



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2018-0072953  
(43) 공개일자 2018년07월02일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
G01L 1/14 (2006.01) H01L 41/047 (2006.01)  
H01L 41/113 (2006.01) H01L 41/193 (2006.01)  
H01L 41/22 (2006.01)

(52) CPC특허분류  
G01L 1/14 (2013.01)  
H01L 41/047 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2016-0176257  
(22) 출원일자 2016년12월22일  
심사청구일자 2016년12월22일

(71) 출원인  
전자부품연구원  
경기도 성남시 분당구 새나리로 25 (야탑동)

(72) 발명자  
김종웅  
서울특별시 강동구 올림픽로 664, 102동 1602호

곽민기  
경기도 성남시 분당구 판교로210번길 38-1

한철중  
경기도 용인시 수지구 성복2로 220, 308동 401호

(74) 대리인  
남충우

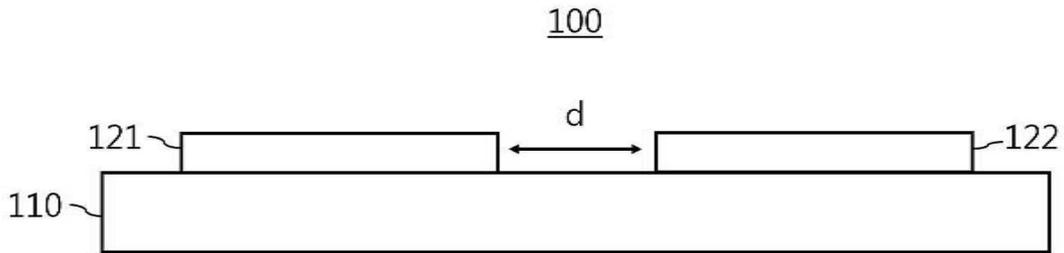
전체 청구항 수 : 총 12 항

(54) 발명의 명칭 정전용량형 압력센서 및 그의 제조방법

**(57) 요약**

복원력이 우수한 정전용량형 압력센서 및 그의 제조방법이 제안된다. 본 발명에 따른 정전용량형 압력센서는 신축성기판; 및 신축성기판 상에 형성된 제1압력센서전극 및 제1압력센서전극과 전기적 특성이 상이한 제2압력센서전극을 포함하는 정전용량형 압력센서전극층;을 포함한다.

**대표도** - 도1



(52) CPC특허분류

*H01L 41/1132* (2013.01)

*H01L 41/193* (2013.01)

*H01L 41/22* (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1711031927

부처명 미래창조과학부

연구관리전문기관 한국산업기술평가관리원

연구사업명 전자정보디바이스산업원천기술개발

연구과제명 중소형 플렉시블 디스플레이용 Mechanical UI Device 핵심 기술 개발

기 여 율 1/1

주관기관 한국디스플레이연구조합

연구기간 2014.12.01 ~ 2018.11.30

---

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

신축성기관; 및

상기 신축성기관 상에 형성된 제1압력센서전극 및 상기 제1압력센서전극과 전기적 특성이 상이한 제2압력센서전극을 포함하는 정전용량형 압력센서전극층;을 포함하는 정전용량형 압력센서.

#### 청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 신축성기관은,

폴리디메틸실록산(polydimethylsiloxane)를 포함하는 정전용량형 압력센서.

#### 청구항 3

청구항 1에 있어서,

상기 정전용량형 압력센서전극층은 전도성 나노와이어를 포함하는 정전용량형 압력센서.

#### 청구항 4

청구항 1에 있어서,

상기 신축성기관 및 상기 정전용량형 압력센서전극층 사이에 신축성접착층;을 더 포함하는 정전용량형 압력센서.

#### 청구항 5

청구항 4에 있어서,

상기 신축성접착층은 폴리우레탄 우레아(polyurethane urea)를 포함하는 정전용량형 압력센서.

#### 청구항 6

청구항 1에 있어서,

상기 제1압력센서전극 및 상기 제2압력센서전극의 거리 변화에 따른 정전용량 변화에 기초하여 압력을 측정하는 정전용량형 압력센서.

#### 청구항 7

청구항 1에 있어서,

25% 내지 35%의 길이변화 후에도 감도변화가 발생하지 않는 것을 특징으로 하는 정전용량형 압력센서.

**청구항 8**

제1제조기판 상에 신축성기판을 형성하는 신축성기판 형성단계;  
 상기 신축성기판 상에 신축성접착층을 형성하는 신축성접착층 형성단계;  
 제2제조기판 상에 전도성 나노와이어층을 형성하는 전도성 나노와이어층 형성단계;  
 상기 전도성 나노와이어층을 패터닝하여 제1압력센서전극 및 제2압력센서전극을 형성하는 정전용량형 압력센서 전극층 형성단계;  
 상기 신축성접착층 형성단계에서 획득한 제1적층체 및 상기 정전용량형 압력센서전극층 형성단계에서 획득한 제2적층체를 합지하는 단계; 및  
 상기 제1제조기판 및 상기 제2제조기판을 제거하는 단계;를 포함하는 정전용량형 압력센서 제조방법.

**청구항 9**

청구항 8에 있어서,  
 상기 전도성 나노와이어층 형성단계는,  
 용매에 상기 전도성 나노와이어를 분산시킨 용액을 제2제조기판 상에 도포하고, 상기 용매를 제거하여 수행되는 것인 정전용량형 압력센서 제조방법.

**청구항 10**

청구항 8에 있어서,  
 제조된 정전용량형 압력센서에 광조사하여 상기 전도성 나노와이어의 신축성접착층에의 접착력을 증가시키는 광조사단계;를 더 포함하는 정전용량형 압력센서 제조방법.

**청구항 11**

신축성기판 형성단계; 및  
 상기 신축성기판 상에 형성된 제1압력센서전극 및 상기 제1압력센서전극과 전기적 특성이 상이한 제2압력센서전극을 포함하는 정전용량형 압력센서전극층을 형성하는 단계;를 포함하는 정전용량형 압력센서 제조방법.

**청구항 12**

폴리디메틸실록산 기판;  
 폴리우레탄 우레아층; 및  
 상기 폴리우레탄 우레아층 상에 위치하는 은나노와이어 패턴층;을 포함하는 신축성있는 유연투명전극.

**발명의 설명**

**기술 분야**

[0001] 본 발명은 정전용량형 압력센서 및 그의 제조방법에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 복원력이 우수한 정전용량형 압력센서 및 그의 제조방법에 관한 것이다.

**배경 기술**

[0003] 최근 물리적인 접촉에 대하여 압력을 측정할 수 있는 웨어러블 장치에 대한 관심이 높다. 이러한 기술은 특히 로봇 시스템, 전자 피부, 보철 및 웨어러블 의료 장치 등에서 사용될 수 있다. 감도가 높은 센서는 로봇과 인공 장치 개체가 상호 작용하는 동안 로봇 또는 보철 장치를 제어하는 데 사용되는 손가락의 접촉이나 신체 운동에서 생체 신호를 얻는 방법을 학습할 수도 있다. 웨어러블 감압센서를 제조하기 위해서는 압력을 감지하는 매카니즘이 정의되고, 적절한 게이지 인자를 선택한 후 적합한 재료를 선택하여 센서를 설계한다. 이를 위해서 압전, 압전 저항, 마찰 및 피에조 정전용량 재료를 이용한다.

