



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2021년02월08일

(11) 등록번호 10-2211925

(24) 등록일자 2021년01월29일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

C08G 81/02 (2006.01) C08F 12/30 (2006.01)  
C08F 212/14 (2006.01) C08F 220/22 (2006.01)  
C08G 61/12 (2006.01) C08L 25/18 (2006.01)  
C08L 65/00 (2006.01) H01B 1/12 (2006.01)  
H01L 51/50 (2006.01)

(52) CPC특허분류

C08G 81/025 (2013.01)  
C08F 12/30 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2019-0106118

(22) 출원일자 2019년08월28일

심사청구일자 2019년08월28일

(56) 선행기술조사문헌

KR101759823 B1\*  
Chem. Mater. 2018, 30, pp 4459-4468\*  
KR101743865 B1  
US20060011233 A1

\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

연세대학교 산학협력단

서울특별시 서대문구 연세로 50 (신촌동, 연세대학교)

(72) 발명자

김중현

서울특별시 종로구 창의문로5나길 4-1(부암동)

임소은

광주광역시 서구 월드컵4강로 135, 106동 609호  
(쌍촌동, 일신아파트)

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

특허법인다나

전체 청구항 수 : 총 11 항

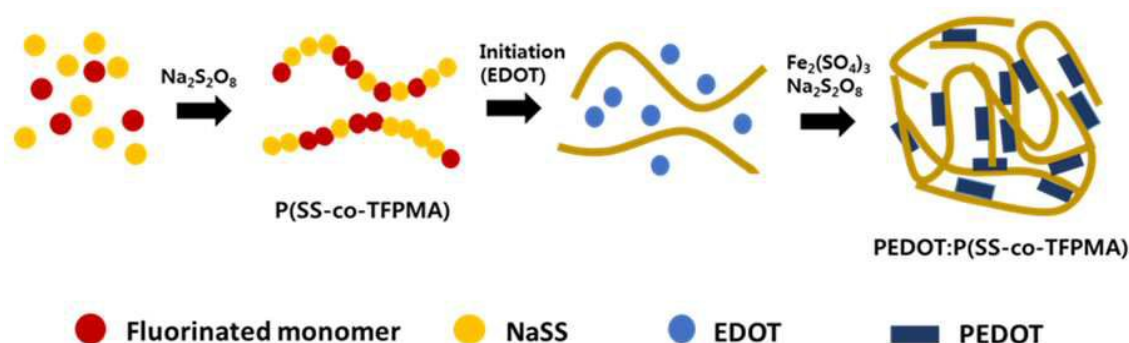
심사관 : 김재민

(54) 발명의 명칭 유연성이 향상되고 일함수 조절이 가능한 전도성 박막 및 이를 위한 전도성 고분자의 제조방법

### (57) 요약

본 발명은 연신성이 향상되면서 일함수 조절이 가능한 전도성 박막 및 이를 위한 전도성 고분자의 제조방법에 관한 것이다. 본 발명에 따른 전도성 박막은 폴리스티렌술폰산에 불소계 화합물을 공중합하여 일함수를 제어하고, 폴리스티렌술폰산에 폴리에틸렌계 고분자를 그래프트 공중합하여 유연성이 우수할 뿐만 아니라 용액 안정성 및 코팅성을 향상시킬 수 있다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

*C08F 212/14* (2013.01)  
*C08F 220/22* (2013.01)  
*C08G 61/126* (2013.01)  
*C08L 25/18* (2013.01)  
*C08L 65/00* (2013.01)  
*H01B 1/127* (2013.01)  
*H01L 51/5072* (2013.01)  
*C08G 2261/514* (2013.01)  
*C08G 2261/91* (2013.01)

(72) 발명자

**이흥주**

서울특별시 송파구 백제고분로18길 4-24, 501호 (잠실동)

**김영노**

경기도 안양시 동안구 관평로138번길 12, 102동 102호 (평촌동, 초원성원아파트)

**박찬일**

서울특별시 광진구 독성로24길 48, 101호 (자양동)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711092602
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	나노소재기술개발사업
연구과제명	[Ezbaro] (총괄/1세부)유기 투명전극용 고전도성 고분자 나노입자제조 및 공정 원천
기술 연구 (2/2단계)(3/3)	
기 여 율	1/2
과제수행기관명	연세대학교 산학협력단
연구기간	2019.03.01 ~ 2019.08.31

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	K_G012000293101
부처명	산업통상자원부
과제관리(전문)기관명	한국산업기술평가관리원
연구사업명	산업기술혁신사업
연구과제명	[RCMS]한진화학주식회사/유기전자소재 기반 UV/IR 99.9% 차단 및 투과율 35% 가변
기술을 갖는 에너지 절감형	대면적 스마트 필름 개발(1/4)
기 여 율	1/2
과제수행기관명	연세대학교 산학협력단
연구기간	2018.11.01 ~ 2019.03.31

---

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

비닐벤젠술폰산염 및 불소계 화합물을 포함하는 혼합물을 중합하여 폴리스티렌술폰 공중합체를 제조하는 단계; 및

상기 제조된 폴리스티렌술폰 공중합체와 3,4-에틸렌디옥시티오펜(EDOT)을 혼합하여 전도성 고분자를 제조하는 단계를 포함하는 전도성 고분자의 제조방법.

#### 청구항 2

제1항에 있어서,

불소계 화합물은 플루오로스티렌, 트리플루오로메틸스티렌, 트리플로오로에틸 메타아크릴레이트, 테트라플루오로프로필 메타아크릴레이트, 펜타플루오로프로필 메타아크릴레이트 및 헥사플루오로부틸 메타아크릴레이트로 이루어진 군으로부터 선택되는 1종 이상인 것을 특징으로 하는 전도성 고분자의 제조방법.

#### 청구항 3

제1항에 있어서,

전도성 고분자를 제조하는 단계 이전에,

제조된 폴리스티렌술폰 공중합체와 폴리에틸렌글리콜계 고분자를 반응시켜 폴리스티렌술폰 공중합체에 폴리에틸렌글리콜 고분자를 그래프트 공중합하는 단계를 더 포함하는 전도성 고분자의 제조방법.

#### 청구항 4

제1항에 있어서,

불소계 화합물의 첨가량은 비닐벤젠술폰산염 100 중량부를 기준으로 1 중량부 내지 30 중량부인 전도성 고분자의 제조방법.

#### 청구항 5

제1항에 있어서,

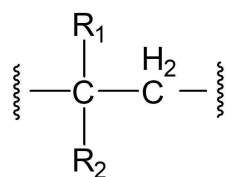
전도성 고분자를 제조하는 단계에서, 폴리스티렌술폰 공중합체의 함량은 3,4-에틸렌디옥시티오펜(EDOT) 단량체 100 중량부를 기준으로 200 중량부 내지 500 중량부인 전도성 고분자의 제조방법.

#### 청구항 6

폴리(3,4-에틸렌디옥시티오펜):폴리스티렌술폰산(PEDOT:PSS)을 포함하고,

상기 폴리스티렌술폰산(PSS)는 하기 화학식 1로 나타내는 반복단위를 포함하는 전도성 박막:

[화학식 1]



상기 화학식 1에서,

R<sub>1</sub>은 수소 또는 탄소수 1 내지 4의 알킬기이고,

$R_2$ 는  $-COOR_3$ ; 또는 불소 또는 탄소수 1 내지 5의 불소화 알킬기가 치환된 페닐기이고,

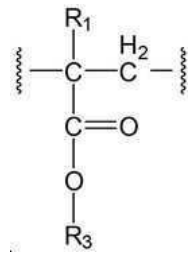
$R_3$ 는 불소 또는 탄소수 3 내지 5의 불소화 알킬기이다.

