(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2020-0013488
(43) 공개일자 2020년02월07일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H02N 1/04 (2006.01)
(52) CPC특허분류
H02N 1/04 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2018-0088738
(22) 출원일자 2018년07월30일
심사청구일자 2018년07월30일

(71) 출원인
경희대학교 산학협력단
경기도 용인시 기흥구 덕영대로 1732 (서천동, 경희대학교 국제캠퍼스내)
한양대학교 산학협력단
서울특별시 성동구 왕십리로 222(행당동, 한양대학교내)
(72) 발명자
최덕현
경기도 성남시 분당구 정자로76번길 10, 203동 805호(정자동, 상록마을라이프2단지아파트)
김도환
경기도 안양시 동안구 학의로 146, 209동 1301호 (관양동, 한가람삼성아파트)
(뒷면에 계속)
(74) 대리인
김연권

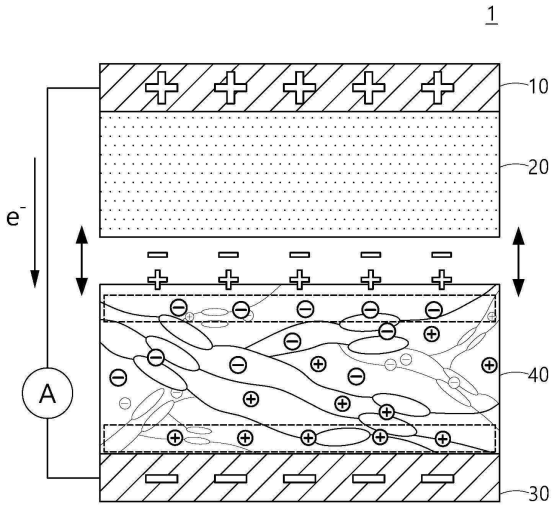
전체 청구항 수 : 총 17 항

(54) 발명의 명칭 **이온성 탄성중합체를 이용한 정전 발전장치**

(57) 요 약

본 발명은 많은 양의 전기 에너지를 생성하기 위해서 내부의 전기 용량을 증가시키고, 표면에 많은 전하가 위치할 수 있도록 하는 이온성 탄성중합체를 이용한 정전 발전장치에 관한 것으로, 제1전극과 상기 제1전극층의 상부에 구비되고, 탄성중합체와 이온성 액체를 포함하는 이온성 탄성중합체와 상기 제1전극과 이격 배치되고, 상기 제1전극과 전기적으로 연결되는 제2전극 및 상기 제2전극의 하부에 구비되고, 상기 이온성 탄성중합체와 선택적으로 접촉하며, 상기 이온성 탄성중합체에 비하여 상대적으로 음전하 대전물질로 형성되는 절연체를 포함하고, 상기 이온성 탄성중합체 및 상기 절연체는 외력에 의하여 접촉 또는 분리되고, 상기 이온성 탄성중합체 및 상기 절연체가 접촉 및 분리되는 경우 상기 제1전극 및 상기 제2전극 사이에 전기적 에너지가 발생한다.

대 표 도 - 도1



(72) 발명자

황희재

경기도 용인시 기흥구 덕영대로 1732, 공과대학 실험동 223호(서천동)

김주성

경기도 용인시 수지구 대지로 139, 106동 1601호(죽전동, 용인죽전동부센트레빌)

지은송

인천광역시 부평구 안남로 260, 501동 1204호(산곡동, 현대아파트)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 2016R1A4A1012950
부처명 과학기술정보통신부
연구관리전문기관 한국연구재단
연구사업명 기초연구실지원사업
연구과제명 나노표면 기반 전기에너지 생산 기초 연구실
기 여 율 25/100
주관기관 경희대학교 산학협력단
연구기간 2016.06.01 ~ 2019.02.28

