



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2018-0115539
(43) 공개일자 2018년10월23일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
C08G 61/12 (2006.01) C08K 3/04 (2006.01)
C08K 5/19 (2006.01) H01L 51/05 (2006.01)
(52) CPC특허분류
C08G 61/126 (2013.01)
C08K 3/04 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2017-0047973
(22) 출원일자 2017년04월13일
심사청구일자 없음

(71) 출원인
광주과학기술원
광주광역시 북구 첨단과기로 123 (오룡동)
부경대학교 산학협력단
부산광역시 남구 신선로 365 (용당동,
부경대학교)
(72) 발명자
김동유
광주광역시 북구 첨단과기로 123(오룡동) 광주과
학기술원 신소재공학부
김지홍
광주광역시 북구 첨단과기로 123(오룡동) 광주과
학기술원 신소재공학부
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
특허법인이상

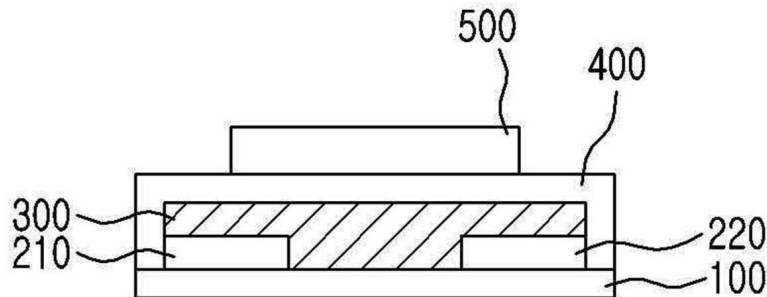
전체 청구항 수 : 총 11 항

(54) 발명의 명칭 도핑된 공액고분자 및 이를 포함하는 유기전계효과 트랜지스터

(57) 요약

도핑된 공액고분자 및 이를 포함하는 유기전계효과 트랜지스터를 제공한다. 상기 공액고분자는 도판트를 통해 N 타입으로 도핑된다. 상기 공액고분자는 N 채널층에 위치하며 유기전계효과 트랜지스터에 포함된다. 또한, 공액고분자에 카본나노튜브를 혼합하여 복합체를 형성하고 상기 복합체를 동일한 도판트를 이용하여 N 타입으로 도핑한 유기전계효과 트랜지스터를 더 포함한다. 따라서, 공액고분자 또는 상기 복합체는 도판트를 통해 N 타입으로 도핑되어 유기전계효과 트랜지스터의 전하이동성과 바이어스 안정성을 향상시킬 수 있다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

C08K 5/19 (2013.01)

H01L 51/0558 (2013.01)

C08G 2261/3229 (2013.01)

C08K 2201/011 (2013.01)

(72) 발명자

김동윤

광주광역시 북구 첨단과기로 123(오룡동) 광주과학기술원 신소재공학부

백강준

부산광역시 해운대구 마린시티1로 91 두산위브포세
이돈아파트 102동 308호

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 NN15500

부처명 미래창조과학부

연구관리전문기관 한국연구재단

연구사업명 도약연구지원

연구과제명 고성능 플라스틱 전자소자를 위한 다중인쇄공정 기반 기능성 공액고분자 박막제조 연구

기 여 율 1/1

주관기관 광주과학기술원

연구기간 2015.11.01 ~ 2016.10.31

명세서

청구범위

청구항 1

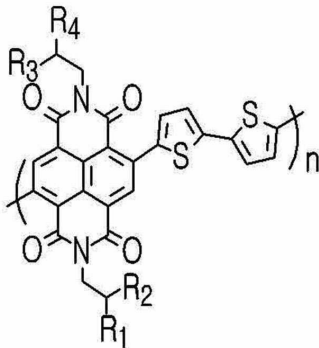
단일결합과 이중결합의 반복으로 형성되어 π -공액 구조를 갖는 공액고분자; 및

상기 공액고분자를 N 타입으로 도핑하기 위한 물질로 테트라 부틸 암모늄 유도체를 함유하는 도판트를 포함하는 것을 특징으로 하는 도핑된 공액고분자.

청구항 2

제1 항에 있어서, 상기 공액고분자는

<화학식 1>



상기 화학식 1에서 R_1 , R_2 , R_3 와 R_4 는 서로 독립적으로 수소, 탄소수 1 내지 1 내지 25의 알킬기, 탄소수 1 내지 25의 알콕시기 또는 탄소수 6 내지 30의 아릴기이고, n 은 1 내지 1000 중 어느 하나의 정수인 것을 특징으로 하는 도핑된 공액고분자.

청구항 3

제1 항에 있어서, 상기 테트라 부틸 암모늄 유도체를 함유하는 도판트는 테트라 부틸 암모늄(Tetrabutylammonium fluoride, TBAF) 또는 수산화 테트라 부틸 암모늄(Tetrabutylammonium hydroxide, TBAOH)인 것을 특징으로 하는 도핑된 공액고분자.

청구항 4

제1 항에 있어서, 상기 공액고분자는 카본나노튜브와 화학적으로 혼합되어 복합체를 이루는 것을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 도핑된 공액고분자.

청구항 5

제4 항에 있어서, 상기 카본나노튜브는 싱글 카본나노튜브(single-walled carbon nanotubes)인 것을 특징으로 하는 도핑된 공액고분자.

청구항 6

제4 항에 있어서, 상기 복합체의 공액고분자와 카본나노튜브를 몰비 2:1로 혼합되어 복합체를 형성하는 것을 특징으로 하는 도핑된 공액고분자.

청구항 7

기판;

상기 기판 상에 양측면에 대향하여 형성되는 소스 전극층과 드레인 전극층;

상기 소스 전극층과 드레인 전극층 일면에 전기적으로 연결되어 형성되고

단일결합과 이중결합의 반복으로 형성되어 π -공액 구조를 갖는 공액고분자 또는 상기 공액고분자에 카본나노튜브가 화학적으로 결합된 카본나노튜브 복합체는 테트라 부틸 암모늄 유도체를 함유하는 도판트에 의해 N 타입으로 도핑되어 전하전이가 향상된 N 채널층;

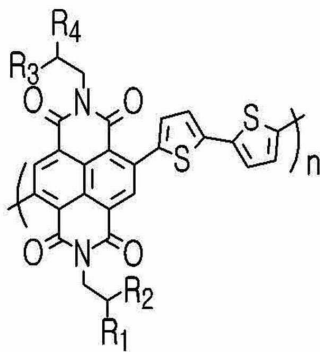
상기 N 채널층 상에 형성된 게이트 절연층; 및

상기 게이트 절연층 일면에 형성된 게이트층을 포함하는 유기전계효과 트랜지스터.

청구항 8

제7 항에 있어서, 상기 N 채널층에 상기 공액고분자는

<화학식 1>



상기 화학식 1에서 R_1 , R_2 , R_3 와 R_4 는 서로 독립적으로 수소, 탄소수 1 내지 1 내지 25의 알킬기, 탄소수 1 내지 25의 알콕시기 또는 탄소수 6 내지 30의 아릴기이고, n 은 1 내지 1000 중 어느 하나의 정수인 것을 특징으로 하는 유기전계효과 트랜지스터.

청구항 9

제7 항에 있어서, 상기 테트라 부틸 암모늄 유도체를 함유하는 도판트는 테트라 부틸 암모늄 (Tetrabutylammonium fluoride, TBAF) 또는 수산화 테트라 부틸 암모늄(Tetrabutylammonium hydroxide, TBAOH)인 것을 특징으로 하는 유기전계효과 트랜지스터.

청구항 10

제7 항에 있어서, 상기 N 채널층에서

상기 카본나노튜브는 싱글카본나노튜브(single-walled carbon nanotubes)인 것을 특징으로 하는 유기전계효과 트랜지스터.

청구항 11

제7 항에 있어서, 상기 N 채널층에서

상기 복합체는 공액고분자와 카본나노튜브 몰비 2:1로 혼합되어 화학적으로 결합되어 복합체를 형성하는 것을 특징으로 하는 유기전계효과 트랜지스터.

발명의 설명

기술 분야

본 발명은 유기전계효과 트랜지스터에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 도핑된 공액고분자 및 이를 포함하는 유기전계효과 트랜지스터에 관한 것이다.

[0001]

배경 기술

- [0002] 유기전계효과 트랜지스터(OFETs)는 경량이고, 저비용이면서 기계적 유연성을 가지고 있다. 특히, 비정질 Si-기반 FET보다 더 높은 이동성을 가지므로 많은 연구가 진행되고 있다. 특히, 전기적 특성의 개발과 관련하여 많은 연구가 진행되었는데, 최근 몇몇 유기 반도체의 이동성이 디스플레이 산업에서 사용되는 비정질 실리콘 박막 트랜지스터(Si-based FET)의 이동성을 초과하고 있다는 사실이 밝혀져, 대체가능 물질로써 많은 관심을 받게 되었다.
- [0003] 하지만, 유기전계효과 트랜지스터를 실제로 응용하는데 있어서, 작동 바이어스 및 장기적 안정성이 낮다는 큰 문제점들이 존재한다. 안정성은 유기 반도체층, 유전성, 유기 반도체층 유전층의 계면 및 유기 반도체층의 표면에 영향을 받는다. 이 중에서 가장 큰 영향을 미치는 것은 하이드록실 작용기(-OH)나 다른 이온성 불순물로부터 유도되는 전하 트랩핑 현상이다.
- [0004] 또한, 유기전계효과 트랜지스터는 지금까지의 비정질 실리콘 및 폴리실리콘을 이용한 박막 트랜지스터에 비하여 제조 공정이 간단하고, 저비용으로 생산할 수 있다는 장점을 가지고 있다. 특히, 유기물의 특성상 휨(구부러짐)이 가능하여 플렉시블(flexible) 디스플레이나, 전자소자의 구현을 위한 플라스틱 기관들과도 호환성이 뛰어나다. 하지만, 유기전계효과 트랜지스터는 전하의 이동도(Mobility)가 낮아, 이에 따른 상기 유기전계효과 트랜지스터의 성능 저하는 해결해야 할 문제점이다.