### 청구항 7

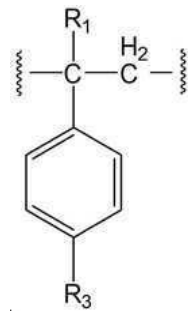
제6항에 있어서,

화학식 1로 나타내는 반복단위는 하기 화학식 2 및 3으로 나타내는 반복단위 중 어느 하나 이상을 포함하는 전도성 박막:

[화학식 2]



[화학식 3]



상기 화학식 2 및 화학식 3에서,

$R_1$ 은 수소 또는 탄소수 1 내지 4의 알킬기이고,

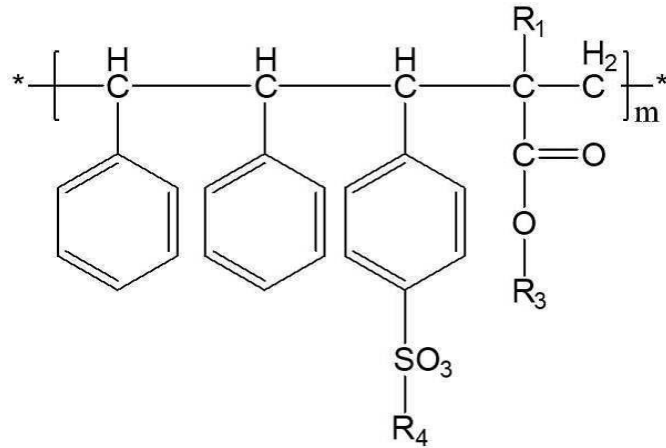
$R_3$ 는 불소 또는 탄소수 3 내지 5의 불소화 알킬기이다.

### 청구항 8

제6항에 있어서,

폴리스티렌술폰산은 하기 화학식 4로 나타내는 반복단위를 포함하는 전도성 박막:

[화학식 4]



상기 화학식 4에서,

R<sub>1</sub>은 수소 또는 탄소수 1 내지 4의 알킬기이고,

R<sub>3</sub>는 탄소수 3 내지 6의 불소화 알킬기이고,

R<sub>4</sub>은 폴리에틸렌글리콜계 고분자이며,

m은 100 내지 500이다.

#### 청구항 9

제6항에 있어서,

전도성 박막의 일함수는 5.0eV 내지 6.5eV인 것을 특징으로 하는 전도성 박막.

#### 청구항 10

제6항에 있어서,

전도성 박막은 연신 전과 후의 일함수 변화값이 -0.8 내지 0.1인 것을 특징으로 하는 전도성 박막.

#### 청구항 11

제6항 내지 제10항 중 어느 한 항에 따른 전도성 박막을 포함하는 유기 광전 소자.

### 발명의 설명

### 기술 분야

[0001] 본 발명은 유연성이 향상되면서 일함수 조절이 가능한 전도성 박막 및 이를 위한 전도성 고분자의 제조방법에 관한 것이다.

### 배경 기술

[0002] 유기태양전지는 전자공여체(electron donor)와 전자수용체(electron acceptor) 물질의 접합구조로 이루어져 있으며, 이러한 광전변환층에 빛이 입사되면 전자공여체에서 전자와 정공쌍이 여기되고 전자가 전자수용체로 이동함으로써 전자와 정공의 분리가 일어난다. 따라서, 빛에 의해 생성된 캐리어들은 전자-정공으로 분리되는 현상을 거쳐 외부회로로 이동하여 전력을 생산하게 된다.

[0003] 최근에는 값이 싸면서도 유연기관에 적용할 수 있는 벌크 헤테로정선 유기태양전지에 대한 관심이 높아지고 있다. 예를 들어, 특허문헌 1은 전자공여체로서 폴리-3-헥실티오펜(poly-3-hexylthiophene); P3HT)과, 전자수용체로 [6,6]-페닐-C61-부틸산 메틸에스테르([6,6]-phenyl-C61-butyric acid methyl ester; PCBM)을 사용하고, 스펀코팅법으로 광전변환층이 도입된 유기태양전지를 개시하였다.

[0004] 그러나, 현재까지 개발된 벌크 헤테로정선 유기태양전지들은 에너지 전환 효율이 낮은 문제가 있으며, 이를 개선하기 위한 연구가 진행되고 있으나 그 결과가 미미한 실정이다.

## 선행기술문헌

### 비특허문헌

[0005] (비특허문헌 0001) Microsystems&Nanoengineering (2017) 3, 17004

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

[0006] 본 발명의 목적은 일함수를 제어하고, 유연성을 향상시킨 전도성 박막, 이의 전도성 고분자의 제조방법 및 이를 포함하는 유기 광전 소자를 제공하는 것이다.

### 과제의 해결 수단

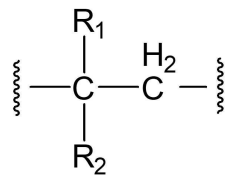
[0007] 본 발명은, 비닐벤젠술포산염 및 불소계 화합물을 포함하는 혼합물을 중합하여 폴리스티렌술포산을 제조하는 단계; 및

[0008] 상기 제조된 폴리스티렌술포 공중합체와 3,4-에틸렌디옥시티오펜(EDOT)을 혼합하여 전도성 고분자를 제조하는 단계를 포함하는 전도성 고분자의 제조방법을 제공한다.

[0009] 또한, 본 발명은 폴리(3,4-에틸렌디옥시티오펜):폴리스티렌술포산(PEDOT:PSS)을 포함하고,

[0010] 상기 폴리스티렌술포산(PSS)는 하기 화학식 1로 나타내는 반복단위를 포함하는 전도성 박막을 제공한다:

[0011] [화학식 1]



[0012]

[0013] 상기 화학식 1에서,

[0014] R<sub>1</sub>은 수소 또는 탄소수 1 내지 4의 알킬기이고,

[0015] R<sub>2</sub>는 탄소수 1 내지 5의 불소화 알킬기가 치환된 메타아크릴레이트; 또는 불소 또는 탄소수 1 내지 5의 불소화 알킬기가 치환된 페닐기이다.

[0016] 나아가, 본 발명은 일실시예에서, 상기 전도성 박막을 포함하는 유기 광전 소자를 제공한다.

## 발명의 효과

[0017] 본 발명에 따른 전도성 박막은 폴리스티렌술포산에 불소계 화합물을 공중합하여 일함수를 제어하고, 폴리스티렌술포산에 폴리에틸렌계 고분자를 그래프트 공중합하여 유연성이 우수할 뿐만 아니라 용액 안정성 및 코팅성을 향상시킬 수 있다.

## 도면의 간단한 설명

[0018] 도 1은 본 발명에 따른 전도성 고분자의 제조방법을 나타낸 모식도이다.

도 2는 본 발명에 따른 전도성 박막을 포함하는 유기태양전지의 구조를 나타낸 단면도이다.

도 3은 일실시예에 따른 전도성 박막의 푸리에변환 적외선 분광분석(FT-IR) 결과 그래프이다.

도 4 및 5는 일실시예에 따른 전도성 박막의 자외선 광전자 분광분석(Ultraviolet photoelectron

spectroscopy, UPS) 결과 그래프이다.

