



**(19) 대한민국특허청(KR)**  
**(12) 공개특허공보(A)**

(11) 공개번호 10-2017-0129015  
(43) 공개일자 2017년11월24일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
H01B 5/14 (2006.01) H01B 1/02 (2006.01)  
H01B 1/24 (2006.01) H01B 13/00 (2006.01)  
H01L 31/0224 (2006.01)

(52) CPC특허분류  
H01B 5/14 (2013.01)  
H01B 1/02 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2016-0059826  
(22) 출원일자 2016년05월16일  
심사청구일자 2016년05월16일

(71) 출원인  
한국과학기술원  
대전광역시 유성구 대학로 291(구성동)

(72) 발명자  
김희탁  
대전광역시 유성구 대학로 291 한국과학기술원  
조원희  
대전광역시 유성구 대학로 291 한국과학기술원  
(뒷면에 계속)

(74) 대리인  
특허법인 다해

전체 청구항 수 : 총 12 항

(54) 발명의 명칭 **금속 나노와이어를 이용한 유연 투명 전극 및 그 저온 공정 제작법**

**(57) 요약**

본 발명은 금속 나노와이어를 이용한 유연 투명 전극 및 저온 공정 제작법에 관한 것으로, 가소제를 포함하는 폴리머 인터레이어에 서로 접합되어 형성된 금속 나노와이어 네트워크가 침투되어 있는 것을 특징으로 하는 유연 투명 전극을 제공하며,

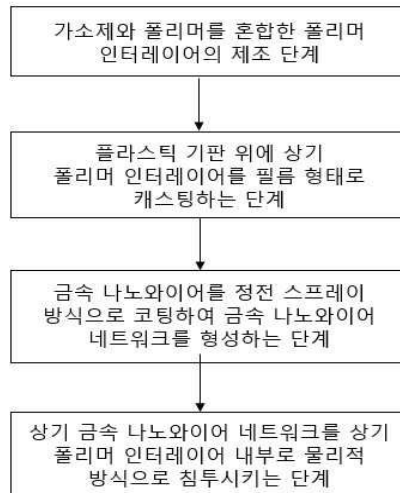
가소제와 폴리머를 혼합한 폴리머 인터레이어의 제조 단계;

플라스틱 기판 위에 상기 폴리머 인터레이어를 필름 형태로 캐스팅하는 단계;

금속 나노와이어를 정전 스프레이 방식으로 코팅하여 금속 나노와이어 네트워크를 형성하는 단계; 및

상기 금속 나노와이어 네트워크를 상기 폴리머 인터레이어 내부로 물리적 방식으로 침투시키는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 금속 나노와이어 네트워크를 포함하는 유연 투명 전극의 제조 방법을 제공한다.

**대표도** - 도1



(52) CPC특허분류

*H01B 1/24* (2013.01)  
*H01B 13/0016* (2013.01)  
*H01B 13/0026* (2013.01)  
*H01B 13/0033* (2013.01)  
*H01B 13/0036* (2013.01)  
*H01L 31/022425* (2013.01)  
*H01L 31/022466* (2013.01)

**강홍석**

대전광역시 유성구 대학로 291 한국과학기술원

(72) 발명자

**최재호**

대전광역시 유성구 대학로 291 한국과학기술원

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	N01150446
부처명	미래창조과학부
연구관리전문기관	한국과학기술원
연구사업명	KAIST자체연구사업
연구과제명	은나노와이어/플라스틱 기관의 일체화를 통한 대면적 플렉서블 투명전극 개발
기 여 율	1/1
주관기관	한국과학기술원
연구기간	2015.01.01 ~ 2015.12.31

---

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

가소제를 포함하는 폴리머 인터레이어에 서로 접합되어 형성된 금속 나노와이어 네트워크가 침투되어 있는 것을 특징으로 하는 유연 투명 전극.

#### 청구항 2

제 1항에 있어서,

상기 금속은 은인 것을 특징으로 하는 유연 투명 전극.

#### 청구항 3

제 1항에 있어서,

상기 가소제를 통해 상기 폴리머 인터레이어를 가소화하여 유리 전이온도( $T_g$ )를 80~100℃ 범위로 낮추는 것을 특징으로 하는 유연 투명 전극.

#### 청구항 4

제 3항에 있어서,

상기 금속 나노와이어 네트워크는 물리적 방식에 의하여 상기 폴리머 인터레이어 내부로 침투된 것을 특징으로 하는 유연 투명 전극.

