



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2023-0027581  
(43) 공개일자 2023년02월28일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
H10N 30/85 (2023.01) A61B 5/02 (2006.01)  
H10N 35/00 (2023.01)  
(52) CPC특허분류  
H10N 30/85 (2023.02)  
A61B 5/02 (2013.01)  
(21) 출원번호 10-2021-0109553  
(22) 출원일자 2021년08월19일  
심사청구일자 2021년08월19일

(71) 출원인  
연세대학교 산학협력단  
서울특별시 서대문구 연세로 50 (신촌동, 연세대학교)  
(72) 발명자  
류원형  
경기도 고양시 일산서구 대산로 161, 503동 1404호(주엽동, 문촌마을5단지아파트)  
김윤정  
서울특별시 노원구 덕릉로71길 30, 103동 606호(중계동, 양지대림아파트)  
(74) 대리인  
특허법인(유한)아이시스

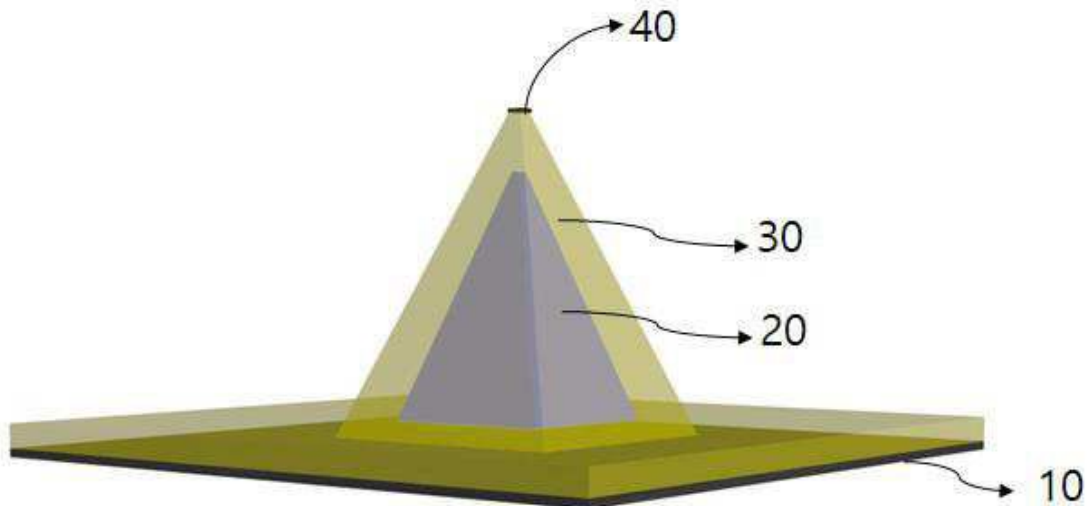
전체 청구항 수 : 총 5 항

(54) 발명의 명칭 **빨 형상 압전 구조물**

(57) 요약

본 발명은 전극 배치 및 압전물질의 형상과 배치를 통해 출력 신호의 크기가 증가된 빨 형상의 셀 타입 압전 구조물에 관한 것으로, 압전 구조물의 전극의 배치 및 압전물질의 형상과 배치를 통해 미세한 크기의 외력이 입력되는 경우에도 큰 출력 신호를 형성할 수 있어, 외력 신호에 대한 민감도가 향상되는바, 미세한 크기의 외력을 감지할 수 있는 압전 소자를 제작할 수 있고, 미세 진동이나 인체 활동 중 미세한 움직임으로부터 발생하는 소모성 기계적 에너지를 전기 에너지로 생성할 수 있어 대체 에너지로 활용 가능하며, 전기 에너지로의 변환 효율이 크고, 소형 및 경량화가 가능하여 민감한 센서를 제작하는데 활용할 수 있다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

**H10N 35/101** (2023.02)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711098982
과제번호	2019R1H1A2102116
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	개인기초연구(과기정통부)(R&D)
연구과제명	동맥경화반 진단을 위한 마이크로니들 전극 어레이가 결합된 별분카테터 임피던스
센서 제작	
기 여 율	1/1
과제수행기관명	연세대학교
연구기간	2019.09.01 ~ 2020.08.31

---

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

제1 전극층;

상기 제1 전극층 상에 배치되고, 하부에서 상부로 갈수록 단면적이 감소하는 뿔 형상의 구조체;

상기 뿔 형상의 구조체의 단부와 접하는 압전 물질층;

상기 압전 물질층 상에 배치되는 제2 전극층 및

상기 압전 물질층과 제1 전극층 사이에 배치되는 폴리머 층을 포함하고,

상기 폴리머 층은 상기 뿔 형상의 구조체를 둘러싸는 압전 구조물.

#### 청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 폴리머 층은 상기 뿔 형상의 구조체 보다 강성이 작은 소재인 압전 구조물.

#### 청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 폴리머 층은 상기 뿔 형상의 구조체의 단부를 중심으로 미리 정해진 각도로 경사가 형성된 압전 구조물.

#### 청구항 4

제 3 항에 있어서,

상기 폴리머 층과 상기 압전 물질층 사이에는 유동 공간이 형성된 압전 구조물.

#### 청구항 5

제1 전극층;

복수개의 구조체들;

상기 복수개의 구조체들의 외형을 따라 코팅되는 압전 물질층;

상기 압전 물질층으로 코팅된 복수개의 구조체들 사이에 도포되는 폴리머층 및

상기 폴리머층 상에 배치되어 상기 압전 물질층의 복수개의 단부와 접촉하는 제2 전극층;을 포함하고,

상기 복수개의 구조체들은 상기 제1 전극층 상에 배열되고, 하부에서 상부로 갈수록 단면적이 감소하는 생체신호 센싱 장치.

## 발명의 설명

### 기술 분야

[0001] 본 발명은 전극 배치 및 압전물질 형상과 배치를 통해 출력 신호의 세기가 증가된 뿔 형상의 압전 구조물에 관한 것이다.

### 배경 기술

[0002] 전기 에너지는 수력, 화석 연료 또는 핵연료와 같은 다양한 원료에서 얻어지며, 배터리와 같은 에너지 저장 소자에 저장되어 사용되고 있다. 상기 전기 에너지의 원료는 원료의 저장량이 한정되어 있으며, 발전 과정에서 공해 물질을 발생시키므로, 고갈 가능성이 적고 친환경적인 대체 에너지원에 대한 관심이 집중되고 있다. 상기 대

체 에너지원으로 태양광, 진동, 열 및 풍력과 같은 자연적인 에너지원으로부터 발생하는 에너지를 전기 에너지로 전환시켜 수확하는 에너지 하베스팅 기술이 주목받고 있다.

[0003] 최근에는, 상기 에너지 하베스팅 기술이 소형 전자 기기의 전원 공급 문제를 근본적으로 해결할 수 있는 방법으로 제시되고 있다. 그 중 진동 에너지를 이용한 에너지 하베스팅 기술은 주변에 존재하는 미세 진동이나 인체활동 중 미세한 움직임으로부터 발생하는 소모성 기계 에너지를 전기 에너지로 추출할 수 있다.

[0004] 전술한 진동 에너지를 전기 에너지로 변환하는 방식에는 정전기(electrostatic), 전자기(electromagnetic), 또는 압전(piezoelectric) 효과를 이용하는 방식이 있고, 상기 효과를 이용하는 에너지 변환 방식 중 압전 효과를 이용하는 방식은 변환 효율이 크고 소형화 및 경량화가 가능한 이점으로 인하여 에너지 하베스터, 가속도 센서, AE(Acoustic Emission) 센서, 충격 센서, 노킹(Knocking) 센서와 같은 압전 센서 및 무선 모바일 소형 전자기기에 적합한 대체 에너지원으로 활용 가능하다.

[0005] 다만, 대부분의 압전 소재에 대한 연구들은 압전재료들을 활용하여 구조 자체에 변화를 주어 신호를 증폭시키는 데에 집중되어 있고, 전극의 배치에 변화를 주어 출력을 증가시키는 부분에 대한 연구는 드물다.

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

[0006] 이에, 본 발명은 압전 구조물의 전극의 배치 및 압전물질의 형상과 배치를 통해 미세한 크기의 외력이 입력되는 경우에도 큰 출력의 신호가 발생하는 뿔 형상 압전 구조물을 형성하는 것을 목적으로 한다.

### 과제의 해결 수단

[0007] 상기 목적을 달성하기 위해, 제1 전극층; 상기 제1 전극층 상에 구비되고, 하부에서 상부로 갈수록 단면적이 감소하는 뿔 형상의 구조체; 상기 구조체의 외형을 따라 코팅되거나 필름 형상의 압전 물질층; 뿔형상의 구조체 측면부를 둘러싸며 압전물질층과 하부 전극층 사이에 도포되어 그 사이를 채우는 폴리머 층, 및 상기 압전 물질층의 단부 상에 구비되는 제2 전극층;을 포함하는 압전구조물을 제공한다.

[0008] 하나의 실시예로, 상기 구조체의 강성이 상기 압전 물질층의 강성보다 작은 압전구조물을 제공한다.