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 2017R1A2B2008419
부처명 과학기술정보통신부
연구관리전문기관 한국연구재단
연구사업명 중견연구
연구과제명 고효율 지속가능한 공진설계 기반 정전소자 진동 발전 패키지 개발
기 여 율 25/100
주관기관 경희대학교 산학협력단
연구기간 2017.03.01 ~ 2020.02.29

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 2014M3A6A5060932
부처명 과학기술정보통신부
연구관리전문기관 한국연구재단
연구사업명 나노기반 소프트일렉트로닉스 연구
연구과제명 광대역 역학자극 고민감성 멀티모달 전자피부 개발
기 여 율 25/100
주관기관 한양대학교 산학협력단
연구기간 2014.09.01 ~ 2020.08.31

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 2017R1A2B4012819
부처명 과학기술정보통신부
연구관리전문기관 한국연구재단
연구사업명 기초연구사업/중견연구자사업
연구과제명 생체 자기방어 통각수용체 모사기반 리간드 결합/역학자극 개폐형 고분자 이온 펌프
기 여 율 25/100
주관기관 한양대학교 산학협력단
연구기간 2017.03.01 ~ 2020.02.29

명 세 서

청구범위

청구항 1

제1전극;

상기 제1전극층의 상부에 구비되고, 탄성중합체와 이온성 액체를 포함하는 이온성 탄성중합체;

상기 제1전극과 이격 배치되고, 상기 제1전극과 전기적으로 연결되는 제2전극; 및

상기 제2전극의 하부에 구비되고, 상기 이온성 탄성중합체와 선택적으로 접촉하며, 상기 이온성 탄성중합체에 비하여 상대적으로 음전하 대전물질로 형성되는 절연체;

를 포함하고,

상기 이온성 탄성중합체 및 상기 절연체는 외력에 의하여 접촉 또는 분리되고, 상기 이온성 탄성중합체 및 상기 절연체가 접촉 및 분리되는 경우 상기 제1전극 및 상기 제2전극 사이에 전기적 에너지가 발생하는 이온성 탄성중합체를 이용한 정전 발전장치.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 이온성 탄성중합체에 포함되는 상기 이온성 액체의 농도가 5 내지 15중량%인 것을 특징으로 하는 이온성 탄성중합체를 이용한 정전 발전장치.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 이온성 탄성중합체에 포함되는 상기 이온성 액체의 농도는 10중량%인 것을 특징으로 하는 이온성 탄성중합체를 이용한 정전 발전장치.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 이온성 탄성중합체에 포함되는 상기 탄성중합체는 열가소성 폴리우레탄(TPU, thermoplastic polyurethane)로 형성되는 이온성 탄성중합체를 이용한 정전 발전장치.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 절연체는 테프론(Teflon)으로 형성되는 이온성 탄성중합체를 이용한 정전 발전장치.

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 제1전극 및 상기 제2전극은 금속재질과 전도성을 갖는 재질인 ITO, graphene, 투명 전극 및 전도성 폴리머 가운데 적어도 하나로 형성되는 이온성 탄성중합체를 이용한 정전 발전장치.

청구항 7

제1항에 있어서,

상기 이온성 탄성중합체와 상기 절연체가 외력에 의하여 접촉 및 분리되면, 상기 이온성 탄성중합체는 내부에 이온 스퀴징(ion squeezing) 현상에 의하여 상기 (EDLs, electric double layers)이 형성되는 이온성 탄성중

합체를 이용한 정전 발전장치.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 이온성 탄성중합체의 표면은 양전하로 대전되고, 상기 절연체의 표면은 음전하로 대전되며,

상기 이온성 탄성중합체의 상단에는 음이온층이 형성되고, 상기 이온성 탄성중합체의 하단에는 양이온층이 형성되는 이온성 탄성중합체를 이용한 정전 발전장치.

청구항 9

제1항에 있어서,

상기 제1전극 및 상기 제2전극 사이에 발생하는 전기적 에너지의 출력을 측정함으로써, 상기 외력의 크기를 감지하는 센서로서 기능을 하는 이온성 탄성중합체를 이용한 정전 발전장치.