#### 청구항 5

가소제와 폴리머를 혼합하여 폴리머 인터레이어를 제조하는 단계;

플라스틱 기판 위에 상기 폴리머 인터레이어를 필름 형태로 캐스팅하는 단계;

금속 나노와이어를 정전 스프레이 방식으로 코팅하여 금속 나노와이어 네트워크를 형성하는 단계; 및

상기 금속 나노와이어 네트워크를 상기 폴리머 인터레이어 내부로 물리적 방식으로 침투시키는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 유연 투명 전극 제조방법.

#### 청구항 6

제 5항에 있어서,

상기 침투시키는 단계 시, 상기 금속 나노와이어 네트워크는 변형이나 반응이 없는 것을 특징으로 하는 유연 투명 전극의 제조 방법.

#### 청구항 7

제 5항에 있어서,

상기 금속 나노와이어가 은 나노와이어인 것을 특징으로 하는 유연 투명 전극.

#### 청구항 8

제 5항에 있어서,

상기 폴리머와 가소제는 메탄올, 에탄올, 톨루엔, IPA, 사이클로벤젠, 사염화탄소, 벤젠 중 적어도 하나 이상의 유기용매에 용해되어 폴리머 인터레이어를 형성하는 것을 특징으로 하는 유연 투명 전극의 제조 방법.

#### 청구항 9

제 5항에 있어서,

상기 폴리머 인터레이어는 닥터블레이드, 메이어로드, 스펀코팅 중 하나의 방식을 통하여 13~17 $\mu\text{m}$  두께의 필름으로 균일하게 캐스팅되는 것을 특징으로 하는 유연 투명 전극의 제조 방법.

**청구항 10**

제 5항에 있어서,

상기 가소제는 상기 폴리머 인터레이어에 첨가되어 상기 폴리머의 유리 전이온도( $T_g$ )를 80~100 $^{\circ}\text{C}$  범위의 온도로 낮추어 상기 폴리머 인터레이어를 연화시키는 것을 특징으로 하는 유연 투명 전극의 제조 방법.

**청구항 11**

제 10항에 있어서,

상기 물리적 방식은 50~100 $^{\circ}\text{C}$ 에서 상기 은 나노와이어 네트워크를 핫프레싱하는 방식으로 진행되는 것을 특징으로 하는 유연 투명 전극의 제조 방법.

**청구항 12**

제 5항 내지 제 11항 중 어느 한 항에 따른 상기 유연 투명 전극을 포함하는 전자 소자.

**발명의 설명**

**기술 분야**

[0001] 본 발명은 다수의 금속 나노와이어들의 네트워크를 이용한 유연 투명 전극에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는, 폴리머 인터레이어에 가소제가 첨가되어 저온 공정을 통해 제조되는 유연 투명 전극 및 그 제작 방법에 관한 것이다.

**배경 기술**

[0002] 최근 IT산업의 눈부신 발전으로 인해 플렉서블 디스플레이, OLED, 터치스크린, 웨어러블 기기와 같은 flat한 형태의 1세대 전자 기기를 넘어서 flexible한 형태의 2세대 전자 기기의 수요가 급격히 증가하고 있다. 이러한 기술적 흐름은 자연스레 flexible 전자 기기의 핵심 부품인 유연 투명 전극 기술에 대한 관심의 증가로 이어지고 있다.

[0003] 현재 투명 전극에 가장 널리 사용되고 있는 전도성 물질은 ITO(Indium Tin Oxide)로서 80% 이상의 투과도를 가지며 10 ~ 100  $\Omega/\text{Sq}$ 의 저항을 가진다. 그러나, 인듐 소재의 희소성으로 인해 유동적으로 변하는 높은 가격과 구부러졌을 때 생기는 크랙으로 인한 전도성의 급감은 플렉서블 기기에 있어서 ITO의 사용을 제한시킨다. 또한, 높은 품질의 ITO 필름 제조에는 고온(~200 $^{\circ}\text{C}$ )의 스퍼터링 또는 화학기상증착 공정이 포함되어야 한다. 이러한 고온열처리가 포함되는 공정은 주로 유리전이온도( $T_g$ )가 낮은 플라스틱을 기판으로 하는 플렉서블 필름의 손상과 변형을 야기할 수 있고, 이것은 플렉서블 기판 제작에 있어 ITO 사용의 제약이 된다.

[0004] 따라서 ITO의 대체 물질로서 카본나노튜브(CNT), 그래핀과 PEDOT:PSS와 같은 전도성 고분자 등의 전도성 물질에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다. 그 중에서 높은 투과도와 전기전도성을 가지는 은 나노와이어가 ITO의 대체물질로 각광을 받고 있다. 기판 위에 뿌려진 은 나노와이어는 10 ~ 100nm의 직경과 15 ~ 20  $\mu\text{m}$ 의 높은 종횡비를 가지고 있기에 소량을 통해서도 전자가 이동할 수 있는 네트워크를 만들 수 있다.