도 6은 일실시예에 따른 전도성 박막의 응력 변화에 따른 변형율을 측정한 결과 그래프이다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0019] 본 발명은 다양한 변경을 가할 수 있고 여러 가지 실시예를 가질 수 있는 바, 특정 실시예들을 도면에 예시하고 상세한 설명에 상세하게 설명하고자 한다.
- [0020] 그러나, 이는 본 발명을 특정한 실시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다.
- [0022] 본 발명은 유연 태양전지 또는 OLED, OTFT와 같은 전기 전자 응용 분야에 응용하여 효율을 향상시키기 위하여 유연성 향상 및 일함수 조절이 용이한 전도성 조성물을 제공한다. 본 발명의 전도성 고분자는 불소계 폴리스티렌술폰산 공중합체를 기반으로 전도성 고분자를 합성하여 일함수를 제어하고, 폴리에틸렌글리콜계 고분자를 이용한 그라프트 공중합을 통해 유연성을 향상시킨다.
- [0024] 이하, 본 발명을 보다 구체적으로 설명한다.
- [0026] 본 발명은 비닐벤젠술폰산염 및 불소계 화합물을 포함하는 혼합물을 중합하여 폴리스티렌술폰 공중합체를 제조하는 단계; 및
- [0027] 상기 제조된 폴리스티렌술폰 공중합체와 3,4-에틸렌디옥시티오펜(EDOT)을 혼합하여 전도성 고분자를 제조하는 단계를 포함하는 전도성 고분자의 제조방법을 제공한다.
- [0028] 도 1은 본 발명에 따른 전도성 고분자의 제조방법을 나타낸 모식도이다. 도 1에 나타난 바와 같이 술폰산 단량체와 불소계 화합물을 혼합하여 폴리스티렌술폰 공중합체를 제조하고, 제조된 폴리스티렌술폰 공중합체와 폴리(3,4-에틸렌디옥시티오펜(poly(3,4-ethyldioxythiophene), PEDOT)의 단량체인 3,4-에틸렌디옥시티오펜(EDOT)을 혼합하여 중합을 진행함으로써 전도성 고분자를 제조할 수 있다. 상기와 같은 방법으로 폴리스티렌술폰 공중합체를 제조함으로써 본 발명은 전도성 고분자의 일함수를 조절할 수 있다.
- [0029] 이와 더불어, 폴리스티렌술폰 공중합체와 폴리에틸렌글리콜계 고분자를 혼합하여 폴리에틸렌글리콜 고분자를 그라프트 공중합시켜 폴리에틸렌글리콜이 그라프트된 폴리스티렌술폰 공중합체를 제조할 수 있다. 상기와 같은 폴리스티렌술폰 공중합체를 제조함으로써, 본 발명은 전도성 고분자의 연신성 또는 유연성을 향상시킬 수 있다.
- [0030] 하나의 예시에서, 상기 불소계 화합물은 불소를 포함하는 아크릴레이트계 화합물일 수 있으며, 구체적으로, 플루오로스티렌, 트리플루오로메틸스티렌, 트리플로오로에틸 메타아크릴레이트, 테트라플루오로프로필 메타아크릴레이트, 펜타플루오로프로필 메타아크릴레이트 및 헥사플루오로부틸 메타아크릴레이트 등을 개별적으로 사용하거나, 또는 병용할 수 있다.
- [0031] 구체적으로, 폴리스티렌술폰 공중합체를 제조하는 단계에서 불소계 화합물은 혼합물에 비닐벤젠술폰산염 100 중량부를 기준으로 1 중량부 내지 30 중량부로 포함될 수 있으며, 구체적으로는 1 중량부 내지 30 중량부, 1 중량부 내지 25 중량부, 1 중량부 내지 20 중량부, 5 중량부 내지 30 중량부, 5 중량부 내지 25 중량부, 5 중량부 내지 20 중량부, 10 중량부 내지 30 중량부, 10 중량부 내지 25 중량부 또는 10 중량부 내지 20 중량부로 포함될 수 있다.
- [0032] 상기 폴리스티렌술폰 공중합체를 제조하는 단계 이후, 전도성 고분자를 제조하는 단계를 포함하는 이전에,
- [0033] 제조된 폴리스티렌술폰 공중합체와 폴리에틸렌글리콜계 고분자를 반응시켜 폴리스티렌술폰 공중합체에 폴리에틸렌글리콜 고분자를 그라프트 공중합하는 단계를 더 포함할 수 있다.
- [0034] 구체적으로, 폴리에틸렌글리콜 고분자를 그라프트 공중합하는 단계는 폴리스티렌술폰 공중합체 100 중량부 기준으로 폴리에틸렌글리콜계 고분자 1 중량부 내지 20 중량부로 혼합하여 제조할 수 있으며, 보다 구체적으로는 1 중량부 내지 20 중량부, 1 중량부 내지 15 중량부, 5 중량부 내지 20 중량부, 5 중량부 내지 15 중량부 또는 10 중량부 내지 15 중량부로 포함될 수 있다.
- [0035] 예를 들어, 폴리에틸렌글리콜계 고분자는 폴리에틸렌 글리콜, 폴리(에틸렌글리콜) 메틸에테르 또는 폴리(에틸렌글리콜) 메타아크릴레이트일 수 있다.
- [0036] 이때, 폴리에틸렌글리콜 고분자는 산 도펀트 및 유기용매 중 어느 하나 이상과 혼합한 혼합물로 첨가할 수

있다. 구체적으로, 폴리에틸렌글리콜 고분자는 산 도펀트 또는 유기용매와 혼합한 혼합물로 첨가할 수 있다. 보다 구체적으로, 폴리에틸렌글리콜 고분자와 산 도펀트를 첨가할 수 있고, 합성이 완료된 전도성 고분자에 유기용매를 첨가할 수 있다.

[0037] 예를 들어, 산 도펀트는 술폰산염을 가지는 것이라면 특별히 제한되지는 않는다. 예를 들어, 산 도펀트는 황산, 아황산(Sulfurous acid), 메탄술폰산(Methansulfonic acid) 또는 트리플루오르메탄술폰산(Trifluoromethansulfonic acid), 벤젠술폰산(Benzenesulfonic acid)일 수 있다. 상기와 같은 산 도펀트를 첨가함으로써, 일함수 및 연신 특성이 향상된 전도성 고분자를 제조할 수 있다.

[0038] 또한, 유기용매는 디메틸설파이드(DMSO), 에틸렌글리콜(EG), 에탄올, 이소프로필 알코올(IPA) 및 n-메틸-2-피롤리돈(NMP)으로 이루어진 군으로부터 선택되는 2종 이상을 포함할 수 있다. 구체적으로, 유기용매는 디메틸설파이드 또는 에틸렌글리콜을 포함할 수 있다. 상기와 같은 유기용매를 중합된 전도성 고분자에 첨가함으로써, 일함수가 향상된 전도성 고분자를 제조할 수 있다.

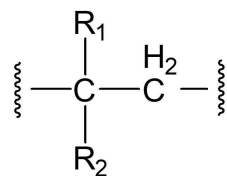
[0039] 상기 유기용매는 전도성 고분자 용액을 기준으로 3중량% 이상, 5중량% 이상, 7중량% 이상, 10중량% 이상, 3 내지 10중량% 또는 5 내지 20중량%으로 첨가할 수 있다. 상기와 같은 함량으로 유기용매를 첨가함으로써 제조된 전도성 박막은 우수한 전기 전도도 및 일함수를 나타낼 수 있다.

[0040] 하나의 예시에서, 전도성 고분자를 제조하는 단계는 폴리스티렌설폰 공중합체를 3,4-에틸렌디옥시티오펜(EDOT) 단량체 100 중량부를 기준으로 200 중량부 내지 500 중량부로 혼합하여 제조할 수 있으며, 구체적으로, 200 중량부 내지 500 중량부, 200 중량부 내지 400 중량부, 200 중량부 내지 300 중량부, 250 중량부 내지 500 중량부, 250 중량부 내지 400 중량부, 250 중량부 내지 300 중량부, 300 중량부 내지 500 중량부, 300 중량부 내지 400 중량부, 350 중량부 내지 500 중량부, 350 중량부 내지 400 중량부 또는 400 중량부 내지 500 중량부로 혼합할 수 있다.

[0042] 또한, 본 발명은, 폴리(3,4-에틸렌디옥시티오펜):폴리스티렌설폰산(PEDOT:PSS)을 포함하고,

[0043] 상기 폴리스티렌설폰산(PSS)는 하기 화학식 1로 나타내는 반복단위를 포함하는 전도성 박막을 제공한다:

[0044] [화학식 1]



[0045]

[0046] 상기 화학식 1에서,

[0047] R<sub>1</sub>은 수소 또는 탄소수 1 내지 4의 알킬기이고,

[0048] R<sub>2</sub>는 탄소수 1 내지 5의 불소화 알킬기가 치환된 메타아크릴레이트; 또는 불소 또는 탄소수 1 내지 5의 불소화 알킬기가 치환된 페닐기이다.

