



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2023년02월23일

(11) 등록번호 10-2502182

(24) 등록일자 2023년02월16일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

H01B 13/00 (2006.01) H01B 13/30 (2006.01)

H01B 7/06 (2006.01)

(52) CPC특허분류

H01B 13/0026 (2013.01)

H01B 1/02 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2017-0086680

(22) 출원일자 2017년07월07일

심사청구일자 2020년07월01일

(65) 공개번호 10-2019-0006147

(43) 공개일자 2019년01월17일

(56) 선행기술조사문헌

JP2013229476 A\*

KR1020150092405 A\*

KR1020170069786 A\*

\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자

삼성디스플레이 주식회사

경기도 용인시 기흥구 삼성로 1 (농서동)

연세대학교 산학협력단

서울특별시 서대문구 연세로 50 (신촌동, 연세대학교)

(72) 발명자

최진환

서울특별시 강남구 언주로29길 34, 503동 901호  
(도곡동, 우성5차아파트)

김태웅

경기도 성남시 분당구 판교역로 98 (백현동, 백현마을7단지아파트) 705동 1002호

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

특허법인 고려

전체 청구항 수 : 총 13 항

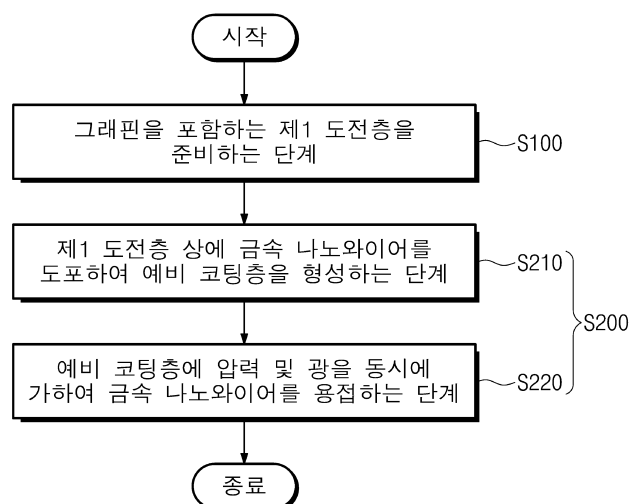
심사관 : 이별섭

(54) 발명의 명칭 투명 전극의 제조 방법

## (57) 요약

투명 전극의 제조 방법은 그래핀을 포함하는 제1 도전층을 준비하는 단계, 및 제1 도전층 상에 금속 나노와이어를 포함하는 제2 도전층을 배치하는 단계를 포함하고, 제2 도전층을 배치하는 단계는 제1 도전층 상에 금속 나노와이어를 도포하여 예비 코팅층을 형성하는 단계, 및 예비 코팅층에 압력 및 광(light)을 동시에 가하여 금속 나노와이어를 용접하는 단계를 포함한다.

## 대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

**H01B 13/0023** (2013.01)

**H01B 13/0033** (2013.01)

**H01B 13/30** (2020.05)

**H01B 7/06** (2020.05)

(72) 발명자

**안중현**

서울시 강남구 압구정로29길 57 206동 1301호

**최민우**

서울특별시 서대문구 신천로7안길 59-8, A동 306호  
(창천동, 미르빌라트)

**신희창**

경기도 고양시 덕양구 행신로 325번길 3-8, 30동  
302호

**이재복**

서울특별시 강남구 개포로 411, 801동 805호 (개포  
동, 우정8차아파트)

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

베이스 기관 상에 그래핀을 포함하는 제1 도전층을 배치하는 단계; 및  
 상기 제1 도전층 상에 금속 나노와이어를 포함하는 제2 도전층을 배치하는 단계를 포함하고,  
 상기 제1 도전층을 배치하는 단계는  
 제1 롤러에 감겨 있는 상기 제1 도전층이 풀려 나오는 제1 단계; 및  
 제3 롤러에 감겨 있는 베이스 기관이 풀려 나오는 제2 단계를 포함하고,  
 상기 제1 단계 및 상기 제2 단계는 동시에 수행되며,  
 상기 제2 도전층을 배치하는 단계는  
 상기 제1 도전층 상에 금속 나노와이어를 도포하여 예비 코팅층을 형성하는 단계; 및  
 상기 금속 나노와이어를 용접하는 단계를 포함하고,  
 상기 금속 나노와이어를 용접하는 단계는 광원이 내부에 배치된 제1 투명 롤러를 이용하여 상기 예비 코팅층에 압력 및 광(light)을 동시에 가하는 단계를 포함하며,  
 상기 광원은 자외선 램프(UV-lamp) 또는 할로겐 램프(Halogen lamp)로 제공되는 것인 투명 전극의 제조 방법.

#### 청구항 2

삭제

#### 청구항 3

제1항에 있어서,  
 상기 금속 나노와이어를 용접하는 단계는  
 상기 제1 투명 롤러를 커버하는 차광막을 배치한 후 수행되는 것인 투명 전극의 제조 방법.

#### 청구항 4

제1항에 있어서,  
 상기 금속 나노와이어를 용접하는 단계는  
 상기 금속 나노와이어 상호 간의 접합 부분이 용착되는 단계인 것인 투명 전극의 제조 방법.

#### 청구항 5

삭제

#### 청구항 6

제1항에 있어서,  
 상기 제2 도전층을 배치하는 단계 이후에  
 상기 제2 도전층이 배치된 상기 제1 도전층이 제2 롤러에 감겨지는 단계를 더 포함하는 것인 투명 전극의 제조 방법.

#### 청구항 7

삭제

#### 청구항 8

제1항에 있어서,

상기 제1 도전층은 다층 구조를 갖는 것인 투명 전극의 제조 방법.

#### 청구항 9

제1항에 있어서,

상기 제2 도전층 상에 그래핀을 포함하는 제3 도전층을 배치하는 단계를 더 포함하는 것인 투명 전극의 제조 방법.

#### 청구항 10

제9항에 있어서,

상기 제3 도전층을 배치하는 단계는

제4 롤러에 감겨 있는 상기 제3 도전층이 풀려 나오는 단계를 포함하는 것인 투명 전극의 제조 방법.

#### 청구항 11

제9항에 있어서,

상기 제3 도전층은 다층 구조를 갖는 것인 투명 전극의 제조 방법.

#### 청구항 12

제1항에 있어서,

상기 예비 코팅층을 용액조(chemical bath)에 침지시켜 상기 금속 나노와이어를 화학적 용접(chemical welding)하는 단계를 더 포함하는 것인 투명 전극의 제조 방법.