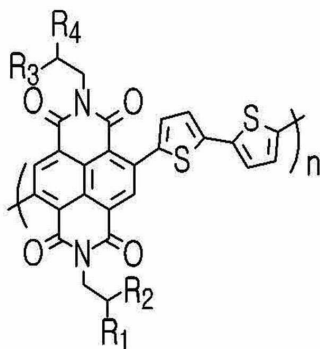
발명의 내용

해결하려는 과제

- [0005] 본 발명이 해결하고자 하는 제1과제는 도핑된 공액고분자를 제공하는데 있다.
- [0006] 본 발명이 해결하고자 하는 제2과제는 제1과제를 포함하는 유기전계효과 트랜지스터를 제공하는데 있다.
- [0007] 발명의 기술적 과제들은 이상에서 언급한 기술적 과제로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 기술적 과제들은 아래의 기재로부터 당업자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

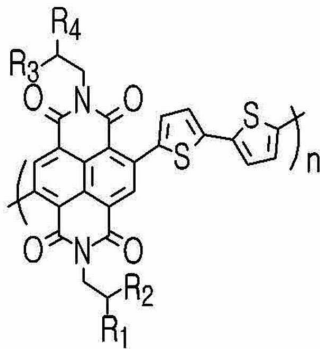
과제의 해결 수단

- [0008] 상기 과제를 해결하기 위한 본 발명의 일 측면은, 단일결합과 이중결합의 반복으로 형성되어 π -공액 구조를 갖는 공액고분자, 및 상기 공액고분자를 N 타입으로 도핑하기 위한 물질로 테트라 부틸 암모늄 유도체를 함유하는 도판트를 포함하는 것을 특징으로 하는 도핑된 공액고분자를 제공할 수 있다.
- [0009] 상기 공액고분자는
- [0010] <화학식 1>



- [0011]
- [0012] 상기 화학식 1에서 R_1 , R_2 , R_3 와 R_4 는 서로 독립적으로 수소, 탄소수 1 내지 1 내지 25의 알킬기, 탄소수 1 내지 25의 알콕시기 또는 탄소수 6 내지 30의 아릴기이고, n 은 1 내지 1000 중 어느 하나의 정수를 포함할 수 있다.
- [0013] 상기 테트라 부틸 암모늄 유도체를 함유하는 도판트는 테트라 부틸 암모늄(Tetrabutylammonium fluoride, TBAF) 또는 수산화 테트라 부틸 암모늄(Tetrabutylammonium hydroxide, TBAOH)인 것을 특징으로 하는 도핑된 공액고분자를 제공할 수 있다.

- [0014] 상기 공액고분자는 카본나노튜브와 화학적으로 혼합되어 복합체를 이루는 것을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 도핑된 공액고분자를 포함할 수 있다.
- [0015] 상기 카본나노튜브는 싱글 카본나노튜브(single-walled carbon nanotubes)인 것을 특징으로 하는 도핑된 공액고분자를 제공할 수 있다.
- [0016] 상기 복합체의 공액고분자와 카본나노튜브를 몰비 2:1로 혼합되어 복합체를 형성하는 것을 특징으로 하는 도핑된 공액고분자를 포함할 수 있다.
- [0017] 상기 과제를 해결하기 위한 본 발명의 다른 일 측면은, 기관, 상기 기관 상에 양측면에 대향하여 형성되는 소스 전극층과 드레인 전극층, 상기 소스 전극층과 드레인 전극층 일면에 전기적으로 연결되어 형성되고 단일결합과 이중결합의 반복으로 형성되어 π -공액 구조를 갖는 공액고분자 또는 상기 공액고분자에 카본나노튜브가 화학적으로 결합된 카본나노튜브 복합체는 테트라 부틸 암모늄 유도체를 함유하는 도판트에 의해 N 타입으로 도핑되어 전하전이가 향상된 N 채널층, 상기 N 채널층 상에 형성된 게이트 절연층, 및 상기 게이트 절연층 일면에 형성된 게이트층을 포함하는 유기전계효과 트랜지스터를 제공할 수 있다.
- [0018] 상기 N 채널층에 상기 공액고분자는
- [0019] <화학식 1>



- [0020]
- [0021] 상기 화학식 1에서 R_1 , R_2 , R_3 와 R_4 는 서로 독립적으로 수소, 탄소수 1 내지 1 내지 25의 알킬기, 탄소수 1 내지 25의 알콕시기 또는 탄소수 6 내지 30의 아릴기이고, n 은 1 내지 1000 중 어느 하나의 정수인 것을 특징으로 하는 유기전계효과 트랜지스터를 포함할 수 있다.
- [0022] 상기 테트라 부틸 암모늄 유도체를 함유하는 도판트는 테트라 부틸 암모늄(Tetrabutylammonium fluoride, TBAF) 또는 수산화 테트라 부틸 암모늄(Tetrabutylammonium hydroxide, TBAOH)인 것을 특징으로 하는 유기전계효과 트랜지스터를 제공할 수 있다.
- [0023] 상기 N 채널층에서 상기 카본나노튜브는 싱글카본나노튜브(single-walled carbon nanotubes)인 것을 특징으로 하는 유기전계효과 트랜지스터를 포함할 수 있다.
- [0024] 상기 N 채널층에서 상기 복합체는 공액고분자와 카본나노튜브 몰비 2:1로 혼합되어 화학적으로 결합되어 복합체를 형성하는 것을 특징으로 하는 유기전계효과 트랜지스터를 제공할 수 있다.

발명의 효과

- [0025] 상술한 바와 같이 본 발명에 따르면, 공액고분자 또는 공액고분자와 카본나노튜브를 화학적으로 결합시킨 복합체를 도판트를 이용하여 N 타입으로 도핑함으로써, 전하의 이동도가 향상된 유기전계효과 트랜지스터를 제공할 수 있다.
- [0026] 다만, 발명의 효과는 이상에서 언급한 효과로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 효과들은 아래의 기재로부터 당업자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

도면의 간단한 설명

- [0027] 도 1 내지 도 2는 본 발명의 실시예 1 또는 실시예 2에 따른 유기전계효과 트랜지스터를 도시한 단면도들이다. 도 3a 내지 3c는 본 발명의 실시예 1에 따른 제조예 1 내지 제조예 4 및 비교예 1에 유기전계효과 트랜지스터의

UPS 분석 그래프이다.

도 4는 본 발명의 실시예 1에 따른 제조예 1 내지 제조예 4 및 비교예 1에 유기전계효과 트랜지스터의 소자의 동작 및 전기적 특성 분석 그래프이다.

도 5는 본 발명의 실시예 1에 따른 제조예 1 내지 제조예 4 및 비교예 1에 유기전계효과 트랜지스터의 전하이동성 및 접촉 저항값을 분석한 그래프이다.

도 6a 내지 6b는 본 발명의 실시예 1에 따른 제조예 1 내지 제조예 4 및 비교예 1에 유기전계효과 트랜지스터의 Y-functions plots와 전하이동성을 분석한 그래프이다.

도 7a 내지 7b는 본 발명의 실시예 1에 따른 제조예 1 내지 제조예 4 및 비교예 1에 유기전계효과 트랜지스터의 Arrhenius plots을 분석한 그래프이다.

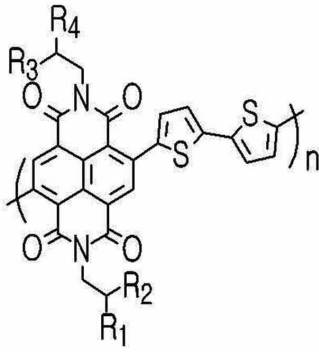
도 8은 본 발명의 실시예 1에 따른 제조예 2, 제조예 4 및 비교예 1에 유기전계효과 트랜지스터의 시간에 따른 전하이동성을 분석한 그래프이다.