[0005] 그러나 이러한 장점을 가지는 은 나노와이어를 이용한 투명 전극도 해결해야 하는 여러 문제점들이 존재한다. 먼저, 내구성의 측면에서 은 나노와이어의 외기에 의한 산화와 기판과의 낮은 결합력으로 인한 은 나노와이어의 탈리는 영구적으로 기판의 전기전도성을 떨어뜨릴 수 있는 요인이 된다. 둘째로, 은이 가지는 높은 전기전도성에도 불구하고 전자의 이동 경로인 네트워크를 형성함에 있어서 은 나노와이어 사이에 형성되는 교차점에서 높은 접촉 저항이 발생하고, 이것은 기판 전체의 전기전도성의 하락을 야기한다. 따라서 소량의 은 나노와이어를 사용하여 접촉 저항을 최소화하여야만 전기전도성을 높일 뿐 아니라 광투과도 또한 높일 수 있다.

[0006] 이러한 문제들을 해결하기 위해 다양한 연구들이 진행되어왔다. 은 나노와이어 위에 추가적으로 전도성 물질의 첨가를 통해 문제점을 해결하려는 시도를 비롯하여 고온(~200 $^{\circ}\text{C}$ )의 어닐링으로 은 나노와이어를 용융시키거나

고압(25MPa)으로 네트워크를 일체화하는 등의 방법도 있었다. 그러나 각각의 방법들은 위에서 기술된 문제점들 중 일부만을 해결할 수 있었으며, 동시에 모든 문제점들을 한번에 해결하는 실용적인 방법은 아직까지 크게 다뤄진 바가 없다.

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

- [0007] 구체적으로 본 발명의 목적은,
- [0008] 첫째, 가소제가 함유된 폴리머를 투명 기판 위에 균일하게 캐스팅하고
- [0009] 둘째, 금속 나노와이어를 정전 스프레이(electrostatic spray) 방식을 이용하여 캐스팅된 폴리머 위에 코팅하고
- [0010] 셋째, 금속 나노와이어가 코팅되어있는 기판에 가소화된 폴리머의 낮아진 유리전이온도( $T_g$ ) 근처의 온도에서 핫 프레싱을 통해 금속 나노와이어 네트워크의 접촉 저항을 감소시키며, 동시에 폴리머 인터레이어에 금속 나노와이어를 침투시킴으로써 외부에 대한 안정성(산화 안정성, 기판과의 결합력 등)을 향상시키고
- [0011] 넷째, 상기의 과정을 거쳐 금속 나노와이어를 이용한 높은 투과도와 전기전도도를 가지는 우수한 성능의 유연 투명 전극 및 그 제조방법에 대한 것이다.

**과제의 해결 수단**

- [0012] 상술한 문제를 해결하기 위해, 본 발명은 가소제를 포함하는 폴리머 인터레이어에 서로 접합되어 형성된 금속 나노와이어 네트워크가 침투되어 있는 것을 특징으로 하는 유연 투명 전극을 제공한다.
- [0013] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 상기 금속은 은이며, 상기 가소제를 통해 상기 폴리머 인터레이어를 가소화하여 유리 전이온도( $T_g$ )를 80~100℃ 범위로 낮출 수 있고, 상기 금속 나노와이어 네트워크를 물리적 방식에 의하여 상기 폴리머 인터레이어 내부로 침투시킬 수 있다.
- [0014] 또한, 본 발명은 가소제와 폴리머를 혼합하여 폴리머 인터레이어를 제조하는 단계, 플라스틱 기판 위에 상기 폴리머 인터레이어를 필름 형태로 캐스팅하는 단계, 금속 나노와이어를 정전 스프레이 방식으로 코팅하여 금속 나노와이어 네트워크를 형성하는 단계 및 상기 금속 나노와이어 네트워크를 상기 폴리머 인터레이어 내부로 물리적 방식으로 침투시키는 단계를 포함하는 유연 투명 전극 제조방법을 제공한다.
- [0015] 상기 침투시키는 단계 시, 상기 금속 나노와이어 네트워크는 변형이나 반응이 없으며, 상기 금속 나노와이어가 은 나노와이어일 수 있다.
- [0016] 상기 폴리머와 가소제는 메탄올, 에탄올, 톨루엔, IPA, 사이클로벤젠, 사염화탄소, 벤젠 중 적어도 하나 이상의 유기용매에 용해되어 폴리머 인터레이어를 형성할 수 있다.
- [0017] 상기 폴리머 인터레이어는 닥터블레이드, 메이어로드, 스펀코팅 중 하나의 방식을 통하여 13~17 $\mu$ m 두께의 필름으로 균일하게 캐스팅될 수 있다.
- [0018] 상기 가소제는 상기 폴리머 인터레이어에 첨가되어 상기 폴리머의 유리 전이온도( $T_g$ )를 80~100℃ 범위의 온도로 낮추어 상기 폴리머 인터레이어를 연화시킬 수 있다.
- [0019] 상기 물리적 방식은 50~100℃에서 상기 은 나노와이어 네트워크를 핫프레싱하는 방식으로 진행될 수 있다.
- [0020] 또한, 본 발명은 상기 제조방법에 따른 상기 유연 투명 전극을 포함하는 전자 소자를 제공한다.

