



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2019-0121652
(43) 공개일자 2019년10월28일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01L 1/16 (2006.01) G01L 1/18 (2006.01)
G01L 5/16 (2006.01)
(52) CPC특허분류
G01L 1/16 (2013.01)
G01L 1/18 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2018-0045243
(22) 출원일자 2018년04월18일
심사청구일자 2018년04월18일

(71) 출원인
울산과학기술원
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
(72) 발명자
고현협
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50 울산과
학기술원
이영오
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50 울산과
학기술원
박중화
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50 울산과
학기술원
(74) 대리인
특허법인지원

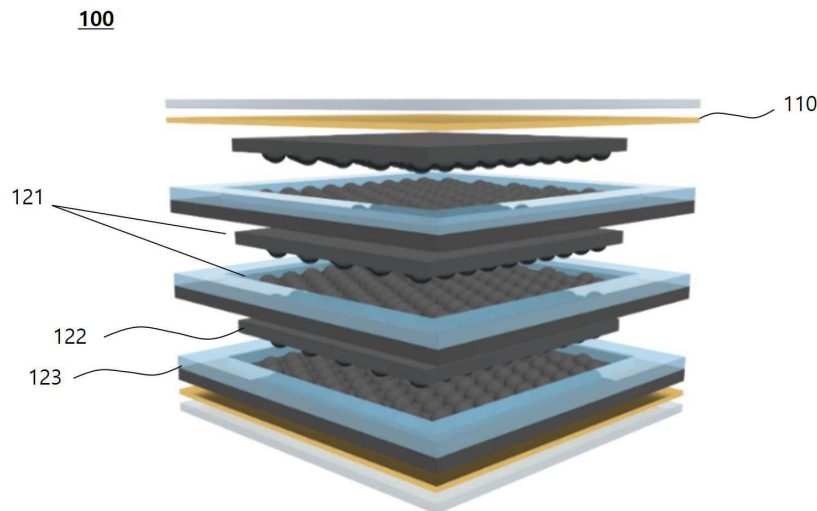
전체 청구항 수 : 총 8 항

(54) 발명의 명칭 광범위 압력 감지를 위한 다층 플렉서블 압력 센서

(57) 요약

본 발명에 따른 다층 플렉서블 압력 센서는 각각의 일면에 복수의 마이크로돔이 규칙적으로 배열되고, 상기 각각의 일면이 마주보며 인터락(interlocked) 구조로 접촉된 2개의 고분자층들을 포함하는, 복수개의 단위층 포함할 수 있다. 다층 플렉서블 압력 센서는 넓은 범위의 압력을 선형적으로 감지할 수 있고, 압력 감지 민감도가 우수하다. 또한, 다층 플렉서블 압력 센서들을 복수개 배열하여 넓은 영역의 압력을 감지할 수 있다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

G01L 5/16 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 2015R1A2A1A10054152

부처명 과학기술정보통신부

연구관리전문기관 한국연구재단

연구사업명 도약연구

연구과제명 지문패턴 whisker 어레이 기반 촉각인지 인터페이스 소자 개발

기 여 율 1/1

주관기관 울산과학기술원

연구기간 2017.11.01 ~ 2018.10.31

명세서

청구범위

청구항 1

각각의 일면에 복수의 마이크로돔이 규칙적으로 배열되고, 상기 각각의 일면이 마주보며 인터락(interlocked) 구조로 접촉된 2개의 고분자층들을 포함하는 단위층들이 복수개 적층된,
다층 플렉서블 압력 센서.

청구항 2

제1항에 있어서,
상기 고분자층들은,
각각, rGO(reduced graphene oxide) 및 PVDF(poly(vinylidene fluoride))를 포함하는,
다층 플렉서블 압력 센서.

청구항 3

제1항에 있어서,
상기 단위층은,
상기 2개의 고분자층들 중 하나의 일면에 형성된 마이크로돔들이, 다른 고분자층의 일면에 형성된 마이크로돔들의 사이의 공간에 위치하여 맞물리도록 배치된,
다층 플렉서블 압력 센서.

청구항 4

제1항에 있어서,
상기 플렉서블 압력 센서는,
상기 단위층들이 세 개의 층으로 적층된,
다층 플렉서블 압력 센서.

청구항 5

제1항에 있어서,
상기 다층 플렉서블 압력 센서는,
상기 단위층들 사이를 접착시키는 접착층;을 더 포함하는,
다층 플렉서블 압력 센서.

청구항 6

제1항에 있어서,
상기 다층 플렉서블 압력 센서는,
상기 다층 플렉서블 압력 센서의 층방향 일단과 타단에 각각 부착된 전극들; 및
상기 일단과 타단 및 전극들 사이를 접착시키는 실버 페이스트(silver paste);를 더 포함하는,
다층 플렉서블 압력 센서.

청구항 7

제1항의 다층 플렉서블 압력 센서들이 복수개 배열된 어레이; 및
상기 어레이의 상부 및 하부에 부착된 PET(polyethylene terephthalate) 지지층;을 포함하는,
다층 플렉서블 압력 센서.

청구항 8

제7항에 있어서,
상기 PET 지지층은 백금 전극으로 코팅된,
다층 플렉서블 압력 센서.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 다층 플렉서블 압력 센서에 관한 것으로서, 구체적으로 일면에 마이크로돔 구조를 포함하는 고분자층 2개가 서로 맞물리도록 배치된 단위층을 적어도 두 층 이상 포함하는 다층 플렉서블 압력 센서에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 물리적 또는 화학적 센서, 무선 통신 및 에너지 저장 시스템이 급속도로 발전됨에 따라, 스마트 워치, 스마트 밴드 및 스마트 글래스(glasses)와 같은 웨어러블 전자 기기에 대한 관심이 높아지고 있다. 이러한 전자 기기는 개인 건강 상태를 실시간으로 모니터링하고 진단할 수 있다.

[0003] 인간 피부의 지각 기능을 모방한 플렉서블 전자피부(e-skin)는 로봇 공학, 보철 및 웨어러블 건강 관리 모니터링 장치를 구성하기 위한 필수 요소로써, 최근 이에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다. 이러한 분야에 사용되는 전자피부가 응용될 수 있는 분야를 확장하고, 수효를 높이기 위해서는 전자피부는 높은 감도, 빠른 반응 시간, 기계적 유연성 및 내구성에 대한 특성이 요구된다.

[0004] 인간 피부와 유사한 전자피부의 중요한 특성 중 하나는 촉각 감지 특성이며, 피부의 촉각 감지 능력을 정확히 모사하기 위해서는 정적 및 동적 압력을 포함하는 시공간 촉각 자극을 차별화할 수 있는 전자 피부의 개발이 필수적이다. 시공간 촉각 자극의 감지는 정적 압력 감지를 통한 물체의 섬세한 조작뿐 아니라 동적인 압력 감지를 통한 진동 및 표면 질감에 대한 인식을 가능하게 한다.

[0005] 전자피부가 단일 장치로써 다양한 응용 분야에 적용되기 위하여, 전자피부는 높은 압력 영역에서도 높은 감도를 지속적으로 유지할 수 있도록 큰 동적 감지 범위와 선형 압력 감지 기능을 가져야 한다.

[0006] 높은 압력 민감도로 넓은 범위의 압력을 감지할 수 있는 전자피부는 특정 압력 범위를 지나는 다양한 분야에 적용될 수 있다. 예를 들면, 1 kPa 이하의 가벼운 바람과 호흡, 1 내지 10 kPa의 맥압과 부드러운 촉감의 중간 압력 및 10 내지 300 kPa의 발바닥의 큰 압력을 모두 감지할 수 있다.

[0007] 더불어, 넓은 다이내믹 범위의 선형 압력 감지 기능을 갖춘 전자피부는 기기에 적용되었을 때, 복잡한 신호 처리 과정을 필요로하지 않는다.

[0008] 앞에서 언급된 전자피부의 요구 사항 중 일부를 개선하기 위해 여러 가지 접근법이 연구되었지만, 단일 전자 피부에서 이러한 모든 속성을 구현한 사례는 아직 보고되지 않았다.