도 9는 본 발명의 실시예 2에 따른 제조예 5, 제조예 6 및 비교예 2에 따른 유기전계효과 트랜지스터의 특성을 분석한 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0028] 이하 첨부된 도면을 참고하여 본 발명에 의한 실시예를 상세히 설명하면 다음과 같다.
- [0029] 본 발명의 실시형태는 여러 가지 다른 형태로 변형될 수 있으며, 본 발명의 범위가 이하 설명하는 실시 형태로 한정되는 것은 아니다. 또한, 본 발명의 실시형태는 당 기술 분야에서 평균적인 지식을 가진 자에게 본 발명을 더욱 완전하게 설명하기 위해서 제공되는 것이다. 따라서, 도면에서의 요소들의 형상 및 크기 등을 보다 명확한 설명을 위해 과장될 수 있으며, 도면상의 동일한 부호로 표시되는 요소는 동일한 요소이다.
- [0031] 본 발명은 공액고분자 또는 공액고분자와 카본나노튜브를 화학적으로 결합시킨 복합체를 도판트를 이용하여 N타입으로 도핑함으로써, 전하의 이동도가 향상된 유기전계효과 트랜지스터에 관한 것이다.
- [0032] 또한, 본 발명에 따른 유기전계효과 트랜지스터는 공액고분자 또는 공액고분자와 카본나노튜브가 화학적으로 결합되어 복합체를 형성하고 상기 고액고분자 및 상기 복합체를 도판트에 의해 N타입으로 도핑시켜 N 채널층을 형성함으로써 유기전계효과 트랜지스터의 전하이동도와 바이어스 안정성을 향상시키는 것을 특징으로 한다.
- [0034] 실시예 1
- [0035] 본 발명은 도핑된 공액고분자에 대하여 상세히 설명한다. 먼저, 공액고분자는 폴리플루오로에틸렌, 폴리노르보르넨, 폴리실록산, 폴리이미드, 폴리스티렌, 폴리카보네이트 및 이들의 유도체, 폴리아크릴산 유도체, 폴리메타크릴산 유도체, 및 이들을 포함하는 공중합체로 이루어지는 군에서 선택되는 하나일 수 있으며, 이외에도 공액고분자 재료로 사용될 수 있는 것이면, 그 종류를 한정하지 않는다.
- [0036] 다만, 상기 공액고분자는

[0037] <화학식 1>



[0038]

[0039] 상기 화학식 1에서 R_1 , R_2 , R_3 와 R_4 는 서로 독립적으로 수소, 탄소수 1 내지 1 내지 25의 알킬기, 탄소수 1 내지 25의 알콕시기 또는 탄소수 6 내지 30의 아릴기이고, n 은 1 내지 1000 중 어느 하나의 정수인 것이 바람직하다.

[0040] 상기 공액고분자 재료를 이용하면, 히스테리시스 및 임계값 전압 감소 효과가 보다 커지므로 상기 공액고분자를 사용하는 것이 바람직하다.

[0041] 그 밖에도, 공액고분자는 폴리아크릴산 유도체, 폴리메타크릴산 유도체, 또는 이들을 포함하는 공중합체로 사용할 수 있다.

[0042] 또한, 상기 공액고분자는 도판트에 의해 N 타입으로 도핑될 수 있다. 상기 도판트는 테트라 부틸 암모늄 (Tetrabutylammonium fluoride, TBAF) 또는 수산화 테트라 부틸 암모늄(Tetrabutylammonium hydroxide, TBAOH)중에 하나를 선택하여 사용할 수 있다.

[0043] 따라서, 공액고분자가 상기 도판트에 의해 N 타입으로 도핑되어 유기전계트랜지스터의 활성층에 형성되면 유기 전계효과 트랜지스터의 전하이동성을 향상시키고 히스테리시스를 대폭 개선시킬 수 있다.

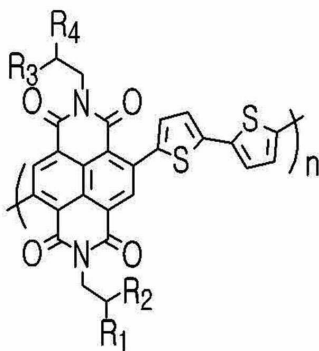
[0045] 실시예 2

[0046] 본 발명의 도핑된 카본나노튜브 복합체에 대하여 상세히 설명한다. 상기 카본나노튜브 복합체는 공액고분자와 카본나노튜브가 화학적으로 결합되어 형성된 복합체이다.

[0047] 먼저, 공액고분자는 폴리플루오로에틸렌, 폴리노르보르넨, 폴리실록산, 폴리이미드, 폴리스티렌, 폴리카보네이트 및 이들의 유도체, 폴리아크릴산 유도체, 폴리메타크릴산 유도체, 및 이들을 포함하는 공중합체로 이루어지는 군에서 선택되는 하나일 수 있으며, 이외에도 공액고분자 재료로 사용될 수 있는 것이면, 그 종류를 한정하지 않는다.

[0048] 다만, 상기 공액고분자는

[0049] <화학식 1>



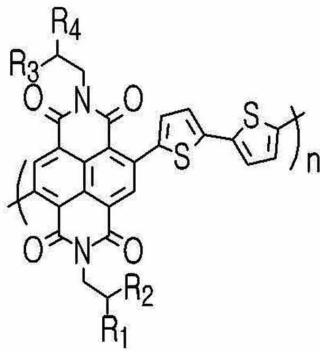
[0050]

[0051] 상기 화학식 1에서 R_1 , R_2 , R_3 와 R_4 는 서로 독립적으로 수소, 탄소수 1 내지 1 내지 25의 알킬기, 탄소수 1 내지

25의 알콕시기 또는 탄소수 6 내지 30의 아틸기이고, n은 1 내지 1000 중 어느 하나의 정수인 것이 바람직하다.

- [0052] 상기 공액고분자 재료를 이용하면, 히스테리시스 및 임계값 전압 감소 효과가 보다 커지므로 상기 공액고분자를 사용하는 것이 바람직하다.
- [0053] 그 밖에도, 공액고분자는 폴리아크릴산 유도체, 폴리메타크릴산 유도체, 또는 이들을 포함하는 공중합체로 사용할 수 있다.
- [0054] 또한, 상기 공액고분자와 카본나노튜브는 화학적으로 결합되어 복합체를 형성할 수 있다. 예컨대, 상기 카본나노튜브는 SWCNT(Single-Walled Carbon Nano Tube), DWCNT(Double-Walled Carbon Nano tube) 또는 MWCNT(Multi-Walled Carbon Nano Tube) 중 적어도 어느 하나를 포함할 수 있다. 아울러, 카본나노튜브의 표면의 적어도 일부에 공액고분자가 화학적으로 결합되어 카본나노튜브의 복합체를 형성할 수 있다. 예컨대, 카본나노튜브와 공액고분자를 결합시키는 방법으로는 용융한 공액고분자 중에 CNT를 첨가하여 혼합하는 방법, 공액고분자를 용매 중에 용해시키고, 이 중에 CNT를 첨가하여 혼합하는 방법, CNT를 용매 중에 초음파 등으로 예비 분산시켜 두고, 거기에 고분자를 첨가하여 혼합하는 방법, 용매 중에 공액고분자와 CNT를 넣고, 이 혼합계에 초음파를 조사하여 혼합하는 방법 중에 선택되는 한 개 또는 복수의 방법의 조합으로 결합시킬 수 있다.
- [0055] 또한, 카본나노튜브 복합체를 도판트를 이용하여 N 타입으로 도핑할 수 있다. 상기 도핑에 사용되는 상기 도판트는 테트라 부틸 암모늄(Tetrabutylammonium fluoride, TBAF) 또는 수산화 테트라 부틸 암모늄(Tetrabutylammonium hydroxide, TBAOH)중에서 하나를 선택하여 사용할 수 있다.
- [0056] 따라서, 공액고분자와 카본나노튜브가 화학적으로 결합되어 카본나노튜브 복합체를 형성하고 상기 복합체가 도판트에 의해 N 타입으로 도핑되어 유기전계효과 트랜지스터의 활성층에 형성되면 유기전계효과 트랜지스터의 전하이동성을 향상시키고 히스테리시스를 대폭 개선시킬 수 있다.
- [0058] 유기전계효과 트랜지스터
- [0059] 도 1 내지 도 2는 본 발명의 실시예 1 또는 실시예 2에 따른 유기전계효과 트랜지스터를 도시한 단면도들이다.
- [0060] 도 1을 참조하면, 기판(100) 상에 양 측면에 소스전극층(210) 및 드레인전극층(220), N 채널층(300), 게이트절연층(400), 게이트층(500)이 차례로 형성할 수 있다.
- [0061] 상기 기판(100)은 유기전자소자를 지지하기 위해 사용되는 것으로 광투과 전극으로 사용 가능한 것이면, 그 종류를 한정하지 않는다. 예컨대 상기 기판(100)은 유리, 석영, Al₂O₃ 및 SiC 등의 광투과성 무기물 기판 또는 PET(polyethylene terephthalate), PES(polyethersulfone), PS(polystyrene), PC(polycarbonate), PI(polyimide), PEN(polyethylene naphthalate) 및 PAR(polyarylate) 중에서 선택되는 하나일 수 있다. 또한, 기판(100) 상에 양측면에 배치된 소스전극층(210) 및 드레인전극층(220)은 N 채널층(300)과 전기적으로 연결되어, 상기 N 채널층(300)과 유기물질의 전기적 경로를 형성할 수 있다.
- [0062] 상기 N 채널층(300)은 실시예 1 또는 실시예 2를 통해 형성될 수 있다. 보다 상세하게, 상기 N 채널층(300)은 공액고분자가 도판트에 의해 N 타입으로 도핑되어 상기 N 채널층(300)에 박막을 형성할 수 있다. 또한, 상기 N 채널층(300)은 카본나노튜브와 공액고분자가 화학적으로 결합되어 복합체를 형성하고 상기 복합체가 도판트에 의해 N타입으로 도핑되어 N 채널층(300)을 형성할 수 있다.
- [0063] 아울러, 본 발명의 실시예 1 또는 실시예 2를 통해 상기 N 채널층(300)이 형성될 수 있다. 또한, 실시예 1 또는 실시예 2는 동일한 도판트에 의해 도핑될 수 있다.
- [0064] 공액고분자는 폴리플루오로에틸렌, 폴리노르보르넨, 폴리실록산, 폴리이미드, 폴리스티렌, 폴리카보네이트 및 이들의 유도체, 폴리아크릴산 유도체, 폴리메타크릴산 유도체, 및 이들을 포함하는 공중합체로 이루어지는 군에서 선택되는 하나일 수 있으며, 이외에도 공액고분자 재료로 사용될 수 있는 것이면, 그 종류를 한정하지 않는다.
- [0065] 다만, 상기 공액고분자는

