



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2015-0111094
(43) 공개일자 2015년10월05일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

C08G 61/12 (2006.01) C08G 75/06 (2006.01)
C08L 65/00 (2006.01) C08L 81/00 (2006.01)
C09K 11/06 (2006.01) H01L 51/54 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2014-0034529

(22) 출원일자 2014년03월25일

심사청구일자 없음

(71) 출원인

경상대학교산학협력단

경상남도 진주시 진주대로 501 (가좌동)

(72) 발명자

김윤희

경상남도 진주시 평거로 57 들말홍한아파트 110동 1301호

권순기

경상남도 진주시 내동로348번길 8 주공그린빌아파트 101-1103

윤희준

경상남도 진주시 가호로 26 가좌주공2차아파트 212-1405호 (가좌동 660)

(74) 대리인

특허법인 플러스

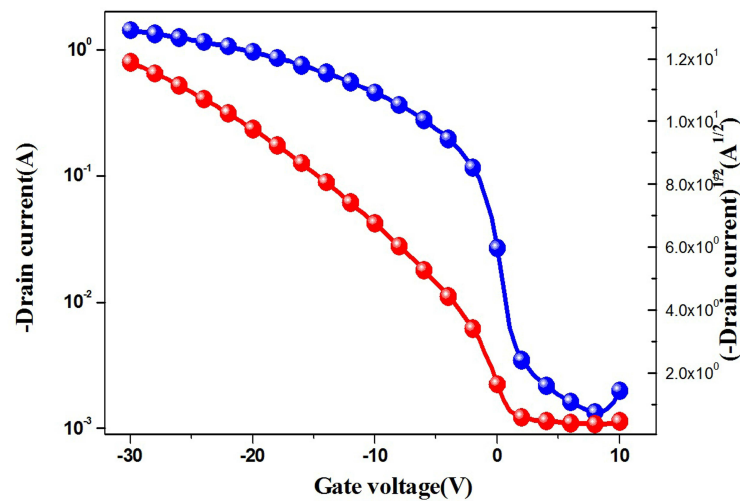
전체 청구항 수 : 총 7 항

(54) 발명의 명칭 다이케토피롤로피를 중합체 및 이를 채용하고 있는 유기 전자 소자

(57) 요약

본 발명은 유기 전자 소자용 유기반도체 화합물인 다이케토피롤로피를 중합체 및 이를 포함하는 유기 전자 소자에 관한 것이다. 본 발명의 다이케토피롤로피를 중합체는 높은 파이전자 겹침을 가지는 새로운 유기반도체 화합물로서 이를 채용한 유기 전자 소자는 전하이동도 및 접합비가 우수하다.

대표도 - 도9



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 2012R1A2A2A06047047

부처명 미래창조과학부

연구관리전문기관 한국연구재단

연구사업명 중견연구자지원사업(핵심연구)

연구과제명 용액 공정에 기반한 고효율의 유기 적층 태양전지의 개발(추가지원- 2차년도)

기 여 율 70/100

주관기관 경상대학교

연구기간 2013.09.01 ~ 2014.08.31이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 2013M3A6A5073172

부처명 미래창조과학부

연구관리전문기관 한국연구재단

연구사업명 글로벌프론티어연구개발사업

연구과제명 고이동도 유기반도체 재료 개발 (1차년도)

기 여 율 30/100

주관기관 경상대학교

연구기간 2013.09.01 ~ 2014.08.31

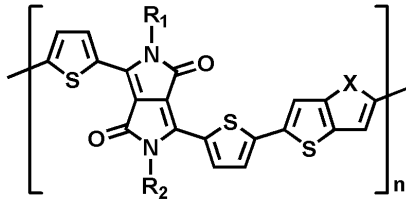
명세서

청구범위

청구항 1

하기 화학식 1로 표시되는 다이케토피롤로피롤 중합체:

[화학식 1]



상기 화학식 1에서,

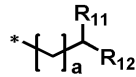
R₁ 및 R₂는 각각 독립적으로 수소 또는 (C1-C50)알킬기이며, 상기 R₁ 및 R₂의 알킬은 각각 (C1-C30)알킬, (C2-C30)알케닐, (C2-C30)알키닐, (C1-C30)알콕시, 아미노, 하이드록시, 할로젠, 시아노, 나이트로, 트리플루오로메틸 및 트리(C1-C30)알킬실릴로 선택되는 하나 이상의 치환기로 더 치환될 수 있으며;

X는 S 또는 Se 이고; 및

n은 1 내지 1000의 정수이다.

청구항 2

제 1항에 있어서,

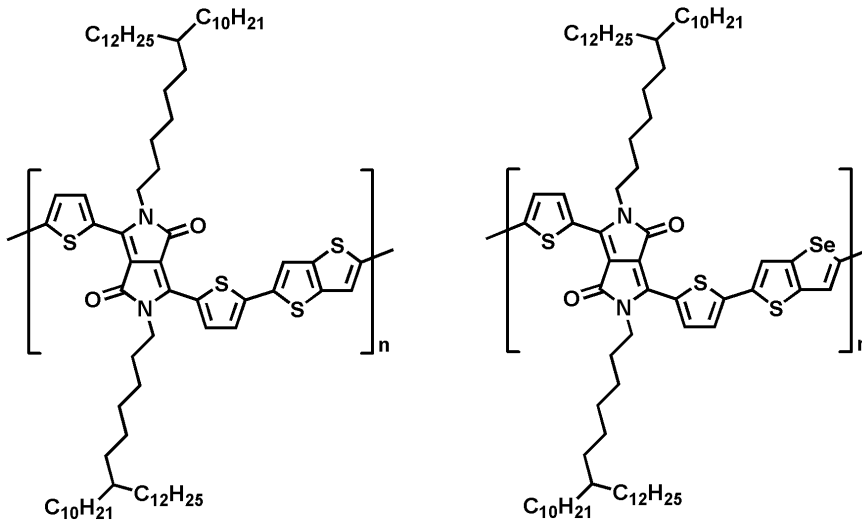


상기 R₁ 및 R₂는 각각 독립적으로 (C10-C30)알킬인 다이케토피롤로피롤 중합체.

청구항 3

제 2항에 있어서,

하기 화합물에서 선택되는 것인 다이케토피롤로피롤 중합체:



상기 n은 1 내지 1000의 정수이다.

청구항 4

제 1항 내지 제 3항에서 선택되는 어느 한 항에 따른 다이케토피롤로피롤 중합체를 포함하는 유기 전자 소자.

청구항 5

제 4항에 있어서,

상기 유기 전자 소자는 유기발광소자로서, 제1 전극, 1층 이상의 유기물층 및 제2 전극을 순차적으로 적층된 형태로 포함하는 구조를 갖는 것인 유기 전자 소자.

청구항 6

제 4항에 있어서,

상기 유기 전자 소자는 유기 박막 트랜지스터로서, 기판, 게이트, 게이트 절연층, 1층 이상의 유기 반도체층, 소스 전극 및 드레인 전극을 포함하는 구조를 갖는 것인 유기 전자 소자.

청구항 7

제 4항에 있어서,

상기 유기 전자 소자는 유기태양전지로서, 기판, 투명전극, 정공수송층, 활성층, 전자수송층 및 금속전극을 순차적으로 적층된 형태로 포함하는 구조를 갖는 것인 유기 전자 소자.

발명의 설명

기술 분야

본 발명은 유기 전자 소자용 유기반도체 화합물인 다이케토피롤로피롤 중합체 및 이를 포함하는 유기 전자 소자에 관한 것이다. 본 발명의 다이케토피롤로피롤 중합체는 높은 파이전자 겹침을 가지는 새로운 유기반도체 화합물로서 이를 채용한 유기 전자 소자는 전하이동도 및 점멸비가 우수하다.

[0001]

