

 (19) 대한민국특허청(KR) (12) 공개특허공보(A)	(11) 공개번호 10-2012-0078952 (43) 공개일자 2012년07월11일
(51) 국제특허분류(Int. Cl.) <i>H01L 31/042</i> (2006.01) <i>H01L 51/42</i> (2006.01) (21) 출원번호 10-2011-0000266 (22) 출원일자 2011년01월03일 심사청구일자 없음	(71) 출원인 고려대학교 산학협력단 서울 성북구 안암동5가 1 (72) 발명자 김환규 대전광역시 중구 태평로 80, 403동 64호 (태평동, 삼부아파트) 유정호 충청남도 서산시 고북면 고북1로 265, 현대철물점 (74) 대리인 특허법인이지

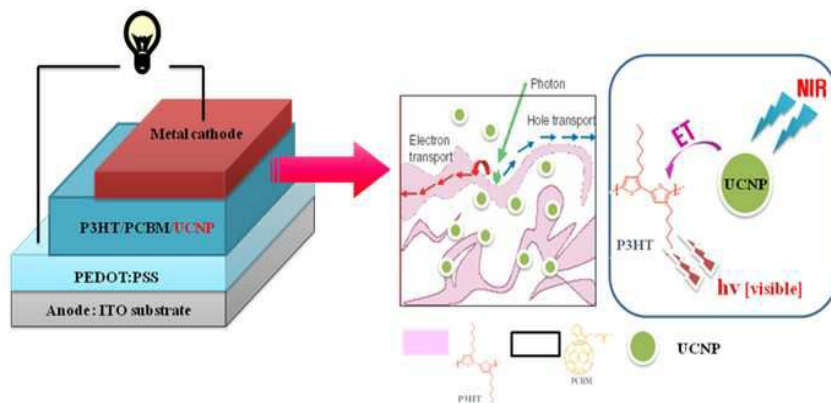
전체 청구항 수 : 총 12 항

(54) 발명의 명칭 **희토류 이온이 도핑된 상향 에너지 전이 나노입자를 포함하는 유기태양 전지**

(57) 요약

본 발명은 양극, 정공수송층, 활성층 및 음극을 포함하는 유기태양전지에 있어서, 상기 정공수송층 또는 활성층이 매트릭스에 희토류 이온이 도핑된 상향 에너지 전이 나노입자를 포함하는 것을 특징으로 하는 유기태양전지에 관한 것으로서 근적외선 영역의 태양광까지 흡수하여 기존의 유기태양전지보다 광전환 효율이 향상된 유기태양전지를 제공한다.

대표도 - 도2



특허청구의 범위

청구항 1

양극, 정공수송층, 활성층 및 음극을 포함하는 유기태양전지에 있어서, 상기 정공수송층 또는 활성층이 매트릭스에 희토류 이온이 도핑된 상향 에너지 전이 나노입자를 포함하는 것을 특징으로 하는 유기태양전지.

청구항 2

제 1항에 있어서,

상기 희토류 이온은 Er^{3+} 및 Tm^{3+} 로 이루어진 군에서 선택된 1종인 활성화 이온 및 Yb^{3+} , Nd^{3+} , Dy^{3+} 및 Sm^{3+} 로 이루어진 군에서 선택된 1종인 Ln^{3+} 를 포함하는 것을 특징으로 하는 유기태양전지.

청구항 3

제 2항에 있어서,

상기 활성화 이온은 상향 에너지 전이 나노입자에 대하여 1 내지 5의 물분율을 가지는 것을 특징으로 하는 유기태양전지.

청구항 4

제 2항에 있어서,

상기 Ln^{3+} 는 상향 에너지 전이 나노입자에 대하여 10 내지 30의 물분율을 가지는 것을 특징으로 하는 유기태양전지.

청구항 5

제 1항에 있어서,

상기 매트릭스는 YF_3 , NaYF_4 , KY_3F_{10} , LuPO_4 및 YbPO_4 로 이루어진 군에서 선택된 1종인 것을 특징으로 하는 유기태양전지.

청구항 6

제 1항에 있어서,

상기 매트릭스에 희토류 이온이 도핑된 상향 에너지 전이 나노입자는 코어-셸(core-shell) 구조를 이루는 것을 특징으로 하는 유기태양전지.

청구항 7

제 6항에 있어서,

상기 코어(core)층의 희토류 이온은 Er^{3+} 및 Tm^{3+} 로 이루어진 군에서 선택된 1종인 활성화 이온 및 Yb^{3+} , Nd^{3+} , Dy^{3+} 및 Sm^{3+} 로 이루어진 군에서 선택된 1종인 Ln^{3+} 를 포함하는 것을 특징으로 하는 유기태양전지.

청구항 8

제 6항에 있어서,

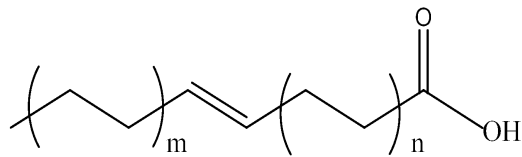
상기 셸(shell)층의 희토류 이온은 Tm^{3+} , Dy^{3+} 및 Ho^{3+} 로 이루어진 군에서 선택된 1종의 활성화 이온 및 Yb^{3+} , Nd^{3+} , Dy^{3+} 및 Sm^{3+} 로 이루어진 군에서 선택된 1종인 Ln^{3+} 를 포함하는 것을 특징으로 하는 유기태양전지.