[0049] 본 발명에 따른 전도성 박막은 폴리스티렌설폰산(PSS) 반복단위를 포함하는 기본 주쇄에 불소기(-F)를 함유하는 반복단위가 공중합된 폴리스티렌설폰산(PSS)을 포함하여, 불소기(-F)를 함유하는 반복단위를 포함하지 않는 폴리스티렌설폰산(PSS)과 대비하여 증가된 일함수를 가질 수 있으며, 일함수 변화 정도는 폴리스티렌설폰산(PSS)에 불소기(-F)를 함유하는 반복단위의 몰 비율에 따라 제어될 수 있다.

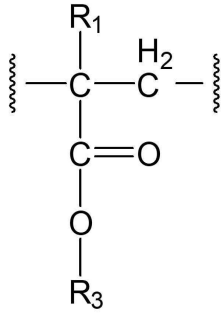
[0050] 이때, 불소기(-F)를 함유하는 반복단위는 상기 화학식 1로 나타내는 반복단위일 수 있다.

[0051] 또한, 본 발명에 따른 전도성 박막은 폴리스티렌설폰산(PSS) 반복단위를 포함하는 기본 주쇄에 폴리에틸렌글리콜 고분자가 그래프트 공중합된 폴리스티렌설폰산(PSS)을 포함하여, 폴리에틸렌글리콜 고분자를 포함하지 않는 폴리스티렌설폰산(PSS)과 대비하여 향상된 유연성을 가질 수 있으며, 일함수 변화 정도는 폴리스티렌설폰산(PSS)에 불소기(-F)를 함유하는 반복단위의 몰 비율에 따라 제어될 수 있다.

[0053] 하나의 예시에서, 상기 화학식 1로 나타내는 반복단위는 하기 화학식 2 및 3으로 나타내는 반복단위 중 어느 하나 이상을 포함할 수 있다:

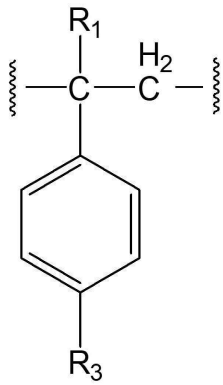


[0054] [화학식 2]



[0055]

[0056] [화학식 3]



[0057]

[0058] 상기 화학식 2 및 화학식 3에서,

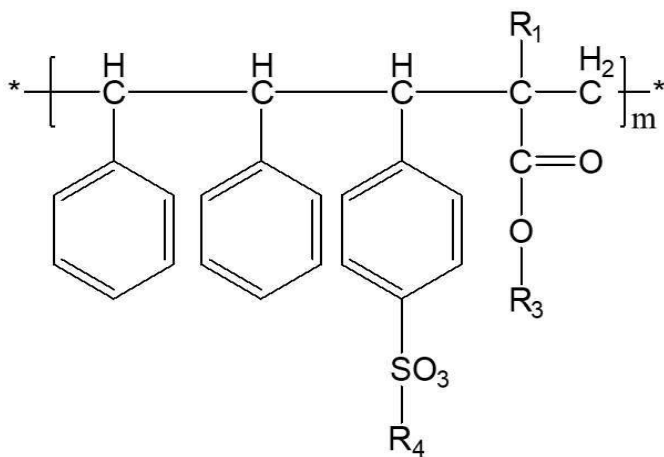
[0059] R<sub>1</sub>은 수소 또는 탄소수 1 내지 4의 알킬기이고,

[0060] R<sub>3</sub>는 불소 또는 탄소수 3 내지 6의 불소화 알킬기이다.

[0061] 구체적으로, 폴리스티렌술포산(PSS)는 화학식 2 또는 화학식 3으로 나타내는 반복단위가 폴리스티렌술포산과 공중합된 형태일 수 있고, 상기 폴리스티렌술포산은 폴리에틸렌글리콜계 고분자가 술포화기에 치환된 구조일 수 있다.

[0062] 또한, 상기 폴리스티렌술포산은 하기 화학식 4로 나타내는 반복단위를 포함할 수 있다:

[0063] [화학식 4]



[0064]

[0065] 상기 화학식 4에서,

[0066] R<sub>1</sub>은 수소 또는 탄소수 1 내지 4의 알킬기이고,

- [0067]  $R_3$ 는 탄소수 3 내지 6의 불소화 알킬기이고,
- [0068]  $R_4$ 은 폴리에틸렌글리콜계 고분자이며,
- [0069]  $m$ 은 100 내지 500이다.
- [0070] 구체적으로, 상기 화학식 4에서 폴리에틸렌글리콜계 고분자는 폴리에틸렌 글리콜, 폴리(에틸렌글리콜) 메틸에테르 또는 폴리(에틸렌글리콜) 메타아크릴레이트가 치환된 형태일 수 있다.
- [0071] 또한, 상기 화학식 4에서,  $m$ 은 100 내지 500, 100 내지 450, 100 내지 400, 100 내지 350, 100 내지 300, 100 내지 250, 100 내지 200, 100 내지 150, 200 내지 500, 200 내지 450, 200 내지 400, 200 내지 350, 200 내지 300, 200 내지 250, 300 내지 500, 300 내지 450, 300 내지 400, 300 내지 350 또는 400 내지 500일 수 있다.
- [0072] 상기 화학식 4에서 나타난 폴리스티렌술포산은 폴리(3,4-에틸렌디옥시티오펜)(PEDOT) 1몰에 대한 몰 비율로서 0.5 내지 2.0인 조건을 만족할 수 있다. 구체적으로, 폴리스티렌술포산은 폴리(3,4-에틸렌디옥시티오펜)(PEDOT) 1몰에 대한 몰 비율로서 0.5 내지 2.0, 0.5 내지 1.5, 0.5 내지 1.0, 0.75 내지 2.0, 0.75 내지 1.5, 0.75 내지 1.0, 1.0 내지 2.0, 1.0 내지 1.5 또는 1.5 내지 2.0일 수 있다.
- [0073] 또한, 상기 전도성 박막은 5.0eV 내지 6.5eV의 일함수를 가질 수 있다. 구체적으로 상기 전도성 박막은 5.0eV 내지 6.2eV; 5.1eV 내지 6.0eV; 5.2eV 내지 5.9 eV; 5.1eV 내지 5.4eV; 5.5eV 내지 5.8eV; 또는 5.1eV 내지 5.7eV의 일함수를 가질 수 있다.
- [0074] 본 발명에 따른 전도성 박막은 폴리에틸렌글리콜계 고분자를 함유하는 반복단위를 포함하는 폴리스티렌술포산(PSS)을 전도성 고분자로 포함하여 연신성 또는 유연성이 우수할 수 있다.
- [0075] 하나의 예로서, 상기 전도성 박막은 전도성 박막은 연신 전과 후의 일함수 변화값이 -0.8 내지 0.1일 수 있으며, 구체적으로 -0.75 내지 0.1, -0.5 내지 0.1, -0.3 내지 0.1, 구체적으로 -0.75 내지 0, -0.5 내지 0 또는 -0.3 내지 0일 수 있다.
- [0076] 한편, 본 발명에 따른 전도성 박막은 불소기(-F)를 함유하는 반복단위를 포함하는 폴리스티렌술포산(PSS)을 전도성 고분자로 포함하여 전기 전도성이 우수할 수 있다.
- [0077] 하나의 예로서, 상기 전도성 박막은 전기 전도도 평가 시, 50 S/cm 내지 150 S/cm일 수 있으며, 구체적으로 50 S/cm 내지 130 S/cm, 50 S/cm 내지 110 S/cm, 50 S/cm 내지 100 S/cm, 70 S/cm 내지 130 S/cm, 70 S/cm 내지 110 S/cm, 70 S/cm 내지 100 S/cm 또는 80 S/cm 내지 100 S/cm 일 수 있다. 보다 구체적으로, 유기용매를 5중량% 이상 첨가하여 제조한 전도성 박막의 전기 전도도 평가시 상기과 같은 전기 전도도를 만족할 수 있다. 본 발명에 따른 전도성 박막은 전도성 박막 제조시 유기용매를 첨가함으로써 상기과 같이 우수한 전기전도도를 나타낼 수 있다.
- [0079] 나아가, 본 발명은 일실시예에서, 상기 전도성 박막을 포함하는 유기 광전 소자를 제공한다.
- [0080] 본 발명에 따른 유기 광전 소자는 일함수가 조절된 전도성 박막을 포함하여 에너지 전환 효율이 우수한 이점이 있다. 여기서, 상기 유기 광전 소자는 빛 에너지를 전기 에너지로 전환시키거나 전기 에너지를 빛 에너지로 전환하는 소자로서, 예컨대 OLED 등의 유기발광소자나 유기태양전지, 유기트랜지스터 등을 들 수 있다. 하나의 예로서, 상기 유기 광전 소자는 유기태양전지일 수 있다.
- [0081] 도 2는 본 발명에 따른 전도성 박막을 포함하는 유기태양전지(100)의 구조를 나타낸 단면도이다. 도 2에 나타낸 바와 같이 상기 유기태양전지(100)는 제1 전극(110), 본 발명에 따른 전도성 박막을 포함하는 버퍼층(120), 광전변환층(130) 및 제2 전극(140)이 순차적으로 적층된 구조를 가질 수 있다. 이하, 상기 유기태양전지(100)의 각 구성요소를 도 2를 참조하여 보다 자세히 설명한다.
- [0083] 먼저, 상기 제1 전극(110)은 양극과 같은 기능을 하는 전극으로서 후술하는 제2 전극(140)과 비교하여 일함수가 작은 물질일 수 있다. 구체적으로, 상기 제1 전극(110)으로는 전기 전도성과 투명성을 동시에 구현할 수 있는 인듐-주석 산화물(indium-tin oxide, ITO), 불소가 도핑된 주석 산화물(Fluorine doped tin oxide, FTO), ZnO- $(Ga_2O_3$  또는  $Al_2O_3)$ ,  $SnO_2-Sb_2O_3$  등을 사용할 수 있다. 하나의 예로서, 상기 제1 전극(110)으로는 인듐-주석 산화물(indium-tin oxide, ITO)을 사용할 수 있다.
- [0084] 또한, 상기 제1 전극(110)은 투명 기판(111)을 더 포함할 수 있다. 상기 투명 기판(111)으로는 투명 유리(glass) 기판이나 폴리에틸렌 테레프탈레이트(polyethylene terephthalate, PET), 폴리에틸렌 나프탈레이트

