(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2018년12월11일
(11) 등록번호 10-1927463
(24) 등록일자 2018년12월04일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01L 31/0224 (2006.01) *H01L 31/032* (2006.01)
H01L 31/04 (2014.01) *H01L 31/10* (2006.01)
(52) CPC특허분류
H01L 31/022425 (2013.01)
H01L 31/032 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2017-0097126
(22) 출원일자 2017년07월31일
심사청구일자 2017년07월31일
(56) 선행기술조사문헌
KR1020010050648 A*
KR1020090114384 A*
WO2013065573 A1*
JP2012216815 A
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
이화여자대학교 산학협력단
서울특별시 서대문구 이화여대길 52 (대현동, 이화여자대학교)
(72) 발명자
김봉수
서울특별시 노원구 한글비석로 151, 2동103호(하계동, 한신동성아파트)
조정은
서울특별시 강서구 강서로 266, 114동 1102호(화곡동, 우장산아이파크이편한세상아파트)
(74) 대리인
리앤목특허법인

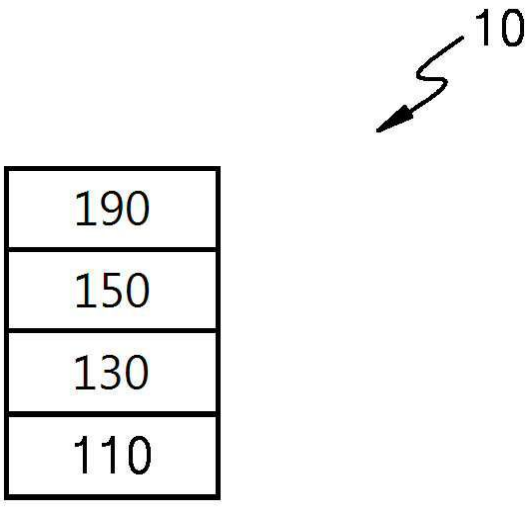
전체 청구항 수 : 총 10 항 심사관 : 이규재

(54) 발명의 명칭 **광전 소자**

(57) 요 약

제1전극, 상기 제1전극에 대향된 제2전극, 상기 제1전극 및 상기 제2전극 사이에 개재된 광활성층, 및 상기 제1전극 및 상기 광활성층 사이에 개재된 전자 전송 영역을 포함하고, 상기 전자 전송 영역은 소정의 고분자 화합물을 포함한, 광전 소자가 개시된다.

대 표 도 - 도1



(52) CPC특허분류
H01L 31/04 (2013.01)
H01L 31/10 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 2015M1A2A2056218
부처명 미래창조과학부
연구관리전문기관 한국연구재단
연구사업명 거대과학기술개발사업-기후변화대응기술개발사업-기후변화대응기초원천기술개발과제
연구과제명 Non-fullerene계 및 열/광/대기안정성 유기태양전지 소재 기술 개발
기 여 율 4/10
주관기관 한국화학연구원
연구기간 2015.10.19 ~ 2020.10.18
이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 20163030013900
부처명 산업통상자원부
연구관리전문기관 한국에너지기술평가원
연구사업명 산업기술혁신사업 에너지기술개발사업
연구과제명 유기태양전지용 신규 Buffer Layer (정공수송층,전자수송층) 소재 개발
기 여 율 3/10
주관기관 한국화학연구원
연구기간 2016.11.01 ~ 2019.09.30
이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 CAP-15-04-KITECH
부처명 미래창조과학부
연구관리전문기관 국가과학기술연구회
연구사업명 창의형 융합연구사업(위탁)
연구과제명 용액공정용 p-i-nphotodetector의 dark current 감쇠 기술 개발
기 여 율 3/10
주관기관 한국화학연구원
연구기간 2015.12.21 ~ 2020.12.31

명 세 서

청구범위

청구항 1

제1전극;

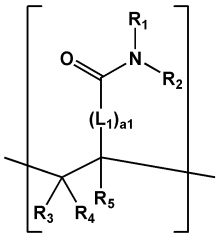
상기 제1전극에 대향된 제2전극;

상기 제1전극 및 상기 제2전극 사이에 개재된 광활성층; 및

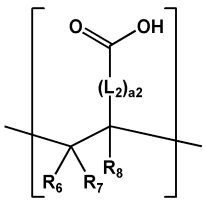
상기 제1전극 및 상기 광활성층 사이에 개재된 전자 전송 영역;을 포함하고,

상기 전자 전송 영역은 하기 화학식 1로 표시되는 제1구조단위 및 하기 화학식 2로 표시되는 제2구조단위 중 적어도 하나를 포함한 고분자 화합물을 포함한, 광전 소자:

<화학식 1>



<화학식 2>



상기 화학식 1 및 2 중,

L_1 및 L_2는 서로 독립적으로, 치환 또는 비치환된 C_1-C_{20}알킬렌기, 치환 또는 비치환된 C_2-C_{20}알케닐렌기, 치환 또는 비치환된 C_2-C_{20}알키닐렌기, 치환 또는 비치환된 C_3-C_{10}시클로알킬렌기, 치환 또는 비치환된 C_1-C_{10}헤테로시클로알킬렌기, 치환 또는 비치환된 C_3-C_{10}시클로알케닐렌기, 치환 또는 비치환된 C_1-C_{10}헤테로시클로알케닐렌기, 치환 또는 비치환된 C_6-C_{20}아릴렌기 및 치환 또는 비치환된 C_1-C_{20}헤테로아릴렌기 중에서 선택되고,

a1 및 a2는 서로 독립적으로, 0, 1, 2, 3, 4 또는 5이고,

R_1 내지 R_8은 서로 독립적으로, 수소, 중수소, -F, -Cl, -Br, -I, 히드록실기, 시아노기, 니트로기, 아미디노기, 히드라지노기, 히드라조노기, 치환 또는 비치환된 C_1-C_{20}알킬기, 치환 또는 비치환된 C_2-C_{20}알케닐기, 치환 또는 비치환된 C_2-C_{20}알키닐기, 치환 또는 비치환된 C_1-C_{20}알콕시기, 치환 또는 비치환된 C_3-C_{20}시클로알콕시기, 치환 또는 비치환된 C_3-C_{10}시클로알킬기, 치환 또는 비치환된 C_1-C_{10}헤테로시클로알킬기, 치환 또는 비치환된 C_3-C_{10}시클로알케닐기, 치환 또는 비치환된 C_1-C_{10}헤테로시클로알케닐기, 치환 또는 비치환된 C_6-C_{20}아릴기, 치환 또는 비치환된 C_6-C_{20}아릴옥시기, 치환 또는 비치환된 C_6-C_{20}아릴티오기 및 치환 또는 비치환된 C_1-C_{20}헤테로아릴기 중에서 선택되고,

상기 치환된 C_1-C_{20}알킬렌기, 치환된 C_2-C_{20}알케닐렌기, 치환된 C_2-C_{20}알키닐렌기, 치환된 C_3-C_{10}시클로알킬렌기, 치환된 C_1-C_{10}헤테로시클로알킬렌기, 치환된 C_3-C_{10}시클로알케닐렌기, 치환된 C_1-C_{10}헤테로시클로알케닐렌기, 치환

된 C_6-C_{20}아릴렌기, 치환된 C_1-C_{20}헤테로아릴렌기, 치환된 C_1-C_{20}알킬기, 치환된 C_2-C_{20}알케닐기, 치환된 C_2-C_{20}알키닐기, 치환된 C_1-C_{20}알콕시기, 치환된 C_3-C_{20}시클로알콕시기, 치환된 C_3-C_{10}시클로알킬기, 치환된 C_1-C_{10}헤테로시클로알킬기, 치환된 C_3-C_{10}시클로알케닐기, 치환된 C_1-C_{10}헤테로시클로알케닐기, 치환된 C_6-C_{20}아릴기, 치환된 C_6-C_{20}아릴옥시기, 치환된 C_6-C_{20}아릴티오기 및 치환된 C_1-C_{20}헤테로아릴기의 치환기 중 적어도 하나는,

중수소, -F, -Cl, -Br, -I, 히드록실기, 시아노기, 니트로기, 아미디노기, 히드라지노기, 히드라조노기, C_1-C_{20}알킬기, C_2-C_{20}알케닐기, C_2-C_{20}알키닐기, C_1-C_{20}알콕시기, C_3-C_{20}시클로알콕시기, C_3-C_{10}시클로알킬기, C_1-C_{10}헤테로시클로알킬기, C_3-C_{10}시클로알케닐기, C_1-C_{10}헤테로시클로알케닐기, C_6-C_{20}아릴기, C_6-C_{20}아릴옥시기, C_6-C_{20}아릴티오기 및 C_1-C_{20}헤테로아릴기 중에서 선택된다.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 a1 및 a2는 0인, 광전 소자.