#### 청구항 13

제12항에 있어서,

상기 용액조는 NaCl, NaBr, NaI, KCl, FeCl<sub>2</sub>, AlCl<sub>3</sub>, MgCl<sub>2</sub>, CaCl<sub>2</sub>, NH<sub>4</sub>F, 또는 이들의 조합을 포함하는 것인 투명 전극의 제조 방법.

#### 청구항 14

제12항에 있어서,

상기 용액조는 극성 용매를 포함하는 것인 투명 전극의 제조 방법.

#### 청구항 15

제12항에 있어서,

상기 금속 나노와이어를 화학적 용접하는 단계 이후에

상기 예비 코팅층을 수조에 침지시켜 세척하는 단계를 더 포함하는 것인 투명 전극의 제조 방법.

#### 청구항 16

제1항에 있어서,

상기 금속 나노와이어는 은 나노와이어인 것인 투명 전극의 제조 방법.

### 발명의 설명

## 기술 분야

[0001] 본 발명은 투명 전극의 제조 방법에 관한 것으로, 보다 구체적으로, 신축성 전극으로 활용 가능한 투명 전극의 제조 방법에 관한 것이다.

## 배경 기술

[0002] 최근, 유연하면서 변형이 용이한 신축성 전자소자 기술에 대한 요구가 이어져 오고 있으며, 신축성 전자소자 기술은 웨어러블(wearable) 소자, 로봇용 센서 피부 등의 기술분야에서 향후 많은 응용이 가능할 것으로 기대된다.

[0003] 신축성 전자소자 기술은 단순한 휨(bendable) 또는 유연(flexible) 특성이 우수한 것을 뛰어 넘어 높은 광투과도를 보이며 인장 또는 수축된 형태에서도 전기적 및 기계적 물성이 유용한 전극이 필수적이다.

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

[0004] 본 발명은 신축성 전극으로 활용 가능한 투명 전극의 제조 방법을 제공하는 것을 일 목적으로 한다.

### 과제의 해결 수단

[0005] 본 발명의 일 실시예는 그래핀을 포함하는 제1 도전층을 준비하는 단계 및 제1 도전층 상에 금속 나노와이어를 포함하는 제2 도전층을 배치하는 단계를 포함하고, 제2 도전층을 배치하는 단계는 제1 도전층 상에 금속 나노와이어를 도포하여 예비 코팅층을 형성하는 단계 및 예비 코팅층에 압력 및 광(light)을 동시에 가하여 금속 나노와이어를 용접하는 단계를 포함하는 것인 투명 전극의 제조 방법을 제공한다.

[0006] 금속 나노와이어를 용접하는 단계는 광원이 내부에 배치되어 있는 제1 투명 롤러를 이용하여 수행되는 것일 수 있다. 금속 나노와이어를 용접하는 단계는 제1 투명 롤러를 커버하는 차광막을 배치한 후 수행되는 것일 수 있다.

[0007] 금속 나노와이어를 용접하는 단계는 금속 나노와이어 상호 간의 접합 부분이 용착되는 단계인 것일 수 있다.

[0008] 제1 도전층을 준비하는 단계는 제1 롤러에 감겨 있는 제1 도전층이 풀려 나오는 단계를 포함하는 것일 수 있다.

[0009] 투명 전극의 제조 방법은 제2 도전층을 배치하는 단계 이후에 제2 도전층이 배치된 상기 제1 도전층이 제2 롤러에 감겨지는 단계를 더 포함하는 것일 수 있다.

[0010] 제1 도전층을 준비하는 단계는 베이스 기판 상에 제1 도전층을 배치하는 단계를 포함하고, 제1 도전층을 배치하는 단계는 제1 롤러에 감겨 있는 제1 도전층이 풀려 나오는 제1 단계 및 제3 롤러에 감겨 있는 베이스 기판이 풀려 나오는 제2 단계를 포함하며, 제1 단계 및 제2 단계는 동시에 수행되는 것일 수 있다.

[0011] 제1 도전층은 다층 구조를 갖는 것일 수 있다.

[0012] 투명 전극의 제조 방법은 제2 도전층 상에 그래핀을 포함하는 제3 도전층을 배치하는 단계를 더 포함하는 것일 수 있다.

[0013] 제3 도전층을 배치하는 단계는 제4 롤러에 감겨 있는 제3 도전층이 풀려 나오는 단계를 포함하는 것일 수 있다.

[0014] 제3 도전층은 다층 구조를 갖는 것일 수 있다.

[0015] 투명 전극의 제조 방법은 예비 코팅층을 용액조(chemical bath)에 침지시켜 금속 나노와이어를 화학적 용접(chemical welding)하는 단계를 더 포함하는 것일 수 있다. 용액조는 NaCl, NaBr, NaI, KCl, FeCl<sub>2</sub>, AlCl<sub>3</sub>, MgCl<sub>2</sub>, CaCl<sub>2</sub>, NH<sub>4</sub>F, 또는 이들의 조합을 포함하는 것일 수 있다. 용액조는 극성 용매를 포함하는 것일 수 있다. 금속 나노와이어를 화학적 용접하는 단계 이후에 예비 코팅층을 수조에 침지시켜 세척하는 단계를 더 포함하는 것일 수 있다.

[0016] 금속 나노와이어는 은 나노와이어인 것일 수 있다.

## 발명의 효과

[0017] 본 발명의 일 실시예에 따른 투명 전극의 제조 방법에 의하면, 인장 또는 수축된 형태에서도 전기적 및 기계적 물성이 우수한 투명 전극을 제조할 수 있다.

### 도면의 간단한 설명

[0018] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 투명 전극 제조 방법의 개략적인 순서도이다.  
 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 투명 전극 제조 방법의 개략적인 모식도이다.  
 도 3a는 예비 코팅층 내의 금속 나노와이어 사시도이다.  
 도 3b는 제2 도전층 내의 금속 나노와이어 사시도이다.  
 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 투명 전극 제조 방법의 개략적인 모식도이다.  
 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 투명 전극 제조 방법의 개략적인 모식도이다.  
 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 투명 전극 제조 방법의 개략적인 모식도이다.  
 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 투명 전극 제조 방법으로 제조된 투명 전극의 단면도이다.  
 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 투명 전극 제조 방법의 개략적인 모식도이다.  
 도 9는 본 발명의 일 실시예에 따른 투명 전극 제조 방법으로 제조된 투명 전극의 단면도이다.  
 도 10은 본 발명의 일 실시예에 따른 투명 전극 제조 방법의 개략적인 모식도이다.  
 도 11은 실시예 및 비교예에 따른 투명 전극의 스트레인(strain) 변화에 따른 상대적 면저항 비 변화를 측정한 그래프이다.  
 도 12는 실시예 및 비교예에 따른 투명 전극의 스트레인(strain) 변화에 따른 정규화된 전도도(normalized conductivity) 변화를 측정한 그래프이다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0019] 이상의 본 발명의 목적들, 다른 목적들, 특징들 및 이점들은 첨부된 도면과 관련된 이하의 바람직한 실시예들을 통해서 쉽게 이해될 것이다. 그러나 본 발명은 여기서 설명되는 실시예들에 한정되지 않고 다른 형태로 구체화될 수도 있다. 오히려, 여기서 소개되는 실시예들은 개시된 내용이 철저하고 완전해질 수 있도록 그리고 통상의 기술자에게 본 발명의 사상이 충분히 전달될 수 있도록 하기 위해 제공되는 것이다.