(polyethylene naphthelate, PEN), 폴리프로필렌(polypropylene, PP), 폴리아미드(polyamide, PI), 트리아세틸 셀룰로오스(triacetyl cellulose, TAC) 등을 포함하는 투명 수지기를 사용할 수 있고, 구체적으로는 투명 유리판을 사용할 수 있다.

[0086] 다음으로, 버퍼층(120)은 본 발명에 따른 상기 전도성 박막을 포함하여 제1 전극(110)과 광전변환층(130) 간의 계면 에너지를 제어하여 전하의 흐름을 원활하게 유도하고, 정공이동도를 향상시키는 기능을 가질 수 있다.

[0087] 일반적으로 벌크 헤테로정선 유기태양전지의 에너지 전환 효율을 향상시키기 위해서는 유기태양전지(100)의 버퍼층(120)과 광전변환층(130)의 에너지 레벨이 유사하도록 일함수 편차를 줄여야 한다. 본 발명은 버퍼층(120)에 일함수 제어가 가능한 본 발명의 전도성 필름을 포함하여 광전변환층(130)의 일함수에 따라 버퍼층(120)의 일함수를 제어할 수 있으며, 이에 따라 유기태양전지(100)의 에너지 전환 효율을 개선할 수 있다.

[0089] 다음으로, 상기 광전변환층(130)은 실질적으로 전기 에너지를 생성하는 기능을 수행하는 활성층으로서 벌크 이중 접합구조 또는 이중층 접합구조일 수 있다. 상기 벌크 이중 접합 구조는 벌크 헤테로정선(BHJ: bulk heterojunction) 접합형일 수 있으며 상기 이중층 접합 구조는 바이레이어(bi-layer) 접합형일 수 있다. 상기 BHJ(bulk heterojunction) 접합형 광활성 단위는 n형 반도체와 p형 반도체가 블렌드된 광활성층을 포함한다. 또한, 상기 바이레이어(bi-layer) p-n 접합형 광활성 단위는 p형 반도체 박막과 n형 반도체 박막의 2개 층으로 이루어진 광활성층을 포함한다.

[0090] 구체적으로, 상기 광전변환층(130)은 광 여기에 의하여 p형 반도체가 전자와 정공이 쌍을 이룬 엑시톤(exciton)을 형성하고, 상기 엑시톤이 p-n 접합부에서 전자와 정공으로 분리된다. 분리된 전자와 정공은 n형 반도체 박막 및 p형 반도체 박막으로 각각 이동하고 이들이 각각 제1 전극과 제2 전극에 수집됨으로써 외부에서 전기 에너지로 이용할 수 있다.

[0091] 이때, 상기 광전변환층(130)은 광활성물질로서 p-유기반도체 화합물인 전자공여물질과 n-유기반도체 물질인 전자수용물질을 포함할 수 있다. 상기 광전변환층(130)은 광 여기에 의하여 상기 전자공여물질이 전자와 정공이 쌍을 이룬 엑시톤(exciton)을 형성하고, 상기 엑시톤이 전자주개/전자받개의 계면에서 전자와 정공으로 분리된다. 분리된 전자와 정공은 전자공여물질 및 전자수용물질로 각각 이동하고 이들이 각각 제1 전극(110)과 제2 전극(140)에 수집됨으로써 외부에서 전기 에너지로 이용할 수 있다.

[0092] 이러한 상기 광전변환층(130)의 전자공여물질로는 4.9eV 내지 6.6eV의 HOMO 레벨을 갖는 물질을 사용할 수 있으며, 구체적으로는 폴리(3,4-에틸렌디옥시티오펜)(PEDOT), 불소계 폴리(3,4-에틸렌디옥시티오펜):폴리스티렌술폰산(fluorinated PEDOT:PSS), 폴리 3-헥실 티오펜 (P3HT: poly 3-hexyl thiophene) 등의 폴리티오펜계 물질을 사용할 수 있다.

[0093] 또한, 상기 광전변환층(130)의 전자수용물질로는 [6,6]-페닐-C<sub>61</sub>-부틸산 메틸에스테르(PC<sub>61</sub>BM), [6,6]-페닐-C<sub>71</sub>-부틸산 메틸에스테르(PC<sub>71</sub>BM) 등의 플러렌 화합물일 수 있다. 구체적으로 상기 광전변환층(130)의 전자수용물질은 [6,6]-페닐-C<sub>61</sub>-부틸산 메틸에스테르(PC<sub>61</sub>BM)일 수 있다.

[0095] 다음으로, 상기 제2 전극(140)은 음극과 같은 기능을 하는 전극으로서 금속을 함유하는 전극일 수 있다. 구체적으로, 상기 제2 전극으로는 금(Au), 은(Ag), 마그네슘(Mg), 알루미늄(Al), 구리(Cu) 등으로 구성되거나, 또는 알루미늄/칼슘 합금, 알루미늄/리튬 합금, 알루미늄/불화리튬 합금, 알루미늄/불화바륨 합금, 마그네슘/은 합금 등의 금속 합금으로 구성되는 전극일 수 있다.

[0097] 이하 본 발명에 따르는 실시예 등을 통해 본 발명을 보다 상세히 설명하나, 본 발명의 범위가 하기 제시된 실시예에 의해 제한되는 것은 아니다.

