



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2017-0098486
(43) 공개일자 2017년08월30일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

C08G 61/12 (2006.01) C09K 11/06 (2006.01)

H01L 51/50 (2006.01) H01L 51/52 (2006.01)

(52) CPC특허분류

C08G 61/126 (2013.01)

C09K 11/06 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2016-0020449

(22) 출원일자 2016년02월22일

심사청구일자 2016년02월22일

(71) 출원인

부경대학교 산학협력단

부산광역시 남구 신선로 365 (용당동,
부경대학교)

(72) 발명자

진영읍

부산광역시 금정구 금강로 503, 206동 2401호(구
서동, 롯데캐슬)

김원준

부산광역시 부산진구 복지로21번길 12, 501호 (개
금동, 청민하이빌)

이지현

부산광역시 금정구 금강로 427-7 (구서동)

(74) 대리인

김정수

전체 청구항 수 : 총 12 항

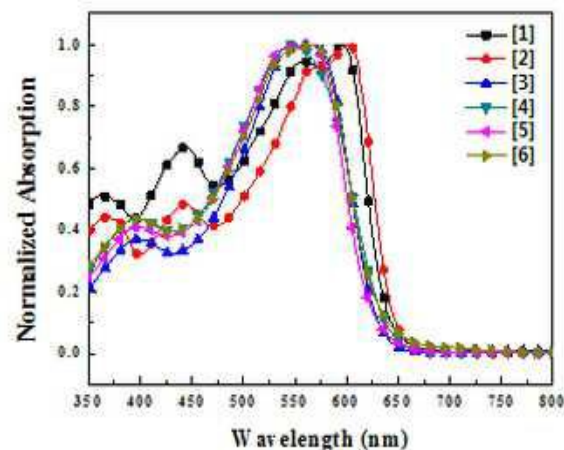
(54) 발명의 명칭 불소기가 도입된 퀴녹살린계 화합물 및 벤조다이싸이오펜계 화합물을 구성단위로 포함하는 고분자 화합물 및 이를 이용한 에너지 변환 소자

(57) 요약

본 발명은 F가 도입된 퀴녹살린계 화합물 및 벤조다이싸이오펜계 화합물을 포함하는 고분자 화합물, 이를 포함하는 유기 발광용 또는 에너지 변환용 조성물, 및 이를 포함하는 유기 발광 소자 및 에너지 변환 소자를 제공한다.

본 발명의 고분자 화합물은 광범위한 파장대의 태양광을 흡수하여 우수한 에너지 변환 소자 효율을 나타내며, 평면도가 높아 상전이가 최소화되는 동시에 정공이동도가 향상되어 유기 용매에 대한 용해도가 우수하고, 높은 열적 안정성을 나타내어 향상된 가공성을 가진다.

대표도 - 도3



(52) CPC특허분류

H01L 51/5012 (2013.01)
H01L 51/5056 (2013.01)
H01L 51/5203 (2013.01)
C08G 2261/12 (2013.01)
C08G 2261/15 (2013.01)
C08G 2261/314 (2013.01)
C09K 2211/1483 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	-
부처명	부산광역시
연구관리전문기관	부산광역시 연구개발과
연구사업명	BB21
연구과제명	그린에너지 소재 및 공정개발 인력양성
기 여 율	1/1
주관기관	부경대학교
연구기간	2013.06.01 ~ 2017.12.31

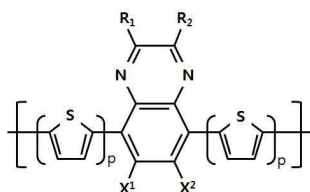
명세서

청구범위

청구항 1

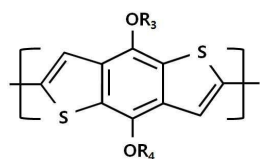
하기 화학식 1로 표시되는 퀴놀살린계 화합물 및 하기 화학식 a로 표시되는 벤조다이싸이오펜계 화합물을 구성 단위로 포함하는 고분자 화합물.

[화학식 1]



(상기 식에서 R_1 및 R_2 는 독립적으로 탄소수 1 내지 20인 알킬기이고, X^1 및 X^2 는 독립적으로 H 또는 F이며, 이들 중 적어도 하나는 F이고, p 는 0 또는 1이다)

[화학식 a]



(상기 식에서 R_3 및 R_4 는 독립적으로 탄소수 1 내지 20인 알킬기이다).

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 p 가 0인 것을 특징으로 하는 고분자 화합물.

청구항 3

제2항에 있어서, R_1 및 R_2 는 독립적으로 탄소수 7 내지 20인 알킬기이고, R_3 및 R_4 는 독립적으로 탄소수 4 내지 20인 알킬기인 것을 특징으로 하는 고분자 화합물.

청구항 4

제1항에 있어서, 상기 p 가 1인 것을 특징으로 하는 고분자 화합물.

청구항 5

제4항에 있어서, R_1 및 R_2 는 독립적으로 탄소수 4 내지 20인 알킬기이고, R_3 및 R_4 는 독립적으로 탄소수 4 내지 20인 알킬기인 것(R_1 및 R_2 가 탄소수 6인 알킬기이고, R_3 및 R_4 가 탄소수 8인 알킬기인 경우는 제외함)을 특징으로 하는 고분자 화합물.

청구항 6

제1항에 있어서, 상기 화학식 1로 표시되는 퀴놀살린계 화합물 및 상기 화학식 a로 표시되는 벤조다이싸이오펜계 화합물이 1:1의 몰 비로 중합되어 얻어지는 것을 특징으로 하는 고분자 화합물.

청구항 7

제1항에 있어서, 상기 고분자 화합물이 5,000 내지 200,000 Dalton의 질량평균분자량을 가지는 것을 특징으로 하는 고분자 화합물.

청구항 8

제1항 내지 제7항 중 어느 한 항의 고분자 화합물을 포함하는 유기 발광용 조성물.

청구항 9

제1항 내지 제7항 중 어느 한 항의 고분자 화합물을 포함하는 에너지 변환용 조성물.

청구항 10

한쌍의 전극과, 상기 전극 사이에 적어도 1층의 활성층을 가지며, 상기 활성층에 제1항 내지 제7항 중 어느 한 항의 고분자 화합물을 포함하는 유기 발광 소자.

청구항 11

기관;

상기 기관 상부에 형성되는 반투명 전극;

상기 반투명 전극 상부에 형성되는 정공 수송층;

상기 정공 수송층 상부에 형성되는, 제1항 내지 제7항 중 어느 한 항의 고분자 화합물을 포함하는 유기 반도체층; 및

상기 유기 반도체층 상부에 형성되는 금속 전극

을 포함하는 에너지 변환 소자.

청구항 12

제11항에 있어서, 상기 기관이 유리 또는 플라스틱인 것을 특징으로 하는 에너지 변환 소자.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 불소기(F)가 도입된 퀴놀살린계 화합물 및 벤조다이싸이오펜계 화합물을 구성 단위로 포함하는 고분자 화합물 및 이를 이용한 에너지 변환 소자에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 F가 도입된 퀴놀살린계 화합물 및 벤조다이싸이오펜계 화합물을 중합하여 얻어진 고분자 화합물 및 이를 이용한 에너지 변환 소자에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 유기 태양 전지는 단순한 소자 구조로 이루어져 있으며, 저온 상압의 간단한 인쇄 공정으로 제조가 가능하고, 무기계 태양 전지에 비하여 에너지 소모가 적어 이산화탄소 저감에 기여하는 장점이 있다.

[0003] 상기 유기 태양 전지의 활성층에 사용되는 고분자 화합물은 평면구조의 분자이며, 낮은 밴드갭을 가질 경우 넓은 태양광 스펙트럼(solar spectrum) 범위에서 강한 광 흡수(absorption)가 가능하여 유기 태양 전지의 성능을 개선시킬 수 있다. 따라서, 상기과 같은 특성을 가지는 고분자 화합물을 얻기 위하여 방향족 헥테로 사이클 구조를 갖는 퀴놀살린에 관한 연구가 진행되어 왔다.

[0004] 일례로, 특허문헌 1은 퀴놀살린 유도체 및 퀴놀살린 유도체를 사용한 발광소자, 발광장치 및 전가 기기에 관한 것으로, 수소 원자, 할로젠 원자, 메틸기, 에틸기, 프로필기 또는 비닐기 등의 여러 작용기를 치환한 퀴놀살린과 이를 이용한 발광소자, 발광장치 및 전자 기기에 관한 기술내용이 개시된 바 있다.