[0009] 다른 하나의 실시예로, 상기 압전 물질층의 두께는 상기 구조체의 평균 단면적의 근보다 작은 압전구조물을 제공한다.

[0010] 또 다른 하나의 실시예로, 제1 전극층; 상기 제1 전극층 상에 구비되고, 하부에서 상부로 갈수록 단면적이 감소하며, 복수개가 패턴화되어 배열되는 뿔 형상의 구조체; 상기 구조체의 외형을 따라 코팅되는 압전 물질층; 상기 압전 물질층으로 코팅된 복수개의 구조체 사이에 도포되는 폴리머층 및 상기 폴리머층 상에 배치되어 상기 압전 물질층의 복수개의 단부와 접촉하는 제2 전극층;을 포함하는 압전구조물을 이용한 맥박과 같은 물리적 생체신호 센싱 장치를 제공한다.

[0011] 또 다른 하나의 실시예로, 제1 전극층; 상기 제1 전극층 상에 구비되고, 하부에서 상부로 갈수록 단면적이 감소하며, 복수개가 패턴화되어 배열되는 뿔 형상의 구조체; 상기 구조체의 외형을 따라 코팅되는 압전 물질층; 상기 압전 물질층으로 코팅된 복수개의 구조체 사이에 도포되는 폴리머층 및 상기 폴리머층 상에 배치되어 상기 압전 물질층의 복수개의 단부와 접촉하는 제2 전극층;을 포함하는 압전구조물을 구비한 에너지 하베스팅 장치를 제공한다.

## 발명의 효과

### 도면의 간단한 설명

[0013] 도 1은 본 발명에 따른 하나의 실시예에 따른 피라미드형 셀 타입의 압전 구조물의 사시도를 도시한 것이다.

도 2은 본 발명에 따른 하나의 실시예에 따른 압전 구조물의 단면도를 도시한 것이다.

도 3a는 본 발명에 따른 하나의 실시예에 따른 솔리드 타입의 압전 구조물의 형태를 개략적으로 도시한 것이다.

도 3b는 본 발명에 따른 하나의 실시예에 따른 셀 타입의 압전 구조물의 형태를 개략적으로 도시한 것이다.

도 4a는 솔리드 타입의 압전 구조물의 전기 전위(electric potential)를 나타낸 것이다.

도 4b는 셸 타입의 압전 구조물의 전기 전위(electric potential)를 나타낸 것이다.

도 5는 제1 전극층과 제2 전극층의 배치에 따라 발생하는 출력의 크기를 비교한 표이다.

도 6a는 제1 전극층과 제2 전극층의 배치 방법 중 하나를 나타낸 것이다.

도 6b는 제1 전극층과 제2 전극층의 배치 방법 중 다른 하나를 나타낸 것이다.

도 6c는 제1 전극층과 제2 전극층의 배치 방법 중 또 다른 하나를 나타낸 것이다.

도 7a는 제1 전극층과 제2 전극층의 배치 방법에 따라 발생하는 셸 타입의 압전 구조물의 전기 전위(electric potential)를 시뮬레이션한 것이다.

도 7b는 제1 전극층과 제2 전극층의 배치 방법에 따라 발생하는 셸 타입의 압전 구조물의 전기 전위(electric potential)를 시뮬레이션한 것이다.

도 7c는 제1 전극층과 제2 전극층의 배치 방법에 따라 발생하는 셸 타입의 압전 구조물의 전기 전위(electric potential)를 시뮬레이션한 것이다.

도 8은 본 발명에 따른 하나의 실시예로 복수개의 압전 구조물이 배치된 예를 도시한 것이다.

도 9는 본 발명에 따른 하나의 실시예로 복수개의 압전 구조물의 상에 배치된 균일 플레이트를 개략적으로 도시한 것이다.

도 10은 본 발명에 따른 하나의 실시예로 복수개의 압전 구조물 단부상에 배치된 하나의 제2 전극층을 도시한 것이다.

도 11은 본 발명에 따른 압전 구조물을 활용한 생체신호 센싱 장치를 설명하기 위한 실시예를 나타낸 것이다.

도 12는 도 11에서 3개의 압전 구조물(A)의 단면을 확대하여 나타낸 것이다.

도 13은 본 발명에 따른 일 실시예인 생체신호 센싱 장치를 활용하여 인체의 목에서 발생하는 맥박 신호를 측정하는 신호 그래프를 나타낸 것이다.

도 14는 압전물질이 필름형상으로 뿔형상 구조물 상부에 적용될 경우 세가지 서로 다른 유형의 압전 구조물(모델 A, 모델 B 및 모델 C 타입)의 개략적인 구조를 나타낸 것이다.

도 15는 도 14에 따른 모델 A, 모델 B 및 모델 C 타입의 세가지 서로 다른 유형의 압전 구조물의 응력 분포 및 전위를 나타낸 것이다.

도 16는 도 14의 압전 구조물 각 모델 유형에 따른 시뮬레이션 결과를 나타낸 것이다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0014] 이하 설명하는 발명은 다양한 변경을 가할 수 있고 여러 가지 실시예를 가질 수 있는 바, 특정 실시예들을 도면에 예시하고 상세하게 설명하고자 한다. 그러나, 이는 이하 설명하는 발명을 특정한 실시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 이하 설명하는 기술의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다.

[0016] 도 1 내지 도 13에는 본 발명에 따른 뿔 형상의 셸 타입 압전 구조물을 설명하기 위한 그림이 도시되어 있다. 이하, 본 발명의 이해를 돕기 위해 첨부된 도면을 참고하여 본 발명을 보다 상세히 설명한다. 그러나 하기의 실시예는 본 발명을 보다 쉽게 이해하기 위해 제공되는 것일 뿐, 하기 실시예에 의해 본 발명의 내용이 한정되는 것은 아니다.

[0018] 도 1은 본 발명에 따른 하나의 실시예로써 압전 구조물의 사시도를 나타낸 것이고, 도 2는 본 발명에 따른 하나의 실시예로써 압전 구조물의 단면도를 나타낸 것이다. 도 1 및 도 2를 참조하여 설명하면, 본 발명에 따른 압전 구조물은 제1 전극층(10), 뿔 형상의 구조체(20), 압전물질층(30) 및 제2 전극층(40)를 포함한다.