배경 기술

- [0002] 21세기 정보통신의 발달과 개인 휴대용 통신기기에 대한 욕구는 크기가 작고, 중량이 가볍고, 두께가 얇고, 사용하기 편리한 정보통신기기를 가능하게 하는 초미세 가공, 초고집적회로를 제작할 수 있는 고성능 전기전자재료, 신개념의 디스플레이를 가능케 하는 새로운 정보통신 재료를 필요로 하고 있다. 그 중에서도 유기 박막 트랜지스터(OTFT)는 휴대용 컴퓨터, 유기 EL소자, 스마트 카드(smart card), 전자 태그(electric tag), 호출기, 휴대전화 등의 디스플레이 구동기 및 현금 거래기, 인식표 등의 메모리 소자 등의 플라스틱 회로부의 중요한 구성요소로 사용될 수 있는 가능성으로 인하여 많은 연구의 대상이 되고 있다.
- [0003] 유기 반도체를 이용한 유기 박막 트랜지스터는 지금까지의 비정질 실리콘 및 폴리실리콘을 이용한 유기 박막 트랜지스터에 비해 제조공정이 간단하고, 저비용으로 생산할 수 있다는 장점을 가지고 있으며, 플렉서블 디스플레이의 구현을 위한 플라스틱 기판들과 호환성이 뛰어나다는 장점 등으로 인해 최근 많은 연구가 이루어지고 있는 실정이다. 특히, 고분자 유기반도체를 이용할 경우 용액공정으로 쉽게 박막을 형성할 수 있다는 장점 때문에 저분자 유기반도체 화합물에 비해 제조 원가가 절감 될 수 있다는 장점을 가지고 있다.
- [0004] 현재까지 개발된 대표적인 고분자계 유기 박막 트랜지스터용 반도체 화합물로는 P3HT[폴리(3-헥실티오펜)]과 F8T2[폴리(9,9-디옥틸플루오렌-코-비티오펜)]이 있다. OTFT의 성능은 여러 가지가 있으나, 그 중 중요한 평가척도는 전하이동도와 점멸비(on/off ratio)이며, 가장 중요한 평가 척도는 전하이동도이다. 전하이동도는 반도체 재료의 종류, 박막형성방법(구조 및 형태학), 구동전압 등에 따라 다르게 나타난다.
- [0005] 일반적으로 유기 박막 트랜지스터는 기판/게이트/절연층/전극층(소스, 드레인)/유기반도체층으로 이루어지는 구조로, 기판 상부에 게이트 전극이 형성되어 있다. 이 게이트 전극의 상부에는 절연층이 형성되어 있으며, 그 상부에 유기 반도체층 및 소스와 드레인 전극이 차례로 형성되어 있다. 상기 구조의 유기 박막 트랜지스터의 구동 원리를 p-형 반도체의 예를 들어 설명하면 다음과 같다. 먼저, 소스와 드레인 사이에 전압을 인가하여 전류를 흘리면 낮은 전압하에서는 전압에 비례하는 전류가 흐르게 된다. 여기에 게이트에 양의 전압을 인가하면 이 인가된 전압에 의한 전기장에 의하여 양의 전하인 정공들은 모두 반도체층의 상부로 밀려 올라가게 된다. 따라서, 절연층에 가까운 부분은 전도 전하가 없는 공핍층(depletion layer)이 생기게 되고, 이런 상황에서는 소스와 드레인 사이에 전압을 인가해도 전도 가능한 전하 운반자가 줄어들었기 때문에 낮은 전류의 양이 흐르게 될 것이다. 반대로 게이트에 음의 전압을 인가하면, 이 인가된 전압에 의한 전기장의 효과로 절연층의 가까운 부분에 양의 전하가 유도된 축적층(accumulation layer)이 형성 된다. 이 때, 소스와 드레인 사이에는 전도 가능한 전하 운반자가 많이 존재하기 때문에, 더 많은 전류를 흘릴 수가 있다. 따라서, 소스와 드레인 사이에 전압을 인가한 상태에서 게이트에 양의 전압과 음의 전압을 교대로 인가하여 줌으로써 소스와 드레인 사이에 흐르는 전류를 제어할 수 가 있다.
- [0006] 상기와 같은 원리로 구성되는 유기 박막 트랜지스터에 사용되는 것으로서는 전극(소스, 드레인), 높은 열안정성이 요구되는 기판 및 게이트전극, 높은 절연성과 유전상수를 가져야 하는 절연체, 그리고 전하를 잘 이동시키는 반도체 등이 있으나, 이 중에서 가장 극복해야 할 문제점이 많으며, 핵심적인 재료는 유기반도체이다. 유기반도체는 분자량에 따라 저분자 유기반도체 및 고분자 유기반도체로 나눌 수 있으며, 전자 또는 정공전달 여부에 따라 n-형 유기반도체 또는 p-형 유기반도체로 분류한다. 일반적으로, 유기 반도체층 형성시 저분자 유기반도체를 이용하는 경우, 저분자 유기반도체는 정제하기가 용이하여 불순물을 거의 제거할 수 있으므로 전하이동특성이 우수하다. 그러나, 이러한 유기반도체는 스펀코팅 및 프린팅이 불가능하여 진공증착을 통해 박막을 제조해야 하므로, 고분자 유기반도체에 비해 제조공정이 복잡하고, 비용이 많이 드는 단점이 있다. 고분자 유기반도체의 경우, 고순도의 정제가 어려우나, 내열성이 우수하고, 스펀코팅 및 프린팅이 가능하여 제조공정 및 비용, 대량생산에 있어서 유리한 장점이 있다.
- [0007] 유기 반도체 재료의 개발을 위해서 많은 연구가 현재까지 이루어지고 있지만, 아직까지 고분자계 반도체 재료의 개발은 저분자계 반도체 재료의 개발에 못 미치고 있는 실정이다. 따라서, 유연하고, 제조원가가 낮은 유기 박막 트랜지스터를 이용한 전자장치의 개발을 위해서는 고분자계 반도체 재료의 개발이 시급한 실정이다. 일반적으로, 고분자의 전하이동도는 저분자에 비해 떨어진다고 알려져 있지만, 제조공정이나 비용면에서 충분히 이를 극복할 수 있는 재료라고 할 수 있다.
- [0008] 한국공개특허 제2011-0091711호 및 한국공개특허 제2009-0024832호에는 다이케토피롤로피롤기에 S 함유 헥테로 방향족 고리가 직접 결합된 중합체가 개시되어 있다. 그러나 여전히 충분한 파이 전자의 확장을 나타내지 못하므로 충분한 파이 전자결집을 나타내는 고분자 반도체 재료의 개발이 필요하다.

선행기술문헌

특허문헌

- [0009] (특허문헌 0001) 한국공개특허 제2011-0091711호(2011.08.12.)
(특허문헌 0002) 한국공개특허 제2009-0024832호(2009.03.09.)

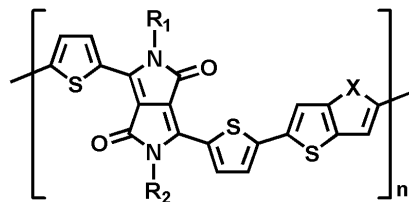
발명의 내용

해결하려는 과제

- [0010] 본 발명은 전자 받개 물질 중 하나인 다이케토피롤로피롤 유도체와 전자 주개 물질인 티에노티오펜 또는 티에노셀레노펜을 교대 중합시켜 높은 열안정성을 가지며 주 사슬의 공면성(coplanarity)을 증가시키고 확장된 공액 구조를 갖게 함으로서 높은 파이전자 겹침으로 인해 전자밀도를 향상시켜 분자간 상호작용을 높여주며 우수한 전하이동도를 나타내는 다이케토피롤로피롤 중합체를 제공한다.
- [0011] 또한, 본 발명은 높은 용해도를 가지며 높은 분자량으로 인한 점성을 가져 상온에서의 스핀 코팅이 용이하여 용액공정을 가능케 하는 유기반도체 화합물인 다이케토피롤로피롤 중합체를 제공한다.
- [0012] 또한, 본 발명은 유기 전자 소자에 응용되는 높은 전하 이동도를 가지는 유기 반도체 화합물인 다이케토피롤로피롤 중합체를 제공한다.
- [0013] 또한, 본 발명은 본 발명의 신규한 다이케토피롤로피롤 중합체를 포함하는 유기 전자 소자를 제공한다.

과제의 해결 수단

- [0014] 본 발명은 유기발광소자, 유기 박막 트랜지스터(organic thin film transistor: OTFT), 유기 태양 전지 등 유기 전자 소자용 유기반도체 화합물 및 그의 용도에 관한 것이다. 보다 구체적으로, 본 발명은 전자 받개 물질 중 하나인 다이케토피롤로피롤 유도체와 전자 주개 물질인 티에노티오펜 또는 티에노셀레노펜을 교대로 중합되도록 구성된 유기 전자 소자의 활성층 재료로 사용되는 p타입 고분자 유기반도체 화합물인 다이케토피롤로피롤 중합체 및 이를 이용한 유기 전자 소자에 관한 것이다.
- [0015] 본 발명은 하기 화학식 1로 표시되는 신규한 다이케토피롤로피롤 중합체를 제공한다:
- [0016] [화학식 1]

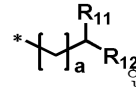


- [0017] 상기 화학식 1에서,
- [0018] R₁ 및 R₂는 각각 독립적으로 수소 또는 (C1-C50)알킬기이며, 상기 R₁ 및 R₂의 알킬은 각각 (C1-C30)알킬, (C2-C30)알케닐, (C2-C30)알키닐, (C1-C30)알콕시, 아미노, 하이드록시, 할로젠, 시아노, 나이트로, 트리플루오로메틸 및 트리(C1-C30)알킬실릴로 선택되는 하나 이상의 치환기로 더 치환될 수 있으며;
- [0020] X는 S 또는 Se 이고; 및
- [0021] n은 1 내지 1000의 정수이다.
- [0022] 본 발명의 상기 화학식 1로 표시되는 다이케토피롤로피롤 중합체는 전자 받개 물질 중 하나인 다이케토피롤로피

를 유도체에 전자 주개 물질인 티에노티오펜 또는 티에노셀레노펜의 도입으로 주 사슬의 공면성(coplanarity)을 증가시키고 확장된 공액 구조를 갖게 함으로서 높은 파이전자 겹침으로 인해 전자밀도를 향상시켜 분자간 상호작용을 높여줌으로써 이를 함유하는 유기 전자 소자는 높은 전하이동도를 나타낸다.

[0023]

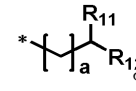
뿐만 아니라 다이케토피롤로피롤 유도체의 치환기인 R_1 및 R_2 가



인 구조를 가짐으로써 보다 높은 용해도를 가진다. 즉, R_1 및 R_2 의 a 가 5 내지 10, 보다 바람직하게는 a 가 5 내지 7의 정수를 가지고 말단에 가지쇄 알킬인 구조를 가짐으로써, 말단에 가지쇄를 가지지 않은 알킬에 비해 무려 10배이상 높은 전하이동도를 가지며 동시에 높은 용해도를 가져 용액공정에 보다 유리하여 간단하고 저렴한 공정으로 대면적의 유기 전자 소자를 제작할 수 있다.