[0004] 이들 기술의 대부분은 작은 기계적 변형에 의해 형성된 특정 물질의 도전성 임피던스와 같은 전기적 파라미터의 변화를 이용한다. 게이지 인자는 기계적 응력에 대하여 측정된 속성의 상대적인 변화의 비율이 높은 게이지 인자로 정의된다(예를 들어, 감도). 피에조 정전용량 센서는 정전용량의 변화로 예를 들면, 인간의 손가락과 같은 도전성 물체와의 접촉을 정전용량의 변화로 변화시키는데, 이들은 구조가 간단하여 종래의 터치 센서에 널리 이용되고 있다.

[0005] 종래의 정전용량센서는 두개의 전극 사이에 유전체를 형성한 구조로 구현되는데, 이 경우, 두개의 전극 사이의 유전체의 두께 변화를 통해 압력을 감지할 수 있다. 그런데, 이 경우는 2개의 전극층을 형성해야 하므로 제조공정이 복잡하고, 센서의 두께가 두꺼워지는 문제가 있다.

**발명의 내용**

**해결하려는 과제**

[0006] 본 발명은 상기와 같은 문제점을 해결하기 위하여 안출된 것으로서, 본 발명의 목적은, 복원력이 우수한 정전용량형 압력센서 및 그의 제조방법을 제공함에 있다.

**과제의 해결 수단**

[0008] 상기 목적을 달성하기 위한 본 발명의 일 실시예에 따른 정전용량형 압력센서는 신축성기판; 및 신축성기판 상에 형성된 제1압력센서전극 및 제1압력센서전극과 전기적 특성이 상이한 제2압력센서전극을 포함하는 정전용량형 압력센서전극층;을 포함한다.

[0009] 신축성기판은 폴리디메틸실록산(polydimethylsiloxane)를 포함할 수 있다.

[0010] 정전용량형 압력센서전극층은 전도성 나노와이어를 포함할 수 있다.

[0011] 신축성기판 및 정전용량형 압력센서전극층 사이에 신축성접착층;을 더 포함할 수 있다.

[0012] 신축성접착층은 폴리우레탄 우레아(polyurethane urea)를 포함할 수 있다.

[0013] 본 발명에 따른 정전용량형 압력센서는 제1압력센서전극 및 제2압력센서전극의 거리 변화에 따른 정전용량 변화에 기초하여 압력을 측정할 수 있다.

[0014] 또한, 본 발명에 따른 정전용량형 압력센서는 25% 내지 35%의 길이변화 후에도 감도변화가 발생하지 않을 수 있다.

[0015] 본 발명의 다른 측면에 따르면, 제1제조기판 상에 신축성기판을 형성하는 신축성기판 형성단계; 신축성기판 상에 신축성접착층을 형성하는 신축성접착층 형성단계; 제2제조기판 상에 전도성 나노와이어층을 형성하는 전도성 나노와이어층 형성단계; 전도성 나노와이어층을 패터닝하여 제1압력센서전극 및 제2압력센서전극을 형성하는 정전용량형 압력센서전극층 형성단계; 신축성접착층 형성단계에서 획득한 제1적층체 및 정전용량형 압력센서전극층 형성단계에서 획득한 제2적층체를 합치하는 단계; 및 제1제조기판 및 제2제조기판을 제거하는 단계;를 포함하는 정전용량형 압력센서 제조방법이 제공된다.

[0016] 전도성 나노와이어층 형성단계는 용매에 전도성 나노와이어를 분산시킨 용액을 제2제조기판 상에 도포하고, 용매를 제거하여 수행될 수 있다.

[0017] 본 발명에 따른 정전용량형 압력센서 제조방법은 제조된 정전용량형 압력센서에 광조사하여 상기 전도성 나노와이어의 신축성접착층에의 접착력을 증가시키는 광조사단계를 더 포함할 수 있다.

[0018] 본 발명의 또다른 측면에 따르면, 신축성기판 형성단계; 및 신축성기판 상에 형성된 제1압력센서전극 및 제1압

력센서전극과 전기적 특성이 상이한 제2압력센서전극을 포함하는 정전용량형 압력센서전극층을 형성하는 단계; 를 포함하는 정전용량형 압력센서 제조방법이 제공된다.

[0019] 본 발명의 또다른 측면에 따르면, 폴리디메틸실록산 기관; 폴리우레탄 우레아층; 및 폴리우레탄 우레아층 상에 위치하는 은나노와이어 패턴층;을 포함하는 신축성있는 유연투명전극이 제공된다.

**발명의 효과**

[0021] 이상 설명한 바와 같이, 본 발명의 실시예에 따른 정전용량형 압력센서는 압력센싱전극이 동일한 층에 구현되어 있어서 두께가 얇아지게 되어 초박형 센서 구현이 가능한 효과가 있다.

[0022] 또한, 신장 후에도 센싱능력이 보존되어 신축성이 필요한 로봇시스템이나 웨어러블 의료장치 등에 용이하게 사용될 수 있다.

[0023] 아울러, 본 발명에 따른 정전용량형 압력센서 제조방법을 이용하면, 제조공정이 간단하고, 재료비용이 절감되며, 불량률이 낮아 신뢰성 높은 정전용량형 압력센서를 제조할 수 있는 효과가 있다.

**도면의 간단한 설명**

[0025] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 정전용량형 압력센서의 단면도이다.

도 2는 본 발명의 다른 실시예에 따른 정전용량형 압력센서의 단면도이다.

도 3은 본 발명의 다른 실시예에 따른 정전용량형 압력센서를 제1가압체가 가압하는 것을 도시한 도면이고, 도 4는 제2가압체가 가압하는 것을 도시한 도면이다.

도 5 내지 도 10은 본 발명의 다른 실시예에 따른 정전용량형 압력센서 제조방법의 설명에 제공되는 도면들이다.

도 11a 및 도 11b는 각각 본 발명의 실시예에 따라 제조된 정전용량형 압력센서의 센싱전극표면의 SEM이미지 및 AFM 이미지이고, 도 11c는 전극패턴이미지이다.

도 12는 본 발명의 실시예에 따라 제조된 정전용량형 압력센서 구성 중 각각 신축성기관, 신축성기관/신축성접착층, 및 신축성기관/신축성접착/정전용량형 압력센서전극층을 각각 유리기관 상에 형성한 후 측정된 투명도를 도시한 도면이다.

도 13은 본 발명의 실시예에 따라 제조된 정전용량형 압력센서의 표면에 각각 커버없음/PET/얇은 유리/두꺼운 유리로 커버를 구성한 후 정전용량변화를 측정한 결과를 도시한 도면이다.

