



등록특허 10-2723685



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2024년10월31일

(11) 등록번호 10-2723685

(24) 등록일자 2024년10월25일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

H10K 85/60 (2023.01) C08G 61/12 (2006.01)

C08K 5/06 (2006.01) C08L 65/00 (2006.01)

C08L 71/02 (2006.01) G03F 7/004 (2006.01)

H10K 10/40 (2023.01) H10K 10/82 (2023.01)

H10K 10/88 (2023.01)

(52) CPC특허분류

H10K 85/60 (2023.02)

C08G 61/126 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2023-0123503

(22) 출원일자 2023년09월15일

심사청구일자 2023년09월15일

(56) 선행기술조사문헌

KR1020220122482 A*

(뒷면에 계속)

(73) 특허권자

한양대학교 산학협력단

서울특별시 성동구 왕십리로 222(행당동, 한양대학교내)

울산과학기술원

울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50

(72) 발명자

김도환

서울특별시 강동구 아리수로50길 50, 111동 1603호(고덕동, 래미안힐스테이트고덕)

권혁민

서울특별시 강남구 영동대로 22, 806동 2층 421호(일원동, 디에이치 자이 개포)

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

김연권

전체 청구항 수 : 총 8 항

심사관 : 최준례

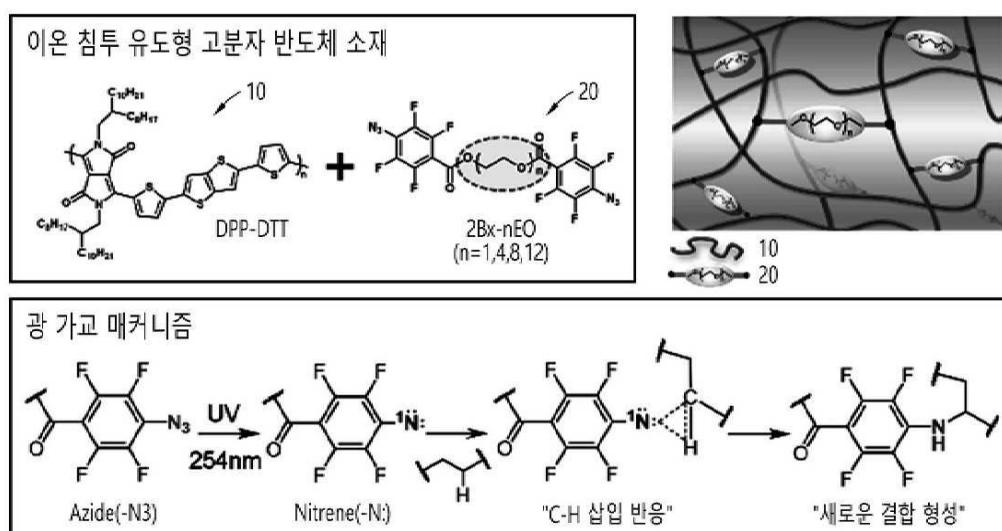
(54) 발명의 명칭 이온 침투 유도형 고분자 반도체 형성용 조성물, 이를 이용하여 제조된 이온 침투 유도형 고분자 반도체, 이온 침투 유도형 고분자 반도체의 패터닝 방법 및 이를 포함하는 유기 전기화학 트랜지스터

(57) 요약

본 발명은 이온 침투 유도형 고분자 반도체 형성용 조성물, 이를 이용하여 제조된 이온 침투 유도형 고분자 반도체, 이온 침투 유도형 고분자 반도체의 패터닝 방법 및 이를 포함하는 유기 전기화학 트랜지스터를 개시한다. 본 발명은 에틸렌 옥사이드(Ethylene Oxide, EO)를 포함하는 광 가교제; 및 고분자 반도체;를 포함하고, 상기 에틸렌 옥사이드를 포함하는 광 가교제는 하기 화학식 1로 표시되는 것을 특징으로 한다.

본 과제(결과물)는 2023년도 삼성미래기술센터의 지원을 받아 수행된 산업체 위탁연구비 사업의 결과입니다. "연구과제명: 전용액공정 전자소자 제작용 Universal 3D Crosslinker 개발"

대 표 도 - 도1



(52) CPC특허분류

C08K 5/06 (2013.01)
C08L 65/00 (2013.01)
C08L 71/02 (2013.01)
G03F 7/004 (2013.01)
H10K 10/40 (2023.02)
H10K 10/82 (2023.02)
H10K 10/88 (2023.02)

(56) 선행기술조사문헌

KR101862920 B1
 KR102509099 B1
 KR1020230095373 A
 KR102534288 B1

*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(72) 발명자

오하영

서울특별시 성동구 마조로14길 9, 202호

김봉수

울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50

조완호

울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711188543
과제번호	2020R1A2C3014237
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	(유형2)중견연구
연구과제명	가역적 이온 동역학 기반 다중 촉각 감지-기억-학습 일체형 뉴로모픽 전자피부 개발
기 여 율	80/100
과제수행기관명	한양대학교
연구기간	2023.03.01 ~ 2024.02.29

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711184742
과제번호	2022M3C1A3081211
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	미래유망 융합기술 파이오니아사업
연구과제명	멀티모달 인지형 고유 신축성 웨어러블 뉴로모픽 표시장치
기 여 율	20/100
과제수행기관명	서울대학교
연구기간	2023.03.01 ~ 2023.12.31

명세서

청구범위

청구항 1

자외선-오존 처리가 진행된 기판 상에 형성되고, 이온 침투 유도형 고분자 반도체를 포함하는 활성층;

상기 활성층의 양측면에 각각 형성되는 소스/드레인 전극;

상기 소스/드레인 전극 상에 형성되는 소스/드레인 전극 패시베이션층;

상기 활성층 상에 형성되는 고분자 전해질층; 및

상기 고분자 전해질층 상에 형성되는 게이트 전극;

을 포함하고,

이온 침투 유도형 고분자 반도체는,

고분자 반도체; 및

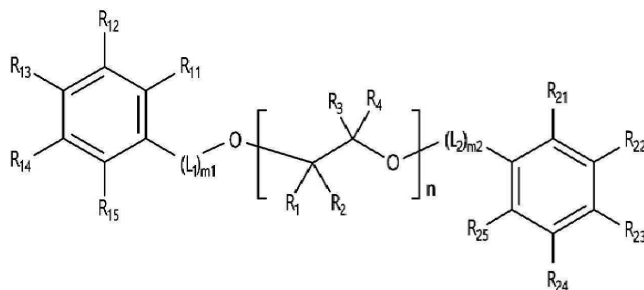
에틸렌 옥사이드(Ethylene Oxide, EO)를 포함하는 광 가교제;

를 포함하며,

상기 고분자 반도체와 상기 에틸렌 옥사이드를 포함하는 광 가교제는 화학적 가교를 통해 이온 침투 유도형 고분자 반도체 네트워크를 형성하고,

상기 에틸렌 옥사이드를 포함하는 광 가교제는 하기 화학식 1로 표시되는 것을 특징으로 하는 유기 전기화학 트랜지스터.

[화학식 1]



(상기 화학식 1에서, L_1 및 L_2 는 서로 독립적으로, 단일 결합, $-C=O-$, $-C$ 치환 또는 비치환된 C_1-C_{30} 알킬렌기, 치환 또는 비치환된 C_2-C_{30} 알케닐렌기 또는 치환 또는 비치환된 C_2-C_{30} 알키닐렌기이고,

m_1 및 m_2 는 서로 독립적으로, 0, 1, 2 또는 3이고,

R_1 내지 R_4 는 서로 독립적으로, 수소, 중수소, $-F$, $-Cl$, $-Br$, $-I$, 히드록실기, 시아노기, 치환 또는 비치환된 C_1-C_{30} 알킬기, 치환 또는 비치환된 C_2-C_{30} 알케닐기, 치환 또는 비치환된 C_2-C_{30} 알키닐기, 치환 또는 비치환된 C_1-C_{30} 알콕시기, 치환 또는 비치환된 C_1-C_{30} 알킬티오기, $-Si(Q_1)(Q_2)(Q_3)$, 치환 또는 비치환된 C_5-C_{60} 카보시클릭 그룹 또는 치환 또는 비치환된 C_1-C_{60} 헤테로시클릭 그룹이고,

상기 치환된 C_1-C_{30} 알킬렌기, 치환된 C_2-C_{30} 알케닐렌기, 치환된 C_2-C_{30} 알키닐렌기, 치환된 C_5-C_{60} 카보시클릭 그룹, 치환된 C_1-C_{60} 헤테로시클릭 그룹, 치환된 C_1-C_{30} 알킬기, 치환된 C_2-C_{30} 알케닐기, 치환된 C_2-C_{30} 알키닐기, 치환된 C_1-C_{30} 알콕시기 및 치환된 C_1-C_{30} 알킬티오기 중 적어도 하나는, 중수소, $-F$, $-Cl$, $-Br$, $-I$, 히드록실기, 시아노기,

C₁-C₃₀알킬기, C₂-C₃₀알케닐기, C₂-C₃₀알키닐기, C₁-C₃₀알콕시기, C₁-C₃₀알킬티오기 또는 -Si(Q₁₁)(Q₁₂)(Q₁₃)이고,

상기 Q₁₁ 내지 Q₁₃은 서로 독립적으로, 수소, 중수소, -F, -Cl, -Br, -I, 히드록실기, 시아노기, C₁-C₃₀알킬기, C₂-C₃₀알케닐기, C₂-C₃₀알키닐기, C₁-C₃₀알콕시기 또는 C₁-C₃₀알킬티오기이며,

상기 n은 2 내지 300,000이고,

상기 R₁₁ 내지 R₁₅ 및 R₂₁ 내지 R₂₅는 서로 독립적으로, 가교성 그룹, 수소, 중수소, -F, -Cl, -Br, -I, 히드록실기, 시아노기, 치환 또는 비치환된 C₁-C₃₀알킬기, 치환 또는 비치환된 C₂-C₃₀알케닐기, 치환 또는 비치환된 C₂-C₃₀알키닐기, 치환 또는 비치환된 C₁-C₃₀알콕시기, 치환 또는 비치환된 C₁-C₃₀알킬티오기, -Si(Q₁)(Q₂)(Q₃), 치환 또는 비치환된 C₅-C₆₀카보시클릭 그룹 또는 치환 또는 비치환된 C₁-C₆₀헤테로시클릭 그룹이며,

R₁₁ 내지 R₁₅ 중 적어도 하나가 가교성 그룹이고,

R₂₁ 내지 R₂₅ 중 적어도 하나가 가교성 그룹이다)

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 고분자 전해질층은 탄성 고분자 및 이온성 액체를 포함하는 것을 특징으로 하는 유기 전기화학 트랜지스터.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 고분자 반도체는 DPP-DTT(Poly[2,5-(2-octyldodecyl)-3,6-diketopyrrolopyrrole-alt-5,5-(2,5-di(thien-2-yl)thieno [3,2-b]thiophene)]), P3HT(Poly(3-hexylthiophene)), F8T2(Poly[(9,9-dioctylfluorenyl-2,7-diyl)-co-bithiophene]), PTB7-Th(Poly([2,6'-4,8-di(5-ethylhexylthienyl)benzo[1,2-b;3,3-b]dithiophene]{3-fluoro-2[(2-ethylhexyl)carbonyl]thieno[3,4-b]thiophenediyl})), PBTBT-C14(Poly[2,5-bis(3-tetradecylthiophen-2-yl)thieno[3,2-b]thiophene]), PCPDTBT(Poly[2,6-(4,4-bis-(2-ethylhexyl)-4H-cyclopenta [2,1-b;3,4-b']dithiophene)-alt-4,7(2,1,3-benzothiadiazole)]), PDPP-TVT(poly[2,5-bis(7-decylnonadecyl)pyrrolo[3,4-c]pyrrole-1,4(2H, 5H)-dione-(E)-1,2-di(2,2'-bithiophen-5-yl)ethene]), 및 IDTBT(indacenodithiophene-co-benzothiadiazole), BBL(Poly(benzimidazobenzophenanthroline)), P(NDI2OD-T2)(Poly{[N,N'-bis(2-octyldodecyl)-naphthalene-1,4,5,8-bis(dicarboximide)-2,6-diyl]-alt-5,5'-(2,2'-bithiophene)}) 중 적어도 어느 하나를 포함하는 것을 특징으로 하는 유기 전기화학 트랜지스터.

청구항 4

제2항에 있어서,

상기 탄성 고분자는 상기 탄성 고분자와 상기 이온성 액체 전체 100중량% 대비 40 중량% 내지 80 중량%인 것을 특징으로 하는 유기 전기화학 트랜지스터.

청구항 5

삭제

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 이온 침투 유도형 고분자 반도체는 스트레처블(stretchable) 이온 침투 유도형 고분자 반도체인 것을 특징으로 하는 유기 전기화학 트랜지스터.

청구항 7

기판에 자외선-오존 처리를 진행하여 상기 기판의 표면에 친수성 기를 형성하는 단계;

상기 자외선-오존 처리가 진행된 기판 상에 이온 침투 유도형 고분자 반도체 형성용 조성물을 도포하여 이온 침투 유도형 고분자 반도체 박막을 형성하는 단계;

상기 이온 침투 유도형 고분자 반도체 박막을 마스크를 이용하여 선택적으로 노광하는 단계; 및

상기 노광된 이온 침투 유도형 고분자 반도체 박막을 현상하여 이온 침투 유도형 고분자 반도체 패턴을 형성하는 단계;

를 포함하고,

상기 이온 침투 유도형 고분자 반도체 형성용 조성물은,

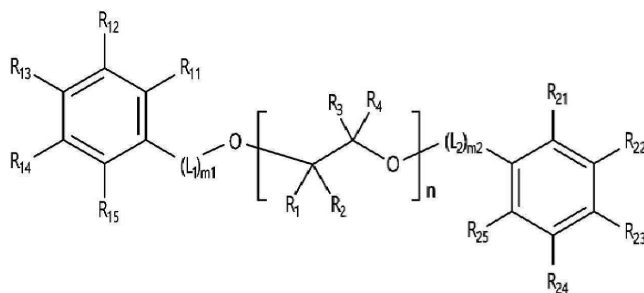
고분자 반도체; 및

에틸렌 옥사이드(Ethylene Oxide, EO)를 포함하는 광 가교제;

를 포함하고,

상기 에틸렌 옥사이드를 포함하는 광 가교제는 하기 화학식 1로 표시되는 것을 특징으로 하는 이온 침투 유도형 고분자 반도체의 패턴링 방법.