[0066] <화학식 1>



[0067]

[0068] 상기 화학식 1에서 R_1 , R_2 , R_3 와 R_4 는 서로 독립적으로 수소, 탄소수 1 내지 1 내지 25의 알킬기, 탄소수 1 내지 25의 알콕시기 또는 탄소수 6 내지 30의 아릴기이고, n 은 1 내지 1000 중 어느 하나의 정수인 것이 바람직하다.

[0069] 또한, 상기 공액고분자 또는 카본나노튜브와 공액고분자가 화학적으로 결합되어 복합체를 형성하고 상기 복합체가 도판트에 의해 N타입으로 도핑되어 N 채널층(300)을 형성할 수 있다. 예컨대, 상기 도판트는 테트라 부틸 암모늄(Tetrabutylammonium fluoride, TBAF) 또는 수산화 테트라 부틸 암모늄(Tetrabutylammonium hydroxide, TBAOH)중에 하나를 선택하여 사용할 수 있다.

[0070] 다만, 공액고분자에 도입되는 상기 도판트의 함량은 상기 공액고분자를 기준으로 질량비 0.1 내지 0.5인 것이 바람직하다.

[0071] 또한, 실시예 2의 카본나노튜브는 SWCNT(Single-Walled Carbon Nano Tube), DWCNT(Double-Walled Carbon Nano tube) 또는 MWCNT(Multi-Walled Carbon Nano Tube) 중 적어도 어느 하나를 포함할 수 있다. 아울러, 카본나노튜브의 표면의 적어도 일부에 공액고분자가 화학적으로 결합되어 카본나노튜브의 복합체를 형성할 수 있다. 예컨대, 상기 카본나노튜브 복합체는 공액고분자와 카본나노튜브의 몰비 2:1로 혼합될 수 있다. 상기 카본나노튜브와 공액고분자를 결합시키는 방법으로는 용융한 공액고분자 중에 CNT를 첨가하여 혼합하는 방법, 공액고분자를 용매 중에 용해시키고, 이 중에 CNT를 첨가하여 혼합하는 방법, CNT를 용매 중에 초음파 등으로 예비 분산시켜 두고, 거기에 고분자를 첨가하여 혼합하는 방법, 용매 중에 공액고분자와 CNT를 넣고, 이 혼합계에 초음파를 조사하여 혼합하는 방법 중에 선택되는 한 개 또는 복수의 방법의 조합으로 결합시킬 수 있다.

[0072] 아울러, 단일결합과 이중결합의 반복으로 형성되어 π -공액 구조를 갖는 공액고분자 또는 상기 공액고분자에 카본나노튜브가 화학적으로 결합된 카본나노튜브 복합체는 테트라 부틸 암모늄 유도체를 함유하는 도판트에 의해 N 타입으로 도핑되어 전하전이가 향상된 N 채널층(300)을 형성할 수 있다.

[0073] 상기 N 채널층(300) 상에 게이트절연층(400)이 형성될 수 있으며, 상기 게이트절연층(400) 상에 게이트층(500)이 형성될 수 있다. 상기 게이트절연층(400)은 PI, 파릴렌(Parylene), PMMA, PVA, PVP 등의 절연성 유기물질로 형성될 수 있다. 또한, 상기 게이트절연층(400) 상에 형성된 상기 게이트층(500)은 PEDOT, PANI(Polyaniline), Polypyrrole, PI, 파릴렌(Parylene), PMMA(Polymethyl Methacrylate), PVA(Polyvinylalcohol) 또는 PVP(polyvinylphenol) 중에 어느하나를 선택하여 사용될 수 있다.

[0074] 도 2를 참조하면, 기판(100) 일면에 게이트층(500a), 게이트절연층(400a), N 채널층(300a), 상기 N 채널층(300a) 양측면에 소스전극층(210a) 및 드레인전극층(220a)을 차례로 형성할 수 있다.

[0075] 특히, 도 2는 도 1과 동일한 구성의 층을 포함한다. 특히, 도 2의 N 채널층(300a)은 도 1의 N 채널층(300)과 동일하게 형성된다. 다만, 게이트층(500) 또는 (500a)의 배치에 따라 N 채널층(300) 또는 (300a)이 다른 위치에 형성될 수 있다. 따라서, 도 1과 중복되는 설명은 생략한다.

[0076] 도 3a 내지 3c는 본 발명의 실시예 1에 따른 제조예 1 내지 제조예 4 및 비교예 1에 유기전계효과 트랜지스터의 UPS 분석 그래프이다.

[0077] 실시예 1에 따른 제조예 1 내지 제조예 4를 통해 제조된 것은 박막을 통해 활성층으로 형성된다. 상기 활성층은 도 1의 N 채널층(300) 또는 도 2의 N 채널층(300a)이다.

[0078] 또한, 제조예 1 내지 제조예 4는 동일한 제조방법과 동일한 조성물을 포함하여 제조된다. 다만, 사용되는 도판

트 종류 및 도판트 조성물이 상이하다.

- [0080] 제조예 1
- [0081] 도판트 TBAF 0.1% 첨가
- [0082] n형 공액고분자 P(NDI2OD-T2)를 p-xylene에 용해시켜 반도체성 n형 공액고분자 용액을 만든다. 상기 공액고분자 용액은 10 mg/ml의 농도로 제조한다. 또한, 2-ethoxyethanol에 소량의 도판트를 희석시켜 도판트 용액을 준비한다. 그 후 상기 반도체성 n형 공액고분자 용액에 상기 도판트 용액(TBAF)을 전체 질량비에 0.1%를 첨가하여 혼합시킨다. 상기 반도체성 n형 공액고분자 용액에 도판트를 소량 도입시켜 혼합하여 제조된 N 타입의 혼합된 용액을 활성층에 박막을 통해 형성시킨다.
- [0084] 제조예 2
- [0085] TBAF 0.5% 첨가
- [0086] n형 공액고분자 P(NDI2OD-T2)를 p-xylene에 용해시켜 반도체성 n형 공액고분자 용액을 만든다. 상기 공액고분자 용액은 10 mg/ml의 농도로 제조한다. 또한, 2-ethoxyethanol에 소량의 도판트를 희석시켜 도판트 용액을 준비한다. 그 후 상기 반도체성 n형 공액고분자 용액에 상기 도판트 용액(TBAF)을 전체 질량비에 0.5%를 첨가하여 혼합시킨다. 상기 반도체성 n형 공액고분자 용액에 도판트를 소량 도입시켜 혼합하여 제조된 N 타입의 혼합된 용액을 활성층에 박막을 통해 형성시킨다.
- [0088] 제조예 3
- [0089] TBAOH 0.1% 첨가
- [0090] n형 공액고분자 P(NDI2OD-T2)를 p-xylene에 용해시켜 반도체성 n형 공액고분자 용액을 만든다. 상기 공액고분자 용액은 10 mg/ml의 농도로 제조한다. 또한, 2-ethoxyethanol에 소량의 도판트를 희석시켜 도판트 용액을 준비한다. 그 후 상기 반도체성 n형 공액고분자 용액에 상기 도판트 용액(TBAOH)을 전체 질량비에 0.1%를 첨가하여 혼합시킨다. 상기 반도체성 n형 공액고분자 용액에 도판트를 소량 도입시켜 혼합하여 제조된 N 타입의 혼합된 용액을 활성층에 박막을 통해 형성시킨다.
- [0092] 제조예 4
- [0093] TBAOH 0.5% 첨가
- [0094] n형 공액고분자 P(NDI2OD-T2)를 p-xylene에 용해시켜 반도체성 n형 공액고분자 용액을 만든다. 상기 공액고분자 용액은 10 mg/ml의 농도로 제조한다. 또한, 2-ethoxyethanol에 소량의 도판트를 희석시켜 도판트 용액을 준비한다. 그 후 상기 반도체성 n형 공액고분자 용액에 상기 도판트 용액(TBAOH)을 전체 질량비에 0.5%를 첨가하여 혼합시킨다. 상기 반도체성 n형 공액고분자 용액에 도판트를 소량 도입시켜 혼합하여 제조된 N 타입의 혼합된 용액을 활성층에 박막을 통해 형성시킨다.
- [0096] 비교예 1
- [0097] n형 공액고분자 P(NDI2OD-T2)를 p-xylene에 용해시켜 반도체성 n형 공액고분자 용액을 만든다. 상기 공액고분자 용액은 10 mg/ml의 농도로 제조한다. 상기 반도체성 n형 공액고분자 용액을 활성층에 활성층에 박막을 통해 형성시킨다.
- [0098] 도 3a 내지 도3c를 참조하면, 실시예 1에 따른 제조예 1내지 제조예 4와 비교예 1의 유기전계효과 트랜지스터의 광전자분광기 그래프가 개시된다.
- [0099] 도 3a 내지 도 3c에 개시된 바, 가장 낮은 페르미 레벨 값을 가지는 것은 도핑되지 않은 비교예이며, TBA 염의 함량이 높을 수록 페르미 레벨 값이 향상되는 것을 확인할 수 있다.