[0020] 각 도면을 설명하면서 유사한 참조부호를 유사한 구성요소에 대해 사용하였다. 첨부된 도면에 있어서, 구조물들의 치수는 본 발명의 명확성을 위하여 실제보다 확대하여 도시한 것이다. 제1, 제2 등의 용어는 다양한 구성요소들을 설명하는데 사용될 수 있지만, 상기 구성요소들은 상기 용어들에 의해 한정되어서는 안 된다. 상기 용어들은 하나의 구성요소를 다른 구성요소로부터 구별하는 목적으로만 사용된다. 예를 들어, 본 발명의 권리 범위를 벗어나지 않으면서 제1 구성요소는 제2 구성요소로 명명될 수 있고, 유사하게 제2 구성요소도 제1 구성요소로 명명될 수 있다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다.

[0021] 본 출원에서, "포함하다" 또는 "가지다" 등의 용어는 명세서 상에 기재된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다. 또한, 층, 막, 영역, 판 등의 부분이 다른 부분 "상에" 있다고 할 경우, 이는 다른 부분 "바로 위에" 있는 경우뿐만 아니라 그 중간에 또 다른 부분이 있는 경우도 포함한다. 반대로 층, 막, 영역, 판 등의 부분이 다른 부분 "하부에" 있다고 할 경우, 이는 다른 부분 "바로 아래에" 있는 경우뿐만 아니라 그 중간에 또 다른 부분이 있는 경우도 포함한다.

[0022] 이하, 본 발명의 일 실시예에 따른 투명 전극의 제조 방법에 대해 설명한다.

[0023] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 투명 전극 제조 방법의 개략적인 순서도이다.

[0024] 도 1을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 투명 전극의 제조 방법은 그래핀을 포함하는 제1 도전층을 준비하는 단계(S100) 및 제1 도전층 상에 금속 나노와이어를 포함하는 제2 도전층을 배치하는 단계(S200)를 포함한다.

- [0025] 제1 도전층을 준비하는 단계(S100)는 당 기술분야에 알려진 일반적인 방법으로 수행될 수 있으며, 예를 들어, 구리 포일(Cu foil) 상에 그래핀을 성장시킨 후, 폴리에틸렌테레프탈레이트(PET), 폴리메틸메타아크릴레이트(PMMA) 등의 베이스 기판 상에 상기 그래핀을 전사시킴으로써 제1 도전층을 준비하는 단계(S100)가 수행될 수 있다. 다만, 이에 의하여 한정되는 것은 아니며, 제1 도전층을 준비하는 단계(S100)는 시판하는 그래핀 층을 구입하는 단계일 수도 있다.
- [0026] 제1 도전층(CL1)은 그래핀으로 이루어진 그래핀 층일 수 있다.
- [0027] 금속 나노와이어(MN)는 금, 은, 동, 니켈, 백금, 팔라듐 또는 이들의 합금을 포함하는 것일 수 있다. 예를 들어, 금속 나노와이어(MN)는 은 나노와이어인 것일 수 있다.
- [0028] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 투명 전극 제조 방법의 개략적인 모식도이다.
- [0029] 도 1 및 도 2를 참조하면, 제2 도전층(CL2)을 배치하는 단계(S200)는 제1 도전층(CL1) 상에 금속 나노와이어(MN)를 도포하여 예비 코팅층(PC)을 형성하는 단계(S210) 및 예비 코팅층(PC)에 압력 및 광(light)을 동시에 가하여 금속 나노와이어(MN)를 용접하는 단계(S220)를 포함할 수 있다.
- [0030] 예비 코팅층(PC)을 형성하는 단계(S210)는 예를 들어, 금속 나노와이어 공급기(10)로부터 금속 나노와이어(MN)가 분산된 분산 용액을 제1 도전층(CL1) 상에 도포하여 코팅하는 방법으로 수행될 수 있다. 금속 나노와이어(MN)가 분산된 분산 용액은 필요에 따라 부식방지제, 점도조절제 등의 첨가제 등을 더 포함할 수 있다.
- [0031] 예비 코팅층(PC)을 형성하는 단계(S210)에 이어 금속 나노와이어(MN)를 용접하는 단계(S220)가 수행된다. 예비 코팅층(PC)에 광원을 이용하여 광을 조사함으로써 플라즈모닉 용접(plasmonic welding)이 진행될 수 있다. 광원을 예를 들어, UV-lamp, Halogen lamp 등을 이용할 수 있다.
- [0032] 도 3a는 예비 코팅층 내의 금속 나노와이어 사시도이다. 도 3b는 제2 도전층 내의 금속 나노와이어 사시도이다.
- [0033] 도 3a를 참조하면, 금속 나노와이어(MN)는 복수 개의 나노와이어들을 포함하고, 예를 들어, 예비 코팅층(PC) 내에서 제1 금속 나노와이어(MN1)와 제2 금속 나노와이어(MN2)가 서로 만나 단순히 접촉 부분(JC1)을 형성하고 있다. 금속 나노와이어(MN) 간의 단순한 표면접촉은 인장, 수축, 벤딩 등의 스트레인에 의해 손쉽게 분리되거나 크랙이 발생할 수 있으며, 결과적으로 투명 전극의 전기적, 기계적 안정성이 충분하지 않다.
- [0034] 이에, 본 발명의 일 실시예에 따른 투명 전극의 제조방법은 금속 나노와이어(MN)를 용접하는 단계를 포함하며, 이로 인해 나노와이어(MN) 네트워크가 형성된다.
- [0035] 구체적으로, 도 3b를 참조하면, 예비 코팅층(PC)에 광을 조사하여 플라즈모닉 용접이 진행됨에 따라 제1 금속 나노와이어(MN1)와 제2 금속 나노와이어(MN2)의 접촉 부분(JC1)이 용착(융합)되어 하나의 접합 부분(JC2)을 형성하며, 이로 인해 금속 나노와이어(MN) 네트워크를 형성하게 된다. 이로 인해, 금속 나노와이어(MN) 상호 간의 접촉 면적도 증가하며, 보다 견고하게 연결되어 있게 되고, 결과적으로 투명 전극의 전기적, 기계적 안정성이 향상된다. 다시 말해, 금속 나노와이어(MN)를 용접하는 단계(S220)는 금속 나노와이어(예를 들어, MN1, MN2) 상호 간의 접합 부분(JC2)이 용착되는 단계이다.
- [0036] 다시, 도 1 및 도 2를 참조하면, 금속 나노와이어(MN)를 용접하는 단계(S220)에서 광(light)뿐만 아니라 압력도 동시에 가해지는 단계이다. 단순히 광만 조사하는 것이 아니라 압력까지 함께 가함으로써, 금속 나노와이어(MN) 네트워크 형성 효과를 보다 극대화할 수 있다. 다시 말해, 플라즈모닉 용접이 진행될 때 물리적으로 압력을 가해주면서 용접 효과를 극대화할 수 있다.
- [0037] 금속 나노와이어(MN)를 용접하는 단계(S220)는 광원(30)이 내부에 배치되어 있는 제1 투명 롤러(20)를 이용하여 수행될 수 있다. 제1 투명 롤러(20) 내에 광원(30)이 배치되어 있기 때문에 광원(30)으로부터 출사된 광이 롤러(20)를 통과하여 예비 코팅층(PC) 내의 금속 나노와이어(MN)에 도달할 수 있게 된다. 제1 투명 롤러(20)의 광 투과도는 예를 들어, 85% 이상, 또는 90% 이상인 것일 수 있으나 이에 한정되는 것은 아니다.
- [0038] 제1 투명 롤러(20)의 회전 방향은 예비 코팅층(PC)이 형성된 제1 도전층(CL1)의 주행 방향과 동일할 수 있으며, 이로 인해 가압 효과를 높일 수 있다.
- [0039] 도 4는 본 발명의 일 실시예에 따른 투명 전극 제조 방법의 개략적인 모식도이다.
- [0040] 도 1 및 도 4를 참조하면, 금속 나노와이어(MN)를 용접하는 단계(S220)를 더욱 효율적으로 수행하기 위해서는 제1 투명 롤러(20)를 커버하는 차광막(40)을 배치시킨 후 수행되는 것이 바람직하다. 차광막(40)은 제1 투명 롤