[화학식 1]



(상기 화학식 1에서, L_1 및 L_2 는 서로 독립적으로, 단일 결합, $-C=O-$, $-C$ 치환 또는 비치환된 C_1-C_{30} 알킬렌기, 치환 또는 비치환된 C_2-C_{30} 알케닐렌기 또는 치환 또는 비치환된 C_2-C_{30} 알키닐렌기이고,

m_1 및 m_2 는 서로 독립적으로, 0, 1, 2 또는 3이고,

R_1 내지 R_4 는 서로 독립적으로, 수소, 중수소, $-F$, $-Cl$, $-Br$, $-I$, 히드록실기, 시아노기, 치환 또는 비치환된 C_1-C_{30} 알킬기, 치환 또는 비치환된 C_2-C_{30} 알케닐기, 치환 또는 비치환된 C_2-C_{30} 알키닐기, 치환 또는 비치환된 C_1-C_{30} 알콕시기, 치환 또는 비치환된 C_1-C_{30} 알킬티오기, $-Si(Q_1)(Q_2)(Q_3)$, 치환 또는 비치환된 C_5-C_{60} 카보시클릭 그룹 또는 치환 또는 비치환된 C_1-C_{60} 헤테로시클릭 그룹이고,

상기 치환된 C_1-C_{30} 알킬렌기, 치환된 C_2-C_{30} 알케닐렌기, 치환된 C_2-C_{30} 알키닐렌기, 치환된 C_5-C_{60} 카보시클릭 그룹, 치환된 C_1-C_{60} 헤테로시클릭 그룹, 치환된 C_1-C_{30} 알킬기, 치환된 C_2-C_{30} 알케닐기, 치환된 C_2-C_{30} 알키닐기, 치환된 C_1-C_{30} 알콕시기 및 치환된 C_1-C_{30} 알킬티오기 중 적어도 하나는, 중수소, $-F$, $-Cl$, $-Br$, $-I$, 히드록실기, 시아노기, C_1-C_{30} 알킬기, C_2-C_{30} 알케닐기, C_2-C_{30} 알키닐기, C_1-C_{30} 알콕시기, C_1-C_{30} 알킬티오기 또는 $-Si(Q_{11})(Q_{12})(Q_{13})$ 이고,

상기 Q_{11} 내지 Q_{13} 은 서로 독립적으로, 수소, 중수소, -F, -Cl, -Br, -I, 히드록실기, 시아노기, C_1 - C_{30} 알킬기, C_2 - C_{30} 알케닐기, C_2 - C_{30} 알키닐기, C_1 - C_{30} 알콕시기 또는 C_1 - C_{30} 알킬티오기이며,

상기 n 은 2 내지 300,000이고,

상기 R_{11} 내지 R_{15} 및 R_{21} 내지 R_{25} 는 서로 독립적으로, 가교성 그룹, 수소, 중수소, -F, -Cl, -Br, -I, 히드록실기, 시아노기, 치환 또는 비치환된 C_1 - C_{30} 알킬기, 치환 또는 비치환된 C_2 - C_{30} 알케닐기, 치환 또는 비치환된 C_2 - C_{30} 알키닐기, 치환 또는 비치환된 C_1 - C_{30} 알콕시기, 치환 또는 비치환된 C_1 - C_{30} 알킬티오기, $-Si(Q_1)(Q_2)(Q_3)$, 치환 또는 비치환된 C_5 - C_{60} 카보시클릭 그룹 또는 치환 또는 비치환된 C_1 - C_{60} 헤테로시클릭 그룹이며,

R_{11} 내지 R_{15} 중 적어도 하나가 가교성 그룹이고,

R_{21} 내지 R_{25} 중 적어도 하나가 가교성 그룹이다).

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 이온 침투 유도형 고분자 반도체 박막을 마스크를 이용하여 노광하는 단계에서, 상기 고분자 반도체와 상기 에틸렌 옥사이드를 포함하는 광 가교제는 화학적 가교를 통해 이온 침투 유도형 고분자 반도체 네트워크를 형성하는 것을 특징으로 하는 이온 침투 유도형 고분자 반도체의 패터닝 방법.

청구항 9

제7항에 있어서,

상기 이온 침투 유도형 고분자 반도체 패턴의 너비는 1 μm 내지 1000 μm 인 것을 특징으로 하는 이온 침투 유도형 고분자 반도체의 패터닝 방법.

청구항 10

삭제

청구항 11

삭제

청구항 12

삭제

청구항 13

삭제

발명의 설명

기술 분야

본 발명은 이온 침투 유도형 고분자 반도체 형성용 조성물, 이를 이용하여 제조된 이온 침투 유도형 고분자 반도체, 이온 침투 유도형 고분자 반도체의 패터닝 방법 및 이를 포함하는 유기 전기화학 트랜지스터에 관한 것으로, 보다 구체적으로, 본 발명은 고분자 반도체에 에틸렌 옥사이드(Ethylene Oxide, EO) 기반 광 가교제를 도입하여 화학적 가교를 통해 이온 침투 유도형 고분자 반도체 네트워크를 형성할 수 있는 이온 침투 유도형 고분자 반도체 형성용 조성물, 이를 이용하여 제조된 이온 침투 유도형 고분자 반도체, 이온 침투 유도형 고분자 반도체

[0001]

체의 패터닝 방법 및 이를 포함하는 유기 전기화학 트랜지스터에 관한 것이다.

배경 기술

- [0003] 유기 전기화학 트랜지스터(OECT; Organic Electrochemical Transistor)는 전해질과 접하는 고분자 활성층을 포함하는 트랜지스터 소자이다. 고분자 활성층은 전하를 포함하고 있어, 소스(Source) 전극과 드레인(Drain) 전극 사이에 전압이 인가되면 고분자 활성층을 통해 전류가 흐르게 된다. 즉, 고분자 활성층이 트랜지스터의 채널을 형성하며, 고분자 활성층을 통해 흐르는 전류를 드레인 전류((Drain current)라고 한다. 인가되는 게이트 전압에 따라 전해질로부터 고분자 활성층으로 양이온 또는 음이온이 주입되어 드레인 전류가 변하며, 게이트 전압이 제거되면 다시 원래의 드레인 전류값으로 복귀한다.
- [0004] 유기 전기화학 트랜지스터는 다양한 화학 및 바이오 센서에 응용이 가능하다. 특히 유연하고 신체에 부착 가능한 웨어러블 기기(Wearable Device)로 제작하는데 적합하여, 헬스케어, 피트니스, 정보, 산업 및 군사 분야 등 다양한 분야에 응용하기 위한 많은 연구가 진행되고 있다. 더 나아가, 유기 전기화학 트랜지스터는 저전압 구동, 우수한 전기화학적 특성, 이온-전자 변환 능력으로 바이오 일렉트로닉스 및 뉴로모픽 전자피부 분야에 효과적으로 응용 가능하다.
- [0005] 그러나, 아직까지 상용화 가능한 정도의 고성능을 갖는 유기 전기화학 트랜지스터 소자는 개발되지 못하고 있다. 대표적인 전도성 고분자인 Poly(3,4-ethylenedioxythiophene) polystyrene sulfonate(이하 'PEDOT:PSS')를 사용한 유기 전기화학 트랜지스터 소자가 많이 연구되고 있으나, 초기의 높은 드레인 전류 값이 게이트 전압에 의해 낮아지는 'Depletion mode'로 작동해 전력소모가 상대적으로 높고, 수용액 내 안정성 및 기계적 내구성이 취약한 한계가 있다.
- [0006] 또한, 종래 기술은 고분자 반도체 내 전기화학적 특성을 향상시키기 위해 이온 상용성이 우수한 분자를 도입하는 합성법에 주로 초점이 맞춰져 있어 범용성이 낮은 한계점을 가진다. 또한, 고성능 및 집적화가 동시에 확보된 유기전기화학 트랜지스터 개발을 위한 고해상도 패터닝 공정 방법에 대한 연구적 시도는 이뤄지지 않고 있다.
- [0007] 또한, 고분자 반도체의 전기화학적 특성을 증가시키기 위해 측쇄에 이온 상용성 분자를 도입하는 방법들이 지속적으로 개발되어왔으나, 복잡한 합성 과정이 요구되며 제한적인 패터닝 형성으로 인해 고집적도가 요구되는 유기 전기화학소자에 적용되기에 한계점이 존재한다.
- [0008] 따라서, 최근 상기 분야의 기술이 고도화됨에 따라 유기 전기화학 트랜지스터의 높은 전기화학적 특성을 유지시키면서 고집적도로 구현할 수 있는 공정 및 반도체 소재에 대한 기술적 요구가 급증하고 있다.
- [0009] 즉, 고성능 유기 전기화학 트랜지스터 소자의 상용화를 위해서는 소재 및 그 합성 방법 등에 많은 개선이 요구된다.
- [0010] 본 과제(결과물)는 2023년도 삼성미래기술센터의 지원을 받아 수행된 산업체 위탁연구비 사업의 결과입니다. "연구과제명: 전용액공정 전자소자 제작용 Universal 3D Crosslinker 개발"

선행기술문헌

특허문헌

- [0012] (특허문헌 0001) 한국 등록특허공보 제10-2240669호, "유기 전기화학 트랜지스터 소자 및 그 제조방법"
(특허문헌 0002) 한국 등록특허공보 제10-2063327호, "유기 전기화학 트랜지스터 및 이의 제조방법"

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0013] 본 발명의 실시예는, 고분자 반도체에 에틸렌 옥사이드(Ethylene Oxide, EO)를 포함하는 광 가교제를 도입하여 화학적 가교를 통해 이온 침투 유도형 고분자 반도체 네트워크를 형성함으로써 네트워크 내 도입된 에틸렌 옥사이드 분자에 의해 이온 상용성이 증가하여 높은 전기화학적 특성 구현이 가능할 뿐만 아니라, 광패턴을 통한 고해상도 패터닝(<10 μm) 구현이 가능한 이온 침투 유도형 고분자 반도체 형성용 조성물, 이를 이용하여 제조된 이온 침투 유도형 고분자 반도체, 이온 침투 유도형 고분자 반도체의 패터닝 방법 및 이를 포함하는 유기 전기화

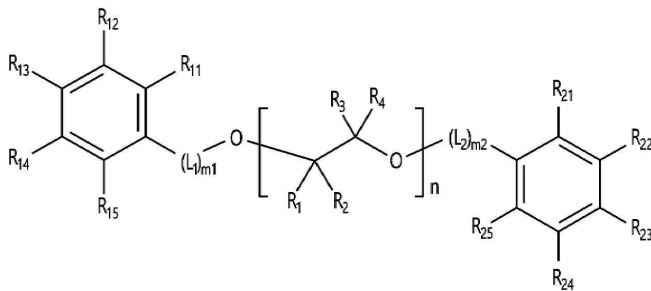
학 트랜지스터를 제공하기 위한 것이다.

[0014] 본 발명의 실시예는, 고분자 반도체에 에틸렌 옥사이드(Ethylene Oxide, EO)를 포함하는 광 가교제를 도입하여 고분자 반도체의 이온 수송 특성 및 해상도를 동시에 확보할 수 있어 유기 전기화학 트랜지스터의 이온 신호의 증폭을 달성하는 동시에 광 패터닝 공정을 통해 높은 공정 효율로 소자 집적도 향상이 가능한 이온 침투 유도형 고분자 반도체 형성용 조성물, 이를 이용하여 제조된 이온 침투 유도형 고분자 반도체, 이온 침투 유도형 고분자 반도체의 패터닝 방법 및 이를 포함하는 유기 전기화학 트랜지스터를 제공하기 위한 것이다.

과제의 해결 수단

[0016] 본 발명의 실시예에 따른 이온 침투 유도형 고분자 반도체 형성용 조성물은 고분자 반도체; 및 에틸렌 옥사이드(Ethylene Oxide, EO)를 포함하는 광 가교제;를 포함하고, 상기 에틸렌 옥사이드를 포함하는 광 가교제는 하기 화학식 1로 표시되는 화합물을 포함한다.

[0017] [화학식 1]



[0018]

[0019] (상기 화학식 1에서, L_1 및 L_2 는 서로 독립적으로, 단일 결합, $-C=O-$, $-C$ 치환 또는 비치환된 C_1-C_{30} 알킬렌기, 치환 또는 비치환된 C_2-C_{30} 알케닐렌기 또는 치환 또는 비치환된 C_2-C_{30} 알키닐렌기이고, m_1 및 m_2 는 서로 독립적으로, 0, 1, 2 또는 3이고, R_1 내지 R_4 는 서로 독립적으로, 수소, 중수소, $-F$, $-Cl$, $-Br$, $-I$, 히드록실기, 시아노기, 치환 또는 비치환된 C_1-C_{30} 알킬기, 치환 또는 비치환된 C_2-C_{30} 알케닐기, 치환 또는 비치환된 C_2-C_{30} 알키닐기, 치환 또는 비치환된 C_1-C_{30} 알콕시기, 치환 또는 비치환된 C_1-C_{30} 알킬티오기, $-Si(Q_1)(Q_2)(Q_3)$, 치환 또는 비치환된 C_5-C_{60} 카보시클릭 그룹 또는 치환 또는 비치환된 C_1-C_{60} 헤테로시클릭 그룹이고, 상기 치환된 C_1-C_{30} 알킬렌기, 치환된 C_2-C_{30} 알케닐렌기, 치환된 C_2-C_{30} 알키닐렌기, 치환된 C_5-C_{60} 카보시클릭 그룹, 치환된 C_1-C_{60} 헤테로시클릭 그룹, 치환된 C_1-C_{30} 알킬기, 치환된 C_2-C_{30} 알케닐기, 치환된 C_2-C_{30} 알키닐기, 치환된 C_1-C_{30} 알콕시기 및 치환된 C_1-C_{30} 알킬티오기 중 적어도 하나는, 중수소, $-F$, $-Cl$, $-Br$, $-I$, 히드록실기, 시아노기, C_1-C_{30} 알킬기, C_2-C_{30} 알케닐기, C_2-C_{30} 알키닐기, C_1-C_{30} 알콕시기, C_1-C_{30} 알킬티오기 또는 $-Si(Q_{11})(Q_{12})(Q_{13})$ 이고, 상기 Q_{11} 내지 Q_{13} 는 서로 독립적으로, 수소, 중수소, $-F$, $-Cl$, $-Br$, $-I$, 히드록실기, 시아노기, C_1-C_{30} 알킬기, C_2-C_{30} 알케닐기, C_2-C_{30} 알키닐기, C_1-C_{30} 알콕시기 또는 C_1-C_{30} 알킬티오기이며, n 은 2 내지 300,000이고, 상기 R_{11} 내지 R_{15} 및 R_{21} 내지 R_{25} 는 서로 독립적으로, 가교성 그룹, 수소, 중수소, $-F$, $-Cl$, $-Br$, $-I$, 히드록실기, 시아노기, 치환 또는 비치환된 C_1-C_{30} 알킬기, 치환 또는 비치환된 C_2-C_{30} 알케닐기, 치환 또는 비치환된 C_2-C_{30} 알키닐기, 치환 또는 비치환된 C_1-C_{30} 알콕시기, 치환 또는 비치환된 C_1-C_{30} 알킬티오기, $-Si(Q_1)(Q_2)(Q_3)$, 치환 또는 비치환된 C_5-C_{60} 카보시클릭 그룹 또는 치환 또는 비치환된 C_1-C_{60} 헤테로시클릭 그룹이며, R_{11} 내지 R_{15} 중 적어도 하나가 가교성 그룹이고, R_{21} 내지 R_{25} 중 적어도 하나가 가교성 그룹이다)

[0020] 상기 에틸렌 옥사이드를 포함하는 광 가교제는 상기 이온 침투 유도형 고분자 반도체 형성용 조성물 100중량% 대비 1 중량% 내지 20 중량%일 수 있다.

[0021] 상기 고분자 반도체는 DPP-DTT(Poly[2,5-(2-octyldodecyl)-3,6-diketopyrrolopyrrole-alt-5,5-(2,5-di(thien-2-yl)thieno [3,2-b]thiophene)]), P3HT(Poly(3-hexylthiophene)), F8T2(Poly[(9,9-dioctylfluorenyl-2,7-diyl)-co-bithiophene]), PTB7-Th(Poly([2,6'-4,8-di(5-ethylhexylthienyl)benzo[1,2-b;3,3'-b]dithiophene]{3-fluoro-2[(2-ethylhexyl)carbonyl]thieno[3,4-b]thiophenediyl})), PBTTC14(Poly[2,5-

bis(3-tetradecylthiophen-2-yl)thieno[3,2-b]thiophene)), PCPDTBT(Poly[2,6-(4,4-bis-(2-ethylhexyl)-4H-cyclopenta [2,1-b;3,4-b']dithiophene)-alt-4,7(2,1,3-benzothiadiazole)]), PDPP-TVT(poly[2,5-bis(7-decylnonadecyl)pyrrolo[3,4-c]pyrrole-1,4(2H, 5H)-dione-(E)-1,2-di(2,2' -bithiophen-5-yl)ethene]), 및 IDTBT(indacenodithiophene-co-benzothiadiazole), BBL(Poly(benzimidazobenzophenanthroline)), P(NDI2OD-T2)(Poly{[N,N' -bis(2-octyldodecyl)-naphthalene-1,4,5,8-bis(dicarboximide)-2,6-diyl]-alt-5,5' -(2,2' -bithiophene)}) 중 적어도 어느 하나를 포함할 수 있다.

[0022] 상기 고분자 반도체는 상기 이온 침투 유도형 고분자 반도체 형성용 조성물 전체 100중량% 대비 99 중량% 내지 80중량%일 수 있다.

