



**(19) 대한민국특허청(KR)**  
**(12) 등록특허공보(B1)**

(45) 공고일자 2017년03월07일  
 (11) 등록번호 10-1713240  
 (24) 등록일자 2017년02월28일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
*H01B 1/20* (2006.01) *C08J 3/075* (2006.01)  
*H01B 1/12* (2006.01)  
 (52) CPC특허분류  
*H01B 1/20* (2013.01)  
*C08J 3/075* (2013.01)  
 (21) 출원번호 10-2015-0078238  
 (22) 출원일자 2015년06월02일  
 심사청구일자 2015년06월02일  
 (65) 공개번호 10-2016-0142192  
 (43) 공개일자 2016년12월12일  
 (56) 선행기술조사문헌  
 KR101406678 B1  
 KR1020130034420 A  
 KR1020080033335 A  
 KR101465215 B1

(73) 특허권자  
 서울대학교산학협력단  
 서울특별시 관악구 관악로 1 (신림동)  
 (72) 발명자  
 주영창  
 서울특별시 강남구 선릉로 120, 15동 505호 (대치동, 개포2차우성아파트)  
 선정윤  
 서울특별시 관악구 관악로8길 49, 122A동 405호 (봉천동, 관악교수아파트)  
 이유용  
 경기도 수원시 권선구 매탄로 11, 202동 1007호 (권선동, 현대아파트)  
 (74) 대리인  
 리엔목특허법인

전체 청구항 수 : 총 14 항

심사관 : 오지영

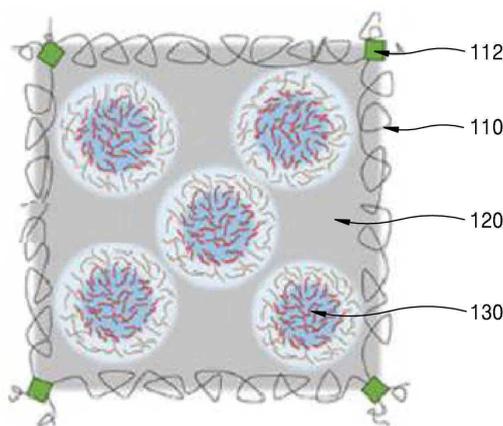
(54) 발명의 명칭 **유기젤 전도제 및 그를 포함하는 전자 장치**

**(57) 요약**

본 발명은 본 발명은 유기젤 전도제 및 그를 포함하는 전자 장치에 관한 것으로서, 매트릭스 폴리머; 상기 매트릭스 폴리머 내에 분산된 도전성 도펀트들; 및 젤 상태를 유지하기 위하여 상기 매트릭스 폴리머 내에 함침된 (impregnated) 유기 용매를 포함하는 유기젤 전도체가 제공된다. 본 발명의 유기젤 전도제를 이용하면 충분한 신축성 및 치수안정성을 가지면서 우수한 전기전도성을 갖는 전도체를 얻을 수 있다.

**대표도 - 도1**

100



(52) CPC특허분류

*H01B 1/125* (2013.01)

*H01B 1/127* (2013.01)

---

**명세서**

**청구범위**

**청구항 1**

매트릭스 폴리머;

상기 매트릭스 폴리머 내에 분산된 도전성 도펀트들; 및

젤 상태를 유지하기 위하여 상기 매트릭스 폴리머 내에 함침된(impregnated) 유기 용매;  
를 포함하고,

양단에 전압을 인가하였을 때 흐르는 전류가 전자의 흐름에 기인하고,

양단에 인가된 전압의 증가에 대하여 전류의 증가가 선형적으로 증가하는 유기젤 전도체.

**청구항 2**

삭제

**청구항 3**

삭제

**청구항 4**

제 1 항에 있어서,

상기 도전성 도펀트가 PEDOT:PSS이고, 상기 유기 용매가 에틸렌글리콜, 디메틸설폭사이드 또는 이들의 혼합물인 것을 특징으로 하는 유기젤 전도체.

**청구항 5**

제 1 항에 있어서,

상기 매트릭스 폴리머가 폴리비닐알코올, 폴리비닐피롤리돈, 폴리피롤, 폴리비닐클로라이드(PVC), 폴리(알킬아크릴레이트), 폴리(에틸 아크릴레이트), 폴리(에틸렌 테레프탈레이트), 폴리메틸메타크릴레이트(PMMA), 폴리아닐린, 폴리비닐아세테이트, 폴리(에틸비닐아세테이트), 폴리(에틸-co-비닐 아세테이트), 폴리비닐부티레이트, 폴리아크릴레이트, 폴리아크릴산 에스테르, 폴리아크릴아마이드, 폴리메타크릴산 에스테르, 폴리메타크릴아마이드, 폴리아크릴로니트릴(PAN), 폴리카프로락톤(PCL), 폴리비닐리덴플루오라이드(PVDF), 폴리(2-비닐피리딘), 폴리비닐메틸에테르, 폴리비닐부티랄, 폴리벤즈이미다졸, 폴리에테르에테르케톤, 스티렌/아크릴산 에스테르, 비닐아세테이트/아크릴산 에스테르, 에틸렌/비닐 아세테이트 공중합체(copolymer), 폴리부타디엔, 폴리이소프렌, 폴리스티렌, 폴리에틸렌, 폴리에틸렌이민, 폴리에테르, 폴리에스테르, 폴리카보네이트, 폴리아민, 폴리우레탄, 폴리프로필렌, 폴리아마이드, 폴리이미드, 폴리티오펜, 폴리아세틸렌, 폴리에테르이미드, 폴리설폰, 폴리에테르설폰, 폴리메틸스티렌, 폴리클로로스티렌, 폴리스티렌술폰포네이트, 폴리스티렌술폰 플루오라이드, 멜라민-포름알데히드 수지, 나일론, 에폭시 수지, 폴리락타이드, 폴리에틸렌옥사이드(PEO), 폴리디메틸실록산, CYTOP™, 폴리(스티렌-co-아크릴로니트릴), 폴리(스티렌-co-부타디엔), 폴리(스티렌-co-디비닐 벤젠), 폴리(디메틸실록산-co-폴리에틸렌옥사이드), 폴리(락트산-co-글리콜산), 실리콘 수지, 및 셀룰로오스로 구성되는 군으로부터 선택되는 1종 이상인 것을 특징으로 하는 유기젤 전도체.

**청구항 6**

제 1 항에 있어서,

상기 유기 용매는 20℃에서의 증기압이 물의 증기압의 0.01% 내지 5%인 액체인 것을 특징으로 하는 유기젤 전도체.

**청구항 7**

제 1 항에 있어서,

상기 유기 용매는 끓는점이 150℃ 내지 400℃인 것을 특징으로 하는 유기젤 전도체.

**청구항 8**

제 7 항에 있어서,

상기 유기 용매는 N-메틸-2-피롤리돈, N,N-디메틸포름아미드, N,N-디메틸아세트아미드, 디메틸술폰사이드, 헥사메틸렌포스포트리아미드, N-비닐피롤리돈, N-비닐포름아미드, N-비닐-아세트아미드, 크레졸, 페놀, 크실레놀, 에틸렌글리콜, 디에틸렌글리콜, 트리에틸렌글리콜, 프로필렌글리콜, 디프로필렌글리콜, 1, 3-부틸렌글리콜, 1,4-부틸렌글리콜, 글리세린, 디글리세린, D-글루코스, D-글루시톨, 이소프렌글리콜, 부탄디올, 1,5-펜탄디올, 1,6-헥산디올, 1,9-노난디올, 네오펜틸글리콜, 에틸렌카보네이트, 프로필렌카보네이트, 디옥산, 디에틸에테르, 디알킬에테르, 프로필렌글리콜디알킬에테르, 폴리에틸렌글리콜디알킬에테르, 폴리프로필렌글리콜디알킬에테르, 3-메틸-2-옥사졸리디논, 아세트니트릴, 글루타로디니트릴, 메톡시아세토니트릴, 프로피오니트릴, 및 벤조니트릴로 구성되는 군으로부터 선택되는 1종 이상인 것을 특징으로 하는 유기젤 전도체.

**청구항 9**

제 1 항에 있어서,

상기 유기 용매의 함량이 10 중량% 내지 60 중량%인 것을 특징으로 하는 유기젤 전도체.

**청구항 10**

제 1 항에 있어서,

자립(freestanding)이 가능하며 신축성(stretchability)을 갖는 것을 특징으로 하는 유기젤 전도체.

**청구항 11**

두 개의 전극을 갖는 전자 요소(element);

상기 전자 요소에 전원을 공급하는 전원부; 및

상기 전자 요소와 전원부를 연결하는 배선부;

을 포함하고,

상기 배선부는 제 1 항 및 제 4 항 내지 제 10 항 중의 어느 한 항에 따른 유기젤 전도체를 포함하는 것을 특징으로 하는 전자 장치.

**청구항 12**

도전성 도펀트, 유기 용매, 및 매트릭스 폴리머의 단량체를 포함하는 재료 혼합물을 준비하는 단계;

매트릭스 폴리머를 얻기 위하여 상기 매트릭스 폴리머의 단량체를 중합하는 단계; 및

상기 중합의 결과물에 대하여 투석을 수행하는 단계;

를 포함하는 유기젤 전도체의 제조 방법.

**청구항 13**

제 12 항에 있어서,

상기 재료 혼합물이 물을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 유기젤 전도체의 제조 방법.

**청구항 14**

제 13 항에 있어서,

상기 투석을 수행하는 단계 이후에 수분을 선택적으로 건조시키는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 유기 젤 전도체의 제조 방법.

**청구항 15**

제 12 항에 있어서,

상기 도전성 도펀트가 PEDOT:PSS이고, 상기 유기 용매가 에틸렌글리콜, 디메틸설폭사이드 또는 이들의 혼합물인 것을 특징으로 하는 유기젤 전도체의 제조 방법.

**청구항 16**

제 12 항에 있어서,

상기 혼합물을 준비하는 단계 이전에 상기 도전성 도펀트를 건조시키는 단계를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 유기젤 전도체의 제조 방법.

**발명의 설명**

**기술 분야**

[0001] 본 발명은 유기젤 전도체 및 그를 포함하는 전자 장치에 관한 것으로서, 더욱 구체적으로는, 충분한 신축성 및 치수안정성을 가지면서 우수한 전기전도성을 갖는 유기젤 전도체 및 그를 포함하는 전자 장치에 관한 것이다.

**배경 기술**

[0002] 최근 웨어러블(wearable) 전자 장치의 개발과 더불어 신축성을 가질 수 있는 전기전도체에 관한 관심이 급증하고 있다.