[0005] 그러나, 상기과 같은 퀴놀살린과 벤조다이싸이오펜을 중합하여 높은 평면성, 정공이동도 및 용해도가 향상된 고분자 화합물에 관한 기술내용은 개시된 바가 없어, 이에 관한 연구가 필요한 실정이다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0006] (특허문헌 0001) 한국공개특허 제10-2014-0119805호 (2014.10.10.)
 (특허문헌 0002) 한국공개특허 제10-2015-0031193호 (2015.03.23.)
 (특허문헌 0003) 한국공개특허 제10-2015-0043259호 (2015.04.22.)
 (특허문헌 0004) 한국공개특허 제10-2015-0097814호 (2015.08.26.)

발명의 내용

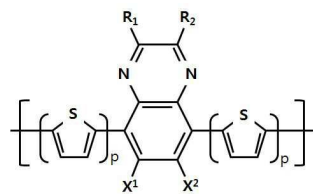
해결하려는 과제

- [0007] 본 발명의 발명자들은 유기 발광 소자 또는 에너지 변환 소자에 사용되는 유기 고분자 화합물에 대하여 연구하던 중, F가 도입된 퀴놀살린계 화합물 및 벤조다이싸이오펜계 화합물을 구성단위로 포함하는 고분자 화합물이 유기 용매에 대한 용해도가 높고, 향상된 가공성 및 우수한 광전 효율 등의 특성을 나타냄으로써 유기 발광 소자 또는 에너지 변환 소자 등의 제조를 위해 유용하게 사용될 수 있다는 것을 발견하였다.
- [0008] 따라서, 본 발명은 F가 도입된 퀴놀살린계 화합물 및 벤조다이싸이오펜계 화합물을 구성단위로 포함하는 고분자 화합물, 이를 포함하는 유기 발광용 및 에너지 변환용 조성물, 및 이를 포함하는 유기 발광 소자 및 에너지 변환 소자를 제공하는 것을 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

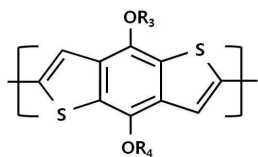
- [0009] 본 발명의 일 태양에 따라, 하기 화학식 1로 표시되는 퀴놀살린계 화합물 및 하기 화학식 a로 표시되는 벤조다이싸이오펜계 화합물을 구성단위로 포함하는 고분자 화합물을 제공한다.

- [0010] [화학식 1]



- [0011]
- [0012] (상기 식에서 R₁ 및 R₂는 독립적으로 탄소수 1 내지 20인 알킬기이고, X¹ 및 X²는 독립적으로 H 또는 F이며, 이들 중 적어도 하나는 F이고, p는 0 또는 1이다)

- [0013] [화학식 a]



- [0014]
- [0015] (상기 식에서 R₃ 및 R₄는 독립적으로 탄소수 1 내지 20인 알킬기이다).
- [0016] 일 구현예에서, 상기 p는 0일 수 있으며, R₁ 및 R₂는 독립적으로 탄소수 7 내지 20인 알킬기이고, R₃ 및 R₄는 독립적으로 탄소수 4 내지 20인 알킬기일 수 있다.
- [0017] 일 구현예에서, 상기 p는 1일 수 있으며, R₁ 및 R₂는 독립적으로 탄소수 4 내지 20인 알킬기이고, R₃ 및 R₄는 독립적으로 탄소수 4 내지 20인 알킬기(R₁ 및 R₂가 탄소수 6인 알킬기이고, R₃ 및 R₄가 탄소수 8인 알킬기인 경우는 제외함)일 수 있다.

- [0018] 일 구현예에서, 상기 고분자 화합물은 상기 화학식 1로 표시되는 퀴녹살린계 화합물 및 상기 화학식 a로 표시되는 벤조다이싸이오펜계 화합물이 1:1의 몰 비로 중합되어 얻어질 수 있다.
- [0019] 일 구현예에서, 상기 고분자 화합물은 5,000 내지 200,000 Dalton의 질량평균분자량을 가질 수 있다.
- [0020] 또한, 본 발명의 일 태양에 따라, 상기 고분자 화합물을 포함하는 유기 발광용 조성물이 제공된다. 또한, 상기 고분자 화합물을 포함하는 에너지 변환용 조성물이 제공된다.
- [0021] 또한, 본 발명의 일 태양에 따라, 한쌍의 전극과, 상기 전극 사이에 적어도 1층의 활성층을 가지며, 상기 활성층에 제1항 내지 제3항 중 어느 한 항의 고분자 화합물을 포함하는 유기 발광 소자가 제공된다.
- [0022] 본 발명의 일 태양에 따라, 기관; 상기 기관 상부에 형성되는 반투명 전극; 상기 반투명 전극 상부에 형성되는 정공 수송층; 상기 정공 수송층 상부에 형성되는, 상기 고분자 화합물을 포함하는 유기 반도체층; 및 상기 유기 반도체층 상부에 형성되는 금속 전극을 포함하는 에너지 변화소자가 제공된다.
- [0023] 일 구현예에서, 상기 기관은 유리 또는 플라스틱일 수 있다.

발명의 효과

- [0024] 본 발명에 따른 고분자 화합물은, F가 도입된 퀴녹살린계 화합물 및 벤조다이싸이오펜계 화합물을 중합하여 제조한 것으로, 에너지 밴드갭이 낮아 광범위한 파장대의 태양광을 흡수하여 우수한 에너지 변환 소자 효율(광전 효율)을 나타낸다.
- [0025] 또한, 가공성이 우수할 뿐만 아니라, 공기, 빛 및 전기적인 자극 등의 외부 자극에 대하여도 안정하므로 구부림이 가능한 플렉서블 에너지 변환 소자의 제조에 활용할 수 있다.

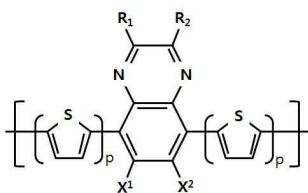
도면의 간단한 설명

- [0026] 도 1은 본 발명의 고분자 화합물을 이용하여 제조된 에너지 변환 소자의 단면도이다.
- 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 화합물 [1] ~ [6]의 온도(Temperature, °C)에 따른 중량%(Weight, %)을 측정하여 나타낸 그래프이다.
- 도 3은 본 발명의 실시예에 따른 화합물 [1] ~ [6]의 파장(Wavelength, nm)에 따른 용액상태의 흡광도(Normalized Absorbance, A.U)를 나타낸 스펙트럼이다.
- 도 4는 본 발명의 실시예에 따른 화합물 [1] ~ [6]의 파장(Wavelength, nm)에 따른 필름상태의 흡광도(Normalized Absorbance, A.U)를 나타낸 스펙트럼이다.
- 도 5는 본 발명의 실시예에 따른 화합물 [1] ~ [6]의 전압(Voltage, V)에 따른 전류(Current, mA)를 나타낸 그래프이다.
- 도 6은 본 발명의 실시예에 따른 화합물 [1] ~ [6]를 이용한 전류-전압 특성을 나타낸 그래프이다.
- 도 7은 본 발명의 실시예 및 비교예에 따른 화합물 [3] 및 화합물 [7]의 전류-전압 특성을 비교한 결과를 나타낸 그래프 및 표이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0027] 본 발명은 하기 화학식 1로 표시되는 퀴녹살린계 화합물 및 하기 화학식 a로 표시되는 벤조다이싸이오펜계 화합물을 구성단위로 포함하는 고분자 화합물을 제공한다.