**발명의 효과**

- [0021] 본 발명은 금속 나노와이어 네트워크를 이용한 유연 투명 전극 제작에 관한 것으로 보다 구체적으로는, 가소제가 포함되어있는 폴리머 인터레이어의 도입으로 이전의 발명들에 비해 낮은 온도 범위에서 물리적 방식을 통해 기판의 손상을 야기하지 않고 은 나노와이어 간의 교차점에서 접합하여 은 나노와이어 네트워크를 형성하고, 상기 은 나노와이어 네트워크를 상기 폴리머 인터레이어에 침투시킬 수 있다.
- [0022] 이때 상기 은 나노와이어에 가해진 압력에 의해 상기 은 나노와이어 사이의 접촉이 monolithic한 접합형태를 형성시켜 상기 은 나노와이어 네트워크 사이 접촉 저항이 감소되며, 동시에 접합된 상기 은 나노와이어가 투명한

상기 폴리머 인터레이어 내로 침투 및 고정되어 상기 은 나노와이어의 기관에 대한 높은 결합력, 낮은 표면 거칠기(Rrms < 20nm), 외기로부터의 노출 감소에 의한 표면산화 억제에 의한 효과를 갖는다.

[0023] 또한, 본 발명은 80~99%의 투과도 및 1 ~ 200Ω/Sq의 범위의 면저항을 가지며, 정전 스프레이 방식을 활용하여 공정 단가가 저렴하며 대면적에 적합하여 실제 상용화 관점에서도 매우 유리하다.

**도면의 간단한 설명**

- [0024] 도 1은 본 발명에 따른 금속 나노와이어 네트워크를 포함하는 유연 투명 전극의 제조방법을 도시한 단계도이다.
- 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 유연 투명 전극 제작의 전체적인 공정 모식도이다.
- 도 3은 폴리머 인터레이어에 가소제를 함유시키기 전과 후의 유리전이온도(T<sub>g</sub>)를 보여주는 시차주사열량계(DSC) 그래프이다.
- 도 4는 본 발명의 가소제가 함유된 폴리머 인터레이어 단면의 주사전자현미경(SEM) 사진이다.
- 도 5는 핫프레싱 전과 후의 은 나노와이어의 주사전자현미경(SEM)사진이다.
- 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 유연 투명 전극의 광투과도 분석 그래프이다.
- 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 유연 투명 전극의 시간에 따른 전기전도도의 변화 값을 보여주는 그래프이다.
- 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 유연 투명 전극의 구부러짐의 횡수와 구부러짐 반경에 따른 전기전도도의 변화 값을 보여주는 그래프이다.
- 도 9는 본 발명의 일 실시예에 따른 유연 투명 전극의 테이핑 테스트 후에 기관에 남아있는 은 나노와이어의 주사현미경(SEM) 사진이다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