러(20)의 예비 코팅층(PC)과 인접하게 마주하는 방향을 제외하고 모든 방향에서 제1 투명 롤러(20)를 커버하는 것일 수 있다. 차광막(40)을 배치함에 따라, 광원(30)으로부터 출사된 광이 다른 방향으로 누설되는 양을 최소화할 수 있게 된다.

[0041] 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 투명 전극 제조 방법의 개략적인 모식도이다.

[0042] 도 5를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 투명 전극의 제조 방법은 물-투-물 공정으로 수행되는 것일 수 있다. 이로 인해, 본 발명의 일 실시예에 따른 투명 전극의 제조 방법은 전기적 및 기계적 물성이 우수한 투명 전극을 제조할 수 있을 뿐만 아니라 생산성도 우수하다.

[0043] 예를 들어, 제1 도전층(CL1)을 준비하는 단계(S100)는 제1 롤러(RL1)에 감겨 있는 제1 도전층(CL1)이 풀려 나오는 단계를 포함할 수 있다. 또한, 본 발명의 일 실시예에 따른 투명 전극의 제조 방법은 제2 도전층(CL2)을 배치하는 단계(S200)가 완료되면 제2 도전층(CL2)이 배치된 제1 도전층(CL1) 즉, 제1 도전층(CL1) 및 제2 도전층(CL2)의 적층체가 제2 롤러(RL2)에 감겨지는 단계를 더 포함할 수 있다. 제1 롤러(RL1) 및 제2 롤러(RL2)는 전술한 제1 투명 롤러(20)와 달리 투명할 것이 요구되지는 않는다. 다만, 필요에 따라 투명할 수도 있다.

[0044] 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 투명 전극 제조 방법의 개략적인 모식도이다.

[0045] 도 1 및 도 6을 참조하면, 그래핀을 포함하는 제1 도전층(CL1)을 준비하는 단계(S100)는 베이스 기판(BS) 상에 제1 도전층(CL1)을 배치하는 단계를 포함할 수 있다. 예를 들어, 베이스 기판(BS) 상에 제1 도전층(CL1)을 배치하는 단계는 제1 롤러(RL1)에 감겨 있는 제1 도전층(CL1)이 풀려 나오는 제1 단계와 제3 롤러(RL3)에 감겨 있는 베이스 기판(BS)이 풀려 나오는 제2 단계가 동시에 수행되면서 베이스 기판(BS)과 제1 도전층(CL1) 적층체가 형성되는 단계일 수 있다. 다만, 이에 의하여 한정되는 것은 아니다.

[0046] 베이스 기판(BS)은 제1 도전층(CL1)을 지지해 주는 역할을 할 수 있다. 베이스 기판(BS)은 당 기술분야에 알려진 일반적인 것이라면 제한없이 채용될 수 있으며, 예를 들어, 폴리에틸렌테레프탈레이트(PET), 폴리에틸렌나프탈레이트(PEN), 폴리에테르설폰(PES), 폴리이미드(PI), 폴리오레핀류 및 셀룰로오스류로 이루어진 군으로부터 선택되는 것일 수 있다.

[0047] 구체적으로 도시하지는 않았으나, 필요에 따라 베이스 기판(BS)은 제1 도전층(CL1) 및 제2 도전층(CL2) 적층체가 형성된 후에 박리될 수 있다. 이 경우, 별도의 롤러를 이용하여 베이스 기판(BS)을 박리하는 단계가 추가될 수 있다. 다만, 이에 한정되는 것은 아니며, 베이스 기판(BS)이 투명 전극의 하나의 구성요소가 될 수도 있다.

[0048] 도 7은 본 발명의 일 실시예에 따른 투명 전극 제조 방법으로 제조된 투명 전극의 단면도이다.

[0049] 도 7을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 투명 전극 제조 방법에 의해 제조된 투명 전극(TE)은 제1 도전층(CL1)이 다층 구조를 갖는 것일 수 있다. 예를 들어, 제1 도전층(CL1)은 순차적으로 적층된 제1 서브 그래핀 층(GL1-1), 제2 서브 그래핀 층(GL1-2), 제3 서브 그래핀 층(GL1-3) 및 제4 서브 그래핀 층(GL1-4)을 포함하는 것일 수 있다.