[0023] 본 발명의 실시예에 따른 이온 침투 유도형 고분자 반도체는 본 발명의 실시예에 따른 이온 침투 유도형 고분자 반도체 조성물을 이용하여 제조되고, 고분자 반도체; 및 에틸렌 옥사이드(Ethylene Oxide, EO)를 포함하는 광 가교제;를 포함하며, 상기 고분자 반도체와 상기 에틸렌 옥사이드를 포함하는 광 가교제는 화학적 가교를 통해 이온 침투 유도형 고분자 반도체 네트워크를 형성한다.

[0024] 상기 이온 침투 유도형 고분자 반도체는 스트레처블(stretchable) 이온 침투 유도형 고분자 반도체일 수 있다.

[0025] 본 발명의 실시예에 따른 이온 침투 유도형 고분자 반도체의 패터닝 방법은 기판 상에 본 발명의 실시예에 따른 이온 침투 유도형 고분자 반도체 형성용 조성물을 도포하여 이온 침투 유도형 고분자 반도체 박막을 형성하는 단계; 상기 이온 침투 유도형 고분자 반도체 박막을 마스크를 이용하여 선택적으로 노광하는 단계; 및 상기 노광된 이온 침투 유도형 고분자 반도체 박막을 모(母)용매로 현상하여 이온 침투 유도형 고분자 반도체 패턴을 형성하는 단계;를 포함한다.

[0026] 상기 이온 침투 유도형 고분자 반도체 박막을 마스크를 이용하여 선택적으로 노광하는 단계에서, 상기 고분자 반도체와 상기 에틸렌 옥사이드를 포함하는 광 가교제는 화학적 가교를 통해 이온 침투 유도형 고분자 반도체 네트워크를 형성할 수 있다.

[0027] 상기 이온 침투 유도형 고분자 반도체 패턴의 1 μm 내지 1000 μm 일 수 있다.

[0028] 본 발명의 실시예에 따른 유기 전기화학 트랜지스터는 기판 상에 형성되고, 제5항에 따른 이온 침투 유도형 고분자 반도체를 포함하는 활성층; 상기 활성층의 양측면에 각각 형성되는 소스/드레인 전극; 상기 활성층 상에 형성되는 고분자 전해질층; 및 상기 고분자 전해질층 상에 형성되는 게이트 전극을 포함한다.

[0029] 상기 유기 전기화학 트랜지스터는 상기 소스/드레인 전극 상에 형성되는 소스/드레인 전극 패시베이션층을 더 포함할 수 있다.

[0030] 상기 고분자 전해질층은 탄성 고분자 및 이온성 액체를 포함할 수 있다.

[0031] 상기 탄성 고분자는 상기 탄성 고분자와 상기 이온성 액체 전체 100중량% 대비 40 중량% 내지 80 중량%일 수 있다.

발명의 효과

[0033] 본 발명의 실시예에 따르면, 고분자 반도체에 에틸렌 옥사이드(Ethylene Oxide, EO)를 포함하는 광 가교제를 도입하여 화학적 가교를 통해 이온 침투 유도형 고분자 반도체 네트워크를 형성함으로써 네트워크 내 도입된 에틸렌 옥사이드 분자에 의해 이온 상용성이 증가하여 높은 전기화학적 특성 구현이 가능한 뿐만 아니라, 광패턴을 통한 고해상도 패턴 (<10 μm) 구현이 가능한 이온 침투 유도형 고분자 반도체 형성용 조성물, 이를 이용하여 제조된 이온 침투 유도형 고분자 반도체, 이온 침투 유도형 고분자 반도체의 패터닝 방법 및 이를 포함하는 유기 전기화학 트랜지스터를 제공할 수 있다.

[0034] 본 발명의 실시예에 따르면, 고분자 반도체에 에틸렌 옥사이드(Ethylene Oxide, EO)를 포함하는 광 가교제를 도입하여 고분자 반도체의 이온 수송 특성 및 해상도를 동시에 확보할 수 있어 유기 전기화학 트랜지스터의 이온 신호의 증폭을 달성하는 동시에 광 패터닝 공정을 통해 높은 공정 효율로 소자 집적도 향상이 가능한 이온 침투 유도형 고분자 반도체 형성용 조성물, 이를 이용하여 제조된 이온 침투 유도형 고분자 반도체, 이온 침투 유도형 고분자 반도체의 패터닝 방법 및 이를 포함하는 유기 전기화학 트랜지스터를 제공할 수 있다.

[0035] 따라서, 본 발명의 실시예에 따르면, 고분자 반도체에 에틸렌 옥사이드(Ethylene Oxide, EO)를 포함하는 광 가교제를 도입하여 화학적 가교를 통해 이온 침투 유도형 고분자 반도체 네트워크를 형성함으로써 고분자 반도체 내부 이온 수송 증대, 스트레처블(Stretchable) 부여 및 고해상도 광패턴을 동시에 확보 가능한 이온 침투 유도

형 고분자 반도체 형성용 조성물, 이를 이용하여 제조된 이온 침투 유도형 고분자 반도체, 이온 침투 유도형 고분자 반도체의 패터닝 방법 및 이를 포함하는 유기 전기화학 트랜지스터를 제공할 수 있다.

도면의 간단한 설명

도 1 은 본 발명의 실시예에 따른 이온 침투 유도형 고분자 반도체를 도시한 개략도이다.

도 2는 본 발명의 실시예에 따른 이온 침투 유도형 고분자 반도체의 패터닝 방법을 도시한 개략도이다.

도 3은 본 발명의 실시예에 따른 유기 전기화학 트랜지스터를 도시한 개략도이다.

도 4는 실시예 1에 따른 이온 침투 유도형 고분자 반도체의 적외선 분광법 측정 결과를 도시한 그래프이고, 도 5는 가교제의 함량에 따른 비교예 1 따른 고분자 반도체 및 실시예 1에 따른 이온 침투 유도형 고분자 반도체 및 실시예 2에 따른 이온 침투 유도형 고분자 반도체의 모(母) 용매 노출에 따른 박막 유지율을 도시한 그래프이다.

도 6은 광 가교제의 유무에 따른 고분자 반도체 내부로의 이온 도핑 현상을 분석하기 위한 개략도이고, 도 7은 비교예 2에 따른 고분자 반도체 및 실시예 3에 따른 이온 침투 유도형 고분자 반도체의 흡광도를 도시한 그래프이며, 도 8은 이온 침투 유도형 고분자 반도체의 전압별 흡광도 비교를 도시한 그래프이다.

도 9는 비교예 2에 따른 고분자 반도체 및 실시예 3에 따른 이온 침투 유도형 고분자 반도체의 전압에 따른 위상각(phase angle) 변화를 도시한 그래프이고, 도 10은 유효 정전용량 값을 도시한 그래프이다.

도 11은 본 발명의 실시예에 따른 이온 침투 유도형 고분자 반도체의 패턴이 방법을 통해 제조된 이온 침투 유도형 고분자 반도체 패턴을 도시한 이미지이다.

도 12는 이온 침투 유도형 고분자 반도체의 광 가교제의 화학 구조에 따른 유기 전기화학 트랜지스터의 게이트 전압에 따른 드레인 전류를 도시한 그래프이고, 도 13은 이온 침투 유도형 고분자 반도체의 광 가교제의 화학 구조에 따른 유기 전기화학 트랜지스터의 과도 응답(transient response)을 도시한 그래프 특성을 도시한 그래프이다.

도 14는 비교예 2에 따른 고분자 반도체 및 실시예 3에 따른 이온 침투 유도형 고분자 반도체를 각각 포함하는 유기 전기화학 트랜지스터의 광 가교제의 이온 주입 속도 및 이온 디-도핑 시간(Ion de-doping time)을 도시한 그래프이다.

도 15는 본 발명의 실시예에 따른 이온 침투 유도형 고분자 반도체의 스트레처블 특성을 측정하는 방법을 도시한 개략도이고, 도 16은 비교예 1에 따른 고분자 반도체, 실시예 1에 따른 이온 침투 유도형 고분자 반도체, 실시예 2에 따른 이온 침투 유도형 고분자 반도체 및 실시예 3에 따른 이온 침투 유도형 고분자 반도체의 인장 변형에 따른 스트레치를 도시한 그래프이며, 도 17은 도 16의 측정된 기계적 물성을 도시한 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

이하 첨부 도면들 및 첨부 도면들에 기재된 내용들을 참조하여 본 발명의 실시예를 상세하게 설명하지만, 본 발명이 실시예에 의해 제한되거나 한정되는 것은 아니다.

본 명세서에서 사용된 용어는 실시예를 설명하기 위한 것이며 본 발명을 제한하고자 하는 것은 아니다. 본 명세서에서, 단수형은 문구에서 특별히 언급하지 않는 한 복수형도 포함한다. 명세서에서 사용되는 "포함한다(comprises)" 및/또는 "포함하는(comprising)"은 언급된 구성요소, 단계, 동작 및/또는 소자는 하나 이상의 다른 구성요소, 단계, 동작 및/또는 소자의 존재 또는 추가를 배제하지 않는다.

본 명세서에서 사용되는 "실시예", "예", "측면", "예시" 등은 기술된 임의의 양상(aspect) 또는 설계가 다른 양상 또는 설계들보다 양호하다거나, 이점이 있는 것으로 해석되어야 하는 것은 아니다.

또한, '또는'이라는 용어는 배타적 논리합 'exclusive or'이기보다는 포함적인 논리합 'inclusive or'를 의미한다. 즉, 달리 언급되지 않는 한 또는 문맥으로부터 명확하지 않는 한, 'x가 a 또는 b를 이용한다'라는 표현은 포함적인 자연 순열들(natural inclusive permutations) 중 어느 하나를 의미한다.

또한, 본 명세서 및 청구항들에서 사용되는 단수 표현("a" 또는 "an")은, 달리 언급하지 않는 한 또는 단수 형태에 관한 것이라고 문맥으로부터 명확하지 않는 한, 일반적으로 "하나 이상"을 의미하는 것으로 해석되어야 한다.

- [0043] 아래 설명에서 사용되는 용어는, 연관되는 기술 분야에서 일반적이고 보편적인 것으로 선택되었으나, 기술의 발달 및/또는 변화, 관례, 기술자의 선호 등에 따라 다른 용어가 있을 수 있다. 따라서, 아래 설명에서 사용되는 용어는 기술적 사상을 한정하는 것으로 이해되어서는 안 되며, 실시예를 설명하기 위한 예시적 용어로 이해되어야 한다.
- [0044] 또한, 특정한 경우는 출원인이 임의로 선정한 용어도 있으며, 이 경우 해당되는 설명 부분에서 상세한 그 의미를 기재할 것이다. 따라서 아래 설명에서 사용되는 용어는 단순한 용어의 명칭이 아닌 그 용어가 가지는 의미와 명세서 전반에 걸친 내용을 토대로 이해되어야 한다.
- [0045] 한편, 제1, 제2 등의 용어는 다양한 구성 요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 구성 요소들은 용어들에 의하여 한정되지 않는다. 용어들은 하나의 구성 요소를 다른 구성 요소로부터 구별하는 목적으로만 사용된다.
- [0046] 또한, 막, 층, 영역, 구성 요청 등의 부분이 다른 부분 "위에" 또는 "상에" 있다고 할 때, 다른 부분의 바로 위에 있는 경우뿐만 아니라, 그 중간에 다른 막, 층, 영역, 구성 요소 등이 개재되어 있는 경우도 포함한다.
- [0047] 다른 정의가 없다면, 본 명세서에서 사용되는 모든 용어(기술 및 과학적 용어를 포함)는 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 공통적으로 이해될 수 있는 의미로 사용될 수 있을 것이다. 또 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 용어들은 명백하게 특별히 정의되어 있지 않는 한 이상적으로 또는 과도하게 해석되지 않는다.
- [0048] 한편, 본 발명을 설명함에 있어서, 관련된 공지 기능 또는 구성에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는, 그 상세한 설명을 생략할 것이다. 그리고, 본 명세서에서 사용되는 용어(terminology)들은 본 발명의 실시예를 적절히 표현하기 위해 사용된 용어들로서, 이는 사용자, 운용자의 의도 또는 본 발명이 속하는 분야의 관례 등에 따라 달라질 수 있다. 따라서, 본 용어들에 대한 정의는 본 명세서 전반에 걸친 내용을 토대로 내려져야 할 것이다.
- [0049] 본 발명의 실시예에 따른 이온 침투 유도형 고분자 반도체 형성용 조성물은 본 발명의 실시예에 따른 이온 침투 유도형 고분자 반도체를 제조하기 위한 조성물이기에, 동일한 구성요소를 포함할 수 있으므로, 본 발명의 실시예에 따른 이온 침투 유도형 고분자 반도체 형성용 조성물과 본 발명의 실시예에 따른 이온 침투 유도형 고분자 반도체는 도 1에서 설명하기로 한다.
- [0051] 도 1 은 본 발명의 실시예에 따른 이온 침투 유도형 고분자 반도체를 도시한 개략도이다.
- [0052] 본 발명의 실시예에 따른 이온 침투 유도형 고분자 반도체 형성용 조성물은 고분자 반도체(10) 및 에틸렌 옥사이드(Ethylene Oxide, EO)를 포함하는 광 가교제(20)를 포함한다.
- [0053] 따라서, 본 발명의 실시예에 따른 이온 침투 유도형 고분자 반도체 형성용 조성물은 고분자 반도체(10)에 에틸렌 옥사이드(EO)를 포함하는 광 가교제(20)를 도입하여 화학적 가교를 통해 이온 침투 유도형 고분자 반도체 네트워크를 형성함으로써 네트워크 내 도입된 에틸렌 옥사이드 분자에 의해 이온 상용성이 증가하여 높은 전기화학적 특성 구현이 가능할 뿐만 아니라, 광패턴을 통한 고해상도 패턴 (<10 μm) 구현이 가능하다.
- [0054] 먼저, 본 발명의 실시예에 따른 이온 침투 유도형 고분자 반도체 형성용 조성물은 고분자 반도체(10)를 포함할 수 있다.
- [0055] 고분자 반도체(10)는 이온 침투 유도형 고분자 반도체 형성용 조성물 전체 100중량% 대비 99 중량% 내지 80 중량%일 수 있다.
- [0056] 고분자 반도체(10)은 알킬 측쇄(Alkyl side chain)를 가진 고분자 반도체(10)가 사용될 수 있다.
- [0057] 고분자 반도체(10)은 P-타입 고분자 반도체 및 N-타입 고분자 반도체 중 적어도 어느 하나를 포함할 수 있고, 바람직하게는, 고분자 반도체(10)은 P-타입 고분자 반도체를 포함할 수 있다.
- [0058] 예를 들어, 고분자 반도체(10)는 DPP-DTT(Poly[2,5-(2-octyldodecyl)-3,6-diketopyrrolopyrrole-alt-5,5-(2,5-di(thien-2-yl)thieno [3,2-b]thiophene)]), P3HT(Poly(3-hexylthiophene)), F8T2(Poly[(9,9-dioctylfluorenyl-2,7-diyl)-co-bithiophene]), PTB7-Th(Poly([2,6'-4,8-di(5-ethylhexylthienyl)benzo[1,2-b;3,3-b']dithiophene]{3-fluoro-2[(2-ethylhexyl)carbonyl]thieno[3,4-b]thiophenediyl})), PBTTT-C14(Poly[2,5-bis(3-tetradecylthiophen-2-yl)thieno[3,2-b]thiophene]), PCPDTBT(Poly[2,6-(4,4-bis-(2-ethylhexyl)-4H-cyclopenta [2,1-b;3,4-b'] dithiophene)-alt-4,7(2,1,3-benzothiadiazole)]), PDPP-TVT(poly[2,5-bis(7-decylnonadecyl)pyrrolo[3,4-c]pyrrole-1,4(2H, 5H)-dione-(E)-1,2-di(2,2'-bithiophen-

5-yl)ethene]],
IDTBT(indacenodithiophene-co-benzothiadiazole),
BBL(Poly(benzimidazobenzophenanthroline)),
P(NDI2OD-T2)(Poly{[N,N'-bis(2-octyldodecyl)-naphthalene-1,4,5,8-bis(dicarboximide)-2,6-diyl]-alt-5,5'-(2,2'-bithiophene)}) 중 적어도 어느 하나를 포함할 수 있다.