- [0100] 아울러, 도핑을 하지 않은 비교예 1와 도판트에 의해 N 타입으로 도핑된 제조예들을 비교하며, 도판트에 의해 N 타입으로 도핑된 제조예들로 구성된 유기전계효과 트랜지스터의 전기적 특성이 향상되는 것을 확인할 수 있다.
- [0101] 따라서, 도판트에 의해 도핑된 제조예들과 도핑되지 않은 비교예들의 전기적 특성 비교는 도 3 내지 도 9에 확인된다.
- [0102] 도 4는 본 발명의 실시예 1에 따른 제조예 1 내지 제조예 4 및 비교예 1에 유기전계효과 트랜지스터의 소자의 동작 및 전기적 특성 분석 그래프이다
- [0103] 도 4를 참조하면, 본 발명의 실시예 1에 따른 제조예 1 내지 제조예 4 및 비교예 1에 유기전계효과 트랜지스터의 소자의 동작 및 전기적 특성 분석 그래프가 개시된다.
- [0104] 하기에 표 1은 도 4의 결과 값에 의해 작성된다.

표 1

도판트 특성	n-채널			p-채널		
	$\mu_{\text{sat,e}}$ [cm ² V ⁻¹ s ⁻¹]	V _{th,e} [V]	I _{on} /I _{off}	$\mu_{\text{sat,h}}$ [cm ² V ⁻¹ s ⁻¹]	V _{th,h} [V]	I _{on} /I _{off}
비교예 1	0.31 (±0.082)	15.9 (±2.34)	10 ³ ~10 ⁴	0.004 (±0.0017)	-53.9 (±3.48)	~10
제조예 1	0.53 (±0.26)	14.5 (±4.38)	10 ⁴ ~10 ⁵	0.0002 (±0.00032)	-37.8 (±15.07)	<10
제조예 2	0.67 (±0.18)	16.9 (±3.16)	10 ⁴ ~10 ⁵	-	-	-
제조예 3	0.30 (±0.19)	10.5 (±2.67)	10 ⁴ ~10 ⁵	0.0002 (±0.00012)	-40.7 (±21.35)	<10
제조예 4	0.41 (±0.15)	13.0 (±2.25)	10 ⁴ ~10 ⁵	0.0001 (±0.00011)	-38.7 (±18.86)	<10

- [0106] 표 1를 참조하면, 테트라 부틸 암모늄(Tetrabutylammonium fluoride, TBAF) 또는 수산화 테트라 부틸 암모늄(Tetrabutylammonium hydroxide, TBAOH)의 도핑으로 인하여 유기전계효과 트랜지스터의 전기적 특성이 향상되는 것을 확인할 수 있다.
- [0107] 도 5는 본 발명의 실시예 1에 따른 제조예 1 내지 제조예 4 및 비교예 1에 유기전계효과 트랜지스터의 전하이동성 및 접촉 저항값을 분석한 그래프이다.
- [0108] 도 5를 참조하면, 전하이동도가 증가하고 접촉저항이 감소함에 따라, 드레인 전류 레벨이 증가하는 것을 확인할 수 있다. 또한, 도핑된 제조예들과 도핑되지 않은 비교예 1를 비교하면, 도핑에 의해 전자 이동도가 향상되는 것을 확인할 수 있다.
- [0109] 도 6a 내지 6b는 본 발명의 실시예 1에 따른 제조예 1 내지 제조예 4 및 비교예 1에 유기전계효과 트랜지스터의 Y-functions plots와 전하이동성을 분석한 그래프이다.
- [0110] 도 6를 참조하면, 실시예 1에 따른 제조예 1 내지 제조예 4 및 비교예 1에 따른 유기전계효과 트랜지스터의 Y-functions plots와 전하이동성을 분석한 그래프가 개시된다.
- [0111] 하기에 표 2은 도 6의 결과 값에 의해 작성된다.

표 2

Doping Conc. [wt%, MR]	비교예 1	제조예 1	제조예 2	제조예 3	제조예 4
μ_0 [cm ² /Vs]	0.90	2.63	3.13	2.07	2.68
R _c [kΩ]	128	19.1	12.8	20.5	14.7

- [0113] 표 2를 참조하면, 테트라 부틸 암모늄(Tetrabutylammonium fluoride, TBAF) 또는 수산화 테트라 부틸 암모늄(Tetrabutylammonium hydroxide, TBAOH)의 도핑으로 인하여 유기전계효과 트랜지스터의 접촉 저항이 감소되고 전하 이동성이 향상되어 전기적 특성이 향상되는 것을 확인할 수 있다.
- [0114] 도 7a 내지 7b는 본 발명의 실시예 1에 따른 제조예 1 내지 제조예 4 및 비교예 1에 유기전계효과 트랜지스터의 Arrhenius plots을 분석한 그래프이다.
- [0115] 도 7a 내지 7b를 참조하면, 실시예 1에 따른 제조예 1 내지 제조예 4 및 비교예 1를 비교하면 명백히 다른 활성화 에너지를 확인할 수 있다. 비교예 1에 비하여 제조예들의 경우 내부의 전하량의 증가와 이에 따라 전하 이동에 필요한 활성화 에너지가 감소함을 확인할 수 있다. 또한, 300 K 내지 190 K에서 더 높은 열 에너지로 인하여 전하 이동성이 더 향상되는 것을 확인할 수 있다.
- [0116] 도 8은 본 발명의 실시예 1에 따른 제조예 2, 제조예 4 및 비교예 1에 유기전계효과 트랜지스터의 시간에 따른 전하이동성을 분석한 그래프이다.
- [0117] 도 8을 참조하면, 공기 중 노출시간의 흐름에 따른 전하이동성을 분석하면 도핑되지 않은 비교예 1의 경우, 전하 이동성이 감소하기 때문에 비교예의 유기전계효과 트랜지스터는 매우 불안정한 상태이다. 반면, 도핑된 제조예들은 2일 내지 40일동안의 전하 이동성이 유지된다. 또한, 도핑되지 않은 비교예 1보다 도핑된 제조예들의 전하이동성이 향상된 상태로 40일까지 유지되는 것을 확인할 수 있다.
- [0118] 도 9은 본 발명의 실시예 2에 따른 제조예 5, 제조예 6 및 비교예 2에 따른 유기전계효과 트랜지스터의 특성을 분석한 그래프이다.
- [0119] 도 9을 참조하면, 실시예 2는 공액고분자와 카본나노튜브의 복합체 및 상기 복합체를 도판트에 의해 N 타입으로 도핑하는 것이며, 비교예 2는 도핑되지 않은 공액고분자와 카본나노튜브의 복합체이며, 실시예 2와 비교예 2의 유기전계효과 트랜지스터의 특성 그래프가 개시된다.
- [0121] 비교예 2
- [0122] 비정제 카본나노튜브와 공 고분자 P(NDI2OD-T2)를 toluene에 넣어준 후 750 W의 초음파를 이용하여 50 ° C에서 1시간 조사하여 준다. 그 후, 초음파를 조사한 용액을 원심분리기를 이용하여 카본나노튜브와 공액고분자 복합체가 분산되어 있는 용액만 분리시킨다. 선택적으로 분리된 용액을 이용하여 카본나노튜브 복합체를 활성층에 박막을 형성시킨다.
- [0124] 비교예 3
- [0125] 비정제 카본나노튜브와 공액고분자 rr-P3DDT를 toluene에 넣어준 후 750 W의 초음파를 이용하여 50 ° C에서 1시간 조사하여 준다. 그 후, 초음파를 조사한 용액을 원심분리기를 이용하여 카본나노튜브와 공액고분자 복합체가 분산되어 있는 용액만 분리시킨다. 선택적으로 분리된 용액을 이용하여 카본나노튜브 복합체를 활성층에 박막을 형성시킨다.
- [0127] 제조예 5
- [0128] 비정제 카본나노튜브와 공액고분자 P(NDI2OD-T2)를 toluene에 넣어준 후 750 W의 초음파를 이용하여 50 ° C에서 1시간 조사하여 준다. 그 후, 초음파를 조사한 용액을 원심분리기를 이용하여 카본나노튜브와 공액고분자 복합체가 분산되어 있는 용액만 분리시킨다. 따라서, 상기 복합체만 분리된 용액을 소량의 도판트 TBAF를 2-ethoxyethanol에 희석 시킨 도판트 용액으로 코팅하여 도핑과정을 진행한다.
- [0130] 제조예 6
- [0131] 비정제 카본나노튜브와 공액고분자 P(NDI2OD-T2)를 toluene에 넣어준 후 750 W의 초음파를 이용하여 50 ° C에서 1시간 조사하여 준다. 그 후, 초음파를 조사한 용액을 원심분리기를 이용하여 카본나노튜브와 공액고분자 복합

체가 분산되어 있는 용액만 분리시킨다. 따라서, 상기 복합체만 분리된 용액을 소량의 도판트 TBAOH를 2-ethoxyethanol에 희석 시킨 도판트 용액으로 코팅하여 도핑과정을 진행한다.