[0009] 한국등록특허 제10-1780028호는 환원된 산화그래핀/PVDF 복합소재, 이의 제조방법 및 이를 이용한 써미스터 센서에 관한 것으로, 보다 구체적으로는 폴리비닐리덴플루오라이드(PVDF); 및 상기 PVDF 100중량% 대비 0.001 내지 3 중량%의 환원된 산화그래핀을 포함하는 복합소재이고, 상기 복합소재는 부온도계수 써미스터(negative temperature coefficient thermistor: NTC) 특성을 갖는 것을 특징으로 하는, 환원된 그래핀/PVDF 복합소재가 개시된다. 이러한 본 발명의 복합소재는 다양한 형태로 성형이 가능하고 온도변화에 따른 저항 감소 값이 커서 산업 활용도가 높다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0010] 본 발명은 상기와 같은 문제점을 해결하기 위해 창안된 것으로써, 각각의 일면에 복수의 마이크로돔이 규칙적으로 배열되고, 상기 각각의 일면이 마주보며 인터락(interlocked) 구조로 접촉된 2개의 고분자층들을 포함하는 단위층들이 복수개 적층된 다층 플렉서블 압력 센서를 제공할 수 있다.
- [0011] 또한, 넓은 범위의 압력을 높은 민감도로 선형적인 감지가 가능하여, 로봇, 인공 보철, 웨어러블 헬스케어 기기 등 다양한 응용 분야에 적용이 가능한 다층 플렉서블 압력 센서를 제공할 수 있다.

과제의 해결 수단

- [0012] 본 발명에 따른 다층 플렉서블 압력 센서는 각각의 일면에 복수의 마이크로돔이 규칙적으로 배열되고, 상기 각각의 일면이 마주보며 인터락(interlocked) 구조로 접촉된 2개의 고분자층들을 포함하는 단위층들이 복수개 적층된 형태를 갖는다.
- [0013] 상기 고분자층들은, 각각, rGO(reduced graphene oxide) 및 PVDF(poly(vinylidene fluoride))를 포함할 수 있다.
- [0014] 상기 단위층은, 상기 2개의 고분자층들 중 하나의 일면에 형성된 마이크로돔들이, 다른 고분자층의 일면에 형성된 마이크로돔들의 사이의 공간에 위치하여 맞물리도록 배치될 수 있다.
- [0015] 상기 다층 플렉서블 압력 센서는, 상기 단위층들이 세 개의 층으로 적층될 수 있다.
- [0016] 상기 다층 플렉서블 압력 센서는, 상기 단위층들 사이를 접착시키는 접착층;을 더 포함할 수 있다.
- [0017] 상기 다층 플렉서블 압력 센서는, 상기 다층 플렉서블 압력 센서의 층방향 일단과 타단에 각각 부착된 전극들; 및 상기 일단과 타단 및 전극들 사이를 접착시키는 실버 페이스트(silver paste);를 더 포함할 수 있다.
- [0018] 다층 플렉서블 압력 센서들이 복수개 배열된 어레이; 및
- [0019] 상기 어레이의 상부 및 하부에 부착된 PET(polyethylene terephthalate) 지지층;을 포함할 수 있다.
- [0020] 상기 PET 지지층은 백금 전극으로 코팅될 수 있다.

발명의 효과

- [0021] 본 발명의 일 실시예에 따라 제조된 다층 플렉서블 압력 센서를 이용하면, 넓은 범위의 압력을 선형적으로 감지할 수 있으며, 압력 감지 민감도를 향상시킬 수 있다.
- [0022] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따른 압력 센서는, 사람의 반응 속도에 근접한 반응 속도를 나타낼 수 있으며, 반복된 사이클 이후에도 우수한 내구성을 유지할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0023] 도 1은 다층 플렉서블 압력 센서를 나타내는 모식도이다.
- 도 2는 다층 플렉서블 압력 센서 어레이를 나타내는 모식도이다.
- 도 3은 고분자층의 표면을 나타내는 SEM(scanning electron microscopy) 이미지이다.
- 도 4는 본 발명에 따른 다층 플렉서블 압력 센서의 압력 감지 특성을 나타내는 그래프 및 이미지이다.
- 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 고분자층의 조성 및 조성비에 대한 결정구조를 나타내는 XRD(X-ray diffraction) 그래프이다.
- 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 단위층으로 구성된 싱글레이어(single layer), 더블레이어(double layer), 트리플레이어(triple layer) 및 평면 구조의 고분자층의 압력 감지 특성을 나타내는 그래프이다.
- 도 7은 압력 크기에 따른 다층 플렉서블 압력 센서의 실시간 압력 감지 특성을 나타내는 그래프이다.
- 도 8은 약한 가스에 대한 다층 플렉서블 압력 센서의 감지 특성을 나타내는 이미지 및 그래프이다.
- 도 9는 음파에 대한 다층 플렉서블 압력 센서의 감지 특성을 나타내는 이미지 및 그래프이다.

도 10은 다층 플렉서블 압력 센서를 이용한 호흡 및 맥박을 감지한 결과를 나타내는 이미지 및 그래프이다.

도 11은 다층 플렉서블 압력 센서 어레이와 PET 지지층으로 이루어진 다층 플렉서블 압력 센서의 표면에 올려지는 주의 형태 및 위치에 따른 다층 플렉서블 압력 센서의 감지 결과를 나타내는 이미지이다.

도 12는 다층 플렉서블 압력 센서 어레이와 PET 지지층을 포함하는 스마트 인솔 위에서 사람이 걷는 동안 발생하는 발의 압력 분포를 감지한 결과를 나타내는 이미지이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0024] 이하, 첨부한 도면을 참조하여 본 발명의 실시예에 따른 다층 플렉서블 압력 센서에 대해 상세히 설명한다. 본 발명은 다양한 변경을 가할 수 있고 여러 가지 형태를 가질 수 있는 바, 특정 실시 예들을 도면에 예시하고 본문에 상세하게 설명하고자 한다. 그러나 이는 본 발명을 특정한 개시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다. 각 도면을 설명하면서 유사한 참조부호를 유사한 구성요소에 대해 사용하였다. 첨부된 도면에 있어서, 구조물들의 치수는 본 발명의 명확성을 기하기 위하여 실제보다 확대하여 도시한 것이다.
- [0025] 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.
- [0026] 본 출원에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시 예를 설명하기 위해 사용된 것으로, 본 발명을 한정하려는 의도가 아니다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 출원에서, "포함하다" 또는 "가지다" 등의 용어는 명세서 상에 기재된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부분품 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.
- [0027] 다르게 정의되지 않는 한, 기술적이거나 과학적인 용어를 포함해서 여기서 사용되는 모든 용어들은 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 일반적으로 이해되는 것과 동일한 의미를 가지고 있다. 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 있는 것과 같은 용어들은 관련 기술의 문맥 상 가지는 의미와 일치하는 의미를 가지는 것으로 해석되어야 하며, 본 출원에서 명백하게 정의하지 않는 한, 이상적이거나 과도하게 형식적인 의미로 해석되지 않는다.
- [0028] 이하, 본 발명의 구현예를 상세히 설명하기로 한다. 다만, 이는 예시로서 제시되는 것으로, 이에 의해 본 발명이 제한되지는 않으며 본 발명은 후술할 청구항의 범주에 의해 정의될 뿐이다.
- [0030] 도 1은 다층 플렉서블 압력 센서를 나타내는 모식도이다.
- [0031] 도 2는 다층 플렉서블 압력 센서 어레이를 나타내는 모식도이다.
- [0032] 도 3은 고분자층의 표면을 나타내는 SEM(scanning electron microscopy) 이미지이다.
- [0033] 이하 도 1 및 도 3을 참조하여 본 발명의 일 구현예에 대해 설명하도록 한다.
- [0034] 본 발명의 일 실시예에 따른 다층 플렉서블 압력 센서(100)는 각각의 일면에 복수의 마이크로돔이 규칙적으로 배열되고, 상기 각각의 일면이 마주보며 인터락(interlocked) 구조로 접촉된 2개의 고분자층(122)들을 포함하는 단위층(121)들이 복수개 적층되어 이루어진다.
- [0035] 구체적으로, 다층 플렉서블 압력 센서(100)는 단위층들 세 개가 적층되어 이루어질 수 있다.
- [0036] 다층 플렉서블 압력 센서(100)를 이루고 있는 단위층(121)의 적층 수를 증가시키면, 압력이 가해짐에 따라 2개의 고분자층(122)이 서로 접촉하는 면적의 변화량이 증가한다. 이에 따라, 다층 플렉서블 압력 센서(100)에 적층된 단위층(121) 수가 증가할수록 다층 플렉서블 압력 센서(100)의 압력 감지 민감도가 선형으로 증가하는 것은 예상가능할 수 있으나, 높은 압력 감지 민감도를 유지하면서 다층 플렉서블 압력 센서(100)가 감지할 수 있는 압력의 범위가 확장된 것은 큰 특징이라 하겠다. 즉, 다층으로 구성함에 따라, 감지 가능한 압력의 범위가 증가했고, 감지 가능한 압력 범위에서 압력 감지 민감도도 그대로 유지되었다. 일면에 마이크로돔(310) 구조를 포함하는 고분자층(122)들은, rGO(reduced graphene oxide) 및 PVDF(poly(vinylidene fluoride))를 포함할 수

있다. 고분자층(122)의 일면에는 마이크로돔(310)들이 일정한 배열로 형성되어 있다. 여기서 고분자층(122)의 일면에 형성된 마이크로돔(310)은 돔 형태가 아닌, 피라미드, 원기둥, 리지 또는 다각형 형태로 변경될 수 있다. 고분자층(122)의 일면에 형성된 돌기들의 형태에 따라 전자 피부의 민감도, 반응 시간, 감지 범위 및 내 구성에 대한 특성들이 달라질 수 있다. 일례로, 본 발명에 따라 형성된 마이크로돔(310)은 지름 10 μm , 높이 4 μm 및 피치(pitch) 12 μm 로 형성될 수 있다.