- [0019] 제1 전극층(10)은 평평한 평면일 수 있고, 상기 뿔 형상의 구조체(20)의 바닥면 및 압전 물질층(30)과 맞닿아 있을 수 있다. 제1 전극층(10)은 전극으로 이용 가능한 모든 물질을 활용할 수 있고, 이에 제한되는 것은 아니나, 예를 들어, 백금(Pt), 은(Au), 인듐 주석 산화물(indium tin oxide, ITO), 투명 전도성 산화물(transparent conducting oxide, TCO), 은나노(silver nano), 탄소나노튜브(carbon nanotube, CNT), 그래핀(graphene) 또는 전도성 고분자(conducting polymer)일 수 있다.
- [0020] 뿔 형상의 구조체(20)는 제1 전극층(10) 상에 구비되고, 하부에서 상부로 갈수록 수평 단면의 단면적이 감소하는 형태일 수 있다. 상기 단면적은 삼각형 또는 사각형 등의 다각형뿐만 아니라 원형 또는 타원형 일 수 있다. 측면은 하부에서 상부로 갈수록 기울기가 감소 또는 증가하는 곡면형태일 수 있고, 기울기가 일정한 평면형태일 수 있다. 뿔 형상의 구조는 원기둥, 다각기둥 등의 기둥 형태로 형성하는 경우보다 수직에서 가해지는 압력에 대해 돌출된 단부상에서 받는 응력집중이 더 크게 발생되어 변형이 더 용이해질 수 있다.
- [0021] 도 1에 상기 뿔 형상의 구조체(20)는 사각뿔 형상만을 도시하였으나 삼각뿔, 오각뿔, 육각뿔 등의 다각뿔 형상뿐만 아니라 원뿔 형상으로도 형성될 수 있다. 뿔 형상은 돌출된 단부에 응력집중이 발생하기 때문에 기둥 형상으로 압전 구조물을 제작하는 경우에 비해 압전 구조물의 변형이 용이해 지며, 그만큼 출력되는 전압 및/또는 전류의 크기도 커질 수 있다.
- [0022] 또한, 구조체(20)는 외형에 따라 압전 물질층(30)으로 코팅되고, 상기 구조체(20)는 압전 물질층(30)에 비하여 변형이 용이한 재료를 포함하고 있어 압전 물질층(30)의 변형이 쉽게 발생할 수 있다. 상기 구조체(20)는 압전 물질층(30)의 소재보다 강성이 작고 무르며 연성의 소재인 것이 바람직하고, poly(dimethylsiloxane(PDMS), EcoFlex 등의 실리콘 고무(elastomer), 하이드로겔, 아세테이트(acetate), 폴리아마이드(polyamide), 에폭시(epoxy), 폴리에테르이미드(PEI) 또는 polymethylmethacrylate(PMMA) 소재일 수 있다. 또한, 상기 소재를 이용하게 되면, 압전 물질층(30)이 외부 자극에 의해 쉽게 변형이 일어나고, 구조체(20)를 압전물질만으로 형성하는 경우의 출력되는 전압 및/또는 전류보다 구조체(20)를 압전물질층(30)보다 강성이 작고 무르며 연성의 소재로 형성하는 경우의 출력되는 전압 및/또는 전압이 증가할 수 있다.
- [0023] 상기 구조체(20)는 뿔 형상으로 빈 공간이 없는 형태 뿐만 아니라 다수의 기공이 존재하는 형태로도 제작이 가능하다. 상기 구조체(20)에 다수의 기공이 형성되어 있는 경우 압전 물질층(30)의 변형이 더욱 쉽게 발생할 수 있다. 상기 뿔 형상은 원뿔 형상 뿐만 아니라 삼각뿔, 사각뿔 등의 다각뿔 형상으로 형성하는 것도 가능하다. 다만, 구조체(20)의 배치 및 제작이 용이한 사각뿔이나 원뿔로 제작하는 것이 바람직하다. 상기 구조체(20)의 돌출된 단부는 뾰족하게 형성할 수 있고, 제2 전극층(40)의 부착을 용이하게 하기위해 평평하게 형성될 수 있다.
- [0024] 상기 구조체(20)는 하나 또는 복수개일 수 있고, 복수개인 경우 사방으로 서로 일정 간격 이격되도록 배치되거나 임의의 위치에 분산되도록 배치될 수 있다. 또한, 상기 구조체(20)의 개수만큼 압전 물질층(30) 및 제2 전극층(40)이 구비될 수 있다.
- [0025] 압전 물질층(30)은 유기 용매에 의해 일정한 점성을 갖고, 이를 통해 액상화가 가능한 물질일 수 있다. 일 예로 압전 물질층(30)은 ZnO, GaN, ZnMgO, InN, Barium titanate(BaTiO<sub>3</sub>), Lead Zirconate Titanate(PZT), Polyvinylidene fluoride(PVDF), 로셀염, NH<sub>4</sub>H<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>(ADP), KH<sub>2</sub>PO<sub>4</sub>(KDP), 타르타르산에틸렌디아민, α-AlPO<sub>4</sub>(Berlinit), α-SiO<sub>2</sub>(Quartz), LiTiO<sub>3</sub>, LiNbO<sub>3</sub>, SrxBayNb<sub>2</sub>O<sub>8</sub>, Pb<sub>5</sub>-Ge<sub>3</sub>O<sub>11</sub>, Tb<sub>2</sub>(MoO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>, Li<sub>2</sub>B<sub>4</sub>O<sub>7</sub>, CdS, ZnO, Bi<sub>12</sub>SiO<sub>20</sub>, Bi<sub>12</sub>GeO<sub>20</sub>, P(VDFTeFE), TGS, PZT-PVDF, PZT-Silicon Rubber, PZT-Epoxy, PZT-발포 Polymer, PZT-발포 우레탄, PVDF-TrFE, 압전 나노 및 마이크로 저장된 소재 중 어느 하나 이상을 포함할 수 있다.
- [0026] 상기 압전 물질층(30)은 상기 뿔 형상의 구조체(20)의 외형에 따라 코팅되어 뿔 형상의 구조체(20)의 형상에 따라 형태가 형성될 수 있다. 압전물질이 뿔 형상으로 형성되는 경우 상부에서 수직인 힘으로 압전 물질층(30)에 압력을 가하면 압전물질의 뿔 부분에 응력이 집중되므로 상기 압전 물질층(30)의 변형 정도가 커져 출력값인 전류 및/또는 전압이 증가할 수 있다.
- [0027] 상기 압전 물질층(30)이 상기 구조체(20)의 외형에 따라 코팅되는 두께는 상기 구조체(20)의 평균 단면적의 제곱근(square root)보다 작을 수 있다.
- [0028] 도 3a는 솔리드 타입의 압전 구조물의 개략적인 도시를 나타낸 것이고, 도 3b는 셀 타입의 압전 구조물의 형태를 개략적으로 나타낸 것이다. 압전물질의 배치에 따라서 압전 구조물의 내부에 뿔 형상의 구조체로 구비되면



솔리드 타입, 압전 구조물의 외측면에 뿔 형상 구조체의 껍질에 구비되면 셸 타입에 해당된다. 도 3a를 참조하여 설명하면, 솔리드 타입의 압전 구조물은 뿔 형상 구조체(20)를 압전물질인 PVDF로 제조하고, 상기 압전 물질을 PDMS로 코팅을 한다. 도 3b를 참조하여 설명하면, 셸 타입의 압전 구조물은 뿔 형상 구조체(20)를 압전물질보다 강성이 작고 무른 PDMS로 제조하고, 상기 구조체(20)를 압전물질인 PVDF로 코팅하는 것을 의미한다.

[0029] 도 4a 및 도 4b는 솔리드 타입과 셸 타입의 압전 구조물의 전기 전위(electric potential)를 나타낸 것이고, 도 5는 솔리드 타입의 압전 구조물과 셸 타입의 압전구조물의 출력 신호 크기를 나타낸 표이다. 도 4a 및 도 4b를 참조하면, 셸 타입의 압전 구조물이 솔리드 타입의 압전 구조물보다 전극 상단에 전기 전위(electric potential)가 더 높은 것을 확인할 수 있다. 솔리드 타입의 압전 구조물은 수직 방향의 외력을 받더라도 내부의 압전물질을 더욱 응집시키므로 압전물질의 변형이 발생을 어렵게 만든다. 반면, 셸 타입의 압전 구조물은 수직 방향으로 힘을 받았을 때, 내부의 구조체(20)가 상기 압전 물질층(30)의 소재보다 강도가 약한 PDMS소재이므로 압전 물질층(30)의 변형을 더욱 용이하게 하기 때문이다. 도 5를 참조하면, 셸 타입의 압전 구조물이 솔리드 타입의 압전 구조물에 비해서 약 3배 더 강한 신호가 출력되는 것을 확인할 수 있다. 따라서 셸 타입의 압전 구조물은 솔리드 타입의 압전 구조물보다 같은 힘을 받더라도 더 민감한 센서를 만들 수 있다.

[0030] 제2 전극층(40)은 전극으로 이용 가능한 모든 물질을 활용할 수 있고, 이에 제한되는 것은 아니나, 예를 들어, 백금(Pt), 은(Au), 인듐 주석 산화물(indium tin oxide, ITO), 투명 전도성 산화물(transparent conducting oxide, TCO), 은나노(silver nano), 탄소나노튜브(carbon nanotube, CNT), 그래핀(graphene) 또는 전도성 고분자(conducting polymer)일 수 있다.

[0031] 도 5는 제1 전극층과 제2 전극층의 배치에 따라 발생하는 출력의 크기를 비교한 표이고, 도 6a, 도 6b 및 도 6c는 제1 전극층과 제2 전극층의 여러 배치 방법을 나타낸 것이다. 도 6a는 제1 전극층(10)과 제2 전극층(20)이 동일 평면상에 위치하여 상기 제1 전극층(10)과 제2 전극층(20) 상에 압전 물질층(30)이 구비되는 경우를 의미한다(전극 배치 A). 도 6b는 제1 전극층(10) 상에 구조체(20) 및 압전 물질층(30)이 구비되고, 제2 전극층(40)은 상기 압전 물질층(40) 상부면을 코팅하는 경우를 의미한다(전극 배치 B). 도 6c는 제1 전극층(10) 상에 구조체(20) 및 압전 물질층(30)이 구비되고, 제2 전극층(40)은 상기 압전 물질층(30)의 돌출된 단부에 배치되는 경우를 의미한다(전극 배치 C).

[0032] 압전현상에 의하여 발생하는 전압( $V$ )은 아래와 같이 압전현상에 의해 발생하는 전하량( $Q$ )과 압전구조물 전극 간 정의된 정전용량( $C$ )에 의해 결정된다.

[0033]  $V = Q/C$  ----- 식 1

[0034] ( $V$ : 압전으로 발생하는 전압,  $Q$ : 압전현상으로 생성된 전하량,

[0035]  $C$ : 전극간 정전용량)

[0036] 즉, 정전용량( $C$ )는 전극 간 거리가 멀수록 작아지므로 동일 조건에서 전극 간의 거리가 멀어질수록 압전 현상으로 발생하는 전압의 크기가 증가한다. 본 발명의 뿔 형상의 압전 구조물에서 제1 전극층(10)과 제2 전극층(40) 간의 거리가 가장 먼 경우는 제1 전극층(10)이 압전 구조물(20)의 하부에 배치되고, 제2 전극층(40)은 압전 물질층(30)의 돌출된 단부 상에 위치되므로 출력되는 신호의 크기가 가장 크다. 도 5를 참조하면, 제1 전극층(10)과 제2 전극층(40)간의 가장 거리가 먼 경우인 전극 배치 C의 경우가 출력의 신호가 가장 큰 것을 확인할 수 있다.