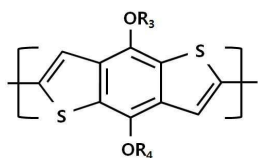
- [0028] [화학식 1]



- [0029]

[0030] (상기 식에서 R_1 및 R_2 는 독립적으로 탄소수 1 내지 20인 알킬기이고, X^1 및 X^2 는 독립적으로 H 또는 F이며, 이들 중 적어도 하나는 F이고, p는 0 또는 1이다)

[0031] [화학식 a]



[0032]

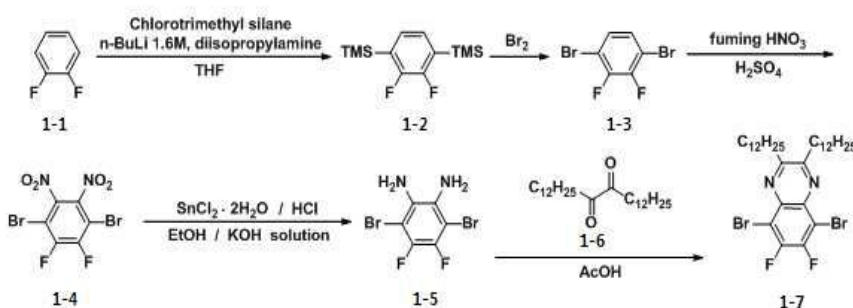
[0033] (상기 식에서 R_3 및 R_4 는 독립적으로 탄소수 1 내지 20인 알킬기이다).

[0034] 상기 F가 도입된 퀴놀살린계 화합물은 F에 의해 입체 상호작용이 최소화됨으로써 후술할 고분자 화합물 골격구조에 평탄화를 이끄는 효과를 나타낼 수 있다.

[0035] 본 발명의 일 구현예에서 상기 p는 0일 수 있으며, 상기 R_1 및 R_2 는 독립적으로 탄소수 7 내지 20인 알킬기이고, R_3 및 R_4 는 독립적으로 탄소수 4 내지 20인 알킬기일 수 있다.

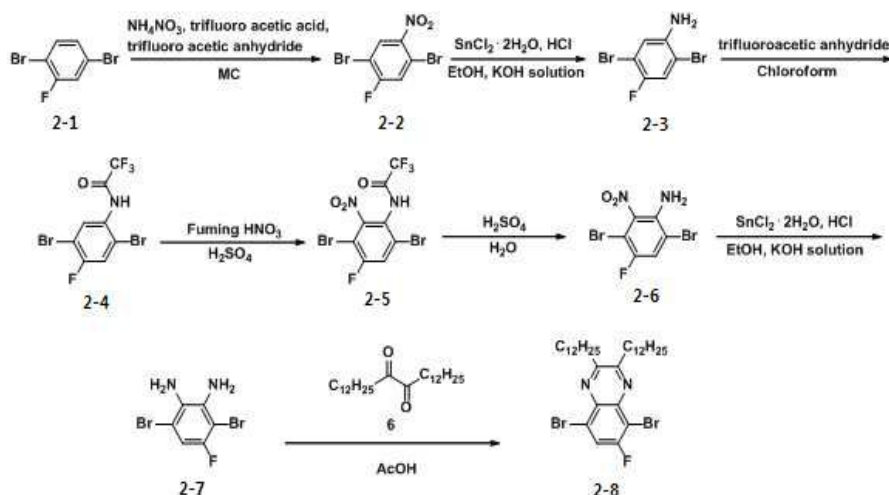
[0036] 상기와 같이 p가 0일 경우에, 예를 들어, 하기 반응식 1-1, 반응식 2-1과 같은 방법으로 F가 도입된 퀴놀살린 화합물을 제조할 수 있다.

[0037] [반응식 1-1]



[0038]

[0039] [반응식 2-1]



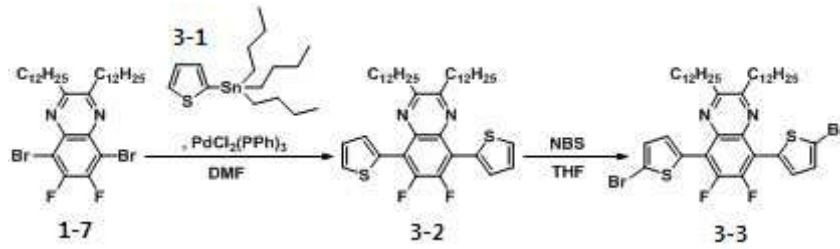
[0040]

[0041] 또한, 본 발명의 일 구현예에서 상기 p는 1일 수 있으며, 상기 R_1 및 R_2 는 독립적으로 탄소수 4 내지 20인 알킬기이고, R_3 및 R_4 는 독립적으로 탄소수 4 내지 20인 알킬기일 수 있다. 여기서, R_1 및 R_2 가 탄소수 6인 알킬기이고, R_3 및 R_4 가 탄소수 8인 알킬기인 경우는 제외한다.

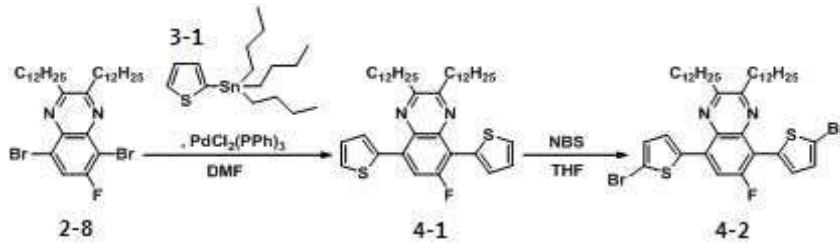
[0042] 상기와 같이 p가 1일 경우에는, 하기 반응식 3-1, 반응식 4-1 및 반응식 5-1과 같은 방법으로 F가 도입된 퀴놀

살린 화합물을 제조할 수 있다.

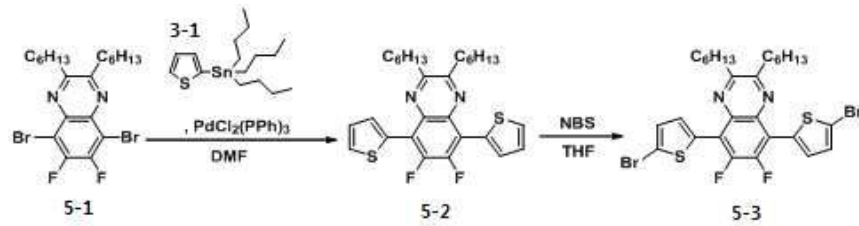
[반응식 3-1]



[반응식 4-1]



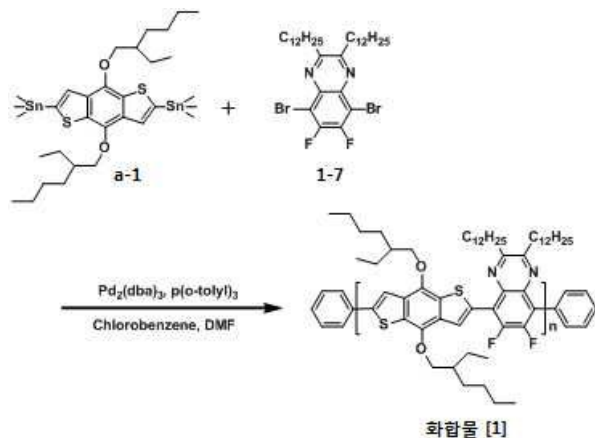
[반응식 5-1]



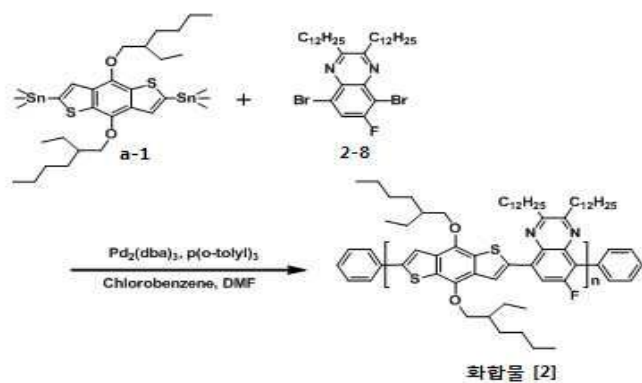
한편, 상기 벤조다이싸이오펜은 사이드 체인에 의해 평면성이 높아 후술할 고분자 화합물의 골격구조에 평탄화를 이끄는 효과를 나타낼 수 있으며, 파이-파이 쌓임에 의해 정공이동도가 높아 후술할 고분자 화합물의 유기 용매에 대한 용해도를 향상시켜 본 발명의 고분자 화합물에 포함시킬 수 있다.

본 발명에 따른 고분자 화합물은 종래에 알려진 통상의 방법을 이용하여 합성될 수 있으며, 바람직하게는 상기 F가 도입된 퀴놀살린 화합물과 상기 벤조다이싸이오펜 화합물의 중합에 의해 합성될 수 있다. 구체적인 예를 들어, 하기 반응식 1-2, 반응식 2-2, 반응식 3-2, 반응식 4-2, 반응식 5-2 및 반응식 6과 같이 반응시켜 본 발명의 고분자 화합물을 제조할 수 있다.