- [0025] 본 발명은 다수의 금속 나노와이어들의 네트워크를 이용한 유연 투명 전극에 관한 것이며, 상기 금속 나노와이어로 은 나노와이어를 사용할 수 있으며, 은 나노와이어들이 서로 접합되어 은 나노와이어 네트워크를 형성할 수 있다.
- [0026] 일반적으로, 고온에서의 핫프레싱 공정은 열에 민감한 플라스틱 기관의 손상을 유발시켜 광투과도와 내구성에 있어서의 성능 손실을 야기하지만, 본 발명은 저온에서의 물리적 방식을 통해 플라스틱 기관의 손상을 방지하고 안정된 플라스틱 기관을 바탕으로 높은 광투과도를 가지는 유연 투명 전극을 제작할 수 있다.
- [0027] 본 발명은 상기 가소제를 통해 상기 폴리머 인터레이어를 가소화하여 유리 전이온도(T<sub>g</sub>)를 80~100℃로 낮추어 연화시킬 수 있다.
- [0028] 그 결과 50~100℃의 비교적 저온에서도 핫프레싱과 같은 물리적 방식에 의해 폴리머 인터레이어 내부로, 상기 폴리머 인터레이어상에 형성된 금속 나노와이어 네트워크를 변형 없이 그대로 침투시킬 수 있다.
- [0029] 또한, 본 발명에 따른 금속 나노와이어 네트워크를 포함하는 유연 투명 전극의 제조방법은 가소제와 폴리머를 유기용매에서 혼합한 후 진행되는 폴리머 인터레이어의 제조 단계, 플라스틱 기관 위에 상기 폴리머 인터레이어를 필름 형태로 캐스팅하는 단계, 금속 나노와이어를 정전 스프레이 방식으로 코팅하여 금속 나노와이어 네트워크를 형성하는 단계 및 상기 금속 나노와이어 네트워크를 상기 폴리머 인터레이어로 변형이나 반응 없이 그대로 침투시키는 단계를 포함한다.
- [0030] 본 발명은 상기 금속 나노와이어로 은 나노와이어를 사용할 수 있으며, 은 나노와이어들이 서로 접합되어 은 나노와이어 네트워크를 형성할 수 있다.
- [0031] 상기 폴리머와 가소제는 메탄올, 에탄올, 톨루엔, IPA, 사이클로벤젠, 사염화탄소, 벤젠 중 적어도 하나 이상의 유기용매에 용해되어 폴리머 인터레이어를 형성할 수 있으며, 상기 가소제는 상기 폴리머 인터레이어를 가소화하여 연화시킬 수 있다. 특히 본 발명에 따른 유기용매는 상기 폴리머와 가소제를 모두 용해시키는 것으로, 가소제를 폴리머에 균일하게 혼합시키는 물질이 바람직하다.
- [0032] 본 발명의 일 실시예에서 상기 폴리머 인터레이어는 닥터블레이드, 메이어로드, 스핀코팅 중 하나의 방식에 의

해 필름으로 균일하게 캐스팅될 수 있다.

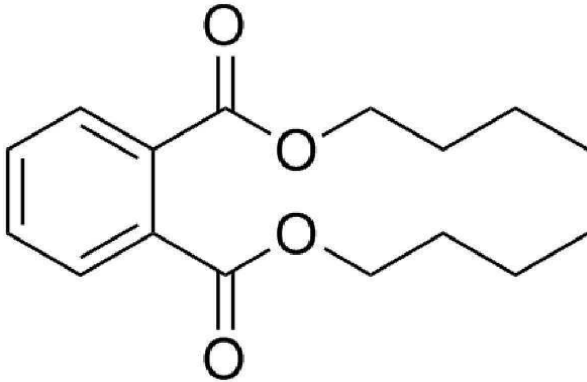
[0033] 본 발명의 일 실시예에서 상기 금속은 은으로, 은 나노와이어는 PVP, AgCl, EG 등을 이용한 폴리올 환원 공정을 통하여 얻을 수 있으며, 상기 은 나노와이어는 정전 스프레이 방식으로 분산되어 기판 위에 코팅될 수 있다.

[0034] 상기 가소제는 상기 폴리머 인터레이어에 첨가되어 유리 전이온도( $T_g$ )를 80~100℃로 낮추어 상기 폴리머 인터레이어와 상기 기판을 연화 시키고, 50~100℃에서 물리적 방식에 의해 상기 은 나노와이어 네트워크가 형성되고 상기 폴리머 인터레이어로 변형이나 반응 없이 그대로 침투될 수 있다.

[0035] 이하, 본 발명의 바람직한 실시예를 첨부한 도면을 참조하여 당해 분야의 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수 있도록 설명하기로 한다. 또한, 본 발명을 설명함에 있어 관련된 공지 기능 또는 공지의 구성에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명을 생략하기로 한다. 그리고 도면에 제시된 어떤 특징들은 설명의 용이함을 위해 확대 또는 축소 또는 단순화된 것이고, 도면 및 그 구성요소들이 반드시 적절한 비율로 도시되어 있지는 않다. 그러나 당업자라면 이러한 상세 사항들을 쉽게 이해할 것이다.

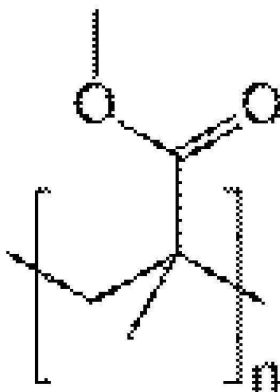
[0036] 본 발명에 따른 일 실시예는 은 나노와이어를 이용하여 높은 투과도와 전기전도도를 가지는 고성능 유연 투명 전극을 저온에서 제작할 수 있도록, 하기 화학식 1(Dibutyl phthalate(DBP)와 같은 가소제)이 포함된 화학식 2(PMMA와 같은 폴리머)의 인터레이어를 제공한다.