[0050] 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 투명 전극 제조 방법의 개략적인 모식도이다.

[0051] 도 8을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 투명 전극의 제조 방법은 제2 도전층(CL2) 상에 그래핀을 포함하는 제3 도전층(CL3)을 배치하는 단계를 더 포함할 수 있다. 이 경우, 제2 도전층(CL2)이 제1 도전층(CL1) 및 제3 도전층(CL3) 사이에 배치된 적층 구조의 투명 전극이 제조될 수 있다.

[0052] 제3 도전층(CL3)은 그래핀으로 이루어진 그래핀 층일 수 있다.

[0053] 제3 도전층(CL3)을 배치하는 단계도 물-투-물 공정으로 진행될 수 있다. 예를 들어, 제3 도전층(CL3)을 배치하는 단계는 제4 롤러(RL4)에 감겨있는 제3 도전층(CL3)이 풀려 나오는 단계를 포함하는 것일 수 있다. 다만, 이에 의하여 한정되는 것은 아니다.

[0054] 도 9는 본 발명의 일 실시예에 따른 투명 전극 제조 방법으로 제조된 투명 전극의 단면도이다.

[0055] 도 9를 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 투명 전극 제조 방법에 의해 제조된 투명 전극(TE)은 제3 도전층(CL3)이 다층 구조를 갖는 것일 수 있다. 예를 들어, 제3 도전층(CL3)은 순차적으로 적층된 제5 서브 그래핀 층(GL2-1), 제6 서브 그래핀 층(GL2-2), 제7 서브 그래핀 층(GL2-3), 및 제8 서브 그래핀 층(GL2-4)을 포함하는 것일 수 있다. 구체적으로 도시하지는 않았으나, 본 발명의 일 실시예에 따른 투명 전극 제조 방법에 의해 제조된 투명 전극(TE)은 제1 도전층(CL1) 및 제3 도전층(CL3) 각각이 다층 구조를 갖는 것일 수도 있다.



- [0056] 도 10은 본 발명의 일 실시예에 따른 투명 전극 제조 방법의 개략적인 모식도이다.
- [0057] 도 10을 참조하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 투명 전극의 제조 방법은 화학적 용접(chemical welding) 단계를 더 포함하는 것일 수 있다. 예를 들어, 제1 전도층(CL1) 상에 예비 코팅층(PC)이 형성된 적층체를 용액조(50)에 침지시켜 금속 나노와이어(MN)를 화학적 용접하는 단계가 수행될 수 있다. 화학적 용접이 진행되기 위해서, 용액조(50)는 금속 할로젠화물 등을 포함하는 것일 수 있다. 예를 들어, 용액조(50)는 NaCl, NaBr, NaI, KCl, FeCl<sub>2</sub>, AlCl<sub>3</sub>, MgCl<sub>2</sub>, CaCl<sub>2</sub>, NH<sub>4</sub>F, 또는 이들의 조합을 포함하는 것일 수 있다.
- [0058] 용액조(50)는 극성 용매를 포함하는 것일 수 있다. 이에 한정되는 것은 아니나, 극성 용매는 예를 들어 에탄올, 메탄올, 이소프로필알콜, 1-부탄올, 디메틸설폭사이드, 또는 디메틸포름아미드를 포함하는 것일 수 있다.
- [0059] 용액조(50)에 침지시키는 단계에서 금속 나노와이어(MN) 상호 간의 접합 부분이 용착되는 단계가 진행될 수 있다. 화학적 용접(chemical welding) 단계는 전술한 압력 및 광을 동시에 가하여 용접하는 단계 이후에 수행될 수도 있고, 이전에 수행될 수도 있다. 화학적 용접 단계가 추가됨으로써 금속 나노와이어(MN) 네트워크 형성이 보다 효율적으로 진행될 수 있다.
- [0060] 이어서, 금속 나노와이어(MN)를 화학적 용접하는 단계 이후에 수조(60)에 침지시켜 세척하는 단계가 수행될 수 있다. 수조(60)는 증류수 또는 초순수를 포함하는 것일 수 있다. 제1 전도층(CL1) 상에 예비 코팅층(PC)이 형성된 적층체를 용액조(50)에 침지시킨 후 수조(60)에 시키는 공정은 복수 개의 롤러(70)를 이용하여 연속적으로 수행될 수 있다.
- [0061] 구체적으로 도시하지는 않았으나, 본 발명의 일 실시예에 따른 투명 전극의 제조 방법은 필요에 따라 추가의 단계를 더 포함할 수 있다. 예를 들어, 예비 코팅층이 형성된 후에 건조하는 단계가 수행될 수 있으며, 건조하는 단계는 용접하는 단계 이전에 수행될 수도 있고 이후에 수행될 수도 있다.
- [0062] 본 발명의 일 실시예에 따른 투명 전극의 제조 방법은 광학적 용접인 플라즈마 용접 단계에서 압력도 동시에 가함으로써 금속 나노와이어 네트워크 형성이 보다 효율적으로 진행될 수 있으며, 결과적으로 제조된 투명 전극의 전기적 및 기계적 물성이 우수하다. 특히, 본 발명의 일 실시예에 따른 투명 전극의 제조 방법에 의해 제조된 투명 전극은 인장 또는 수축된 형태에서도 우수한 전기적 및 기계적 물성을 유지할 수 있어, 신축성 전극으로 용이하게 활용될 수 있다.
- [0063] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따른 투명 전극의 제조 방법은 물-투-물 공정으로 진행될 수 있어 생산성도 우수하다.
- [0064] 이하, 구체적인 실시예 및 비교예를 통해 본 발명을 보다 구체적으로 설명한다. 하기 실시예는 본 발명의 이해를 돕기 위한 예시에 불과하며, 본 발명의 범위가 이에 한정되는 것은 아니다.
- [0065] [실시예 1]
- [0066] 그래핀으로 이루어진 제1 도전층 상에 은 나노와이어를 포함하는 용액을 스프레이 코팅한 후, 광원이 배치된 투명 롤러를 이용하여 은 나노와이어의 용접을 진행하여 투명 전극을 제조하였다.
- [0067] [비교예 1]
- [0068] 그래핀으로 이루어진 제1 도전층만을 포함하는 단층 구조의 투명 전극을 제조하였다.
- [0069] [비교예 2]
- [0070] 그래핀으로 이루어진 제1 도전층 상에 은 나노와이어를 포함하는 용액을 스프레이 코팅한 후, 광을 조사하여 은 나노와이어의 용접을 진행하여 투명 전극을 제조하였다. 비교예 2는 투명 롤러를 이용한 가압은 진행되지 않았다.
- [0071] 도 11은 실시예 및 비교예에 따른 투명 전극의 스트레인(strain) 변화에 따른 상대적 면저항 비 변화를 측정한 그래프이다. 도 12는 실시예 및 비교예에 따른 투명 전극의 스트레인(strain) 변화에 따른 정규화된 전도도(normalized conductivity) 변화를 측정한 그래프이다.
- [0072] 도 11을 참조하면, 비교예 1의 경우, 20% 미만의 스트레인에서도 급격히 면저항이 증가함을 볼 수 있으며, 광학적 용접이 진행된 비교예 2의 경우, 은 나노와이어 네트워크가 일정 수준 형성되어 기계적 물성이 향상됨을 볼 수 있다. 광학적 용접 단계에서 압력까지 가해진 실시예 1의 경우, 은 나노와이어 용접이 보다 효율적으로 진행