도 14a는 본 발명의 실시예에 따라 제조된 정전용량형 압력센서의 압력에 따른 정전용량 변화를 도시한 도면이고, 도 14b는 압력인가 사이클을 5회 수행하여 획득한 정전용량 변화를 도시한 도면이다.

도 15a는 본 발명의 실시예에 따라 제조된 정전용량형 압력센서의 평면도이고, 도 15b는 정전용량형 압력센서의 x축 및 y축 방향에 스트레인을 가한 후 획득한 정전용량 변화를 도시한 도면이며, 도 15c는 정전용량형 압력센서의 y 방향으로 신장 사이클을 증가시킴에 따라 획득한 정전용량 변화를 도시한 도면이다.

도 16a 내지 도 16d는 인간 손가락끝에 부착된 정전용량형 압력센서에 풍선을 적용시켜 획득한 정전용량들이고, 도 16e는 9개의 10mm × 10mm 정전용량형 압력센서를 포함하는 압력센서에 서로 다른 중량을 갖는 질량체를 위치시킨 것을 도시한 도면이며, 도 16f는 도 16e의 질량체의 중량의 위치함수로 표시된 정전용량절대값을 도시한 도면이다.

**발명을 실시하기 위한 구체적인 내용**

[0026] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 실시형태를 설명한다. 그러나, 본 발명의 실시형태는 여러가지 다른 형태로 변형될 수 있으며, 본 발명의 범위가 이하 설명하는 실시형태로 한정되는 것은 아니다. 본 발명의 실시형태는 당업계에서 통상의 지식을 가진 자에게 본 발명을 보다 완전하게 설명하기 위해서 제공되는 것이다. 첨부된 도면에서 특정 패턴을 갖도록 도시되거나 소정두께를 갖는 구성요소가 있을 수 있으나, 이는 설명 또는 구

별의 편의를 위한 것이므로 특정패턴 및 소정두께를 갖는다고 하여도 본 발명이 도시된 구성요소에 대한 특징만으로 한정되는 것은 아니다.

- [0028] 도 1은 본 발명의 실시시에 따른 정전용량형 압력센서의 단면도이다. 본 실시시에 따른 정전용량형 압력센서(100)는 신축성기판(110); 및 신축성기판(110) 상에 형성된 제1압력센서전극(121) 및 이와 전기적 특성이 상이한 제2압력센서전극(122)을 포함하는 정전용량형 압력센서전극층;을 포함한다.
- [0029] 신축성기판(110)은 정전용량형 압력센서(100)의 기판으로서, 본 발명에 따른 정전용량형 압력센서(100)는 신축성이 뛰어나 웨어러블 기기 등에 사용되기 위한 센서이므로 기판의 신축성이 중요하다. 따라서, 정전용량형 압력센서(100)의 기판은 신축성이 뛰어난 고분자 수지 기판일 수 있다. 예를 들어, 신축성기판(110)은 실리콘, 우레탄, 아크릴계 폴리머를 포함할 수 있으며, 구체적인 예로 폴리디메틸실록산(polydimethylsiloxane, PDMS)를 들 수 있다.
- [0030] 정전용량형 압력센서전극층(121, 122)은 정전용량형 압력센서(100)의 신축성기판(110) 상에 형성되어 정전용량형 압력센서(100)에 적용되는 압력을 감지하는 센싱전극층이다. 신축성기판(110)과 같이 정전용량형 압력센서(100)가 신축성을 보유하기 위해서는 정전용량형 압력센서전극층(121, 122) 또한 정전용량형 압력센서(100)의 신축에도 센싱능을 보유하여야 한다. 따라서, 종래 센서의 전극으로 사용되는 금속층은 정전용량형 압력센서(100)의 신장 시 손상될 가능성이 있으므로 사용될 수 없다.
- [0031] 정전용량형 압력센서전극층(121, 122)은 전도성 나노와이어를 포함할 수 있다. 전도성 나노와이어를 전극층으로 사용하는 경우, 나노와이어의 네트워크에 따른 전도도에 따라 전기적 연결이 이루어지고 압력센싱이 가능하다. 전도성 나노와이어는 그 자체가 신축성이 있는 물질은 아니다. 그러나, 전도성 나노와이어가 정전용량형 압력센서전극층(121, 122)으로 구현되고, 정전용량형 압력센서(100)가 신장되면 전도성 나노와이어의 네트워크가 분리될 수도 있으나 정전용량형 압력센서(100)가 다시 수축되면 전도성 나노와이어의 네트워크가 다시 복귀되어 전극성능을 발현한다.
- [0032] 따라서, 본 발명에 따른 정전용량형 압력센서(100)는 신축성기판(110) 상에 전도성 나노와이어로 정전용량형 압력센서전극층(121, 122)을 구현하여 복원력이 우수한 특성을 나타낼 수 있다. 만약, 전도성 나노와이어를 수지 등과 함께 혼합하여 투명전극으로 형성한 경우에는 이러한 복원력을 나타낼 수 없다. 수지 등과 혼합하여 형성된 투명전극은 정전용량형 압력센서(100)의 신장에 따라 신장되면 손상이 되고, 손상된 투명전극은 전도성 나노와이어의 네트워크 복귀가 불가능하기 때문이다.
- [0033] 또한 전도성 나노와이어는 투명하기 때문에 신축성기판(110)이 투명물질로 구현되는 경우 정전용량형 압력센서(100)는 투명한 센서로 구현가능하다.
- [0034] 전도성 나노와이어는 금속 나노와이어를 사용할 수 있다. 본 발명에서 사용될 수 있는 금속나노와이어로는 은(Ag), 금(Au), 구리(Cu), 니켈(Ni), 백금(Pt), 팔라듐(Pd), 알루미늄(Al) 나노와이어, 및 이들의 조합으로 이루어진 코어셸 와이어(core-shell wire)를 예로 들 수 있으나 이에 한정되는 것은 아니다.
- [0035] 도 2는 본 발명의 다른 실시시에 따른 정전용량형 압력센서의 단면도이다. 본 실시시에 따른 정전용량형 압력센서(100)는 신축성기판(110) 및 정전용량형 압력센서전극층(121, 122) 사이에 신축성접착층(130);을 더 포함한다. 신축성접착층(130)은 신축성기판(110)과 정전용량형 압력센서전극층(121, 122) 사이의 접착력을 증가시키기 위한 구성으로서, 신축성접착층(130)은 고분자 접착제물질이 사용될 수 있다. 예를 들어, 신축성접착층(130)은 실리콘, 우레탄 및 아크릴계 신축성접착층을 포함할 수 있으며, 구체적인 예로 폴리우레탄 우레아(polyurethane urea)를 들 수 있다.
- [0036] 도 3은 본 발명의 다른 실시시에 따른 정전용량형 압력센서를 제1가압체가 가압하는 것을 도시한 도면이고, 도 4는 제2가압체가 가압하는 것을 도시한 도면이다. 도 1에서, 정전용량형 압력센서전극층(121, 122)은 제1압력센서전극(121) 및 제2압력센서전극(122)를 포함한다. 제1압력센서전극(121) 및 제2압력센서전극(122)의 거리를 전극간 거리인 전극거리(d)라 하기로 한다.
- [0037] 정전용량형 압력센서(100)는 전극거리(d)의 변화에 따른 정전용량의 변화를 이용하여 압력을 측정한다. 예를 들어, 도 3과 같이 제1가압체(141)가 정전용량형 압력센서(100)의 상부를 가압하면, 정전용량형 압력센서(100)는 수평방향으로 신장된다. 즉, 정전용량형 압력센서(100)의 신축성기판(110') 및 정전용량형 압력센서전극층(121', 122')은 수평방향으로 늘어나게 되는 것이다.