[0037] 각 일면에 형성된 마이크로돔 구조(310)를 갖는 고분자층 2개가, 마이크로돔들의 골과 산이 서로 맞물리도록 배치된 단위층(121)은, 2개의 고분자층(122)들 중 하나의 고분자층(122)의 일면에 육각 배열로 형성된 마이크로돔(310)들이 다른 하나의 고분자층(122)의 일면에 육각 배열로 형성된 마이크로돔(310)들 사이의 공간에 위치하도록 밀착되어 배치된 구조이다. 단위층(121)을 이루고 있는 두 개의 고분자층(122)들은, 일면에 형성된 마이크로돔(310)들 사이가 서로 소정의 간격만큼 이격된 인터락 구조를 유지한다.

[0038] 즉, 단위층(121)은 일정한 크기로 형성된 마이크로돔(310) 구조를 통하여, 별도의 구성을 더 포함하지 않고, 두 개의 고분자층(122)들 사이에 형성되는 에어 갭을 확보할 수 있다. 이에 따라, 플렉서블 압력 센서(100)를 얇은 일체형 구조로 패키징하여 제조할 수 있다.

[0039] 플렉서블 압력 센서(100)를 구성하는 복수개의 단위층(121)들은 적층된 인접한 단위층(121)과 접촉층(123)을 통하여 서로 부착될 수 있다.

[0040] 기설정된 층수만큼 적층된 단위층(121)들 중, 가장 위층에 있는 단위층(121)의 상면과 가장 아래층에 있는 단위층(121)의 하면에는 전극(110)이 부착될 수 있다. 여기서 전극(110)은 구리를 포함할 수 있고, 일 예로 실버 페이스트(silver paste)를 통해 단위층(121)에 부착될 수 있다.

[0041] 복수개의 다층 플렉서블 압력 센서(100)들은 기설정된 행렬로 배열되어, 다층 플렉서블 압력 센서 어레이(200)를 구성할 수 있다. 이 경우에, 다층 플렉서블 압력 센서 어레이(200)와 PET 지지층(201)이 전체 다층 플렉서블 압력센서를 구성한다. 기설정된 행렬은 적용되는 분야에 따라 달라질 수 있다. 일례로, 3x3 픽셀 또는 4x8 픽셀로 배열될 수 있다. 기설정된 행렬로 배열된 다층 플렉서블 압력 센서들로 이루어진 다층 플렉서블 압력 센서는 PET(polyethylene terephthalate) 지지층(201)을 포함할 수 있다. PET 지지층(201)은 행렬로 배열된 각각의 다층 플렉서블 압력 센서(100)들을 모두 수용할 수 있도록 다층 플렉서블 압력 센서 어레이(200)의 상부 및 하부에 부착될 수 있다. 여기서 PET 지지층(201)은 백금으로 코팅되어 전극 역할을 할 수 있다.

[0042] 다층 플렉서블 압력 센서(100)는 샌드위치 구조로 이루어져 있으며, 구체적으로는 두 개의 PET 지지층(201) 사이에 복수개의 다층 플렉서블 압력 센서(100)들로 이루어진 다층 플렉서블 압력 센서 어레이(200)를 포함하는 형태이다.

[0043] 본 발명의 일 실시예에 따른 다층 플렉서블 압력 센서(100)는 사람의 피부와 유사한 구조를 갖는다. 특히, 단위층(121) 구조는 피부의 진피 및 상피를 모방한 구조이며, 이를 통하여 피부와 유사한 기능을 수행할 수 있다.

[0044] 구체적으로 단위층(121)이 세 개의 층으로 적층된 다층 플렉서블 압력 센서(100)는 외부에서 가해지는 압력에 따라, 맞물린 마이크로돔(310)들끼리 접촉되는 면적의 변화량이 크고, 스트레스가 효율적으로 분산되기 때문에 넓은 압력 범위에 대하여 선형적으로 압력을 감지할 수 있다. 즉, 압력 감지 민감도가 매우 우수한 전자 피부 및 센서의 역할을 수행할 수 있다.

[0046] 도 4는 본 발명에 따른 다층 플렉서블 압력 센서의 압력 감지 특성을 나타내는 그래프 및 이미지이다.

[0047] 종래의 단위층을 한 층만 포함하는 압력 센서의 압력 감지 특성을 나타내는 그래프(410)을 참조하면, 종래의 압력 센서는 비선형적으로 압력을 감지하며, 압력 센서가 감지할 수 있는 압력의 범위가 좁은 것을 알 수 있다. 즉, 압력의 세기가 커지면, 압력 센서의 민감도가 저하되거나 일정하게 유지되지 못하는 문제가 있다.

[0048] 이와 달리, 본 발명의 일 실시예에 따른 다층 플렉서블 압력 센서의 압력 감지 특성을 나타내는 그래프(420)를 참조하면, 다층 플렉서블 압력 센서는 넓은 범위의 압력을 감지할 수 있고, 압력의 크기에 상관없이 높은 민감도를 일정하게 유지할 수 있음을 알 수 있다. 또한, 본 발명의 일 실시예에 따른 다층 플렉서블 압력 센서는 압저항 및 압전 모드를 통해 정적 및 동적인 압력을 감지하고 구별할 수 있다. 이러한 다층 플렉서블 압력 센서의 특성은 PVDF 및 rGO를 포함하는 고분자층이 전기전도도 및 강유전성 특성을 갖기 때문에 나타난다.

[0049] 구체적으로, 본 발명의 일 실시예에 따른 다층 플렉서블 압력 센서는 0.0013 kPa 내지 353 kPa의 넓은 범위의

압력을 47.4 kPa^{-1} 의 높은 민감도로 감지할 수 있다. 또한, 20 ms의 빠른 반응 속도를 보이고, 5,000의 반복적인 사이클 이후에도 높은 신뢰성을 나타낸다.