청구항 10

제4항에 있어서,

상기 이온성 탄성중합체는,

상기 열가소성 폴리우레탄을 유기물 용해 물질에 기설정된 온도에서 기설정된 시간 동안 용해시키는 단계;

상기 열가소성 폴리우레탄이 용해된 상기 유기물 용해 물질에 상기 이온성 액체를 혼합하여 기설정된 온도에서 기설정된 시간 동안 용해시키는 단계; 및

상기 이온성 액체가 혼합된 용액을 몰드에 붓고, 오븐에 기설정된 온도에서 기설정된 시간 동안 건조시키는 단계;

를 포함하는 방법에 의하 제조되는 이온성 탄성중합체를 이용한 정전 발전장치.

청구항 11

제10항에 있어서,

상기 유기물 용해 물질은 다이메틸폼아마이드(DMF, dimethylformamide)이고,

상기 열가소성 폴리우레탄은 상기 다이메틸폼아마이드에 16중량% 이상으로 60℃이상 90℃이하의 온도범위에서 3시간 동안 용해되고,

상기 열가소성 폴리우레탄이 용해된 상기 다이메틸폼아마이드 용액에 상기 이온성 액체가 혼합되어 60℃이상 90℃이하의 온도범위로 3시간 이상 동안 용해되며,

상기 이온성 액체가 혼합된 용액을 몰드에 붓고, 오븐에 80℃ 이상 140℃ 이하의 온도범위에서 4시간 이상의 시간동안 건조되는 이온성 탄성중합체를 이용한 정전 발전장치.

청구항 12

제1항에 있어서,

상기 제1전극 또는 상기 제2전극에 선택적으로 접촉되어 외력을 가하는 가압부를 더 포함하는 이온성 탄성중합체를 이용한 정전 발전장치.

청구항 13

제12항에 있어서,

상기 가압부는 상기 제1전극 또는 제2전극을 주기적으로 누르는 캠인 것을 특징으로 하는 이온성 탄성중합체를 이용한 정전 발전장치.

청구항 14

제1항에 있어서,

상기 이온성 탄성중합체의 일면에 복수개의 돌기가 구비되어 있는 이온성 탄성중합체를 이용한 정전 발전장치.

청구항 15

제1전극;

상기 제1전극의 일면에 구비되는 제1절연체;

상기 제1전극과 이격 배치되고, 상기 제1전극과 전선에 의하여 연결되는 제2전극; 및

상기 제2전극의 일면에 구비되고, 상기 제2절연체와 마주하며, 외력에 의하여 상기 제1절연체와 접촉 또는 분리되는 제2절연체;

를 포함하고,

상기 제1절연체 및 제2절연체 가운데 적어도 하나는 탄성중합체와 이온성 액체를 포함하는 이온성 탄성중합체로 형성되는 이온성 탄성중합체를 이용한 정전 발전장치.

청구항 16

제15항에 있어서,

상기 이온성 탄성중합체에 포함되는 상기 이온성 액체의 농도가 5 내지 15중량%인 것을 특징으로 하는 이온성 탄성중합체를 이용한 정전 발전장치.

청구항 17

제16항에 있어서,

상기 이온성 탄성중합체에 포함되는 상기 이온성 액체의 농도는 10중량%인 것을 특징으로 하는 이온성 탄성중합체를 이용한 정전 발전장치.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 이온성 탄성중합체를 이용한 정전 발전장치에 관한 것으로, 이온성 액체가 포함된 이온성 탄성중합체를 이와 반대 극성으로 대전되는 대전물질과 접촉 및 분리시켜 전기 에너지를 생성하는 이온성 탄성중합체를 이용한 정전 발전장치에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 사람들이 걸어 다닐 때마다 발바닥으로 바닥을 누르는 압력에너지와 자동차나 기차, 비행기가 이동할 때 진동과 열에너지가 발생하며, 이처럼 버려지는 에너지를 수집하여 전기로 바꾸는 것이 에너지 하베스팅에 관한 것이다.