청구항 9

제 1항에 있어서,

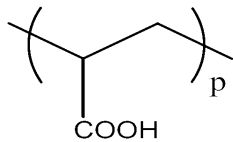
상기 상향 에너지 전이 나노입자는 하기 화학식 1 내지 6으로 표시되는 화합물에서 선택된 1종으로 이루어진 결정체로 둘러싸여 코어-셸(core-shell) 구조를 이루는 것을 특징으로 하는 유기태양전지.

[화학식 1]



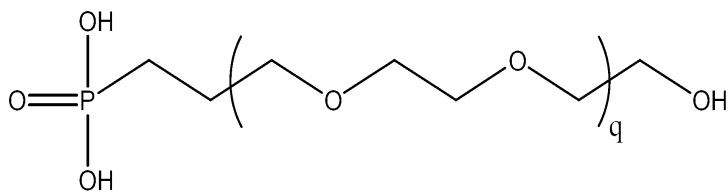
(상기 화학식 1에서 m 및 n은 각각 1 내지 10의 정수이다.)

[화학식 2]



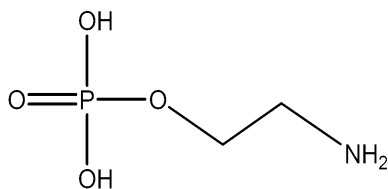
(상기 화학식 2에서 p는 1 내지 10의 정수이다.)

[화학식 3]

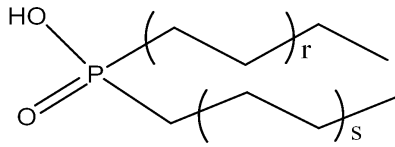


(상기 화학식 3에서 q는 1 내지 10의 정수이다.)

[화학식 4]

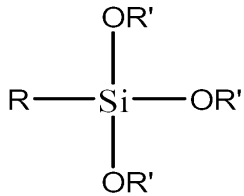


[화학식 5]



(상기 화학식 5에서 r 및 s는 1 내지 10의 정수이다.)

[화학식 6]



(상기 화학식 6에서 R은 페닐기 또는 C1~C5의 알킬렌기이고, R'은 C1~C5의 알킬기이다.)

청구항 10

제 1항에 있어서,

상기 상향 에너지 전이 나노입자는 표면에 금(Au) 또는 은(Ag)이 담지되어진 것을 특징으로 하는 유기태양전지.

청구항 11

제 10항에 있어서,

상기 상향 에너지 전이 나노입자는 폴리아크릴산(polyacrylic acid, PAA), 폴리메틸메타 아크릴레이트(polymethyl methacrylate, PMMA) 및 폴리알릴아민염소산(poly(allylamine hydrochloride, PAH)으로 이루어진 군에서 선택된 1종으로 코팅된 것을 특징으로 하는 유기태양전지.

청구항 12

제 1항에 있어서,

상기 상향 에너지 전이 나노입자는 필름(film)으로 제작되어 양극과 정공수송층의 층간, 정공수송층과 활성층의 층간, 및 활성층과 음극의 층간 중 어느 한 층간에 포함되는 유기태양전지.

명세서

기술 분야

[0001] 본 발명은 희토류 이온이 도핑된 상향 에너지 전이 나노입자를 포함하는 유기태양 전지에 관한 것으로서, 보다 구체적으로는 상기 상향 에너지 전이 나노입자를 정공수송층 또는 활성층에 도입함으로써 근적외선영역의 태양광까지 흡수하여 광전효율을 향상시킬 수 있는 유기태양전지에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 유기태양전지는 제조 비용이 높아 일반 가정용으로는 보급되기 어려운 무기태양전지의 단점을 극복하기 위해

연구되기 시작하였다. 1985년 이스트먼 코닥(Eastman Kodak)의 탕(C.W. Tang)이 CuPc와 페릴렌 테트라카복실 산 유도체를 각각 도너(*p*-type)물질과 억셉터(*n*-type) 물질로 이용한 이중접합 구조의 AM2, $75\text{mW}/\text{cm}^2$ 의 조건에서 0.95%의 에너지 변환 효율을 가진 유기태양전지를 제시한 이후 유기태양전지에 대한 관심과 연구가 증폭되었다.

[0003] 유기태양전지를 구성하는 핵심물질은 전자주개(electron donor, D) 특성과 전자받개(electron acceptor, A) 특성을 갖는 유기물질이며, 이러한 유기분자로 이루어진 태양전지가 빛을 흡수하면 전자와 홀(여기자)이 형성되고 이는 도너-억셉터(D-A) 계면으로 이동하여 전하가 분리되고 전자는 억셉터로, 홀은 도너로 이동하여 광전류가 발생하게 되는 원리를 이용한 것이 바로 유기태양전지이다.

[0004] 최근 유기태양전지 연구방향은 발전 단가를 낮추면서도 광전환 효율을 높이는 고효율 태양전지를 개발하는 방향으로 초점이 맞춰지고 있다. 태양전지의 효율을 높이기 위해 다양한 방법들이 개발되었으나 유기태양전지의 상업화를 위해서는 추가적인 효율상승을 필요로 하고 있다. 그러나 현재 유기태양전지에 사용되는 상당수의 물질들은 태양광 스펙트럼을 충분히 흡수할 수 있는 파장대를 가지고 있지 않아 고효율을 달성하기에는 한계가 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 이에 본 발명자들은 상술한 종래기술 상의 한계를 극복할 수 있는 유기태양전지를 개발하고자 예의 노력한 결과 본 발명을 완성하기에 이르렀다.