제조예 7

비정제 카본나노튜브와 공액고분자 rr-P3DDT를 toluene에 넣어준 후 750 W의 초음파를 이용하여 50 ° C에서 1시간 조사하여 준다. 그 후, 초음파를 조사한 용액을 원심분리기를 이용하여 카본나노튜브와 공액고분자 복합체가 분산되어 있는 용액만 분리시킨다. 따라서, 상기 복합체만 분리된 용액을 소량의 도판트 TBAOH를 2-ethoxyethanol에 희석 시킨 도판트 용액으로 코팅하여 도핑과정을 진행한다.

제조예 8

비정제 카본나노튜브와 공액고분자 rr-P3DDT를 toluene에 넣어준 후 750 W의 초음파를 이용하여 50 ° C에서 1시간 조사하여 준다. 그 후, 초음파를 조사한 용액을 원심분리기를 이용하여 카본나노튜브와 공액고분자 복합체가 분산되어 있는 용액만 분리시킨다. 따라서, 상기 복합체만 분리된 용액을 소량의 도판트 TBAOH를 2-ethoxyethanol에 희석 시킨 도판트 용액으로 코팅하여 도핑과정을 진행한다.

하기에 표 3은 도 9의 결과 값에 의해 작성된다.

표 3

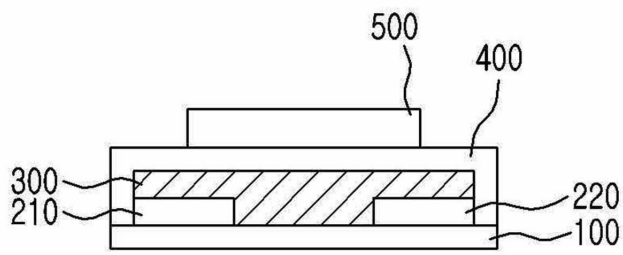
CNT Wrapping Polymer	Dopant	n-channel			p-channel		
		$\mu_{sat,e}$ [cm ² /Vs]	$V_{th,e}$ [V]	I_{on}/I_{off} (± 5 V)	$\mu_{sat,h}$ [cm ² /Vs]	$V_{th,h}$ [V]	I_{on}/I_{off} (± 5 V)
공액고분자	비교예 2	0.65 (± 0.13)	4.81 (± 0.97)	$\sim 10^3$	0.78 (± 0.40)	-22.6 (± 0.92)	$\sim 10^3$
	제조예 5	2.15 (± 0.56)	-10.0 (± 1.16)	$\sim 10^2$	-	-	-
	제조예 6	1.80 (± 0.29)	-12.0 (± 2.21)	$\sim 10^2$	-	-	-
P3DDT	비교예 3	0.08 (± 0.01)	26.6 (± 4.60)	$10^2 \sim 10^3$	0.73 (± 0.17)	-18.9 (± 2.45)	$10^2 \sim 10^3$
	제조예 7	0.28 (± 0.02)	0.35 (± 2.72)	$\sim 10^3$	-	-	-
	제조예 8	0.25 (± 0.04)	4.00 (± 4.14)	$\sim 10^3$	-	-	-

표 3을 참조하면, 공액고분자와 카본나노튜브를 혼합하여 복합체를 제조하고 도판트를 이용하여 상기 복합체를 도핑함으로써, 유기전계효과 트랜지스터의 전하이동성과 바이어스 안정성을 향상시킬 수 있다.

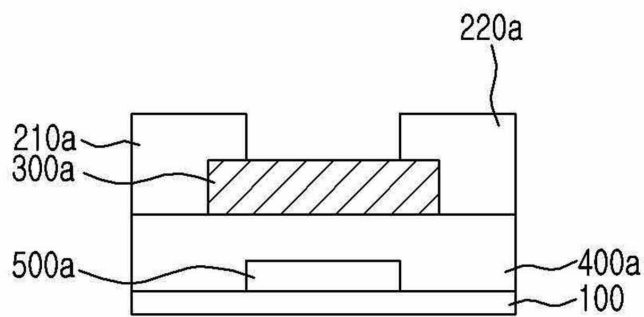
따라서, 공액고분자 및 공액고분자와 카본나노튜브를 혼합한 복합체에 도판트를 이용하여 도핑함으로써, 도핑하지 않은 유기전계효과 트랜지스터보다 전하이동성과 바이어스 안정성을 향상시킬 수 있다.