되어 보다 견고한 은 나노와이어 네트워크가 형성되고, 이로 인해, 기계적 물성이 더욱 향상됨을 볼 수 있다.

[0073] 도 12를 참조하면, 비교예 1의 경우, 약 20%의 스트레인만 가해지더라도 전기적 물성이 급격히 하락함을 볼 수 있으며, 비교예 2의 경우, 일정 수준의 은 나노와이어 네트워크 형성으로 인해 전기적 물성이 일정 수준 향상됨을 볼 수 있다. 실시예 1의 경우, 보다 견고한 은 나노와이어 네트워크 형성으로 인해 비교예 2 보다 더욱 우수한 전기적 물성을 보이고 있다.

[0074] 상기의 결과를 통해, 본 발명의 일 실시예에 따른 투명 전극의 제조 방법으로 제조된 투명 전극은 기계적 및 전기적 물성이 우수함을 알 수 있으며, 특히 인장 또는 수축된 형태에서도 우수한 기계적 및 전기적 물성을 유지할 수 있음을 알 수 있다.

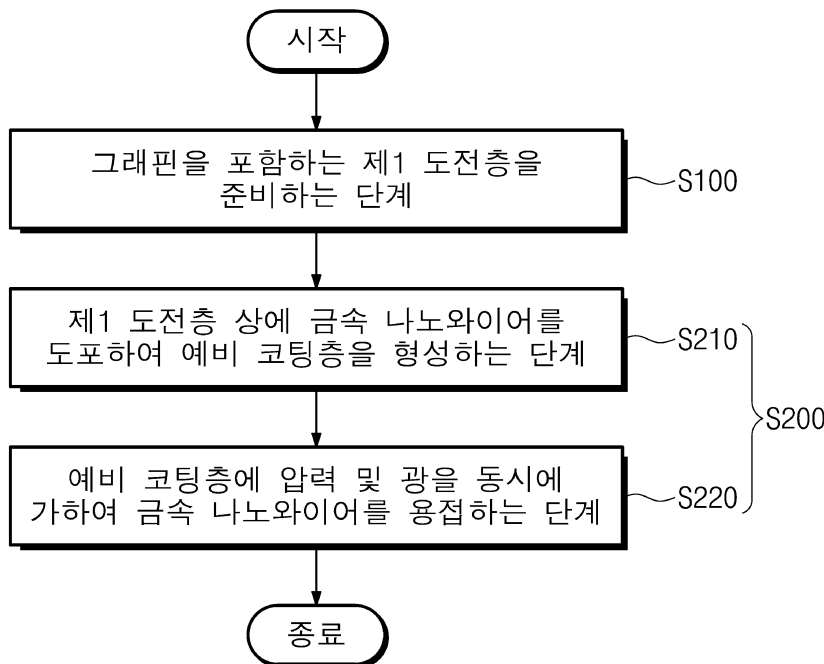
[0075] 이상, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 실시예를 설명하였지만, 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자는 본 발명이 그 기술적 사상이나 필수적인 특징으로 변경하지 않고서 다른 구체적인 형태로 실시될 수 있다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로 이상에서 기술한 실시예는 모든 면에서 예시적인 것이며 한정적이 아닌 것으로 이해해야만 한다.

### 부호의 설명

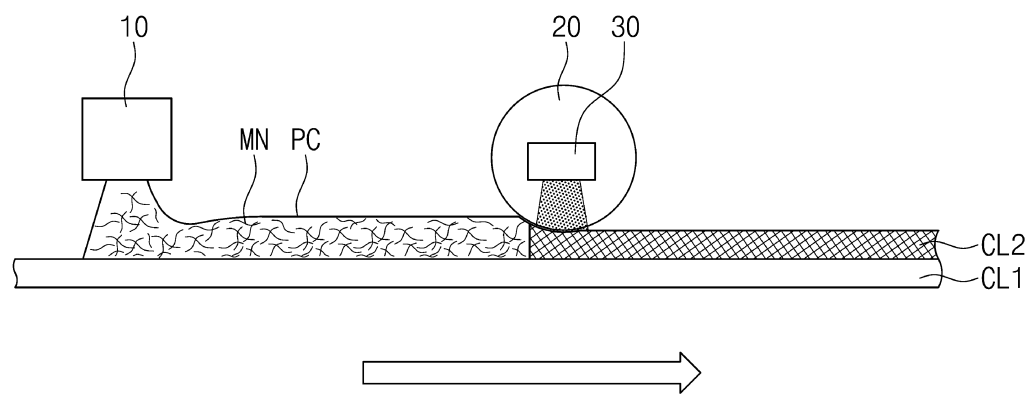
[0076] CL1: 제1 도전층                      CL2: 제2 도전층  
MN: 금속 나노와이어                  10: 금속 나노와이어 공급기  
20: 제1 투명 롤러                      30: 광원