- [0050] 즉, 본 발명에 따른 다층 플렉서블 압력 센서는 높은 민감도와 내구성으로 인한 신뢰성, 빠른 반응 속도와 같은 우수한 성능 통하여, 낮은 압력부터 높은 압력에 걸쳐 다양한 자극을 모니터링할 수 있다.
- [0051] 본 발명의 일 실시예에 따른 다층 플렉서블 압력 센서가 감지할 수 있는 압력의 범위를 나타내는 이미지(430)를 참조하면, 다층 플렉서블 압력 센서는 낮은 압력을 갖는 약한 공기 흐름, 음향 사운드와, 중간 압력을 갖는 호흡, 맥박을 모니터링할 수 있음을 알 수 있다. 더불어, 높은 압력을 갖는 발바닥 압력까지 모니터링이 가능하다.
- [0053] 도 5는 본 발명의 일 실시예에 따른 고분자층의 조성 및 조성비에 따른 결정구조를 나타내는 XRD(X-ray diffraction) 그래프이다.
- [0054] 본 발명의 일 실시예에 따른 다층 플렉서블 압력 센서를 이루고 있는 고분자층은 rGO 및 PVDF를 포함하는 복합 소재로 이루어질 수 있다.
- [0055] 일반적으로 PVDF는 여러 가지 상으로 존재한다. 무극성의 α -상은 낮은 강유전성 특성을 갖고, 극성의 β -상 및 γ -상은 높은 강유전성 특성을 갖는다.
- [0056] PVDF, GO 및 PVDF, rGO 및 PVDF를 포함하는 복합소재에 대한 XRD 그래프(510)를 참조하면, PVDF는 무극성의 α -상을 나타내고, 2 wt%의 GO 또는 2 wt%의 rGO와 혼합된 PVDF를 포함하는 복합소재는 각각 극성의 β -상 및 γ -상을 나타낸다.
- [0057] 즉, PVDF는 낮은 강유전성 특성을 갖고, 2 wt%의 GO 또는 2 wt%의 rGO와 혼합된 PVDF를 포함하는 복합소재들은 높은 강유전성 특성을 갖는 것을 알 수 있다.
- [0058] PVDF, 0.3 wt%의 rGO, 0.1 wt%의 rGO 또는 1.0 wt%의 rGO와 혼합된 PVDF를 포함하는 복합소재에 대한 XRD 그래프(520)를 참조하면, rGO의 혼합량이 증가할수록, 무극성의 α -상에 해당하는 피크(peak)들이 사라지고, 극성의 β -상 및 γ -상에 해당하는 피크들의 강도가 높아지는 것을 알 수 있다.
- [0059] rGO를 PVDF와 혼합하여 복합소재를 제조하는 것은 복합소재가 강유전성 특성을 나타내게 하고, 전도성을 갖는 rGO에 의하여 복합소재의 전도도를 향상시키기 위함이다. 즉, rGO 및 PVDF를 포함하는 복합소재를 압력에 따라 전력을 생산하는 압전 방식의 압력 센서로 이용할 수 있을 뿐 아니라 압력 에 따라 저항이 바뀌는 압저항 방식의 압력 센서로도 이용할 수 있게 된다.
- [0060] 본 발명의 일 실시예에 따른 마이크로돔 구조를 갖는 단위층은 압저항 센싱 모드를 통하여 정적 압력을 감지할 수 있다. 특히, 높은 압력을 마이크로돔의 변형과 스트레스 분산을 통하여 민감하게 감지할 수 있다.
- [0062] 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 단위층으로 구성된 싱글레이어(single layer), 더블레이어(double layer), 트리플레이어(triple layer) 및 평면 구조의 고분자층의 압력 감지 특성을 나타내는 그래프이다.
- [0063] 싱글레이어, 더블레이어 및 트리플레이어는 일면에 마이크로돔이 형성되며 rGO 및 PVDF로 이루어진 고분자층을 포함하고, 2개의 고분자층이 인터록된 단위층을 한 층, 두 층 및 세 층으로 적층한 형태를 의미한다. 평면 구조의 고분자층은 고분자층의 일면에 마이크로돔들이 형성되지 않은 형태를 의미한다.
- [0064] 싱글레이어, 더블레이어, 트리플레이어 및 평면 구조의 고분자층의 압력 크기에 따른 전류 변화량(I/I_0)을 나타내는 그래프(610)를 참조하면, 각 레이어의 압력 감지 민감도를 알 수 있다.
- [0065] 구체적으로 외부에서 가해지는 압력의 크기가 증가할 때, 압력 감지 민감도가 가장 크게 나타나는 것은 트리플레이어이며, 가장 낮게 나타나는 것은 평면 구조의 고분자층이다. 단위층을 갖는 멀티레이어의 경우, 한 층으로 적층된 싱글레이어 보다 적층된 단위층이 두 층 이상인 더블레이어 및 트리플레이어 순으로 압력 감지 민감도가 높다. 특히, 트리플레이어는 높은 압력 범위까지 선형적으로 압력을 감지할 수 있다.
- [0066] 싱글레이어, 더블레이어, 트리플레이어 및 평면 구조의 고분자층의 압력 감지 민감도($(\Delta I/I_0)/P$)를 나타내는 그래프(620)를 참조하면, 평면 구조의 고분자층보다 싱글레이어, 더블레이어, 트리플레이어와 같은 멀티레이어

의 민감도가 훨씬 높은 것을 알 수 있다. 또한, 멀티레이어들 중에서도, 가장 많은 층으로 적층된 트리플레이어의 민감도가 가장 높고, 압력의 크기가 증가해도 민감도가 일정하게 유지될 수 있다. 즉, 단위층들이 세 개가 적층된 트리플레이어로 구성된 경우 가장 높은 민감도를 갖는 압력 센서를 구현할 수 있는 것이다.

[0067] 이는, 마이크로돔 구조를 갖는 고분자층을 맞물린 구조로 배치함으로써, 외부의 압력에 따라 맞물린 마이크로돔들 사이의 접촉 면적이 변화되도록 구성했기 때문에 발생하는 현상이다. 즉, 인터록 구조의 고분자층들을 포함하는 단위층들이 적층되는 수가 증가할수록, 맞물린 마이크로돔들 사이의 접촉 면적 변화량이 크기 때문에, 트리플레이어의 압력 감지 민감도가 가장 높다.

[0068] 구체적으로 트리플레이어는 0.0013 kPa 내지 353 kPa의 넓은 압력 범위 내에서 47 kPa^{-1} 의 높은 압력 감지 민감도와 선형적인 압력 감지 특성을 유지한다. 반면에, 싱글레이어는 54 kPa 압력 범위까지 20 kPa^{-1} 의 압력 감지 민감도를, 더블레이어는 190 kPa 압력 범위까지 27 kPa^{-1} 의 압력 감지 민감도를 갖는다. 선형적인 압력 감지가 가능한 압력 범위를 넘어가면, 압력 감지 민감도가 점차 감소한다.

[0069] 4개의 층 이상으로 단위층들이 적층되는 경우, 트리플레이어의 압력 감지 민감도보다 더 높은 압력 감지 민감도를 갖는다. 구체적으로 4개의 단위층이 적층되는 경우의 민감도는 52 kPa^{-1} 이고, 5개의 단위층이 적층되는 경우의 민감도는 54 kPa^{-1} 이다. 그러나 4개의 층 이상으로 단위층이 적층되어도, 민감도 증가폭이 적기 때문에 가장 효율적으로 적층된 단위층들의 수는 3개 층일 때가 바람직하다.

[0070] 시뮬레이션을 통하여 계산된 싱글레이어, 더블레이어 및 트리플레이어의 압력에 따른 접촉 면적 변화를 나타내는 그래프(630)를 참조하면, 단위층의 적층 수가 증가할수록, 접촉 면적에 대한 변화량이 더 큰 것을 알 수 있다. 단위층의 적층 수가 증가하면, 맞물린 마이크로돔의 수가 많아지고, 이에 따라, 접촉 면적이 급격히 달라지기 때문이다.

[0071] 특히, 싱글레이어는 200 kPa 이상의 압력 범위에서는 접촉 면적 변화가 나타나지 않는다. 또한, 더블레이어는 300 kPa 이상의 압력 범위에서 접촉 면적 변화가 나타나지 않는다. 이는, 싱글레이어 및 더블레이어의 압력 감지 범위가 트리플레이어 보다 좁다는 것을 의미한다. 트리플레이어는 낮은 압력에서부터 높은 압력에 걸쳐 지속적인 접촉 면적 변화가 발생하기 때문에 넓은 압력 감지 범위와 선형적인 감지가 가능한 우수한 압력 감지 성능을 가질 수 있다.

[0072] 싱글레이어, 더블레이어 및 트리플레이어의 355 kPa의 압력에 대한 압력 분산 정도를 나타내는 이미지(640)를 참조하면, 단위층의 적층 수가 증가할수록 압력이 잘 분산되어 접촉 면적이 증가하는 것을 확인할 수 있다.

[0074] 도 7은 압력 크기에 따른 다층 플렉서블 압력 센서의 실시간 압력 감지 특성을 나타내는 그래프이다.

[0075] 다층 플렉서블 압력 센서에 54 kPa 내지 326 kPa의 압력을 단계적으로 가했을 때, 압력을 가하는 즉시 다층 플렉서블 압력 센서가 압력을 감지할 수 있다.

[0076] 또한, 다층 플렉서블 압력 센서에 10 kPa의 압력을 가했을 때, 다층 플렉서블 압력 센서의 압력 반응 속도는, 10 kPa의 압력을 가했을 때 나타나는 사람의 반응 속도와 유사하다. 여기서, 10 kPa의 압력을 가했을 때 나타나는 사람의 반응 속도는 30 ms 내지 50 ms이다. 또한, 매우 높은 200 kPa의 압력을 가한 경우에도, 다층 플렉서블 압력 센서는 빠른 반응 속도를 나타낸다.

[0077] 다층 플렉서블 압력 센서의 내구성을 측정한 결과 (730), 272 kPa의 매우 높은 압력으로, 5000회 이상의 사이클을 반복한 이후에도 다층 플렉서블 압력 센서의 민감도는 일정하게 유지되는 것을 확인할 수 있다.

[0078] 즉, 본 발명의 일 실시예에 따른 다층 플렉서블 압력 센서의 내구성은 우수함을 알 수 있다.

[0080] 도 8은 약한 가스에 대한 다층 플렉서블 압력 센서의 감지 특성을 나타내는 이미지 및 그래프이다.