[0037] 도 7a, 도 7b 및 도 7c는 제1 전극층과 제2 전극층의 전극 배치에 따른 전기 전위(electric potential)를 나타낸 것이고, 도 5는 제1 전극층(10)과 제2 전극층(40)의 배치에 따른 출력값의 크기를 측정해본 결과를 표로 나타낸 것이다. 도 5 및 도 7a를 참조하면, 전극 배치 A는 제1 전극층과 제2 전극층이 동일 평면상에 위치하여 제1 전극층(10)과 제2 전극층(40)간의 거리가 가장 작아 출력되는 신호값의 크기가 가장 작고, 전기 전위(electric potential) 역시 가장 작다. 도 5 및 도 7b를 참조하면, 전극 배치 B는 제1 전극층과 제2 전극층이 이격되어 위치하나 제2 전극층이 압전 물질층의 돌출된 단부뿐만 아니라 측면까지 감싸는 형태가 되어 평균적인 이격 거리가 전극 배치 A보다는 멀고, 전극 배치 C의 경우보다 가깝다. 도 5 및 도 7c를 참조하면, 전극 배치 C의 경우 제1 전극층(10)이 가장 아래에 배치되고, 제2 전극층(40)은 압전 물질층(30)의 돌출된 단부상에 위치하여 제1 전극층(10)과 제2 전극층(40)간의 거리가 가장 멀다. 따라서 상기 식 1에 의해 전극 배치 C는 전극 배치 A 및 전극 배치 B의 경우보다 출력되는 신호의 크기가 더 큰 것을 확인할 수 있다. 이러한 이유로 본 발명의 압전 구조물은 미세한 외력에도 출력값이 강하므로 미세한 힘을 측정하는 장치에 활용될 수 있다. 따라서 바람과 유속 측정센서, 인체의 심장박동, 횡경막 활동, 호흡 및 맥박 측정장치 및 터치 스크린 센서 등에서 민감하게

반응하는 센서로 활용할 수 있다.

- [0038] 도 8은 복수개의 압전 구조물이 복수개 배치되는 것을 나타낸 도면이고, 도 9는 하나의 실시예로써, 복수개의 압전 구조물의 상에 배치된 균일 플레이트를 개략적으로 나타낸 도면이다. 도 8 및 도 9를 참조하면, 균일 플레이트(50)는 복수개의 압전 구조물의 제2 전극층(40) 상부면과 동시에 접촉하는 얇은 평면 판으로, 상기 균일 플레이트(50)에 외력이 가해지면 상기 복수개의 압전 구조물의 단부에 모두 균일한 힘이 분배되어 각각의 압전 구조물은 동일한 에너지를 발생시킬 수 있다. 상기 균일 플레이트(50)는 얇고 탄성력 있는 소재로써, 외력에 대해 변형 및 복원 능력이 뛰어난 소재로 형성되는 것이 바람직하다. 또한, 상기 균일 플레이트(50)는 상기 복수개의 압전 구조물에 대해 자중에 의한 일정한 압력을 가할 수 있으므로 상기 균일 플레이트(50)에 작은 외력이라도 가해지면 상기 압전 구조물의 변형이 더욱 용이하게 되어, 더욱 감도가 높은 압전 구조물을 제조할 수 있다. 또한, 복수개의 압전 구조물을 이용하여 넓은 면적을 센싱할 수 있다.
- [0039] 도 10은 다른 하나의 실시예로써, 압전 물질층으로 코팅된 제1 구조체층의 복수의 돌출 단부와 접촉하는 제2 전극층을 나타낸 것이다. 도 10을 참조하면, 제1 전극층(10) 상에 복수개의 뿔 형상 구조체(20)가 일정한 간격으로 일렬로 또는 사방으로 배열되고 압전 물질층(20)으로 코팅된 제1 구조체층이 형성되고, 제1 구조체 층의 돌출된 복수의 단부는 하나의 제2 전극층(40)과 접촉하여 연결될 수 있다.
- [0040] 도 11은 본 발명에 따른 압전 구조물을 활용한 생체신호 센싱 장치를 설명하기 위한 실시예를 나타낸 것이고, 도 12는 도 11에서 3개의 압전 구조물(A)의 단면을 확대하여 나타낸 것이고, 도 13은 본 발명에 따른 일 실시예인 생체신호 센싱 장치를 활용하여 인체의 목에서 발생하는 생체신호인 맥박 신호를 측정된 신호 그래프를 나타낸 것이다. 도 11 및 도 12를 참조하여 설명하면, 상기 생체신호 센싱 장치는 제1 전극층, 복수개의 구조체들 및 상기 복수개의 구조체들의 외형을 다라 코팅되는 압전 물질층, 상기 압전 물질층으로 코팅된 복수개의 구조체들 사이에 도포되는 폴리머층 및 상기 폴리머층 상에 배치되어 상기 압전 물질층의 복수개의 단부와 접촉하는 제2 전극층을 포함할 수 있다. 상기 복수개의 구조체들은 상기 제1 전극층 상에 배열되고, 하부에서 상부로 갈수록 단면적이 감소하도록 형성될 수 있다. 상기 폴리머 층은 Ecoflex 소재를, 복수개의 구조체들은 PDMS 소재를, 압전 물질층은 P[VDF-TrFE] 소재일 수 있다. 복수개의 구조체들 사이에 폴리머 층을 미리 도포한 후 제2 전극층을 배치하면 제1 전극층과 제2 전극층과의 거리를 멀게 할 수 있다. 도 13을 참조하면, 인체의 목 부분 맥박의 미세한 물리적 자극에도 상기 생체신호 센싱 장치에서 시간의 변화에 따라 전기적 신호가 생성됨을 알 수 있다.
- [0041] 상기 생체신호 센싱 장치 이외에도 본 발명에 따른 압전 구조물을 활용하면 디스플레이용 터치스크린, 자동차 타이어 공기압 정보장치(Tire Pressure Monitoring System, TPMS), 인공피부 센서, 초음파 압전 모터 등 여러 응용 장치에 적용하여 에너지 하베스팅 장치를 제조할 수 있다.
- [0042] 도 14 및 도 15는 필름형상의 압전물질을 뿔형상 구조물 상부에 적용하는 경우 세가지 서로 다른 유형의 압전 구조물(모델 A, 모델 B 및 모델 C 타입)의 개략적인 형태 및 각각의 타입에 따라 가해지는 응력분포(stress distribution) 및 전위(electrical potential)를 나타낸 것이다. 모델 A는 도 6b에서 나타난 헬 타입의 압전구조물에 해당한다.
- [0043] 모델 B는 제1 전극층(10), 제1 전극층(10) 상에 배치되는 뿔 형상의 구조체(20), 적어도 일부가 상기 뿔 형상의 구조체의 단부와 접하는 압전 물질층(30), 압전 물질층(30) 상에 배치되는 제2 전극층 및 상기 뿔형상의 구조체(20)의 측면부를 둘러싸며 압전 물질층(30)과 제1 전극층(10) 사이에 도포되어 그 사이를 채우는 폴리머 층(60)을 포함하는 압전 구조물일 수 있다. 압전 물질층(30)은 압전 물질이 필름 형태로 형성될 수 있다.
- [0044] 뿔 형상의 구조체(20)의 소재는 폴리머 층(60)의 소재보다 강성, 특히, 영률(young modulus)이 더 큰 소재일 수 있다. 폴리머 층(60)은 실리콘 소재일 수 있고, 바람직하게 Ecoflex 소재일 수 있다.
- [0045] 모델 C는 모델 B에서 도포된 폴리머 층(60)이 뿔 형상의 구조체(20) 단부를 중심으로 미리 정해진 각도로 경사가 형성되며, 형성된 경사로 인해 압전 물질층(30)과 폴리머 층(60) 사이에는 유동 공간(61)이 형성될 수 있다. 유동 공간(61)은 모델 A 및 모델 B의 경우보다 압전 물질층(30)에 효과적으로 더 큰 응력이 가해지도록 할 수 있으며, 이를 통해 압전 구조물로부터 더 큰 압전 신호(voltage)가 발생하게 할 수 있다.
- [0046] 도 15를 참조하여 설명하면, 압전 소재의 특성상 압전 물질층(30)에 가해지는 응력의 크기에 따라서 높은 압전 신호(voltage)가 발생된다. 따라서 압전 물질 층(30)이 필름 형태로 형성된 모델 B 및 모델 C는 모델 A보다 압전 물질층(30)에 더 큰 응력이 가해지며, 이에 따라 발생하는 전위(electrical potential)의 크기도 모델 A보다 크다는 것을 알 수 있다.