### 도면

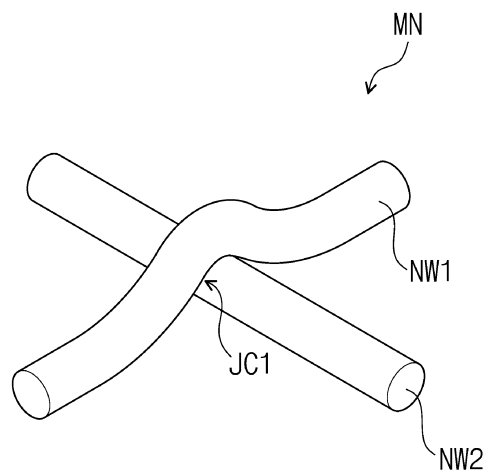
#### 도면1



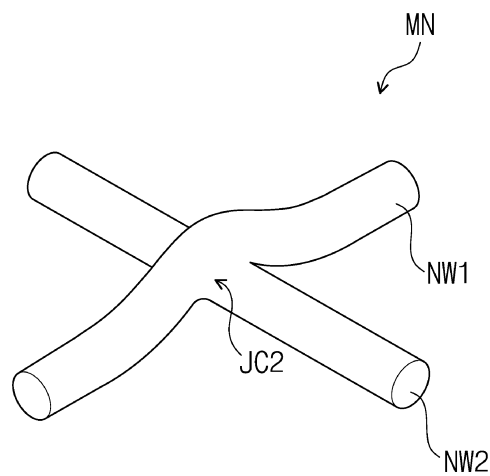
도면2



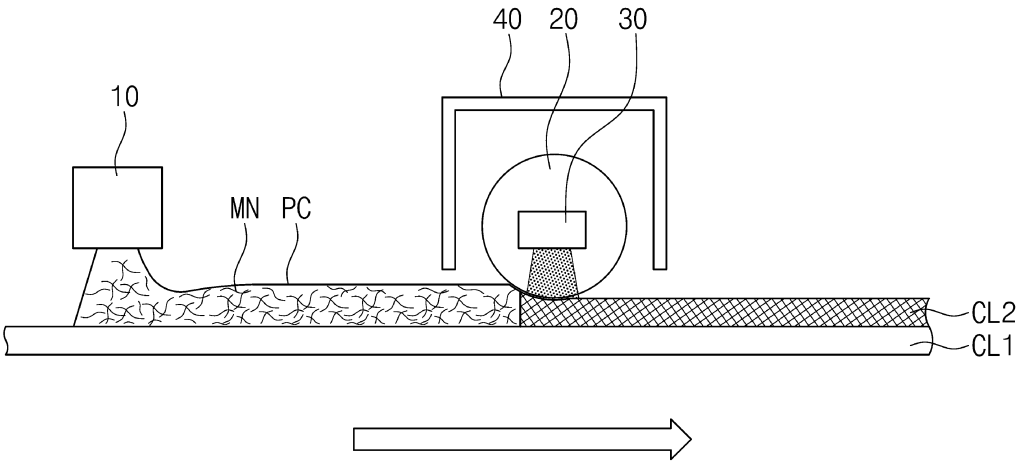
도면3a



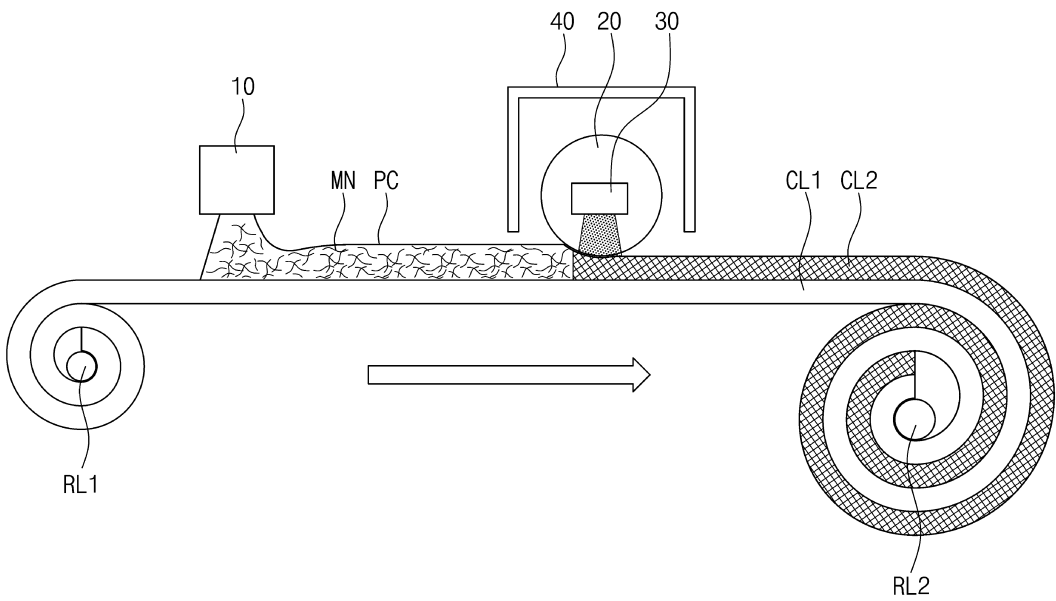
도면3b



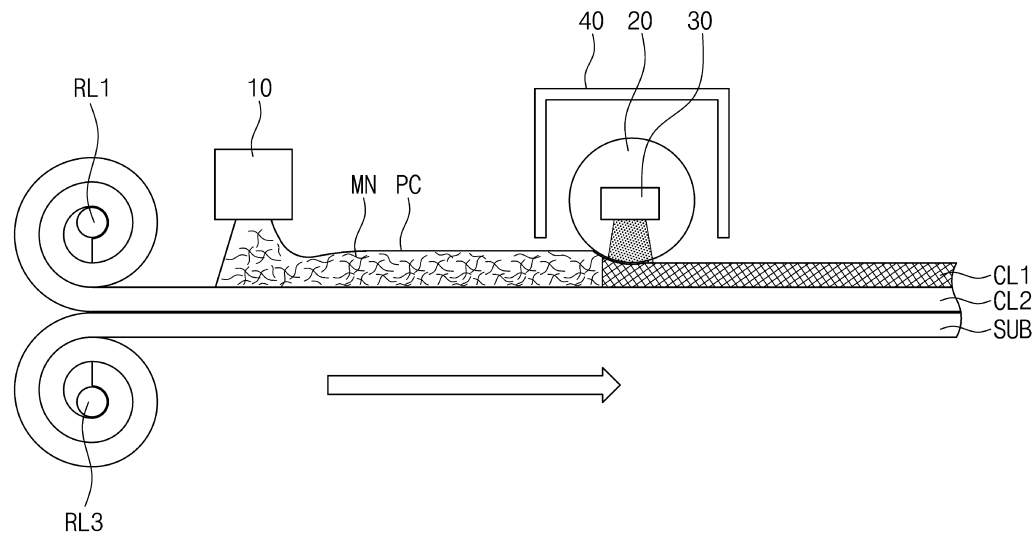
도면4