[0081] 다층 플렉서블 압력 센서의 표면에 약한 질소 가스를 가한 결과(810), 가스 유량에 따라 다층 플렉서블 압력 센서의 전류 변화가 발생(820)하는 것을 알 수 있다. 구체적으로 3 L/min 내지 15 L/min의 유량에 해당하는 질소 가스를 다층 플렉서블 압력 센서의 표면에 흘려주면, 유량에 따라 다층 플렉서블 압력 센서의 전류 변화가 선형 모양으로 나타난다. 또한, 동일한 양의 가스에 대한 다층 플렉서블 압력 센서의 실시간 감지 그래프(830)를 보

면, 매우 적은 양인 3 L/min의 가스도 감지가 가능한 것으로 알 수 있다. 여기서 3 L/min의 가스는 1.2 Pa 압력에 해당하는 매우 낮은 압력 값이다.

- [0082] 싱글레이어, 더블레이어, 트리플레이어 및 평면 구조의 고분자층의 압전 기반 압력 감지 특성을 나타내는 그래프(840)를 보면, 압저항 특성과 유사하게, 평면 구조의 고분자층이 가장 낮은 민감도를 갖고, 단위층의 적층 수가 증가할수록, 민감도가 높아지는 것을 알 수 있다. 즉, 트리플레이어의 민감도가 가장 높다.
- [0084] 도 9는 음파에 대한 다층 플렉서블 압력 센서의 감지 특성을 나타내는 이미지 및 그래프이다.
- [0085] 압전 방식으로 압력을 감지하는 방식은 매우 빠른 반응 속도로 인하여 넓은 범위의 주파수 진동으로 이루어진 소리를 감지하는데 이용될 수 있다.
- [0086] 다층 플렉서블 압력 센서에 단일 주파수의 소리를 가했을 때, 다층 플렉서블 압력 센서에서 발생하는 압전 신호를 나타내는 그래프(930)를 참조하면, 트리플레이어가 평면 구조의 고분자층 및 싱글레이어보다 큰 압전 신호를 나타내는 것을 알 수 있다.
- [0087] 다층 플렉서블 압력 센서에서 발생하는 신호를 나타내는 그래프(920, 940)를 참조하면, Piano Sonata K.545, 1st movement (W.A. Mozart)를 다층 플렉서블 압력 센서에 들려주었을 때, 평면 구조의 고분자층으로 이루어진 전자 피부와 달리, 다층 플렉서블 압력 센서가 감지한 소리의 파형은 원래의 음향이 나타내는 파형과 매우 유사한 것을 알 수 있다. 소리의 파형은 STFT(short-time Fourier transform)으로 변환되어 시간에 따른 주파수 변화 그래프로 표현될 수 있는데, 원래의 음향 및 다층 플렉서블 압력 센서에 대한 각각의 시간에 따른 주파수 변화 그래프는 일치한다.
- [0088] 즉, 음향에 대한 다층 플렉서블 압력 센서의 감지 민감도는 평면 구조의 고분자층으로 이루어진 전자 피부보다 높고, 원래의 소리 그대로를 감지할 수 있음을 알 수 있다.
- [0090] 도 10은 다층 플렉서블 압력 센서를 이용한 호흡 및 맥박을 감지한 결과를 나타내는 이미지 및 그래프이다.
- [0091] 본 발명의 일 실시예에 따른 멀티레이어 전자 피부는 300 μm 이하로 제조될 수 있기 때문에, 웨어러블 및 플렉서블 기기에 적용될 수 있다.
- [0092] 다층 플렉서블 압력 센서를 통하여 호흡을 측정(1010)한 결과를 나타내는 그래프(1020)를 참조하면, 다층 플렉서블 압력 센서는 약한 호흡과 깊은 호흡에 대하여 서로 다른 감지 신호 크기를 나타내는 것을 알 수 있다. 약한 호흡의 경우, 다층 플렉서블 압력 센서의 전류 변화량이 2를 넘지 않는 반면, 깊은 호흡의 경우, 다층 플렉서블 압력 센서의 전류 변화량이 2를 넘어, 감지된 신호의 크기가 증가한다.
- [0093] 다층 플렉서블 압력 센서를 통하여 맥박을 측정(1030)한 결과를 나타내는 그래프(1040)을 참조하면, 다층 플렉서블 압력 센서는 손목에 부착되어 맥박에 따른 감지 신호를 발생시키는 것을 알 수 있다. 또한, 본 발명의 일 실시예에 따른 다층 플렉서블 압력 센서는 맥박의 incident wave(P_1), tidal wave(P_2) 및 diastolic wave(P_3)에 해당하는 피크를 구분할 수 있다.
- [0094] 즉, 본 발명의 일 실시예에 따른 다층 플렉서블 압력 센서는 추후 영아 돌연사 증후군, 심장 질환과 같은 질병들을 진단하고 예방하는 분야에 이용이 가능할 수 있다. 또한, 사용자의 신체 정보를 모니터링하는 헬스케어, 헬스 모니터링, 바이오 센서 등 다양한 분야에 이용이 가능하다.
- [0096] 도 11은 다층 플렉서블 압력 센서 어레이와 PET 지지층으로 이루어진 다층 플렉서블 압력 센서의 표면에 올려지는 추의 형태 및 위치에 따른 다층 플렉서블 압력 센서의 감지 결과를 나타내는 이미지이다.
- [0097] 사람의 피부는 가해진 압력의 크기와 위치를 감지할 수 있으며, 이를 모방하기 위하여 본 발명의 일 실시예에 따른 다층 플렉서블 압력 센서는 복수개의 다층 플렉서블 압력 센서들이 바둑판식으로 배열되고, 배열된 복수개의 다층 플렉서블 압력 센서들을 PET 지지층이 모두 수용하는 형태로 이루어질 수 있다. 구체적으로 다층 플렉서블 압력 센서들을 3x3 픽셀 또는 4x8 픽셀로 배열하여 다층 플렉서블 압력 센서를 제조할 수 있다. 이에 따라, 다층 플렉서블 압력 센서 어레이 및 PET 지지층을 포함하는 다층 플렉서블 압력 센서는 1 kPa 내지 20 kPa에 해당하는 압력의 크기 및 압력이 가해진 위치를 정확하게 감지할 수 있다.