청구항 3

제1항에 있어서,

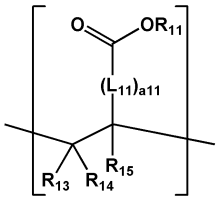
상기 R_1 내지 R_8은 서로 독립적으로, 수소, 중수소, 메틸기, 에틸기, n-프로필기, iso-프로필기, n-부틸기, iso-부틸기, *tert*-부틸기, n-펜틸기, iso-펜틸기, neo-펜틸기, *tert*-펜틸기, n-헥실기, iso-헥실기, n-헵틸기, sec-헵틸기, n-옥틸기, n-노닐기, sec-노닐기 및 n-데실기 중에서 선택된, 광전 소자.

청구항 4

제1항에 있어서,

하기 화학식 3으로 표시되는 제3구조단위를 더 포함한, 광전 소자:

<화학식 3>



상기 화학식 3 중,

상기 L_{11}, a11, R_{11} 및 R_{13} 내지 R_{15}에 대한 설명은 각각 L_1, a1 및 R_1에 대한 설명을 참조하고,

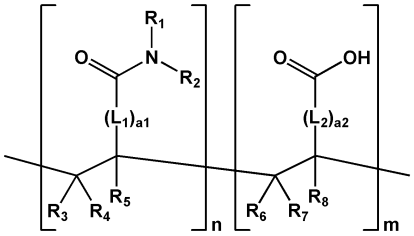
상기 L_1, a1 및 R_1에 대한 설명은 제1항에 기재된 바와 같다.

청구항 5

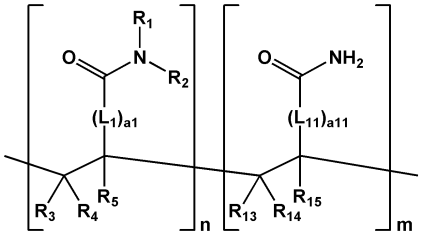
제1항에 있어서,

상기 고분자 화합물은 하기 화학식 4-1 내지 4-3 중 하나로 표시되는, 광전 소자:

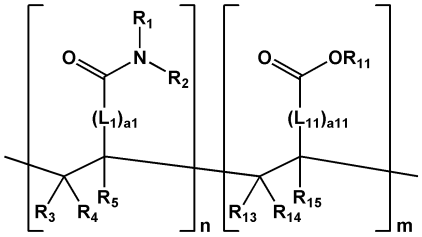
<화학식 4-1>



<화학식 4-2>



<화학식 4-3>



상기 화학식 4-1 내지 4-3 중,

n 및 m은 서로 독립적으로, 5 내지 100,000의 정수 중에서 선택되고,

상기 L_{11}, a11, R_{11} 및 R_{13} 내지 R_{15}에 대한 설명은 각각 L_1, a1 및 R_1에 대한 설명을 참조하고,

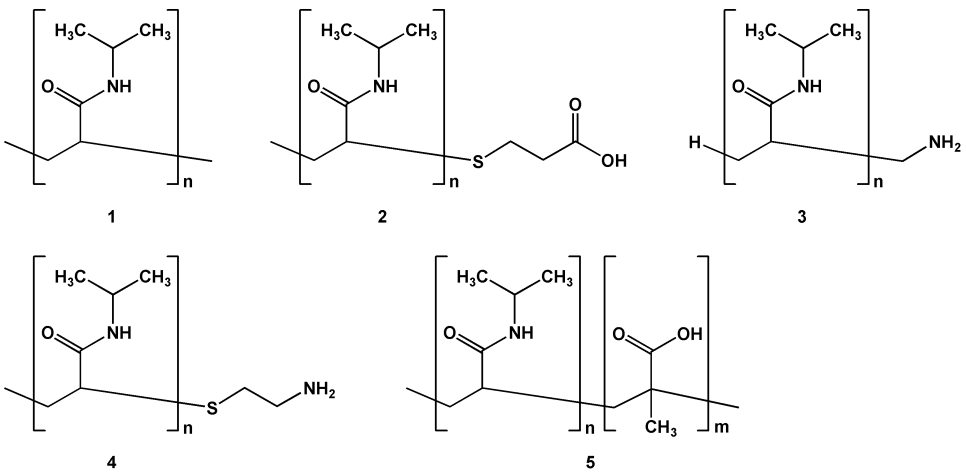
상기 L_1, L_2, a1, a2 및 R_1 내지 R_8에 대한 설명은 제1항에 기재된 바와 같되,

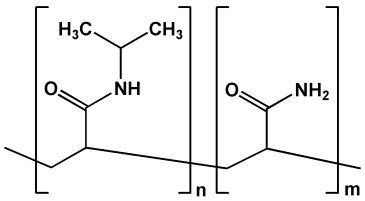
단, 상기 화학식 4-2 중, R_1 및 R_2는 동시에 수소가 아니다.

청구항 6

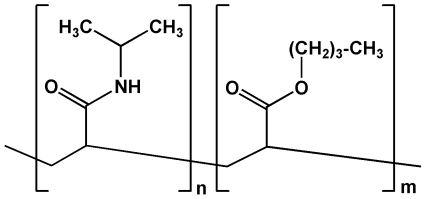
제1항에 있어서,

상기 고분자 화합물은 하기 화합물 1 내지 7 중 하나인, 광전 소자:





6



7

상기 화합물 1 내지 7 중, n 및 m은 서로 독립적으로, 5 내지 100,000의 정수 중에서 선택된다.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 전자 전송 영역은 제1층 및 전자 전송층을 포함하고,

상기 제1층은 상기 전자 전송층 및 상기 광활성층 사이에 개재되고,

상기 제1층에 상기 고분자 화합물이 포함된, 광전 소자.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 전자 전송층은 ZnO, TiO_2, Nb_2O_5, Al_2O_3, ZrO_2, SnO_2 또는 AZO를 포함한, 광전 소자.

청구항 9

제7항에 있어서,

상기 전자 전송층과 상기 제1층이 직접 접촉된, 광전 소자.

청구항 10

제1항에 있어서,

상기 광전 소자는 광전지, 광 검출기, 태양전지, 포토다이오드 또는 포토트랜지스터인, 광전 소자.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 광전 소자에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 광전 소자는 광 에너지 또는 광 신호를 전기 에너지 또는 전기 신호로 변환시키는 소자를 총칭한다. 광전 소자의 예로는 광 에너지를 직접 전기 에너지로 변환 생산하는 광전지, 광 에너지를 검출하여 전기적 신호로 바꿔주는 광 검출기 또는 광 센서 등이 있다.

[0003] 광전지의 일 예로는 태양전지가 있는 데, 최근 지구 환경 문제와 화석 연료의 고갈 등으로 인해 신재생 에너지 및 청정 에너지에 대한 관심이 고조되면서 태양전지가 무공해 에너지 장치로 주목 받고 있다. 태양전지는 광활성층 형성 재료에 따라 무기태양전지와 유기태양전지로 나눌 수 있다. 무기태양전지의 대부분을 차지하는 실리콘 태양전지는 실리콘의 공급 부족에 따라 가격이 급등하고 있으며, 그 두께가 두껍고 또한 무거워 휴대성 및 구부림성이 부족한 문제가 있다. 이러한 실리콘 태양전지의 대안으로서 유기태양전지가 각광받고 있다. 그러나, 유기태양전지는 실리콘 태양전지에 비해 에너지전환 효율이 낮은 문제가 있다.

[0004] 광 검출기의 일 예로는 포토다이오드(photodiode)가 있는 데, 무기물 반도체를 광활성층으로서 사용하여 구성한 무기포토다이오드는 자외선-가시광선-근적외선 구간에서 흡광 특성이 불균일하고, 흡광도가 $10\sim10^4$/cm로 낮은 문제가 있다. 이에 따라, 흡광 특성이 균일하고, 흡광도가 $>10^4$/cm로 높은 유기물 반도체를 광활성층으로 사용하

여 포토다이오드를 구성하는 유기포토다이오드가 주목 받고 있다. 그러나, 보다 높은 광 감응도를 갖는 유기포토다이오드가 요구된다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 본 발명은 상기와 같은 문제점을 포함하여 여러 문제점들을 해결하기 위한 것으로서, 에너지전환 효율 및/또는 광 감응도가 향상된 광전 소자를 제공하는 것을 목적으로 한다. 그러나, 이러한 과제는 예시적인 것으로, 이에 의해 본 발명의 범위가 한정되는 것은 아니다.