[0006] 결국, 본 발명의 목적은 유기태양전지를 구성하는 정공수송층 또는 활성층에 희토류 이온이 도핑된 상향 에너지 전이 나노입자를 도입함으로써 근적외선영역의 태양광까지 흡수하여 기존의 전자 도너물질보다 더 많은 광전하를 형성시켜 광전환 효율이 향상된 유기태양전지를 제공하는데 있다.

과제의 해결 수단

[0007] 상기 목적을 달성하기 위하여 본 발명에서는 양극, 정공수송층, 활성층 및 음극을 포함하는 유기태양전지에 있어서, 상기 정공수송층 또는 활성층이 매트릭스에 희토류 이온이 도핑된 상향 에너지 전이 나노입자를 포함하는 것을 특징으로 하는 유기태양전지가 제공된다.

[0008] 본 발명에 따른 유기태양전지의 일 실시예에 따르면, 상기 희토류 이온은 Er^{3+} 및 Tm^{3+} 로 이루어진 군에서 선택된 1종인 활성화 이온 및 Yb^{3+} , Nd^{3+} , Dy^{3+} 및 Sm^{3+} 로 이루어진 군에서 선택된 1종인 Ln^{3+} 를 포함할 수 있다.

[0009] 본 발명에 따른 유기태양전지의 일 실시예에 따르면, 상기 활성화 이온은 상향 에너지 전이 나노입자에 대하여 1 내지 5의 몰분율을 가질 수 있다.

[0010] 본 발명에 따른 유기태양전지의 일 실시예에 따르면, 상기 Ln^{3+} 는 상향 에너지 전이 나노입자에 대하여 10 내지 30의 몰분율을 가질 수 있다.

[0011] 본 발명에 따른 유기태양전지의 일 실시예에 따르면, 상기 매트릭스는 YF_3 , NaYF_4 , KY_3F_{10} , LuPO_4 및 YbPO_4 로 이루어진 군에서 선택된 1종일 수 있다.

[0012] 본 발명에 따른 유기태양전지의 일 실시예에 따르면, 상기 매트릭스에 희토류 이온이 도핑된 상향 에너지 전이 나노입자는 코어-셸(core-shell) 구조를 이룰 수 있다.

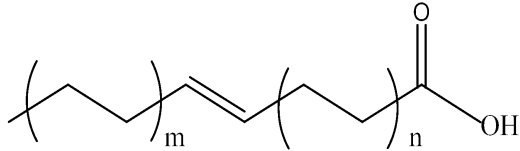
[0013] 본 발명에 따른 유기태양전지의 일 실시예에 따르면, 상기 코어(core)층의 희토류 이온은 Er^{3+} 및 Tm^{3+} 로 이루어진 군에서 선택된 1종인 활성화 이온 및 Yb^{3+} , Nd^{3+} , Dy^{3+} 및 Sm^{3+} 로 이루어진 군에서 선택된 1종인 Ln^{3+} 를 포함할 수 있다.

[0014] 본 발명에 따른 유기태양전지의 일 실시예에 따르면, 상기 셸(shell)층의 희토류 이온은 Tm^{3+} , Dy^{3+} 및 Ho^{3+} 로

이루어진 군에서 선택된 1종의 활성화 이온 및 Yb^{3+} , Nd^{3+} , Dy^{3+} 및 Sm^{3+} 로 이루어진 군에서 선택된 1종인 Ln^{3+} 를 포함할 수 있다.

[0015] 본 발명에 따른 유기태양전지의 일 실시예에 따르면, 상기 상향 에너지 전이 나노입자는 하기 화학식 1 내지 6으로 표시되는 화합물에서 선택된 1종으로 이루어진 결정체로 둘러싸여 코어-셸(core-shell) 구조를 이룰 수 있다.

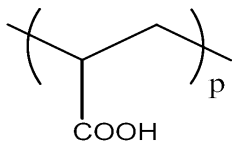
[0016] [화학식 1]



[0017] (상기 화학식 1에서 m 및 n은 각각 1 내지 10의 정수이다.)

[0018]

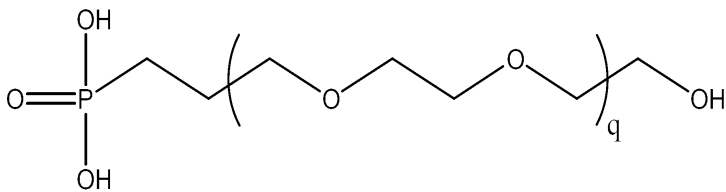
[0019] [화학식 2]



[0020] (상기 화학식 2에서 p는 1 내지 10의 정수이다.)

[0021]

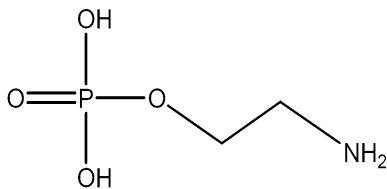
[0022] [화학식 3]



[0023] (상기 화학식 3에서 q는 1 내지 10의 정수이다.)