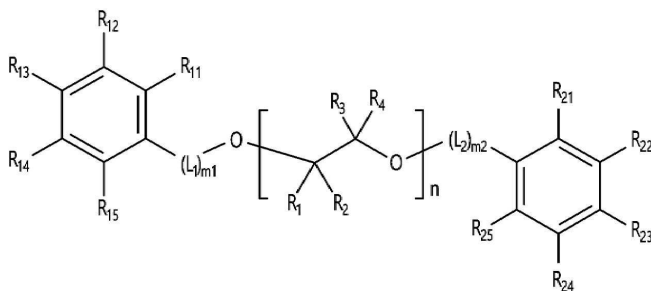
[0059] 바람직하게는, 고분자 반도체(10)는 고분자 반도체(10)는 DPP-DTT(Poly[2,5-(2-octyldodecyl)-3,6-diketopyrrolopyrrole-alt-5,5-(2,5-di(thien-2-yl)thieno [3,2-b]thiophene)]) 및 PDPP-TVT(poly[2,5-bis(7-decylnonadecyl)pyrrolo[3,4-c]pyrrole-1,4(2H, 5H)-dione-(E)-1,2-di(2,2'-bithiophen-5-yl)ethene]) 중 적어도 어느 하나를 포함할 수 있다.

[0060] DPP-DTT(Poly[2,5-(2-octyldodecyl)-3,6-diketopyrrolopyrrole-alt-5,5-(2,5-di(thien-2-yl)thieno [3,2-b]thiophene)]) 및 PDPP-TVT(poly[2,5-bis(7-decylnonadecyl)pyrrolo[3,4-c]pyrrole-1,4(2H, 5H)-dione-(E)-1,2-di(2,2'-bithiophen-5-yl)ethene]) 중 적어도 어느 하나는 외부 환경(용매, 공기) 노출에 따른 전기적 안정성이 우수해 유기 전기화학 트랜지스터 제조 공정에 따른 전기적 특성 저하없이 고이동도 특성을 확보 할 수 있으며, P-type 특성을 가져 음이온 주입으로 인해 전류를 증폭시킬 수 있다.

[0061] 본 발명의 실시예에 따른 이온 침투 유도형 고분자 반도체 형성용 조성물은 에틸렌 옥사이드(E0)를 포함하는 광 가교제(20)를 포함한다.

[0062] 에틸렌 옥사이드를 포함하는 광 가교제(20)는 하기 화학식 1로 표시되는 화합물을 포함한다.

[0063] [화학식 1]



[0064]

[0065] 화학식 1에서, L₁ 및 L₂는 서로 독립적으로, 단일 결합, -C=O-, -C 치환 또는 비치환된 C₁-C₃₀알킬렌기, 치환 또는 비치환된 C₂-C₃₀알케닐렌기 또는 치환 또는 비치환된 C₂-C₃₀알키닐렌기일 수 있다.

[0066] m₁ 및 m₂는 서로 독립적으로, 0, 1, 2 또는 3일 수 있다.

[0067] R₁ 내지 R₄는 서로 독립적으로, 수소, 중수소, -F, -Cl, -Br, -I, 히드록실기, 시아노기, 치환 또는 비치환된 C₁-C₃₀알킬기, 치환 또는 비치환된 C₂-C₃₀알케닐기, 치환 또는 비치환된 C₂-C₃₀알키닐기, 치환 또는 비치환된 C₁-C₃₀알콕시기, 치환 또는 비치환된 C₁-C₃₀알킬티오기, -Si(Q₁)(Q₂)(Q₃), 치환 또는 비치환된 C₅-C₆₀카보시클릭 그룹 또는 치환 또는 비치환된 C₁-C₆₀헤테로시클릭 그룹이고, 상기 치환된 C₁-C₃₀알킬렌기, 치환된 C₂-C₃₀알케닐렌기, 치환된 C₂-C₃₀알키닐렌기, 치환된 C₅-C₆₀카보시클릭 그룹, 치환된 C₁-C₆₀헤테로시클릭 그룹, 치환된 C₁-C₃₀알킬기, 치환된 C₂-C₃₀알케닐기, 치환된 C₂-C₃₀알키닐기, 치환된 C₁-C₃₀알콕시기 및 치환된 C₁-C₃₀알킬티오기 중 적어도 하나는, 중수소, -F, -Cl, -Br, -I, 히드록실기, 시아노기, C₁-C₃₀알킬기, C₂-C₃₀알케닐기, C₂-C₃₀알키닐기, C₁-C₃₀알콕시기, C₁-C₃₀알킬티오기 또는 -Si(Q₁₁)(Q₁₂)(Q₁₃)이고, 상기 Q₁₁ 내지 Q₁₃은 서로 독립적으로, 수소, 중수소, -F, -Cl, -Br, -I, 히드록실기, 시아노기, C₁-C₃₀알킬기, C₂-C₃₀알케닐기, C₂-C₃₀알키닐기, C₁-C₃₀알콕시기 또는 C₁-C₃₀알킬티오기일 수 있다,

[0068] n은 2 내지 300,000일 수 있다. 예를 들어, n은 2 내지 100,000 중에서 선택된 정수일 수 있고, 예를 들어, n은 2 내지 50,000 중에서 선택된 정수일 수 있으며, 예를 들어, n은 2 내지 10,000 중에서 선택된 정수일 수 있고, 예를 들어, n은 2 내지 5,000 중에서 선택된 정수일 수 있으며, 예를 들어, n은 2 내지 1,000 중에서 선택된 정수일 수 있고, 예를 들어, n은 2 내지 500 중에서 선택된 정수일 수 있으며, 예를 들어, n은 2 내지 200 중에서 선택된 정수일 수 있고, 예를 들어, n은 2 내지 100 중에서 선택된 정수일 수 있으며, 예를 들어, n은 2

내지 24 중에서 선택된 정수일 수 있고, 예를 들어, n은 2 내지 20 중에서 선택된 정수일 수 있으며, 예를 들어, n은 4 내지 16 중에서 선택된 정수일 수 있다.

[0069] R_{11} 내지 R_{15} 및 R_{21} 내지 R_{25} 는 서로 독립적으로, 가교성 그룹, 수소, 중수소, -F, -Cl, -Br, -I, 히드록실기, 시아노기, 치환 또는 비치환된 C_1 - C_{30} 알킬기, 치환 또는 비치환된 C_2 - C_{30} 알케닐기, 치환 또는 비치환된 C_2 - C_{30} 알키닐기, 치환 또는 비치환된 C_1 - C_{30} 알콕시기, 치환 또는 비치환된 C_1 - C_{30} 알킬티오기, -Si(Q_1)(Q_2)(Q_3), 치환 또는 비치환된 C_5 - C_{60} 카보시클릭 그룹 또는 치환 또는 비치환된 C_1 - C_{60} 헤테로시클릭 그룹일 수 있다.

[0070] R_{11} 내지 R_{15} 중 적어도 하나가 가교성 그룹일 수 있고, R_{21} 내지 R_{25} 중 적어도 하나가 가교성 그룹일 수 있다.

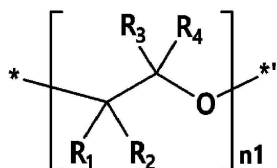
[0071] 예를 들어, 가교성 그룹은 아자이드기(-N₃), 황 함유기 및 불포화 이중 결합 함유기 중 적어도 어느 하나를 포함할 수 있다. 예를 들어, 가교성 그룹은 아자이드기일 수 있다.

[0072] 에틸렌 옥사이드를 포함하는 광 가교제(20)은 이온 전도 부위를 포함하여 고분자 반도체(10)와 가교되어 이온 전도도가 유지 또는 향상된 가교 반응 생성물을 얻을 수 있다.

[0073] 따라서, 에틸렌 옥사이드를 포함하는 광 가교제(20)는 이온 침투 유도형 광 가교제(20)로 사용될 수 있다.

[0074] 구체적으로, 광 가교제(20)에 포함된 에틸렌 옥사이드(화학식 2의 반복 단위)가 인접한 염에 대해 이온 전도 부위를 제공할 수 있고, 이에 따라 광 가교제(20)을 이용하여 가교 반응할 경우에 생성물의 이온 전도도가 유지 또는 향상될 수 있다. 또한, 에틸렌 옥사이드(화학식 2의 반복 단위)의 수를 제어함에 따라 가교 반응 생성물의 이온 전도도가 제어될 수 있다.

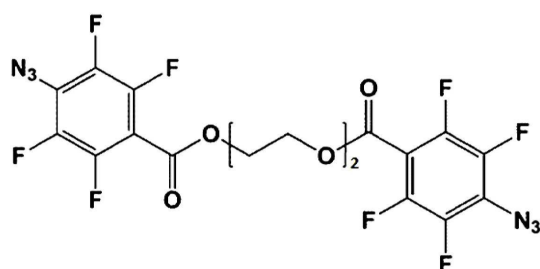
[0075] [화학식 2]



[0076]

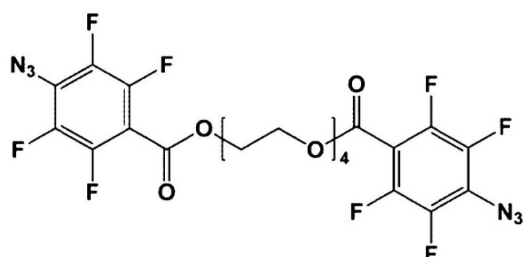
[0077] 바람직하게는, 에틸렌 옥사이드를 포함하는 광 가교제(20)는 하기 화학식 3 내지 화학식 8로 표시되는 화합물 중 적어도 어느 하나를 포함할 수 있다.

[0078] [화학식 3]



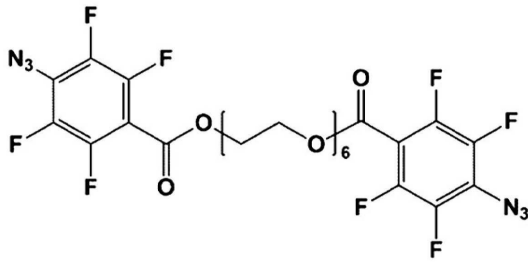
[0079]

[0080] [화학식 4]



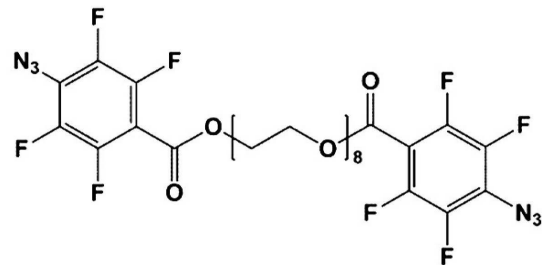
[0081]

[0082] [화학식 5]



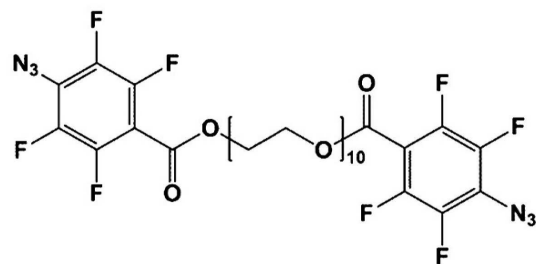
[0083]

[0084] [화학식 6]



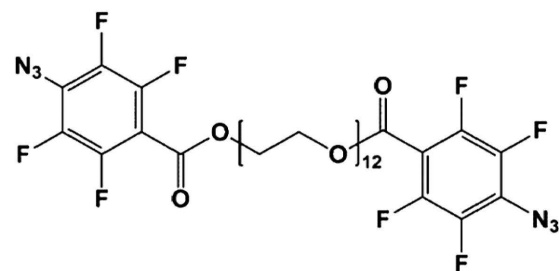
[0085]

[0086] [화학식 7]



[0087]

[0088] [화학식 8]



[0089]

[0090] 에틸렌 옥사이드를 포함하는 광 가교제(10)는 이온 침투 유도형 고분자 반도체 형성용 조성물 100중량% 대비 1 중량% 내지 20 중량%일 수 있고, 에틸렌 옥사이드를 포함하는 광 가교제(20)가 20중량%를 초과하면 태생적으로 절연성질을 띤 광 가교제(20)에 의해 고분자 반도체(10)의 전기적 특성이 저하될 수 있다.

[0091] 또한, 광 가교제(20)의 함량에 따라 내화학적 및 이온 침투 능력이 조절될 수 있다. 이온 침투 유도형 고분자 반도체 형성용 조성물은 광 가교제(20) 함량이 낮으면 고분자 반도체(10) 내 충분한 화학적 가교가 이뤄질 수 없어 박막의 i) 내화학적 확보가 어려울 뿐만 아니라, ii) 고분자 반도체 박막 내부로의 이온침투능력을 효과적으로 향상시키기 어렵다.

[0092] 실시예에 따라, 본 발명의 실시예에 따른 이온 침투 유도형 고분자 반도체 형성용 조성물은 잔량의 용매를 포함할 수 있다.

[0093] 용매로는 특별히 제한되지 않지만, 예를 들어, 용매는 알코올계 용매, 할로겐-함유 용매, 탄화수소계 용매, 케톤계 용매, 에스테르계 용매, 및 아미드계 용매 중 적어도 어느 하나를 포함할 수 있다.