과제의 해결 수단

[0006] 일 측면에 따르면,

[0007] 제1전극;

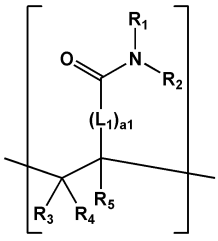
[0008] 상기 제1전극에 대향된 제2전극;

[0009] 상기 제1전극 및 상기 제2전극 사이에 개재된 광활성층; 및

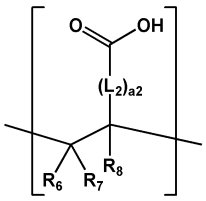
[0010] 상기 제1전극 및 상기 광활성층 사이에 개재된 전자 전송 영역;을 포함하고,

[0011] 상기 전자 전송 영역은 하기 화학식 1로 표시되는 제1구조단위 및 하기 화학식 2로 표시되는 제2구조단위 중 적어도 하나를 포함한 고분자 화합물을 포함한, 광전 소자가 개시된다:

[0012] <화학식 1>

[0013] 

[0014] <화학식 2>

[0015] 

[0016] 상기 화학식 1 및 2 중,

[0017] L_1 및 L_2는 서로 독립적으로, 치환 또는 비치환된 C_1-C_{20}알킬렌기, 치환 또는 비치환된 C_2-C_{20}알케닐렌기, 치환 또는 비치환된 C_2-C_{20}알키닐렌기, 치환 또는 비치환된 C_3-C_{10}시클로알킬렌기, 치환 또는 비치환된 C_1-C_{10}헤테로시클로알킬렌기, 치환 또는 비치환된 C_3-C_{10}시클로알케닐렌기, 치환 또는 비치환된 C_1-C_{10}헤테로시클로알케닐렌기, 치환 또는 비치환된 C_6-C_{20}아릴렌기 및 치환 또는 비치환된 C_1-C_{20}헤테로아릴렌기 중에서 선택되고,

[0018] a1 및 a2는 서로 독립적으로, 0, 1, 2, 3, 4 또는 5이고,

[0019] R_1 내지 R_8은 서로 독립적으로, 수소, 중수소, -F, -Cl, -Br, -I, 히드록실기, 시아노기, 니트로기, 아미디노기, 히드라지노기, 히드라조노기, 치환 또는 비치환된 C_1-C_{20}알킬기, 치환 또는 비치환된 C_2-C_{20}알케닐기, 치환 또는 비치환된 C_2-C_{20}알키닐기, 치환 또는 비치환된 C_1-C_{20}알콕시기, 치환 또는 비치환된 C_3-C_{20}시클로알콕시기, 치환 또는 비치환된 C_3-C_{10}시클로알킬기, 치환 또는 비치환된 C_1-C_{10}헤테로시클로알킬기, 치환

또는 비치환된 C_3-C_{10}시클로알케닐기, 치환 또는 비치환된 C_1-C_{10}헤테로시클로알케닐기, 치환 또는 비치환된 C_6-C_{20}아릴기, 치환 또는 비치환된 C_6-C_{20}아릴옥시기, 치환 또는 비치환된 C_6-C_{20}아릴티오기 및 치환 또는 비치환된 C_1-C_{20}헤테로아릴기 중에서 선택되고,

[0020] 상기 치환된 C_1-C_{20}알킬렌기, 치환된 C_2-C_{20}알케닐렌기, 치환된 C_2-C_{20}알키닐렌기, 치환된 C_3-C_{10}시클로알킬렌기, 치환된 C_1-C_{10}헤테로시클로알킬렌기, 치환된 C_3-C_{10}시클로알케닐렌기, 치환된 C_1-C_{10}헤테로시클로알케닐렌기, 치환된 C_6-C_{20}아릴렌기, 치환된 C_1-C_{20}헤테로아릴렌기, 치환된 C_1-C_{20}알킬기, 치환된 C_2-C_{20}알케닐기, 치환된 C_2-C_{20}알키닐기, 치환된 C_1-C_{20}알콕시기, 치환된 C_3-C_{20}시클로알콕시기, 치환된 C_3-C_{10}시클로알킬기, 치환된 C_1-C_{10}헤테로시클로알킬기, 치환된 C_3-C_{10}시클로알케닐기, 치환된 C_1-C_{10}헤테로시클로알케닐기, 치환된 C_6-C_{20}아릴기, 치환된 C_6-C_{20}아릴옥시기, 치환된 C_6-C_{20}아릴티오기 및 치환된 C_1-C_{20}헤테로아릴기의 치환기 중 적어도 하나는,

[0021] 중수소, -F, -Cl, -Br, -I, 히드록실기, 시아노기, 니트로기, 아미디노기, 히드라지노기, 히드라조노기, C_1-C_{20}알킬기, C_2-C_{20}알케닐기, C_2-C_{20}알키닐기, C_1-C_{20}알콕시기, C_3-C_{20}시클로알콕시기, C_3-C_{10}시클로알킬기, C_1-C_{10}헤테로시클로알킬기, C_3-C_{10}시클로알케닐기, C_1-C_{10}헤테로시클로알케닐기, C_6-C_{20}아릴기, C_6-C_{20}아릴옥시기, C_6-C_{20}아릴티오기 및 C_1-C_{20}헤테로아릴기 중에서 선택된다.

발명의 효과

[0022] 상기한 바와 같이 이루어진 본 발명의 일 구현예에 따르면, 에너지전환 효율 및/또는 광 감응도가 향상된 광전소자를 구현할 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0023] 도 1은 본 발명의 일 구현예에 따른 광전 소자를 개략적으로 도시한 단면도이다.

도 2는 본 발명의 일 구현예에 따른 광전 소자의 전압-전류 곡선을 도시한다.

도 3은 본 발명의 일 구현예에 따른 제1층의 두께에 따른 물(위) 및 디아이오도메탄(아래)과의 접촉각을 측정한 사진이다.

도 4는 본 발명의 일 구현예에 따른 광전 소자의 투과도 그래프이다.

도 5는 본 발명의 일 구현예에 따른 광전 소자의 UV 광전자 분광 스펙트럼을 도시한다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0024] 본 발명은 다양한 변환을 가할 수 있고 여러 가지 구현예를 가질 수 있는 바, 특정 구현예들을 도면에 예시하고 상세한 설명에 상세하게 설명하고자 한다. 본 발명의 효과 및 특징, 그리고 그것들을 달성하는 방법은 도면과 함께 상세하게 후술되어 있는 구현예들을 참조하면 명확해질 것이다. 그러나 본 발명이 이하에서 개시되는 구현예들에 한정되는 것이 아니며, 다양한 형태로 구현될 수 있다.

[0025] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 구현예들을 상세히 설명하기로 한다.

[0026] 이하의 구현예에서 층, 영역 등의 각종 구성요소가 다른 구성요소 "상에" 있다고 할 때, 이는 다른 구성요소 "바로 위에" 있는 경우뿐 아니라 그 사이에 다른 구성요소가 개재된 경우도 포함한다. 또한 설명의 편의를 위하여 도면에서는 구성 요소들이 그 크기가 과장 또는 축소될 수 있다. 예컨대, 도면에서 나타난 각 구성의 크기 및 두께는 설명의 편의를 위해 임의로 나타내었으므로, 본 발명이 반드시 도시된 바에 한정되지 않는다.

[0027] 이하의 구현예에서 제1, 제2 등의 용어는 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만 사용된다.

[0028] 본 명세서 중 C_1-C_{10}헤테로시클로알킬기는, N, O, Si, P 및 S 중에서 선택된 적어도 하나의 헤테로 원자를 고리-형성 원자로서 포함한 탄소수 1 내지 10의 1가 모노시클릭 그룹을 의미하고, C_1-C_{10}헤테로시클로알킬렌기는 상기 C_1-C_{10}헤테로시클로알킬기와 동일한 구조를 갖는 2가(divalent) 그룹을 의미한다.

[0029] 본 명세서 중 C_1-C_{10}헤테로시클로알케닐기는 N, O, Si, P 및 S 중에서 선택된 적어도 하나의 헤테로 원자를 고리-형성 원자로서 포함한 탄소수 1 내지 10의 1가 모노시클릭 그룹을 의미하고, C_1-C_{10}헤테로시클로알케닐렌기는 상기 C_1-C_{10}헤테로시클로알케닐기와 동일한 구조를 갖는 2가 그룹을 의미한다.