[0003] 전도성 하이드로젤은 전도성 고분자 물질을 다양한 가교가 가능한 수화 고분자 매트릭스 내에 분산시킨 물질로서, 고유의 신축성 및 인체 적합성과 더불어 전기전도성을 띠기 때문에 신체 부위에 접합시킬 수 있는 신축성 유연 소자의 전극 물질로서 활용이 가능하다. 그러나, 용매로서 물이 사용되기 때문에 장시간 대기 노출되는 경우 물의 증발로 인해 젤 상태에서부터 경직된 고체로 변화되는 문제가 발생한다. 나아가, 전기적으로도 전압 인가에 의하여 이온들이 전압에 따라 이동하는 이온전도가 발생하게 되며, 일정 전압 이상에서는 물의 전기 분해가 발생하여 전기화학적(electrochemical) 전류가 발생하는 문제점이 있다. 그 결과 균일한 전기전달이 이루어지기 어렵고 화학 반응의 결과로 하이드로젤의 일부가 손상될 수 있다.

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

[0004] 본 발명이 이루고자 하는 첫 번째 기술적 과제는 충분한 신축성 및 치수안정성을 가지면서 우수한 전기전도성을 갖는 유기젤 전도체를 제공하는 것이다.

[0005] 본 발명이 이루고자 하는 첫 번째 기술적 과제는 충분한 신축성 및 치수안정성을 가지면서 우수한 전기전도성을 갖는 유기젤 전도체를 포함하는 전자 장치를 제공하는 것이다.

[0006] 본 발명이 이루고자 하는 세 번째 기술적 과제는 충분한 신축성 및 치수안정성을 가지면서 우수한 전기전도성을 갖는 유기젤 전도체의 제조 방법을 제공하는 것이다.

**과제의 해결 수단**

[0007] 본 발명은 상기 첫 번째 과제를 이루기 위하여, 매트릭스 폴리머; 상기 매트릭스 폴리머 내에 분산된 도전성 도펀트들; 및 젤 상태를 유지하기 위하여 상기 매트릭스 폴리머 내에 함침된(impregnated) 유기 용매를 포함하는 유기젤 전도체를 제공한다.

[0008] 상기 유기 용매는 20℃에서의 증기압이 물의 증기압의 약 0.01% 내지 약 5%인 액체일 수 있다. 상기 유기 용매는 끓는점이 약 150℃ 내지 약 400℃일 수 있다. 상기 용매는, 예를 들면, N-메틸-2-피롤리돈, N,N-디메틸포름아미드, N,N-디메틸아세트아미드, 디메틸설폭사이드, 헥사메틸렌포스포트리아미드, N-비닐피롤리돈, N-

비닐포름아미드, N-비닐-아세트아미드, 크레졸, 페놀, 크실레놀, 에틸렌글리콜, 디에틸렌글리콜, 트리에틸렌글리콜, 프로필렌글리콜, 디프로필렌글리콜, 1, 3-부틸렌글리콜, 1,4-부틸렌글리콜, 글리세린, 디글리세린, D-글루코스, D-글루시톨, 이소프렌글리콜, 부탄디올, 1,5-펜탄디올, 1,6-헥산디올, 1,9-노난디올, 네오펜틸글리콜, 에틸렌카보네이트, 프로필렌카보네이트, 디옥산, 디에틸에테르, 디알킬에테르, 프로필렌글리콜디알킬에테르, 폴리에틸렌글리콜디알킬에테르, 폴리프로필렌글리콜디알킬에테르, 3-메틸-2-옥사졸리딘은, 아세토니트릴, 글루타로디니트릴, 메톡시아세토니트릴, 프로피오니트릴, 및 벤조니트릴로 구성되는 군으로부터 선택되는 1종 이상일 수 있다.

[0009] 상기 유기젤 전도체는 양단에 인가된 전압의 증가에 대하여 전류의 증가가 실질적으로 선형적으로 증가할 수 있다. 또한, 상기 유기 용매의 함량은 약 10 중량% 내지 약 60 중량%일 수 있다. 또한, 상기 유기젤 전도체는 자립(freestanding)이 가능하며 신축성(stretchability)을 가질 수 있다.

[0010] 상기 매트릭스 폴리머는 폴리비닐알코올, 폴리비닐피롤리돈, 폴리피롤, 폴리비닐클로라이드(PVC), 폴리(알킬아크릴레이트), 폴리(에틸 아크릴레이트), 폴리(에틸렌 테레프탈레이트), 폴리메틸메타크릴레이트(PMMA), 폴리아닐린, 폴리비닐아세테이트, 폴리(에틸비닐아세테이트), 폴리(에틸-co-비닐 아세테이트), 폴리비닐부티레이트, 폴리아크릴레이트, 폴리아크릴산 에스테르, 폴리아크릴아마이드, 폴리메타크릴산 에스테르, 폴리메타크릴아마이드, 폴리아크릴로니트릴(PAN), 폴리카프로락톤(PCL), 폴리비닐리덴플루오라이드(PVDF), 폴리(2-비닐피리딘), 폴리비닐메틸에테르, 폴리비닐부티랄, 폴리벤즈이미다졸, 폴리에테르에테르케톤, 스티렌/아크릴산 에스테르, 비닐아세테이트/아크릴산 에스테르, 에틸렌/비닐 아세테이트 공중합체(copolymer), 폴리부타디엔, 폴리이소프렌, 폴리스티렌, 폴리에틸렌, 폴리에틸렌이민, 폴리에테르, 폴리에스테르, 폴리카보네이트, 폴리아민, 폴리우레탄, 폴리프로필렌, 폴리아마이드, 폴리이미드, 폴리티오펜, 폴리아세틸렌, 폴리에테르이미드, 폴리실폰, 폴리에테르술폰, 폴리메틸스티렌, 폴리클로로스티렌, 폴리스티렌술폰폴리 플루오라이드, 벨라민-포름알데히드 수지, 나일론, 에폭시 수지, 폴리락타이드, 폴리에틸렌옥사이드(PEO), 폴리디메틸실록산, CYTOP™, 폴리(스티렌-co-아크릴로니트릴), 폴리(스티렌-co-부타디엔), 폴리(스티렌-co-디비닐 벤젠), 폴리(디메틸실록산-co-폴리에틸렌옥사이드), 폴리(락트산-co-글리콜산), 실리콘 수지, 및 셀룰로오스로 구성되는 군으로부터 선택되는 1종 이상일 수 있다.

[0011] 본 발명은 상기 두 번째 과제를 이루기 위하여, 두 개의 전극을 갖는 전자 요소(element); 상기 전자 요소에 전원을 공급하는 전원부; 및 상기 전자 요소와 전원부를 연결하는 배선부를 포함하는 전자 장치를 제공한다. 이때, 상기 배선부는 위에서 설명한 유기젤 전도체를 포함할 수 있다.

[0012] 본 발명은 상기 세 번째 과제를 이루기 위하여, 도전성 도펀트, 유기 용매, 및 매트릭스 폴리머의 단량체를 포함하는 재료 혼합물을 준비하는 단계; 매트릭스 폴리머를 얻기 위하여 상기 매트릭스 폴리머의 단량체를 중합하는 단계; 및 상기 중합의 결과물에 대하여 투석을 수행하는 단계를 포함하는 유기젤 전도체의 제조 방법을 제공한다.

[0013] 상기 재료 혼합물은 물을 더 포함할 수 있다. 또한, 상기 유기젤 전도체의 제조 방법은 상기 투석을 수행하는 단계 이후에 수분을 건조시키는 단계를 더 포함할 수 있다. 상기 도전성 도펀트는 PEDOT:PSS이고, 상기 유기 용매는 에틸렌글리콜, 디메틸설폭사이드 또는 이들의 혼합물일 수 있다.

[0014] 상기 유기젤 전도체의 제조 방법은 상기 혼합물을 준비하는 단계 이전에 상기 도전성 도펀트를 건조시키는 단계를 더 포함할 수 있다.

**발명의 효과**

[0015] 본 발명의 유기젤 전도체를 이용하면 충분한 신축성 및 치수안정성을 가지면서 우수한 전기전도성을 갖는 전도체를 얻을 수 있다.

**도면의 간단한 설명**

[0016] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 유기젤 전도체의 구성을 개념적으로 나타낸 모식도이다.  
 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 유기젤 전도체를 포함하는 전자 소자를 나타내는 개념도이다.  
 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 유기젤 전도체의 제조 방법을 순서에 따라 나타낸 흐름도이다.  
 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 유기젤 전도체의 제조에 있어서, 매트릭스 폴리머를 중합한 직후의 상태를

개념적으로 나타낸 모식도이다.

도 5는 본 발명의 다른 실시예에 따른 유기젤 전도체의 제조 방법을 순서에 따라 나타낸 흐름도이다.

도 6은 제조예 1에서 제조된 유기젤 전도체를 이용하여 구성된 단힌 회로를 나타낸 회로도이다.

도 7a 및 도 7b는 제조예 1에서 제조된 유기젤 전도체를 이용하여 구성된 단힌 회로에 전원을 인가하여 발광 소자가 발광하는 모습을 나타낸 이미지들이다.

도 8a 및 도 8b는 제조예 1 내지 제조예 5 및 비교 제조예 1에서 제조된 젤 전도체들에 대하여 수행한 I-V 스윙 테스트 결과를 나타내는 그래프들이다.

도 9는 제조예 1 내지 제조예 5에서 제조된 유기젤에 대하여 각각 변형에 따른 저항 변화를 측정된 결과를 나타내는 그래프들이다.

도 10a는 제조예 1 내지 제조예 4에서 제조된 유기젤 및 비교 제조예 1에서 제조된 하이드로젤에 대하여 경과 시간에 따른 용매의 무게 변화를 나타낸 그래프이다. 도 10b는 24시간 경과 후의 제조예 1의 유기젤 및 비교 제조예 1의 하이드로젤의 형상 변화를 나타낸 이미지들이다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