#### [0099] 실시예 1 및 실시예 2

[0100] 소듐 4-비닐벤젠설포네이트(Sodium 4-vinylbenzenesulfonate, NaSS) 모노머 6g을 증류수 100g에 녹이고 불활성 가스 주입하에 1시간 동안 임펠러를 이용하여 교반하였다. 2,2,3,3-테트라플루오로프로필 메타아크릴레이트(2,2,3,3-tetrafluoropropyl methacrylate)를 소듐 4-비닐벤젠설포네이트 100 중량부를 기준으로 하기 표 1과 같이 혼합하여 혼합액을 제조하였다. 그 후 반응기에 과황산염(persulfate) 개시제를 넣고 개시했고, 24시간 뒤에 공중합된 불소계 PSS 공중합체를 제조하였다. 제조된 불소계 PSS 공중합체 20 g을 증류수 1400 g에 투입하고 질소 가스를 주입하면서 1시간 동안 임펠러 이용하여 교반하였다. 그런 다음, 황산철(iron sulfate) 0.2 g을 넣고 녹을 때까지 교반시켰다. 황산철(iron sulfate)이 다 녹으면 용액의 용도를 15℃로 냉각시키고, 과황산나

트륨(Sodium persulfate) 6.3g이 용해된 수용액 15g을 투입하였다. 그 다음, 3,4-에틸렌디옥시티오펜(EDOT) 모노머 5g을 혼합하고 48시간 동안 중합반응을 수행하여 전도성 고분자 용액을 제조하였다.

표 1

[0101]

	폴리술폰산 단량체 사용량	불소계 화합물 혼합량
실시예 1	6 g	0.6 g
실시예 2	6 g	1.2 g

[0102]

소듐 4-비닐벤젠설포네이트(Sodium 4-vinylbenzenesulfonate, NaSS) 모노머 6g을 증류수 100g에 녹이고 불활성 가스 주입하에 1시간 동안 임펠러를 이용하여 교반하였다. 2,2,3,3-테트라플루오로프로필 메타아크릴레이트(2,2,3,3-tetrafluoropropyl methacrylate)를 소듐 4-비닐벤젠설포네이트 100 중량부를 기준으로 하기 표 1과 같이 혼합하여 혼합액A를 제조하였다. 그 후 반응기에 과황산염(persulfate) 개시제를 넣고 개시했고, 24시간 뒤에 공중합된 불소계 PSS 공중합체를 제조하였다. 제조한 불소계 PSS 공중합체 100 g을 증류수 100 g, 폴리(에틸렌글리콜) 메타아크릴레이트 11g(황산 6g 포함)과 함께 80℃ 온도에서 12시간 동안 임펠러를 이용하여 교반하여 폴리에틸렌계 고분자가 그래프트 공중합된 폴리스티렌설폰 공중합체를 제조하였다. 그런 다음 상기 제조한 폴리스티렌설폰 공중합체 용액을 3,4-에틸렌디옥시티오펜(EDOT, 이하 "EDOT"이라 함) 단량체 대비 하기 표 2과 같이 혼합하고, 증류수 600g과 황산철(iron sulfate)와 함께 질소가스의 주입 하에서 2시간 동안 임펠러를 이용하여 교반하였다. 용액의 온도는 10℃로 낮추고 EDOT 단량체 5g을 녹인 수용액 15g을 투입하였다. EDOT 단량체와 과황산나트륨이 모두 투입된 직후로부터 24시간 동안 중합반응을 진행하여 전도성 고분자 용액을 제조하였다. 이렇게 균질화된 전도성 고분자 용액을 투명 유기기관에 스핀코팅하고, 150±10℃에서 30분 동안 열처리하여 전도성 박막을 제조하였다.

표 2

[0103]

	EDOT 사용량	폴리스티렌설폰 공중합체 사용량	PEDOT:PSS 공중합체 비율
실시예 3	5 g	12.5 g	1:2.5
실시예 4	5 g	20 g	1:4
실시예 5	5 g	25 g	1:5
실시예 6	5 g	30 g	1:6

[0104]

비교예 1 및 비교예 2

[0105]

3,4-에틸렌디옥시티오펜(3,4-ethylenedioxythiophene, EDOT) 모노머에 2,2,3,3-테트라플루오로프로필 메타아크릴레이트(2,2,3,3-tetrafluoropropyl methacrylate)를 3,4-에틸렌디옥시티오펜 100 중량부를 기준으로 하기 표 3과 같이 혼합하여 혼합액A를 제조하였다. 그 후 반응기에 폴리스티렌설폰(Polystyrene sulfonic acid, PSS) 20 g을 증류수 1400 g에 투입하고 질소 가스를 주입하면서 1시간 동안 임펠러 이용하여 교반하였다. 그런 다음, 황산철(iron sulfate) 0.2 g을 넣고 녹을 때까지 교반시켰다. 황산철(iron sulfate)이 다 녹으면 용액의 용도를 15℃로 냉각시키고, 과황산나트륨(Sodium persulfate) 6.3g이 용해된 수용액 15g을 투입하였다. 그 다음, 상기 혼합물에 앞서 제조한 혼합액 A를 혼합하고 48시간 동안 중합반응을 수행하였다. 중합반응이 완료되면 반응 혼합물에 양이온 교환수지와 음이온 교환수지를 1:1로 섞인 혼합 이온교환수지(500ml)를 넣어 불필요한 이온들을 제거하고 균질화 처리하여 전도성 고분자 용액을 제조하였다. 이렇게 제조된 전도성 고분자 용액을 투명 유기기관에 스핀코팅하고, 150±10℃에서 30분 동안 열처리하여 전도성 박막을 제조하였다.

표 3

[0106]

	EDOT 사용량	불소계 화합물 혼합량
비교예 1	5.25g	5중량부
비교예 2	5.5g	10중량부

[0107]

비교예 3

[0108]

반응용기 내에 3,4-폴리에틸렌디옥시티오펜:폴리스티렌설폰산(PEDOT:PSS, 이하 "PEDOT:PSS"이라 함) 30 g을 폴리(에틸렌글리콜) 메타아크릴레이트 0.27g 첨가하고 상온에서 2시간 교반하여 전도성 고분자 PEDOT:PSS 용액에

폴리에틸렌계 고분자가 섞인 고분자 용액을 제조하였다. 이렇게 제조된 전도성 고분자 용액을 투명 유기기판에 스핀코팅하고,  $150 \pm 10^\circ\text{C}$ 에서 30분 동안 열처리하여 전도성 박막을 제조하였다.

#### [0109] 비교예 4

교반하는 온도를 상온 대신  $80^\circ\text{C}$ 으로 변경한 것을 제외하고는 비교예 3과 동일한 방법으로 전도성 박막을 제조하였다.

#### [0111] 비교예 5

3,4-폴리에틸렌디옥시티오펜:폴리스티렌술포산(PEDOT:PSS)를 상업적으로 입수하였다.

#### [0114] 실험예 1.

본 발명에 따른 전도성 박막에 포함되는 폴리(3,4-에틸렌디옥시티오펜):폴리스티렌술포산(PEDOT:PSS)의 화학적 특성을 평가하기 위하여 실시예 3에서 제조되어 폴리에틸렌글리콜 고분자가 그래프트 공중합된 불소계 폴리스티렌술포산 공중합체를 포함하는 전도성 박막과 비교예 3 및 4에서 제조되어 폴리(3,4-에틸렌디옥시티오펜):폴리스티렌술포산(PEDOT:PSS)와 폴리에틸렌글리콜 고분자가 혼합된 고분자를 포함하는 전도성 박막과 비교예 5의 PEDOT:PSS의 고분자를 포함하는 전도성 박막을 대상으로 푸리에변환 적외선 분광분석(Fourier Transform Infrared spectroscopy, FT-IR)를 수행하였으며, 그 결과를 도 3에 나타냈다.

도 3에 나타낸 바와 같이 본 발명에 따른 전도성 박막에 포함된 전도성 고분자는 PEDOT:PSS 고분자 주쇄에 PEGMA가 그래프트된 것을 알 수 있다.