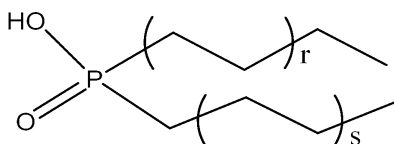
[0024]

[0025] [화학식 4]



[0026] [화학식 5]

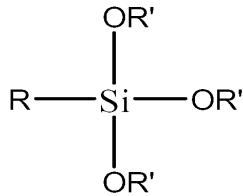
[0027]



[0028] (상기 화학식 5에서 r 및 s는 1 내지 10의 정수이다.)

[0029]

[0030] [화학식 6]



[0031]

[0032] (상기 화학식 6에서 R은 페닐기 또는 C1~C5의 알킬렌기이고, R'은 C1~C5의 알킬기이다.)

[0033] 본 발명에 따른 유기태양전지의 일 실시예에 따르면, 상기 상향 에너지 전이 나노입자는 표면에 금(Au) 또는 은(Ag)이 담지되어질 수 있다.

[0034] 본 발명에 따른 유기태양전지의 일 실시예에 따르면, 상기 상향 에너지 전이 나노입자는 폴리아크릴산 (polyacrylic acid, PAA), 폴리메틸메타 아크릴레이트(polymethyl methacrylate, PMMA) 및 폴리알릴아민염소산 (poly(allylamine hydrochloride), PAH)으로 이루어진 군에서 선택된 1종으로 코팅된 것일 수 있다.

[0035] 본 발명에 따른 유기태양전지의 일 실시예에 따르면, 상기 상향 에너지 전이 나노입자는 필름(film)으로 제작되어 양극과 정공수송층의 층간, 정공수송층과 활성층의 층간, 및 활성층과 음극의 층간 중 어느 한 층간에 포함될 수 있다.

발명의 효과

[0036] 본 발명에 따른 유기태양전지는 활성층에 희토류 이온이 도핑된 상향 에너지 전이 나노입자를 도입함으로써 근적외선영역의 태양광까지 흡수하여 기존의 활성층의 도너물질 보다 더 많은 광전하를 형성시켜 유기태양전지의 광전환 효율을 향상시킬 수 있다.

도면의 간단한 설명

[0037] 도 1은 일반적인 유기태양전지의 구조를 나타낸 단면도이다.

도 2는 활성층에 상향에너지 전이 나노입자를 포함하는 유기태양전지의 구조를 나타낸 단면도이다.

도 3은 정공수송층에 상향에너지 전이 나노입자를 포함하는 유기태양전지의 구조를 나타낸 단면도이다.

도 4는 희토류 이온이 도핑된 상향 에너지 전이 나노입자의 상향 에너지 전환 메커니즘을 나타내는 에너지준위도이다.

도 5 및 6에는 코어-셸 구조를 이루고 있는 상향 에너지 전이 나노입자의 구조를 나타낸 단면도이다.

도 7은 표면에 금(Au) 또는 은(Ag)이 담지된 상향 에너지 전이 나노입자의 구조를 나타낸 단면도이다.

도 8의 (a) 및 (b)는 실시예에서 제조된 상향 에너지 전이 나노입자의 TEM 사진, (c)는 실시예에서 제조된 상향 에너지 전이 나노입자의 EDAX 분석 결과, 및 (d)는 근적외선 레이저의 여기 하에서 핵산 용액 내에서의 실시예에서 제조된 상향 에너지 전이 나노입자의 사진이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0038] 본 발명은 다양한 변환을 가할 수 있고 여러 가지 실시예를 가질 수 있는바, 특정 실시예들을 도면에 예시하고 상세한 설명에 상세하게 설명하고자 한다. 그러나 이는 본 발명을 특정한 실시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변환, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다. 본 발명을 설명함에 있어서 관련된 공지 기술에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 흐릴 수 있다고 판단되는 경우 그 상세한 설명을 생략한다.

[0039] 본 발명에서는 양극, 정공수송층, 활성층 및 음극을 포함하는 유기태양전지에 있어서, 상기 정공수송층 또는

활성층이 매트릭스에 희토류 이온이 도핑된 상향 에너지 전이 나노입자를 포함하는 것을 특징으로 하는 유기 태양전지를 제공한다.