- [0038] 이에 따라, 제1압력센서전극(121') 및 제2압력센서전극(122')은 서로 간의 거리가 늘어나게 되고,  $d < d'$ 가 된다. 전극거리(d)가 늘어나게 되면 정전용량은 감소하게 되어 변화량에 따른 압력을 측정할 수 있다. 도 4의 경우, 제2가압체(142)가 정전용량형 압력센서(100)를 가압하게 되어 신축성기관(110") 및 정전용량형 압력센서전극층(121", 122")이 수평방향으로 신장된다. 이에 따라 전극거리(d)는  $d''$ 로 더 크게 된다. 즉, 제1가압체(141)의 중량보다 제2가압체(142)의 중량이 더 큰 경우, 정전용량형 압력센서(100)에 미치는 압력이 크게 되므로  $d' < d''$ 가 되므로 정전용량의 변화가 더 크게 되어 압력측정이 가능하다.
- [0039] 이렇게 제1압력센서전극(121) 및 제2압력센서전극(122) 간의 거리변화에 따라 압력을 측정할 수 있으므로, 정전용량형 압력센서(100)는 압력측정을 위해 신축성이 뛰어난 것이 바람직하다. 정전용량형 압력센서(100)의 "신축성이 뛰어나다"라는 의미는 정전용량형 압력센서(100)가 크게 신장된 후 복원되어도 감지성능이 열화되지 않는 것을 의미한다. 본 발명에 따른 정전용량형 압력센서(100)는 35%의 길이변화 후에도 감지성능이 열화되지 않는다. 상세하게는 본 발명에 따른 정전용량형 압력센서는 25% 내지 35%의 길이변화 후에도 감도변화가 발생하지 않을 수 있다.
- [0040] 도 5 내지 도 10은 본 발명의 다른 실시예에 따른 정전용량형 압력센서 제조방법의 설명에 제공되는 도면들이다. 본 발명의 다른 측면에 따르면, 제1제조기관(151) 상에 신축성기관(110)층을 형성하는 신축성기관(110)층 형성단계; 신축성기관(110)층 상에 신축성접착층(130)을 형성하는 신축성접착층(130) 형성단계; 제2제조기관(152) 상에 전도성 나노와이어층(123)을 형성하는 전도성 나노와이어층 형성단계; 전도성 나노와이어층(123)을 패터닝하여 제1압력센서전극(121) 및 제2압력센서전극(122)을 형성하는 정전용량형 압력센서전극층(121, 122) 형성단계; 신축성접착층(130) 형성단계에서 획득한 제1적층체(110, 130, 151) 및 정전용량형 압력센서전극층(121, 122) 형성단계에서 획득한 제2적층체(121, 122, 152)를 합치하는 단계; 및 제1제조기관(151) 및 제2제조기관(152)을 제거하는 단계;를 포함하는 정전용량형 압력센서 제조방법이 제공된다.
- [0041] 본 발명에 따른 정전용량형 압력센서 제조방법에서는 먼저, 제1제조기관(151) 상에 신축성기관(110)층을 형성하는 신축성기관(110)층 형성단계가 수행된다. 제1제조기관(151)은 신축성기관(110)의 형성이 용이하도록 신축성이 없는 유리 등의 기관이 사용될 수 있다.
- [0042] 신축성기관(110)층 상에는 신축성접착층(130)이 형성된다. 신축성접착층(130)은 신축성기관(110) 상에 도포되어 형성될 수 있다. 이에 따라, 제1제조기관(151)-신축성기관(110)-신축성접착층(130)을 포함하는 제1적층체(110, 130, 151)를 얻는다(도 5).
- [0043] 이와 별개의 공정으로, 제2제조기관(152) 상에는 전도성 나노와이어층(123)을 형성하는 전도성 나노와이어층이 형성단계가 수행된다(도 6). 전도성 나노와이어는 용매에 혼합되어 제2제조기관(152) 상에 도포되고, 용매를 제거하여 제2제조기관(152) 상에 전도성 나노와이어만 포함하는 전도성 나노와이어층(123)을 형성할 수 있다. 이때, 제2제조기관(152) 상에 형성된 전도성 나노와이어층(123)은 용매 없이 전도성 나노와이어만이 제2제조기관 상에 위치하고 있어 이후 합지단계 수행전에 탈락되거나 분리될 수 있으므로 광조사를 수행하여 전도성 나노와이어의 제2제조기관에의 접착성을 증가시킬 수 있다.
- [0044] 전도성 나노와이어층(123)이 형성되면, 정전용량형 압력센서전극층(121, 122)으로 패터닝하여 압력센서전극을 형성한다(도 7). 이에 따라 제2제조기관(152)-정전용량형 압력센서전극층(121, 122)을 포함하는 제2적층체(121, 122, 152)를 얻는다.
- [0045] 이후, 제1적층체(110, 130, 151) 및 제2적층체(121, 122, 152)는 합지되는데(도 8), 정전용량형 압력센서전극층(121, 122)과 신축성접착층(130)이 서로 접촉하여 정전용량형 압력센서전극층(121, 122)이 신축성기관(110)층으로 전사될 수 있도록 합지된다(도 9). 정전용량형 압력센서전극층(121, 122)이 신축성접착층(130)층으로 접촉되면, 불필요한 제1제조기관(151) 및 제2제조기관(152)을 제거하여 정전용량형 압력센서(100)를 얻는다(도 10).
- [0046] 제조된 정전용량형 압력센서(100)에는 추가적인 광조사가 수행될 수 있다. 광조사는 전도성 나노와이어의 신축성접착층(130)에의 접착력을 증가시킬 수 있다. 정전용량형 압력센서전극층(121, 122)이 용매 등의 다른 물질없이 전도성 나노와이어만을 포함하고 있으므로 신축성접착층(130)으로부터 탈락이나 분리될 수도 있으므로 광조사를 통해 열처리하여 신축성접착층(130)에의 접착력을 증가시키도록 한다.
- [0047] 본 발명의 또다른 측면에 따르면, 신축성기관 형성단계; 및 신축성기관 상에 형성된 제1압력센서전극 및 제1압력센서전극과 전기적 특성이 상이한 제2압력센서전극을 포함하는 정전용량형 압력센서전극층을 형성하는 단계;를 포함하는 정전용량형 압력센서 제조방법이 제공된다. 본 발명의 또다른 측면에 따르면, 폴리디메틸실록산 기

판; 폴리우레탄 우레아층; 및 폴리우레탄 우레아층 상에 위치하는 은나노와이어 패턴층;을 포함하는 신축성있는 유연투명전극이 제공된다.