[0030] 본 명세서 중 C_1-C_{20}헤테로아릴기는 N, O, Si, P 및 S 중에서 선택된 적어도 하나의 헤테로 원자를 고리-형성 원자로서 포함하고 탄소수 1 내지 20개의 헤테로시클릭 방향족 시스템을 갖는 1가 그룹을 의미하고, C_1-C_{20}헤테로아릴렌기는 N, O, Si, P 및 S 중에서 선택된 적어도 하나의 헤테로 원자를 고리-형성 원자로서 포함하고 탄소수 1 내지 20개의 헤테로시클릭 방향족 시스템을 갖는 2가 그룹을 의미한다.

[0031] 본 명세서 중 * 및 *'은, 다른 정의가 없는 한, 해당 화학식 중 이웃한 원자와의 결합 사이트를 의미한다.

[0032] 본 명세서 중 "고분자 화합물"은 약 500 g/mol 이상의 수평균 분자량(number average molecular weight: M_n)을 갖는 화합물을 의미한다.

[0033] 도 1은 본 발명의 일 구현예에 따른 광전 소자를 개략적으로 도시한 단면도이다.

[0034] 도 1을 참조하면, 본 발명의 일 구현예에 따른 광전 소자(10)는 제1전극(110), 전자 전송 영역(130), 광활성층(150) 및 제2전극(190)을 차례로 구비한다.

[0035] 상기 제1전극(110)의 하부 및/또는 상기 제2전극(190)의 상부에는 기판(미도시)이 추가로 배치될 수 있다. 상기 기판으로는, 기계적 강도, 열안정성, 투명성, 표면 평활성, 취급 용이성 및 방수성이 우수한 유리 기판 또는 플라스틱 기판을 사용할 수 있다.

[0036] 상기 제1전극(110)은, 예를 들면 기판 상부에, 제1전극용 물질을 증착법 또는 스퍼터링법 등을 이용하여 제공함으로써 형성될 수 있다.

[0037] 상기 제1전극(110)은 투과형 전극일 수 있다. 투과형 전극인 제1전극(110)을 형성하기 위하여, 제1전극용 물질은, 인듐 주석 산화물(ITO), 인듐 아연 산화물(IZO), 주석 산화물(SnO_2), 아연 산화물(ZnO), 알루미늄 도핑된 아연 산화물(AZO), 갈륨 도핑된 아연 산화물(GZO), 안티몬 주석 산화물(ATO), 플루오린 주석 산화물(FTO), 은 나노 입자, 은 나노 와이어, 탄소 나노 튜브(CNT) 및 이의 임의의 조합 중에서 선택될 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다.

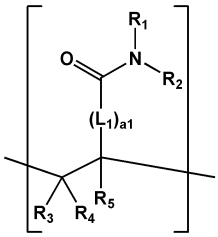
[0038] 상기 제1전극(110) 상부에는 상기 광활성층(150)이 배치되는 데, 상기 제1전극(110) 및 상기 광활성층(150) 사이에는 전자 전송 영역(130)이 배치된다. 상기 광활성층(150) 및 상기 제2전극(190) 사이에는 추가로 정공 전송층(미도시)이 배치될 수 있다.

[0039] 상기 전자 전송 영역(130)에 포함된 각 층, 광활성층(150) 및 정공 전송층은 각각, 진공 증착법, 스핀 코팅법, 캐스트법, LB법(Langmuir-Blodgett), 잉크젯 프린팅법, 레이저 프린팅법, 레이저 열전사법(Laser Induced Thermal Imaging, LITI) 등과 같은 다양한 방법을 이용하여, 소정 영역에 형성될 수 있다.

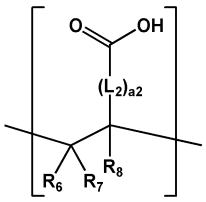
[0040] 상기 전자 전송 영역(130)은 상기 광활성층(150)에서 생성된 전자가 제1전극으로 이동되는 확률을 높여줄 수 있다.

[0041] 상기 전자 전송 영역(130)은 하기 화학식 1로 표시되는 제1구조단위 및 하기 화학식 2로 표시되는 제2구조단위 중 적어도 하나를 포함한 고분자 화합물을 포함한다:

[0042] <화학식 1>

[0043] 

[0044] <화학식 2>

[0045] 

.

[0046] 상기 화학식 1 및 2 중, L_1 및 L_2는 서로 독립적으로, 치환 또는 비치환된 C_1-C_{20}알킬렌기, 치환 또는 비치환된 C_2-C_{20}알케닐렌기, 치환 또는 비치환된 C_2-C_{20}알키닐렌기, 치환 또는 비치환된 C_3-C_{10}시클로알킬렌기, 치환 또는 비치환된 C_1-C_{10}헤테로시클로알킬렌기, 치환 또는 비치환된 C_3-C_{10}시클로알케닐렌기, 치환 또는 비치환된 C_1-C_{10}헤테로시클로알케닐렌기, 치환 또는 비치환된 C_6-C_{20}아릴렌기 및 치환 또는 비치환된 C_1-C_{20}헤테로아릴렌기 중에서 선택된다.

[0047] 일 구현예에 따르면, 상기 L_1 및 L_2는 서로 독립적으로, 치환 또는 비치환된 C_1-C_{20}알킬렌기, 치환 또는 비치환된 C_3-C_{10}시클로알킬렌기, 치환 또는 비치환된 C_6-C_{20}아릴렌기 및 치환 또는 비치환된 C_1-C_{20}헤테로아릴렌기 중에서 선택될 수 있다.

[0048] 다른 구현예에 따르면, 상기 L_1 및 L_2는 서로 독립적으로, 치환 또는 비치환된 C_1-C_{20}알킬렌기 및 치환 또는 비치환된 C_6-C_{20}아릴렌기 중에서 선택될 수 있다.

[0049] 또 다른 구현예에 따르면, 상기 L_1 및 L_2는 서로 독립적으로, 메틸렌기, 에틸렌기, 프로필렌기, 페닐렌기 및 나프틸렌기 중에서 선택될 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다.

[0050] 상기 화학식 1 및 2 중 a1 및 a2는 서로 독립적으로, 0, 1, 2, 3, 4 또는 5이다. a1은 *-L_1-*'의 개수를 나타낸 것으로서, a1이 0이면, *-L_1-*'은 단일 결합이 되고, a2이 2 이상이면, 2 이상의 *-L_1-*'은 서로 동일하거나 상이할 수 있다. a2에 대한 설명은 상기 a1에 대한 설명 및 상기 화학식 1 및 2를 참조하여 이해될 수 있다.

[0051] 일 구현예에 따르면, 상기 a1 및 a2는 0, 1 또는 2일 수 있다.

[0052] 다른 구현예에 따르면, 상기 a1 및 a2는 모두 0일 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다.

[0053] 상기 화학식 1 및 2 중 R_1 내지 R_8은 서로 독립적으로, 수소, 중수소, -F, -Cl, -Br, -I, 히드록실기, 시아노기, 니트로기, 아미디노기, 히드라지노기, 히드라조노기, 치환 또는 비치환된 C_1-C_{20}알킬기, 치환 또는 비치환된 C_2-C_{20}알케닐기, 치환 또는 비치환된 C_2-C_{20}알키닐기, 치환 또는 비치환된 C_1-C_{20}알콕시기, 치환 또는 비치환된 C_3-C_{20}시클로알콕시기, 치환 또는 비치환된 C_3-C_{10}시클로알킬기, 치환 또는 비치환된 C_1-C_{10}헤테로시클로알킬기, 치환 또는 비치환된 C_3-C_{10}시클로알케닐기, 치환 또는 비치환된 C_1-C_{10}헤테로시클로알케닐기, 치환 또는 비치환된 C_6-C_{20}아릴기, 치환 또는 비치환된 C_6-C_{20}아릴옥시기, 치환 또는 비치환된 C_6-C_{20}아릴티오기 및 치환 또는 비치환된 C_1-C_{20}헤테로아릴기 중에서 선택될 수 있다.

[0054] 일 구현예에 따르면, 상기 R_1 내지 R_8은 서로 독립적으로, 수소, 중수소, -F, -Cl, -Br, -I, 히드록실기, 시아노기, 니트로기, 아미디노기, 히드라지노기, 히드라조노기, 치환 또는 비치환된 C_1-C_{20}알킬기, 치환 또는 비치환된 C_2-C_{20}알케닐기, 치환 또는 비치환된 C_2-C_{20}알키닐기, 치환 또는 비치환된 C_3-C_{10}시클로알킬기, 치환 또는 비치환된 C_1-C_{10}헤테로시클로알킬기, 치환 또는 비치환된 C_3-C_{10}시클로알케닐기 및 치환 또는 비치환된 C_1-C_{10}헤테로시클로알케닐기 중에서 선택될 수 있다.