- [0040] 도 1에는 일반적인 유기태양전지의 구조를 나타낸 단면도이다. 도 1을 참조하면 유기태양전지는 기판, 양극, 정공수송층, 활성층 및 음극으로 구성되어 있다. 일반적인 유기태양전지는 투명전극인 ITO(indium tin oxide)를 양극물질로 사용하며, 알루미늄(Al) 또는 칼슘(Ca) 등을 음극 물질로 사용한다.
- [0041] 상기 양극 상에는 활성층이 형성되고, 양극과 활성층 사이에는 정공수송층이 형성되어 있다. 정공수송층은 상기 양극과 활성층 사이의 접착력을 향상시키며 전하를 전달하는 역할을 하며 PEDOT(poly(3,4-ethylenedioxythiophene): PSS(poly(styrene sulfonate)))층일 수 있다.
- [0042] 활성층은 유기물을 함유하는 광전변환층으로서, 광을 흡수하여 여기자(exiton)를 생성하는 역할을 한다. 상기 유기 활성층은 도너층과 억셉터층이 분리된 도너/억셉터 이중층이거나, 도너(donor)와 억셉터(acceptor)가 섞여 있는 벌크-헤테로정선(bulk heterojunction; BHJ)층일 수 있다. 상기 도너는 폴리티오펜 유도체로서 P3HT(poly(3-hexylthiophene))일 수 있으며, 상기 억셉터는 플러렌 유도체로서 PCBM(phenyl-C61-butyric acid methyl ester)일 수 있다.
- [0043] 본 발명에 따른 유기태양전지는 상기 정공수송층 또는 상기 활성층에 희토류 이온이 도핑된 상향 에너지 전이 나노입자를 포함한다. 상기 상향 에너지 전이 나노입자는 매트릭스에 희토류이온으로써, 활성화 이온 및 Ln^{3+} 가 도핑된 구조를 가진다.
- [0044] 상기 활성화 이온으로는 Er^{3+} 및 Tm^{3+} 로 이루어진 군에서 선택된 1종인 활성화 이온을 사용할 수 있으며, 상기 Ln^{3+} 로는 Yb^{3+} , Nd^{3+} , Dy^{3+} 및 Sm^{3+} 로 이루어진 군에서 선택된 1종을 사용할 수 있다.
- [0045] 상기 활성화 이온은 상향 에너지 전이 나노입자에 대하여 1 내지 5의 물분율을 가지며, 상기 Ln^{3+} 는 상향 에너지 전이 나노입자에 대하여 10 내지 30의 물분율을 가질 수 있다.
- [0046] 상기 매트릭스는 YF_3 , NaYF_4 , KY_3F_{10} , LuPO_4 및 YbPO_4 로 이루어진 군에서 선택된 1종일 수 있다.
- [0047] 도 4에는 희토류 이온이 도핑된 상향 에너지 전이 나노입자의 상향 에너지 전환 메커니즘을 나타내었다. 도 2를 참조하여 상향 에너지 전환 나노입자의 파장전환 원리를 설명하면 다음과 같다.
- [0048] 근적외선의 빛(980nm)을 희토류이온인 Yb^{3+} 가 광자(Photon)를 흡수하여 $^2\text{F}_{7/2}$ 에너지 준위에서 $^2\text{F}_{5/2}$ 로 여기가 된다. 여기된 Yb^{3+} 의 에너지는 이웃한 Er^{3+} 이온으로 전이가 일어나게 되어 Er^{3+} 은 Yb^{3+} 의 광자를 흡수하여 $^4\text{I}_{11/2}$ 로 여기가 되어진다. 이때 $^4\text{I}_{11/2}$ 로 여기 되어진 Er^{3+} 은 다시 한번 Yb^{3+} 의 광자를 흡수하여 $^4\text{F}_{9/2}$ 로 전이가 일어나게 되고 준안정 들뜬 상태인 $^4\text{S}_{3/2}$ 로 비발광전이가 일어나게 된다. 이후 다시 Er^{3+} 은 Yb^{3+} 의 광자를 흡수하여 $^4\text{G}_{11/2}$ 로 최종적인 전이가 일어나게 된다. 여기된 Yb^{3+} 는 비발광전이과정을 통하여 준안정 상태인 $^2\text{H}_{9/2}$, $^2\text{H}_{11/2}$, $^4\text{S}_{3/2}$ 와 $^4\text{F}_{9/2}$ 로 에너지 전이가 일어나게 되면 여기 되어진 Yb^{3+} 는 각각의 준안정상태($^2\text{H}_{9/2} \rightarrow ^4\text{I}_{15/2}(408\text{nm})$, $^2\text{H}_{11/2} \rightarrow ^4\text{I}_{15/2}(523\text{nm})$, $^4\text{S}_{3/2} \rightarrow ^4\text{I}_{15/2}(541\text{nm})$ 와 $^4\text{F}_{9/2} \rightarrow ^4\text{I}_{15/2}(660\text{nm})$)에서 안정된 상태로 전자가 떨어지게 된다. 결과적으로 상향 에너지 전이 나노입자는 근적외선의 빛을 흡수하여 가시광선 빛을 방출하는 파장전환이 가능하다.
- [0049] 상기와 같은 파장전환이 가능한 희토류 이온이 도핑된 상향 에너지 전이 나노입자를 활성층에 도입되게 되면, 근적외선 파장영역의 빛을 가시광선 파장 영역으로 전환시켜 도너 물질이 흡수하지 못했던 근적외선 영역의

태양광까지 흡수할 수 있게 되어 기존의 도너 물질보다 더 많은 광전하를 형성시켜 유기태양전지의 광전환 효율을 증가시킬 수 있다.

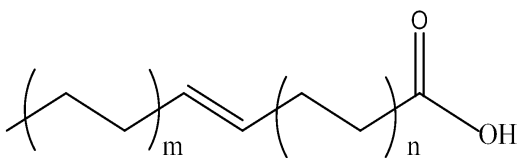
도너와 어셉터 고분자 물질은 충분히 잘 섞여야 하며, 빛을 흡수하여 형성된 P3HT 고분자의 여기자가 확산할 수 있는 거리인 약 10 nm 이내에 도너 고분자와 어셉터 고분자가 위치하여 전하의 분리가 일어나야 한다. 전하 분리시 도너 물질 및 어셉터 물질의 고분자의 결정화도는 정공의 양극으로의 이동 및 전자의 음극으로의 이동에 영향을 미친다. 따라서, 활성층에 본 발명에 따른 희토류 이온이 도핑된 상향 에너지 전이 나노입자를 도입하게 되면 도너와 어셉터 물질 사이의 결정화 정도에 영향을 주게 되어 전하 분리현상이 더욱 활성화되어 유기태양전지의 광전환 효율을 증가시킬 수 있다.