[0024]

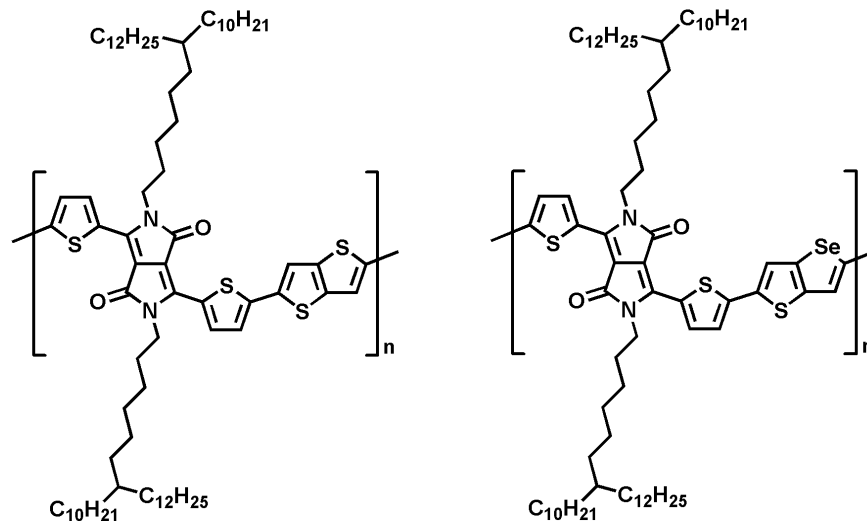
본 발명의 일 실시예에 따른 상기 화학식 1에서 R_1 및 R_2 는 각각 독립적으로



의 정수이고, R_{11} 및 R_{12} 은 각각 독립적으로 (C10-C30)알킬일 수 있다.

[0025]

본 발명의 일 실시예에 따른 다이케토피롤로피롤 중합체는 높은 용해도를 가지면서도 우수한 전하이동도와 점멸비를 가지기 위한 측면에서 보다 구체적이고 바람직하게는 하기 화합물일 수 있으나, 이에 한정되는 것은 아니다:



[0026]

[0027]

상기 n 은 1 내지 1000의 정수이다.

[0028]

즉, 보다 구체적으로, 본 발명의 다이케토피롤로피롤 중합체는 상기와 같이, 상기 화학식 1의 R_1 과 R_2 가 탄소수가 24 이상이면서 알킬의 직쇄의 탄소수가 5 내지 10으로 말단에 가지쇄의 알킬을 가지는 구조일 경우에는 높은 용해도를 나타내면서도 전하이동도나 점멸비의 저하가 일어나지 않아 이를 함유하는 유기 전자 소자는 높은 효율을 가지는 매우 현저한 효과를 가진다.

[0029]

본 발명에 따른 다이케토피롤로피롤 중합체를 제조하기 위한 방법으로, 알킬화 반응, 그리나드 커플링 반응, 스즈키 커플링 반응, 스틸레 커플링 반응 등을 통하여 최종 화합물을 제조할 수 있다. 본 발명에 따른 유기반도체 화합물은 상기의 제조방법으로 한정하는 것은 아니며, 상기의 제조방법 이외에도 통상의 유기화학 반응에 의하여 제조될 수 있다.

[0030]

또한 본 발명에 따른 다이케토피롤로피롤 중합체는 유기 전자 소자의 유기 반도체층 형성용 물질로 사용될 수 있으며, 본 발명은 다이케토피롤로피롤 중합체를 함유하는 유기 전자 소자를 제공한다.

[0031]

본 발명의 일 실시예에 따른 유기전자소자는 유기 발광 소자, 유기 박막 트랜지스터 또는 유기 태양 전지일 수

있다.

- [0032] 본 발명에 따른 유기 발광 소자는 이하 상술하는 방법으로 제조될 수 있으나 이는 일례를 들어 설명하는 것으로 이에 한정되는 것은 아니다.
- [0033] 본 발명에 따른 유기전자소자가 유기발광소자인 경우, 이는 제 1 전극, 1층 이상의 유기물층 및 제 2 전극이 순차적으로 적층된 형태를 포함하는 구조를 가질 수 있다. 상기 유기물층은 정공주입층, 정공수송층, 발광층 및 전자수송층 등에서 선택되는 2 이상의 층을 포함하는 다층 구조일 수도 있으나, 이에 한정되지 않고 단층 구조일 수도 있다. 예컨대, 본 발명에 따른 유기 발광 소자는 스퍼터링이나 전자빔 증발과 같은 PVD(physical vapor deposition) 방법을 이용하여, 기판 상에 금속 또는 전도성을 가지는 금속 산화물 또는 이들의 합금을 증착시켜 애노드 전극을 형성하고, 그 위에 정공주입층, 정공수송층, 발광층 또는 전자 수송층과 같은 유기물층을 형성한 후, 그 위에 캐소드 형성용 금속을 진공 증착하여 캐소드를 형성함으로써 제조될 수 있다. 이와 같은 방법 이외에도, 기판상에 캐소드 전극 물질부터 유기물층, 애노드 전극 물질을 차례로 증착시켜 유기발광소자를 제조할 수도 있다.
- [0034] 상기 기판으로는 통상적인 유기 EL 소자에서 사용되는 기판을 사용하는데, 투명성, 표면평활성, 취급용이성 및 방수성이 우수한 유리기판 또는 투명 플라스틱 기판이 바람직하다. 상기 애노드 전극용 물질로는 투명하고 전도성이 우수한 산화인듐주석(ITO), 산화주석(SnO₂), 산화아연(ZnO), 산화인듐아연 (IZO), 산화안티몬주석 (ATO) 등을 사용한다. 상기 정공주입층 형성물질은 특별히 제한되지 않으나, CuPc, m-MTDATA, 1I-TNATA, 2T-NATA, NATA, NTNPB, NPNPB, MeO-TPD 등이 사용된다. 상기 정공수송층 물질은 특별히 제한되지는 않으며, N,N'-비스(3-메틸페닐)-N,N'-디페닐-[1,1'-비페닐]-4,4'-디아민(TPD), N,N'-디(나프탈렌-1-일)-N,N'-디페닐-벤지딘(α -NPD), 9,9-비스[4-(N,N-비스-바이페닐-4-일-아미노)페닐]-9H-플루오렌(BPAPF), N,N'-비스(페난스렌-9-일)-N,N'-비스(페닐)-벤지딘(PAPB), 디-[4-(N,N-디톨일-아미노)-페닐]사이클로헥산(TAPC), N,N,N',N'-테트라-나프탈렌일-벤지딘(α -TNB) 등이 사용된다. 상기 전자수송층은 통상적인 전자수송층 형성용 물질을 사용하고, 상기 캐소드 형성용 금속으로는 리튬(Li), 마그네슘(Mg), 알루미늄(Al), 알루미늄-리튬(Al-Li), 칼슘-알루미늄(Ca-Al), 리튬플루라이드-알루미늄(LiF-Al), 마그네슘-인듐(Mg-In), 마그네슘-은(Mg-Ag), 바륨-알루미늄(Ba-Al), 골드(Au), 은(Ag), 구리(Cu) 등이 이용된다.
- [0035] 또한, 본 발명에 따른 유기전자소자가 유기 박막 트랜지스터인 경우 제작 방법은하기와 같이 구체적으로 예시될 수 있다.
- [0036] 기판으로는 통상적인 유기박막트랜지스터에 사용하는 n-형 실리콘을 사용하는 것이 바람직하다. 이 기판에는 게이트 전극의 기능이 포함되어 있다. 기판으로 n-형 실리콘외에 표면 평활성, 취급용이성 및 방수성이 우수한 유리기판 또는 투명한 플라스틱 기판을 사용할 수도 있다. 이 경우에는 게이트 전극이 기판위에 더해져야 한다. 기판으로서 채용가능한 물질로는 유리, 폴리에틸렌나프탈레이트(Polyethylenenaphthalate: PEN), 폴리에틸렌테레프탈레이트(Polyethylterephthalate: PET), 폴리카보네이트(Polycarbonate: PC), 폴리비닐알콜(Polyvinylalcohol: PVP), 폴리아크릴레이트(Polyacrylate), 폴리이미드(Polyimide), 폴리노르보넨(Polynorbornene) 및 폴리에테르설폰(Polyethersulfone: PES)로 예시될 수 있다.
- [0037] 상기 OTFT 소자를 구성하는 게이트 절연층으로서 통상적으로 사용되는 유전율이 큰 절연체를 사용할 수 있으며, 구체적으로 Ba_{0.33}Sr_{0.66}TiO₃(BST), Al₂O₃, Ta₂O₅, La₂O₅, Y₂O₃ 및 TiO₂로 이루어진 군으로부터 선택된 강유전성 절연체, PdZr_{0.33}Ti_{0.66}O₃(PZT), Bi₄Ti₃O₁₂, BaMgF₄, SrBi₂(TaNb)₂O₉, Ba(ZrTi)₃O₃(BZT), BaTiO₃, SrTiO₃, Bi₄Ti₃O₁₂, SiO₂, SiN_x 및 AlON로 이루어진 군으로부터 선택된 무기 절연체, 또는 폴리이미드(polyimide), BCB(benzocyclobutene), 파릴렌(parylene), 폴리아크릴레이트(polyacrylate), 폴리비닐알콜(polyvinylalcohol) 및 폴리비닐페놀(polyvinylphenol) 등의 유기 절연체를 사용할 수 있다.
- [0038] 본 발명의 유기 박막 트랜지스터의 구성은 기판/게이트전극/절연층/유기반도체층/소스, 드레인 전극의 탑-컨택트(top-contact) 뿐만 아니라 기판/게이트전극/절연층/소스, 드레인 전극/유기반도체층의 바텀-컨택트(bottom-contact)의 형태를 모두 포함한다. 또한 소스 및 드레인 전극과 유기반도체층 사이에 표면처리로서 HMDS(1,1,1,3,3,3-hexamethyldisilazane), OTS(octadecyltrichlorosilane) 또는 OTDS(octadecyltrichlorosilane)를 코팅하거나 하지 않을 수도 있다.
- [0039] 본 발명에 따른 다이케토피롤로피롤 중합체를 채용하는 유기반도체층은 진공 증착법, 스크린 인쇄법, 프린팅법,

스핀캐스팅법, 스핀코팅법, 딥핑법 또는 잉크분사법을 통하여 박막으로 형성될 수 있으며, 이 때, 상기 유기반도체층의 증착은 40 °C 이상에서 고온 용액을 이용하여 형성될 수 있고, 그 두께는 500 Å내외가 바람직하다.