[0055] 다른 구현예에 따르면, 상기 R_1 내지 R_8은 서로 독립적으로, 수소, 중수소, -F, -Cl, -Br, -I, 시아노기, 치환 또는 비치환된 C_1-C_{20}알킬기, 치환 또는 비치환된 C_2-C_{20}알케닐기 및 치환 또는 비치환된 C_2-C_{20}알키닐기 중에서 선택될 수 있다.

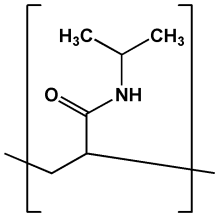
[0056] 또 다른 구현예에 따르면, 상기 R_1 내지 R_8은 서로 독립적으로, 수소, 중수소 및 C_1-C_{20}알킬기 중에서 선택될 수

있다.

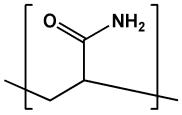
[0057] 또 다른 구현예에 따르면, 상기 R_1 내지 R_8은 서로 독립적으로, 수소, 중수소, 메틸기, 에틸기, n-프로필기, iso-프로필기, n-부틸기, iso-부틸기, *tert*-부틸기, n-펜틸기, iso-펜틸기, neo-펜틸기, *tert*-펜틸기, n-헥실기, iso-헥실기, n-헵틸기, sec-헵틸기, n-옥틸기, n-노닐기, sec-노닐기 및 n-데실기 중에서 선택될 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다.

[0058] 일 구현예에 따르면, 상기 제1구조단위는 하기 화학식 1-1 또는 1-2로 표시되고, 상기 제2구조단위는 하기 화학식 2-1로 표시될 수 있다:

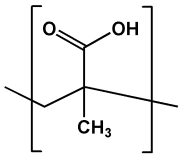
[0059] <화학식 1-1>

[0060] 

[0061] <화학식 1-2>

[0062] 

[0063] <화학식 2-1>

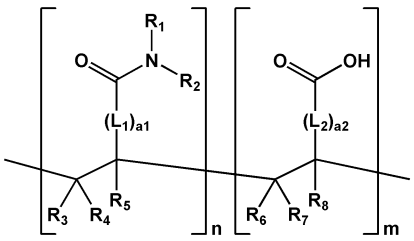
[0064] 

.

[0065] 따라서, 상기 고분자 화합물은 상기 화학식 1-1 또는 1-2로 표시되는 제1구조단위 및 상기 화학식 2-1로 표시되는 제2구조단위 중 적어도 하나를 포함할 수 있다.

[0066] 일 구현예에 따르면, 상기 고분자 화합물은 상기 화학식 1로 표시되는 제1구조단위 및 상기 화학식 2로 표시되는 제2구조단위를 둘 다 포함할 수 있다. 따라서, 상기 고분자 화합물은 하기 화학식 4-1로 표시될 수 있다:

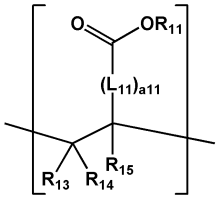
[0067] <화학식 4-1>

[0068] 

[0069] 상기 화학식 4-1 중, L_1, L_2, a1, a2 및 R_1 내지 R_8은 본 명세서에 기재된 바를 참조하고, n 및 m은 서로 독립적으로, 5 내지 100,000(예를 들면, 10 내지 10,000)의 정수 중에서 선택된다.

[0070] 일 구현예에 따르면, 상기 고분자 화합물은 상기 제1구조단위 및 상기 제2구조단위 외에, 하기 화학식 3으로 표시되는 제3구조단위를 더 포함할 수 있다:

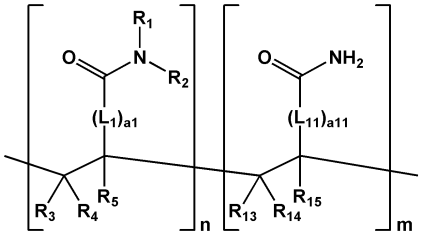
[0071] <화학식 3>

[0072] 

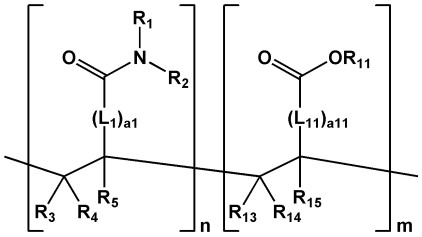
[0073] 상기 화학식 3 중, 상기 L_{11}, a11, R_{11} 및 R_{13} 내지 R_{15}에 대한 설명은 각각 L_1, a1 및 R_1에 대한 설명을 참조하고, 상기 L_1, a1 및 R_1에 대한 설명은 본 명세서에 기재된 바를 참조한다.

[0074] 일 구현예에 따르면, 상기 고분자 화합물은 하기 화학식 4-2 또는 4-3으로 표시될 수 있다:

[0075] <화학식 4-2>

[0076] 

[0077] <화학식 4-3>

[0078] 

[0079] 상기 화학식 4-2 및 4-3 중,

[0080] n 및 m은 서로 독립적으로, 5 내지 100,000(예를 들면, 10 내지 10,000)의 정수 중에서 선택되고,

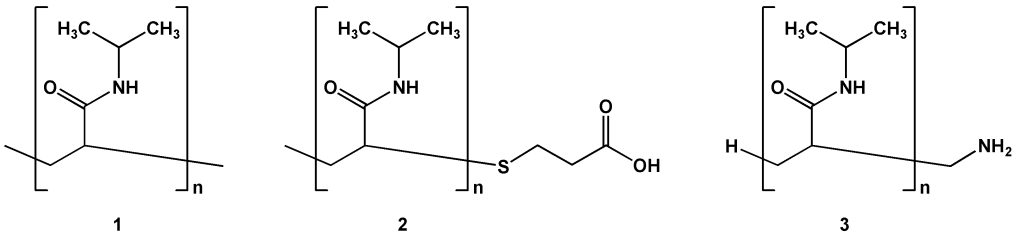
[0081] 상기 L_{11}, a11, R_{11} 및 R_{13} 내지 R_{15}에 대한 설명은 각각 L_1, a1 및 R_1에 대한 설명을 참조하고,

[0082] 상기 L_1, a1, 및 R_1 내지 R_5에 대한 설명은 본 명세서에 기재된 바를 참조하되,

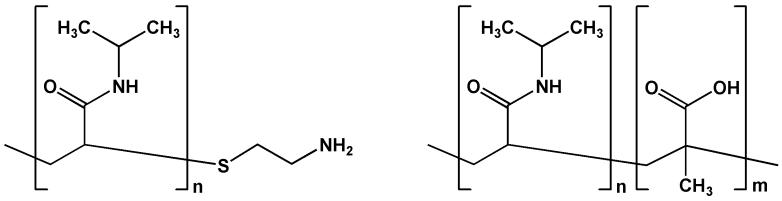
[0083] 단, 상기 화학식 4-2 중, R_1 및 R_2는 동시에 수소가 아니다.

[0084] 일 구현예에 따르면, 상기 고분자 화합물은 하기 화합물 1 내지 7 중 하나일 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다:

[0085]

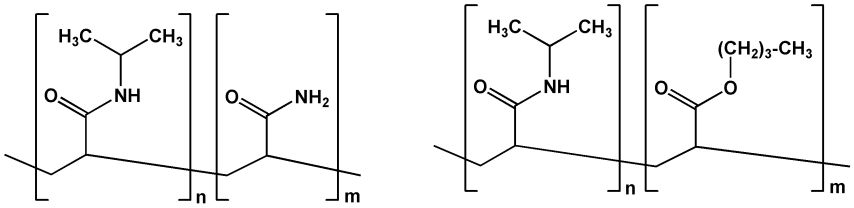


1 2 3



4 5

[0086]



6 7

[0087] 상기 화합물 1 내지 7 중, n 및 m은 서로 독립적으로, 5 내지 100,000(예를 들면, 10 내지 10,000)의 정수 중에서 선택된다.

[0088] 일 구현예에 따르면, 상기 고분자 화합물은 약 500 내지 약 5,000,000 g/mol(예를 들면, 약 500 내지 약 500,000g/mol)의 수평균 분자량을 가질 수 있다.

[0089] 일 구현예에 따르면, 상기 전자 전송 영역(130)은 상기 고분자 화합물을 포함한 제1층, 및 전자 전송층을 포함할 수 있다. 다른 구현예에 따르면, 상기 전자 전송 영역(130)은 상기 고분자 화합물만을 포함한 제1층, 및 전자 전송층을 포함할 수 있다. 이때, 상기 제1층은 상기 전자 전송층 및 상기 광활성층(150) 사이에 개재될 수 있다.