- [0098] 도 11을 참조하면, 다층 플렉서블 압력 센서 어레이 및 PET 지지층으로 이루어진 다층 플렉서블 압력 센서의 표면에 올려진 추의 형태와 위치에 따라, 다층 플렉서블 압력 센서에 감지된 신호가 발생하는 위치와 신호의 크기가 서로 다른 것을 알 수 있다.
- [0099] 구체적으로, 다층 플렉서블 압력 센서의 표면에 두 개의 추가 각각 다른 위치에 올려지면, 다층 플렉서블 압력 센서는 표면에 올려진 두 개의 추의 위치를 각각 감지할 수 있다. 또한, 무게가 다른 추가 올려질 경우, 두 추의 무게를 각각 감지할 수 있다. 다층 플렉서블 압력 센서 어레이와 PET 지지층으로 이루어진 다층 플렉서블 압력 센서의 표면에 넓은 면적을 갖는 추를 올려놓았을 때, 다층 플렉서블 압력 센서 어레이 중 두 개 이상의 개별 다층 플렉서블 압력 센서들에 걸쳐 추가 올려지면, 다층 플렉서블 압력 센서 어레이에 힘이 분산되어, 개별 다층 플렉서블 압력 센서의 위치에 따라 추가 가하는 압력의 크기를 달리 감지할 수 있다. 즉, 다층 플렉서블 압력 센서를 통하여 물체의 면적에 따라 물체가 받는 압력의 크기를 달리 감지할 수 있는 효과가 있다.
- [0101] 도 12는 다층 플렉서블 압력 센서 어레이와 PET 지지층을 포함하는 스마트 인솔 위에서 사람이 걷는 동안 발생하는 발의 압력 분포를 감지한 결과를 나타내는 이미지이다.
- [0102] 본 발명의 일 실시예에 따른 다층 플렉서블 압력 센서로 이루어진 스마트 인솔을 통하여 걸음걸이에 따른 발의 압력 분포를 감지한 결과, 0 kPa 내지 250 kPa에 해당하는 압력 분포를 컬러 맵핑을 통하여 정확하게 감지할 수 있음을 알 수 있다. 즉, 다층 플렉서블 압력 센서를 통하여 걸음걸이를 감지하고 분석하여 파킨슨병, 당뇨병과 같은 질병을 예측하고 예방할 수 있다.
- [0103] 이에 따라, 다층 플렉서블 압력 센서는 웨어러블 메디컬 기기 및 스포츠 산업 등 다양한 분야에 이용될 수 있다.
- [0105] **실시예 1.**
- [0106] rGO 및 PVDF를 포함하는 복합소재는 강유전성 특성을 갖고, rGO의 함량에 따라 복합소재의 전기전도도가 달라진다. 즉, 강유전성 및 전도성 특성을 갖는 rGO 및 PVDF를 포함하는 복합소재는 압력 센서로 이용될 수 있고, 복합소재가 갖는 플렉서블한 특성으로 인하여 압력 센서는 플렉서블한 특성을 가질 수 있다.
- [0107] 플렉서블 압력 센서의 압력 감지 민감도를 향상시키기 위하여 복합소재를 포함하는 고분자층의 일면에 마이크로돔을 형성시킨 이후, 2개의 고분자층들을 마이크로돔이 형성된 면끼리 마주보도록 맞물리게 한다. 맞물린 2개의 고분자층들을 포함하는 단위층의 구조는 사람 피부의 진피와 상피가 이루고 있는 구조와 동일하다. 또한, 종래의 고분자를 포함하는 압력 센서가 고분자층 사이에 에어 갭을 형성시키기 위하여 별도의 구성을 더 포함하는 것과 달리, 본 발명에 따른 단위층을 포함하는 압력 센서는 별도의 구성없이 두 고분자층들 사이에 에어 갭을 형성시킬 수 있다.
- [0108] 단위층을 포함하는 플렉서블 압력 센서에 외부로부터 압력이 가해지면, 단위층이 눌리면서 에어 갭의 거리는 감소하고, 맞물린 마이크로돔들끼리 접촉되는 면적은 넓어진다. 즉, 고분자층들의 접촉 면적이 달라짐에 따라 플렉서블 압력 센서에 흐르는 전류의 값이 달라지고, 달라진 전류의 값을 통하여 압력을 감지할 수 있다.
- [0109] 본 발명에 따른 플렉서블 압력 센서의 압력 감지 성능을 더욱 향상시키기 위하여, 외부에서 가해지는 압력에 대한 고분자층의 접촉 면적 변화량을 증가시킬 수 있다. 즉, 단위층을 한 층이 아닌 다수 개의 층으로 적층하여 플렉서블 압력 센서를 제조할 수 있다.
- [0110] 고분자층의 접촉 면적 변화량을 증가시키기 위하여, 고분자층의 일면에 형성되는 마이크로돔의 수를 증가시키는 방법도 있지만, 마이크로돔의 수를 증가시키기 위해서는 마이크로돔의 크기 또는 피치를 감소시켜야 한다. 그러나 마이크로돔의 크기나 피치가 지나치게 작은 경우, 외부 압력에 대한 마이크로돔들 사이의 접촉 면적 변화량이 오히려 감소하여 압력 감지 민감도는 저하된다.
- [0111] 따라서, 단위층의 적층 수를 증가시켜 외부 압력에 대한 고분자층들의 접촉 면적 변화량을 증가시키는 것이 바람직할 수 있다.
- [0112] 단위층들의 적층 수를 증가시킬수록 외부 압력에 대한 고분자층들의 접촉 면적 변화량이 증가하고, 복수개의 단위층들이 적층된 플렉서블 압력 센서에서 발생하는 전류의 변화량이 커진다. 그러나 단위층들의 적층 수가 3개를 초과하면, 다층 플렉서블 압력 센서는 적층 수 대비 효율적인 압력 감지 민감도를 나타내지 못한다. 즉, 가

장 효율적인 압력 감지 민감도를 보이는 다층 플렉서블 압력 센서는 세 개 층으로 적층된 단위층들을 포함하는 플렉서블 압력 센서이다.

[0113] 본 발명에 따른 다층 플렉서블 압력 센서는 전자 피부의 역할을 할 수 있다. 다층 플렉서블 압력 센서는 기체의 흐름, 음향 사운드, 호흡 및 맥박을 정확하게 감지할 수 있다. 특히, 다층 플렉서블 압력 센서가 감지한 음향 사운드의 주파수는 원래 음향의 주파수와 거의 동일하다.

[0114] 다층 플렉서블 압력 센서가 넓은 영역의 압력을 감지할 수 있도록 다층 플렉서블 압력 센서들을 여러 개 배치하여 다층 플렉서블 압력 센서 어레이를 구성할 수 있다. 다층 플렉서블 압력 센서가 감지할 영역의 크기에 맞게, 배열되는 다층 플렉서블 압력 센서의 개수를 달리할 수 있고, 배치된 다층 플렉서블 압력 센서 어레이는 PET 지지층으로 고정되어 배열을 유지할 수 있다.

[0115] 일례로, 3x3 픽셀 또는 4x8 픽셀로 배열된 다층 플렉서블 압력 센서들을 포함하는 다층 플렉서블 압력 센서를 제조할 수 있다. 특히, 4x8 픽셀로 배열된 다층 플렉서블 압력 센서들과 이를 지지하는 PET 지지층을 포함하는 다층 플렉서블 압력 센서는 사용자의 걸음걸이를 분석할 수 있다.

[0117] 제시된 실시예들에 대한 설명은 임의의 본 발명의 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자가 본 발명을 이용하거나 또는 실시할 수 있도록 제공된다. 이러한 실시예들에 대한 다양한 변형들은 본 발명의 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 명백할 것이며, 여기에 정의된 일반적인 원리들은 본 발명의 범위를 벗어남이 없이 다른 실시예들에 적용될 수 있다. 그리하여, 본 발명은 여기에 제시된 실시예들로 한정되는 것이 아니라, 여기에 제시된 원리들 및 신규한 특징들과 일관되는 최광의의 범위에서 해석되어야 할 것이다.

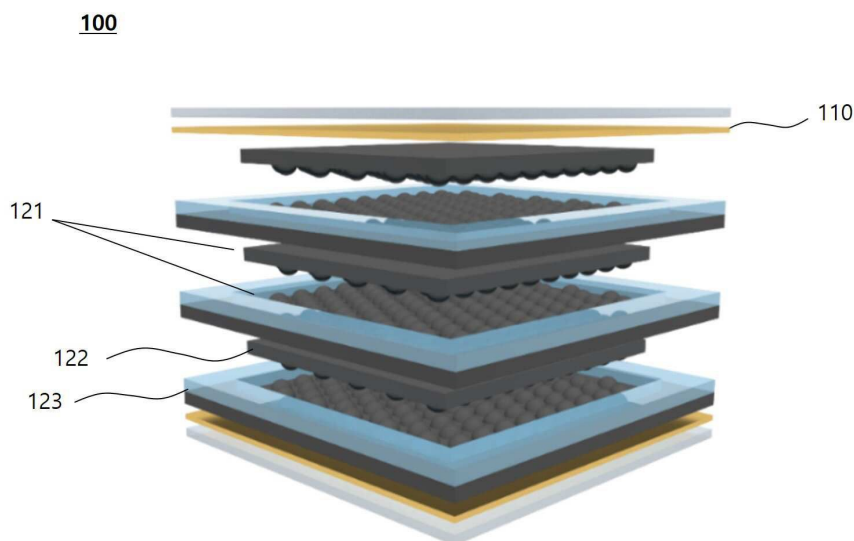
부호의 설명

[0118] 100: 다층 플렉서블 압력 센서
110: 전극
121: 단위층
122: 고분자층
123: 접착층
200: 복수개의 다층 플렉서블 압력 센서들 및 PET 지지층을 포함하는 다층 플렉서블 압력 센서
201: PET 지지층
210: 4x8 픽셀의 복수개의 다층 플렉서블 압력 센서들 및 PET 지지층을 포함하는 다층 플렉서블 압력 센서
300: 적층된 복수개의 단위층
301: 마이크로돔들이 형성된 면끼리 마주보는 고분자층들의 단면
302: 마이크로돔들이 형성된 고분자층의 일면
310: 마이크로돔
410: 종래의 단위층을 한 층만 포함하는 압력 센서의 압력 감지 특성을 나타내는 그래프
420: 본 발명의 일 실시예에 따른 다층 플렉서블 압력 센서의 압력 감지 특성을 나타내는 그래프
430: 본 발명의 일 실시예에 따른 다층 플렉서블 압력 센서가 감지할 수 있는 압력의 범위를 나타내는 이미지
510: PVDF, GO 및 PVDF, rGO 및 PVDF를 포함하는 복합소재에 대한 XRD 그래프
520: PVDF, 0.3 wt%의 rGO, 0.1 wt%의 rGO 또는 1.0 wt%의 rGO와 혼합된 PVDF를 포함하는 복합소재에 대한 XRD 그래프
610: 싱글레이어, 더블레이어, 트리플레이어 및 평면 구조의 고분자층의 압력 크기에 따른 전류 변화량(I/I_0)을 나타내는 그래프