또한, 상기 희토류 이온이 도핑된 상향 에너지 전이 나노입자는 유기태양전지의 활성층뿐만 아니라 정공수송층에도 도입될 수 있다. 상기 상향 에너지 전이 나노입자를 정공수송층에 도입할 경우 정공수송 역할과 더불어 근적외선 태양광을 파장전환 할 수 있는 역할을 수행할 수 있다.

상기 매트릭스에 희토류 이온이 도핑된 상향 에너지 전이 나노입자는 코어-셸(core-shell) 구조를 이룰 수 있다. 상기 코어(core)층의 희토류 이온은 Er^{3+} 및 Tm^{3+} 로 이루어진 군에서 선택된 1종의 활성화 이온 및 Yb^{3+} , Nd^{3+} , Dy^{3+} 및 Sm^{3+} 로 이루어진 군에서 선택된 1종인 Ln^{3+} 를 포함하며, 상기 셸(shell)층의 희토류 이온은 Tm^{3+} , Dy^{3+} 및 Ho^{3+} 로 이루어진 군에서 선택된 1종의 활성화 이온 및 Yb^{3+} , Nd^{3+} , Dy^{3+} 및 Sm^{3+} 로 이루어진 군에서 선택된 1종인 Ln^{3+} 를 포함한다. 코어층의 상향 에너지 나노입에는 그린 영역의 빛으로 파장전환 할 수 있는 활성화 이온을 사용하고, 셸층의 상향 에너지 나노입자에는 블루 영역의 빛으로 파장전환 할 수 있는 활성화 이온을 사용함으로써 파장전환 능력을 향상시킬 수 있다. 도 5에는 상기와 같은 코어-셸 구조의 상향 에너지 전이 나노입자의 구조를 나타내었다.

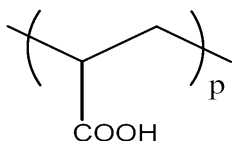
상향 에너지 전이 나노입자는 주변환경으로부터 보호되기 위하여 졸-겔 공정을 거쳐 하기 화학식 1 내지 6으로 표시되는 화합물에서 선택된 1종으로 이루어진 결정체로 둘러싸여 코어-셸(core-shell) 구조를 이룰 수 있다.

[화학식 1]



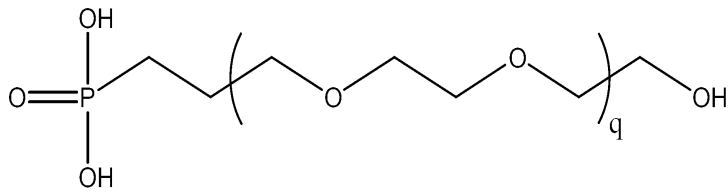
(상기 화학식 1에서 m 및 n 은 각각 1 내지 10의 정수이다.)

[화학식 2]



(상기 화학식 2에서 p 는 1 내지 10의 정수이다.)

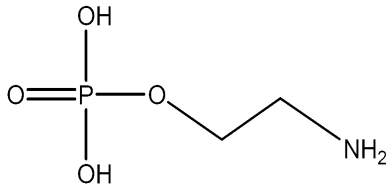
[0060] [화학식 3]



[0061]

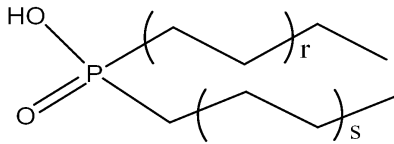
[0062] (상기 화학식 3에서 q는 1 내지 10의 정수이다.)

[0063] [화학식 4]



[0064]

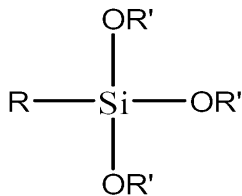
[0065] [화학식 5]



[0066]

[0067] (상기 화학식 5에서 r 및 s는 1 내지 10의 정수이다.)

[0068] [화학식 6]



[0069]

[0070] (상기 화학식 6에서 R은 페닐기 또는 C1~C5의 알킬렌기이고, R'은 C1~C5의 알킬기이다.)

[0071] 도 6에는 졸-겔 공정을 거쳐 화학식 6으로 표시되는 화합물로 둘러싸여 코어-셸 구조를 이루고 있는 상향 에너지 전이 나노입자의 구조를 나타내었다.

[0072] 또한 상향 에너지 전이 나노입자는 표면에 금(Au) 또는 은(Ag)이 담지되어질 수 있다. 표면 플라즈몬(surface plasmon)은 금속박막 표면에서 일어나는 전자들의 집단적 진동을 일컫는다. 이에 의해 발생한 표면 플라즈몬 파는 금속과 유전체의 경계면을 따라 진행되는 표면 전자기파로서, 표면 플라즈몬 현상을 나타내는 금속은 금, 은, 구리, 알루미늄과 같은 외부 자극에 의해 진자의 방출이 쉽고 음의 유전상수를 갖는 금속들이 주로 이용된다. 이 중에서도 발광 파장에 따라 가장 예리한 표면 플라즈몬 공명 피크를 보이는 은(Ag)과 우수한 표면 안정성을 나타내는 금(Au)이 보편적으로 이용되고 있다. 따라서 본 발명에서는 상향 에너지 전이 나노입자 표면에 금(Au) 또는 은(Ag)을 담지함으로써 상기와 같은 표면 플라즈몬 공명현상을 극대화 시키기 위해 상기 상향 에너지 전이 나노입자를 여러자리 리간드(multidentate ligand)로 표면 코팅하여 친수성 성질을 부여한 뒤 금(Au) 또는 은(Ag)을 표면에 담지시킬 수 있다. 여기서 사용되는 여러자리 리간드 (multidentate ligand)로는 폴리아크릴산(polyacrylic acid, PAA), 폴리메틸메타 아크릴레이트(polymethyl methacrylate, PMMA) 및 폴리알릴아민염소산 (poly(allylamine hydrochloride, PAH)으로 이루어진 군에서 선택된 1종을 사용할 수 있다. 도 7에는 표면을 여러자리 리간드로 코팅한 뒤 금(Au) 또는 은(Ag)을 표면에 담지시킨 상향 에너지 전