[0040] 상기 게이트 전극 및 소스 및 드레인 전극은 전도성 물질이면 가능하나, 금(Au), 은(Ag), 알루미늄(Al), 니켈(Ni), 크롬(Cr) 및 인듐틴산화물(ITO)로 이루어진 군으로부터 선택된 물질로 형성되는 것이 바람직하다.

[0041] 또한, 본 발명에 따른 유기 전자 소자가 유기 태양 전지인 경우 제작 방법은 하기와 같이 구체적으로 예시될 수 있다.

[0042] 태양전지는 일반적으로 유리기판/투명전극(ITO)/정공수송층/활성층(전자주개/전자받개)/전자수송층/금속전극(Al)으로 이루어진다. 구동원리는 빛이 유리기판과 ITO, 정공수송층을 통과하여 활성층에 도달하게 되면 p타입(전자주개) n타입(전자받개) 사이에서 여기자(Exciton)가 발생하게 되고 n타입의 물질을 따라 전자가 뿔(호핑)을 통해 금속전극으로 이동하게 되고 남은 정공은 정공수송층을 통해 ITO층으로 이동하게 된다. 이렇게 분리된 전자와 정공은 전류와 전압을 발생시키게 되고 전력을 생성시키게 된다. 정공수송층은 PEDOT:PSS[폴리(3,4-에틸렌다이옥시티오펜)]:[폴리(스티렌설포네이트)]로 이루어져 있으며 전자가 양극인 ITO층으로 이동하는 것을 막아주면서 정공의 수송을 원활하게 도와준다. 또한 본 발명의 활성층은 보다 바람직하게 p타입과 n타입의 계면을 넓게 하는 괴상이종접합(bulk-heterojunction)으로 이루어져 있는 것이 좋으며 이를 통해 생성되는 여기자가 쉽게 전자와 정공으로 분리될 수 있다는 장점을 가지게 된다.

[0043] 상기 기판은 유리기판 이외에도 플라스틱 기판으로 폴리에틸렌테레프탈레이트(PET), 폴리에서술폰(PES) 등의 소재를 사용할 수 있다.

[0044] 본 발명에 따른 유기반도체 화합물을 사용하는 활성층은 스크린 인쇄법, 프린팅법, 스핀캐스팅법, 스핀코팅법, 딥핑법 또는 잉크분사법을 통하여 박막으로 형성될 수 있다.

[0045] 상기 금속 전극은 전도성 물질이면 가능하나, 금(Au), 은(Ag), 알루미늄(Al), 니켈(Ni), 크롬(Cr) 및 인듐틴산화물(ITO)로 이루어진 군으로부터 선택된 물질로 형성되는 것이 바람직하다.

[0046] 또한 투명전극은 제한이 있는 것은 아니나, ITO(인듐틴옥사이드), ZnO(아연옥사이드), MnO(망간옥사이드)등이 사용될 수 있다.

발명의 효과

[0047] 본 발명의 다이케토피롤로피롤 중합체는 전자 받개 물질 중 하나인 다이케토피롤로피롤 유도체와 전자 주개 물질인 티에노티오펜 또는 티에노셀레노펜이 교대로 중합되도록 구성되며, 전자 주개 물질인 티에노티오펜 또는 티에노셀레노펜의 도입으로 주 사슬의 공면성(coplanarity)을 증가시키고 확장된 공액 구조를 갖게 함으로서 높은 파이전자 겹침으로 인해 전자밀도를 향상시켜 분자간 상호작용을 높여주며 우수한 열적 안정성을 나타내게 된다.

[0048] 또한, 본 발명의 다이케토피롤로피롤 중합체는 HOMO값이 낮아지는 특성, 즉 반복단위체 내에서 전자 밀도가 증가하여 우수한 전하이동도와 산화안정성을 가지게 되어 유기 박막 트랜지스터의 유기 반도체층으로 매우 유용하게 활용될 수 있다.

[0049] 따라서 이들을 채용한 유기 박막 트랜지스터는 전하이동도 및 점멸비가 개선되며, 이러한 유기 박막 트랜지스터를 사용할 경우 우수한 효율 및 성능을 갖는 전자장치를 만드는 것이 가능하다. 이러한 유기박막트랜지스터는 진공증착이나 스핀코팅이나 프린팅 같은 용액 공정으로도 제조할 수 있어, 유기박막트랜지스터를 이용한 전자장치의 제조 비용을 절감할 수 있다.

[0050] 또한 본 발명의 다이케토피롤로피롤 중합체는 다른 전기특성에 영향을 주지 않으면서도 높은 용해도를 갖기 위해 다이케토피롤로피롤 유도체의 N에 치환된 치환체, 즉, 탄소수와 형태가 제한된 치환체를 도입하여 본 발명의 다이케토피롤로피롤 중합체를 포함하는 유기 전자 소자는 진공증착이나 스핀코팅이나 프린팅 같은 용액 공정으로도 제작이 가능하여 단순한 공정과 저렴한 비용으로 대면적 달성이 가능하다.

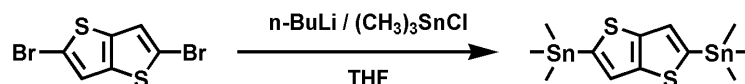
도면의 간단한 설명

- [0051] 도 1은 실시예 3에서 합성된 다이케토피롤로피롤 중합체(P29DPP-TT)의 용액상 및 필름상의 UV-vis 흡수 스펙트라이며,
- 도 2는 실시예 4에서 합성된 다이케토피롤로피롤 중합체(P29DPP-TSe)의 용액상 및 필름상의 UV-vis 흡수 스펙트라이며,
- 도 3은 실시예 3에서 합성된 다이케토피롤로피롤 중합체(P29DPP-TT)의 전기적 특성(cyclic voltammetry) 도면이며,
- 도 4는 실시예 4에서 합성된 다이케토피롤로피롤 중합체(P29DPP-TSe)의 전기적 특성(cyclic voltammetry) 도면이며,
- 도 5는 실시예 3에서 합성된 다이케토피롤로피롤 중합체(P29DPP-TT)의 열중량분석(TGA) 곡선이며,
- 도 6은 실시예 4에서 합성된 다이케토피롤로피롤 중합체(P29DPP-TSe)의 열중량분석(TGA) 곡선이며,
- 도 7은 실시예 3에서 합성된 다이케토피롤로피롤 중합체(P29DPP-TT)의 시차열량분석(DSC) 곡선이며,
- 도 8은 실시예 4에서 합성된 다이케토피롤로피롤 중합체(P29DPP-TSe)의 시차열량분석(DSC) 곡선이며,
- 도 9 및 도 10은 실시예 3에서 합성된 다이케토피롤로피롤 중합체(P29DPP-TT)를 이용하여 실시예 5의 방법으로 소자를 제작한 다음, 180℃ 열처리 후 소자의 특성(Transfer curve, Output curve)을 나타내는 도면이며,
- 도 11 및 도 12는 실시예 4에서 합성된 다이케토피롤로피롤 중합체(P29DPP-TSe)를 이용하여 실시예 5의 방법으로 소자를 제작한 다음, 180℃ 열처리 후 소자의 특성(Transfer curve, Output curve)을 나타내는 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0052] 본 발명은 하기의 실시예에 의하여 보다 명확히 이해될 수 있으며, 하기의 실시예는 본 발명의 예시 목적에 불과하며 발명의 영역을 제한하고자 하는 것은 아니다.

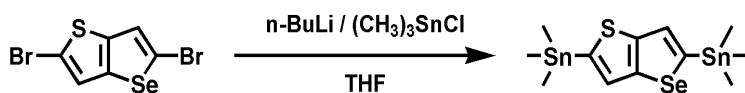
- [0053] [실시예 1] 2,5-비스(트라이메틸스탄닐)티에노[3,2-b]티오펜 (2,5-bis(trimethylstannyl)thieno[3,2-b]thiophene)의 제조



- [0054]
- [0055] 잘 건조시킨 100 mL 삼구 둥근 바닥 플라스크에 2,5-다이브로모티에노[3,2-b]티오펜 (2,5-dibromothiopheno[3,2-b]thiophene) (1.0 g, 3.355 mmol)를 넣고 THF (30 mL)에 녹였다. 온도를 -78℃로 낮추고 *n*-BuLi (2.5 M in hexane, 1.61 mL, 4.026 mmol)을 천천히 적가하고, 질소 기류 하에서 1 시간동안 교반하였다. 다시 온도를 -78℃로 낮추고 염화트리메틸주석 (trimethyltin chloride) (0.96 g, 4.832 mmol)을 천천히 적가하고 상온에서 2 시간동안 교반하였다. 상기 반응혼합물을 얼음물에 붓고, Et₂O로 추출하고 유기층을 물로 씻어준 다음, 무수 MgSO₄로 건조시킨 후 회전식 증발기를 사용하여 저온에서 용매를 제거하였다 메틸알콜로 재결정하여 필터로 걸러서 고체 형태로 목적화합물인 2,5-비스(트라이메틸스탄닐)티에노[3,2-b]티오펜을 1.25 g (79%)의 수득율로 얻었다.