[0037] [화학식 1] - Dibutyl phthalate(DBP)



[0038]

[0039] [화학식 2] - Poly(methyl methacrylate)(PMMA)



[0040]

[0041] 상기 화학식 1로 표시되는 화합물은 가소제로서 폴리머의 유리전이온도( $T_g$ )를 낮추어 상기 폴리머 인터레이어 및 기판에 유연성을 부여한다.

[0042] 상기 화합물들은 메탄올, 에탄올, 톨루엔, IPA, 사이클로벤젠, 사염화탄소, 벤젠 등의 유기용매에 용해되어 닥터블레이드, 메이어드, 스펀코팅 등의 방식으로 캐스팅되어 건조 과정을 거친 뒤 13~17 $\mu$ m 두께의 균일한 필름을 형성한다,

[0043] 상기 은 나노와이어는 메탄올, 에탄올, IPA, 물에 1~100 mg/ml의 농도로 분산되어 보관되고 정전 스프레이 방식

으로 코팅되며, 이때 정전 스프레이는 10~30kV의 인가전압과 1~10ml/hr의 용액 분사 속도, 직경 2mm 이하의 노즐 사이즈를 이용하여 분사되며 기관위에 코팅된다.

[0044] 상기 가소제를 통해 유연성을 갖는 상기 폴리머 인터레이어 및 기관을 50 ~ 100℃의 저온에서 500 ~ 1000psi의 압력 범위로 물리적 방식 중 하나인 핫프레싱을 통해 압력을 가하면 상기 은 나노와이어 간의 교차점에서 접합이 이루어지며 네트워크가 형성되고 상기 네트워크는 변형이나 반응 없이 그대로 상기 폴리머 인터레이어에 침투된다.

[0045] 이때 상기 은 나노와이어에 가해진 압력에 의해 상기 은 나노와이어 사이의 접촉이 monolithic한 접합형태를 형성시켜 상기 은 나노와이어 네트워크 사이 접촉 저항이 감소되며, 동시에 접합된 상기 은 나노와이어가 투명한 상기 폴리머 인터레이어 내로 침투 및 고정되어 상기 은 나노와이어의 기관에 대한 높은 결합력, 낮은 표면 거칠기, 외기로부터의 노출 감소에 의한 표면산화 억제에 효과를 지닌다.

[0046] **(실례) 실시예에 따른 유연 투명 전극의 성능 Test**

[0047] 상기 실시예의 공정(도 2)에 따라 (6inch × 6inch)의 유연 투명 전극을 제작하고, TSP에 적용시켜 구동하였다.

[0048] 상기 유연 투명전극은 도 3에서 알 수 있듯 약 35℃ 낮아진 유리전이온도( $T_g$ )를 가지는 균일한 폴리머 인터레이어(도 4)를 포함하고 있으며, 도 5로부터 핫프레싱을 통해 은 나노와이어 네트워크를 형성하며, 상기 은 나노와이어 네트워크는 상기 폴리머 인터레이어에 침투되어있음을 확인할 수 있다.

[0049] 또한, 도 6으로부터 동일 전도도의 상용 ITO 대비 약 5% 높은 투과도를 보임을 확인할 수 있다.

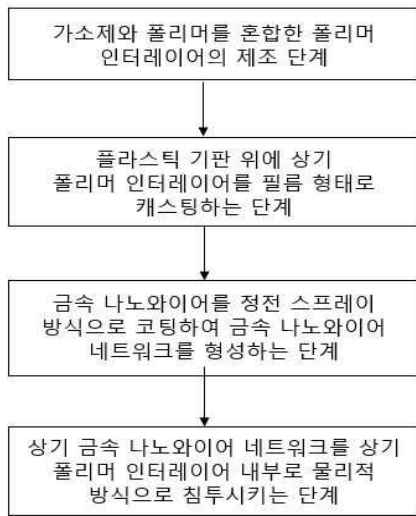
[0050] 도 7로부터 시간에 따른 전기전도도의 변화를 확인함으로써 상기 은 나노와이어의 침강 및 고정을 통해 산화 내구성이 우수함을 확인할 수 있다.

[0051] 도 9는 상기 유연 투명 전극의 테이핑 테스트 후에 기관에 남아있는 은 나노와이어의 주사전자현미경(SEM) 사진으로 은 나노와이어가 기관에 침투되어 있어 높은 기관 결합력을 가지는 것을 알 수 있으며, 상기 높은 기관 결합력으로 Bending test 100회 이후 초기 전도도 대비 92%의 전도도를 가지는 것을 확인(도 8)함으로써 높은 유연성과 안정성을 지닌 것을 알 수 있다.