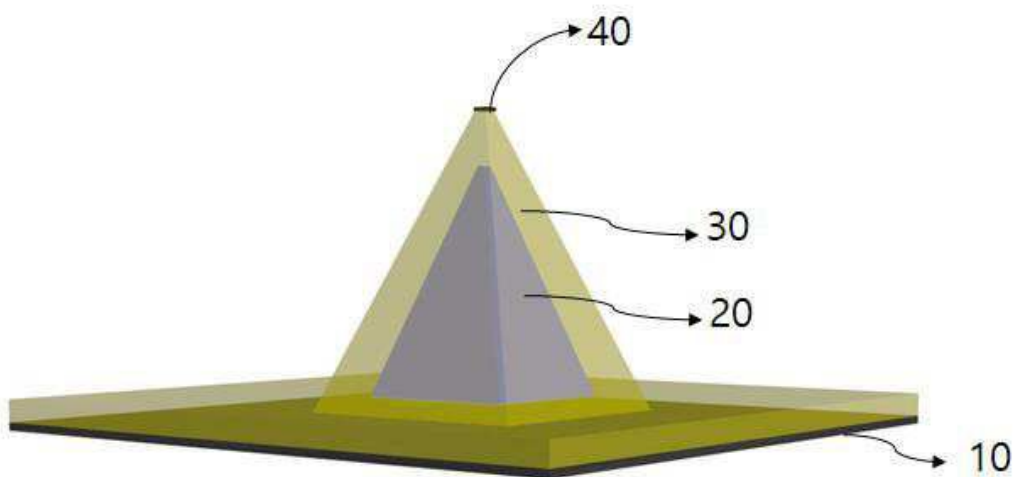
- [0047] 도 16은 도 14의 압전 구조물 각 모델 유형에 따른 시뮬레이션 결과를 나타낸 것이다. 이를 참조하여 설명하면, 압전 물질층(30)에 형성되는 전하 밀도는 압전상수와 압전 물질층(30)에 가해지는 응력의 크기에 비례하고, 압전 물질층(30)에 유도된 전하량은 정전용량과 전압을 곱한 값으로 높은 전압을 얻기 위해서는 응력이 크고 낮은 정전용량을 가질수록 유리하다.
- [0048] 도 16 (a)를 참조하면, 모델 A는 전극 간의 이격 거리가 짧아 정전 용량이 가장 크고, 모델 B 및 모델 C는 정전 용량이 모델 A보다 작다.
- [0049] 도 16 (b)를 참조하면, 모델 C는 직하방의 힘이 가해지면 압전 물질층(30)이 굽혀지며 유도되는 응력이 모델 A 내지 모델 C 중에서 가장 크므로, 가장 높은 전하 밀도가 유도되며, 모델 C는 정전 용량이 작기 때문에 가장 높은 전압이 발생할 수 있다. 도 16 (c)는 1 mN이 가해지는 경우 발생 되는 전압을 나타낸 것으로써, 모델 C가 모델 A 내지 모델 C 중에서 발생 되는 전압이 가장 큰 것을 알 수 있다.
- [0051] 이상 실시예를 통해 본 기술을 설명하였으나, 본 기술은 이에 제한되는 것은 아니다. 상기 실시예는 본 기술의 취지 및 범위를 벗어나지 않고 수정되거나 변경될 수 있으며, 본 기술분야의 통상의 기술자는 이러한 수정과 변경도 본 기술에 속하는 것임을 알 수 있을 것이다.

### 부호의 설명

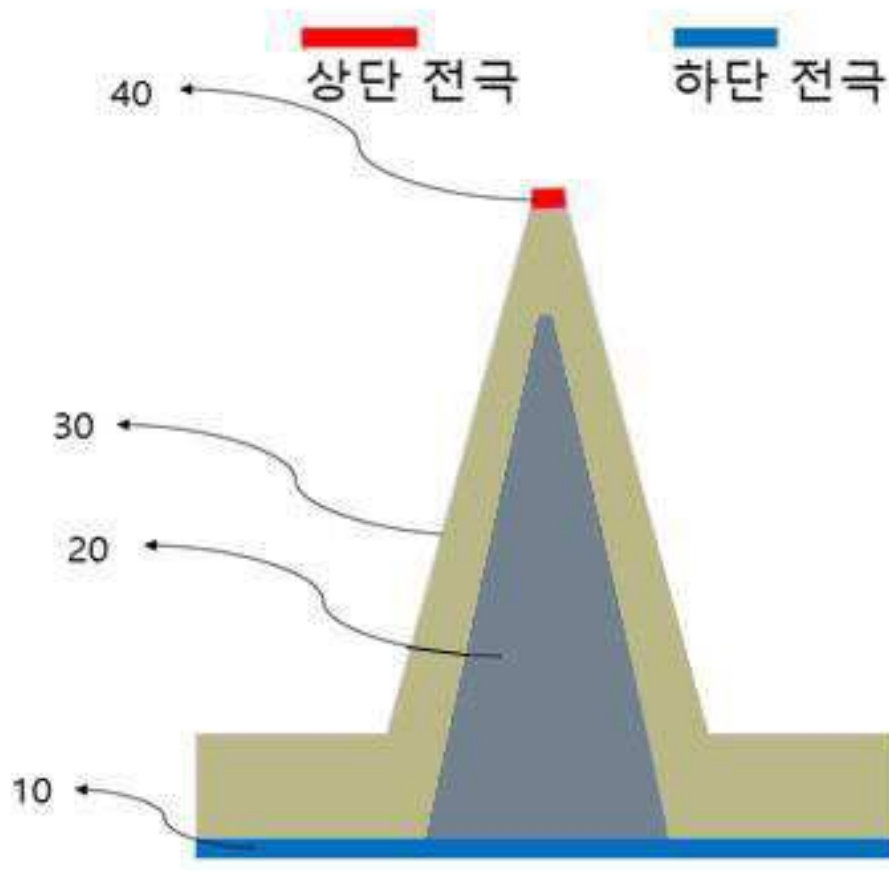
- [0052] 10 : 제1 전극층 20 : 뿔 형상의 구조체  
30 : 압전 물질층 40 : 제2 전극층  
50 : 균일 플레이트 60 : 폴리머 층