- [0017] 이하, 첨부 도면을 참조하여 본 발명 개념의 바람직한 실시예들을 상세히 설명하기로 한다. 그러나, 본 발명 개념의 실시예들은 여러 가지 다른 형태로 변형될 수 있으며, 본 발명 개념의 범위가 아래에서 상술하는 실시예들로 인해 한정되어지는 것으로 해석되어져서는 안 된다. 본 발명 개념의 실시예들은 당 업계에서 평균적인 지식을 가진 자에게 본 발명 개념을 보다 완전하게 설명하기 위해서 제공되어지는 것으로 해석되는 것이 바람직하다. 동일한 부호는 시종 동일한 요소를 의미한다. 나아가, 도면에서의 다양한 요소와 영역은 개략적으로 그려진 것이다. 따라서, 본 발명 개념은 첨부한 도면에 그려진 상대적인 크기나 간격에 의해 제한되어지지 않는다.
- [0018] 제1, 제2 등의 용어는 다양한 구성 요소들을 설명하는 데 사용될 수 있지만, 상기 구성 요소들은 상기 용어들에 의해 한정되지 않는다. 상기 용어들은 하나의 구성 요소를 다른 구성 요소로부터 구별하는 목적으로만 사용된다. 예를 들어, 본 발명 개념의 권리 범위를 벗어나지 않으면서 제 1 구성 요소는 제 2 구성 요소로 명명될 수 있고, 반대로 제 2 구성 요소는 제 1 구성 요소로 명명될 수 있다.
- [0019] 본 출원에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시예들을 설명하기 위해 사용된 것으로서, 본 발명 개념을 한정하려는 의도가 아니다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 출원에서, "포함한다" 또는 "갖는다" 등의 표현은 명세서에 기재된 특징, 개수, 단계, 동작, 구성 요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 개수, 동작, 구성 요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.
- [0020] 달리 정의되지 않는 한, 여기에 사용되는 모든 용어들은 기술 용어와 과학 용어를 포함하여 본 발명 개념이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 공통적으로 이해하고 있는 바와 동일한 의미를 지닌다. 또한, 통상적으로 사용되는, 사전에 정의된 바와 같은 용어들은 관련되는 기술의 맥락에서 이들이 의미하는 바와 일관되는 의미를 갖는 것으로 해석되어야 하며, 여기에 명시적으로 정의하지 않는 한 과도하게 형식적인 의미로 해석되어서는 아니 될 것임은 이해될 것이다.
- [0021] 어떤 실시예가 달리 구현 가능한 경우에 특정한 공정 순서는 설명되는 순서와 다르게 수행될 수도 있다. 예를 들어, 연속하여 설명되는 두 공정이 실질적으로 동시에 수행될 수도 있고, 설명되는 순서와 반대의 순서로 수행될 수도 있다.
- [0022] 첨부 도면에 있어서, 예를 들면, 제조 기술 및/또는 공차에 따라, 도시된 형상의 변형들이 예상될 수 있다. 따라서, 본 발명의 실시예들은 본 명세서에 도시된 영역의 특정 형상에 제한된 것으로 해석되어서는 아니 되며, 예를 들면 제조 과정에서 초래되는 형상의 변화를 포함하여야 한다. 여기에 사용되는 모든 용어 "및/또는"은 언급된 구성 요소들의 각각 및 하나 이상의 모든 조합을 포함한다. 또한, 본 명세서에서 사용되는 용어 "기관"은 기관 그 자체, 또는 기관과 그 표면에 형성된 소정의 층 또는 막 등을 포함하는 적층 구조체를 의미할 수 있다. 또한, 본 명세서에서 "기관의 표면"이라 함은 기관 그 자체의 노출 표면, 또는 기관 위에 형성된 소정의 층 또는 막 등의 외측 표면을 의미할 수 있다.

- [0023] <유기젤 전도체>
- [0024] 본 발명의 일 실시예는 상온에서도 신축성(stretchability)과 가요성(flexibility)을 갖는 유기젤(organogel) 전도체를 제공한다. 상기 유기젤 전도체는 매트릭스 폴리머, 상기 매트릭스 폴리머 내에 함침된 도전성 도펀트들, 및 유기 용매를 포함할 수 있다.
- [0025] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 유기젤 전도체(100)의 구성을 개념적으로 나타낸 도면이다.
- [0026] 도 1을 참조하면, 매트릭스 폴리머(110)가 무작위적으로 또는 일정한 규칙성을 띠면서 배열될 수 있다. 일부 실시예들에 있어서, 상기 매트릭스 폴리머(110)는 가교되어 있을 수 있다. 즉, 매트릭스 폴리머(110)의 둘 이상의 사슬들은 공유 결합(112)을 가짐으로써 가교될 수 있다. 일부 실시예들에 있어서, 상기 공유 결합(112)은 둘 이상의 사슬들이 직접 결합된 것일 수도 있고, 하나의 사슬로부터 분지된 부분이 다른 사슬에 결합된 것일 수도 있다. 일부 실시예들에 있어서, 상기 공유 결합(112)은 별도의 가교제의 첨가에 의하여 연결된 공유 결합일 수 있다.
- [0027] 도 1에서는 매트릭스 폴리머(110)가 다각형의 셀을 구성하는 것으로 도시되었지만, 이는 이해의 편의를 위한 것일 뿐, 본 발명이 여기에 한정되는 것은 아니다.
- [0028] 상기 매트릭스 폴리머(110)는, 예를 들면, 폴리비닐알코올, 폴리비닐피롤리돈, 폴리피롤, 폴리비닐클로라이드(PVC), 폴리(알킬아크릴레이트), 폴리(에틸 아크릴레이트), 폴리(에틸렌 테레프탈레이트), 폴리메틸메타크릴레이트(PMMA), 폴리아닐린, 폴리비닐아세테이트, 폴리(에틸비닐아세테이트), 폴리비닐부티레이트, 폴리아크릴레이트, 폴리아크릴산 에스테르, 폴리아크릴아마이드, 폴리메타크릴산 에스테르, 폴리메타크릴아마이드, 폴리아크릴로니트릴(PAN), 폴리카프로락톤(PCL), 폴리비닐리덴플루오라이드(PVDF), 폴리(2-비닐피리딘), 폴리비닐메틸에테르, 폴리비닐부티랄, 폴리벤즈이미다졸, 폴리에테르에테르케톤, 스티렌/아크릴산 에스테르, 비닐 아세테이트/아크릴산 에스테르, 에틸렌/비닐 아세테이트 공중합체(copolymer), 폴리부타디엔, 폴리이소프렌, 폴리스티렌, 폴리에틸렌, 폴리에틸렌이민, 폴리에테르, 폴리에스테르, 폴리카보네이트, 폴리아민, 폴리우레탄, 폴리프로필렌, 폴리아마이드, 폴리이미드, 폴리티오펜, 폴리아세틸렌, 폴리에테르이미드, 폴리설폰, 폴리에테르설폰, 폴리메틸스티렌, 폴리클로로스티렌, 폴리스티렌술포네이트, 폴리스티렌술포닐 플루오라이드, 멜라민-포름알데히드 수지, 나일론, 에폭시 수지, 폴리락타이드, 폴리에틸렌옥사이드(PEO), 폴리디메틸실록산, CYTOP™, 폴리(스티렌-co-아크릴로니트릴), 폴리(스티렌-co-부타디엔), 폴리(스티렌-co-디비닐 벤젠), 폴리(디메틸실록산-co-폴리에틸렌옥사이드), 폴리(에틸-co-비닐 아세테이트), 폴리(락트산-co-글리콜산), 실리콘 수지, 셀룰로오즈 등일 수 있으며, 여기에 한정되는 것은 아니다.
- [0029] 상기 매트릭스 폴리머(110)는 약 1만 내지 약 100만의 중량평균분자량(weight average molecular weight)을 가질 수 있다. 상기 매트릭스 폴리머(110)의 중량평균분자량이 너무 작으면 매트릭스로서의 기능을 잃게 되어 유기젤의 형태를 유지하기 어렵게 될 수 있다. 반대로, 상기 매트릭스 폴리머(110)의 중량평균분자량이 너무 크면 신축성 및/또는 가요성이 부족하게 될 수 있다. 상기 중량평균분자량은, 예를 들면, 폴리스티렌 스탠다드를 이용하는 겔 침투 크로마토그래피(gel permeation chromatography, GPC)로 측정될 수 있다.
- [0030] 상기 매트릭스 폴리머(100)들 사이에는 도전성 도펀트(130)들이 분산되어 있을 수 있다. 상기 도전성 도펀트들은, 예를 들면, Al, Si, Sc, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Y, Zr, Nb, Mo, Ta, W, Ni, Cu, Ag, Au, Cu와 같은 금속; 인듐 주석 산화물(indium tin oxide, ITO), 인듐 아연 산화물(indium zinc oxide, IZO), 아연 산화물(zinc oxide, ZnO), 불소-도핑된 주석 산화물(fluorine-doped tin oxide, FTO)과 같은 무기 전기전도체; 도핑된 실리콘, 도핑된 저머늄과 같은 도핑된 반도체; 또는 폴리아닐린(PANI), 폴리피롤(PPy), 폴리(3,4-에틸렌디옥시티오펜)(PEDOT), PEDOT:폴리스티렌술포네이트(PSS)과 같은 전도성 고분자일 수 있다. 그러나 여기에 한정되는 것은 아니다. 특히, 상기 도전성 도펀트(130)로서 PEDOT:PSS가 바람직하며, 예를 들면, Baytron®-P의 상표명으로 H. C. Starck, GmbH (Leverkusen, Germany)로부터 상용으로 입수 가능하다.
- [0031] 도 1에서는 상기 도전성 도펀트(130)들이 입자 형태로 도시되었지만 반드시 입자 형태일 필요는 없다. 또한 상기 도전성 도펀트(130)들은 상기 매트릭스 폴리머(100)들의 분자들 사이에 형성되는 공간 내에 분포할 수도 있고, 및/또는 상기 매트릭스 폴리머(100)들의 분자들의 표면에 분포할 수도 있다.
- [0032] 상기 유기 용매(120)는 물(H<sub>2</sub>O)보다 증기압이 현저하게 더 낮은 유기 용매일 수 있다. 예를 들면, 상기 유기 용매(120)의 증기압은 20℃에서 물의 증기압의 약 0.01% 내지 약 5%일 수 있다. 상기 유기 용매(120)의 증기압

이 너무 낮으면 제조되는 유기젤의 신축성과 가요성을 부여하는 능력이 미흡할 수 있다. 상기 용매의 증기압이 너무 크면 쉽게 기화되어 유기젤이 단시간 내에 경화될 수 있다. 일부 실시예들에 있어서, 상기 유기 용매(120)는 극성 유기 용매일 수 있다.

[0033] 일부 실시예들에 있어서, 상기 유기 용매(120)는 끓는점이 약 150℃ 내지 400℃인 용매일 수 있다. 일부 실시예들에 있어서, 상기 유기 용매(120)는, 비한정적인 예를 들면, N-메틸-2-피롤리돈, N,N-디메틸포름아미드, N,N-디메틸아세트아미드, 디메틸술폰, 헥사메틸렌포스포트리아미드, N-비닐피롤리돈, N-비닐포름아미드, N-비닐-아세트아미드 등의 극성 용매; 크레졸, 페놀, 크실레놀 등의 페놀류; 에틸렌글리콜, 디에틸렌글리콜, 트리에틸렌글리콜, 프로필렌글리콜, 디프로필렌글리콜, 1, 3-부틸렌글리콜, 1, 4-부틸렌글리콜, 글리세린, 디글리세린, D-글루코스, D-글루시톨, 이소프렌글리콜, 부탄디올, 1, 5-펜탄디올, 1, 6-헥산디올, 1, 9-노난디올, 네오펜틸글리콜 등의 다가 지방족 알코올류; 에틸렌카보네이트, 프로필렌카보네이트 등의 카보네이트 화합물; 디옥산, 디에틸에테르 등의 에테르 화합물; 디알킬에테르, 프로필렌글리콜디알킬에테르, 폴리에틸렌글리콜디알킬에테르, 폴리프로필렌글리콜디알킬에테르 등의 사슬형 에테르류; 3-메틸-2-옥사졸리논 등의 복소환 화합물; 아세토니트릴, 글루타로디니트릴, 메톡시아세토니트릴, 프로피오니트릴, 벤조니트릴 등의 니트릴 화합물 등을 들 수 있다. 이들 유기 용매(120)는 단독으로 이용해도 좋고, 2종류 이상의 혼합물로 해도 좋다.

[0034] 특히, 상기 유기 용매(120)는 에틸렌 글리콜 또는 디메틸술폰이 바람직하다.