[0090] 상기 전자 전송층은, 예를 들어 전자추출 금속 산화물(electron-extracting metal oxides)을 포함할 수 있다.

[0091] 일 구현예에 따르면, 상기 전자 전송층은 Ti 산화물, Zn 산화물, In 산화물, Sn 산화물, W 산화물, Nb 산화물, Mo 산화물, Mg 산화물, Zr 산화물, Sr 산화물, Yr 산화물, La 산화물, V 산화물, Al 산화물, Y 산화물, Sc 산화물, Sm 산화물, Ga 산화물, SrTi 산화물 또는 이들의 복합물을 포함할 수 있다.

[0092] 다른 구현예에 따르면, 상기 전자 전송층은 ZnO, TiO_2, Nb_2O_5, Al_2O_3, ZrO_2, SnO_2 또는 AZO를 포함할 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다.

[0093] 또 다른 구현예에 따르면, 상기 전자 전송층은 ZnO를 포함하거나, 또는 ZnO만을 포함할 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다.

[0094] 상기 전자 전송층과 상기 제1층은 직접(directly) 접촉될 수 있다.

[0095] 상기 전자 전송층 상에 형성된 상기 제1층의 표면(즉, 제1층의 표면들 중, 광활성층에 가장 근접하게 배치된 표면)은 소수성(hydrophobic)을 띨 수 있다. 따라서, 예를 들어 상기 제1층의 표면과 물과의 접촉각은 약 45° 이상(예를 들면, 약 50° 이상, 보다 상세하게는 약 55° 이상) 내지 약 90° 이하(예를 들면, 약 80° 이하, 보다 상세하게는 약 70° 이하)일 수 있다.

[0096] 상기 제1층은 약 0 초과 내지 약 20 nm 이하의 두께를 가질 수 있다. 예를 들어, 상기 제1층은 약 0 초과 내지 약 10 nm 미만의 두께를 가질 수 있다. 일 구현예에 따르면, 상기 제1층은 약 1 nm 내지 약 5 nm (예를 들면, 약 2 nm 내지 4 nm)의 두께를 가질 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다.

[0097] 상기 전자 전송층은 약 0 초과 내지 200 nm 이하의 두께를 가질 수 있다. 예를 들어, 상기 전자 전송층은 약 0

초과 내지 100 nm 이하(예를 들면, 약 10 nm 내지 약 50 nm)의 두께를 가질 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다.

[0098] 상기 전자 전송 영역(130) 상부에는 광활성층(150)이 배치되어 있다. 상기 광활성층(150)은 빛을 받아 정공과 전자를 발생시키고, 이렇게 생성된 정공과 전자를 각각 양극과 음극으로 전달시키며, 일반적으로 전자주개 물질(electron donor) 및 전자받개 물질(electron acceptor)을 포함한다. 본 명세서에서 전자주개 물질이란 음전하 또는 비공유전자쌍을 갖는 것으로 양전하 또는 전자쌍이 결여된 부분에 전자를 공여하거나, 음전하나 비공유 전자쌍을 갖지 않더라도 전자받개와 혼합된 상태에서 빛을 받았을 때 분자 자체의 풍부한 전자 보유 성질로 인하여 전기 음성도가 큰 전자받개로 여기된 전자(excited electron)를 전달할 수 있는 것을 말한다. 본 명세서에서 전자받개 물질이란 전자주개 물질로부터 전자를 받아들이는 것을 의미한다.

[0099] 상기 광활성층(150)은 전자받개 물질을 포함하는 층과 전자주개 물질을 포함하는 층을 포함한 다층 구조일 수 있다. 또는, 상기 광활성층(150)은 전자받개 물질과 전자주개 물질이 혼합된 하나의 층을 포함한 단층 구조 또는 다층 구조일 수 있다.

[0100] 상기 전자주개 물질은, 예를 들어 폴리(3-헥실티오펜)(P3HT), 폴리([2,6'-4,8-디(5-에틸헥실티에닐)벤조[1,2-b;3,3-b]디티오펜){3-플루오로-2[(2-에틸헥실)카보닐]티에노[3,4-b]티오펜디일}(PTB7-Th), 폴리실록산카바졸, 폴리아닐린, 폴리에틸렌옥사이드, 폴리(1-메톡시-4-(0-디스퍼스레1)-2,5-페닐렌-비닐렌, 폴리인돌, 폴리카바졸, 폴리피리디아진, 폴리이소티아나프탈렌, 폴리페닐렌설파이드, 폴리비닐피리딘, 폴리티오펜, 폴리플루오렌, 폴리피리딘 및 이들의 유도체 등일 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다.

[0101] 상기 전자받개 물질은, 예를 들어 풀러렌(fullerene), 플러렌 유도체, 폴리벤즈이미다졸(PBI), 3,4,9,10-페릴렌 테트라카르복실릭 비스벤즈이미다졸(PTCBI), [6,6]페닐 C_{61} 부티르산 메틸 에스테르(PCBM), [6,6]페닐 C_{71} 부티르산 메틸 에스테르($PC_{71}BM$) 등일 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다.

[0102] 상기 광활성층(150)은 약 10 nm 내지 약 500 nm의 두께를 가질 수 있다. 예를 들어, 상기 광활성층(150)은 약 50 nm 내지 약 300 nm의 두께를 가질 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다.

[0103] 상기 광활성층(150) 상에 정공 전송층(미도시)이 추가로 배치될 수 있다. 상기 정공 전송층은 상기 광활성층(150)에서 생성된 정공이 제2전극으로 이동되는 확률을 높여줄 수 있다.

[0104] 상기 정공 전송층은, 예를 들어 PEDOT:PSS(Poly(3,4-ethylenediocy-thiophene) doped with poly(styrenesulfonic acid)), N,N'-비스(3-메틸페닐)-N,N'-디페닐-[1,1'-비페닐]-4,4'-디아민(TPD), 구리 프탈로시아닌(CuPc), 산화바나듐(V_2O_5), 산화텅스텐(WO_3), 산화니켈(NiO), 산화몰리브덴(MoO_2, MoO_3), 산화구리(CuO), 산화루테늄(RuO_2), 세륨 도핑된 산화텅스텐($CeWO_3$), 공액계 전해질(conjugated polyelectrolyte) 사슬기 말단에 술폰화(sulfonation)기가 도입된 고분자, 클로로벤조산, 및 이의 임의의 조합을 포함할 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다.

[0105] 상기 정공 전송층은 약 0 초과 내지 200 nm 이하의 두께를 가질 수 있다. 예를 들어, 상기 정공 전송층은 약 0 초과 내지 100 nm 이하(예를 들면, 약 2 nm 내지 약 10 nm)의 두께를 가질 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다.

[0106] 상기 광활성층(150) 또는 상기 정공 전송층 상에는 제2전극(190)이 배치되어 있다. 상기 제2전극(190)은 일함수가 큰 금속, 합금, 전기 전도성 화합물 및 이들의 혼합물 등을 포함할 수 있다. 상기 제2전극(190)은, 예를 들어 은(Ag), 백금(Pt), 텅스텐(W), 구리(Cu), 몰리브데늄(Mo), 금(Au), 니켈(Ni) 및 팔라듐(Pd) 등의 금속을 단독 또는 혼합하여 사용할 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다.

[0107] 일 구현예에 있어서, 상기 광전 소자는 광전지, 광 검출기, 태양전지, 포토다이오드 또는 포토트랜지스터일 수 있다. 예를 들어, 상기 광전 소자는 유기태양전지(예를 들면, 인버트 유기태양전지) 또는 유기포토다이오드일 수 있다.

[0108] 따라서, 다른 측면에 있어서, 제1전극, 상기 제1전극에 대향된 제2전극, 상기 제1전극 및 상기 제2전극 사이에 개재된 광활성층, 및 상기 제1전극 및 상기 광활성층 사이에 개재된 전자 전송 영역을 포함하고, 상기 전자 전송 영역은 상기 화학식 1로 표시되는 제1구조단위 및 상기 화학식 2로 표시되는 제2구조단위 중 적어도 하나를 포함한 고분자 화합물을 포함한, 유기태양전지가 제공된다. 상기 유기태양전지는 높은 에너지전환효율을 가질 수 있다.