[반응식 1-2]

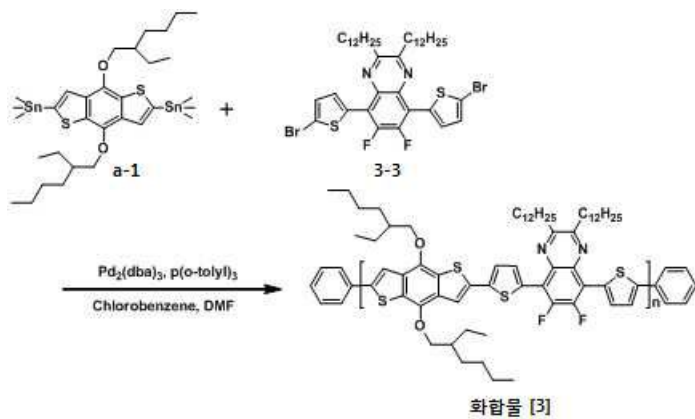


[0053] [반응식 2-2]



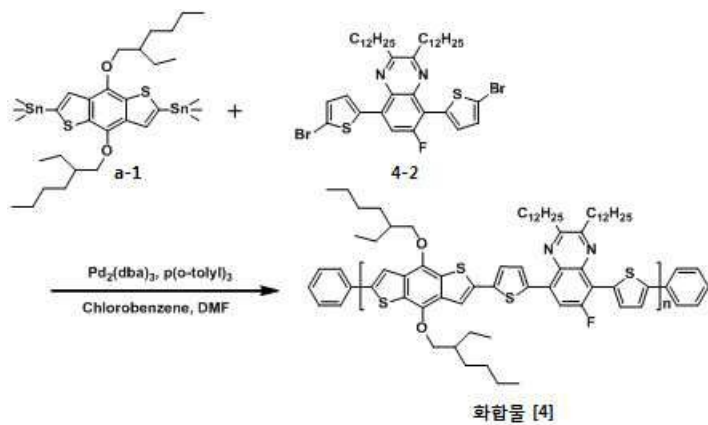
[0054]

[0055] [반응식 3-2]



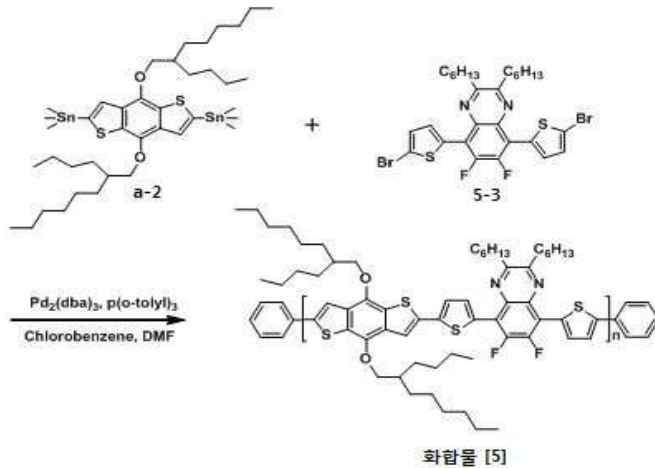
[0056]

[0057] [반응식 4-2]



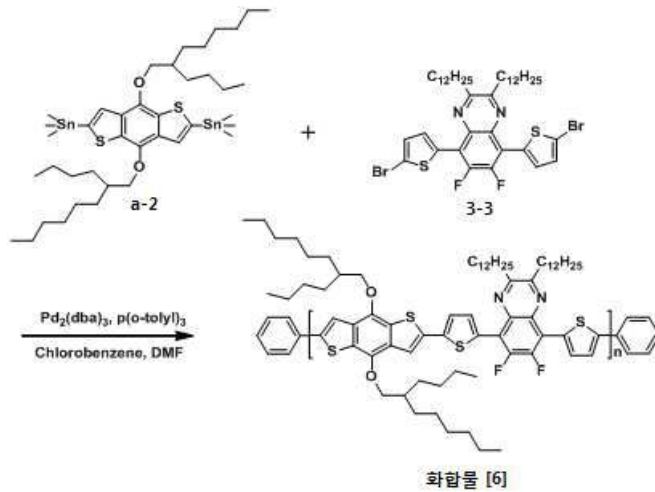
[0058]

[0059] [반응식 5-2]



[0060]

[0061] [반응식 6]



[0062]

[0063] 또한, 상기 고분자 화합물은 상기 화학식 1로 표시되는 F가 도입된 퀴녹살린계 화합물 및 상기 화학식 a로 표시되는 벤조다이싸이오펜계 화합물이 1:1의 몰 비로 중합되어 얻어질 수 있다.

[0064] 또한, 상기 고분자 화합물은 광 에너지 변환 소자에 적합한 물성 구현이 용이하고 광전 효율이 우수한 효과가 있도록, 바람직하게는 5,000 내지 200,000 Dalton, 보다 바람직하게는 40,000 내지 100,000 Dalton의 질량평균 분자량을 가질 수 있도록 중합시킬 수 있다.

[0065] 본 발명의 고분자 화합물은 F가 도입된 퀴녹살린 및 벤조다이싸이오펜의 특성을 동시에 가져 광범위한 파장대의 태양광을 흡수하여 우수한 에너지 변환 소자 효율을 나타내며, 평면도가 높아 상전이가 최소화되는 동시에 높은 정공이동도를 가져 유기 용매에 대한 용해도가 우수하고 높은 열적 안정성을 나타낸다.

[0066] 본 발명은 상기 고분자 화합물을 포함하는 유기 발광용 조성물을 제공한다. 또한, 상기 고분자 화합물을 포함하는 에너지 변환용 조성물을 제공한다.

[0067] 상기 고분자 화합물에 소포제, 레벨링제, 습윤제, 증점제, 살균제 등의 첨가제를 첨가하여 유기 발광용 조성물 및 에너지 변환용 조성물을 제조할 수 있다.

[0068] 또한, 본 발명은 한쌍의 전극과, 상기 전극 사이에 적어도 1층의 활성층을 가지며, 상기 활성층에 상기 고분자 화합물을 포함하는 유기 발광 소자를 제공한다.

[0069] 또한, 상기 에너지 변환용 조성물을 이용한 에너지 변환 소자는, 기판; 상기 기판 상부에 형성되는 반투명 전극; 상기 반투명 전극 상부에 형성되는 정공 수송층; 상기 정공 수송층 상부에 형성되는, 상기 고분자 화합물을 포함하는 유기 반도체층; 및 상기 유기 반도체층 상부에 형성되는 금속 전극이 순차적으로 구비된 구조를 가

질 수 있다.

[0070] 상기 기판은 통상적으로 사용되는 소재의 기판을 사용할 수 있으며, 바람직하게는 광 투과율이 높은 유리 또는 플라스틱일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.

[0071] 따라서, 본 발명의 고분자 화합물을 이용하여 유기 발광 소자 또는 에너지 변환 소자를 제조할 경우에는 향상된 가공성에 의하여 제조 공정을 용이하게 수행할 수 있을 뿐만 아니라, 구부림이 가능한 플렉서블 에너지 변환 소자를 제조할 수 있으며, 공기, 빛 또는 전기적인 자극 등의 외부 자극에 대하여도 안정한 에너지 변환 소자를 제조할 수 있다.

[0072] 이하, 본 발명을 실시예 및 시험예를 통하여 더욱 상세히 설명한다. 그러나, 하기 실시예 및 시험예는 본 발명을 예시하기 위한 것으로, 본 발명의 범위가 이에 제한되는 것은 아니다.