[0035] 상기 유기 용매(120)의 함량은 상기 유기젤 전도체(100)의 무게의 약 10 중량% 내지 약 60 중량%일 수 있다.

[0036] 상기 유기 용매(120)의 함량이 너무 적으면 상기 유기젤 전도체(100)의 신축성이 부족할 수 있다. 상기 유기 용매(120)의 함량이 너무 많으면 상기 유기젤 전도체(100)가 자립하지(freestanding) 못할 수 있다. 여기서, '자립'은 다른 기재에 의존하지 않더라도 단독으로 일정한 형태와 강도를 유지할 수 있는 성질을 의미한다. 다시 말해, 본 발명의 실시예들에 따른 유기젤 전도체는 신축성과 가요성을 지니면서도, 다른 기재에 의존할 필요 없이 스스로 일정한 형태와 강도를 갖기 때문에 스탠드 얼론(stand-alone)으로 사용될 수 있다.

[0037] <전자 소자>

[0038] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 유기젤 전도체를 포함하는 전자 장치(200)를 나타내는 개념도이다.

[0039] 도 2를 참조하면, 상기 전자 장치(200)는 두 전극들(210a, 210b)을 갖는 전자 요소(element)(210), 상기 전자 요소(210)에 전원을 공급하는 전원부(202), 및 상기 전자 요소(210)와 전원부(202)를 연결하는 배선부(220)를 포함한다.

[0040] 상기 전자 요소(210)는 발광 다이오드와 같은 발광 소자, 박막 트랜지스터, 액정 디스플레이, 고체 조명 소자(solid state lighting device), OLED 디스플레이, 양자점 디스플레이, 트랜지스터와 같은 능동소자, 반도체 메모리 소자, 광전 소자 등 임의의 전자 소자일 수 있으며 특별히 한정되지 않는다. 나아가 상기 전자 요소(210)는 컨트롤러, 표시장치, 입출력 장치, 메모리 장치 등을 갖춘 전자 시스템일 수도 있다.

[0041] 상기 전원부(202)는, 예를 들면, 태양전지, 이차전지, 건전지 등 상기 전자 요소(210)에 전원을 공급할 수 있는 임의의 전원일 수 있다.

[0042] 상기 배선부(220)는 상기 전자 요소(210)와 전원부(202)를 전기적으로 연결하는 임의의 배선이며, 위에서 설명한 유기젤 전도체(100)를 적어도 일부분으로서 포함할 수 있다. 나아가 상기 배선부(220)는 유기젤 전도체(100)가 아닌 일반 배선(105)도 포함할 수 있다. 상기 일반 배선(105)은 기판 위에 형성된 금속 배선, 피복전선 등일 수 있다. 도 2에서는 유기젤 전도체(100)가 일반 배선(105)을 개재하여 상기 전극(210a)에 전기적으로 연결된 것으로 도시되었지만 유기젤 전도체(100)가 직접 상기 전극(210a)에 전기적으로 연결될 수도 있다. 또한 상기 유기젤 전도체(100)는 기판 위에 형성되지 않은 것일 수 있다. 또한 상기 유기젤 전도체(100)는 스탠드 얼론(stand-alone)으로 제공된 것일 수 있다.

[0043] <유기젤 전도체의 제조 방법>

[0044] 이하에서는 위에서 설명한 바와 같은 유기젤 전도체(100)를 제조하기 위한 방법을 설명한다.

- [0045] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 유기젤 전도체의 제조 방법을 순서에 따라 나타낸 흐름도이다.
- [0046] 도 3을 참조하면, 도전성 도펀트 수용액, 유기용매, 및 매트릭스 폴리머의 단량체의 혼합물을 제조한다(S110).
- [0047] 상기 도전성 도펀트 수용액은 도전성 도펀트를 물과 혼합한 것으로서, 도전성 도펀트와 물을 약 1 : 30 내지 약 1 : 200의 중량비로 혼합할 수 있다. 상기 도전성 도펀트가 수용성인 경우에는 상기 도전성 도펀트가 물에 잘 용해되도록 교반될 수 있다. 또, 상기 도전성 도펀트가 비수용성인 경우에는 상기 도전성 도펀트가 물에 잘 분산되도록 교반될 수 있다.
- [0048] (도전성 도펀트)
- [0049] 상기 도전성 도펀트는, 예를 들면, Al, Si, Sc, Ti, V, Cr, Mn, Fe, Y, Zr, Nb, Mo, Ta, W, Ni, Cu, Ag, Au, Cu와 같은 금속; 인듐 주석 산화물(ITO), 인듐 아연 산화물(IZO), 아연 산화물(ZnO), 불소-도핑된 주석 산화물(FTO)과 같은 무기 전기전도체; 도핑된 실리콘, 도핑된 저머늄과 같은 도핑된 반도체; 또는 폴리아닐린(PANI), 폴리피롤(PPy), 폴리(3,4-에틸렌디옥시티오펜)(PEDOT), PEDOT:폴리스티렌술포네이트(PSS)과 같은 전도성 고분자 일 수 있다. 그러나 여기에 한정되는 것은 아니다. 특히, 상기 도전성 도펀트는 PEDOT:PSS가 바람직하다.
- [0050] (유기 용매)
- [0051] 또, 상기 도전성 도펀트 수용액은 유기 용매와 혼합된다. 상기 유기 용매는 끓는점이 약 150℃ 내지 400℃인 용매일 수 있으며, 비한정적인 예를 들면, N-메틸-2-피롤리돈, N,N-디메틸포름아미드, N,N-디메틸아세트아미드, 디메틸술폭사이드, 핵사메틸렌포스포트리아미드, N-비닐피롤리돈, N-비닐포름아미드, N-비닐-아세트아미드 등의 극성 용매; 크레졸, 페놀, 크실레놀 등의 페놀류; 에틸렌글리콜, 디에틸렌글리콜, 트리에틸렌글리콜, 프로필렌글리콜, 디프로필렌글리콜, 1, 3-부틸렌글리콜, 1, 4-부틸렌글리콜, 글리세린, 디글리세린, D-글루코스, D-글루시톨, 이소프렌글리콜, 부탄디올, 1, 5-헵탄디올, 1, 6-헥산디올, 1, 9-노난디올, 네오펜틸글리콜 등의 다가 지방족 알코올류; 에틸렌카보네이트, 프로필렌카보네이트 등의 카보네이트 화합물; 디옥산, 디에틸에테르 등의 에테르 화합물; 디알킬에테르, 프로필렌글리콜디알킬에테르, 폴리에틸렌글리콜디알킬에테르, 폴리프로필렌글리콜디알킬에테르 등의 사슬형 에테르류; 3-메틸-2-옥사졸리디논 등의 복소환 화합물; 아세트니트릴, 글루타로디니트릴, 메톡시아세트니트릴, 프로피오니트릴, 벤조니트릴 등의 니트릴 화합물 등을 들 수 있다. 이들 유기 용매는 단독으로 이용해도 좋고, 2종류 이상의 혼합물로 해도 좋다.
- [0052] 상기 유기 용매와 상기 도전성 도펀트 수용액의 부피비는 약 1 : 3 내지 약 1 : 20일 수 있다. 상기 유기 용매의 양이 너무 적으면 제조된 유기젤 전도체의 신축성 및/또는 가요성이 미흡할 수 있다. 상기 유기 용매의 양이 너무 많으면 제조된 유기젤 전도체의 자립성(degree of freestanding)이 미흡할 수 있다. 따라서 이러한 점을 고려하여 유기 용매와 상기 도전성 도펀트 수용액의 부피비를 조절할 수 있다.
- [0053] 이어서, 상기 유기 용매와 도전성 도펀트 수용액의 혼합물에 매트릭스 폴리머의 단량체를 더 첨가할 수 있다. 매트릭스 폴리머는 도 1을 참조하여 위에서 설명한 바와 같고, 이들을 합성하기 위한 단량체는 본 발명이 속하는 기술 분야의 통상의 지식을 가진 자에게 잘 알려져 있으므로 구체적인 예시를 생략한다.
- [0054] 상기 유기 용매와 도전성 도펀트 수용액의 혼합물과 혼합되는 상기 단량체의 양은 혼합 후의 상기 단량체의 무게 백분율이 약 3% 내지 약 15%가 되도록 조절될 수 있다. 만일 상기 단량체의 양이 너무 적으면 매트릭스 폴리머의 충분한 부피 및/또는 치수를 갖도록 성형 또는 성막되지 않을 수 있다. 만일 상기 단량체의 양이 너무 많으면 중합 과정에서의 물질전달이 미흡하여 중합이 불충분하게 이루어지거나, 젤 효과(gel effect)로 인해 분자량 분포가 과도하게 넓어질 수 있다.
- [0055] (개시제)
- [0056] 상기 유기 용매, 도전성 도펀트 수용액 및 단량체의 혼합물은 상기 단량체들의 중합을 개시하기 위한 개시제(initiator)를 더 포함할 수 있다.
- [0057] 상기 개시제는, 예를 들면, 벤조일 퍼옥사이드, 디벤조일 퍼옥사이드, 모노클로로벤조일 퍼옥사이드, 디클로로벤조일 퍼옥사이드, p-메틸벤조일 퍼옥사이드, 옥탄오일 퍼옥사이드, 데칸오일 퍼옥사이드, 라우로일 퍼옥사이드, 디라우릴 퍼옥사이드, 사이클로hex산 퍼옥사이드, 메틸 에틸 케톤 퍼옥사이드, di-tert-부틸퍼옥사이드, 디큐밀퍼옥사이드, tert-부틸 하이드로퍼옥사이드, tert-아밀 하이드로퍼옥사이드, 쿠멘 하이드로퍼옥사이드, 다이사이클로hex실 퍼옥시디카보네이트, 2,2'-아조비스(이소부티로니트릴) (AIBN), 2,2'-아조비스(2-메틸부티로니트릴), 아조-2-시아노발레르산, 아조비스-(2,4-디메틸)-발레로니트릴, tert-부틸 퍼벤조에이트, di-tert-부틸 퍼옥시프탈레이트, 포타슘 퍼설페이트 (potassium persulfate, PPS), 암모늄 퍼설페이트 (ammonium persulfate,

APS), 소듐 퍼설페이트 (sodium persulfate, SPS) 등일 수 있으나, 여기에 한정되는 것은 아니다.