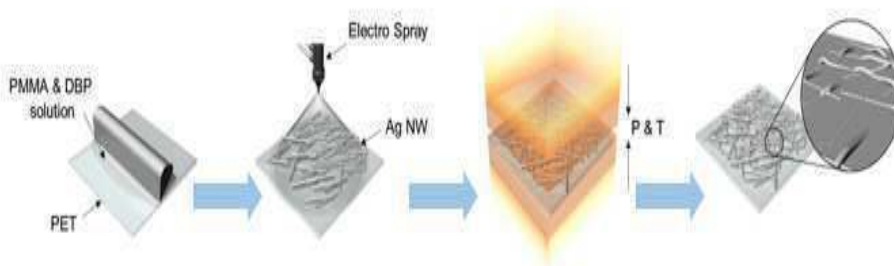
[0052] 이상의 설명은 본 발명의 기술 사상을 예시적으로 설명한 것에 불과한 것으로서, 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 본 발명의 본질적인 특성에서 벗어나지 않는 범위에서 다양한 수정 및 변형이 가능할 것이다. 따라서, 본 발명에 개시된 실시예는 본 발명의 기술 사상을 한정하기 위한 것이 아니라 설명하기 위한 것이고, 이러한 실시예에 의하여 본 발명의 기술 사상의 범위가 한정되는 것은 아니다. 본 발명의 보호 범위는 아래의 청구범위에 의하여 해석되어야 하며, 그와 동등한 범위 내에 있는 모든 기술 사상은 본 발명의 권리범위에 포함되는 것으로 해석되어야 할 것이다.