- [0049] 이하, 실시예를 통해 본 발명을 더욱 상세히 설명하기로 한다.
- [0050] 이하 실시예의 원료물질은 폴리에스테르 디올(수평균 분자량, Mwz 1000)은 한국, 송원사에서, 2,2-비스(히드록시메틸)뷰티르산, 이소포론 디이소시아네이트, 디부틸아민, 톨루엔, 및 2-프로판올은 미국, Sigma-Aldrich Chemicals사에서, 이소포론 디아민은 일본 Tokyo Chemical Industry사에서 구입하였다. SYLGARD 184 엘레스토머 키트는 미국, Dow Corning사에서 구입하였다. 모든 화학물질은 정제없이 사용하였다.
- [0051] [합성]
- [0052] 폴리에스테르 디올 (82.8 g, 82.8 mmol), 22,2-비스(히드록시메틸)뷰티르산 (1.6 g, 10.8 mmol), 이소포론 디이소시아네이트 (29.0 g, 130.4 mmol) 및 톨루엔 (82.8 g)의 혼합물을 90℃에서 3시간동안 가열하였다. 혼합물을 실온에서 냉각하고, 톨루엔 60 g을 첨가한 후 70℃까지 가열하였다.
- [0053] 혼합물에 이소포론 디아민 (5.4 g, 31.7 mmol), 디부틸아민(0.6 g, 4.6 mmol), 톨루엔(115.2 g), 및 2-프로판올 (68.4 g)을 첨가하였다. 용액을 3시간 동안 교반하고, 실온으로 냉각하였다. 톨루엔 (28.8 g) 및 2-프로판올 (14.4 g)을 더 첨가하고, 고형분 25%의 폴리우레탄 우레아 최종용액을 얻었다.
- [0055] [정전용량형 압력센서 제작]
- [0056] AgNW/PUU/PDMS-기반 투명 신축성 정전용량형 압력센서를 제작하였다. 폴리이미드 필름(Kapton, DuPont사, 미국)을 계면활성제, 탈이온화수 및 이소프로판올로 세척하였다. 이소프로판올 (Nanopyxis Ltd., 한국)에 분산된 은나노와이어 용액을 Kapton 필름에 60℃의 핫플레이트에서 가열하면서 10분간 스핀코팅하여 코팅층으로부터 유기용매를 제거하였다.
- [0057] 은나노와이어의 패터닝 전에 은나노와이어 전극에 광소결시스템(Sinteron 2000, Polytec Ltd., 미국)을 이용하여 펄스지속시간 300ms로 IPL(1.8 kV 입력전압)을 조사하였다. 이 공정은 Kapton 필름과 은나노와이어 간의 접착력 증가를 위한 것이다. 은나노와이어 전극 사이의 용량결합을 유도하기 위하여 텐덤 패턴을 설계하였다. 패터닝은 포토리소그래피 방식으로 수행하였다.
- [0058] 이와 별개의 공정으로 200 mm의 폴리디메틸실록산(PDMS) 필름을 엘레스토머 키트(w/w = 1:10)를 이용하여 제조하였다. 산소 플라즈마 처리로 히드록시 관능기를 형성하였다.
- [0059] 합성단계에서 합성된 폴리우레탄 우레아(PUU)를 폴리디메틸실록산 필름상에 스핀코팅하여 8mm의 폴리우레탄 우레아층을 형성했다. Kapton 필름상의 패터닝된 은나노와이어 전극과 PUU/PDMS층을 80℃로 가열하면서 롤 라미네이터를 이용하여 합지하였다.
- [0060] 냉각 후, AgNW/PUU/PDMS 필름을 Kapton 필름으로부터 얻었다. 전사공정 후에 2.0 kV의 전압 및 500 ms의 펄스지속시간으로 3회 IPL 조사를 수행하여 나노와이어와 PUU 간의 접착력을 증가시켰다.
- [0061] 도 11a 및 도 11b는 각각 본 발명의 실시예에 따라 제조된 정전용량형 압력센서의 센싱전극표면의 SEM이미지 및 AFM 이미지이고, 도 11c는 전극패턴이미지이다. 도 11a에서 은나노와이어 전극이 폴리우레탄 우레아 층에 접촉되어 있는 것을 알 수 있고, 도 11b에서는 합지 후 Kapton 필름의 제거시 은나노와이어 표면조도가 높아졌음을 알 수 있다. 도 11c에서는 은나노와이어 전극패터닝 공정이 수행된 것을 확인할 수 있었다.
- [0062] 도 12는 본 발명의 실시예에 따라 제조된 정전용량형 압력센서 구성 중 각각 신축성기관, 신축성기관/신축성접착층, 및 신축성기관/신축성접착/정전용량형 압력센서전극층을 각각 유리기관 상에 형성한 후 측정된 투명도를 도시한 도면이다. 신축성 기관인 PDMS 및 신축성기관/신축성접착층인 PDMS/PUU의 경우 매우 높은 투명도를 나타내었고, AgNW/PUU/PDMS로 구현된 정전용량형 압력센서의 경우 이보다 낮은 투명도를 나타내었으나, 투명전극으로 사용되는 ITO 등의 전극에 비하여 더 높은 투명도를 나타냄과 동시에 ITO등이 신축성이나 복원력 등이 전혀 나타나지 않는 점을 고려할 때 우수한 성능을 나타내는 것을 알 수 있었다.
- [0063] 도 13은 본 발명의 실시예에 따라 제조된 정전용량형 압력센서의 표면에 각각 커버없음/PET/얇은 유리/두꺼운 유리로 커버를 구성한 후 정전용량변화를 측정한 결과를 도시한 도면이다. 도 13에 따르면, 어떠한 물질로 커버

를 형성하는 경우에도 압력의 증가에 따라 정전용량이 감소하는 경향이 동일하게 나타나 본 발명에 따른 정전용량형 압력센서에 커버종류와 상관없이 압력과 정전용량 변화는 일정하게 대응되어 압력센서로서 우수한 성능을 나타내는 것을 알 수 있었다.

[0064] 도 14a는 본 발명의 실시예에 따라 제조된 정전용량형 압력센서의 압력에 따른 정전용량 변화를 도시한 도면이고, 도 14b는 압력인가 사이클을 5회 수행하여 획득한 정전용량 변화를 도시한 도면이다. 도 14a에서는 정전용량형 압력센서가 압력이 인가되면서 정전용량이 변화하는 곡선과 압력이 다시 감소되면서 정전용량이 변화하는 곡선을 도시한 것이고, 도 14b는 이를 5회 반복하여 테스트한 결과를 도시하였다. 압력의 인가곡선과 압력의 감소곡선이 거의 일치함에 따라 본 발명에 따른 정전용량형 압력센서가 압력에 따라 신장된 후에 다시 압력이 줄어들어 복원된 경우에도 센싱감도가 유지되었음을 확인할 수 있었다. 즉, 정전용량형 압력센서의 높은 신축성과 이에 따른 복원력을 확인할 수 있었다.