- [0058] 상기 개시제는 상기 단량체의 중합을 개시시키기에 유효한 양으로 사용되며, 그 양은 예로서 개시제 유형 및 원하는 중합체 분자량과 작용성 정도에 따라 달라질 것이다. 상기 개시제는 상기 단량체 100 중량부에 대하여 약 0.01 중량부 내지 약 10 중량부가 사용될 수 있으며, 바람직하게는 상기 단량체 100 중량부에 대하여 약 0.03 중량부 내지 약 3 중량부가 사용될 수 있다.
- [0059] (가속제)
- [0060] 상기 유기 용매, 도전성 도펀트 수용액 및 단량체의 혼합물은 상기 단량체들의 중합 반응을 촉진하기 위한 가속제(accelerator)를 더 포함할 수 있다.
- [0061] 상기 가속제는, 예를 들면, N,N,N',N'-테트라메틸에틸렌디아민(N,N,N',N'-tetramethylethylenediamine, TEMED); N-페닐글리신 등의 아미노산의 에스테르 또는 그 쌍극 이온 화합물; 2-메르캅토벤조티아졸, 2-메르캅토벤조이미다졸, 2-메르캅토벤조옥사졸, 2-메르캅토벤조옥사졸, 3-메르캅토-1,2,4-트리아졸, 2-메르캅토-4(3H)-퀴나졸린, β-메르캅토나프탈렌, 에틸렌글리콜디티오프로피오네이트, 트리메틸올프로판트리스티오프로피오네이트, 펜타에리트리톨테트라키스티오프로피오네이트 등의 메르캅토기 함유 화합물류; 헥산디티올, 트리메틸올프로판트리스티오글리코네이트, 펜타에리트리톨테트라키스티오프로피오네이트 등의 다관능 티올 화합물류; N,N-디알킬아미노벤조산에스테르, N-페닐글리신 또는 그 암모늄염이나 나트륨염 등의 유도체; 페닐알라닌, 또는 그 암모늄염이나 나트륨염 등의 염; 에스테르 등의 유도체 등의 방향족 고리를 갖는 아미노산 또는 그 유도체류 등일 수 있으나, 여기에 한정되는 것은 아니다. 상기 가속제는 N,N,N',N'-테트라메틸에틸렌디아민인 것이 바람직하다.
- [0062] 상기 가속제는 상기 단량체의 중합을 촉진시키기에 유효한 양으로 사용되며, 그 양은 예로서 가속제 유형 및 원하는 중합체 분자량과 작용성 정도에 따라 달라질 것이다. 상기 가속제는 상기 단량체 100 중량부에 대하여 약 0.01 중량부 내지 약 10 중량부가 사용될 수 있으며, 바람직하게는 상기 단량체 100 중량부에 대하여 약 0.03 중량부 내지 약 3 중량부가 사용될 수 있다.
- [0063] (가교제)
- [0064] 상기 유기 용매, 도전성 도펀트 수용액 및 단량체의 혼합물은 상기 단량체들의 중합에 있어서, 가교 반응을 일으키기 위한 가교제(cross-linking agent)를 더 포함할 수 있다.
- [0065] 상기 가교제는 이소시아네이트계 가교제, 과산화물계 가교제, 에폭시계 가교제, 아민계 가교제 중의 1종 이상일 수 있다.
- [0066] 이소시아네이트계 가교제에 관련된 화합물로는, 예를 들어 톨릴렌다이소시아네이트, 클로르페닐렌다이소시아네이트, 테트라메틸렌다이소시아네이트, 자일릴렌다이소시아네이트, 디페닐메탄다이소시아네이트, 수소 첨가된 디페닐메탄다이소시아네이트 등의 이소시아네이트 모노머 및 이들 이소시아네이트 모노머를 트리메틸올프로판 등과 부가한 이소시아네이트 화합물이나 이소시아누레이드 화합물, 뷰렛형 화합물, 나아가서는 폴리에테르 폴리올이나 폴리에스테르 폴리올, 아크릴 폴리올, 폴리부타디엔 폴리올, 폴리이소프렌 폴리올 등 부가 반응시킨 우레탄 프레폴리머형의 이소시아네이트 등을 들 수 있다. 특히, 폴리이소시아네이트 화합물이고, 헥사메틸렌다이소시아네이트, 수소 첨가 자일릴렌다이소시아네이트 및 이소포론다이소시아네이트로 이루어지는 군에서 선택되는 1 종 또는 그것에서 유래하는 폴리이소시아네이트 화합물일 수 있다.
- [0067] 상기 과산화물계 가교제는, 예를 들어 디(2-에틸헥실)퍼옥시디카보네이트, 디(4-t-부틸시클로헥실)퍼옥시디카보네이트, 디-sec-부틸퍼옥시디카보네이트, t-부틸퍼옥시네오테카노에이트, t-헥실퍼옥시피발레이트, t-부틸퍼옥시피발레이트, 디라우로일퍼옥사이드, 디-n-옥타노일퍼옥사이드, 1,1,3,3-테트라메틸부틸퍼옥시-2-에틸헥사노에이트, 디(4-메틸벤조일)퍼옥사이드, 디벤조일퍼옥사이드, t-부틸퍼옥시이소부티레이트, 1,1-디(t-헥실퍼옥시)시클로헥산 등일 수 있다.
- [0068] 상기 에폭시계 가교제로서는, 예를 들어 N,N,N',N'-테트라글리시딜-m-크실렌디아민, 디글리시딜아닐린, 1,3-비스(N,N-글리시딜아미노메틸)시클로헥산, 1,6-헥산디올디글리시딜에테르, 네오펜틸글리콜디글리시딜에테르, 에틸렌글리콜디글리시딜에테르, 프로필렌글리콜디글리시딜에테르, 폴리에틸렌글리콜디글리시딜에테르, 폴리프로필렌글리콜디글리시딜에테르, 소르비톨폴리글리시딜에테르, 글리세롤폴리글리시딜에테르, 펜타에리트리톨폴리글리시딜에테르, 폴리글리세롤폴리글리시딜에테르, 소르비탄폴리글리시딜에테르, 트리메틸올프로판폴리글리시딜에테르, 아디프산디글리시딜에스테르, o-프탈산디글리시딜에스테르, 트리글리시딜-트리스(2-히드록시에틸)이소시아누레

이트, 레조르신디글리시딜에테르, 비스페놀-S-디글리시딜에테르 등일 수 있다

[0069] 상기 아민계 가교제는, 예를 들면, 에틸렌디아민류 등 복수의 아미노기를 갖는 화합물을 이용할 수 있다. 에틸렌디아민류로서 구체적으로는, 에틸렌디아민, 1,2-디아미노프로판, 1,2-디아미노-2-메틸프로판, N-메틸에틸렌디아민, N-에틸에틸렌디아민, N-이소프로필에틸렌디아민, N-헥실에틸렌디아민, N-시클로헥실에틸렌디아민, N-옥틸에틸렌디아민, N-데실에틸렌디아민, N-도데실에틸렌디아민, N,N-디메틸에틸렌디아민, N,N-디에틸에틸렌디아민, N,N'-디에틸에틸렌디아민, N,N'-디이소프로필에틸렌디아민, N,N,N'-트리메틸에틸렌디아민, 디에틸렌트리아민, N-이소프로필디에틸렌트리아민, N-(2-아미노에틸)-1,3-프로판디아민, 트리에틸렌테트라민, N,N'-비스(3-아미노프로필)에틸렌디아민, N,N'-비스(2-아미노에틸)-1,3-프로판디아민, 트리스(2-아미노에틸)아민, 테트라에틸렌펜타민, 펜타에틸렌헥사민, 2-(2-아미노에틸아미노)에탄올, N,N'-비스(히드록시에틸)에틸렌디아민, N-(히드록시에틸)디에틸렌트리아민, N-(히드록시에틸)트리에틸렌테트라민, 피페라진, 1-(2-아미노에틸)피페라진, 4-(2-아미노에틸)모르폴린, 폴리에틸렌아민을 예시할 수 있다. 에틸렌디아민류 이외에 적용 가능한 디아민류, 폴리아민류로서 구체적으로는, 1,3-디아미노프로판, 1,4-디아미노부탄, 1,3-디아미노펜탄, 1,5-디아미노펜탄, 2,2-디메틸-1,3-프로판디아민, 헥사메틸렌디아민, 2-메틸-1,5-디아미노프로판, 1,7-디아미노헵탄, 1,8-디아미노옥탄, 2,2,4-트리메틸-1,6-헥산디아민, 2,4,4-트리메틸-1,6-헥산디아민, 1,9-디아미노노난, 1,10-디아미노데칸, 1,12-디아미노도데칸, N-메틸-1,3-프로판디아민, N-에틸-1,3-프로판디아민, N-이소프로필-1,3-프로판디아민, N,N-디메틸-1,3-프로판디아민, N,N'-디메틸-1,3-프로판디아민, N,N'-디에틸-1,3-프로판디아민, N,N'-디이소프로필-1,3-프로판디아민, N,N,N'-트리메틸-1,3-프로판디아민, 2-부틸-2-에틸-1,5-펜탄디아민, N,N'-디메틸-1,6-헥산디아민, 3,3'-디아미노-N-메틸디프로필아민, N-(3-아미노프로필)-1,3-프로판디아민, 스페르미딘, 메틸렌비스아크릴아미드, 비스(헥사메틸렌)트리아민, N,N',N''-트리메틸비스(헥사메틸렌)트리아민, 4-아미노메틸-1,8-옥탄디아민, N,N'-비스(3-아미노프로필)-1,3-프로판디아민, 스페르민, 4,4'-메틸렌비스(시클로헥실아민), 1,2-디아미노시클로헥산, 1,4-디아미노시클로헥산, 1,3-시클로헥산비스(메틸아민), 1,4-시클로헥산비스(메틸아민), 1,2-비스(아미노에톡시)에탄, 4,9-디옥사-1,12-도데칸디아민, 4,7,10-트리옥사-1,13-트리데칸디아민, 1,3-디아미노히드록시프로판, 4,4'-메틸렌디피페리딘, 4-(아미노메틸)피페리딘, 3-(4-아미노부틸)피페리딘, 폴리알릴아민을 예시할 수 있지만, 본 발명이 이들에 한정되는 것은 아니다.

[0070] 특히, 상기 가교제로서 메틸렌비스아크릴아미드가 바람직하다.

[0071] 상기 가교제의 함량은 상기 단량체 100 중량부에 대하여 약 0.005 중량부 내지 약 1 중량부가 사용될 수 있으며, 바람직하게는 상기 단량체 100 중량부에 대하여 약 0.01 중량부 내지 약 0.5 중량부가 사용될 수 있다.

[0072] 이어서, 상기 단량체를 중합하여 매트릭스 폴리머를 형성한다(S120). 상기 단량체의 중합은 상기 혼합물, 즉, 도전성 도펀트 수용액, 유기 용매 및 단량체의 혼합물을 가열함으로써 수행될 수 있다.

[0073] 상기 단량체를 중합하기 위하여 상기 혼합물은, 예를 들면, 약 60℃ 내지 약 100℃의 온도로 가열될 수 있다. 상기 온도가 너무 낮으면 중합이 지나치게 느려 비경제적일 수 있다. 상기 온도가 너무 높으면 일부 성분이 열분해되거나 물이 증발하여 추후 이온 제거를 위한 투석(dialysis)에서 불리하게 작용할 수 있다.

[0074] 상기 가열 시간은 약 30분 내지 약 5시간일 수 있다. 상기 가열 시간이 너무 짧으면 중합이 충분하지 않아 매트릭스 폴리머가 미흡하게 형성될 수 있다. 상기 가열 시간이 너무 길면 매트릭스 폴리머의 중량평균분자량이 과도하게 커져서 추후 얻어지는 유기젤 전도체의 신축성이 미흡할 수 있다.