도면

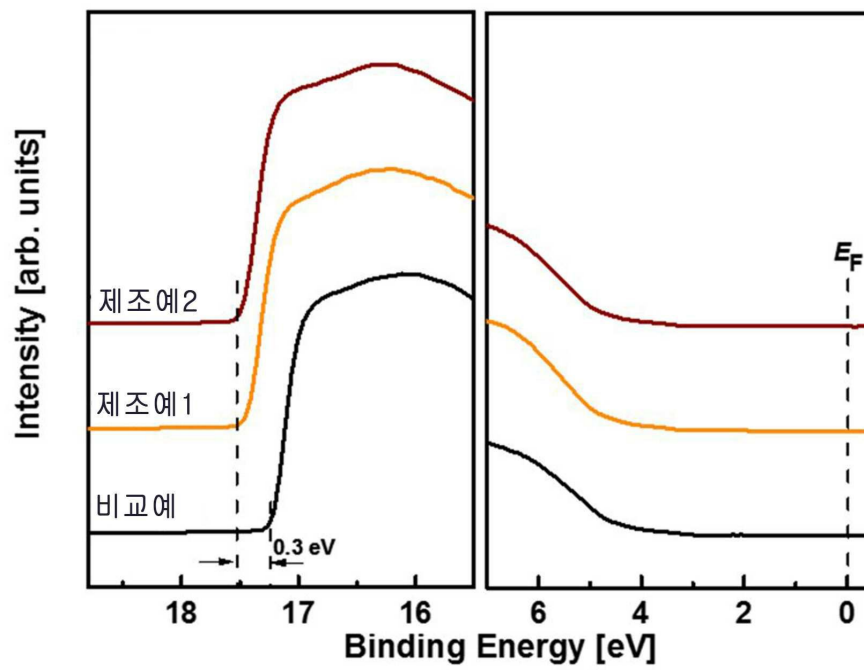
도면1



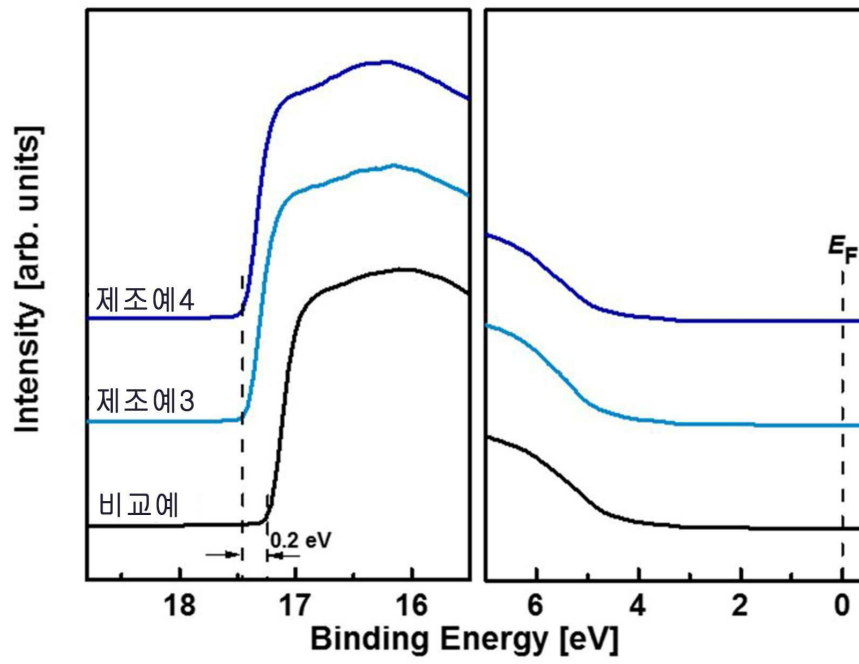
도면2



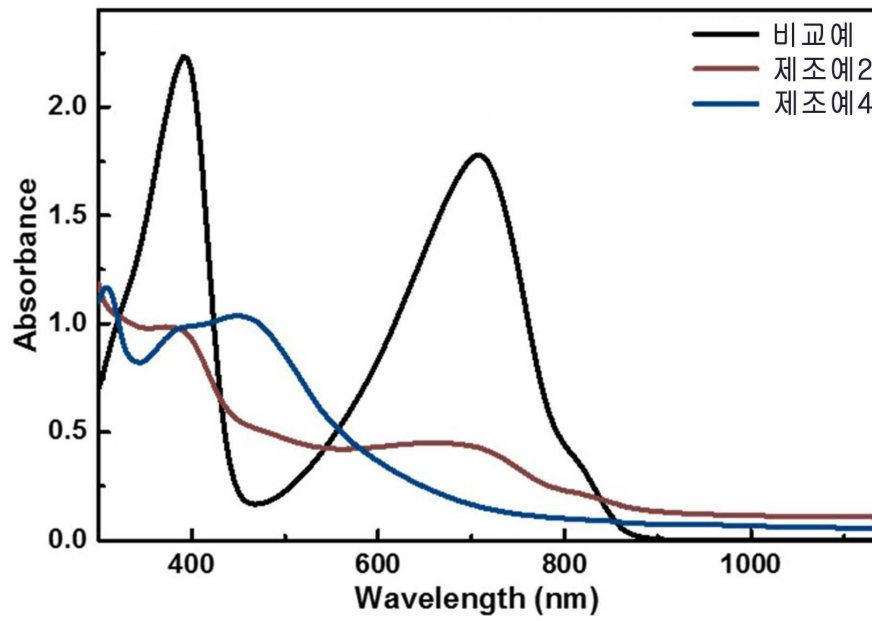
도면3a



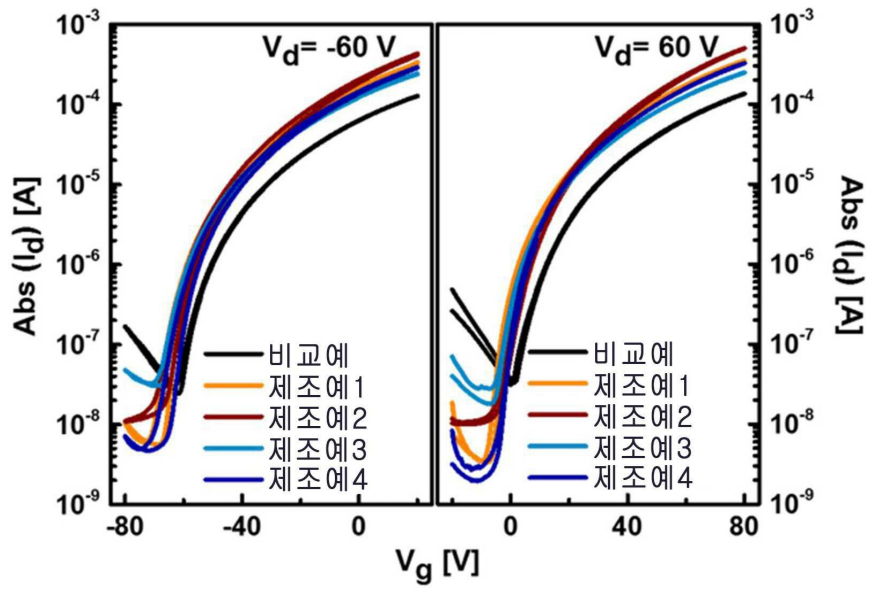
도면3b



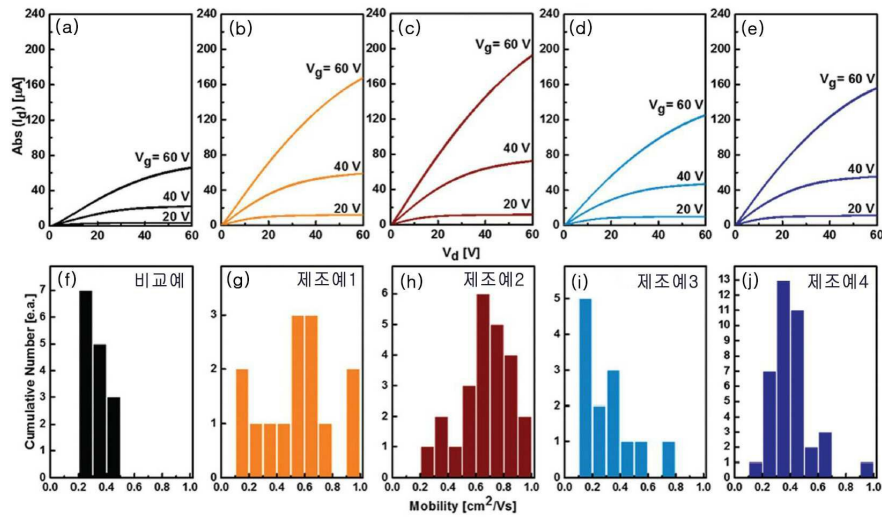
도면3c