- [0094] 알코올계 용매의 예로는 메탄올, 에탄올, 프로판-1-올, 부탄-1-올, 펜탄-1-올, 헥산-1-올, 헵탄-1-올, 옥탄-1-올, 노난-1-올, 데칸-1-올, 운데칸-1-올, 도데칸-1-올, 트라이데칸-1-올, 테트라데칸-1-올, 펜타데칸-1-올, 헥사데칸-1-올, 헵타데칸-1-올, 옥타데칸-1-올, 노나데칸-1-올, 아이코산-1-올, 헨아이코산-1-올, 도코산-1-올, 트라이코산-1-올, 테트라코산-1-올, 펜타코산-1-올, 헥사코산-1-올, 헵타코산-1-올, 옥타코산-1-올, 노나코산-1-올, 트리아콘탄-1-올, 폴리코사놀, 2-메틸: 2-메틸프로판-1-올, 3-메틸: 3-메틸부탄-1-올, 프로판-2-올, 부탄-2-올, 펜탄-2-올, 헥산-2-올, 헵탄올-2-올, 2-메틸: 2-메틸부탄-1-올, 사이클로헥산올, 2-메틸: 2-메틸프로판-2-올, 2-메틸부탄-2-올, 2-메틸펜탄-2-올, 2-메틸헥산-2-올, 2-메틸헵탄-2-올, 3-메틸: 3-메틸펜탄-3-올 및 3-메틸옥탄-3-올 중 적어도 어느 하나를 포함할 수 있다.
- [0095] 할로젠-함유 용매는 클로로벤젠(Chlorobenzene), 클로로포름(Chloroform), 테트라플루오르디브로메틸렌(tetrafluorodibromo ethylene), 트리클로로에틸렌(trichloroethylene), 테트라클로로에틸렌(tetrachloroethylene), 트리플루오로클로로에틸렌(trifluorochloroethylene), 1,2,4-트리클로로벤젠(trichlorobenzene), 사염화탄소(carbon tetrachloride), 디클로로메탄(dichloromethane) 및 디클로로에탄(dichloroethane), 디클로로벤젠(dichlorobenzene) 중 적어도 어느 하나를 포함할 수 있다.
- [0096] 탄화수소계 용매로는 옥탄(octane), 노난(nonane), 데칸(decane), 운데 칸(undecane), 톨루엔(toluene), 자일렌(xylene), 에틸벤젠(ethylbenzene), n-프로필벤젠(n-propylbenzene), iso-프로필벤젠(iso-propylbenzene), n-프로필벤젠(n-propylbenzene), 메시틸렌(mesitylene), n-부틸벤젠(n-butylbenzene), sec-부틸벤젠(sec-butylbenzene), 1-페닐 펜탄(1-phenylpentane), 2-페닐펜탄(2-phenylpentane), 3-페닐펜탄(3-phenylpentane), 페닐사이클로 펜테인(phenylcyclopentane), 페닐사이클로헥산(phenylcyclohexane), 2-에틸페닐(2-ethylbiphenyl) 및 3-에틸페닐(3-ethylbiphenyl) 중 적어도 어느 하나를 포함할 수 있다.
- [0097] 에테르계 용매로는 1,4-다이옥산(1,4-dioxane), 1,2-디에톡시에탄(1,2-diethoxyethane), 디에틸렌 글리콜 디메틸 에테르(diethyleneglycoldimethylether), 디에틸렌 글리콜 디에틸 에테르(diethyleneglycoldiethylether), 아니솔(anisole), 에톡시벤젠(ethoxybenzene), 3-메틸아니솔(3-methylanisole) 및 m-디메톡시벤젠(m-dimethoxybenzene) 중 적어도 어느 하나를 포함할 수 있다.
- [0098] 케톤계 용매로는 2-헥사논(2-hexanone), 3-헥사논(3-hexanone), 사이클로 헥사 논(cyclohexanone), 2-헵타논(2-heptanone), 3-헵타논(3-heptanone), 4-헵타논(4-heptanone) 및 사이클로 헵타논(cycloheptanone) 중 적어도 어느 하나를 포함할 수 있다.
- [0099] 에스테르계 용매로는 부틸 아세테이트(butylacetate), 프로피온산 부틸(butylpropionate), 헵틸 부티레이트(heptylbutyrate), 프로필렌 카보네이트(propylenecarbonate), 메틸 벤조에이트(벤조산메틸)(methylbenzoate), 에틸벤조에이트(ethylbenzoate) 1-프로필 벤조에이트(1-propylbenzoate) 및 1-부틸 벤조에이트(1-butylbenzoate) 중 적어도 어느 하나를 포함할 수 있다.
- [0100] 아미드계 용매로는 디메틸 포름아미드(dimethylformamide), 디메틸 아세트아미드(dimethylacetamide) 및 N-메틸 피롤리돈(methylpyrrolidone) 중 적어도 어느 하나를 포함할 수 있다.
- [0101] 본 발명의 실시예에 따른 이온 침투 유도형 고분자 반도체 조성물을 이용하여 본 발명의 실시예에 따른 이온 침투 유도형 고분자 반도체를 제조할 수 있다.
- [0102] 본 발명의 실시예에 따른 이온 침투 유도형 고분자 반도체는 고분자 반도체(10) 및 에틸렌 옥사이드를 포함하는 광 가교제(20)를 포함하며, 고분자 반도체(10)와 에틸렌 옥사이드를 포함하는 광 가교제(20)는 화학적 가교를 통해 이온 침투 유도형 고분자 반도체 네트워크를 형성할 수 있다.
- [0103] 구체적으로, 에틸렌 옥사이드를 포함하는 광 가교제(20)의 아자이드기(-N₃)는 광 (예; 자외선)에 의해 나이트렌 기 (-¹N)로 활성화되어 인접한 고분자 반도체(10)의 알킬 사슬과 C-H 삽입 반응을 수행할 수 있다. 따라서, 에틸렌 옥사이드를 포함하는 광 가교제(20)의 광에 의해 반응하는 특성을 이용하여 고분자 반도체(10)의 선택적 가교를 유도할 수 있다.
- [0104] 예를 들어, 고분자 반도체로 DPP-DTT를 사용하는 경우, DPP-DTT와 에틸렌 옥사이드가 도입된 이온 침투 유도형의 광 가교제 간 광 가교 반응을 통해 상분리 없이 이온 침투 유도형 고분자 반도체 네트워크 형성이 가능하다.
- [0105] 따라서, 본 발명의 실시예에 따른 이온 침투 유도형 고분자 반도체는 에틸렌 옥사이드를 포함하는 광 가교제(20)를 포함하여 이온과의 상용성이 우수한 에틸렌 옥사이드 분자로 인해 전기장 하에서 이온 침투 유도형 고분

자 반도체 네트워크의 내부로의 이온 침투 속도를 향상시켜 높은 전기화학적 특성 발현이 가능하다.

- [0106] 본 발명의 실시예에 따른 이온 침투 유도형 고분자 반도체는 박막이거나 패턴을 포함할 수 있다.
- [0107] 또한, 본 발명의 실시예에 따른 이온 침투 유도형 고분자 반도체는 전기적 특성 및 유연성이 우수하고 에틸렌 옥사이드를 통해 신축성(stretchability) 개선이 가능하여 스트레처블(stretchable) 특성을 가질 수 있어, 이를 포함하는 전자 소자는 고신축성·저전력·집적화도 등의 고품위 특성을 가질 수 있다.
- [0108] 구체적으로, 본 발명의 실시예에 따른 이온 침투 유도형 고분자 반도체는 저전력 유기회로, 저전력 유기 트랜지스터, 저전력 유기 전기화학 트랜지스터, 이온 구동 기반 뉴로모픽 소자, 뉴로모픽 전자피부 또는 바이오 일렉트로닉스에 적용될 수 있다.
- [0109] 특히, 고분자 반도체(10)에 이온과의 상용성이 우수한 에틸렌 옥사이드를 포함하는 광 가교제(20)를 도입함으로써, 이온 수송 증강 효과, 스트레처블 구현 및 광패턴 기반 고해상도 패턴을 동시에 구현할 수 있기에, 우수한 전기화학적 특성 및 고집적도가 동시에 요구되는 뉴로모픽 소자, 유기전기화학 트랜지스터 기반 센서 어레이에 효과적으로 적용될 수 있다.
- [0110] 예를 들어, 본 발명의 실시예에 따른 이온 침투 유도형 고분자 반도체는 이온과의 상용성이 우수한 에틸렌 옥사이드가 도입된 이온 침투 유도형 광 가교제(20)를 p-타입의 고분자 반도체(10)에 적용함으로써 포토리소그래피 기반 직접적인 광 패턴 공정이 가능하다.
- [0111] 이하에서는 도 2를 참고하여, 본 발명의 실시예에 따른 이온 침투 유도형 고분자 반도체의 패턴닝 방법에 대해 설명하기로 한다.
- [0113] 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 이온 침투 유도형 고분자 반도체의 패턴닝 방법을 도시한 개략도이다.
- [0114] 본 발명의 실시예에 따른 이온 침투 유도형 고분자 반도체의 패턴닝 방법은 기판(110) 상에 본 발명의 실시예에 따른 이온 침투 유도형 고분자 반도체 형성용 조성물을 도포하여 이온 침투 유도형 고분자 반도체 박막(120)을 형성하는 단계(S110), 이온 침투 유도형 고분자 반도체 박막(120)을 마스크를 이용하여 선택적으로 노광하는 단계(S120) 및 노광된 이온 침투 유도형 고분자 반도체 박막(130)을 현상하여 이온 침투 유도형 고분자 반도체 패턴(140)을 형성하는 단계(S130)를 포함한다.
- [0115] 따라서, 본 발명의 실시예에 따른 이온 침투 유도형 고분자 반도체의 패턴닝 방법은 고분자 반도체에 에틸렌 옥사이드를 포함하는 광 가교제를 도입하여 간단한 광 패턴 공정을 통해 이온 침투 유도형 고분자 반도체 패턴을 형성하여 높은 공정 효율로 소자 집적도를 향상시킬 수 있다.
- [0116] 먼저, 본 발명의 실시예에 따른 이온 침투 유도형 고분자 반도체의 패턴닝 방법은 기판(110) 상에 본 발명의 실시예에 따른 이온 침투 유도형 고분자 반도체 형성용 조성물을 포함하는 코팅 용액을 도포하여 이온 침투 유도형 고분자 반도체 박막(120)을 형성하는 단계(S110)를 진행할 수 있다.
- [0117] 기판은 실리콘, 유리, 석영, 플라스틱 또는 금속 호일(foil)과 같은 다양한 재질을 사용할 수 있다.
- [0118] 플라스틱 기판은 플렉서블 기판 또는 스트레처블 기판일 수 있다. 예를 들어, 플라스틱 기판은 폴리이미드계 고분자, 폴리에스터계 고분자, 실리콘계 고분자, 아크릴계 고분자 및 폴리올레핀계 고분자 중 적어도 어느 하나를 포함할 수 있고, 다.
- [0119] 바람직하게는, 플라스틱 기판은 폴리디메틸실록산(PDMS; Polydimethylsiloxane), 실리콘 러버(Silicon rubber), 폴리 우레탄(polyurethane, PU), 폴리이미드(polyimide, PI), 폴리에틸렌테레프탈레이트(polyethyleneterephthalate, PET), 폴리에틸렌나프탈레이트(Polyethylene Naphthalate, PEN), 에폭시(Epoxy), 테프론(Teflon), 폴리아크릴레이트(polyacrylate, PAR), 폴리에테르 이미드(polyetherimide, PEI), 폴리에스테르(Polyester), 폴리비닐(Polyvinyl), 폴리카보네이트(Polycarbonate), 폴리에틸렌(Polyethylene), 폴리아세테이트(Polyacetate), 폴리에테르술폰(Polyethersulphone; PES), 폴리아크릴레이트(Polyacrylate; PAR), 폴리에틸렌테레프탈레이트(Polyethyleneterephthalate; PET), 폴리페닐렌 설파이드(polyphenylene sulfide, PPS), 폴리알릴레이트(polyarylate), 폴리카보네이트(polycarbonate, PC), 셀룰로오스 트리아세테이트(cellulose triacetate, CTA) 및 셀룰로오스 아세테이트 프로피오네이트(cellulose acetate propionate, CAP) 중 적어도 어느 하나를 포함할 수 있다.
- [0120] 실시예에 따라, 본 발명의 실시예에 따른 이온 침투 유도형 고분자 반도체의 패턴닝 방법은 자외선-오존 처리를 진행하여 기판(110)의 표면에 친수성 기를 형성하는 단계를 더 포함할 수 있다.

- [0121] 자외선-오존 처리는 기판(110)의 표면에 친수성 기를 형성하여 기판(110)과 후속 공정에서 형성되는 이온 침투 유도형 고분자 반도체 박막(120)과의 표면접합성을 향상시킬 수 있다.
- [0122] 친수성 기는 -OH 기, -OOH 기 및 -OO- 기 중 적어도 어느 하나일 수 있고, 바람직하게는, 친수성 기는 -OH 기일 수 있다.
- [0123] 이온 침투 유도형 고분자 반도체 박막(120)은 본 발명의 실시예에 따른 이온 침투 유도형 고분자 반도체 형성용 조성물을 포함하는 코팅 용액을 코팅하여 형성될 수 있다.
- [0124] 코팅 용액은 고분자 반도체, 에틸렌 옥사이드를 포함하는 광 가교제 및 용매를 포함할 수 있다.
- [0125] 이온 침투 유도형 고분자 반도체 박막(120)은 스핀 코팅, 유연 코팅, 풀코팅, 슬릿 앤 스핀 코팅, 슬릿 코팅, 스프레이 코팅, 롤 투 롤, 바 코팅, 딥 코팅, 캐스팅, 다이 코팅, 블레이드 코팅, 그라비아 코팅 및 닥터 코팅 중 적어도 어느 하나의 방법으로 코팅될 수 있다.
- [0126] 이 후, 본 발명의 실시예에 따른 이온 침투 유도형 고분자 반도체의 패터닝 방법은 이온 침투 유도형 고분자 반도체 박막(120)을 마스크를 이용하여 선택적으로 노광하는 단계(S120)를 진행할 수 있다.
- [0127] 노광하는 단계(S120)는 이온 침투 유도형 고분자 반도체 박막(120)에 타겟 패턴이 새겨진 마스크를 사용하여 60 초 동안 자외선을 조사함으로써 노광을 수행할 수 있다. 이때, 이온 침투 유도형 고분자 반도체 박막(120)에 자외선을 조사하면, 자외선이 조사된 부위의 이온 침투 유도형 고분자 반도체 박막(120)은 화학적으로 가교되어 내화학성이 확보된 이온 침투 유도형 고분자 반도체 박막(130)을 형성하여 현상액에 쉽게 용해되지 않을 수 있다.
- [0128] 구체적으로, 이온 침투 유도형 고분자 반도체 박막(120)은 에틸렌 옥사이드를 포함하는 광 가교제의 아자이드기 (-N₃)는 광(예; 254 nm 또는 365 nm 자외선 광원)에 의해 나이트렌기(-N)로 활성화되어 인접한 고분자 반도체의 측쇄의 알킬 사슬과 C-H 삽입 반응을 수행하여 이온 침투 유도형 고분자 반도체 네트워크를 형성할 수 있다. 따라서, 에틸렌 옥사이드를 포함하는 광 가교제가 광에 의해 반응하는 특성을 이용하여 고분자 반도체의 선택적 가교를 유도하고, 비가교 부분을 용매로 제거하여 이온 침투 유도형 고분자 반도체 패턴(140)을 형성할 수 있다.
- [0129] 이온 침투 유도형 고분자 반도체 박막(120)은 노광 시간에 따라 내화학적 또는 전기적 특성이 조절될 수 있다.
- [0130] 구체적으로, 노광하는 단계(S120)에서 자외선 노광 시간이 적으면 광 가교제의 화학적 가교반응이 충분히 이뤄지지 못해 고분자 반도체 박막의 효과적인 내화학적 확보가 어려우며, 반대로 노광 시간이 많으면 고분자 반도체에 광-산화(photo-oxidation)가 발생되어 전기적 특성 저하가 나타날 수 있다.
- [0131] 따라서, 본 발명의 실시예에 따른 이온 침투 유도형 고분자 반도체의 패터닝 방법은 고분자 반도체와 에틸렌 옥사이드를 포함하는 이온 침투 유도형의 광 가교제를 이용하여 이온 상용성을 증가시키고 동시에 간단한 광 패턴 공정 적용이 가능한 고해상도 이온 침투 유도형 고분자 반도체 패턴(140)을 형성할 수 있다.
- [0132] 마지막으로, 본 발명의 실시예에 따른 이온 침투 유도형 고분자 반도체의 패터닝 방법은 노광된 이온 침투 유도형 고분자 반도체 박막(130)을 현상하여 이온 침투 유도형 고분자 반도체 패턴을 형성하는 단계(S130)를 진행할 수 있다.
- [0133] 노광이 수행된 이온 침투 유도형 고분자 반도체 박막(120, 130)에 현상액을 이용하여 현상 공정을 진행함으로써 가교되지 않은 이온 침투 유도형 고분자 반도체 박막(120)을 선택적으로 제거하여 이온 침투 유도형 고분자 반도체(140)을 형성할 수 있다.
- [0134] 현상액은 특별히 제한되지 않고, 예를 들어, 현상액은 코팅 용액에 포함되는 용매가 사용될 수 있고, 바람직하게는, 현상액은 클로로포름이 사용될 수 있다.
- [0135] 따라서, 본 발명의 실시예에 따른 이온 침투 유도형 고분자 반도체의 패터닝 방법은 포토리소그래피 기반의 간단한 광 패턴 공정을 통해 10 μm 수준의 고해상도 패턴 구현이 가능하기 때문에 고집적도가 요구되는 저전력 유기회로 및 뉴로모픽 전자피부에 효과적으로 응용 가능하다.
- [0136] 예를 들어, 이온 침투 유도형 고분자 반도체 패턴(140)의 너비는 수 마이크로미터에서 수백 마이크로미터일 수 있다. 예를 들어, 이온 침투 유도형 고분자 반도체 패턴(140)의 너비는 1 μm 내지 1000 μm 일 수 있으나, 이에 제한되지 않고, 이온 침투 유도형 고분자 반도체 패턴(140)의 크기는 적용되는 유기 전기화학 트랜지스터의 크

기 및 사용 목적에 따라 다양하게 조절될 수 있다.