[0075] 추후 얻어지는 유기젤 전도체의 특정 형상이 있는 경우 상기 단량체의 중합을 수행하기 전에 상기 혼합물을 특정 형상의 몰드 내에 주입하고, 그 후에 상기 중합을 수행할 수 있다. 예를 들면, 필름 형태로 성형하고자 하는 경우 상기 혼합물을 기판 위에 스핀코팅을 할 수 있다. 일부 실시예들에 있어서, 상기 혼합물을 일 방향으로 연장되는 육면체 형태의 몰드 내에 주입한 후 중합을 수행할 수 있다.

[0076] 이상에서와 같이 중합을 수행하면, 상기 혼합물 내에는 반응 부산물 등으로 인해 상당량의 이온이 존재하며, 이러한 이온들은 유기젤 전도체를 사용하는 데 있어서 이온 전도를 유발할 수 있다. 그러므로, 중합 후의 혼합물 내에 존재하는 불필요한 이온들, 및 기타 불순물들을 제거할 필요가 있다.

[0077] 일부 실시예들에 있어서, 상기 이온들 및 기타 불순물들을 제거하기 위하여 투석(dialysis)이 수행될 수 있다(S130).

[0078] 도 4는 중합 후의 중합체의 상태를 나타내는 모식도이다. 도 4를 참조하면, 중합 후의 혼합물은 중합된 매트릭

스 폴리머(110)들이 공유 결합(112)에 의하여 가교되어 매트릭스를 이루고, 매트릭스 폴리머(110)들의 표면 또는 그 사이의 공간에 도전성 도펀트(130)들이 존재한다. 또한 용매(120')는 유기 용매 뿐만 아니라 물도 포함하고 있으며 도전성 도펀트(130)와 매트릭스 폴리머(110)들 사이의 공간을 충전하고 있다.

- [0079] 특히, 상기 용매(120') 내에는 불필요한 이온들, 기타 불순물들(140)이 소정 농도로 존재할 수 있다. 이를 제거하기 위하여, 앞서 설명한 단계 S110에서 제조되었던 상기 유기 용매와 도전성 도펀트 수용액의 혼합물에서와 동일한 비율로 유기 용매와 물의 혼합물을 준비하고, 그 안에 위에서 중합된 중합체를 침지시킬 수 있다.
- [0080] 그러면 상기 중합체 내의 상기 불필요한 이온들, 기타 불순물들(140)은 삼투압에 의하여 외부의 상기 유기 용매와 수용액의 혼합물로 확산되어 방출된다. 상기 투석은 약 15 시간 내지 약 30 시간 동안 수행될 수 있다. 이러한 과정을 수회, 예를 들면, 2회 내지 10회 가량 반복함으로써 상기 중합체 내의 상기 불필요한 이온들, 기타 불순물들(140)을 더욱 확실하게 제거할 수 있다.
- [0081] 이어서, 상기 중합체를 가열하여 내부의 수분을 제거할 수 있다(S140). 수분은 인가되는 전압에 의하여 이온화됨으로써 이온 전도를 유발할 수 있기 때문에 충분히 제거할 필요가 있다. 이를 위하여 상기 중합체를 약 50℃ 내지 약 80℃의 온도로 약 2 시간 내지 약 8시간 동안 가열할 수 있다. 이와 같이 상기 중합체를 가열하여 내부의 수분을 제거함으로써 유기젤 전도체를 얻을 수 있다.
- [0082] 도 5는 본 발명의 다른 실시예에 따른 유기젤 전도체의 제조 방법을 순서에 따라 나타낸 흐름도이다. 본 실시예에 따른 제조 방법을 설명함에 있어서, 도 3을 참조하여 설명한 제조 방법과 동일한 내용은 간략한 설명을 위해 생략한다.
- [0083] 도 5를 참조하면, 도전성 도펀트 용액, 및 매트릭스 폴리머의 단량체의 혼합물을 제조한다(S210). 도 3을 참조하여 설명한 실시예와는 달리 도전성 도펀트를 직접 유기 용매에 용해시켜 도전성 도펀트 용액을 얻은 후, 이를 매트릭스 폴리머의 단량체와 혼합한다.
- [0084] 상기 도전성 도펀트 및 상기 유기 용매는 도 3을 참조하여 설명한 바와 동일하다. 또한 상기 매트릭스 폴리머 및 이를 중합하기 위한 단량체는 도 1 및 도 3을 참조하여 설명한 바와 동일하다.
- [0085] 상기 도전성 도펀트와 상기 유기 용매는 약 1 : 2 내지 약 1 : 70의 비율로 혼합될 수 있다.
- [0086] 이어서, 상기 단량체를 중합하여 매트릭스 폴리머를 형성한다(S220). 상기 단량체의 중합은 상기 혼합물, 즉, 도전성 도펀트 용액 및 단량체의 혼합물을 가열함으로써 수행될 수 있다.
- [0087] 상기 단량체를 중합하기 위하여 상기 혼합물은, 예를 들면, 약 60℃ 내지 약 120℃의 온도로 가열될 수 있다. 상기 온도가 너무 낮으면 중합이 지나치게 느려 비경제적일 수 있다. 상기 온도가 너무 높으면 일부 성분이 열분해될 수 있다.
- [0088] 상기 가열 시간은 약 30분 내지 약 5시간일 수 있다. 상기 가열 시간이 너무 짧으면 중합이 충분하지 않아 매트릭스 폴리머가 미흡하게 형성될 수 있다. 상기 가열 시간이 너무 길면 매트릭스 폴리머의 중량평균분자량이 과도하게 커져서 추후 얻어지는 유기젤 전도체의 신축성이 미흡할 수 있다.
- [0089] 도 3을 참조하여 설명한 바와 동일하게 상기 중합 과정에서 성형을 위한 몰드를 이용할 수 있다. 또한 상기 중합 반응 결과 발생한 불필요한 이온들을 제거할 필요가 있다.
- [0090] 상기 불필요한 이온들 및 기타 불순물들을 제거하기 위하여 투석을 수행할 수 있다(S230). 상기 투석을 위하여 상기 단계 S220에서 중합하여 얻은 중합체를 유기 용매 내에 침지시킬 수 있다. 상기 유기 용매는 상기 도전성 도펀트 용액의 제조에 이용되었던 유기 용매와 동일한 유기 용매일 수 있다. 상기 중합체를 상기 유기 용매 내에 침지시킴으로써 중합체 내에 존재하는 불필요한 이온 기타 불순물들은 유기 용매 내로 삼투적으로 확산되어 제거될 수 있다.
- [0091] 상기 투석은 약 15 시간 내지 약 30 시간 동안 수행될 수 있다. 이러한 과정을 수회, 예를 들면, 2회 내지 10회 가량 반복함으로써 상기 중합체 내의 상기 불필요한 이온들, 기타 불순물들(140)을 더욱 확실하게 제거할 수 있다.
- [0092] 상기 도전성 도펀트 용액의 제조시에 물을 사용하지 않았기 때문에 수분을 제거하는 과정은 불필요하다. 따라

서, 투석을 거친 상기 중합체를 침지시켰던 유기 용매로부터 꺼내면 유기젤 전도체를 얻을 수 있다.

[0093] 이하, 구체적인 실시예 및 비교예를 가지고 본 발명의 구성 및 효과를 보다 상세히 설명하지만, 이들 실시예는 단지 본 발명을 보다 명확하게 이해시키기 위한 것일 뿐 본 발명의 범위를 한정하고자 하는 것은 아니다.

[0094] <유기젤 전도체의 제조예 1>

[0095] 상용 PEDOT:PSS를 동결건조한 후 탈이온수에 용해시켜 1.3 중량% 농도의 균일한 PEDOT:PSS 수용액을 조제하였다. 상기 PEDOT:PSS 수용액을 에틸렌글리콜과 8:1의 부피비로 혼합하고, 매트릭스 폴리머를 형성하기 위한 단량체로서 아크릴아미드를 혼합하였다. 아크릴아미드의 양은 상기 PEDOT:PSS와 아크릴아미드의 총 중량 대비 PEDOT:PSS의 중량이 5.49 중량%가 되도록 조절되었다. 개시제로서 암모늄퍼설페이트를, 가교제로서 메틸렌 비스아크릴아미드를, 그리고 가속제로서 N,N,N',N'-테트라메틸에틸렌디아민을 이용하였다.

[0096] 상기 혼합물을 90℃에서 2시간 동안 반응시켜 매트릭스 폴리머를 중합한 후 산도(acidity)를 측정한 결과 pH가 2임을 알았다. 이러한 결과로부터 중합 결과물 내에 다량의 수소이온이 존재하며, 나아가 중합의 결과로 발생한 불필요한 이온들(예를 들면,  $\text{NH}_4^+$ ,  $\text{HSO}_4^+$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  등)이 존재할 것으로 추정되었다. 이러한 불필요한 이온은 인가되는 전압에 의한 이온 전도(ionic conduction)를 유발하기 때문에 바람직하지 않으며 따라서 이를 제거하기 위하여 투석(dialysis)을 다음과 같이 시행하였다.

[0097] 먼저 탈이온수와 에틸렌글리콜의 혼합액을 조제하되 그 비율을 위의 PEDOT:PSS 수용액과 에틸렌글리콜의 혼합액을 조제할 때와 동일하게 하였다. 그런 다음 위에서 중합된 중합체를 상기 탈이온수/에틸렌글리콜 혼합액(pH=7.4)에 침지시켜 24시간 동안 방치하였다. 24시간 경과 후에는 새로운 탈이온수/에틸렌글리콜 혼합액에 침지시켜 추가적인 24시간 동안 방치하였다. 이러한 과정을 반복하여 72시간 동안 3단계의 투석을 시행한 결과 각 단계별 pH가 3.75, 6.0, 7.4로 변화하는 것으로 측정되었고, 따라서, 불필요한 이온들이 대부분 제거되었음을 확인하였다.

[0098] 그런 다음 상기 중합체로부터 수분을 제거하기 위하여 60℃의 오븐에서 4시간 동안 건조되었다. 60℃에서 에틸렌글리콜의 증기압은 물의 증기압에 비하여 상당히 낮기 때문에 상기 건조에 의하여 대부분의 수분이 선택적으로 제거될 수 있었다. 이상의 방법에 의하여 유기젤 전도체를 제조하였다.

[0099] <제조예 2>

[0100] 상기 PEDOT:PSS와 아크릴아미드의 총 중량대비 PEDOT:PSS의 중량이 6.72 중량%가 되도록 아크릴아미드의 양을 조절된 점을 제외하면 제조예 1과 동일한 방법으로 유기젤 전도체를 제조하였다.

[0101] <제조예 3>

[0102] 상기 PEDOT:PSS와 아크릴아미드의 총 중량대비 PEDOT:PSS의 중량이 7.90 중량%가 되도록 아크릴아미드의 양을 조절된 점을 제외하면 제조예 1과 동일한 방법으로 유기젤 전도체를 제조하였다.