[0065] 도 15a는 본 발명의 실시예에 따라 제조된 정전용량형 압력센서의 평면도이고, 도 15b는 정전용량형 압력센서의 x축 및 y축 방향에 스트레인을 가한 후 획득한 정전용량 변화를 도시한 도면이며, 도 15c는 정전용량형 압력센서의 y 방향으로 신장 사이클을 증가시킴에 따라 획득한 정전용량 변화를 도시한 도면이다.

[0066] 도 15b에서 나타난 바와 같이 x축 방향으로 신장되는 경우, 평행한 전극간 거리의 감소에 따라 정전용량이 증가하는 결과가 나타났고, y축 방향으로 신장되는 경우 정전용량의 감소를 유도하였다. 전체 35%까지의 신장에 따라 x축 방향으로 9% 정전용량 변화 및 y축 방향으로 12%의 정전용량의 변화를 나타내었다. 도 15c는 y축 방향으로 10,000 사이클까지 신장실험을 수행하였는데, 정전용량의 감소가 2%만이 나타났다.

[0067] 도 16a 내지 도 16d는 인간 손가락끝에 부착된 정전용량형 압력센서에 풍선을 적용시켜 획득한 정전용량들이고, 도 16e는 9개의 10mm × 10mm 정전용량형 압력센서를 포함하는 압력센서에 서로 다른 중량을 갖는 질량체를 위치시킨 것을 도시한 도면이며, 도 16f는 도 16e의 질량체의 중량의 위치함수로 표시된 정전용량절대값을 도시한 도면이다.

[0068] 도 16a 내지 도 16d에서는 본 발명에 따른 정전용량형 압력센서를 직접 손가락에 부착한 후에 풍선에 압력을 가하고 이를 측정하였는데, 외부 노이즈 등에 의한 간섭이 있었음에도 불구하고 매우 안정적인 측정결과를 얻을 수 있었다. 이에 의해 본 발명에 따른 정전용량형 압력센서가 구조적으로 안정적이고 신뢰성 높은 정전용량값 측정이 가능하다는 것을 알 수 있다. 도 16e에서는 9개의 픽셀로 정전용량형 압력센서를 배열하고, 각 픽셀당 서로 다른 중량의 질량체를 위치시켜 정전용량의 변화를 측정하고 이를 위치에 따른 맵으로 표시하였다. 도 16f를 보면, 주변 픽셀에 영향받지 않고 픽셀 내부의 질량체의 중량에 따른 압력이 정확하게 표시되어 있음을 알 수 있다.

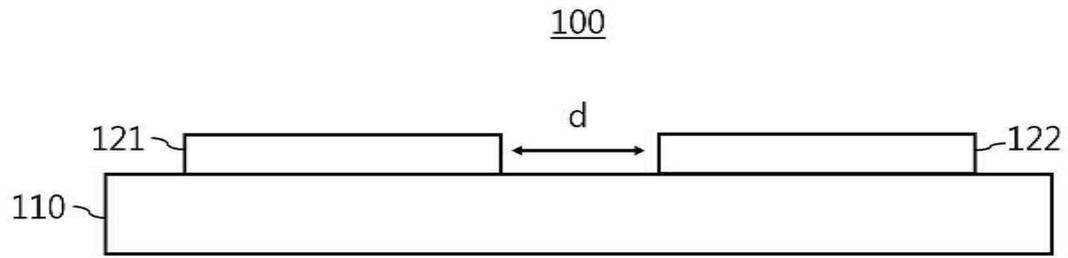
[0070] 이상에서는 본 발명의 바람직한 실시예에 대하여 도시하고 설명하였지만, 본 발명은 상술한 특징의 실시예에 한정되지 아니하며, 청구범위에서 청구하는 본 발명의 요지를 벗어남이 없이 당해 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진자에 의해 다양한 변형실시가 가능한 것은 물론이고, 이러한 변형실시들은 본 발명의 기술적 사상이나 전망으로부터 개별적으로 이해되어져서는 안될 것이다.

**부호의 설명**

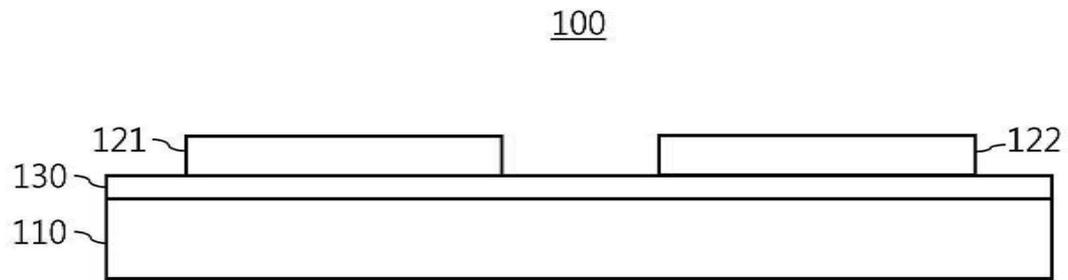
- [0072] 100 정전용량형 압력센서 110 신축성기관
- 121 제1압력센서전극 122 제2압력센서전극
- 123 전도성 나노와이어층 130 신축성접착층
- 141 제1가압체 142 제2가압체
- 151 제1제조기관 152 제2제조기관
- d 전극거리