[0109] 또 다른 측면에 있어서, 제1전극, 상기 제1전극에 대향된 제2전극, 상기 제1전극 및 상기 제2전극 사이에 개재된 광활성층, 및 상기 제1전극 및 상기 광활성층 사이에 개재된 전자 전송 영역을 포함하고, 상기 전자 전송 영역은 상기 화학식 1로 표시되는 제1구조단위 및 상기 화학식 2로 표시되는 제2구조단위 중 적어도 하나를 포함한 고분자 화합물을 포함한, 유기포토다이오드가 제공된다. 상기 유기포토다이오드는 높은 광 감응도를 가질 수 있다.

[0110] 이하에서, 합성예 및 실시예를 들어, 본 발명의 일 구현예를 따르는 광전 소자에 대하여 보다 구체적으로 설명한다. 하기 합성예 중 "A 대신 B를 사용하였다"란 표현 중 A의 몰당량과 B의 몰당량은 서로 동일하다.

[0111] **[실시예]**

[0112] **실시예 1: 광전 소자의 제조**

[0113] 애노드는 ITO 유리 기판을 아세톤 및 이소프로필 알코올을 이용하여 각 10분 동안 초음파 세정한 후, 20분 동안 자외선을 조사하고 오존에 노출시켜 세정하였다.

[0114] 상기 ITO 유리 기판 상부에 ZnO 용액을 2,000 rpm에서 60초 동안 스핀 코팅한 후, 공기 중에서 200℃에서 1시간 동안 어닐링하여 20 내지 30 nm의 두께를 갖는 전자 전송층을 형성하였다. 이때, 상기 ZnO 용액은 징크 아세테이트 디하이드레이트(Sigma-Aldrich 379786) 1 g, 2-메톡시에탄올 (Sigma-Aldrich 28467) 10 mL 및 에탄올아민 (Sigma-Aldrich 411000) 0.28 g을 혼합한 후, 상온에서 밤새 교반 한 뒤, 0.2 μm의 필터로 여과하여 제조하였다.

[0115] 상기 전자 전송층 상에 0.03 mg/mL의 2-메톡시에탄올 중의 폴리(N-이소프로필아크릴아미드-코-아크릴산)(Sigma-Aldrich 724467, 이하 'PNIPAM'이라 함) 용액을 4,500 rpm에서 60초 동안 스핀 코팅하여 3 nm의 두께를 갖는 제1층을 형성하여, 전자 전송층 및 제1층을 포함한 전자 전송 영역을 형성하였다.

[0116] 상기 제1층 상에 폴리([2,6'-4,8-디(5-에틸헥실티에닐)벤조[1,2-b;3,3-b]디티오펜){3-플루오로-2[(2-에틸헥실)카보닐]티에노[3,4-b]티오펜디일}(PTB7-Th) 및 [6,6]페닐 C_{71} 부티르산 메틸 에스테르($PC_{71}BM$)를 1:1.3의 무게 비율로 3 vol%의 디아이오도옥탄(DIO)를 포함한 클로로벤젠 중에 용해시킨 용액을 2,000 rpm에서 35초 동안 스핀 코팅하여 90 nm의 두께를 갖는 광활성층을 형성하였다.

[0117] 상기 광활성층 상에 마스크를 얹고, 오산화바나듐(V_2O_5)을 3 x 10^{-6} Torr 진공에서 0.1 Å/s 속도로 증착하여 5 nm 두께의 정공 전송층을 형성하였다.

[0118] 상기 정공 전송층 상에 은(Ag)을 ~5 Å/s 속도로 증착하여 100 nm 두께의 Ag 전극을 형성하여 광전 소자를 제조하였다.

[0119] **실시예 2**

[0120] 제1층 형성 시, 0.05 mg/mL의 2-메톡시에탄올 중의 PNIPAM 용액을 사용하였다는 점을 제외하고는, 실시예 1과 동일한 방식으로 광전 소자를 제조하였다.

[0121] **실시예 3**

[0122] 제1층 형성 시, 0.10 mg/mL의 2-메톡시에탄올 중의 PNIPAM 용액을 사용하였다는 점을 제외하고는, 실시예 1과 동일한 방식으로 광전 소자를 제조하였다.

[0123] **비교예 1**

[0124] 제1층 형성 시, 2-메톡시에탄올 용매만을 사용하였다는 점을 제외하고는, 실시예 1과 동일한 방식으로 광전 소자를 제조하였다.

[0125] **평가예 1: 유기태양전지의 광전변환 특성 평가**

[0126] 실시예 1 내지 3 및 비교예 1의 유기태양전지의 전압-전류 곡선을 100 $mWcm^{-2}$ 세기의 AM 1.5G 조건에서 얻은 후, 이로부터 광전변환 파라미터 값 및 광전변환 효율을 구하였다.

[0127] <식 1>

[0128] 충진율(FF) = (V_{mp} x I_{mp})/(V_{oc} x I_{sc})

[0129] <식 2>

[0130] 에너지전환효율(PCE, %) = 충진율 x J_{sc} x V_{oc}

[0131] 상기 식 1 및 2 중, V_{mp}는 최대 전력점에서 전압 값이고, I_{mp}는 최대 전력점에서의 전류 값이고, V_{oc}는 광개방 전압이고, I_{sc}는 광 단락 전류이고, J_{sc}는 광 단락 전류밀도를 나타낸다.

[0132] 도 2는 실시예 1 내지 3 및 비교예 1의 유기태양전지의 전압-전류 곡선을 도시하며, 하기 표 1은 광전변환 파라미터 값 및 광전변환 효율을 나타낸다.

표 1

[0133]

	PNIPAM의 농도	V_{oc} (V)	J_{sc} (mA/cm^2)	FF	PCE (%)
비교예 1	0.00 mg/mL	0.79 (0.780±0.004)	14.74 (14.76±0.18)	0.67 (0.66±0.01)	7.77 (7.59±0.13)
실시예 1	0.03 mg/mL	0.79 (0.80±0.01)	15.72 (15.34±0.34)	0.67 (0.668±0.004)	8.28 (8.14±0.16)
실시예 2	0.05 mg/mL	0.80 (0.800±0.002)	15.31 (15.14±0.30)	0.66 (0.660±0.006)	8.08 (7.96±0.16)
실시예 3	0.10 mg/mL	0.79 (0.79±0.01)	15.15 (15.02±0.23)	0.67 (0.669±0.003)	8.03 (7.99±0.05)

[0134] 상기 표 1을 통해 확인할 수 있듯이, 비교예 1의 유기태양전지의 효율이 7.77%인 반면, 실시예 1 내지 3의 유기태양전지의 효율은 각각 8.28%, 8.08%, 8.03%로 증가하였음을 확인할 수 있다. 특히, V_{oc} 값은 비교예 1과 실시예 1 내지 3 사이에 차이가 없는 반면, J_{sc} 값은 큰 차이가 발생한 것으로 보아, J_{sc} 값의 증가가 에너지변환 효율의 증가에 기여했을 것으로 추측된다.

[0135] 따라서, 본 발명의 일 구현예에 따른 고분자 화합물을 전자 전송 영역에 포함한 광전 소자는 보다 높은 에너지 전환 효율을 가질 수 있다.

[0136] **평가예 2: 접촉각 특성 평가**

[0137] 상기 제1층의 표면 특성을 평가하기 위하여, 상기 전자 전송층 상에 형성된 제1층 상에 각각 물 및 디아이오도메탄을 떨어뜨린 후, 접촉각을 측정하고, 그 결과를 도 3에 나타냈다.

[0138] 도 3을 통해 확인할 수 있듯이, 물이 떨어뜨린 경우에는, PNIPAM를 고농도로 코팅할수록 접촉각이 점차 커진 반면, 디아이오도메탄을 떨어뜨린 경우에는, PNIPAM를 고농도로 코팅할수록 접촉각이 점차 작아졌다. 상기 결과를 통해, PNIPAM을 포함한 제1층의 표면은 소수성을 띤다는 것을 확인할 수 있다.

[0139] 이를 통해, 친수성을 띠는 ZnO 전자 전송층 표면 상에 광활성층을 형성시키는 것 보다 소수성을 띠는 상기 제1층 표면 상에 광활성층을 형성시키는 경우, 코팅이 보다 잘되고, 광활성층 재료(즉, 전자주개 물질 및 전자받개 물질) 또한 잘 혼합된 채로 유지되며, 접촉 저항(contact resistance)이 감소되는 효과를 가질 것임을 예측할 수 있다. 그 결과, 광전 소자의 특성이 보다 향상될 수 있음을 예측할 수 있다.

[0140] **평가예 3: 투과도 특성 평가**

[0141] 상기 제1층의 형성이 투과도에 미치는 영향을 평가하기 위하여, UV-visible absorption spectroscopy(Cary 300 UV-Vis spectrophotometer)를 사용하여 투과도를 측정하고, 그 결과를 도 4에 나타냈다.