[0073] **실시예 1. 폴리[5-(4,8-비스((2-에틸헥실)옥시)벤조[1,2-b:4,5-b']다이싸이오펜)-alt-2,3-다이도데실-6,7-다이플로로퀴녹살린](화합물 [1])의 제조**

[0074] **(1) 5,8-다이브로모-6,7-다이플로로-2,3-다이도데실퀴녹살린(화학식 1-7)의 합성**

[0075] 다이 이소프로필 아민 27 ml (192 mmol)과 80 ml 테트라하이드로퓨란 용매를 -78 °C에서 아르곤 상태하에서 교반하고, 1.6 M n-부틸리튬 120 ml (192 mmol)을 천천히 첨가하였다. 30분 후 1,2-다이플로로벤젠 7.5 ml (77 mmol)와 클로로트리메틸실란 24 ml (192 mmol)을 첨가하였다. 1시간 동안 -78 °C에서 교반한 후 다이에틸 이써로 추출하여 얻어진 유기물(화학식 1-2)에 99%의 브롬(Br₂) 15 ml (288 mmol)을 넣고 58 °C에서 환류시켰다. 다이에틸 이써로 추출한 유기물(화학식 1-3) 17.6 g을 12 N 질산(HNO₃) 88 ml 및 진한 황산(H₂SO₄) 88 ml과 함께 65 °C에서 14시간 동안 교반한 후, 여과하여 유기물(화학식 1-4)을 얻었다. 이 유기물(화학식 1-4) 6.3 g을 에탄올 100 ml과 12 N 염산(HCl) 60 ml에 녹여 교반한 후 염화주석(SnCl₂ · 2H₂O) 40 g을 첨가하여 1시간 동안 환류시켜 아민(화합물 1-5)을 합성하였다. 상기과 같이 합성한 3,6-다이브로모-4,5-다이플로로벤젠-1,2-다이아민(화합물 1-5) 4.6 g과 헥사코산-13,14-다이온 7.2 g을 아세트 엑시드 용액 70 ml에 녹여 12시간 동안 환류시켜, 유기 용매로 추출한 유기물을 컬럼크로마토그래피로 분리하여 5,8-다이브로모-6,7-다이플로로-2,3-다이도데실퀴녹살린(화학식 1-7)을 얻었으며, 얻어진 화합물은 흰색 고체였다.

[0076] ¹H NMR (CDCl₃, 400MHz, δ) : 3.03(t, 4H, J=7.66Hz), 1.88(m, 4H, J=7.52Hz), 1.24-1.44(m, 36H), 0.86(t, 6H, J=6.84Hz)

[0077] **(2) 폴리[5-(4,8-비스((2-에틸헥실)옥시)벤조[1,2-b:4,5-b']다이싸이오펜)-alt-2,3-다이도데실-6,7-다이플로로퀴녹살린](화합물 [1])의 합성**

[0078] 정제된 5,8-다이브로모-2,3-다이도데실-6,7-다이플로로퀴녹살린(화학식 1-7) 0.54 g과 (4,8-비스((2-에틸헥실)옥시)벤조[1,2-b:4,5-b']다이싸이오펜-2,6-다이)비스(트리메틸탄)(화학식 a-1) 0.46 g을 P(o-tolyl)₃ 및 Pd₂(dba)₃을 이용하여 클로로벤젠 8 ml 과 N,N'-다이메틸포마이드 2 ml 용매 하에서 약 48시간 동안 중합하여 폴리[5-(4,8-비스((2-에틸헥실)옥시)벤조[1,2-b:4,5-b']다이싸이오펜)-alt-2,3-다이도데실-6,7-다이플로로퀴녹살린](화합물 [1])을 얻었다.

[0079] **실시예 2. 폴리[5-(4,8-비스((2-에틸헥실)옥시)벤조[1,2-b:4,5-b']다이싸이오펜)-alt-2,3-다이도데실-7-플로로퀴녹살린](화합물 [2])의 제조**

[0080] **(1) 5,8-다이브로모-2,3-다이도데실-6-플로로퀴녹살린(화학식 2-8)의 합성**

[0081] 1,4-다이브로모-2-플로로벤젠 5 g(화학식 2-1) (19.7 mmol)을 다이클로로메탄 16 ml에 녹인 후, 0 °C에서 트리플루오로아세트산(trifluoroacetic acid) (8 ml), 트리플루오로아세트 무수물(trifluoroacetic anhydride) (16 ml)와 질산암모늄(NH₄NO₃) 2 g (25 mmol)을 첨가하였다. 상온에서 하루동안 교반한 후, 다이클로로메탄으로 추출한 유기물(화학식 2-2) 5 g (16.7 mmol)을 에탄올 16 ml와 진한 염산 14 ml에 녹인 후 염화주석(SnCl₂ · 2H₂O) 20 g (88 mmol)을 첨가하여 1시간 동안 환류(reflux)시켰다. 상기과 같이하여 얻은 유기물(화학식 2-3)을 클로로포름 250 ml에 녹인 후, 여기에 트리플루오로아세트 무수물 19 ml를 서서히 첨가하여 2시간 동안 교반시키고 용매 제거 후 컬럼크로마토그래피를 통하여 노란색 고체(화학식 2-4)를 얻었다. 22 N 질산 20 ml과 진한 황산 40 ml을 유기물(화학식 2-4) 3.8 g (9.3 mmol)에 -10 °C에서 천천히 첨가하여 2시간 동안 교반 한 후 컬럼을 통

해 흰색 고체(화학식 2-5)를 얻었다. 상기와 같이하여 얻은 유기물(화학식 2-5) 2 g (4.9 mmol)를 36 N 황산 15 ml와 물(H₂O) 50 ml와 함께 3시간 동안 환류시키고 에틸아세테이트로 추출한 후 용매를 제거하여 유기물(화학식 2-6)을 얻었다. 상기 유기물(화학식 2-6) 1.2 g (3.8 mmol)을 에탄올 15 ml, 진한 염산 10 ml에 녹인 후 염화주석(SnCl₂ · 2H₂O) 6 g (26 mmol)을 첨가하여 1시간 동안 환류시킨 후 상온에서 12시간 동안 교반하였다. 상기와 같이 합성한 2,5-다이브로모-4-플로로-5,6-벤젠다이아민(화학식 2-7) 1.4 g (4.9 mmol)과 헥사코산-13,14-다이온 2.32 g (5.9 mmol)을 아세트산(acetic acid) 60 ml에 녹여 12시간 동안 환류시켰다. 유기 용매로 추출한 후 유기물을 컬럼크로마토그래피로 분리하여 5,8-다이브로모-2,3-다이도데실-6-플로로퀴놀살린(화학식 2-8)을 얻었다. 얻어진 화합물은 흰색 고체였다.

[0082] ¹H NMR (CDCl₃, 400MHz, δ) : 7.80(d, 1H, J=8.08Hz), 3.04(m, 4H), 1.88(m, 4H), 1.24-1.45(m, 36H), 0.86(t, 6H, J=6.84Hz)

[0083] (2) 폴리[5-(4,8-비스((2-에틸헥실)옥시)벤조[1,2-b:4,5-b']다이싸이오펜)-alt-2,3-다이도데실-7-플로로퀴놀살린](화합물 [2])의 합성

[0084] 정제된 5,8-다이브로모-2,3-다이도데실-6-플로로퀴놀살린(화학식 2-8) 0.32 g 과 (4,8-비스((2-에틸헥실)옥시)벤조[1,2-b:4,5-b']다이싸이오펜-2,6-다일)비스(트리메틸틴)(화학식 a-1) 0.39 g을 P(o-tolyl)₃ 및 Pd₂(dba)₃을 이용하여 클로로벤젠 8 ml과 N,N'-다이메틸포마이드 2 ml 용매 하에서 약 48시간 동안 중합하여 폴리[5-(4,8-비스((2-에틸헥실)옥시)벤조[1,2-b:4,5-b']다이싸이오펜)-alt-2,3-다이도데실-7-플로로퀴놀살린](화합물 [2])을 얻었다.

[0085] 실시예 3. 폴리 [5-(5-(4,8-비스((2-에틸헥실)옥시)벤조[1,2-b:4,5-b']다이싸이오펜-2-일)싸이오펜)-alt-2,3-다이도데실-6,7-다이플로로-8-(싸이오펜-2-일)퀴놀살린](화합물 [3])의 제조

[0086] (1) 5,8-비스(5-브로모싸이오펜-2-일)-2,3-다이도데실-6,7-다이플로로퀴놀살린(화학식 3-3)의 합성

[0087] 5,8-다이브로모-6,7-다이플로로-2,3-다이도데실퀴놀살린(화학식 1-7) 2.5 g (3.8 mmol)과 2-트리부틸스테닐싸이오펜 4.23 g (11.4 mmol)을 60 ml의 N,N'-다이메틸포마이드에 녹인 후, 비스(트리페닐포스핀)팔라듐(II)다이클로라이드 (PdCl₂(PPh₃)₂) 81 mg (0.11 mmol)을 첨가하여 85-90 °C에서 하루동안 교반하였다. 다이클로로메탄으로 추출 후 재결정하여 노란색 고체(화학식 3-2)를 얻었다. 얻어진 유기물 2 g (3.0 mmol)을 테트라하이드로퓨란 50 ml에 상온에서 녹인 후 아르곤 상태하에 교반하고 1.1 g (6.0 mmol)의 NBS를 첨가하였다. 18시간 동안 상온에서 교반한 후 용매를 제거한 후 물과 에틸에테르를 이용하여 추출한 뒤 컬럼크로마토그래피와 재결정을 통해 오렌지색 고체 타입의 화합물(화학식 3-3)을 얻었다.