### 도면

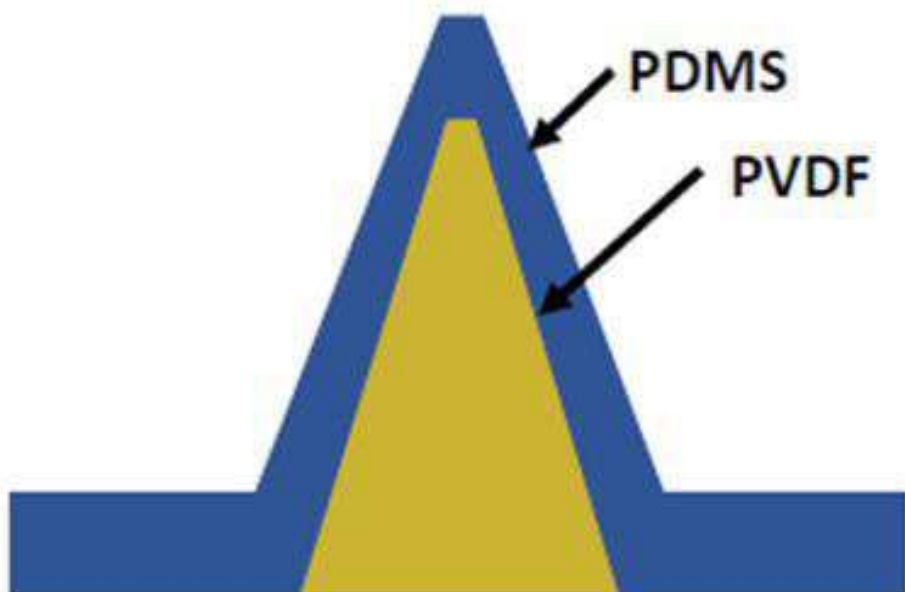
#### 도면1



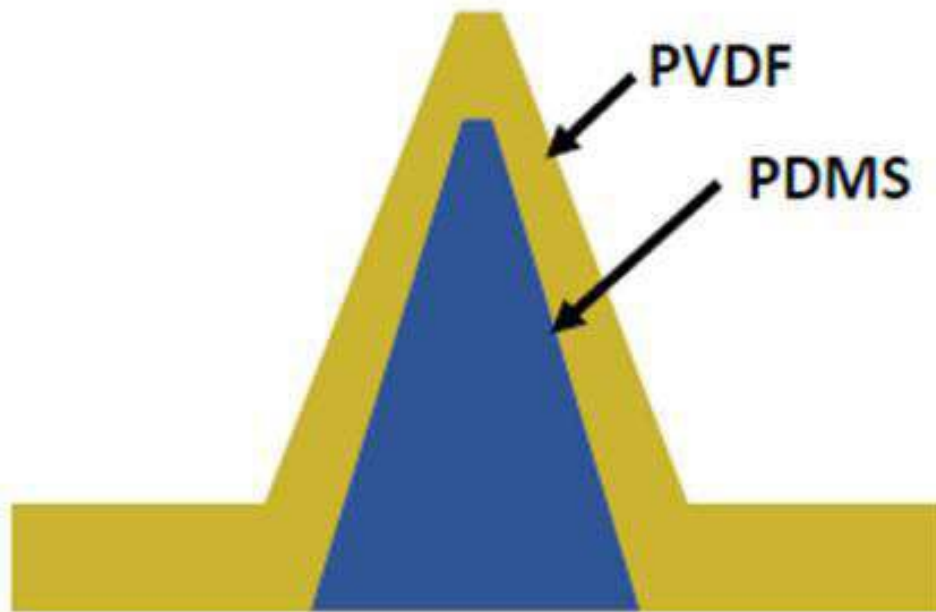
도면2



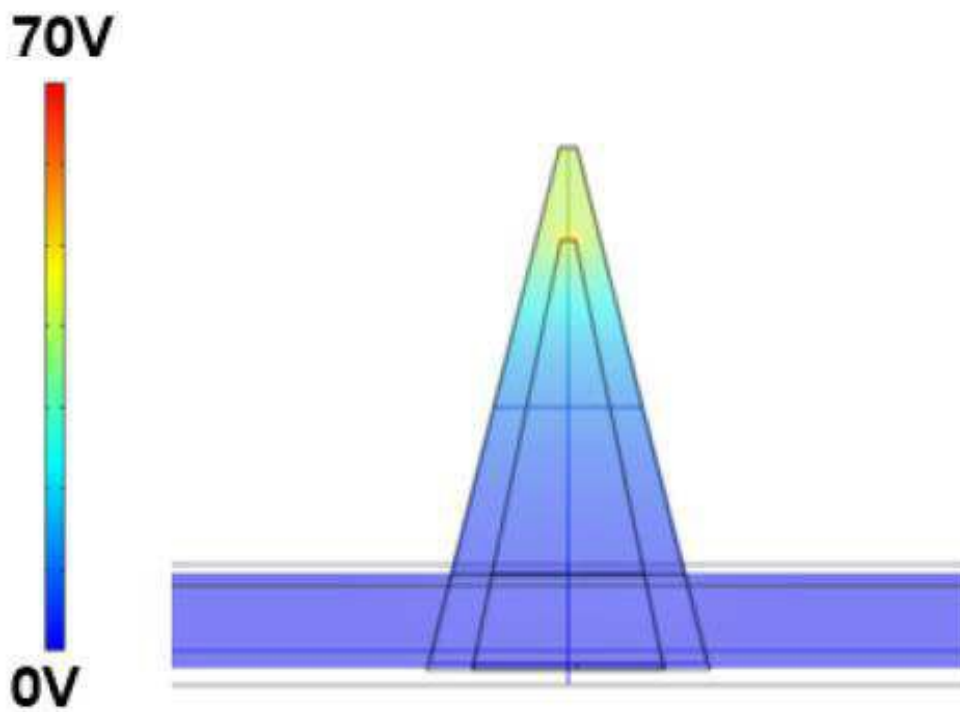
도면3a



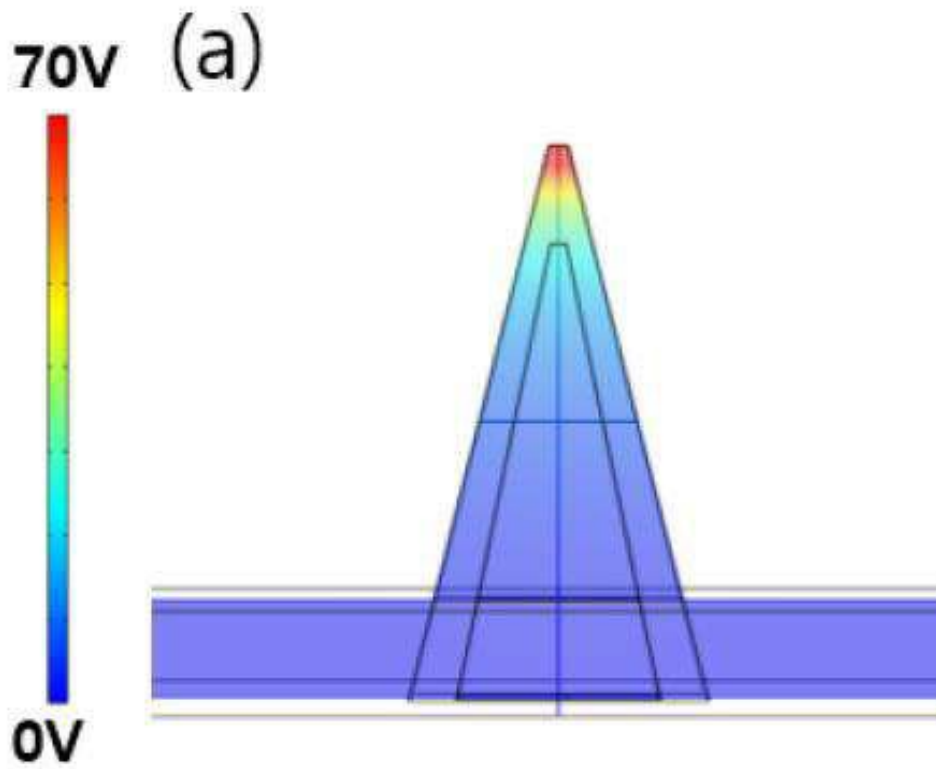
도면3b



도면4a



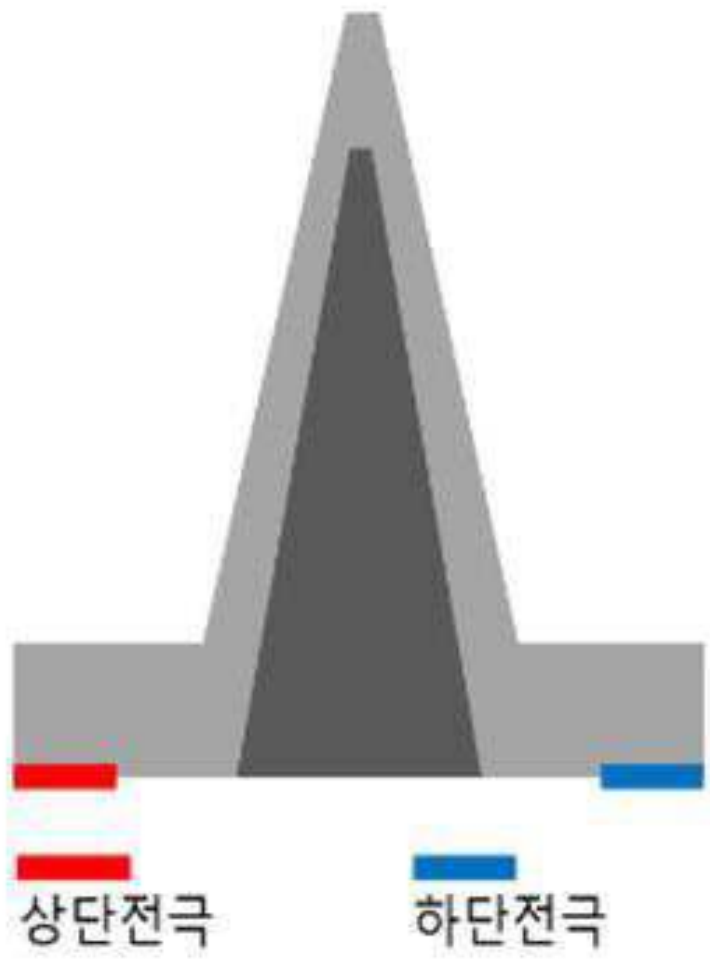
도면4b



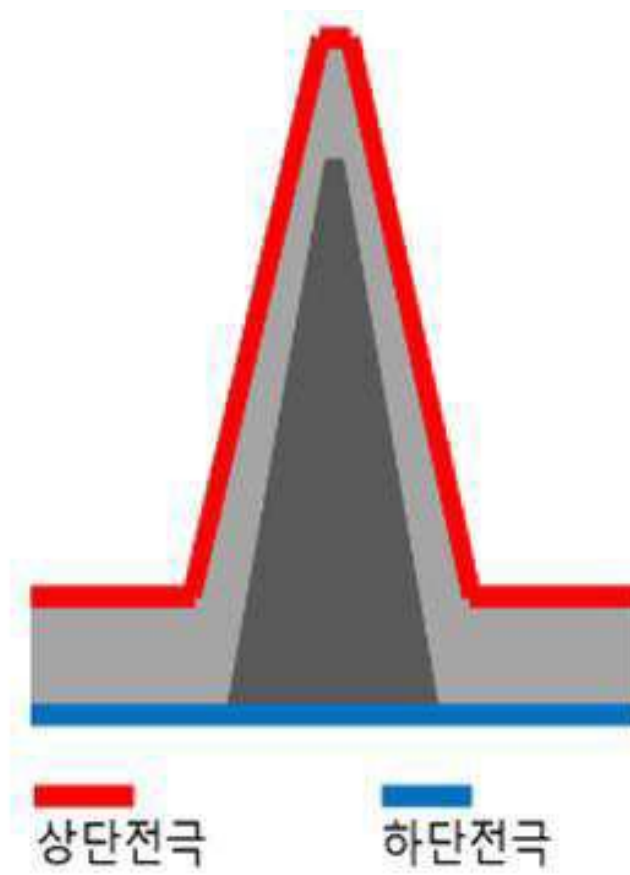
도면5

	솔리드 타입 구조물의 신호크기	헬 타입 구조물의 신호크기
전극 배치 A 	0.001 V	0.0004 V
전극 배치 B 	0.075 V	0.02 V
전극 배치 C 	20 V	56 V