- [0137] 또한, 본 발명의 실시예에 따른 이온 침투 유도형 고분자 반도체의 패터닝 방법으로 형성된 이온 침투 유도형 고분자 반도체 패턴(140)은 이온 상용성이 높은 광 가교제 도입을 통해 우수한 전기화학적 특성을 지닌 고분자 반도체 네트워크 형성이 가능하고, 저전력·고성능이 요구되는 유기전기화학 트랜지스터에 효과적으로 적용될 수 있다.
- [0138] 이하에서는, 도 3을 참조하여 본 발명의 실시예에 따른 유기 전기화학 트랜지스터에 대해 설명하기로 한다.
- [0140] 도 3은 본 발명의 실시예에 따른 유기 전기화학 트랜지스터를 도시한 개략도이다.
- [0141] 본 발명의 실시예에 따른 유기 전기화학 트랜지스터는 기판(210) 상에 형성되고, 본 발명의 실시예에 따른 이온 침투 유도형 고분자 반도체를 포함하는 활성층(220), 활성층(220)의 양측면에 각각 형성되는 소스/드레인 전극(231, 232), 활성층(220) 상에 형성되는 고분자 전해질층(250) 및 고분자 전해질층(250) 상에 형성되는 게이트 전극을 포함한다.
- [0142] 따라서, 본 발명의 실시예에 따른 유기 전기화학 트랜지스터는 고분자 반도체에 에틸렌 옥사이드를 포함하는 광 가교제를 도입하여 고분자 반도체의 이온 수송 특성 및 해상도를 동시에 확보할 수 있어 유기 전기화학 트랜지스터의 이온 신호의 증폭을 달성할 수 있다.
- [0143] 본 발명의 실시예에 따른 유기 전기화학 트랜지스터는 기판(210) 상에 형성되고, 본 발명의 실시예에 따른 이온 침투 유도형 고분자 반도체를 포함하는 활성층(220)을 포함한다.
- [0144] 기판은 실리콘, 유리, 석영, 플라스틱 또는 금속 호일(foil)과 같은 다양한 재질을 사용할 수 있다.
- [0145] 실시예에 따라, 기판(210)은 자외선-오존 처리가 진행된 기판(210)일 수 있고, 기판(210)은 표면에 친수성 기를 포함할 수 있다.
- [0146] 표면에 친수성 기가 형성된 기판(210)과 이온 침투 유도형 고분자 반도체를 포함하는 활성층(220)과의 표면접합성이 향상될 수 있다.
- [0147] 친수성 기는 -OH 기, -OOH 기 및 -OO- 기 중 적어도 어느 하나일 수 있고, 바람직하게는, 친수성 기는 -OH 기일 수 있다.
- [0148] 활성층(220)은 에틸렌 옥사이드를 포함하는 광 가교제를 포함함으로써 이온과의 상용성이 우수한 에틸렌 옥사이드 분자로 인해 전기장 하에서 고분자 반도체 가교 네트워크 내부로의 이온 침투 속도를 향상시켜 높은 전기화학적 특성 발현이 가능하다.
- [0149] 본 발명의 실시예에 따른 유기 전기화학 트랜지스터는 활성층(220)의 양측면에 각각 형성되는 소스/드레인 전극(231, 232)를 포함한다.
- [0150] 소스 전극(231) 및 드레인 전극(232)은 서로 수평한 방향으로 형성될 수 있고, 소스 전극(231) 및 드레인 전극(232)은 금속을 포함할 수 있으며, 예를 들어, 소스 전극(231) 및 드레인 전극(232)은 금(Au), 은(Ag), 알루미늄(Al), 니켈(Ni), 몰리브덴(Mo), 텅스텐(W) 및 투명 도전성 산화물 중 적어도 어느 하나를 포함할 수 있다. 예를 들어, 투명 전도성 산화물은 인듐틴산화물(ITO) 등을 포함할 수 있다.
- [0151] 실시예에 따라, 소스 전극(231) 및 드레인 전극(232)은 각각의 상부에 형성되는 소스/드레인 전극 패시베이션층(141, 142)을 더 포함할 수 있다.
- [0152] 소스/드레인 전극 패시베이션층(141, 142)은 소스/드레인 전극(231, 232)과 고분자 전해질층(250)과의 물리적인 접촉을 막아 전기적 단락(short) 현상을 방지할 수 있다.
- [0153] 소스/드레인 전극 패시베이션층(141, 142)은 페틸렌, 테플론, 실리콘 산화물, 실리콘 질화물 및 알루미늄 산화물 중 적어도 어느 하나를 포함할 수 있다.
- [0154] 본 발명의 실시예에 따른 유기 전기화학 트랜지스터는 활성층(220) 상에 형성되는 고분자 전해질층(250)을 포함한다.
- [0155] 고분자 전해질층(250)은 탄성 고분자 및 이온성 액체를 포함할 수 있다.
- [0156] 탄성 고분자는 고분자 전해질층(250)에 점탄성을 부여할 수 있다. 예를 들어, 탄성 고분자는 폴리이소프렌, 폴리부타디엔, 폴리이소부틸렌 및 폴리우레탄 중 적어도 어느 하나를 포함할 수 있고, 바람직하게는, 탄성 고분자

는 하드세그먼트와 소프트세그먼트의 블록 코폴리머인 열가소성 탄성 고분자일 수 있다.

- [0157] 열가소성 탄성 고분자(thermoplastic elastomer, TPE)는 하드세그먼트의 종류에 따라 구분되는 폴리스티렌계, 폴리오레핀계, 폴리에스테르계, 폴리우레탄계, 및 폴리아미드계 TPE 중 적어도 어느 하나를 포함할 수 있다.
- [0158] 예를 들어, 폴리스티렌계 TPE 즉, 열가소성 폴리스티렌은 하드세그먼트가 폴리스티렌이고 소프트 세그먼트가 폴리부타디엔, 폴리이소프렌, 폴리에틸렌/폴리부틸렌인 스티렌-부타디엔-스티렌(SBS), 스티렌-폴리이소프렌-스티렌(SIS), 또는 스티렌-폴리에틸렌/폴리부틸렌-스티렌(SEBS)일 수 있다. 폴리에스테르계는 하드세그먼트가 방향족 폴리에스테르이고 소프트세그먼트가 지방족 폴리에테르 또는 지방족 폴리에스테릴 수 있다. 폴리우레탄계 TPE는 하드세그먼트가 방향족 폴리우레탄이고, 소프트세그먼트가 지방족 폴리에테르 또는 지방족 폴리에스테릴 수 있다. 폴리아미드계 TPE는 하드세그먼트가 방향족 폴리아미드이고, 소프트세그먼트가 지방족 폴리에테르 또는 지방족 폴리에스테릴 수 있다. 열가소성 탄성 고분자 중에서도 소프트 세그먼트에 수소 결합이 가능한 작용기를 구비하는 폴리에스테르계, 폴리우레탄계, 또는 폴리아미드계 TPE를 사용할 수 있다.
- [0159] 이온성 액체는 양이온과 음이온이 이온결합에 의해 결합된 염으로, 약 100℃ 이하 구체적으로 상온에서 액체 상태로 유동성을 갖는 물질을 의미할 수 있다.
- [0160] 이온성 액체의 양이온은 암모늄(ammonium), 콜린(choline), 이미다졸륨(imidazolium), 포스포늄(phosphonium), 피리디늄(pyridinium), 피라졸륨(pyrazolium), 피롤리디늄(pyrrolidinium), 피페리디늄(piperidinium), 몰폴리늄(morpholinium) 및 설포늄(sulfonium) 중 적어도 어느 하나를 포함할 수 있다.
- [0161] 만약, 양이온이 파이 결합을 분자내에 구비하는 이미다졸륨, 피리디늄, 피라졸륨 등인 경우, 양이온들 사이에 파이-파이 결합에 의한 구속력이 존재할 수 있다.
- [0162] 암모늄은 4차 암모늄으로 탄소수 1 내지 20의 알킬기 중 서로에 관계없이 4개를 구비하는 암모늄, 예를 들어, 부틸트라이메틸암모늄, 트라이부틸메틸암모늄, 트라이에틸메틸암모늄, 에틸다이메틸프로필암모늄, 2-하이드록시에틸-트라이메틸암모늄, 트라이(2-하이드록시에틸)메틸암모늄, 메틸트라이옥타데실암모늄, 메틸트라이옥틸암모늄, 테트라메틸암모늄, 테트라에틸암모늄, 테트라부틸암모늄, 테트라펜틸암모늄, 테트라헥실암모늄, 테트라헵틸암모늄, 테트라옥틸암모늄, 테트라데실암모늄, 테트라도데실암모늄, 또는 테트라헥사데실암모늄일 수 있다.
- [0163] 이미다졸륨은 1-알릴-3-메틸이미다졸륨, 1-벤질-3-메틸이미다졸륨, 1,3-비스(시아노메틸)이미다졸륨, 1,3-비스(시아노프로필)이미다졸륨, 1-부틸-2,3-다이메틸이미다졸륨, 1-부틸-3-메틸이미다졸륨, 1-부틸-3-(3,3,4,4,5,5,6,6,7,7,8,8,8-트라이데카플루오로옥틸)이미다졸륨, 1-(3-시아노프로필)-3-메틸이미다졸륨, 1-데실-3-메틸이미다졸륨, 1,3-다이메톡시이미다졸륨, 1,3-다이메톡시이미다졸륨, 1,3-다이하이드록시이미다졸륨, 1,3-다이하이드록시-2-메톡시이미다졸륨, 1,3-다이메톡시-2-메틸이미다졸륨, 1,3-다이메틸이미다졸륨, 1,2-다이메틸-3-프로필이미다졸륨, 1-도데실-3-메틸이미다졸륨, 1-에틸-2,3-다이메틸이미다졸륨, 1-에틸-3-메틸이미다졸륨, 1-헥실-3-메틸이미다졸륨, 1-(2-하이드록시에틸)-3-메틸이미다졸륨, 1-메틸이미다졸륨, 1-메틸-3-옥틸이미다졸륨, 1-메틸-3-프로필이미다졸륨, 1-메틸-3-(3,3,4,4,5,5,6,6,7,7,8,8,8-트라이데카플루오로옥틸)이미다졸륨, 1-메틸-3-비닐이미다졸륨, 또는 1,2,3-트라이메틸이미다졸륨일 수 있다.
- [0164] 포스포늄은 테트라부틸포스포늄, 트라이부틸메틸포스포늄, 트라이에틸메틸포스포늄, 또는 트라이헥실테트라데실포스포늄일 수 있다. 상기 피리디늄은 1-부틸-3-메틸피리디늄, 1-부틸-4-메틸피리디늄, 1-부틸피리디늄, 1-(3-시아노프로필)피리디늄, 1-에틸피리디늄, 또는 3-메틸-1-프로필피리디늄일 수 있다. 상기 피롤리디늄은 1-부틸-1-메틸피롤리디늄 또는 1-에틸-1-메틸피롤리디늄일 수 있다. 상기 피라졸륨은 1,2,4-트라이메틸피라졸륨일 수 있다. 상기 설포늄은 트라이에틸설포늄일 수 있다. 상기 피페리디늄은 1-부틸-1-메틸피페리디늄 또는 1-에틸-1-메틸피페리디늄일 수 있다. 상기 몰폴리늄은 4-에틸-4-메틸몰폴리늄일 수 있다.
- [0165] 이온성 액체는 음이온이 분자 내에 N, O, 또는 F를 구비할 수 있고, 예를 들어, 음이온은 카복실레이트(carboxylate), 카보네이트(carbonate), 포스페이트(phosphate), 설포네이트(sulfonate), 설페이트(sulfate), 시아네이트(cyanate), 이미드(imide), 비스(설포닐)이미드(bis(sulfonyl)imide), 다이시아나미드(dicyanamide), 헥사플루오로안티모네이트(hexafluoroantimonate), 하이드록사이드(hydroxide), 나이트라이트(nitrite) 및 테트라플루오로보레이트(tetrafluoroborate) 중 적어도 어느 하나를 포함할 수 있다.
- [0166] 바람직하게는, 이온성 액체는 [EMIM]⁺[TFSI]⁻ (1-Ethyl-3-Methylimidazolium bis(TriFluoromethylSulfonyl)Imide)를 포함할 수 있다.

- [0167] 탄성 고분자는 탄성 고분자와 이온성 액체 전체 100중량% 대비 40 중량% 내지 80 중량%일 수 있다.
- [0168] 본 발명의 실시예에 따른 유기 전기화학 트랜지스터는 고분자 전해질층(250) 상에 형성되는 게이트 전극을 포함한다.
- [0169] 게이트 전극은 고분자 전해질층(250) 상에 형성될 수 있다.
- [0170] 게이트 전극은 금속, 금속 나노와이어, 전도성 탄소 화합물 및 전도성 산화물 중 적어도 어느 하나를 포함할 수 있다.
- [0171] 예를 들어, 금속 또는 금속 나노와이어는 금(Au), 은(Ag), 알루미늄(Al), 니켈(Ni), 몰리브덴(Mo) 또는 텅스텐(W) 등을 포함할 수 있고, 전도성 탄소 화합물은 카본나노튜브(carbon nano tube, CNT) 등을 포함할 수 있으며, 투명 전도성 산화물은 인듐틴산화물(ITO) 등을 포함할 수 있다.
- [0172] 따라서, 본 발명의 실시예에 따른 유기 전기화학 트랜지스터는 게이트 전극과 소스/드레인 전극(231, 232) 사이에 전기장(음전압)을 걸어주면, 고분자 전해질층(250)의 음이온이 활성층(220) 내로 침투하여 전기화학적 도핑 현상이 일어나게 되고, 이에 따라 형성된 정공(hole) 전하(p-type 고분자 반도체)의 이동으로 소스/드레인 전극(231, 232) 사이에 드레인 전류가 흐르면서 구동될 수 있다.
- [0174] **비교예 1 2Bx 기반 고분자 반도체 박막**
- [0175] DPP-DTT 고분자 반도체를 클로로벤젠 용매에 농도 5mg/ml로 녹여 100℃, 200rpm으로 3시간동안 교반하였다. 2Bx 광가교제를 클로로벤젠 용매를 사용하여 농도 5mg/ml가 되도록 100℃, 200rpm으로 30분 동안 교반하였다.
- [0176] 용액화된 고분자 반도체에 광가교제(20 wt%)를 첨가하여 200rpm에서 30분 동안 교반하고, 해당 용액을 기판에 1000rpm, 60초 조건으로 스핀코팅해 박막을 형성하였다. 해당 박막을 60초 동안 자외선 노광하고, 180℃에서 3시간동안 열처리하여 최종 고분자 반도체 박막을 제조하였다.
- [0178] **비교예 2 Pristine 고분자 반도체 박막**
- [0179] DPP-DTT 고분자 반도체를 클로로벤젠 용매에 농도 5mg/ml로 녹여 100℃, 200rpm으로 3시간동안 교반하였다. 용액화된 고분자 반도체를 기판에 1000rpm, 60초 조건으로 스핀코팅해 박막을 형성하고, 180℃에서 3시간동안 열처리하여 최종 고분자 반도체 박막을 제조하였다.
- [0181] **실시예 1: 2Bx-4EO 기반 이온 침투 유도형 고분자 반도체 박막**
- [0182] DPP-DTT 고분자 반도체를 클로로벤젠 용매에 농도 5mg/ml로 녹여 100℃, 200rpm으로 3시간동안 교반하였다. 2Bx-4EO 광가교제를 클로로벤젠 용매를 사용하여 농도 5mg/ml가 되도록 100℃, 200rpm으로 30분 동안 교반하였다.
- [0183] 용액화된 고분자 반도체에 광가교제(20 wt%)를 첨가하여 200rpm에서 30분 동안 교반하고, 해당 용액을 기판에 1000rpm, 60초 조건으로 스핀코팅해 박막을 형성하였다. 해당 박막을 60초 동안 자외선 노광하고, 180℃에서 3시간동안 열처리하여 최종 고분자 반도체 박막을 제조하였다.
- [0185] **실시예 2: 2Bx-8EO 기반 이온 침투 유도형 고분자 반도체 박막**
- [0186] DPP-DTT 고분자 반도체를 클로로벤젠 용매에 농도 5mg/ml로 녹여 100℃, 200rpm으로 3시간동안 교반하였다. 2Bx-8EO 광가교제를 클로로벤젠 용매를 사용하여 농도 5mg/ml가 되도록 100℃, 200rpm으로 30분 동안 교반하였다.
- [0187] 용액화된 고분자 반도체에 광가교제(20 wt%)를 첨가하여 200rpm에서 30분 동안 교반하고, 해당 용액을 기판에 1000rpm, 60초 조건으로 스핀코팅해 박막을 형성하였다. 해당 박막을 60초 동안 자외선 노광하고, 180℃에서 3시간동안 열처리하여 최종 고분자 반도체 박막을 제조하였다.
- [0189] **실시예 3: 2Bx-12EO 기반 이온 침투 유도형 고분자 반도체 박막**
- [0190] DPP-DTT 고분자 반도체를 클로로벤젠 용매에 농도 5mg/ml로 녹여 100℃, 200rpm으로 3시간동안 교반하였다. 2Bx-12EO 광가교제를 클로로벤젠 용매를 사용하여 농도 5mg/ml가 되도록 100℃, 200rpm으로 30분 동안 교반하였다.
- [0191] 용액화된 고분자 반도체에 광가교제(20 wt%)를 첨가하여 200rpm에서 30분 동안 교반하고, 해당 용액을 기판에 1000rpm, 60초 조건으로 스핀코팅해 박막을 형성하였다. 해당 박막을 60초 동안 자외선 노광하고, 180℃에서 3

시간동안 열처리하여 최종 고분자 반도체 박막을 제조하였다.