[0103] <제조예 4>

[0104] 상기 PEDOT:PSS와 아크릴아미드의 총 중량대비 PEDOT:PSS의 중량이 9.06 중량%가 되도록 아크릴아미드의 양을 조절된 점을 제외하면 제조예 1과 동일한 방법으로 유기젤 전도체를 제조하였다.

[0105] <제조예 5>

[0106] 상용으로 입수한 PEDOT:PSS에 대하여 동결 건조를 수행하지 않고, 상기 PEDOT:PSS와 아크릴아미드의 총 중량대비 PEDOT:PSS의 중량이 6.83 중량%가 되도록 아크릴아미드의 양을 조절된 점을 제외하면 제조예 1과 동일한 방

법으로 유기젤 전도체를 제조하였다.

[0107] <유기젤 전도체의 전기전도성>

[0108] 제조예 1에서 제조된 유기젤을 이용하여 도 6에 나타난 바와 같이 회로를 구성하여 LED에 점등이 되는지 확인하였다. 도 6에 나타난 바와 같이 위에서 제조된 유기젤 전도체(100)를 개재하여 LED 발광 소자(201a, 201b) 및 전원(202)을 연결하여 닫힌 회로를 구성하였다. 그 결과 도 7a 및 도 7b에 나타난 바와 같이 유기젤 전도체(100)를 개재하여 LED 발광 소자(201a, 201b)에 정상적으로 전원이 공급됨을 확인하였다. 특히 도 7b에 나타난 바와 같이 상당히 변형을 가하였음에도(최초 대비 330%) 유기젤 전도체(100)가 여전히 전기를 잘 전도함을 확인하였다.

[0109] <비교 제조예 1>

[0110] 에틸렌글리콜을 혼합하지 않은 점을 제외하면 제조예 1에서와 동일한 방법으로 매트릭스 폴리머를 중합하였다. 중합된 상기 매트릭스 폴리머를 용매로부터 분리하여 하이드로젤을 얻었다. 상기 하이드로젤에 대해서는 투석 과정을 거치지 않았다.

[0111] <유기젤 전도체의 비이온성 전기전도 특성>

[0112] 제조예 1 내지 제조예 5 및 비교 제조예 1에서 제조된 젤 전도체들에 대하여 소정 전압 범위에 대하여 I-V 스위프 테스트를 수행하였다. 도 8a는 비교 제조예 1에서 제조된 하이드로젤 전도체에 대한 I-V 스위프 테스트 결과를 나타낸 그래프이고, 도 8b는 제조예 1 내지 제조예 5에서 제조된 유기젤 전도체에 대한 I-V 스위프 테스트 결과를 나타낸 그래프이다.

[0113] 도 8a를 참조하면 -3V 내지 -2V의 범위에서 변화의 기울기가 급한 것을 볼 수 있는데 이는 물의 급격한 산화/환원 반응으로 인한 것으로 판단된다. 또, -2V 내지 0V의 범위에서 변화의 기울기가 완만해지는 것을 볼 수 있는데 이는 산화/환원 반응이 상대적으로 덜 활발하게 일어난 결과인 것으로 판단된다. 도 8a의 전체 전압 범위(-3V 내지 +4V)를 통하여 볼 때 전압의 변화에 대한 전류의 변화가 비선형적인 모습이 관찰되는데 이는 위에서 설명한 바와 같은 산화/환원 반응 속도의 차이에 기인하는 것으로 보이며, 이는 전기전도에 이온 전도가 상당 부분 기여하고 있음을 의미한다.

[0114] 도 8b를 참조하면, 전체적으로 전압 변화에 대한 전류의 변화가 거의 선형적인 모습을 보이는 것을 알 수 있었다. 이는 전기전도에 이온 전도가 실질적으로 개입되지 않고 전자의 이동에 의한 전기전도인 패러데이 전도(Faradaic conduction)가 전기전도에 주로 기여하였음을 의미한다.

[0115] <유기젤 전도체의 저항성>

[0116] 제조예 1 내지 제조예 5에서 제조된 유기젤에 대하여 각각 변형에 따른 저항 변화를 측정하고 그 결과를 도 9에 나타내었다.

[0117] 도 9를 참조하면, 변형률(%)에 따른 저항( $R/R_0$ )의 값이 모두 이론값보다 낮은 것으로 나타났다. 제조예 1 내지 제조예 4의 유기젤 전도체들은 300%가 넘는 변형률에 대해서까지 전기전도성을 유지하는 우수한 성능을 보였다. 다만, 제조예 5에서는 대략 70%의 변형에서 전기적 파괴(electrical failure)가 나타났다.

[0118] <유기젤 전도체의 치수 안정성>

[0119] 제조예 1 내지 제조예 4에서 제조된 유기젤 및 비교 제조예 1에서 제조된 하이드로젤에 대하여 치수 안정성을 테스트하였다. 제조된 유기젤 및 하이드로젤을 이용하여 10 mm × 10 mm × 1 mm의 크기로 시편을 제작하고, 감압(0.013기압) 및 상온 조건에서 방치하여 시간 경과에 따른 무게 및 형상을 관찰하였다.

[0120] 도 10a는 경과 시간에 따른 용매의 무게 변화를 나타내고, 도 10b는 제조예 1 및 비교 제조예 1의 형상 변화를

보인 이미지들이다.

[0121] 도 10a를 참조하면, 약 3시간가량이 경과하였을 때, 유기젤의 경우 용매의 무게 변화가 약 10% 내지 약 15% 정도에 불과하였지만, 하이드로젤의 경우 거의 95%의 수분이 증발하여 손실됨을 알 수 있었다. 또, 유기젤의 경우 22시간이 경과하여도 용매의 무게 변화가 약 30% 내지 약 40%에 불과하였다.

[0122] 또 도 10b를 참조하면, 24시간 경과시 하이드로젤의 경우 거의 모든 용매가 증발하여 당초의 형태로부터 상당히 벗어나게 되는 치수 변형이 있게 되지만 유기젤의 경우는 치수적으로 거의 변화가 없어서 치수 안정성도 우수함을 알 수 있었다.

[0123] 이상에서 살펴본 바와 같이 본 발명의 실시예들에 대해 상세히 기술되었지만, 본 발명이 속하는 기술분야에 있어서 통상의 지식을 가진 사람이라면, 첨부된 청구 범위에 정의된 본 발명의 정신 및 범위를 벗어나지 않으면서 본 발명을 여러 가지로 변형하여 실시할 수 있을 것이다. 따라서 본 발명의 앞으로의 실시예들의 변경은 본 발명의 기술을 벗어날 수 없을 것이다.

**산업상 이용가능성**

[0124] 본 발명은 전자 산업에 유용하게 이용될 수 있다.

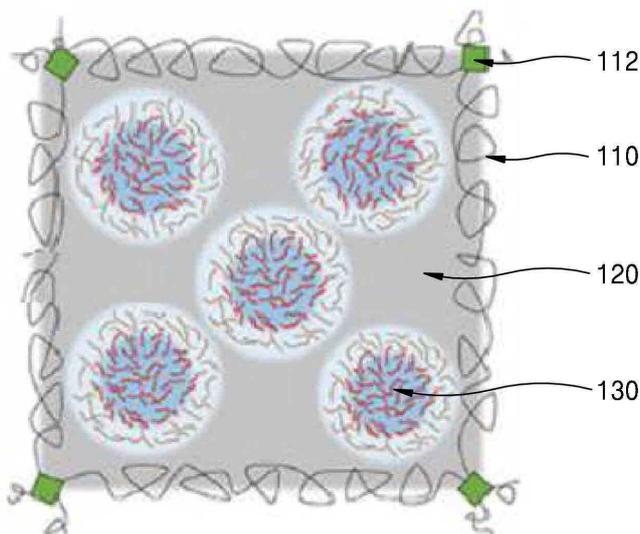
**부호의 설명**

- [0125] 100: 유기젤 전도체      105: 일반 배선
- 110: 매트릭스 폴리머    120: 유기 용매
- 130: 도전성 도펀트      140: 불순물
- 200: 전자 장치    201a, 201b: LED 발광 소자
- 202: 전원      210: 전자 요소
- 210a, 210b: 전극      220: 배선부