- [0056] ¹H-NMR (300 MHz, CD₂Cl₂): δ 7.26 (s, 2 H), 0.53-0.32 (m, 18 H); EI, MS *m/z* (%): 465.84 (100, M⁺)

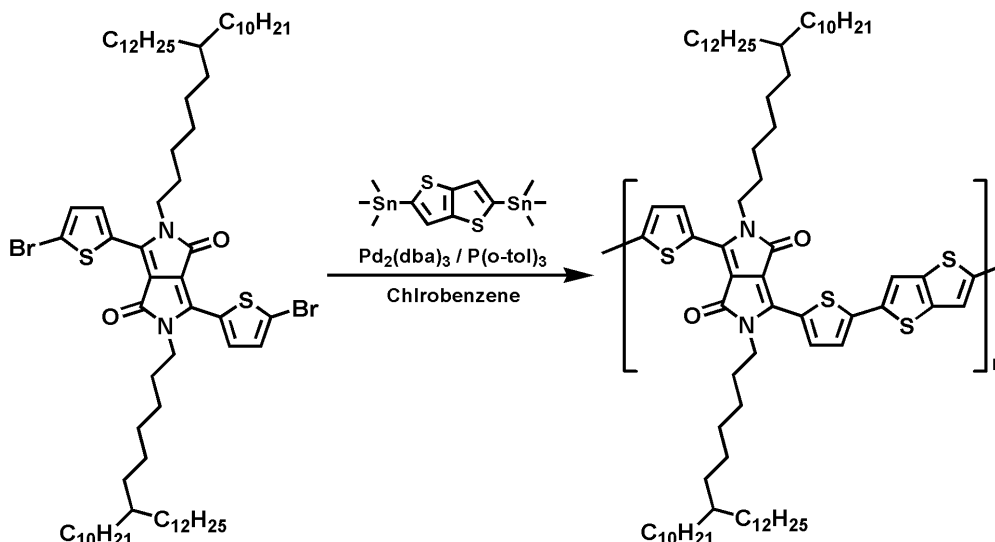
- [0057] [실시예 2] 셀레노페노[3,2-b]티오펜-2,5-다이일비스(트라이메틸스탄난) (selenopheno[3,2-b]thiophene-2,5-diylbis(trimethylstannane))의 제조



잘 건조시킨 100 mL 삼구 둥근 바닥 플라스크에 2,5-다이브로모셀레노페노[3,2-b]티오펜 (2,5-dibromoselenopheno[3,2-b]thiophene) (1.0 g, 2.899 mmol)를 넣고 THF (30 mL)에 녹였다. 온도를 -78°C 로 낮추고 *n*-BuLi (2.5 M in hexane, 1.39 mL, 3.479 mmol)을 천천히 적가하고, 질소 기류 하에서 1 시간동안 교반하였다. 다시 온도를 -78°C 로 낮추고 염화트리메틸주석 (trimethyltin chloride) (0.75 g, 3.769 mmol)을 천천히 적가하고 상온에서 2시간동안 교반하였다. 상기 반응혼합물을 얼음물에 붓고, Et₂O로 추출하고 유기층을 물로 씻어준 다음, 무수 MgSO₄로 건조시킨 후 회전식 증발기를 사용하여 저온에서 용매를 제거하였다 메틸알콜로 재결정하여 필터로 걸러서 고체 형태로 목적화합물인 셀레노페노[3,2-b]티오펜-2,5-다이일비스(트라이메틸스탄난)을 0.82 g (55%)의 수득율로 얻었다.

¹H-NMR (300 MHz, CD₂Cl₂): δ 7.81 (s, 1 H), 7.61 (s, 1 H), 0.54-0.32 (m, 18 H); EI, MS *m/z* (%): 512.73 (100, M⁺)

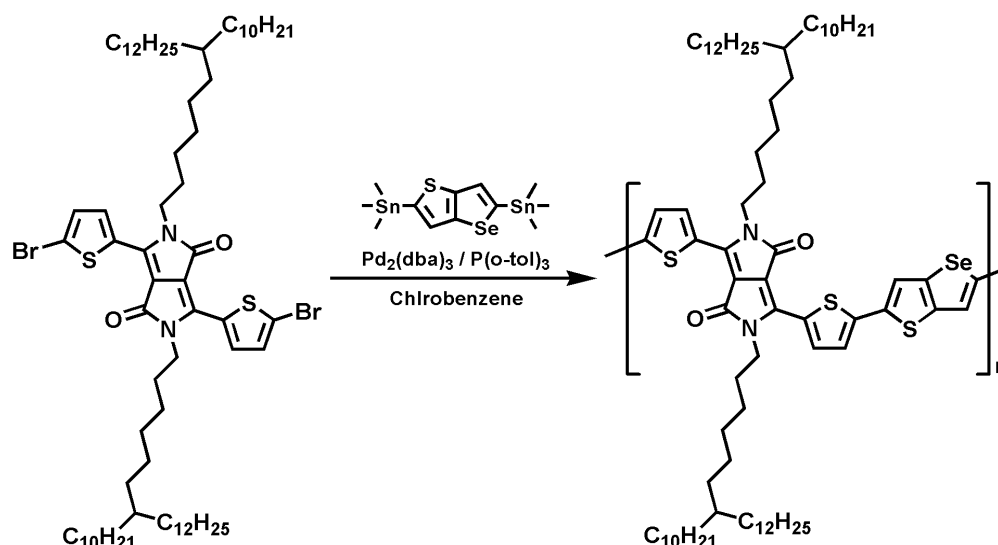
[실시예 3] P29DPP-TT 의 제조



상기 고분자인 P29DPP-TT는 스틸레(Stille) 커플링 반응을 통해 중합할 수 있다. 3,6-비스(5-브로모티오펜-2-일)-2,5-비스(7-데실노나데실)피롤로[3,4-c]피롤-1,4(2H,5H)-다이온 (3,6-bis(5-bromothiophen-2-yl)-2,5-bis(7-decylnonadecyl)pyrrolo[3,4-c]pyrrole-1,4(2H,5H)-dione) (0.50 g 0.0004 mol)과 2,5-비스(트라이메틸스탄닐)티오펜[3,2-b]티오펜 (실시예 1, 0.183 g 0.0004 mmol)을 클로로벤젠 (6 mL)에 녹이고 질소 치환을 실시하였다. 그 후에 촉매로 Pd₂(dba)₃ (0.007 mg, 2 mol%)와 p(o-tol)₃ (0.095 g, 8 mol%)을 넣고 110 $^{\circ}\text{C}$ 에서 48시간 동안 환류시켰다. 그리고 나서 말단기 반응을 종결시키기 위해서 2-브로모싸이오펜 (0.1 g)을 넣고 6시간 동안 환류시키고, 2-싸이오펜메틸틴 (0.1 g)을 넣어 6시간동안 환류시켰다. 그런 다음, 상기 반응용액을 메탄올 (300 mL)에 천천히 침전시키고 고체를 걸러냈다. 걸러낸 고체는 속실텀(sohxlet)을 통해 메탄올, 헥산, 톨루엔 및 클로로포름 순으로 정제되었다. 내려온 액체를 메탄올에 다시 침전시키고 필터를 통해 걸러낸 후 건조시켜 암녹색 고체의 표제 화합물인 P29DPP-TT를 얻었다(수득률 70%).

얻어진 양 0.39 g; Mn = 114,230; Mw = 217,810; PDI = 1.90; ¹H NMR (300 MHz, CDCl₃)[ppm]: 8.93(broad, 4H), 6.92-6.73(broad, 2H), 3.85(broad, 4H), 2.12(m 2H), 1.33-1.26(m, 76H), 1.07-0.89(m, 12H).

[실시예 4] P29DPP-TSe 의 제조



상기 고분자인 P29DPP-TSe는 스틸레(Stille) 커플링 반응을 통해 증합할 수 있다. 3,6-비스(5-브로모티오펜-2-일)-2,5-비스(7-데실노나데실)피롤로[3,4-c]피롤-1,4(2H,5H)-다이온 (3,6-bis(5-bromothiophen-2-yl)-2,5-bis(7-decylnonadecyl)pyrrolo[3,4-c]pyrrole-1,4(2H,5H)-dione) (0.50 g 0.0004 mol)과 셀레노페노[3,2-b]티오펜-2,5-다이일비스(트라이메틸스탄단) (실시예 2, 0.201 g 0.0004 mmol)을 클로로벤젠 (6 mL)에 녹이고 질소 치환을 실시하였다. 그 후에 촉매로 $\text{Pd}_2(\text{dba})_3$ (0.007 mg, 2 mol%)와 $\text{p}(\text{o-tol})_3$ (0.095 g, 8 mol%)을 넣고 110℃에서 48시간 동안 환류시켰다. 그리고 나서 말단기 반응을 종결시키기 위해서 2-브로모싸이오펜 (0.1 g)을 넣고 6시간 동안 환류시키고, 2-싸이오펜메틸틴 (0.1 g)을 넣어 6시간동안 환류시켰다. 그런 다음, 상기 반응용액을 메탄올 (300 mL)에 천천히 침전시키고 고체를 걸러냈다. 걸러낸 고체는 속실텟(sohxlet)을 통해 메탄올, 헥산, 톨루엔 및 클로로포름 순으로 정제되었다. 내려온 액체를 메탄올에 다시 침전시키고 필터를 통해 걸러낸 후 건조시켜 암녹색 고체의 표제 화합물인 P29DPP-TSe를 얻었다(수득률 65%).

얻어진 양 0.33 g; $M_n = 70,160$; $M_w = 120,060$; PDI = 1.72; ^1H NMR (300 MHz, CDCl_3) [ppm]: 8.94(broad, 4H), 6.98-6.85(broad, 2H), 3.79(broad, 4H), 2.15(m 2H), 1.32-1.26(m, 76H), 1.08-0.78(m, 12H).

또한, 상기 실시예 3 및 4에서 합성된 다이케토피롤로피롤 중합체(P29DPP-TT, P29DPP-TSe)의 용해도를 테스트 하기 위하여 하기의 방법으로 측정하였으며, 그 결과를 하기 표 1에 기재하였다.