이 나노입자의 구조를 나타내었다.

[0073] 상기 상향 에너지 전이 나노입자는 필름(film)으로 제작되어 양극과 정공수송층의 층간, 정공수송층과 활성층의 층간, 및 활성층과 음극의 층간 중 어느 한 층간에 포함될 수 있다.

[0074] 이하에서는 실시예를 통하여 본 발명을 더욱 상세히 설명하고자 한다. 다만, 이들 실시예는 오로지 본 발명을 예시하기 위한 것으로서, 본 발명의 범위가 이들 실시예에 의해 제한되는 것으로 해석되지는 않는다 할 것이다.

[0075] **실시예: 희토류 이온이 도핑된 상향 에너지 전이 나노입자 제조**

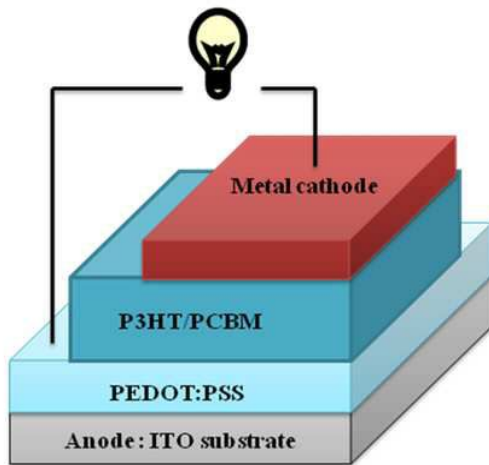
[0076] 상향 에너지 전이 나노입자 제조를 위해 사용된 시약은 모두 시그마-알드리치(Sigma-Aldrich)에서 구입하였다. 글러브 박스(glove box) 안에서 50 mL 3구 플라스크에 YCl_3 (0.8 mmol), $YbCl_3$ (0.18 mmol) 및 $ErCl_3$ (0.02 mmol)를 넣은 뒤 계면활성제로써 올레산(oleic acid) 6 mL와 용매로써 옥타데센(octadecene) 15 mL를 첨가하여 반응용액을 제조하였다. 이 후 질소 대기 하에서 상기 반응용액을 160℃에서 1시간 동안 교반하여 반응시켰다. 반응이 끝난 뒤 가열된 플라스크를 실온(25℃)으로 식힌 뒤 NaOH(2.5 mmol)와 NH_4F (4 mmol)가 용해되어 있는 메탄올을 천천히 첨가하고 실온(25℃)에서 30분간 교반하였다. 이 후 반응용액을 100℃로 가열하여 메탄올을 제거한 뒤 다시 질소 대기 하에서 300℃로 1시간 동안 반응하였다. 반응이 끝난 용액을 물과 에탄올을 이용하여 원심분리기로 용매를 제거해 주는 과정을 3회 이상 반복한 뒤 60℃의 오븐에서 24시간 동안 건조하여 $NaYF_4:Yb,Er$ 나노입자를 제조하였다.

[0077] 도 8의 (a) 및 (b)에는 상기 실시예에서 제조된 $NaYF_4:Yb,Er$ 나노입자를 TEM(Transmission Electron Microscope)으로 측정한 사진, (c)에는 상기 실시예에서 제조된 $NaYF_4:Yb,Er$ 나노입자의 EDAX 분석 결과 및 (d)에는 근적외선 레이저의 여기 하에서 핵산 용액 내에서의 상기 실시예에서 제조된 $NaYF_4:Yb,Er$ 나노입자의 사진을 나타내었다. 도 8의 (d)에서 보여지는 바와 같이 실시예에서 제조된 $NaYF_4:Yb,Er$ 나노입자는 그린 영역의 빛으로 파장전환 하는 것을 확인할 수 있었다.