도면

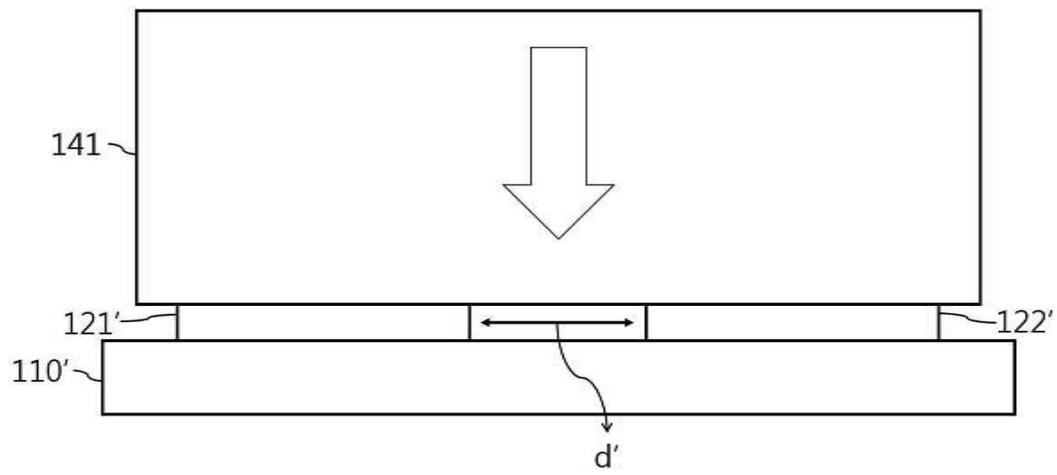
도면1



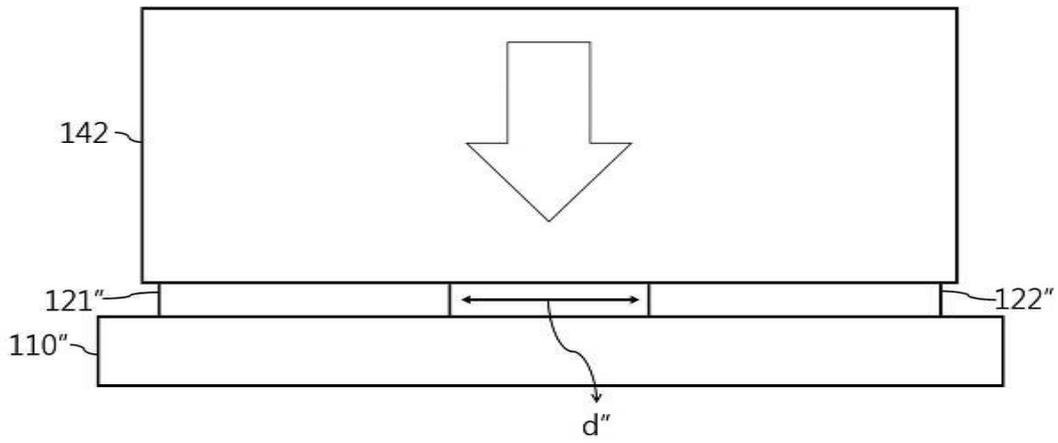
도면2



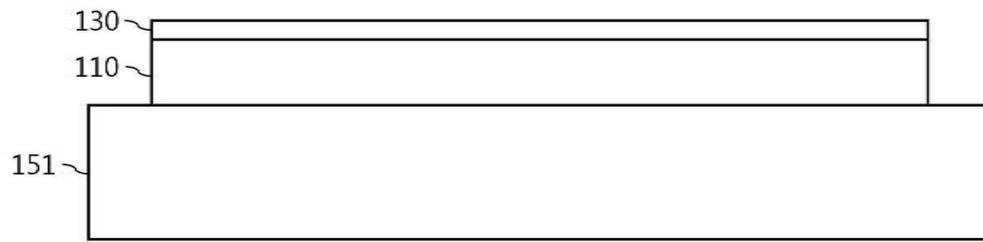
도면3



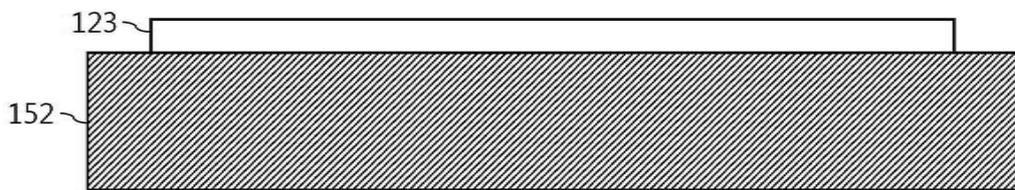
도면4



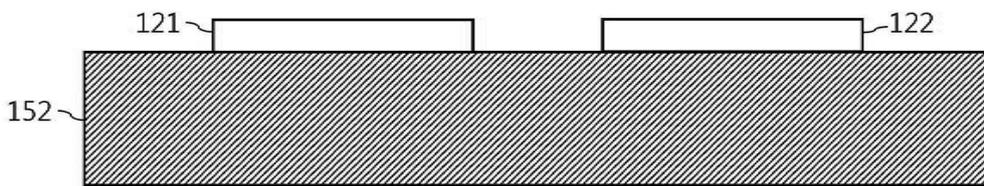
도면5



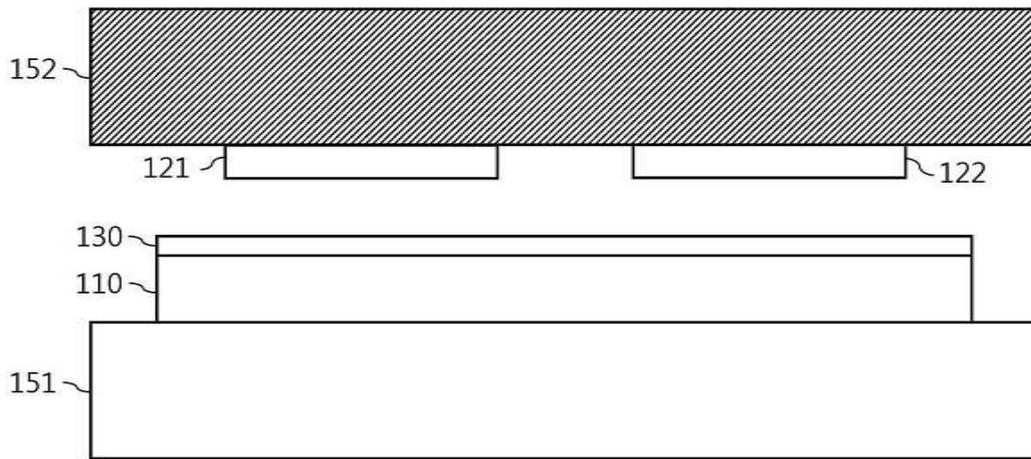
도면6



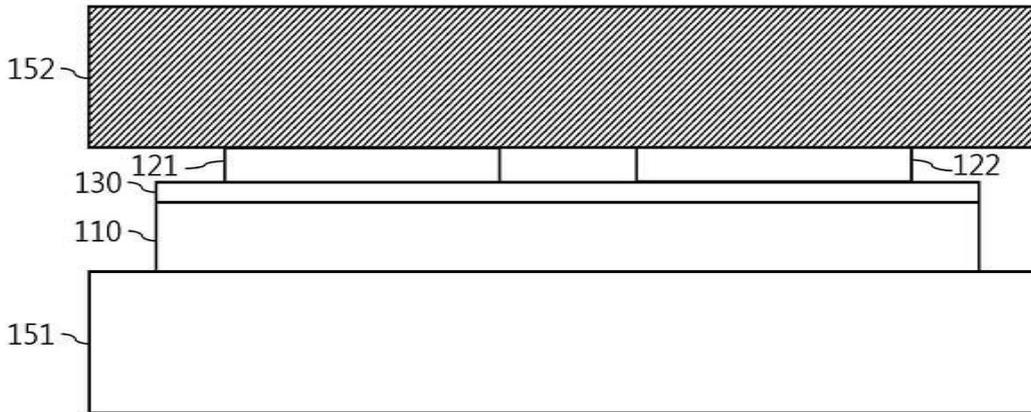