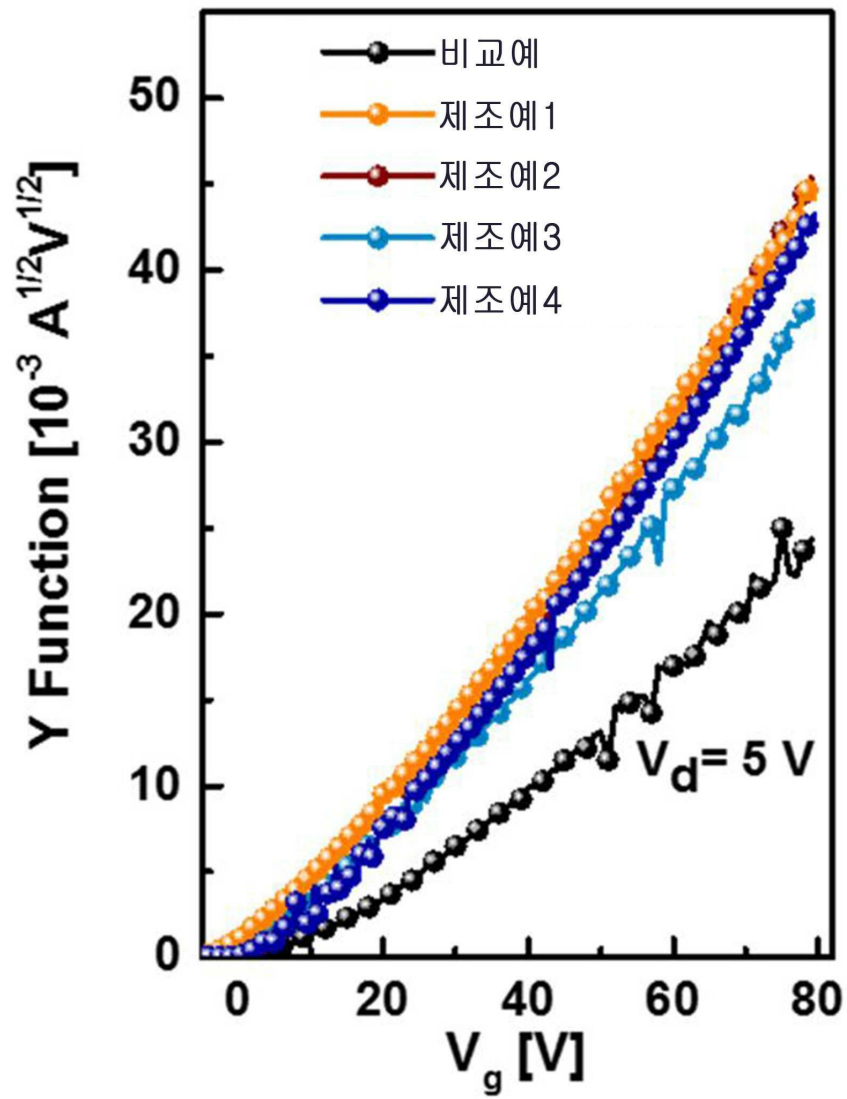
도면4



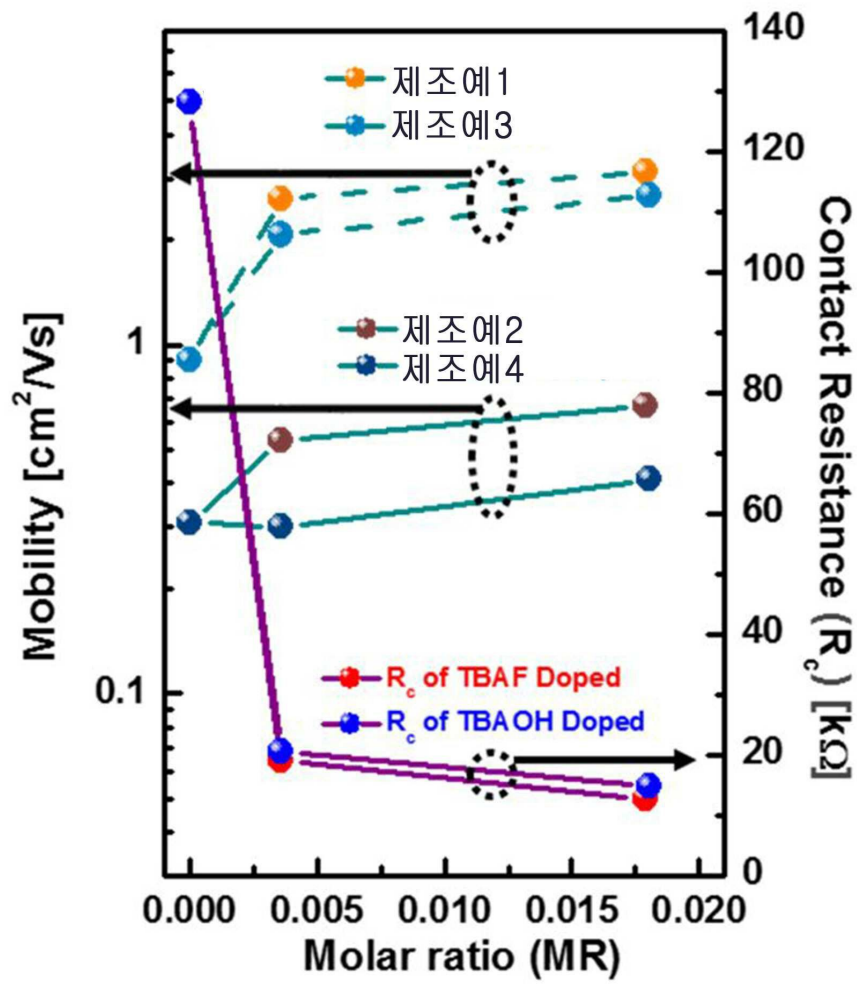
도면5



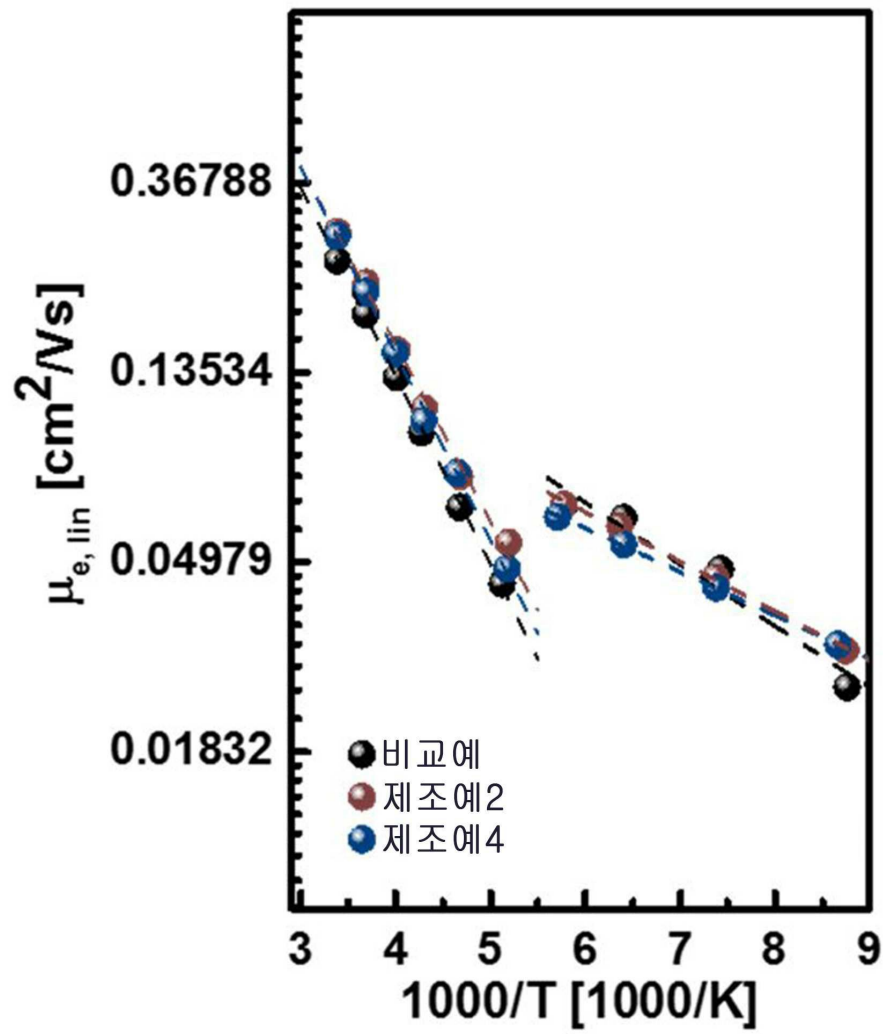
도면6a



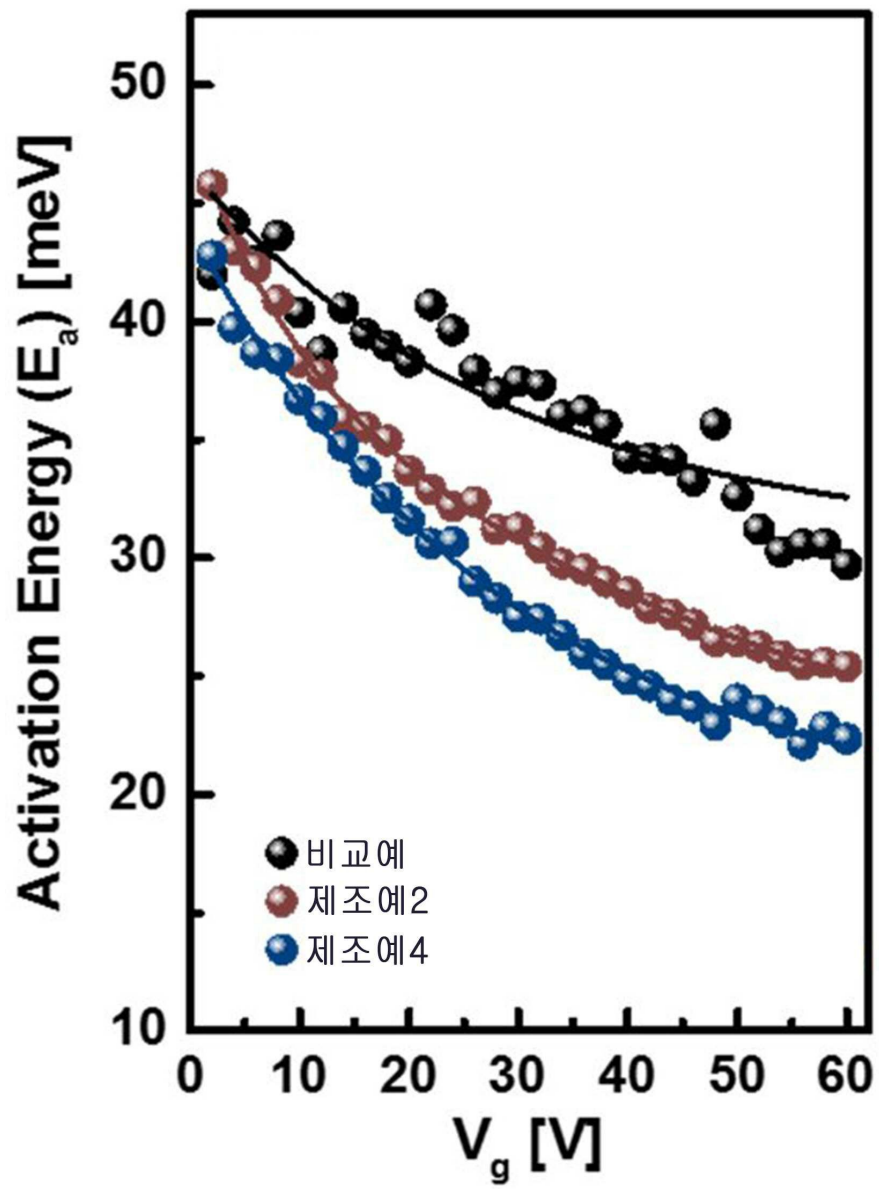
도면6b



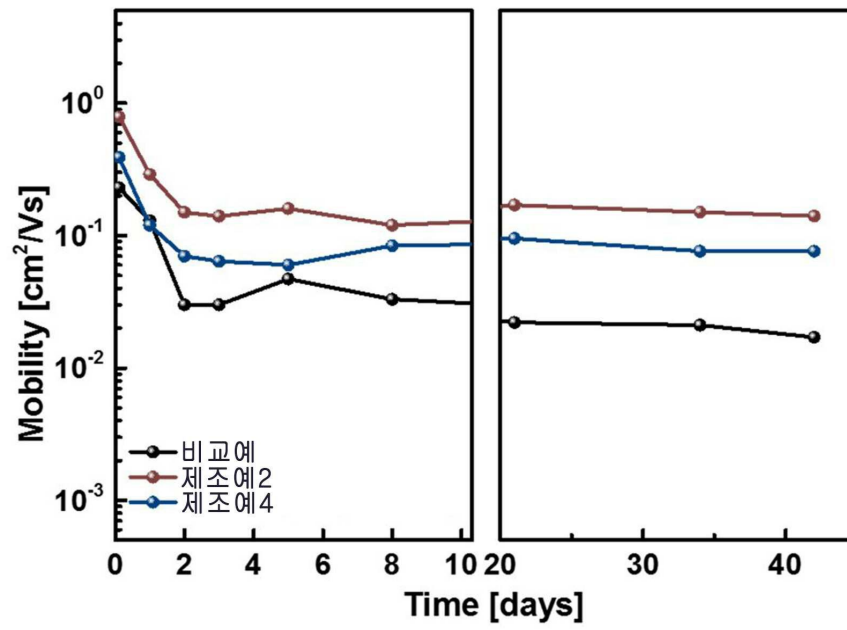
도면7a



도면7b



도면8



도면9