실시예 4: 유기 전기화학 트랜지스터

소스(source) 및 드레인(drain) 전극으로 금(Au)을 이용하였으며, 전극 상에 패시베이션(passivation) 층으로 페틸렌을 이용하였다.

상기 실시예 4를 고분자 반도체 층으로 이용하였고, 선택적 노광을 통해 이온 침투 유도형 고분자 반도체 패턴을 형성한 후, 고체 전해질을 디스펜싱을 통해 도입하였다.

고체 전해질은 열가소성 폴리우레탄(TPU) 고분자, DMF(dimethylformamide), 이온성 액체 [EMIM][TFSI]를 15 중량%, 60 중량%, 25 중량%로 혼합한 후 80℃, 100rpm으로 3시간 동안 교반하여 제조하였다.

게이트(Gate) 전극으로 금(Au)을 이용하여 유기 전기화학 트랜지스터를 제작하였다.

도 4는 실시예 1에 따른 이온 침투 유도형 고분자 반도체의 적외선 분광법 측정 결과를 도시한 그래프이고, 도 5는 가교제의 함량에 따른 비교예 1 따른 고분자 반도체 및 실시예 1에 따른 이온 침투 유도형 고분자 반도체의 용매 노출에 따른 박막 유지율을 도시한 그래프이다.

도 4 및 도 5를 참조하면, 실시예 1에 따른 이온 침투 유도형 고분자 반도체는 고분자 반도체와 아자이드 기능을 포함한 광 가교제가 자외선 광원에 의해 C-H 삽입 반응으로 가교 네트워크를 형성하는 것을 알 수 있다.

또한, 실시예 1에 따른 이온 침투 유도형 고분자 반도체는 용매 노출에 따른 박막 유지율이 광 가교제의 함량에 따라 조절되는 것을 알 수 있다.

도 6은 광 가교제의 유무에 따른 고분자 반도체 내부로의 이온 도핑 현상을 분석하기 위한 개략도이고, 도 7은 비교예 2에 따른 고분자 반도체 및 실시예 3에 따른 이온 침투 유도형 고분자 반도체의 흡광도를 도시한 그래프이며, 도 8은 이온 침투 유도형 고분자 반도체의 전압별 흡광도 비교를 도시한 그래프이다.

도 7 및 도 8을 참조하면, 이온과의 상용성을 가진 광 가교제(2Bx-12E0) 기반의 실시예 3에 따른 이온 침투 유도형 고분자 반도체의 경우, 기존의 비교예 2에 따른 고분자 반도체 대비 전압에 따른 광학 밴드 및 폴라론 밴드의 변화율이 큰 것을 통해 같은 전압 하에서 더 많은 이온이 주입되어 전기화학적 도핑이 향상되는 것을 알 수 있다.

구체적으로, 본 발명의 실시예에 따른 이온 침투 유도형 고분자 반도체는 전기화학 도핑(electrochemical doping)에 의해 광학 밴드가 감소되고 폴라론 밴드는 증가되어 고분자 반도체 내부로의 이온 침투 속도 및 양이 증가되는 것을 알 수 있다.

도 9는 비교예 2에 따른 고분자 반도체 및 실시예 3에 따른 이온 침투 유도형 고분자 반도체의 전압에 따른 위상각(phase angle) 변화를 도시한 그래프이고, 도 10은 유효 정전용량 값을 도시한 그래프이다.

도 9 및 도 10은 화학적 가교가 진행된 고분자 반도체 네트워크를 MISM (Metal-Insulator-Semiconductor-Metal) 구조의 소자로 제작하여 전기화학적 분석을 진행하였다.

도 9 및 도 10을 참조하면, 전압에 따른 위상각(phase angle) 변화를 비교했을 때, 이온 상용성이 높은 광 가교제(2Bx-12E0)를 포함하는 실시예 3에 따른 이온 침투 유도형 고분자 반도체의 경우 더 낮은 전압에서 위상각 감소가 시작되는 것을 알 수 있다.

또한, 실시예 3에 따른 이온 침투 유도형 고분자 반도체는 동일한 전압 하에서 더 높은 유효 정전용량 값을 가지는 것을 통해 기존의 비교예 2에 따른 고분자 반도체 대비 활성층 내부로의 이온 수송이 향상되는 것을 알 수 있다.

구체적으로, 발명의 실시예에 따른 이온 침투 유도형 고분자 반도체는 위상 각이 감소되고, 유효 정전용량 값은 증가하여 고분자 반도체 내부로 침투된 이온의 양이 증가되는 동시에 더 빠른 전압에서 전기화학적 도핑이 시작되는 것을 알 수 있다.

도 11은 본 발명의 실시예에 따른 이온 침투 유도형 고분자 반도체의 패턴링 방법을 통해 제조된 이온 침투 유도형 고분자 반도체 패턴을 도시한 이미지이다.

도 11을 참조하면, 본 발명의 실시예에 따른 이온 침투 유도형 고분자 반도체의 패턴링 방법은 고분자 반도체와 이온 상용성이 높은 광 가교제 기반의 이온 침투 유도형 고분자 반도체 박막 상에 마스크를 위치하고 자외선 광

원을 통해 선택적으로 빛을 조사하여 광에 노출된 부분에서는 가교 반응이 수행되고, 광에 노출되지 않은 부분은 용매를 통해 제거함으로써, 간단한 포토리소그래피 공정을 통해 10 μm 이하의 고해상도 이온 침투 유도형 고분자 반도체 패턴이 형성되는 것을 알 수 있다.

- [0215] 따라서, 에틸렌 옥사이드를 포함하는 광 가교제(광에 의해 활성화하는 아자이드 그룹 및 이온 침투를 유도하는 에틸렌 옥사이드 부분(ethylene oxide moieties))를 고분자 반도체에 도입하여 우수한 내화학성을 바탕으로 고해상도 패턴을 형성할 수 있는 것을 알 수 있다.
- [0217] 도 12는 이온 침투 유도형 고분자 반도체의 광 가교제의 화학 구조에 따른 유기 전기화학 트랜지스터의 게이트 전압에 따른 드레인 전류를 도시한 그래프이고, 도 13은 이온 침투 유도형 고분자 반도체의 광 가교제의 화학 구조에 따른 유기 전기화학 트랜지스터의 과도 응답(transient response)을 도시한 그래프 특성을 도시한 그래프이다.
- [0218] 도 14는 비교예 2에 따른 고분자 반도체 및 실시예 3에 따른 이온 침투 유도형 고분자 반도체를 각각 포함하는 유기 전기화학 트랜지스터의 광 가교제의 이온 주입 속도 및 이온 디-도핑 시간(Ion de-doping time)을 도시한 그래프이다.
- [0219] 도 12 내지 도 14는 이온 상용성이 높은 광 가교제 기반의 실시예 1에 따른 이온 침투 유도형 고분자 반도체, 실시예 2에 따른 이온 침투 유도형 고분자 반도체 및 실시예 3에 따른 이온 침투 유도형 고분자 반도체를 이용하여 유기 전기화학 트랜지스터를 제작하여 평가한 그래프이다.
- [0220] 도 12 내지 도 14를 참조하면, 본 발명의 실시예에 따른 유기 전기화학 트랜지스터는 활성층에 포함된 이온과의 상용성이 우수한 에틸렌 옥사이드 분자에 의해 전류 값 및 이온 침투 속도가 향상되는 것을 알 수 있다. 또한, 활성층 내부로의 이온 침투 및 전기장 제거 시 전해질로 돌아오는 이온의 속도가 향상되는 것을 알 수 있다.
- [0221] 특히, 2Bx-12EO를 포함하는 실시예 3에 따른 이온 침투 유도형 고분자 반도체의 경우, 광 가교제를 포함하지 않는 비교예 2에 따른 고분자 반도체 대비 높은 전류 값 및 빠른 이온 침투 속도를 나타내는 것을 알 수 있다 ($t_{\text{pristine}} : 1.1657\text{s} > t_{2\text{Bx-12EO}} : 0.6744\text{s}$).
- [0223] 도 15는 본 발명의 실시예에 따른 이온 침투 유도형 고분자 반도체의 스트레처블 특성을 측정하는 방법을 도시한 개략도이고, 도 16은 비교예 1에 따른 고분자 반도체, 실시예 1에 따른 이온 침투 유도형 고분자 반도체, 실시예 2에 따른 이온 침투 유도형 고분자 반도체 및 실시예 3에 따른 이온 침투 유도형 고분자 반도체의 인장 변형에 따른 스트레치를 도시한 그래프이며, 도 17은 기계적 물성을 도시한 그래프이다.
- [0224] 도 15 내지 도 17을 참조하면, 실시예 1에 따른 이온 침투 유도형 고분자 반도체, 실시예 2에 따른 이온 침투 유도형 고분자 반도체 및 실시예 3에 따른 이온 침투 유도형 고분자 반도체는 유연한 에틸렌 옥사이드 부분을 포함하여 비교예 1에 따른 고분자 반도체 대비 기계적 물성이 향상된 것을 알 수 있다.
- [0226] 한편, 본 명세서와 도면에 개시된 본 발명의 실시 예들은 이해를 돕기 위해 특정 예를 제시한 것에 지나지 않으며, 본 발명의 범위를 한정하고자 하는 것은 아니다. 여기에 개시된 실시 예들 이외에도 본 발명의 기술적 사상에 바탕을 둔 다른 변형 예들이 실시 가능하다는 것은, 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 자명한 것이다.

부호의 설명

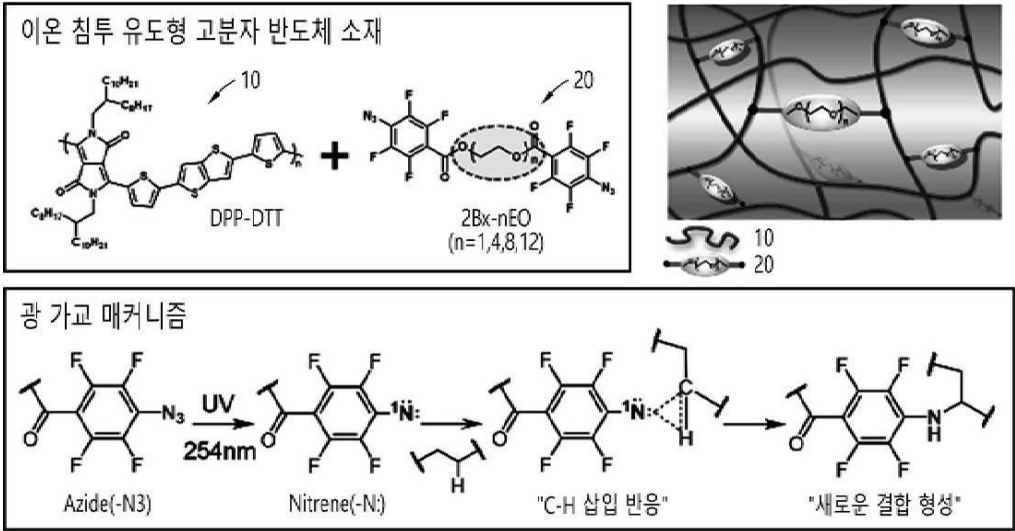
- [0228] 10: 고분자 반도체 20: 광 가교제
- 110: 기판
- 120: 이온 침투 유도형 고분자 반도체 박막
- 130: 가교된 이온 침투 유도형 고분자 반도체 박막
- 140: 이온 침투 유도형 고분자 반도체 패턴
- 210: 기판 220: 활성층
- 231: 소스 전극 232: 드레인 전극
- 241, 242: 소스/드레인 전극 패시베이션(passivation) 층