- 620: 싱글레이어, 더블레이어, 트리플레이어 및 평면 구조의 고분자층의 압력 감지 민감도($(\Delta I/I_0)/P$)를 나타내는 그래프
- 630: 시뮬레이션을 통하여 계산된 싱글레이어, 더블레이어 및 트리플레이어의 압력에 따른 접촉 면적 변화를 나타내는 그래프
- 640: 싱글레이어, 더블레이어 및 트리플레이어의 100 kPa의 압력에 대한 압력 분산 정도를 나타내는 이미지
- 710: 압력 크기에 따른 다층 플렉서블 압력 센서의 실시간 압력 감지 특성을 나타내는 그래프
- 720: 압력 크기에 따른 다층 플렉서블 압력 센서의 응답 속도를 나타내는 그래프
- 730: 다층 플렉서블 압력 센서의 내구성을 측정한 결과를 나타내는 이미지
- 810: 다층 플렉서블 압력 센서의 표면에 약한 질소 가스를 가하는 것을 설명하는 이미지
- 820: 가스 유량에 따른 다층 플렉서블 압력 센서의 전류 변화를 나타내는 그래프
- 830: 동일한 양의 가스에 대한 다층 플렉서블 압력 센서의 실시간 감지 그래프
- 840: 싱글레이어, 더블레이어, 트리플레이어 및 평면 구조의 고분자층의 압전 기반 압력 감지 특성을 나타내는 그래프
- 910: 다층 플렉서블 압력 센서의 표면에 음파를 가하는 것을 설명하는 이미지
- 920, 940: 음파에 대한 다층 플렉서블 압력 센서의 감지 특성을 나타내는 그래프
- 930: 다층 플렉서블 압력 센서에 단일 주파수의 소리를 가했을 때, 다층 플렉서블 압력 센서에서 발생하는 압전 신호를 나타내는 그래프
- 1010: 다층 플렉서블 압력 센서를 통하여 호흡을 측정하는 것을 설명하는 이미지
- 1020: 다층 플렉서블 압력 센서를 통하여 호흡을 측정한 결과를 나타내는 그래프
- 1030: 다층 플렉서블 압력 센서를 통하여 맥박을 측정하는 것을 설명하는 이미지
- 1040: 다층 플렉서블 압력 센서를 통하여 맥박을 측정한 결과를 나타내는 그래프