[0142] 도 4를 통해 확인할 수 있듯이, 상기 제1층의 형성은 투과도에 영향을 미치지 않았음을 확인할 수 있다.

[0143] **평가예 4: 일함수 특성 평가**

[0144] 상기 제1층이 전자 전송층으로서 적합한지 여부를 평가하기 위하여 UV광전자분광 스펙트럼을 측정하고, 이를 도 5에 나타냈다.

[0145] 도 5를 통해 확인할 수 있는 바와 같이, PNIPAM를 포함한 제1층을 포함할 경우, secondary electron cut-off에 해당하는 결합 에너지(binding energy) 값이 증가하는 경향을 보였다. 구체적으로, 비교예 1의 경우 17.97 eV

(해당 일함수 = 3.23 eV)의 결합 에너지 값을 가졌던 것에 비해, 실시예 2의 경우 18.22 eV (해당 일함수 = 2.98 eV)의 결합 에너지 값을 보였다. 이러한 0.25 eV 만큼의 결합 에너지 차이는 그 만큼 제1층이 전자 전송층을 통해 전자를 더 효과적으로 추출(extraction)하고 있음을 확인할 수 있다.

[0146] 따라서, 상기 제1층은 상기 전자 전송층의 일함수를 더 작게 변화시키고, 이는 전도도 향상에 기여함을 알 수 있다.

부호의 설명

[0147] 10: 광전 소자

110: 제1전극

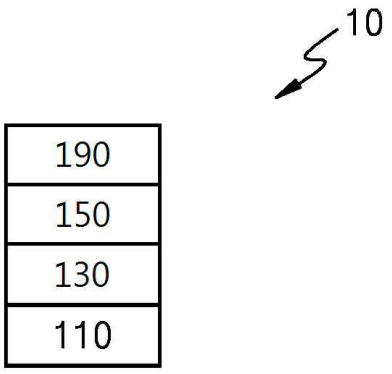
130: 전자 전송 영역

150: 광활성층

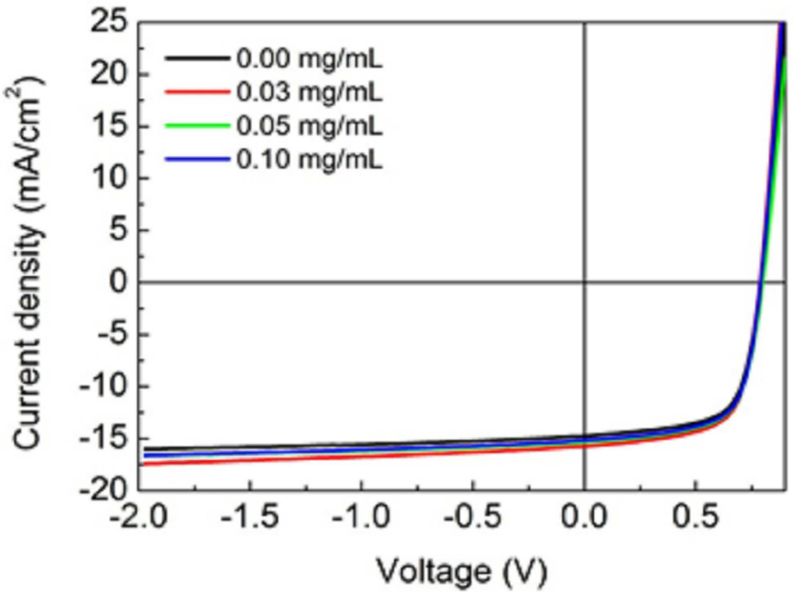
190: 제2전극

도면

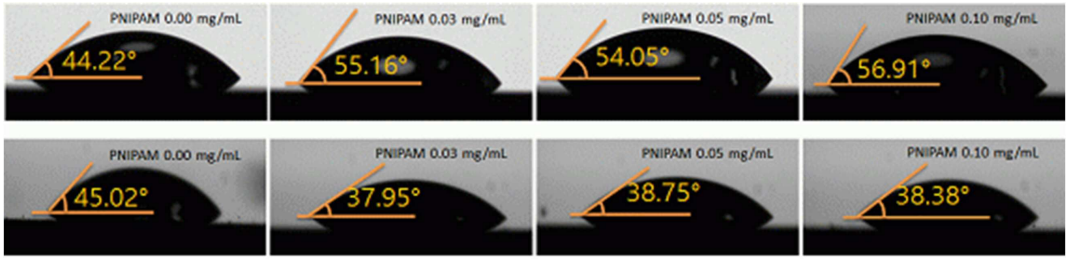
도면1



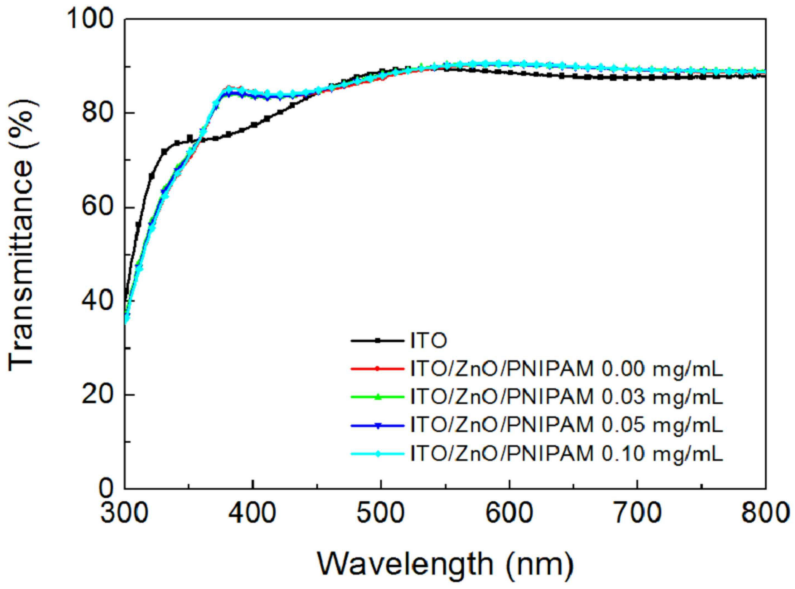
도면2



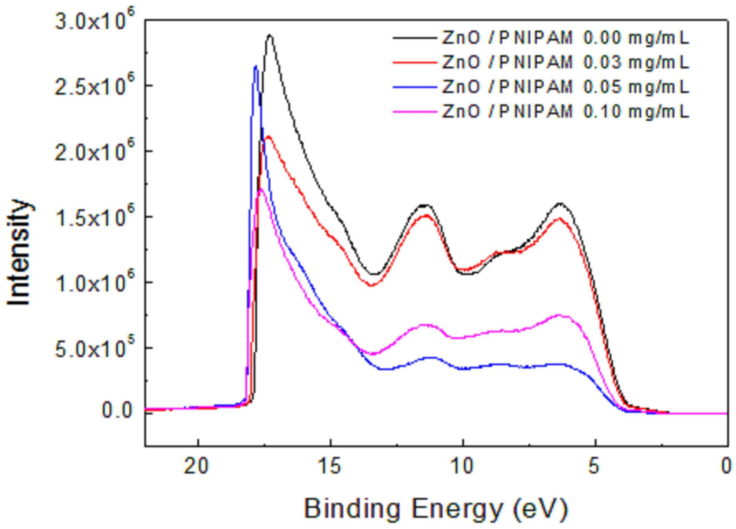
도면3


PNIPAM 0.00 mg/mL
44.22°
PNIPAM 0.03 mg/mL
55.16°
PNIPAM 0.05 mg/mL
54.05°
PNIPAM 0.10 mg/mL
56.91°
PNIPAM 0.00 mg/mL
45.02°
PNIPAM 0.03 mg/mL
37.95°
PNIPAM 0.05 mg/mL
38.75°
PNIPAM 0.10 mg/mL
38.38°

도면4


Transmittance (%)
Wavelength (nm)
ITO
ITO/ZnO/PNIPAM 0.00 mg/mL
ITO/ZnO/PNIPAM 0.03 mg/mL
ITO/ZnO/PNIPAM 0.05 mg/mL
ITO/ZnO/PNIPAM 0.10 mg/mL

도면5


Intensity
Binding Energy (eV)
ZnO / PNIPAM 0.00 mg/mL
ZnO / PNIPAM 0.03 mg/mL
ZnO / PNIPAM 0.05 mg/mL
ZnO / PNIPAM 0.10 mg/mL