250: 고체 전해질

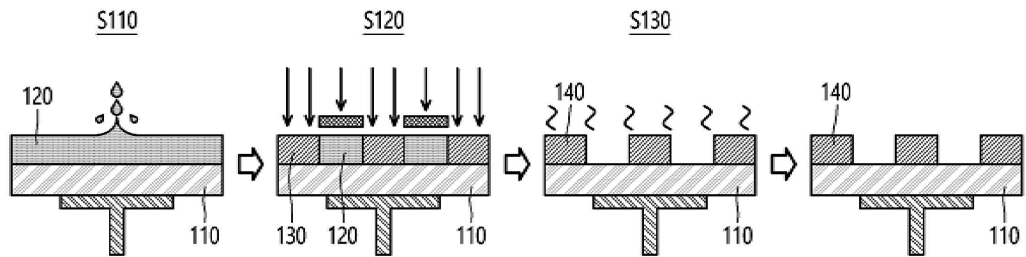
260: 게이트 전극

도면

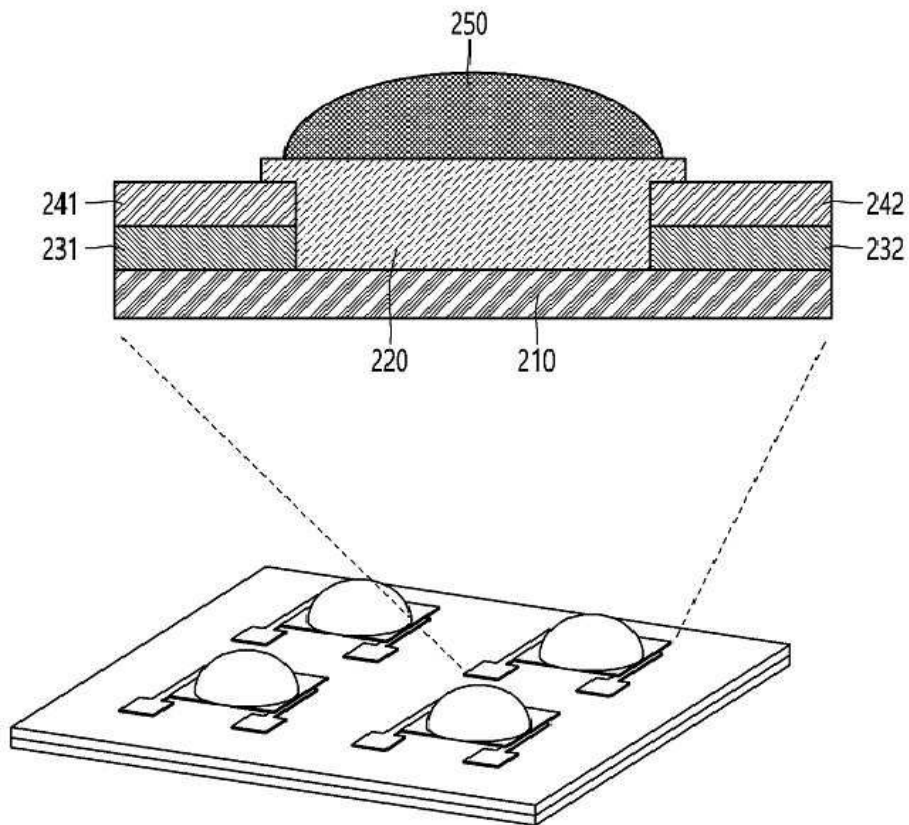
도면1



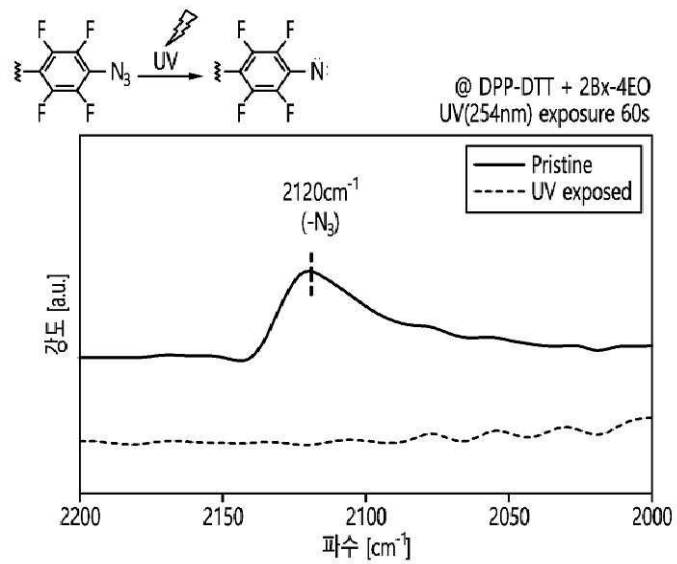
도면2



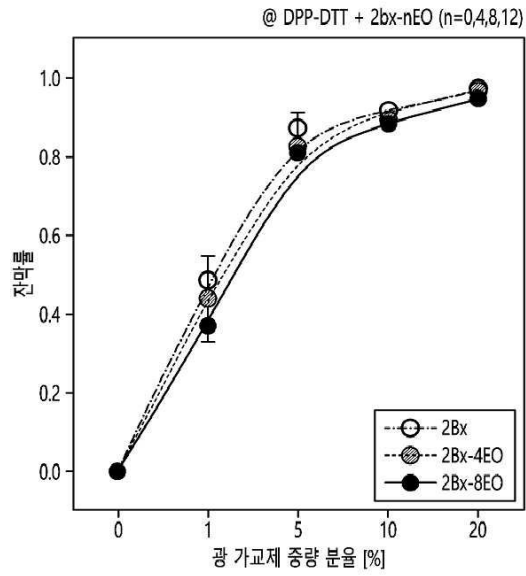
도면3



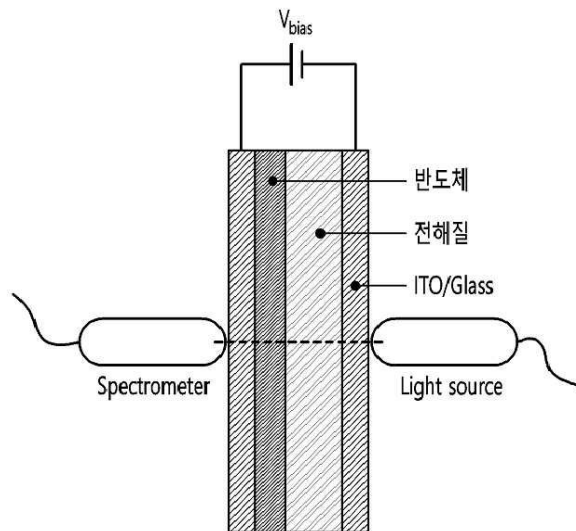
도면4



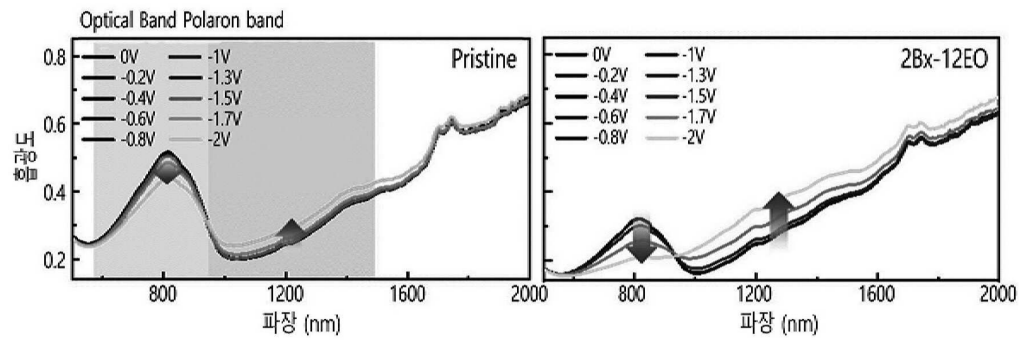
도면5



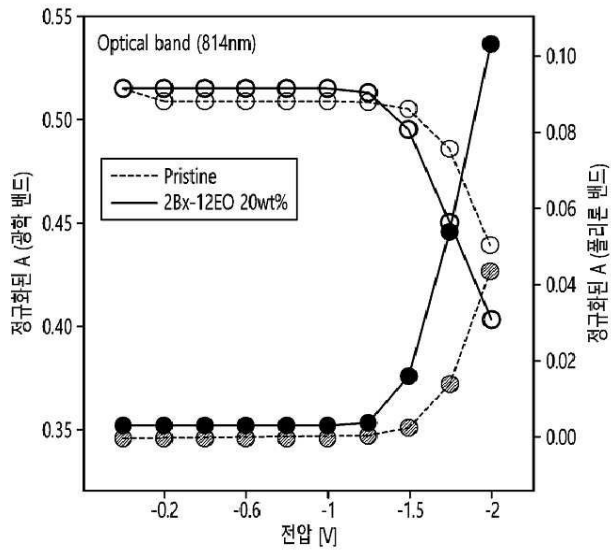
도면6



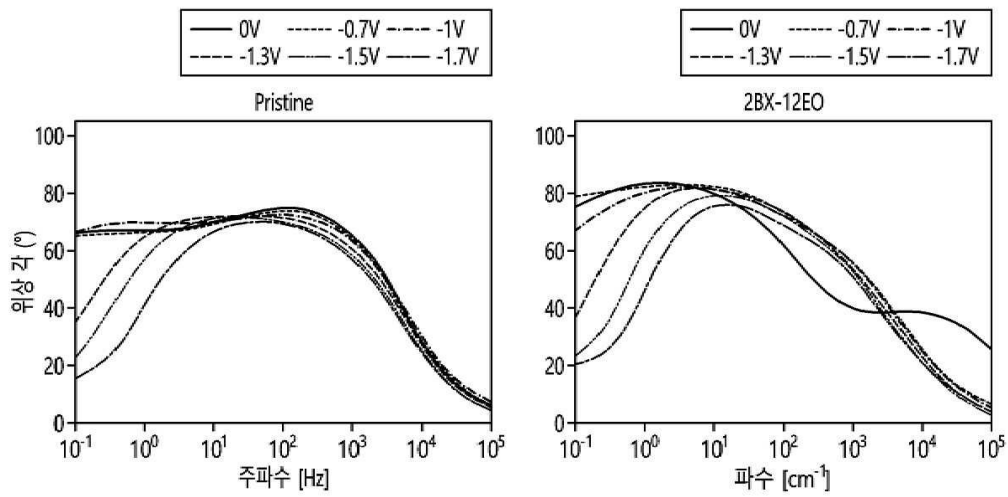
도면7



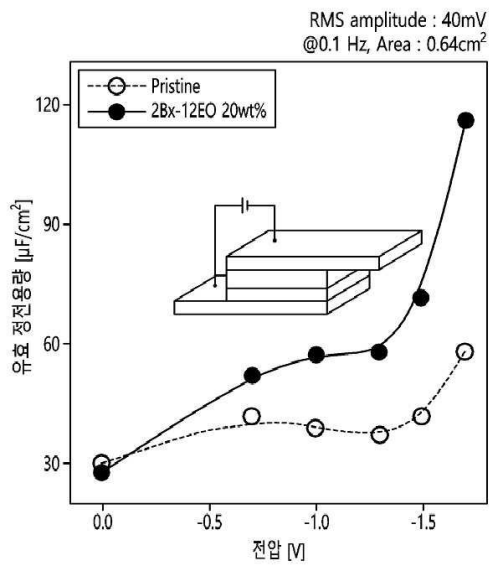
도면8



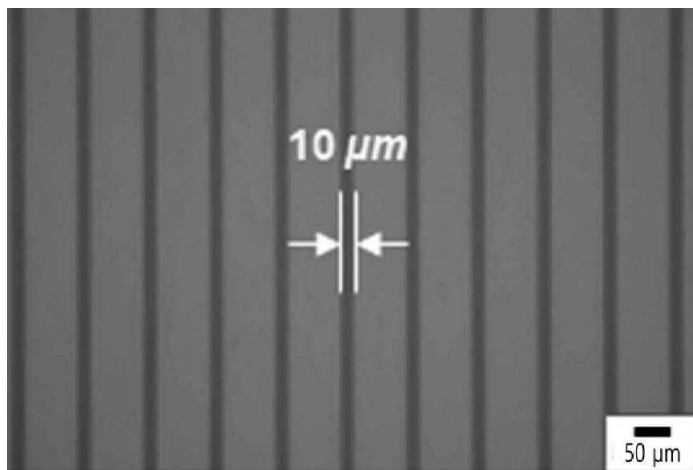
도면9



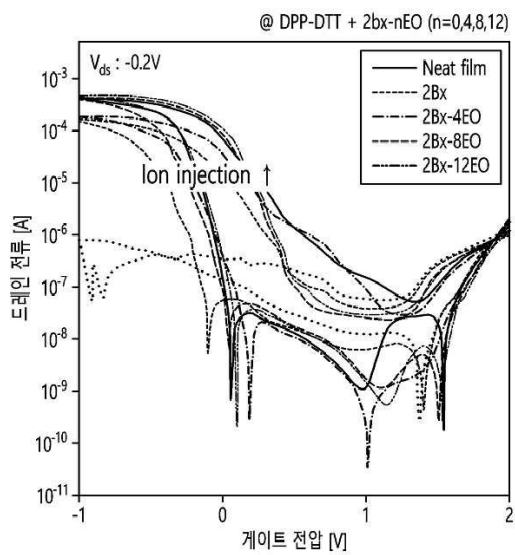
도면10



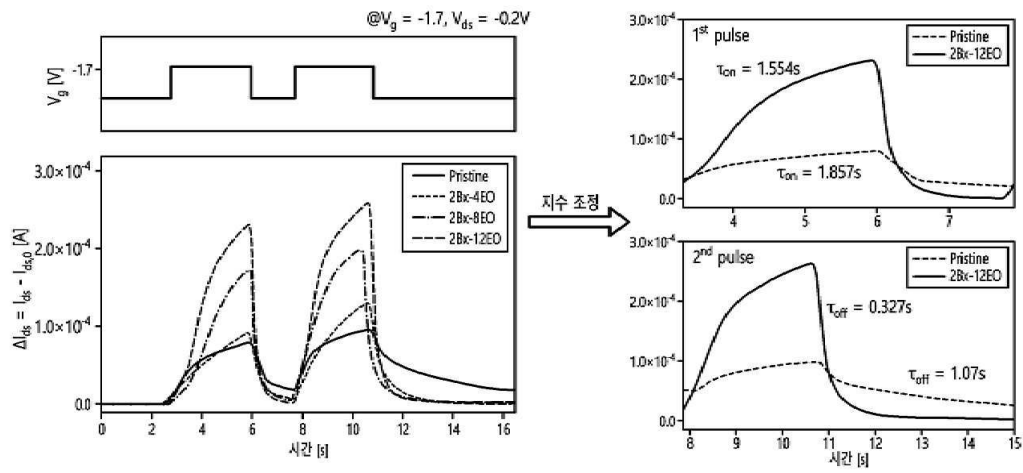
도면11



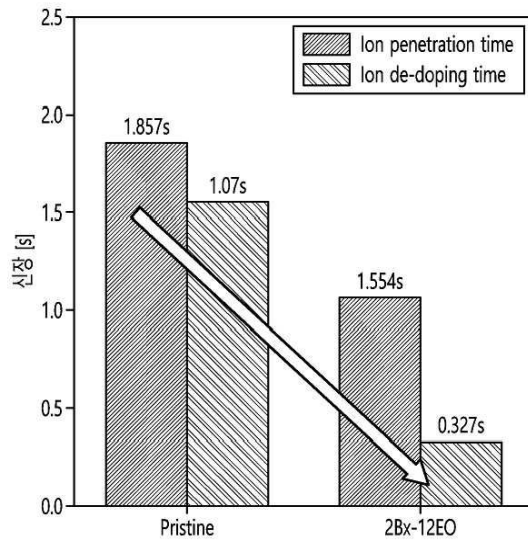
도면12



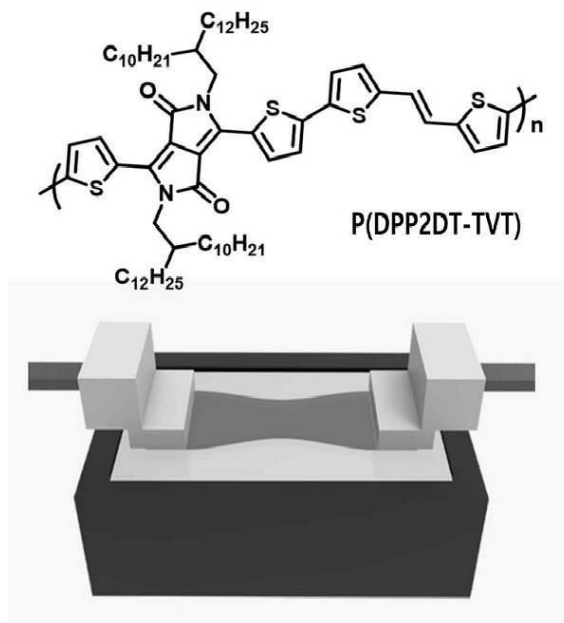
도면13



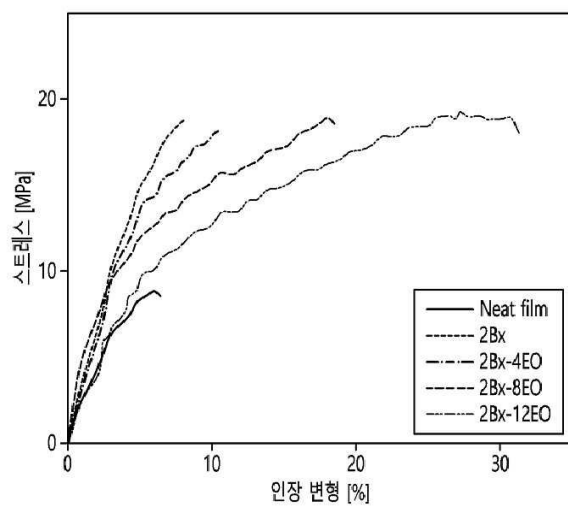
도면14



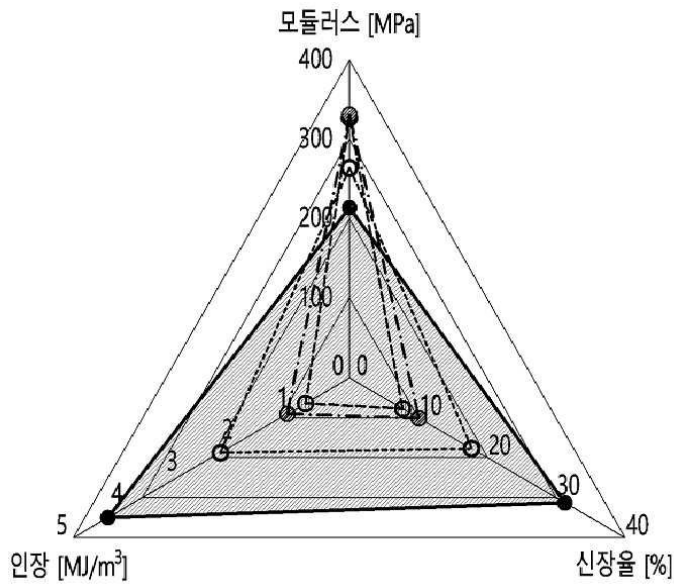
도면15



도면16



도면17



【심사관 직권보정사항】

【직권보정 1】

【보정항목】 청구범위

【보정세부항목】 청구항 4

【변경전】

제1항에 있어서,

상기 탄성 고분자는 상기 탄성 고분자와 상기 이온성 액체 전체 100중량% 대비 40 중량% 내지 80 중량%인 것을 특징으로 하는 유기 전기화학 트랜지스터.

【변경후】

제2항에 있어서,

상기 탄성 고분자는 상기 탄성 고분자와 상기 이온성 액체 전체 100중량% 대비 40 중량% 내지 80 중량%인 것을 특징으로 하는 유기 전기화학 트랜지스터.