구체적으로, 도 3을 살펴보면  $2919\text{ cm}^{-1}$  및  $2921\text{ cm}^{-1}$ 의 피크와  $750\text{ cm}^{-1}$  내지  $1500\text{ cm}^{-1}$ 에서의 피크가 폴리에틸렌글리콜 고분자인 PEGMA를 포함한다는 것을 나타낸다. 실시예 5의 Pristine PEDOT:PSS와 비교하여, 실시예 3의 전도성 박막에 포함된 공중합체는  $2919$  및  $2921\text{ cm}^{-1}$ 에서 피크만 나타나고, 비교예 3 및 4와 같이 PEDOT:PSS와 PEGMA 첨가제가 혼합된 경우는 PEGMA가 PEDOT:PSS 백본에 그래프트 되지 않아, FT-IR 그래프에서 PEGMA의 피크가 오히려 두드러지게 나타나는 것을 알 수 있다.

이러한 결과를 통해, 본 발명에 따른 전도성 박막에 포함된 고분자는 PEDOT:PSS에 PEGMA가 단순히 혼합된 것이 아니라 그래프트 중합되어 형성된 것임을 알 수 있다.

#### [0120] 실험예 2.

본 발명에 따른 전도성 박막의 전기적 물성을 평가하기 위하여, 실시예 1 및 실시예 2와 비교예 1에서 제조된 전도성 박막의 일함수를 측정하였다. 이때, 실시예 3 내지 6에서 제조한 전도성 고분자에 디메틸설폭사이드(DMSO)와 에틸렌글리콜(EG)을 포함하는 유기용매를 첨가하여 유기용매 첨가 유무에 따른 일함수 변화를 측정하였다. 또한, 실시예 3 내지 6에서 제조한 전도성 고분자에 황산과 같은 산을 처리하여 산 처리 유무에 따른 일함수 변화를 측정하였다. 구체적으로, 상기 일함수는 자외선 광전자 분광분석(Ultraviolet photoelectron spectroscopy, UPS)를 이용하여 측정하였으며, 그 결과는 하기 표 4 내지 표 6 및 도 4 및 5에 나타내었다.

표 4

	비율	고분자 종류	산 처리 유무	일함수(eV)	
				유기용매 첨가 전	유기용매 첨가 후
실시예 3	1:2.5	PEDOT:P(SS-co-TFPMA)-g-PEGMA	무	5.14	5.33
실시예 4	1:4		무	5.21	5.43
실시예 5	1:5		무	5.26	5.45
실시예 6	1:6		무	4.98	5.39

표 5

	비율	고분자 종류	산 처리 유무	일함수(eV)	
				유기용매 첨가 전	유기용매 첨가 후
실시예 3	1:2.5	PEDOT:P(SS-co-TFPMA)-g-PEGMA	무	5.04	5.33
			유	5.04	5.26



표 6

	비율	고분자 종류	일함수(eV)			일함수 변화값
			연신 전	200% 연신 후	300% 연신 후	
비교예5	1:6	PEDOT:PSS	5.20	4.09	N/A	-1.11/-
실시예 1	1:6	PEDOT:P(SS-co-TFPM A)	5.44	4.73	N/A	-0.71/-
실시예 5	1:5	PEDOT:P(SS-co-TFPM A)-g-PEGMA	5.45	5.20	5.20	-0.25/-0.25

[0125] 도 4는 전도성 박막의 자외선 광전자 분광분석(Ultraviolet photoelectron spectroscopy, UPS) 결과 그래프로, 도 4의 (a)는 유기용매 첨가 전이고, (b)는 유기용매 첨가 후를 나타낸 결과이다. 도 4 및 표 4에 나타낸 바와 같이 본 발명에 따른 전도성 박막에 포함된 전도성 고분자는 PEDOT 대비 폴리스티렌설펜 공중합체 중량비가 증가함에 따라 일함수 값이 증가하는 것을 알 수 있다. 또한, 본 발명에 따른 전도성 박막에 포함된 전도성 고분자에 유기용매를 첨가하는 경우 일함수 절대값이 크게 증가하는 것을 알 수 있다.

[0126] 이러한 결과로부터 본 발명에 따라 제조된 전도성 고분자는 PEDOT 대비 폴리스티렌설펜의 중량비의 증가와 유기용매 첨가함에 따라 일함수가 크게 증가하는 것을 알 수 있다.

[0127] 도 5 및 표 5에 나타낸 바와 같이 본 발명에 따라 제조된 전도성 고분자를 포함하는 전도성 박막은 산 처리 유무와 유기용매 첨가 유무에 따라 일함수의 절대값이 크게 증가하는 것을 알 수 있다.

[0128] 표 6에 나타낸 바와 같이 본 발명에 전도성 박막은 전도성 고분자에 폴리에틸렌글리콜 고분자를 그래프트 공중합하여 우수한 일함수를 나타내고, 연신 후에도 우수한 일함수를 나타내는 것을 알 수 있다.

[0129] 구체적으로, 표 6은 전도성 박막의 200% 연신 후 또는 300 % 연신 후 일함수를 측정한 결과이다. 표 6을 살펴보면, 실시예 1 및 실시예 5에서 제조한 전도성 박막은 비교예 5와 비교하여 연신 전,후의 절대적인 일함수 값이 더 우수한 것을 알 수 있다. 또한, 실시예 1 및 5에서 제조한 전도성 박막은 200% 연신 후에도 일함수 감소가 적고, 비교예 5의 경우 200% 연신 후에는 급격한 일함수 감소가 나타났다. 더욱이 300% 연신한 경우 비교예 5의 경우 전도성 박막 표면 변형으로 인한 일함수 측정 불가능하였다. 이에 반해 실시예 5에서 제조한 전도성 박막은 일정 일함수를 유지하는 것으로 나타났다.

[0130] 이러한 결과로부터 본 발명에 따라 제조된 전도성 박막은 연신 후에도 일함수가 우수하게 나타나 연신 특성이 우수한 것을 알 수 있다.

### [0132] 실험예3.

[0133] 본 발명에 따른 전도성 박막의 물리적 물성을 평가하기 위하여 실시예 3에서 제조된 전도성 박막과 비교예 5의 상업적으로 입수한 PEDOT:PSS를 대상으로 만능재료시험기(Universal testing machine, UTM)을 이용하여 약 width\*height\*thickness = 10 mm \* 40 mm \* 0.05 mm 인 시험 시편의 양끝을 잡고 100 mm/min 의 속도로 당겨서 응력 변화에 따른 변형율을 측정하였으며, 그 결과는 도 6에 나타내었다. 구체적으로, 실시예 3에서 제조된 전도성 박막은 산 처리 유무로 나누어 실험하였다.

[0134] 도 6에 나타낸 바와 같이 실시예 3에서 산처리를 하지 않은 전도성 고분자를 포함하는 전도성 박막은 약 20N의 응력을 가할 때 최대 23%의 변형율을 나타내는 반면, PEDOT:PSS는 약 20N의 응력을 가함에도 10% 미만의 변형율을 나타내는 것을 확인할 수 있다. 또한, 실시예 3에서 산처리를 한 전도성 고분자를 포함하는 전도성 박막은 약 20N의 응력을 가할 때 최대 47%의 변형율을 나타내는 것을 확인할 수 있다. 이러한 결과로부터, 본 발명에 따른 전도성 박막은 기존의 PEDOT:PSS와 비교하여 유연성을 나타내고, 전도성 고분자 용액에 산 처리를 하는 경우 연신 특성이 더 향상되며, 유연 유기 광전 소자에 유용하게 사용될 수 있음을 알 수 있다.