도면7



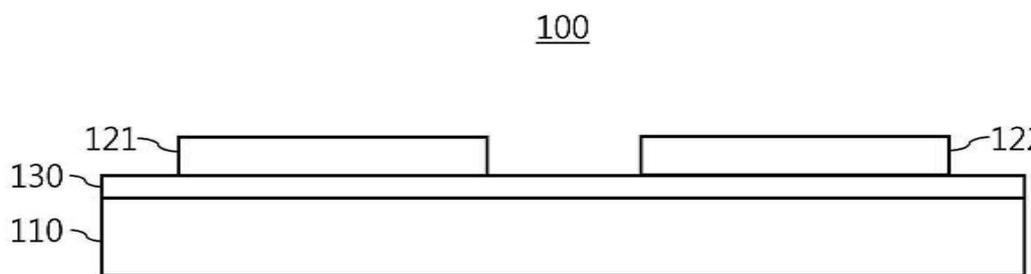
도면8



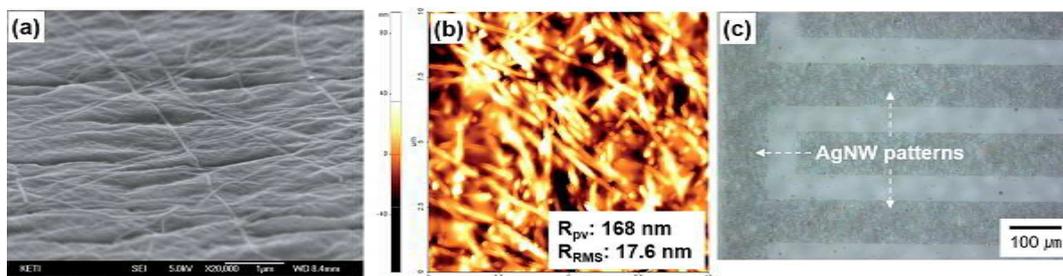
도면9



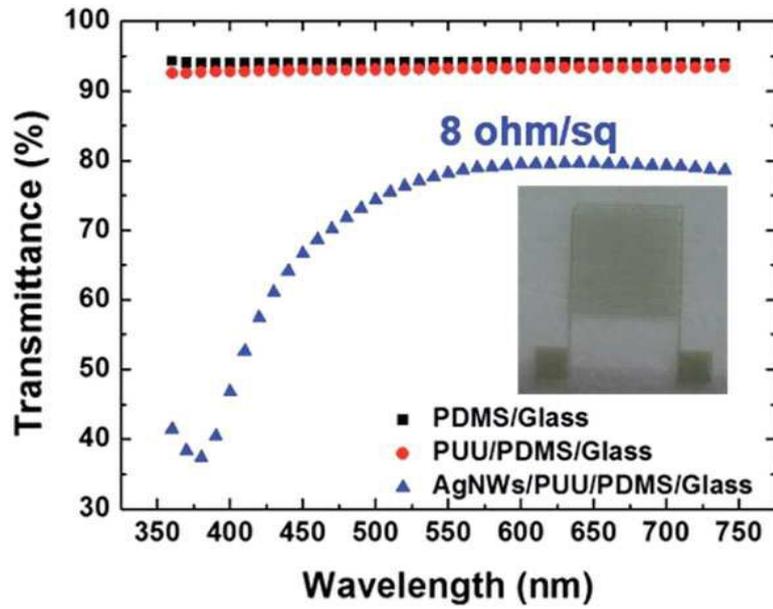
도면10



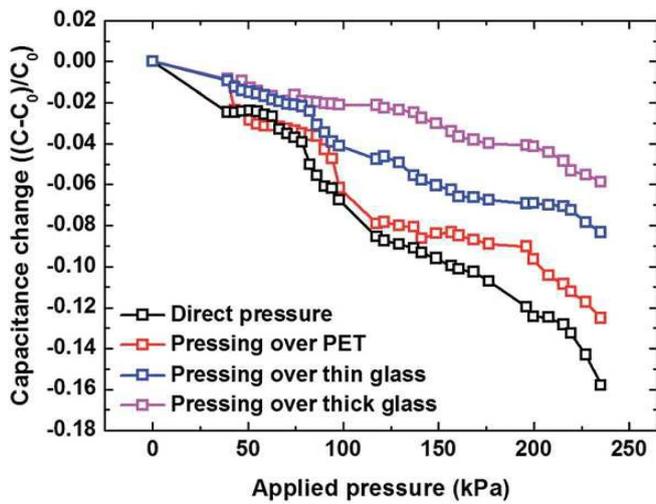
도면11



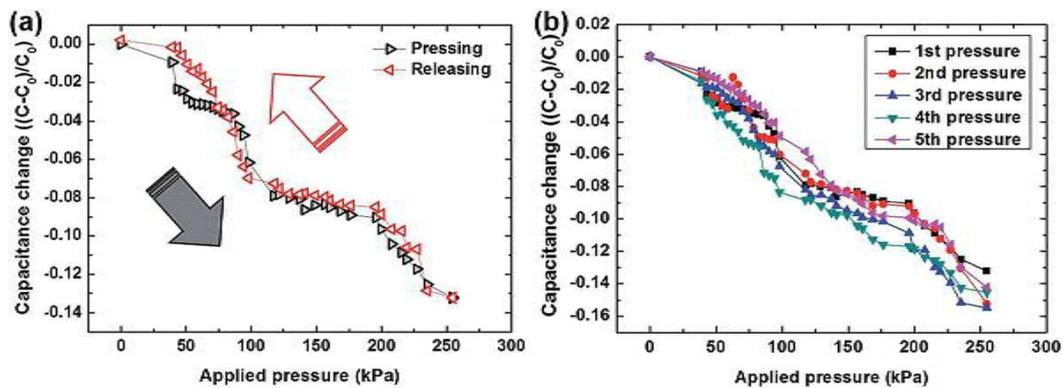
도면12



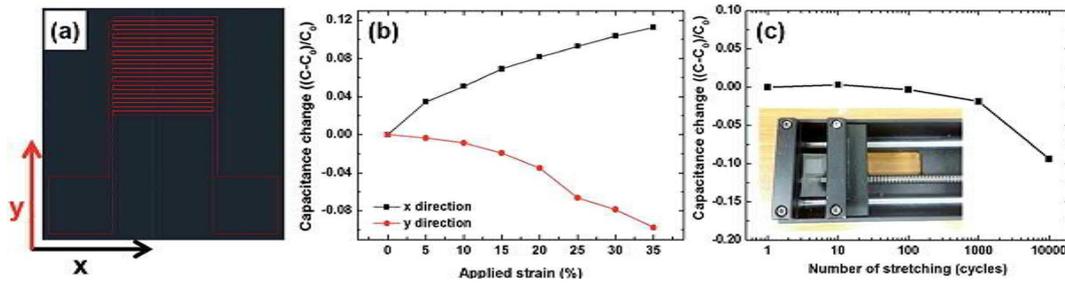
도면13



도면14



도면15



도면16