[0088] ¹H NMR (CDCl₃, 400MHz, δ) : 7.75(d, 2H, J=4.00Hz), 7.14(d, 2H, J=4.04Hz), 3.08(t, 4H, J=7.66Hz), 1.97(m, 4H, J=7.46Hz), 1.23-1.46(m, 36H), 0.85(t, 6H, J=6.84Hz)

[0089] (2) 폴리 [5-(5-(4,8-비스((2-에틸헥실)옥시)벤조[1,2-b:4,5-b']다이싸이오펜-2-일)싸이오펜)-alt-2,3-다이도데실-6,7-다이플로로-8-(싸이오펜-2-일)퀴놀살린](화합물 [3])의 합성

[0090] 정제된 5,8-비스(5-브로모싸이오펜-2-일)-2,3-다이도데실-6,7-다이플로로퀴놀살린(화학식 3-3) 0.58 g과 (4,8-비스((2-에틸헥실)옥시)벤조[1,2-b:4,5-b']다이싸이오펜-2,6-다일)비스(트리메틸틴)(화학식 a-1) 0.54 g을 P(o-tolyl)₃ 및 Pd₂(dba)₃을 이용하여 클로로벤젠 8 ml과 N,N'-다이메틸포마이드 2 ml용매 하에서 약 48시간 동안 중합하여 폴리 [5-(5-(4,8-비스((2-에틸헥실)옥시)벤조[1,2-b:4,5-b']다이싸이오펜-2-일)싸이오펜)-alt-2,3-다이도데실-6,7-다이플로로-8-(싸이오펜-2-일)퀴놀살린](화합물 [3])을 얻었다.

[0091] 실시예 4. 폴리[8-(5-(4,8-비스((2-에틸헥실)옥시)벤조[1,2-b:4,5-b']다이싸이오펜-2-일)싸이오펜)-alt-2,3-다이도데실-6-플로로-5-(싸이오펜-2-일)퀴놀살린](화합물 [4])의 제조

[0092] (1) 5,8-비스(5-브로모싸이오펜-2-일)-2,3-다이도데실-6-플로로퀴놀살린 (화학식 4-2) 의 합성

[0093] 5,8-다이브로모-2,3-다이도데실-6-플로로퀴놀살린 (화학식 15) 3.7 g (5.7 mmol)과 2-트리부틸스테닐싸이오펜 6.4 g (17.2 mmol)을 70 ml의 N,N'-다이메틸포마이드에 녹인 후, 비스(트리페닐포스핀)팔라듐(II)다이클로라이드(PdCl₂(PPh₃)₂) 120 mg (0.17 mmol)을 첨가하여 85-90 °C에서 하루동안 교반하였다. 다이클로로메탄으로 추출 후 재결정하여 노란색 고체(화학식 4-1)를 얻었다. 얻어진 유기물 2.5g (3.85 mmol)을 테트라하이드로퓨란 45

ml에 상온에서 녹인 후 아르곤 상태하에 교반하고 1.2 g (7.7 mmol)의 NBS를 첨가하였다. 18시간 동안 상온에서 교반한 후 용매를 제거한 후 물과 에틸에테르를 이용하여 추출한 뒤 컬럼크로마토그래피와 재결정을 통해 오렌지색 고체 타입의 화합물(화학식 4-2)을 얻었다.

[0094] ^1H NMR (CDCl_3 , 400MHz, δ) : 7.80(d, 1H, J=13.72Hz), 7.72(m, 1H), 7.49(d, 1H, J=4.04Hz), 7.10(m, 2H, J=4.03), 3.07(m, 4H), 1.98(m, 4H), 1.24-1.44(m, 36H), 0.86(t, 6H, J=6.72Hz)

[0095] (2) 폴리[8-(5-(4,8-비스((2-에틸헥실)옥시)벤조[1,2-b:4,5-b']다이싸이오펜-2-일)싸이오펜)-alt-2,3-다이도데실-6-플로로-5-(싸이오펜-2-일)퀴녹살린](화합물 [4])의 합성

[0096] 정제된 5,8-비스(5-브로모싸이오펜-2-일)-2,3-다이도데실-6-플로로퀴녹살린(화학식 4-2) 0.56 g과 (4,8-비스((2-에틸헥실)옥시)벤조[1,2-b:4,5-b']다이싸이오펜-2,6-다일)비스(트리메틸틴)(화학식 a-1) 0.54 g을 $\text{P}(\text{o-tolyl})_3$ 과 $\text{Pd}_2(\text{dba})_3$ 을 이용하여 클로로벤젠 8 ml과 N,N'-다이메틸포마이드 2 ml 용매 하에서 약 48시간 동안 중합하여 폴리[8-(5-(4,8-비스((2-에틸헥실)옥시)벤조[1,2-b:4,5-b']다이싸이오펜-2-일)싸이오펜)-alt-2,3-다이도데실-6-플로로-5-(싸이오펜-2-일)퀴녹살린](화합물 [4])을 얻었다.

[0097] 실시예 5. 폴리[5-(5-(4,8-비스((2-부틸옥틸)옥시)벤조[1,2-b:4,5-b']다이싸이오펜-2-일)싸이오펜)-alt-6,7-다이플로로-2,3-다이헥실-8-(싸이오펜-2-일)퀴녹살린](화합물 [5])의 제조

[0098] (1) 5,8-비스(5-브로모싸이오펜-2-일)-6,7-다이플로로-2,3-다이헥실퀴녹살린(화학식 5-3)의 합성

[0099] 5,8-다이브로모-6,7-다이플로로-2,3-다이헥실퀴녹살린(화학식 5-1) 5.63 g (11.44 mmol), 2-(트리부틸틴)싸이오펜(화학식 3-1) 17.08 g (6.42 mmol), $\text{PdCl}_2(\text{PPh}_3)_2$ 252 g (0.34 mmol)을 70 ml의 N,N'-다이메틸포마이드에 녹인 후 85~90 °C에서 하루동안 교반하였다. 다이클로로메탄으로 추출 후 재결정하여 노란색 고체(화학식 5-2)를 얻었다. 얻어진 유기물 5.34g (10.71 mmol)을 테트라하이드로퓨란 80 ml에 상온에서 녹인 후 아르곤 상태하에 교반한 후 3.88 g (21.78 mmol)의 NBS를 첨가하였다. 18시간 동안 상온에서 교반한 후 용매를 제거한 후 물과 에틸에테르를 이용하여 추출한 뒤 컬럼크로마토그래피와 재결정을 통해 오렌지색 고체 타입의 화합물(화학식 5-3)을 얻었다.

[0100] (2) 폴리[5-(5-(4,8-비스((2-부틸옥틸)옥시)벤조[1,2-b:4,5-b']다이싸이오펜-2-일)싸이오펜)-alt-6,7-다이플로로-2,3-다이헥실-8-(싸이오펜-2-일)퀴녹살린](화합물 [5])의 합성

[0101] 정제된 5,8-비스(5-브로모싸이오펜-2-일)-6,7-다이플로로-2,3-다이헥실퀴녹살린(화학식 5-3) 0.46 g과 (4,8-비스((2-부틸옥틸)옥시)벤조[1,2-b:4,5-b']다이싸이오펜-2,6-다일)비스(트리메틸틴)(화학식 a-2) 0.62 g을 $\text{P}(\text{o-tolyl})_3$ 과 $\text{Pd}_2(\text{dba})_3$ 을 이용하여 클로로벤젠 8 ml과 N,N'-다이메틸포마이드 2 ml 용매 하에서 약 48시간 동안 중합하여 폴리[5-(5-(4,8-비스((2-부틸옥틸)옥시)벤조[1,2-b:4,5-b']다이싸이오펜-2-일)싸이오펜)-alt-6,7-다이플로로-2,3-다이헥실-8-(싸이오펜-2-일)퀴녹살린](화합물 [5])을 얻었다.