용해도 테스트 실험 방법은 하기 표 1에 기재된 각각의 용매 1mL에 실시예 3 및 4에서 합성된 다이케토피롤로피롤 중합체(P29DPP-TT, P29DPP-TSe)를 각각 0.5wt%로 넣고 상온에서부터 서서히 150℃까지 가열을 한 뒤 용해된 정도를 측정하기 위하여 주사필터 (0.45마이크로 구경)에 통과시켜 주사필터 통과 유무를 확인하였다.

표 1

용해도 테스트 (0.5 중량%/mL)						
	아세톤	메탄올	THF	CHCl_3	클로로벤젠 (CB)	디클로로벤젠 (DCB)
P29DPP-TT (실시예 3)	X	X	△	o	o	o
P29DPP-TSe (실시예 4)	X	X	o	o	o	o

O : 가열하는 동안 모두 용해되고, 상온으로 냉각시켜도 모두 용해된 상태를 유지됨
 △ : 가열하는 동안 모두 용해되나, 상온으로 냉각시키면 고체로 석출됨
 X : 가열하는 동안 모두 용해되지 않고, 상온으로 냉각시켜도 용해되지 않음

[0072] 본 발명에 따른 다이케토피롤로피롤 중합체는 전자주게 모노머의 비대칭성으로 인하여 고분자 사슬 체인의 불규칙성이 증가하면서 용해도가 증가하였음을 알 수 있다.

[0073] [실시예 5] 유기전자소자 제작

[0074] OTFT 소자는 탑-컨택(Top-contact) 방식으로 제작하였으며, 100 nm의 n-doped silicon을 게이트로 사용하였으며 SiO₂를 절연체로 사용하였다. 표면처리는 piranha cleaning solution(H₂SO₄:2H₂O₂)을 사용하여 표면세척을 한 다음, Alfa사의 ODTs(octadecyltrichlorosilane)을 이용해 표면을 SAM(Self Assemble Monolayer)처리 한 후 사용하였다. 유기반도체층은 0.5 wt% chloroform solution을 spin-coater를 사용하여 2000 rpm의 속도로 1분간 코팅하였다. 유기 반도체 물질로는 상기 실시예 3 및 4에서 합성된 P29DPP-TT 및 P29DPP-TSe를 각각 사용하였다. 유기반도체층의 두께는 surface profiler (Alpha Step 500, Tencor)를 사용하여 50 nm로 확인하였다. 소스와 드레인으로 사용된 gold는 1 Å/s로 50 nm의 두께로 증착하였다. 채널의 길이는 100 μm 이며 폭은 1000 μm이다. OTFT의 특성의 측정은 Keithley 4800을 사용하였다.

[0075] 제작된 유기박막트랜지스터의 전하이동도는 하기 포화영역(saturation region) 전류식으로부터 $(I_{SD})^{1/2}$ 과 V_G 를 변수로 한 그래프를 얻고 그 기울기로부터 구하였다.

$$I_{SD} = \frac{WC_0}{2L} \mu (V_G - V_T)^2$$

$$\sqrt{I_{SD}} = \sqrt{\frac{\mu WC_0}{2L}} (V_G - V_T)$$

$$slope = \sqrt{\frac{\mu WC_0}{2L}}$$

$$\mu_{FET} = (slope)^2 \frac{2L}{WC_0}$$

[0076]

[0077] 상기 식에서, I_{SD} 는 소스-드레인 전류이고, μ 또는 μ_{FET} 는 전하이동도이며, C_0 는 산화막 정전용량이고, W 는 채널 폭이며, L 은 채널 길이이고, V_G 는 게이트 전압이며, V_T 는 문턱전압이다. 또한 차단 누설전류(I_{off})는 오프 상태일 때 흐르는 전류로서, 전류비에서 오프 상태에서 최소전류로 구하였다.

[0078] 상기 실시예 3 및 4에서 합성된 다이케토피롤로피롤 중합체(P29DPP-TT, P29DPP-TSe)의 광 흡수영역은 용액상태와 필름상태에서 측정하여 결과를 도 1 및 도 2에 도시하였다. 실시예 3 및 4에서 합성된 다이케토피롤로피롤 중합체(P29DPP-TT, P29DPP-TSe)의 전기화학적 특성을 분석하기 위해서 Bu₄NCIO₄(0.1 몰농도)의 용매 하에서 50 mV/s의 조건에서 싸이클로 볼타메트리(cyclic voltammetry)를 이용하여 측정한 결과를 도 3 및 도 4에 도시하였으며, 측정 시 카본 전극을 사용하여 코팅을 통해 전압을 인가하였다.

[0079] 하기 표 2에 실시예 3 및 4에서 합성된 다이케토피롤로피롤 중합체(P29DPP-TT, P29DPP-TSe)의 광학적 및 전기화학적 성질을 기재하였다. 여기서 HOMO값은 도 3 및 도 4에서 측정한 결과값을 이용하여 계산한 값이다. 또한 밴드갭은 필름상태에서 UV흡수광장에서 구하였다.

표 2

[0080]

고분자	광학적 특성				전기화학적 특성		
	UV-S(max) (nm)	UV-F(max) (nm)	UV-ann(max) (nm)	UV-edge (nm)	Band gap (optical) (eV)	LUMO (optical) (eV)	HOMO (electrochemical) (eV)
P29DPP-TT (실시예 3)	797 458	801 720(s) 457	802	954	1.31	-4.01	-5.31

P29DPP-TSe (실시예 4)	818 752	821 752	821	992	1.25	-4.17	-5.42
-----------------------	------------	------------	-----	-----	------	-------	-------

- [0081] 상기 표 2에서 보이는 바와 같이 본 발명의 다이케토피롤로피롤 중합체는 낮은 HOMO준위 값을 가져 높은 산화안정성을 가지며, 전자 주개-전자받개 (Donor-Acceptor) 고대 중합으로 확장된 공액구조와 전자주개의 푸즈아로마틱으로 인해 공면성을 증가시키며, 확장된 공액구조를 갖게 함으로 인하여 낮은 밴드갭을 가져 이를 함유하는 유기 전자 소자의 전하이동도가 높다.
- [0082] 도 5 및 도 6에서는 실시예 3 및 4에서 합성된 다이케토피롤로피롤 중합체(P29DPP-TT, P29DPP-TSe)의 분해온도를 TGA를 이용하여 측정한 결과를 도시한 것으로, 모두 열적안정성이 우수하다고 할 수 있다(P29DPP-TT 의 T_d 는 433 °C; P29DPP-TSe 의 T_d 는 439 °C).
- [0083] 도 7 및 도 8에서는 실시예 3 및 4에서 합성된 다이케토피롤로피롤 중합체(P29DPP-TT, P29DPP-TSe)에 대한 열적안정성을 측정하기 위해 DSC를 이용하여 측정한 결과를 도시한 것이다(P29DPP-TT 의 T_m 는 267 °C; P29DPP-TSe 의 T_m 는 242 °C).
- [0084] 도 5 내지 도 8에 도시된 바와 같이, 본 발명에서 합성된 유기 반도체 화합물은 열적안정성이 우수하며 풀림(annealing)을 하였을 때 전하이동도가 증가함을 알 수 있어 우수한 유기 전자 소자 재료임을 알 수 있다.
- [0085] 도 9 및 도 10은 실시예 3에서 합성된 다이케토피롤로피롤 중합체(P29DPP-TT)를 이용하여 실시예 5의 방법으로 소자를 제작한 다음, 180°C 열처리 후 소자의 transfer curve 및 out-put curve를 나타내는 도면으로, 고분자 재료의 유기 전자 소자 특성을 나타내는 도면이다.
- [0086] 도 11 및 도 12는 실시예 4에서 합성된 다이케토피롤로피롤 중합체(P29DPP-TSe)를 이용하여 실시예 5의 방법으로 소자를 제작한 다음, 180°C 열처리 후 소자의 transfer curve 및 out-put curve를 나타내는 도면으로, 고분자 재료의 유기 전자 소자 특성을 나타내는 도면이다.
- [0087] 도 9 내지 도 12에 도시된 바와 같이, 본 발명에서 합성된 유기 반도체 화합물은 180°C에서 풀림(annealing)을 하였을 때 전하이동도가 최대로 증가함을 알 수 있다. 이 결과로 180°C의 고온에서 잘 견디는 우수한 열적안정성을 가지는 재료임을 알 수 있다.
- [0088] 하기 표 3에 실시예 3 및 4에서 합성된 다이케토피롤로피롤 중합체(P29DPP-TT, P29DPP-TSe)를 이용하여 실시예 5에서 제작된 소자의 특성을 기재하였다.
- [0089] P29DPP-TT를 적용한 소자는 160 내지 200°C의 고온에서 풀림(annealing) 하였을 때 우수한 전하이동도 및 점멸비를 나타내었다. P29DPP-TSe를 적용한 소자는 180 내지 200°C의 고온에서 풀림(annealing) 하였을 때 우수한 전하이동도 및 점멸비를 나타내었다. 특히, P29DPP-TT를 적용한 소자는 풀림(annealing)의 온도가 180°C인 경우 풀림 전에 비해 약 4배 정도 전하이동도가 가장 높았고, P29DPP-TSe를 적용한 소자 역시 180°C의 풀림(annealing) 온도에서 가장 우수한 전하이동도를 보였다.