### 부호의 설명

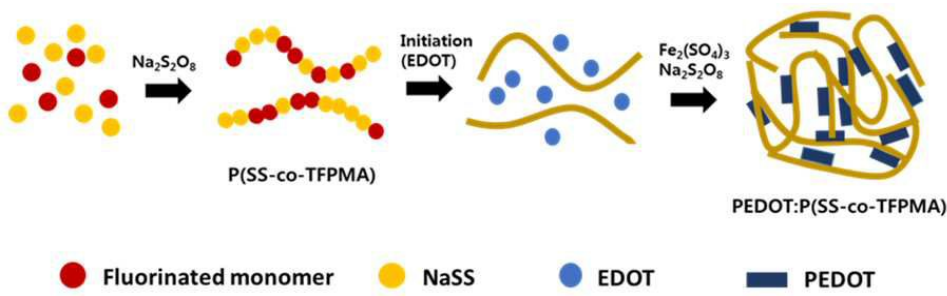
[0135] 100: 유기태양전지

110: 제1 전극

- 111: 투명 기관
- 120: 버퍼층
- 130: 광전변환층
- 140: 제2 전극

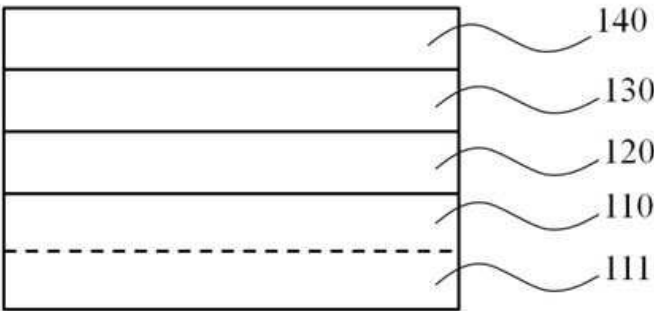
도면

도면1

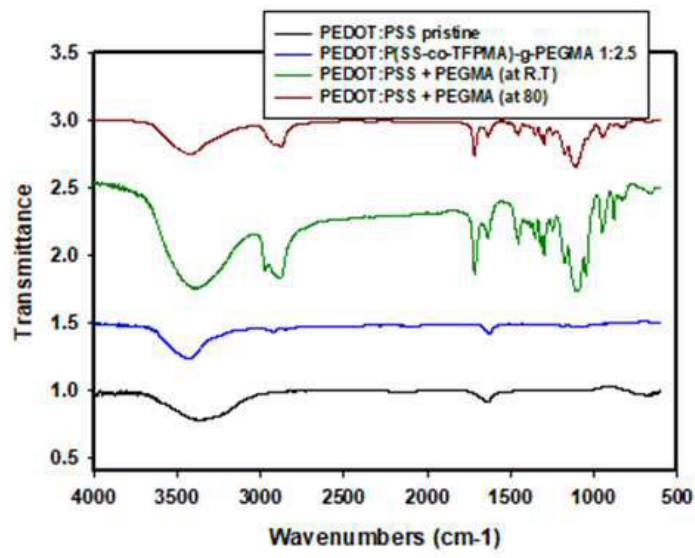


도면2

100

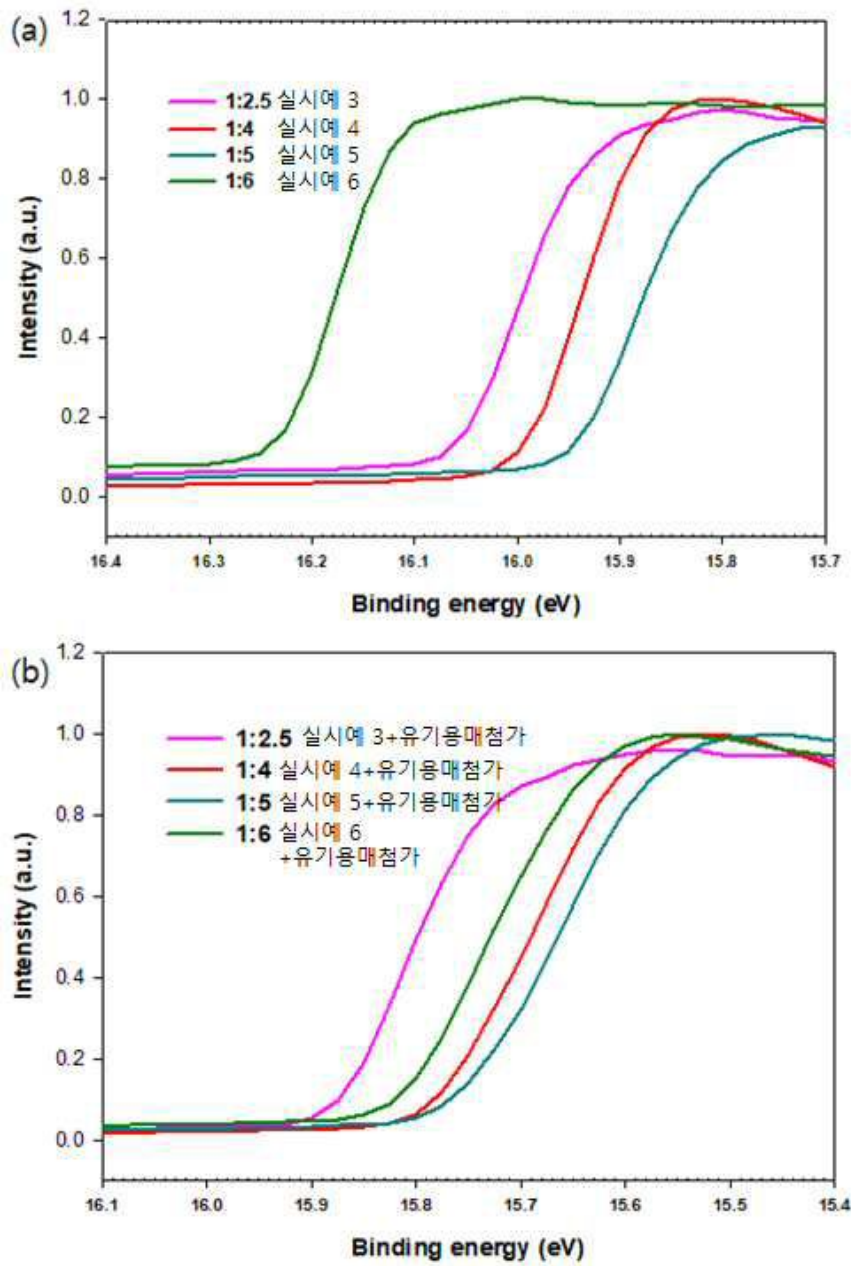


도면3

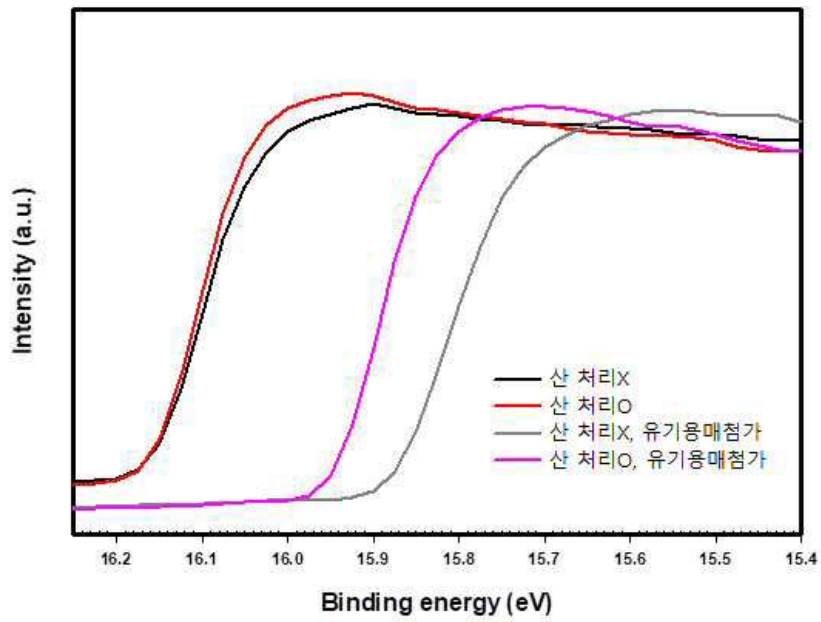




도면4



도면5



도면6