[0102] 실시예 6. 폴리[5-(5-(4,8-비스((2-부틸옥틸)옥시)벤조[1,2-b:4,5-b']다이싸이오펜-2-일)싸이오펜)-alt-2,3-다이도데실-6,7-다이플로로-8-(싸이오펜-2-일)퀴녹살린](화합물 [6])의 제조

[0103] 정제된 5,8-비스(5-브로모싸이오펜-2-일)-2,3-다이도데실-6,7-다이플로로퀴녹살린(화학식 3-3) 0.58 g과 (4,8-비스((2-부틸옥틸)옥시)벤조[1,2-b:4,5-b']다이싸이오펜-2,6-다일)비스(트리메틸틴)(화학식 a-2) 0.54 g을 $\text{P}(\text{o-tolyl})_3$ 과 $\text{Pd}_2(\text{dba})_3$ 을 이용하여 클로로벤젠 8 ml과 N,N'-다이메틸포마이드 2 ml 용매 하에서 약 48시간 동안 중합하여 폴리[5-(5-(4,8-비스((2-부틸옥틸)옥시)벤조[1,2-b:4,5-b']다이싸이오펜-2-일)싸이오펜)-alt-2,3-다이도데실-6,7-다이플로로-8-(싸이오펜-2-일)퀴녹살린](화합물 [6])을 얻었다.

[0104] 비교예. 폴리[2,6-(4,8-비스(2-에틸헥실)옥시)벤조[1,2-b:4,5-b']다이싸이오펜)-alt-5,8-(6,7-다이플로로-2,3-다이헥실-5,8-디(싸이오펜-2-일)퀴녹살린)](화합물 [7])의 제조 (PBDTQxF) (Bull. Korean Chem. Soc. 2014, Vol. 35, No. 8 2245 참조)

[0105] 정제된 정제된 5,8-비스(5-브로모싸이오펜-2-일)-6,7-다이플로로-2,3-다이헥실퀴녹살린(화학식 5-3) 0.55 g과 (4,8-비스((2-부틸옥틸)옥시)벤조[1,2-b:4,5-b']다이싸이오펜-2,6-다일)비스(트리메틸틴)(화학식 a-2) 0.65 g을 $\text{P}(\text{o-tolyl})_3$ 과 $\text{Pd}_2(\text{dba})_3$ 을 이용하여 클로로벤젠 5 ml과 N,N'-다이메틸포마이드 2 ml 용매 하에서 약 48시간 동안 중합하여 폴리[2,6-(4,8-비스(2-에틸헥실)옥시)벤조[1,2-b:4,5-b']다이싸이오펜)-alt-5,8-(6,7-다이플

로로-2,3-디헥실-5,8-디(싸이오펜-2-일)퀴녹살린]](화합물 [7])을 얻었다.

[0106] **제조예. 화합물 [1] ~ [7]을 이용한 광 에너지 변환 소자의 제조**

[0107] 실시예 1 내지 실시예 6 및 비교예에서 제조된 고분자 화합물을 포함하는 에너지 변환 소자를 하기와 같이 제조하였다(도 1 참조). 유리 또는 플라스틱 기판(1) 상부에 인듐 틴 옥사이드(Indium tin oxide, ITO)의 반투명 전극(semitransparent electrode)(2)을 형성하고 상기 반투명 전극(2) 상부에 50 nm 두께의 전도성 고분자(Baytron P, H. C. Starck) 정공 수송층(hole transporting layer)(3)을 형성하였다. 상기 정공 수송층(3) 상부에 상기 실시예 1 내지 6에서 제조한 고분자 화합물 및 PCBM(Phenyl-C61-butyric acid methyl ester)을 포함하는 100nm 두께의 태양광 흡수 유기 반도체층(4)을 형성하고, 상기 유기 반도체층(4) 상부에 알루미늄(Al)을 사용하여 알루미늄 금속 전극(5)을 형성하여 광전 효율 측정을 위한 광에너지 변환 소자를 제작하였고, 도 1에 본 발명의 고분자 화합물을 활성층으로 이용한 광 에너지 변환 소자의 단면도를 나타냈다.

[0108] 도 1에 나타난 바와 같이, 상기 광 에너지 변환 소자는 유리 상에 코팅된 ITO와 알루미늄을 각각 음극과 양극으로 하여 작동하며, 에너지 변환은 태양광 흡수 유기 반도체층(4)에 포함되어 있는 화합물 [1] ~ [6]과 PCBM 혼합층에서 일어난다. 상기와 같이 제작된 소자의 측정은 공기 중에서 수행하였다.

[0109] **시험예 1. 제조된 고분자 화합물의 용해도 측정**

[0110] 실시예 1 내지 6에서 제조된 화합물 [1] ~ [6]을 상온에서 클로로벤젠 1 ml에 녹여 용해도를 측정한 결과, 0.001 g/ml의 용해도를 나타내었다. 따라서, 본 발명의 고분자 화합물은 일반적으로 사용되는 유기용매에 대하여 우수한 용해도를 나타내어 통상적으로 사용되는 유기 용매에 제약없이 사용될 수 있다는 것을 확인하였다.

[0111] **시험예 2. 분자량 측정**

[0112] 겔 투과 크로마토그래피(Gel Permeation Chromatography, GPC)를 이용하여 실시예 1 내지 6에서 제조된 화합물 [1] ~ [6]의 분자량을 측정한 결과, 수평균 분자량이 1,090 ~ 65,938 dalton으로 확인되었고, 질량평균 분자량이 41,355 ~ 99,824 dalton으로 확인되었다.

[0113] **시험예 3. 열적 안정성 측정**

[0114] 실시예 1 내지 7에서 제조된 화합물 [1] ~ [6]의 열적 안정성을 측정하기 위하여, 열중량분석(Thermal gravimetric analysis, TGA)을 수행하여 열분해온도(decomposition temperature, Td)를 측정한 결과를 도 2에 나타냈다. 도 2에 나타난 바와 같이, 화합물 [1] ~ [6]의 열분해온도(Td)는 321 ~ 345 °C로서 높은 열적 안정성을 가짐을 확인하였다.

[0115] **시험예 4. 흡광도 스펙트럼 측정**

[0116] 실시예 1 내지 6에서 제조된 화합물 [1] ~ [6]의 용액상태 및 필름상태의 흡광도를 350 ~ 800 nm 파장에서 측정한 스펙트럼을 각각 도 3 및 도 4에 나타냈다. 도 3 및 도 4에 나타난 바와 같이, 용액상태의 경우 화합물 [1] ~ [6]은 약 548 ~ 602 nm에서 최대 흡수를 나타냈으며, 필름상태의 경우 화합물 [1] ~ [6]은 약 572 ~ 606 nm에서 최대 흡수를 나타냄을 확인할 수 있었다.

[0117] **시험예 5. 전기 화학적 특성 측정**

[0118] 고분자의 전기화학적 특성은 사이클릭 볼타메트리(cyclic voltammetry, CV)로부터 측정되는 산화력(oxidation potentials)과 흡수단(absorption edges)로부터 측정되는 에너지 밴드갭(band gap)에 의해 결정된다. CV는 아르곤 기체 하, 상온에서 아세토니트릴을 용매로 한 테트라부틸암모늄 테트라플루오로보레이트(tetrabutylammonium tetrafluoroborate, Bu₄NBF₄)의 0.10 M 용액을 이용하여 100 mV/s의 스캔 속도로 수행하였다. 백금 전극을 고분자로 코팅하여 작용 전극(working electrode)으로 사용하였고, Pt 와이어와 Ag/AgNO₃ 전극을 상대 전극(counter electrode)과 기준 전극(reference electrode)으로 사용하였다. FC/FC⁺ 산화환원계(FC/FC⁺ redoxsystem)에 의해 보정된 Ag/AgNO₃ 기준 전극의 에너지 레벨은 4.8 eV이고, HOMO 및 LUMO 레벨은 ($E_{HOMO} = -[E_{onset}]^{ox} + 4.8$) (eV)식으로 계산하였다.