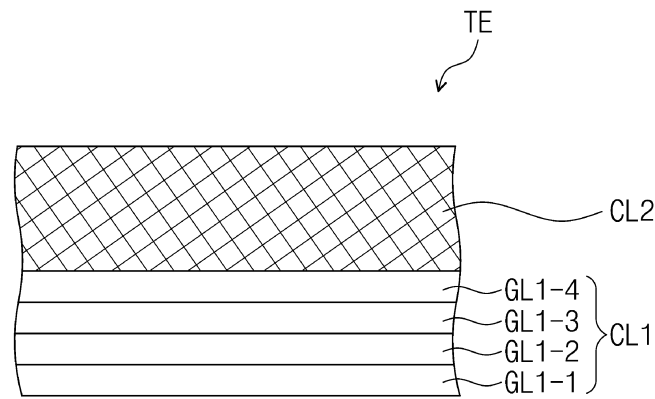
도면5



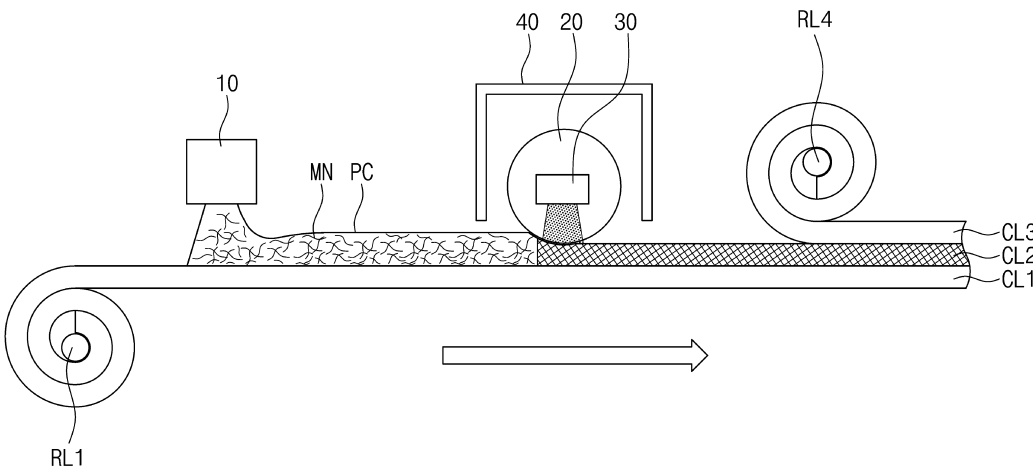
도면6



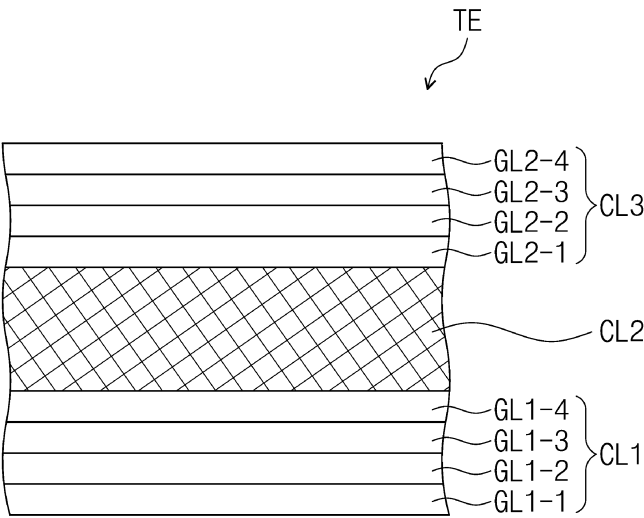
도면7



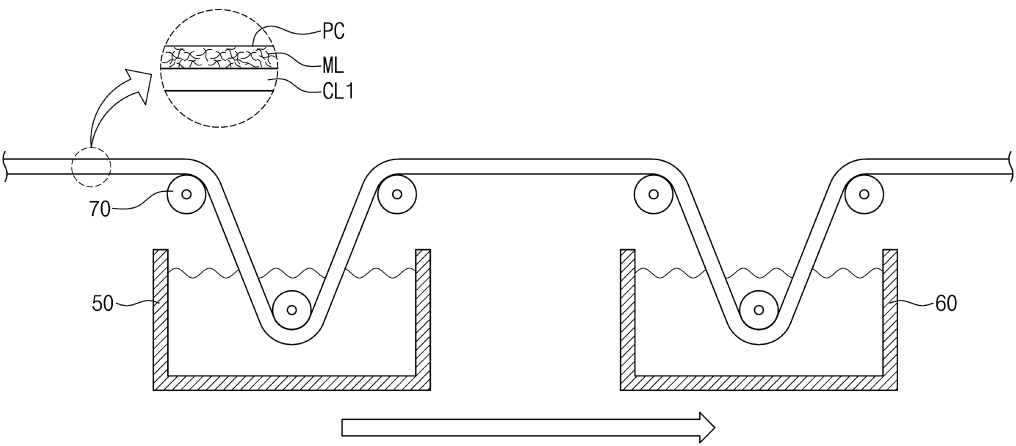
도면8



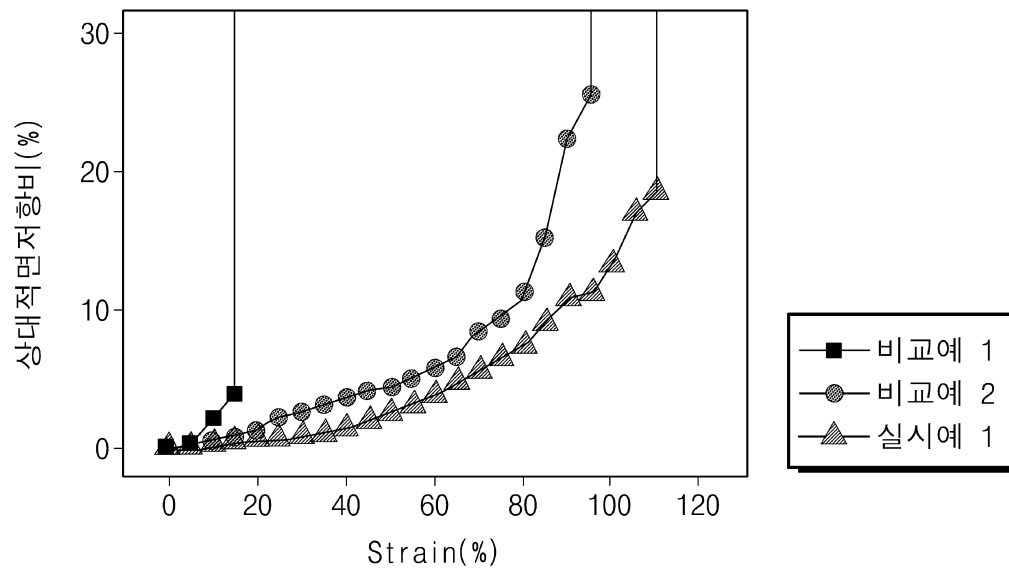
도면9



도면10



도면11



도면12

