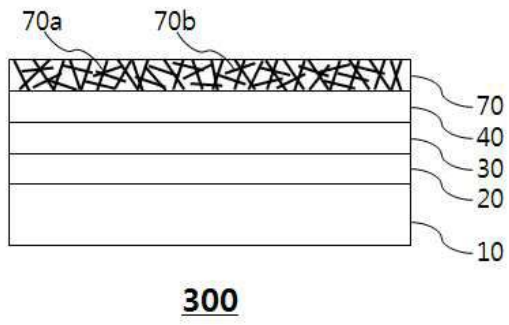


100

도면2



도면3



도면4