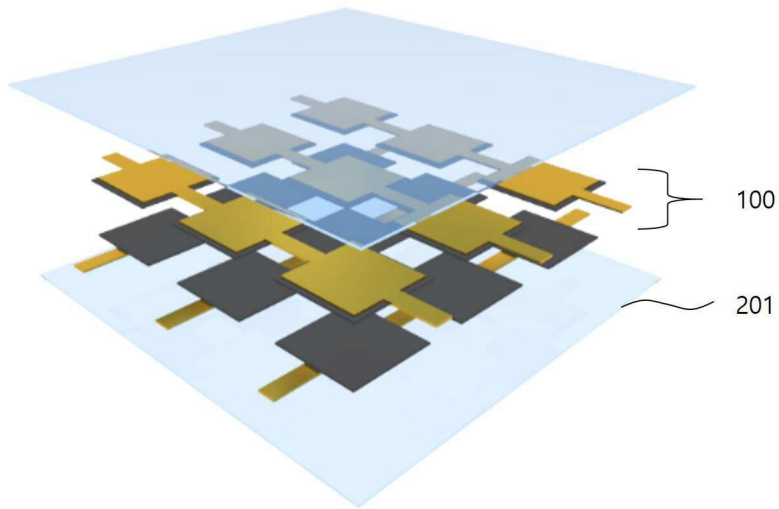
도면

도면1

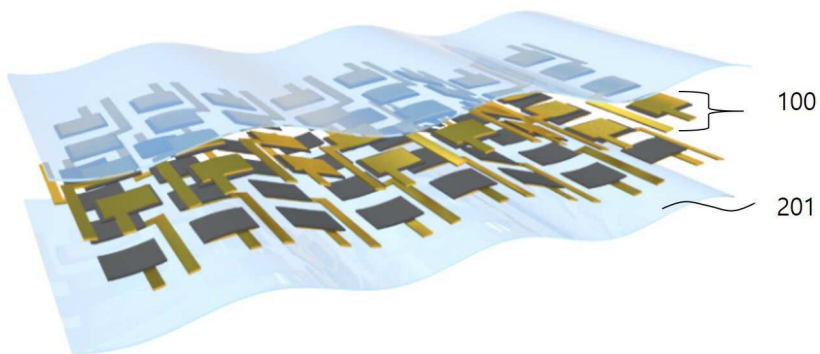


도면2

200

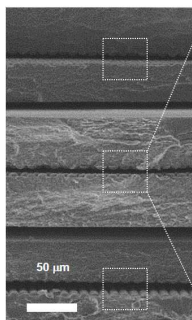


210

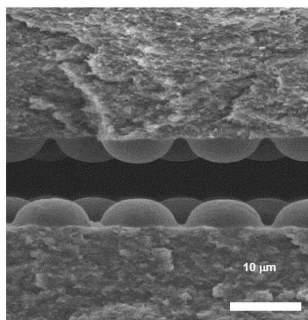


도면3

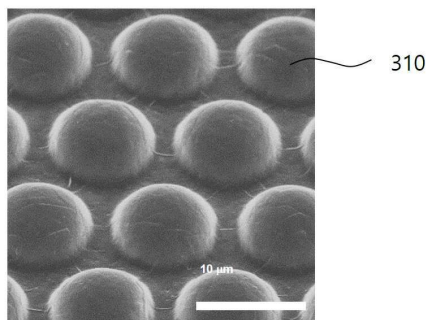
300



301

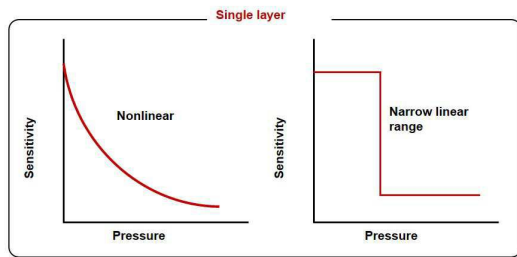


302

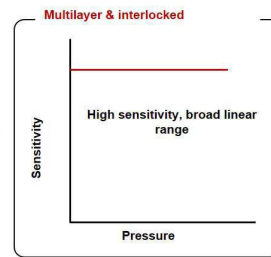


도면4

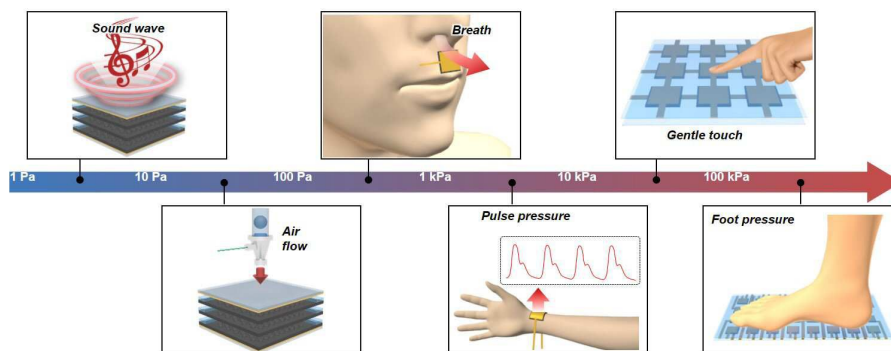
410



420

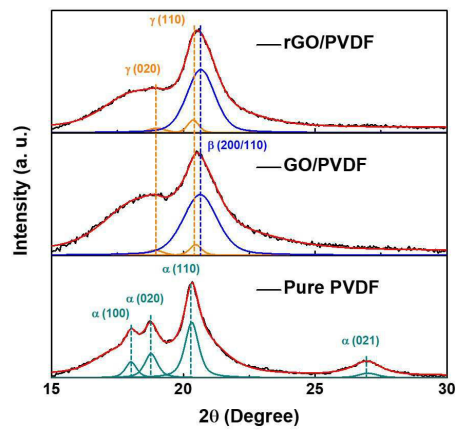


430

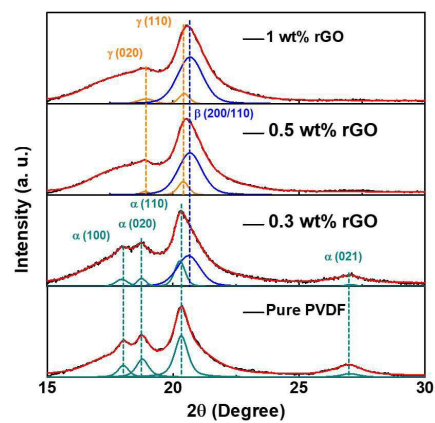


도면5

510

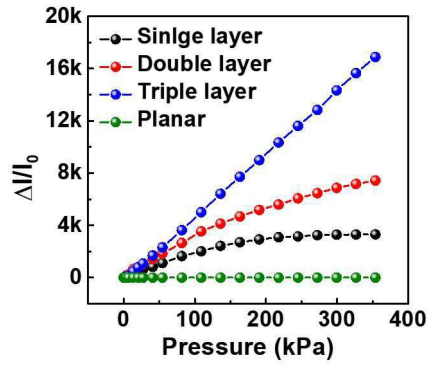


520

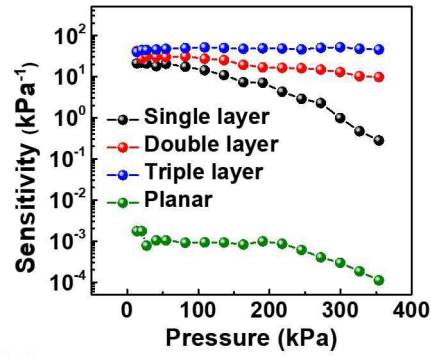


도면6

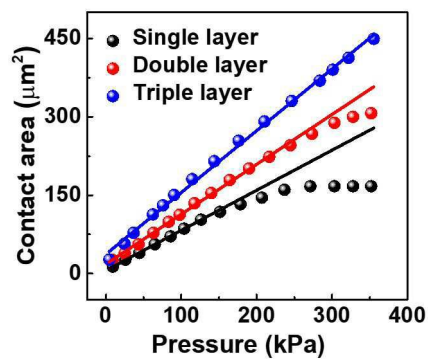
610



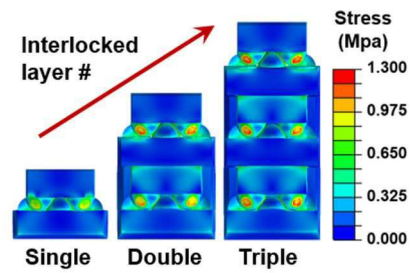
620



630

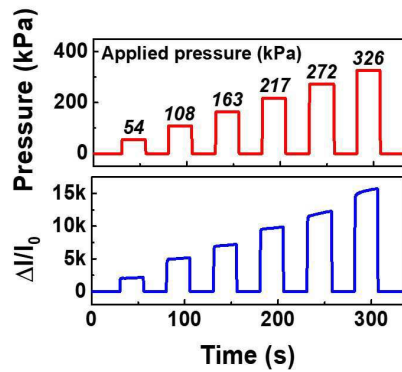


640

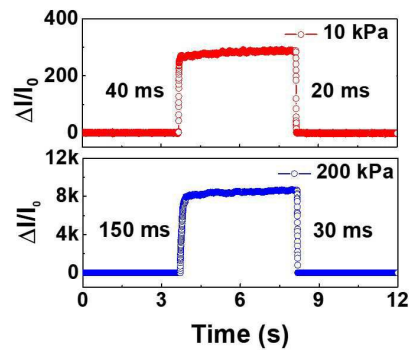


도면7

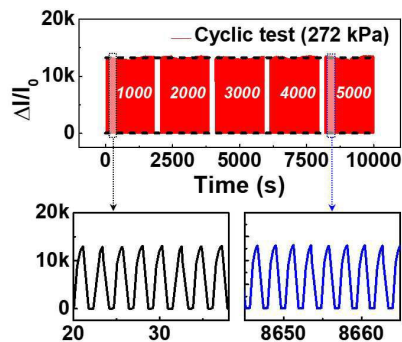
710



720

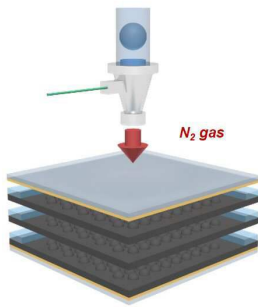


730

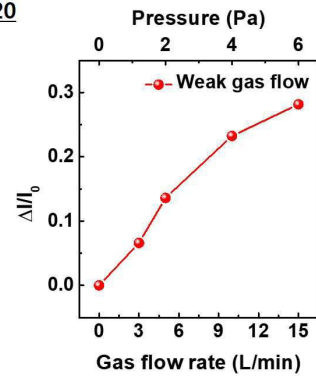


도면8

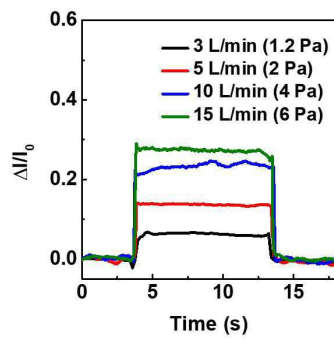
810



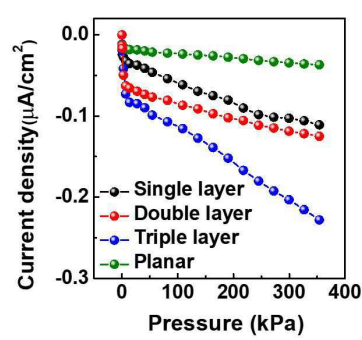
820



830

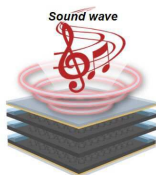


840

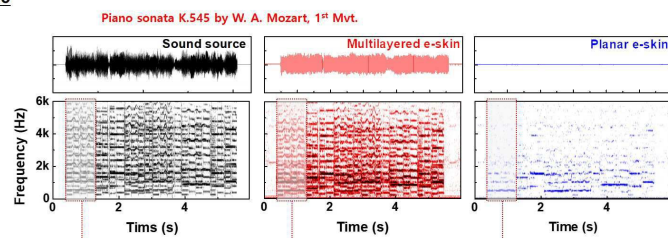


도면9

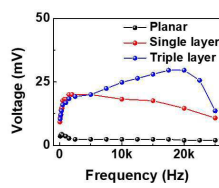
910



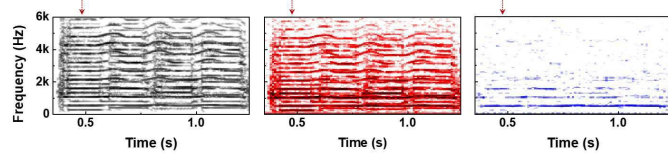
920



930

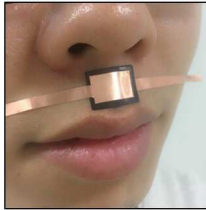


940

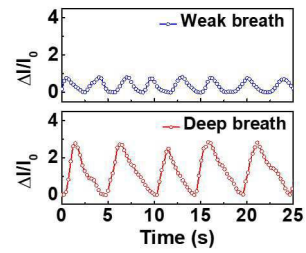


도면10

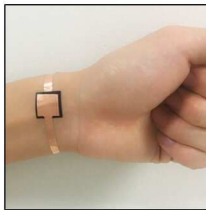
1010



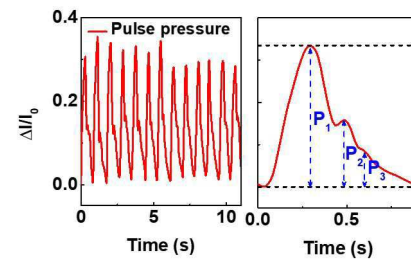
1020



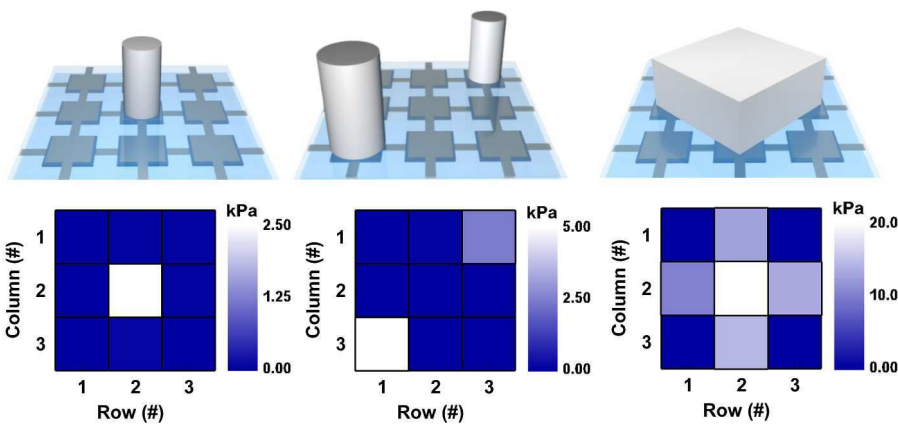
1030



1040



도면11



도면12