[0119] 실시예 1 내지 6에서 제조된 화합물 [1] ~ [6]을 이용한 필름 상태의 전기 화학적 특성을 측정하여 그 결과를 도 5에 나타냈다. 도 5에 나타난 바와 같이, 화합물 [1] ~ [6]의 HOMO는 -5.39 ~ -5.66 eV이고, LUMO는 -3.36

~ -3.54 eV를 나타냈다.

[0120] **시험예 6. 전류-전압 특성 측정**

[0121] 유리 기판을 ITO로 전처리 한 후, 폴리(3,4-에틸렌 다이옥시싸이오펜):폴리(스티렌 설프네이트)[poly(3,4-ethylene dioxythiophene):poly(styrene sulphonate)(PEDOT:PSS)]를 스핀-코팅(spin-coating) 방법으로 코팅하였다. 140 ℃에서 베이킹(baking)한 후, 실시예 및 비교예에서 제조된 고분자 화합물을 글러브 박스(glove box)에서 스핀-코팅 방법으로 코팅하고, Al (100 nm)을 진공 (약 10^{-7} torr)에서 증착하여 디바이스를 제작하였다. 전류-전압 특성은 전류-전압 계측기(Keithley 237 source measure unit)을 사용하여 측정하였다.

[0122] 실시예 1 내지 6 에서 제조된 화합물 [1] ~ [6]의 전류-전압 특성을 측정한 결과를 도 6에 나타냈으며, 화합물 [3] 및 화합물 [7]의 전류-전압 특성을 비교한 결과를 도 7에 나타내었다.

[0123] 도 6에 나타난 바와 같이, 화합물 [1] ~ [6]에 있어서, 외부저항이 없는 상태에서 빛을 받았을 때 나타나는 역방향(음의 값)의 전류밀도인 J_{sc} (short circuit current)가 $1.02 \sim 10.44 \text{ mA/cm}^2$ 이고, V_{oc} (open circuit potential)은 0.61 ~ 0.85 V를 나타내었으며, FF(fill factor)는 0.42 ~ 0.68이고, 이를 이용한 PCE(에너지 변환 소자의 효율)는 0.30 ~ 5.58%이었다. 따라서, 화합물 [1] ~ [6]이 나타내는 높은 전류밀도 값으로부터 본 발명의 화합물은 높은 태양전지 효율을 가졌음을 확인할 수 있다.

[0124] 또한, 도 7에 나타난 바와 같이, 화합물 [7]의 경우, J_{sc} 는 0.007 mA/cm^2 이고, V_{oc} 은 0.25 V를 나타내었으며, FF는 0.14이고, 이를 이용한 PCE는 0.002%였다. 화합물 [3]의 경우, J_{sc} 는 10.44 mA/cm^2 이고, V_{oc} 은 0.79 V를 나타내었으며, FF는 0.68이고, 이를 이용한 PCE는 5.58%였다.

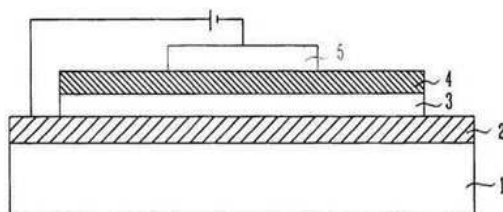
[0125] 이에 따라, 화합물 [3]은 화합물 [7]에 비하여 높은 J_{sc} , V_{oc} , FF 및 PCE 값을 가지므로 높은 태양전지 효율을 가져 우수한 소자 특성을 갖는다는 것을 확인할 수 있다.

부호의 설명

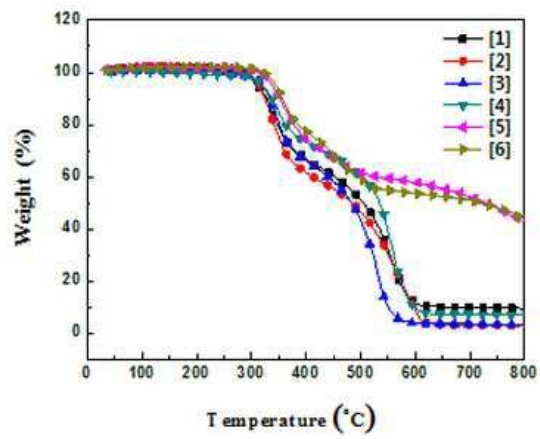
- | | | |
|--------|------------|-------------|
| [0126] | 1...기판 | 2...반투명 전극 |
| | 3...정공 수송층 | 4...유기 반도체층 |
| | 5...금속 전극 | |

도면

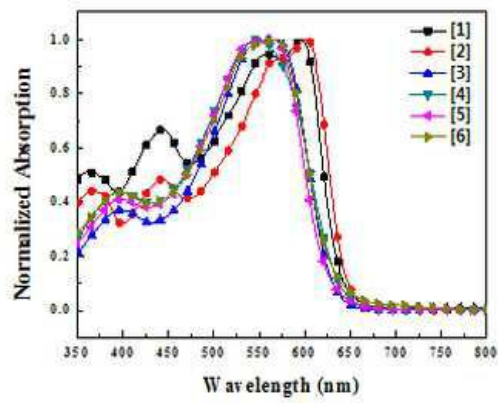
도면1



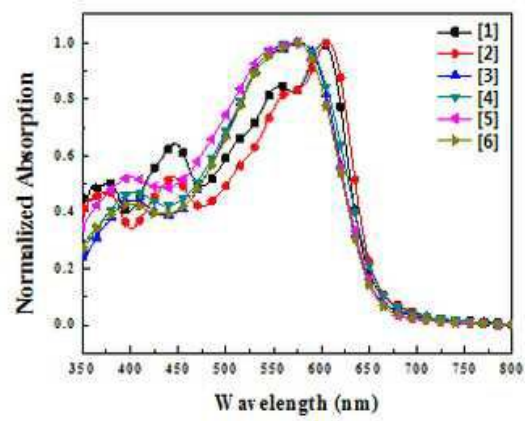
도면2



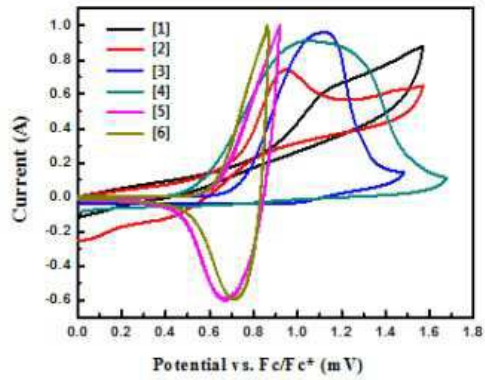
도면3



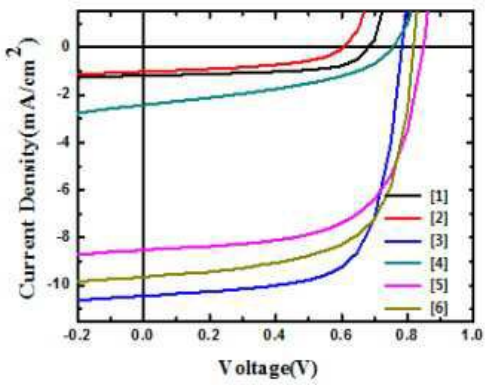
도면4



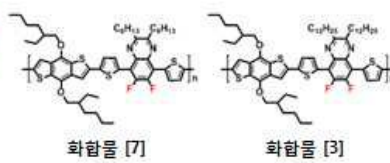
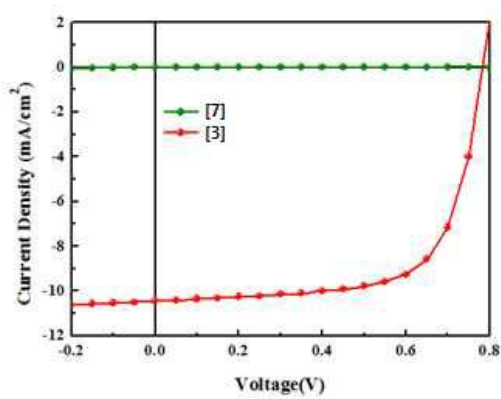
도면5



도면6



도면7



Solvent	J_{sc} (mA/cm ²)	V_{oc} (V)	FF	PCE (%)
[7]	0.007	0.25	0.14	0.002
[3]	10.44	0.79	0.68	5.58