표 3

[0090]

고분자	열처리	표면개질	이동도 ($\text{cm}^2/(\text{V s})$)	점멸비 on/off 비율	문턱전압 (V)
P29DPP-TT (실시예 3)	상온	ODTS	1.22	6.09×10^3	4.14
	100°C	ODTS	1.27	1.04×10^4	4.53
	120°C	ODTS	1.32	1.31×10^4	2.51
	140°C	ODTS	1.48	7.03×10^4	3.64
	160°C	ODTS	4.49	7.97×10^4	2.51
	180°C	ODTS	4.87	1.19×10^4	2.18
	200°C	ODTS	4.43	1.26×10^4	2.31
	220°C	ODTS	3.55	1.55×10^4	3.07

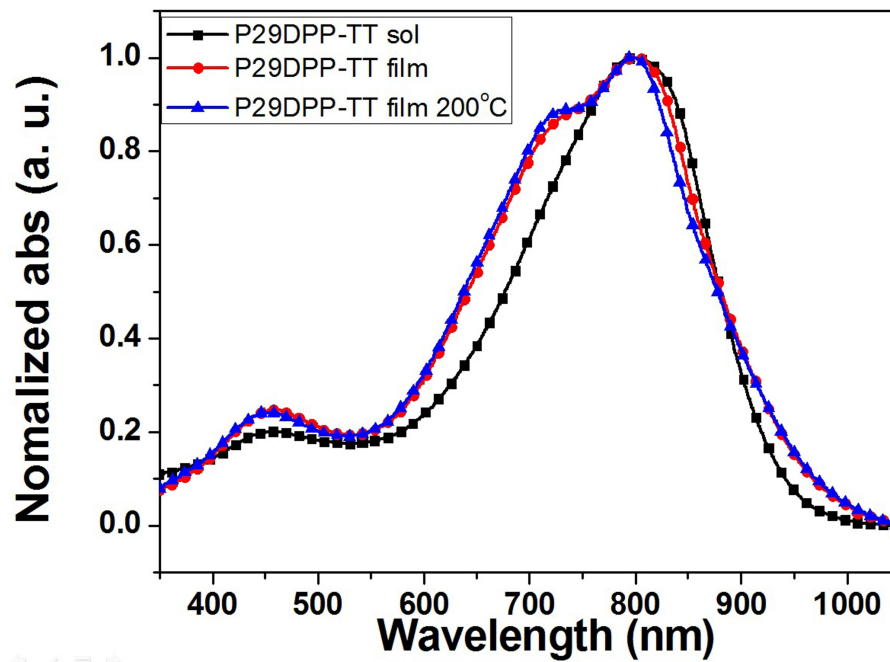
P29DPP-TSe (실시예 4)	상온	ODTS	1.35	4.2×10^4	10.3
	180 °C	ODTS	2.94	2.2×10^5	9.3
	200 °C	ODTS	2.67	3.49×10^4	10.2

[0091]

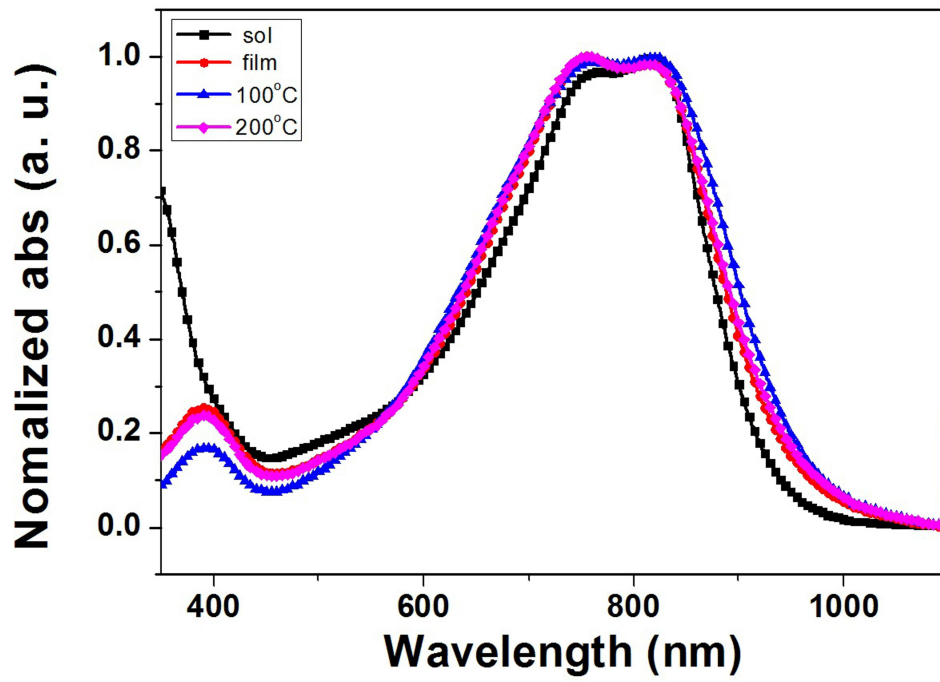
상기 표 3에서 보이는 바와 같이 실시예 5의 방법으로 제작하고 180 °C 열처리하여 제조된 유기 전자 소자는 본 발명의 다이케토피롤로피롤 중합체를 함유하여 높은 전하이동도를 가지며, 안정적인 점멸비를 가진다.