도면

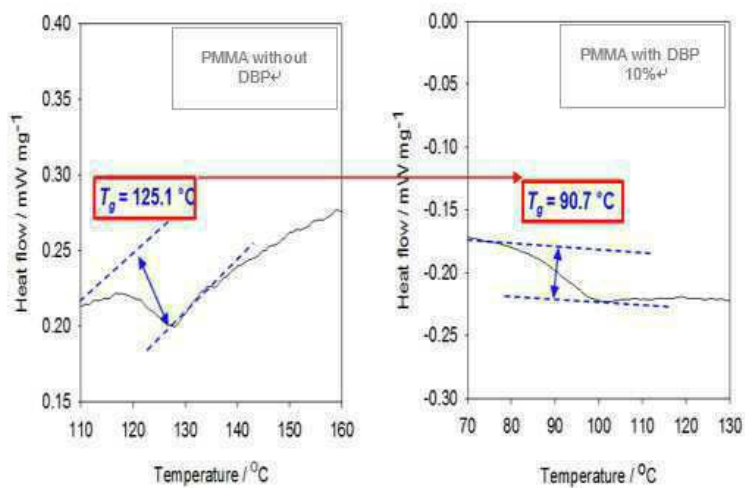
도면1



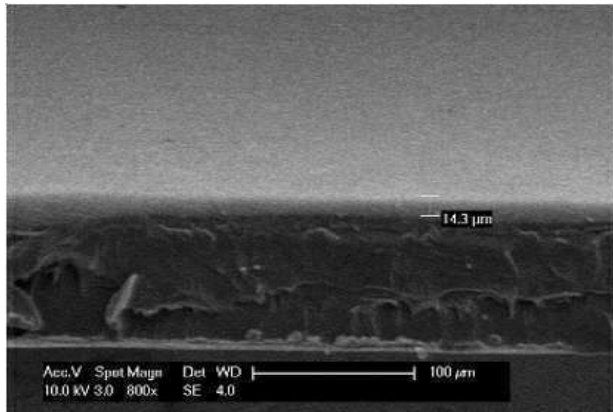
도면2



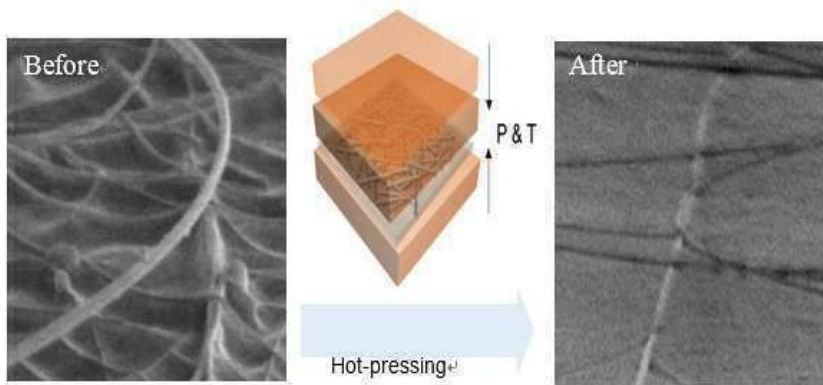
도면3



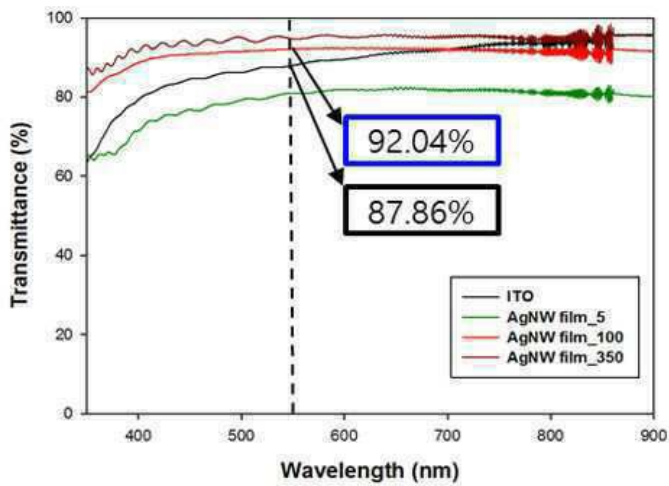
도면4



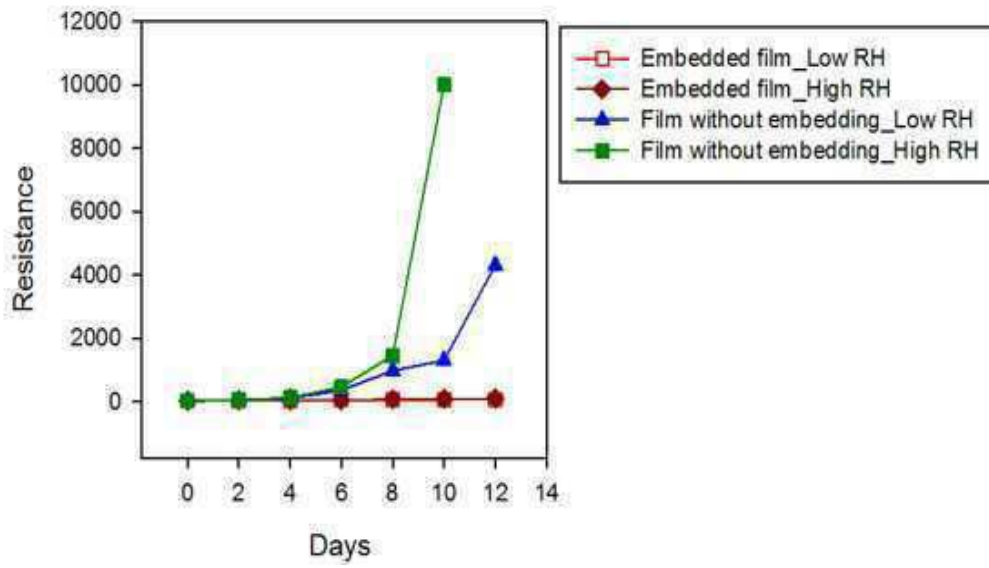
도면5



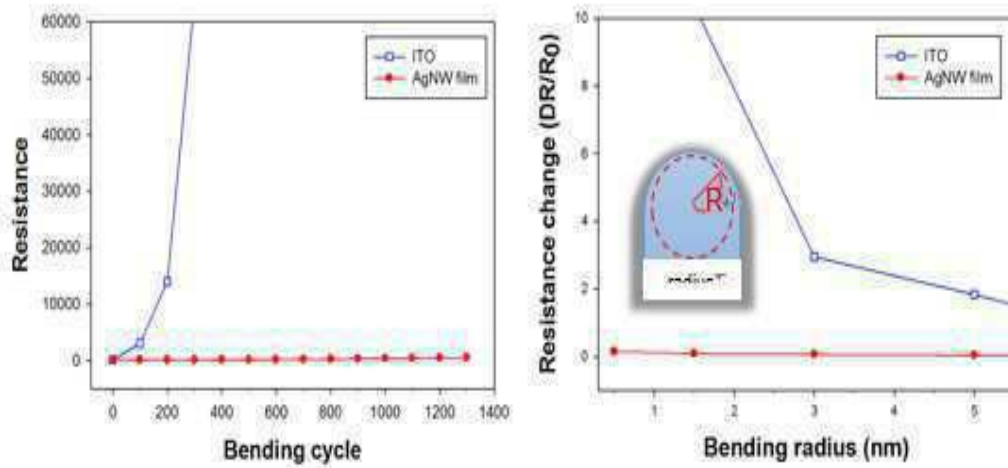
도면6



도면7



도면8



도면9