도면6a



도면6b

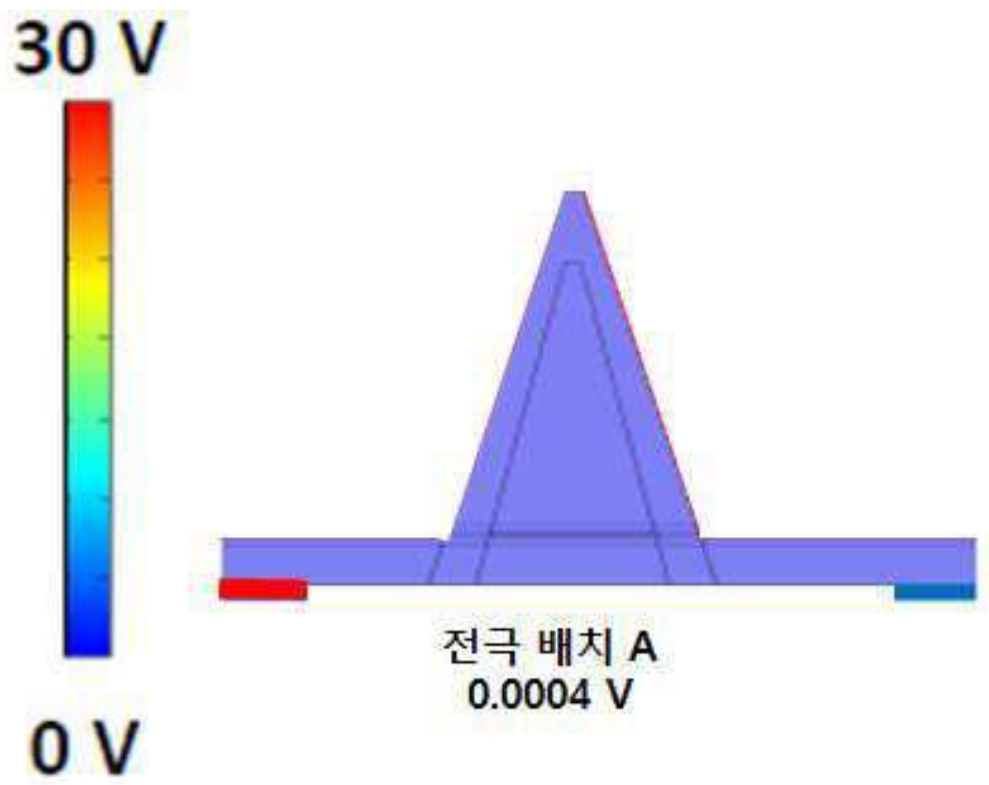




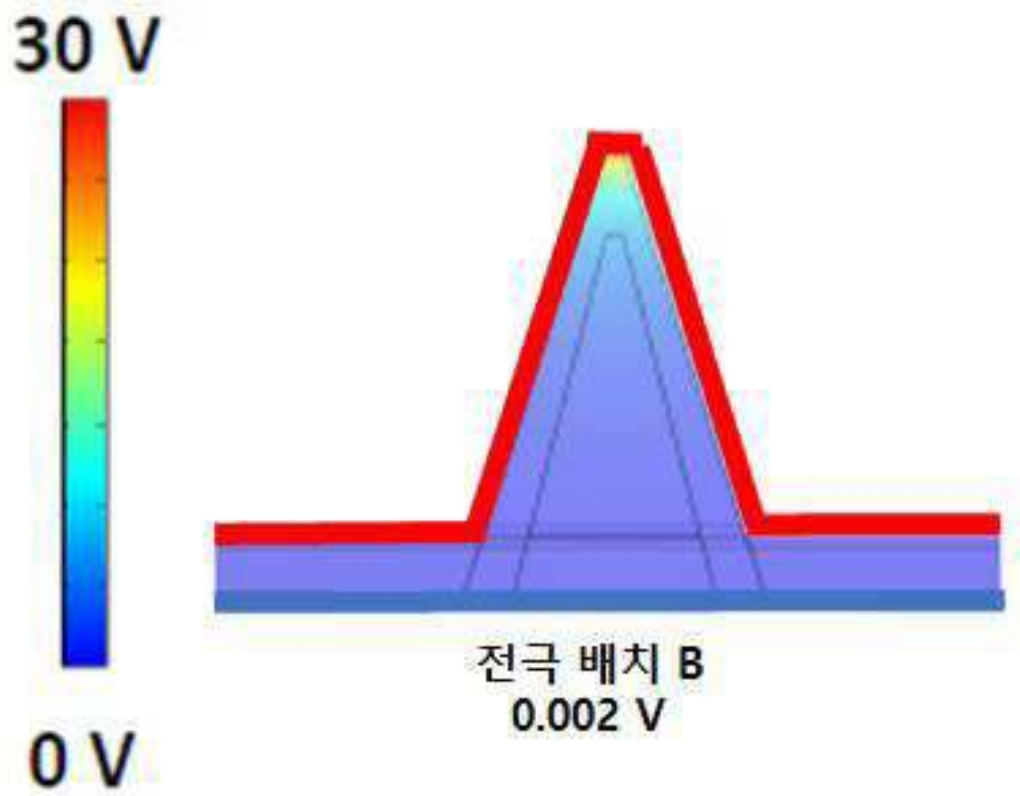
도면6c



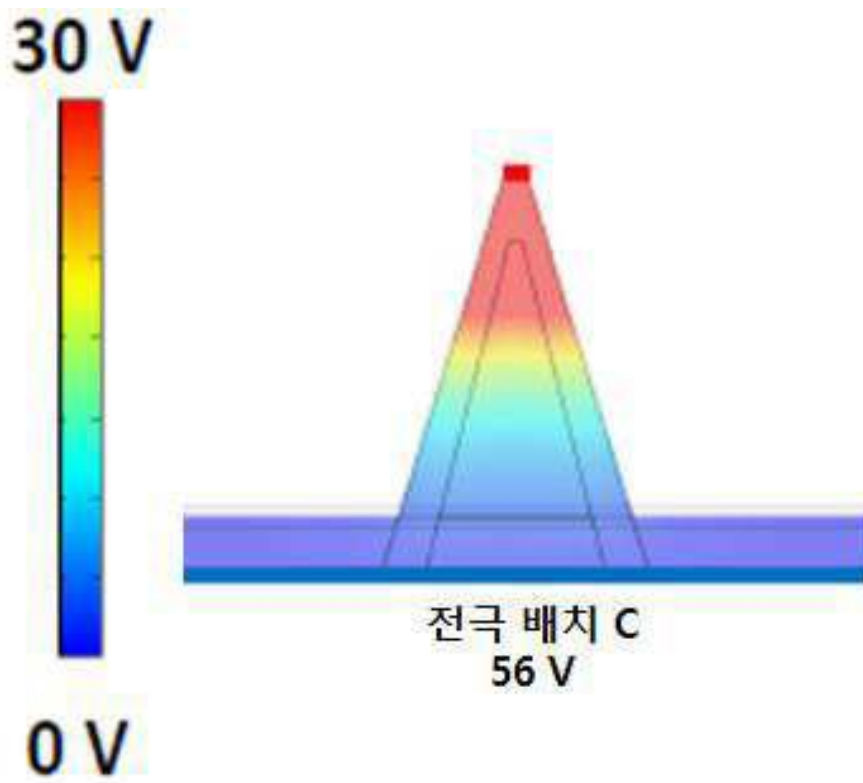
도면7a



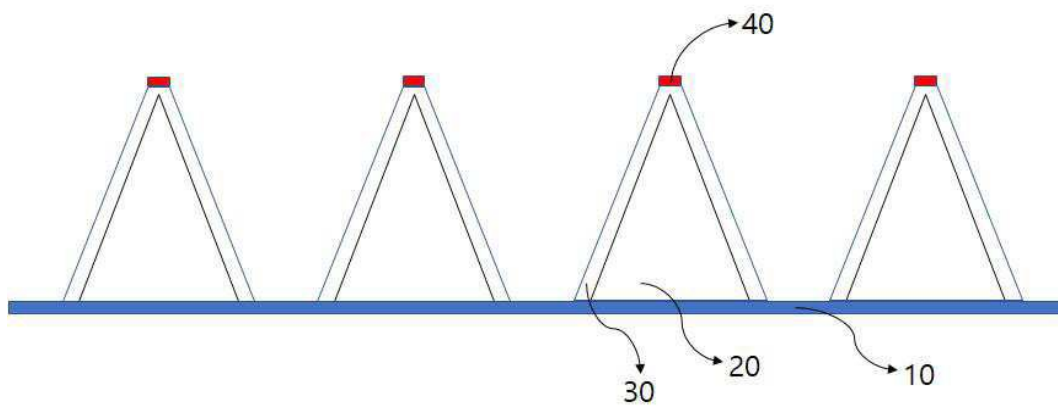
도면 7b



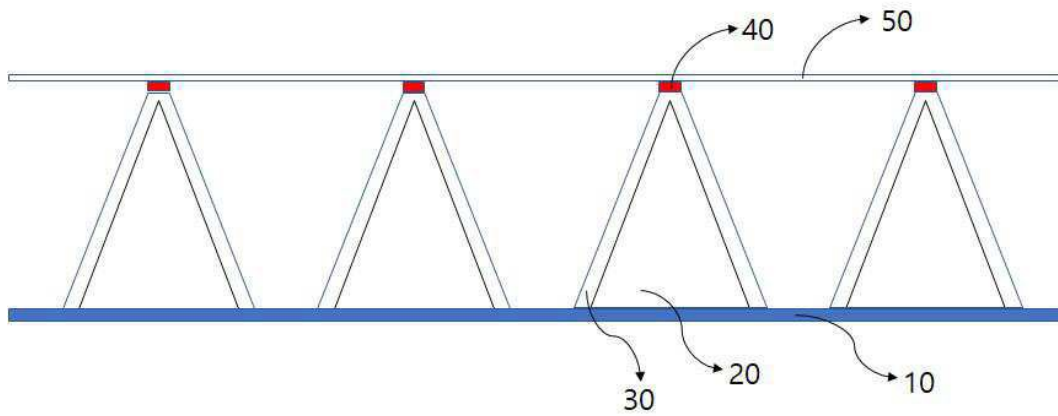
도면7c



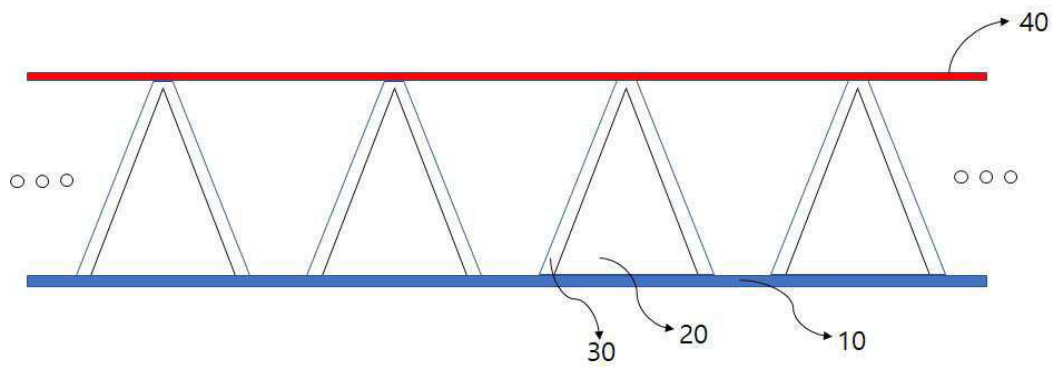