도면

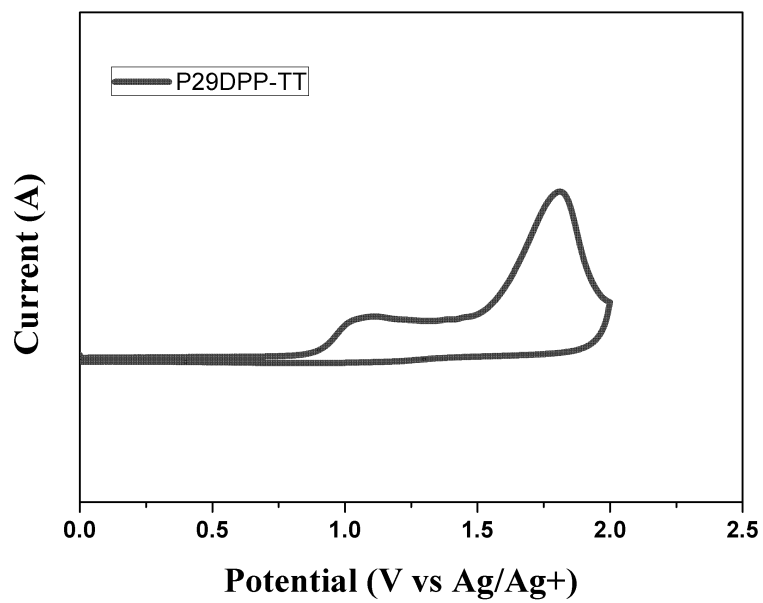
도면1



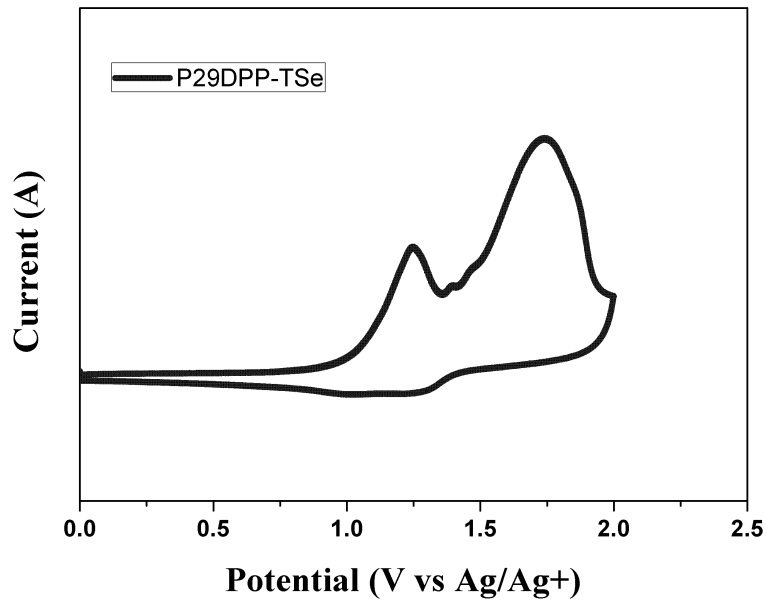
도면2



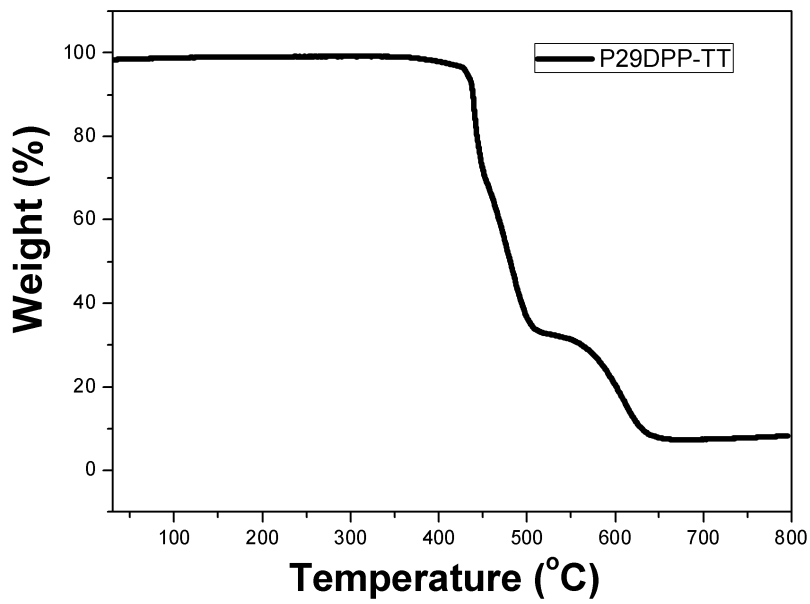
도면3



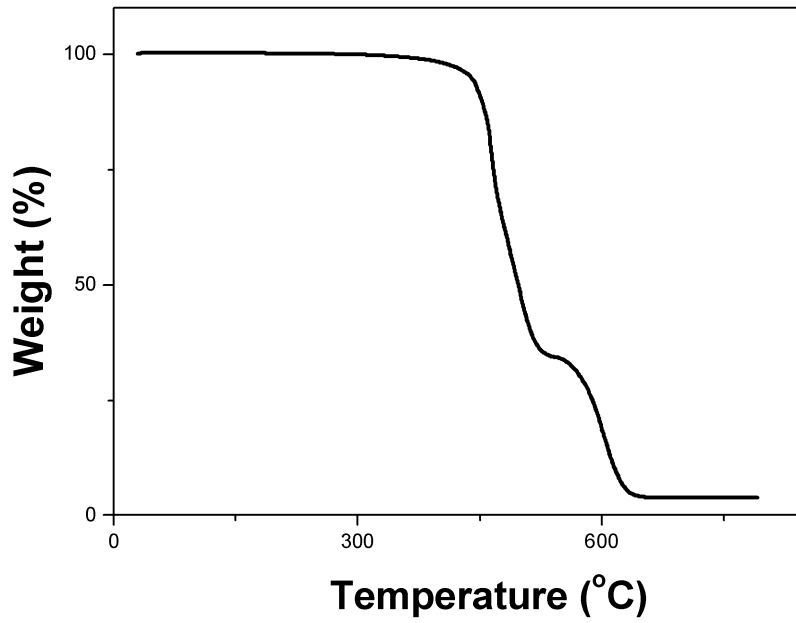
도면4



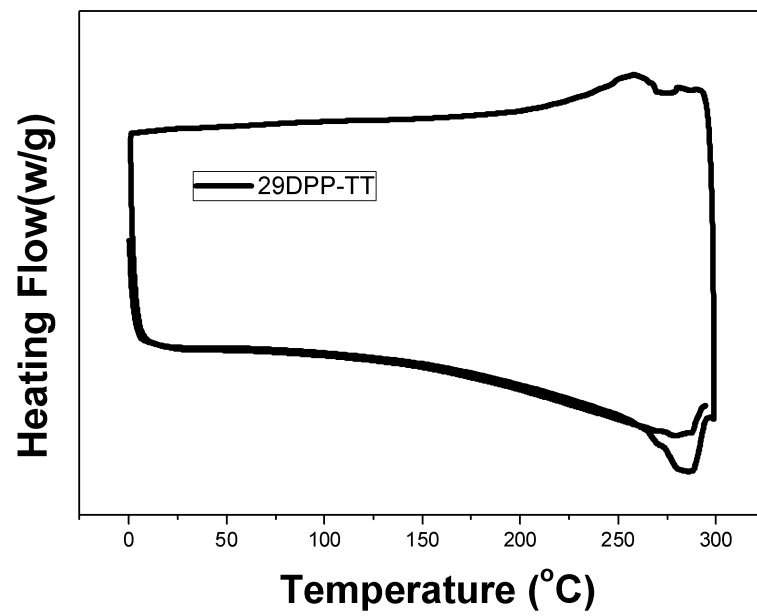
도면5



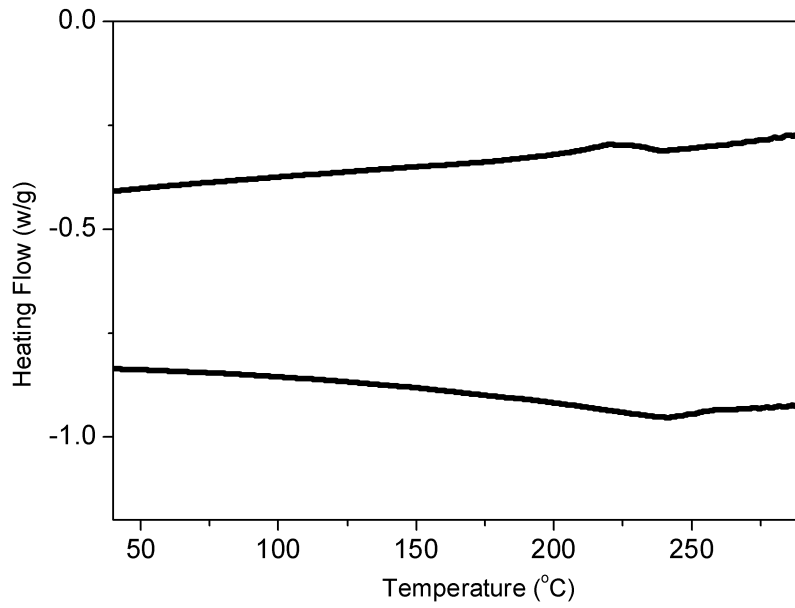
도면6



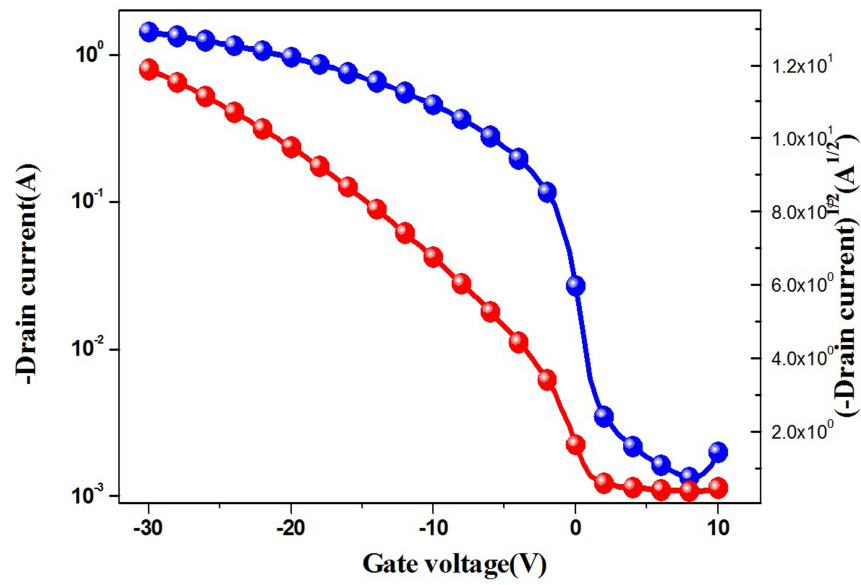
도면7



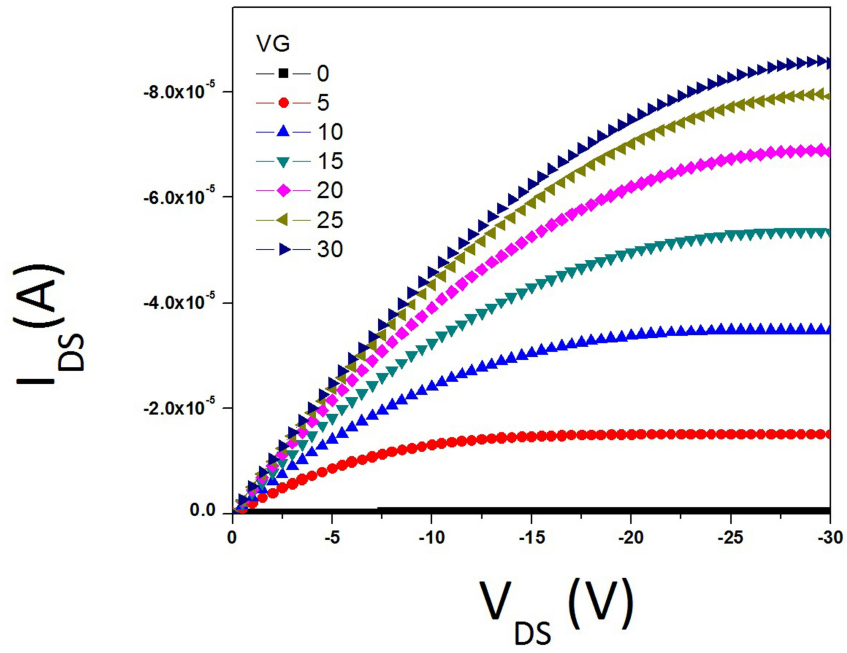
도면8



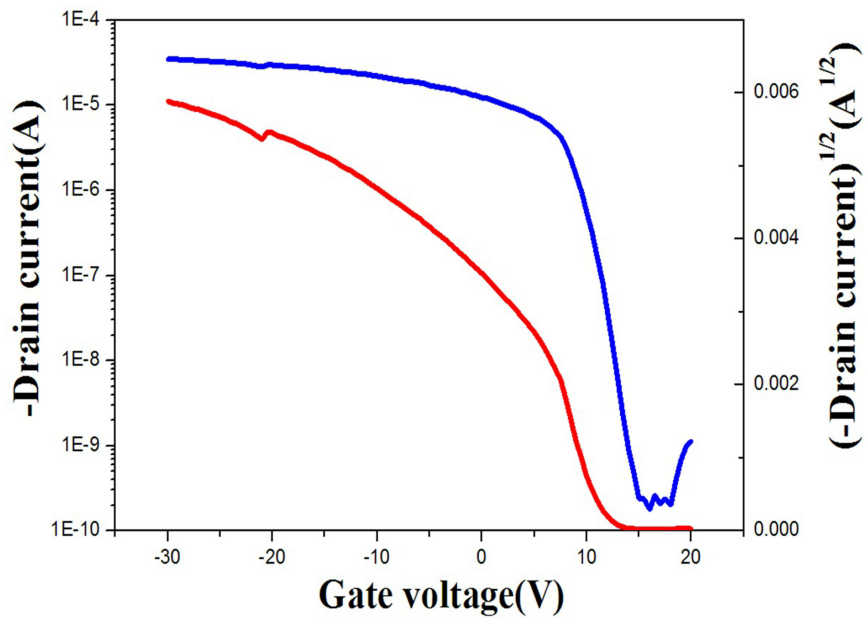
도면9



도면10



도면11



도면12