**도면**

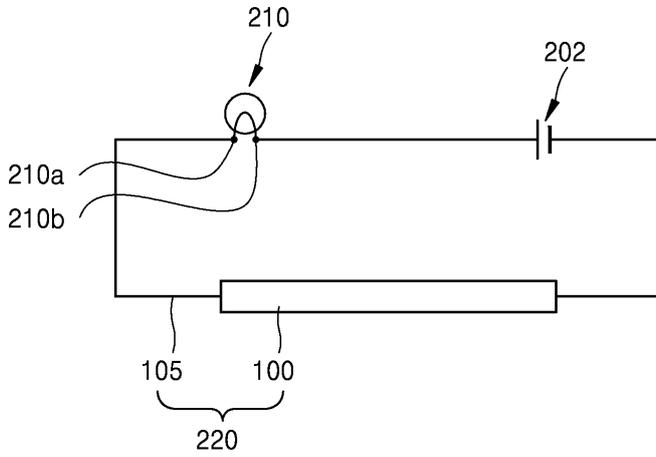
**도면1**

100

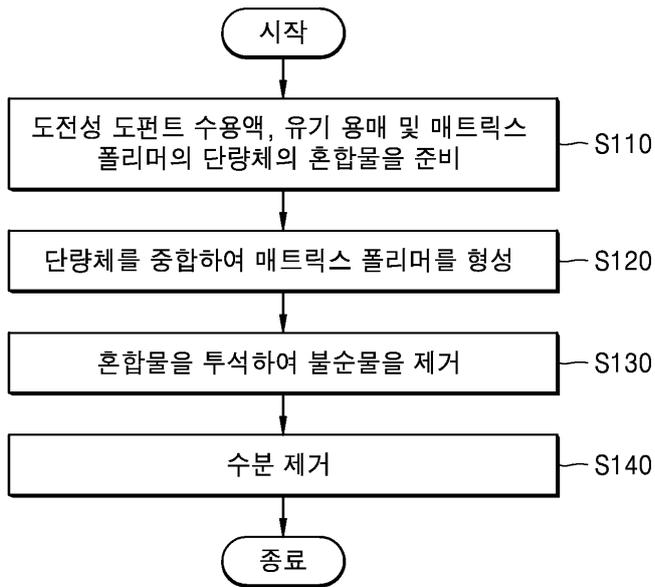


도면2

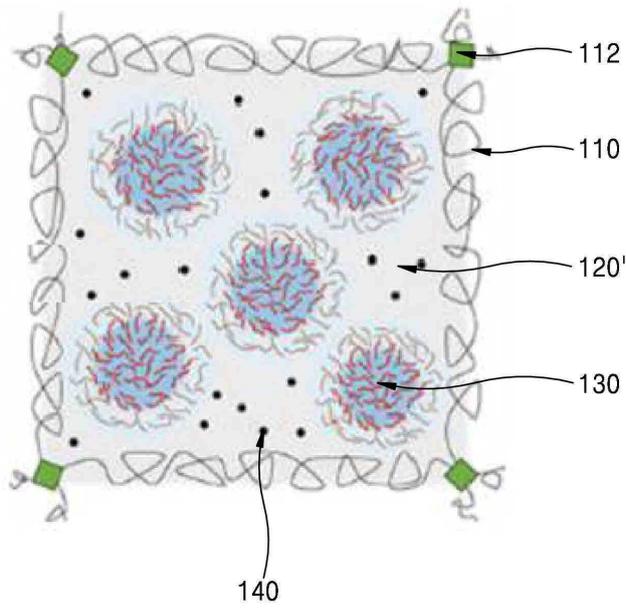
200



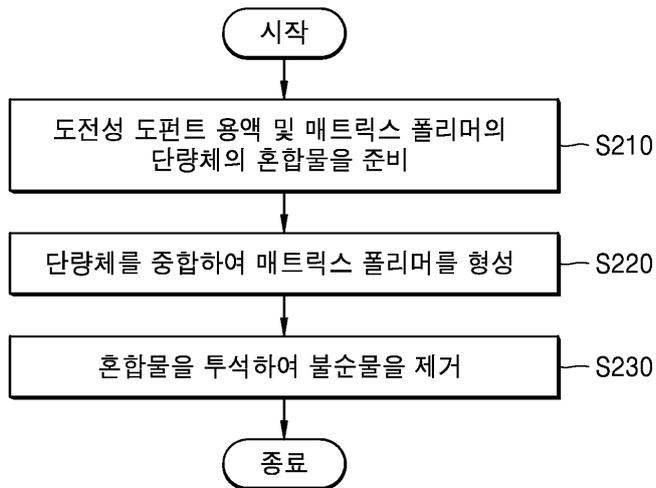
도면3



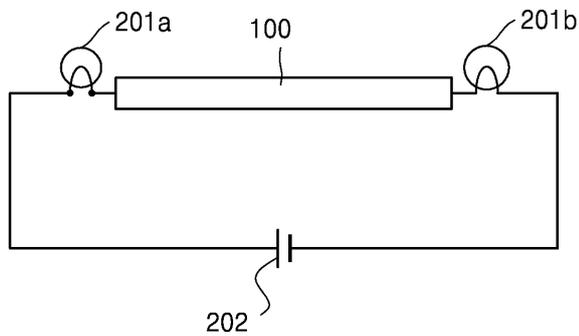
도면4



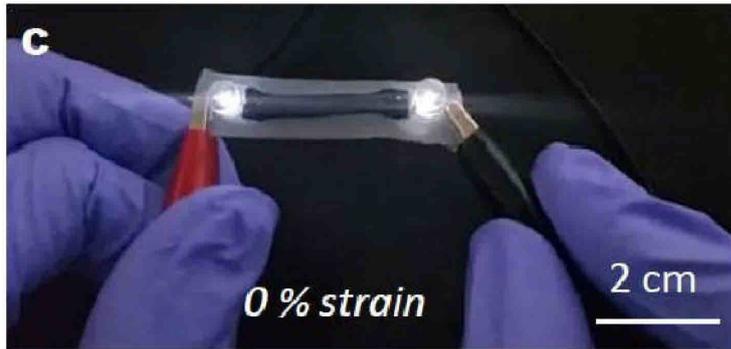
도면5



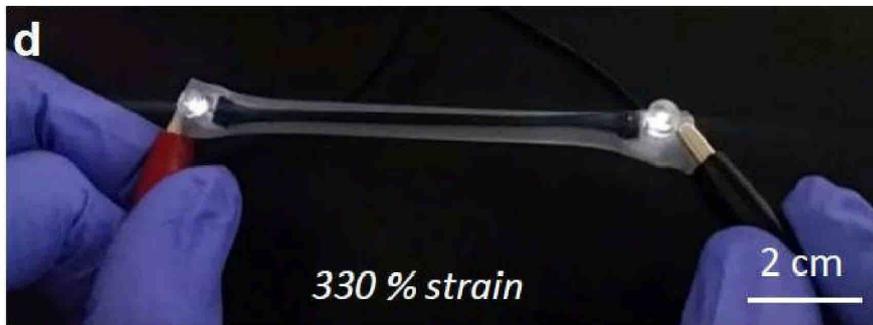
도면6



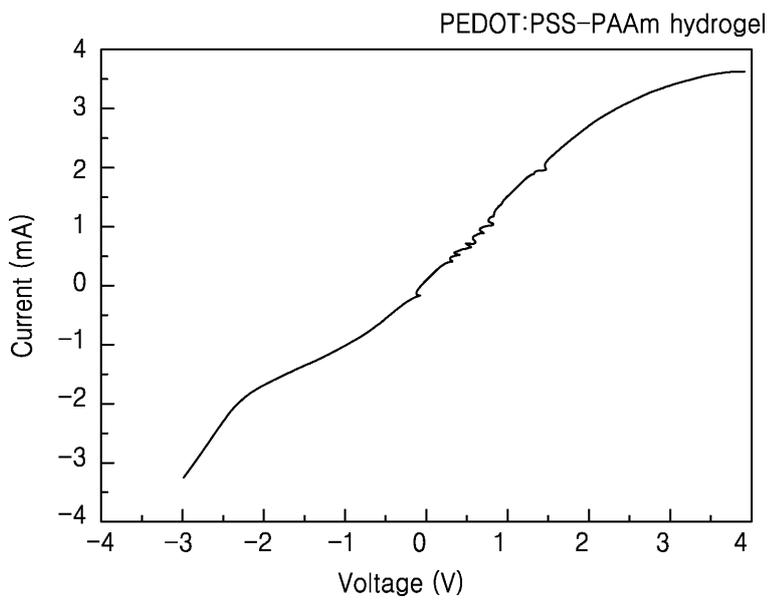
도면7a



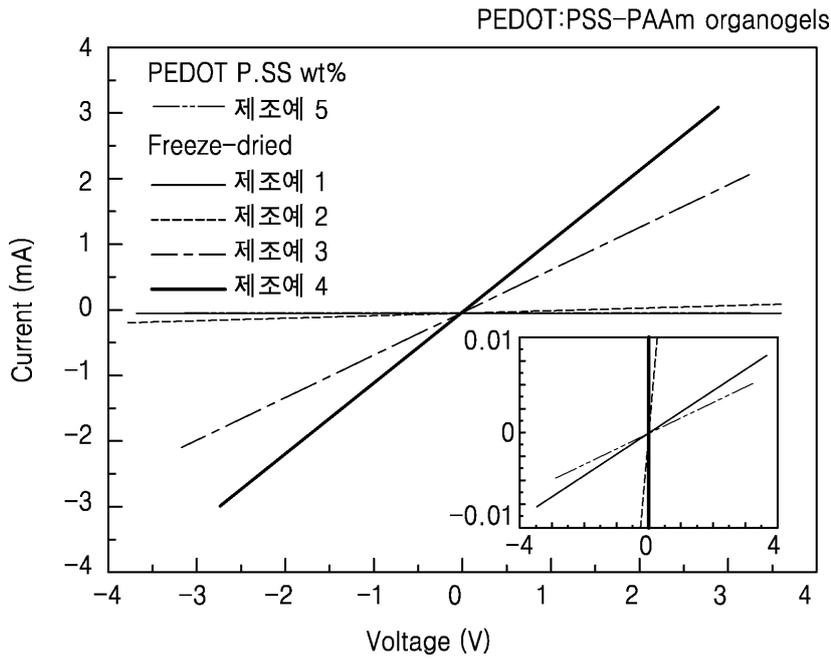
도면7b



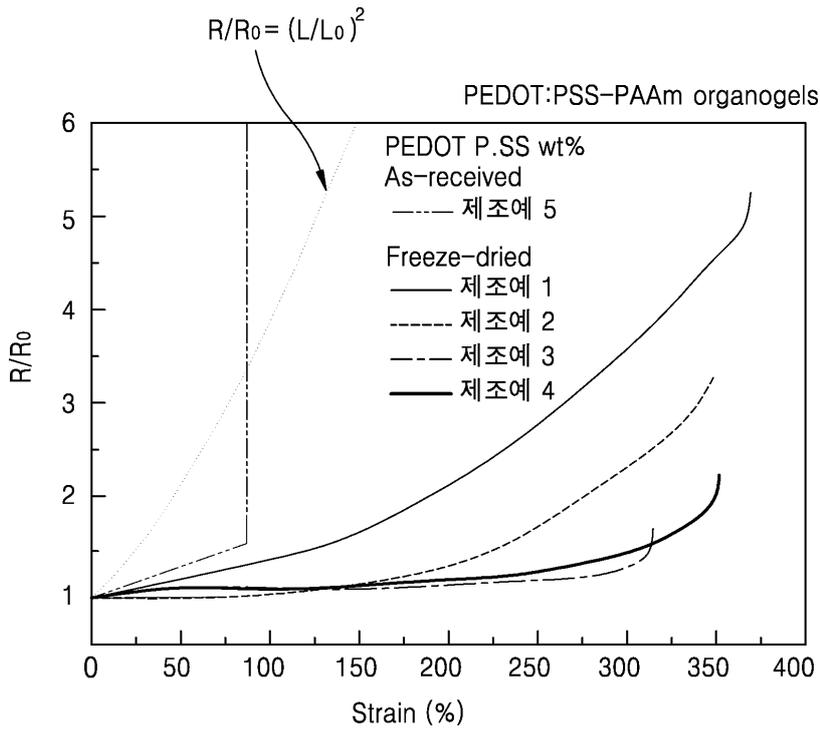
도면8a



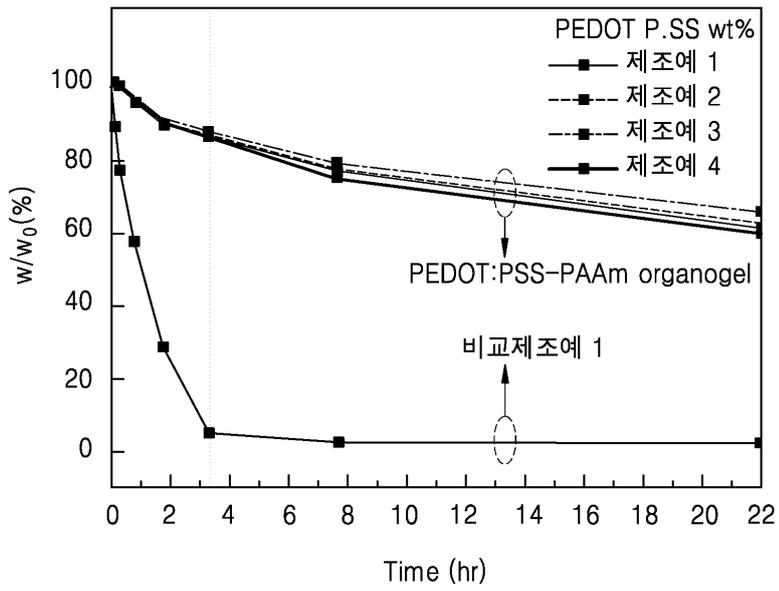
도면8b



도면9



도면10a



도면10b