도면8



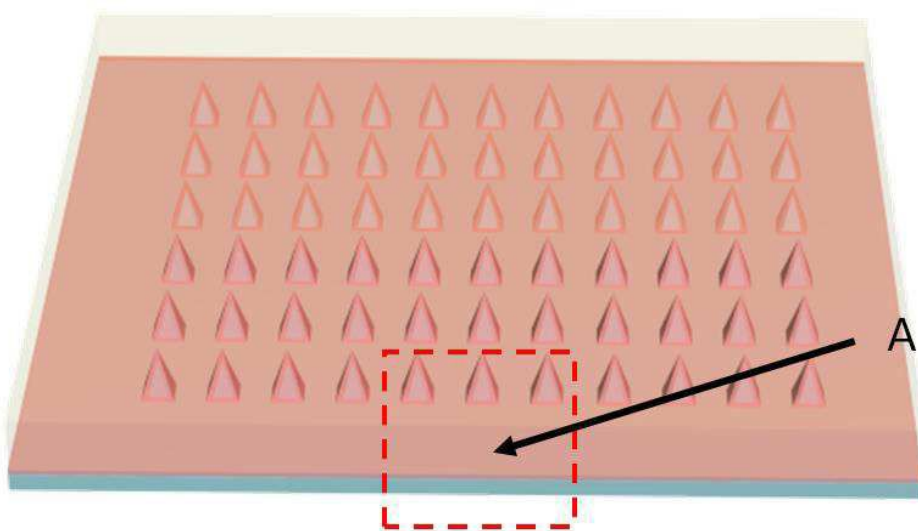
도면9



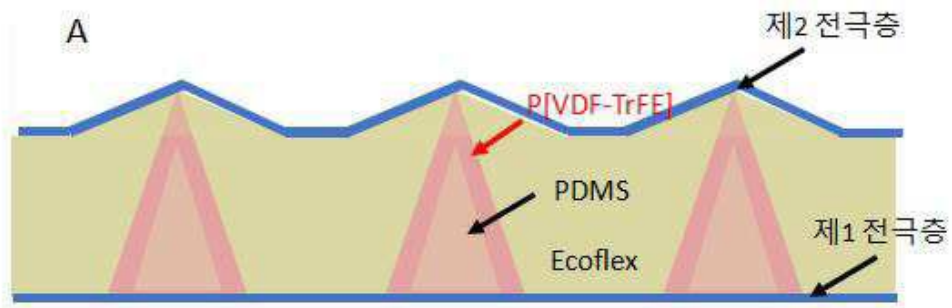
도면10



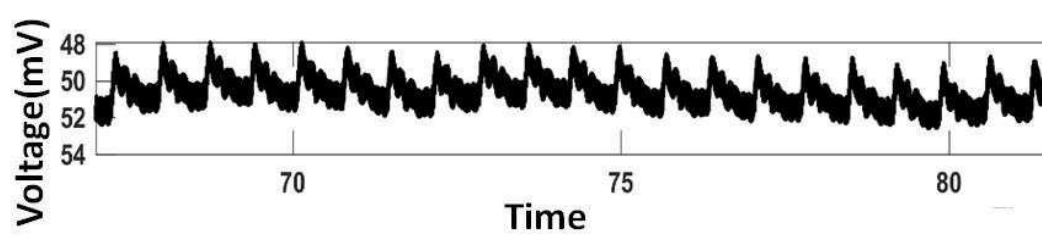
도면11



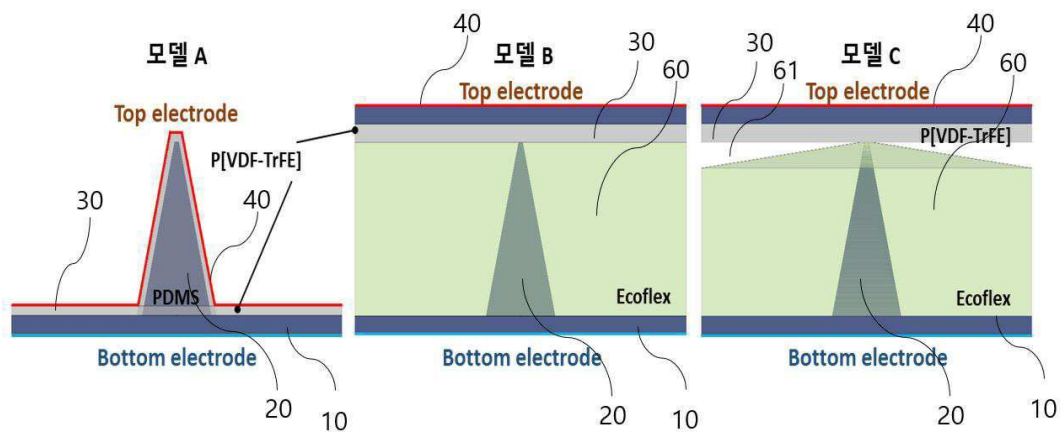
도면12



도면13

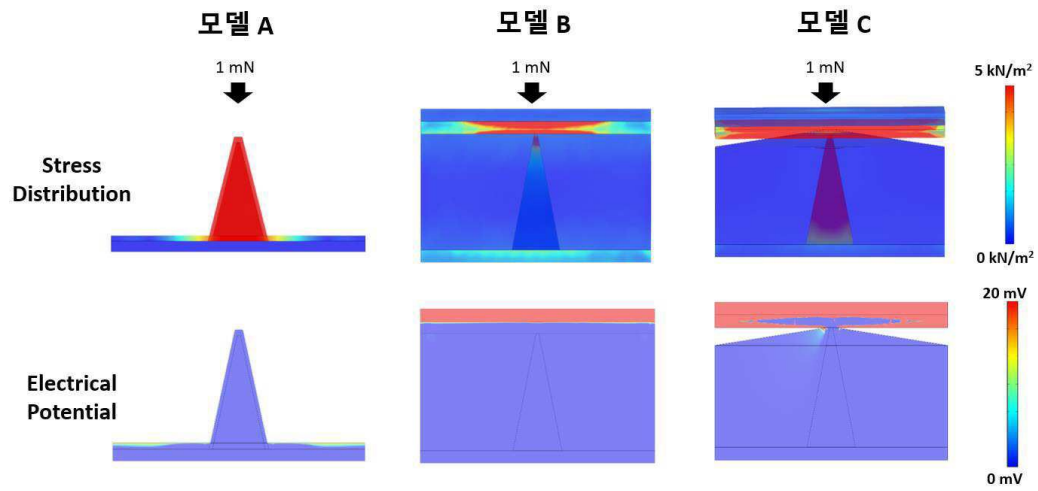


도면14





도면15



도면16