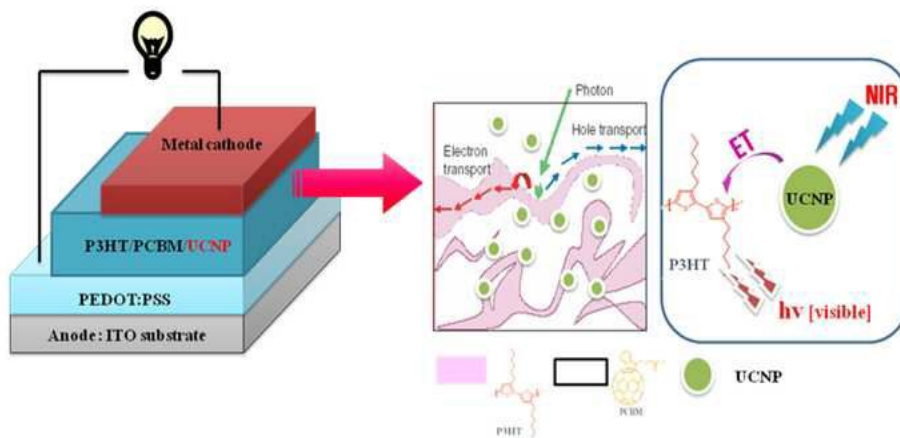
[0078] 이상으로 본 발명 내용의 특정한 부분을 상세히 기술하였는바, 당업계의 통상의 지식을 가진 자에게 있어서, 이러한 구체적 기술은 단지 바람직한 실시 양태일 뿐이며, 이에 의해 본 발명의 범위가 제한되는 것이 아닌 점은 명백할 것이다. 따라서 본 발명의 실질적인 범위는 첨부된 청구항들과 그것들의 등가물에 의하여 정의된다고 할 것이다.

도면

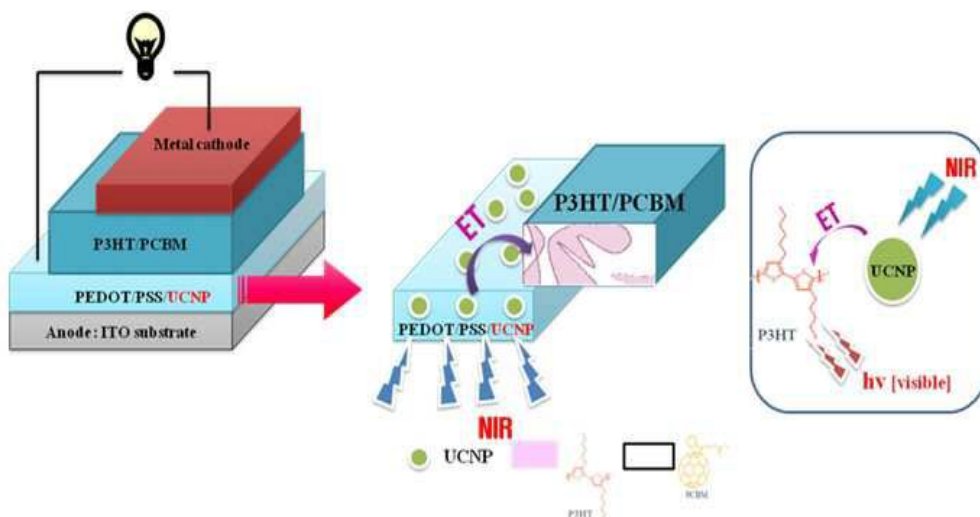
도면1



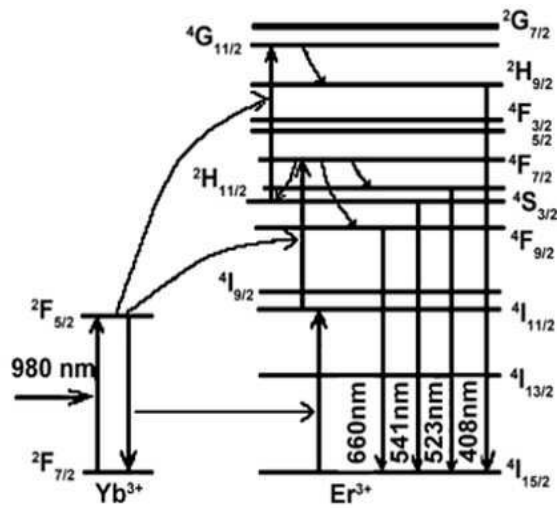
도면2



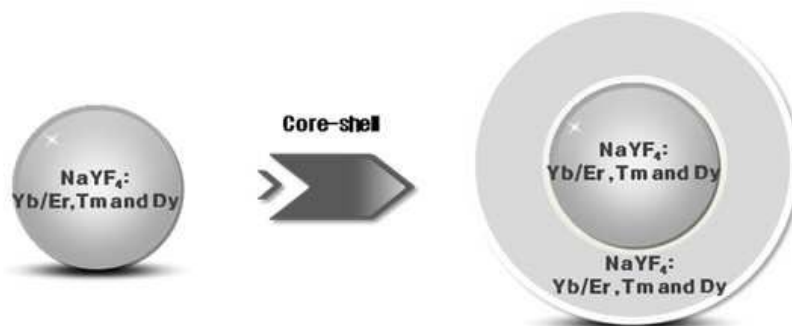
도면3



도면4



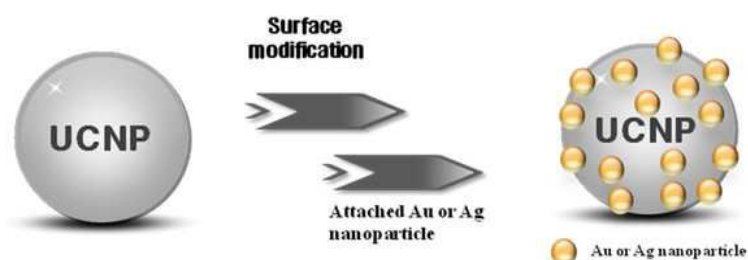
도면5



도면6



도면7



도면8