[0003] 즉, 일상적으로 버려지거나 사용하지 않은 작은 에너지를 수확하여 사용 가능한 전기 에너지로 변환해주는 기술로, 공장이나 발전소에서 작동하는 기계의 진동과 열, 휴대폰 기지국이나 방송국에서 전자파가 지속적으로 방출되고 있으며, 이를 활용하지 않게 되면 최종적으로 소리나 열로 전환되어 허공에서 사라지게 된다. 따라서 이러한 미세한 크기의 에너지를 수집하여 전기 에너지로 활용할 수 있다. 이러한 에너지 하베스팅에 정전 발전이 활용될 수 있고, 정전 발전은 마찰에 의해 전기를 생성하는 것으로, 기존의 태양전지, 수력, 풍력 등과 같은 친환경 에너지와 달리 주변에서 발생하는 미세한 진동이나 운동시 발생되는 소모성 기계적 에너지를 전기 에너지로 추출할 수 있다.

[0004] 이러한 이러한 정전기 특성을 이용한 에너지 변환 방식은 변환 효율이 크고 소형 및 경량화가 가능하며, 나노기술과의 융합을 통하여 획기적인 기술 도약을 이끌 새로운 기술로 파급효과가 큰 기술로 평가받고 있다.

[0005] 정전기 현상을 이용한 마찰전기의 경우, 두 물질이 접촉했다가 떨어졌을 때 발생하는 정전기에 의한 대전 차이로 에너지가 발생하게 된다. 마찰전기는 기존의 친환경 에너지라 불리는 태양전지, 풍력발전 등과 달리 소모성 기계적 에너지를 전기 에너지로 생산할 수 있는 신개념적인 친환경 에너지 발전 방법이다.

[0006] 마찰전기 특성을 이용한 에너지 변환 방식은 변환 효율이 크고, 소형 및 경량화가 가능하며, 나노기술과 융합을 통해 파급효과가 클 것으로 예상되는 발전 방법이다.

선행기술문헌

특허문헌

[0007] (특허문헌 0001) 한국 공개특허 공보 제10-2010-0116621호(공개일자: 2010.11.01.)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0008] 본 발명은 이온성 물질이 구비된 이온성 탄성중합체를 정전 발전에 활용하여 전기 에너지를 생산하고자 한다.

[0009] 본 발명은 이온성 탄성중합체을 이용하여 출력이 향상되는 정전 발전장치를 제공하고자 한다.

[0010] 본 발명은 많은 양의 전기 에너지를 생산하기 위해 대전 물질 내부의 전기 용량을 증가시키고자 한다.

[0011] 본 발명은 대전 물질의 표면에 많은 전하가 위치할 수 있도록 제공하고자 한다.

과제의 해결 수단

[0012] 이러한 목적을 달성하기 위한 본 발명은 제1전극과 상기 제1전극층의 상부에 구비되고, 탄성중합체와 이온성 액체를 포함하는 이온성 탄성중합체와 상기 제1전극과 이격 배치되고, 상기 제1전극과 전기적으로 연결되는 제2전극 및 상기 제2전극의 하부에 구비되고, 상기 이온성 탄성중합체와 선택적으로 접촉하며, 상기 이온성 탄성중합체에 비하여 상대적으로 음전하 대전물질로 형성되는 절연체를 포함하고, 상기 이온성 탄성중합체 및 상기 절연체는 외력에 의하여 접촉 또는 분리되고, 상기 이온성 탄성중합체 및 상기 절연체가 접촉 및 분리되는 경우 상기 제1전극 및 상기 제2전극 사이에 전기적 에너지가 발생한다.

[0013] 바람직하게는 본 발명에 있어서, 상기 이온성 탄성중합체에 포함되는 상기 이온성 액체의 농도가 5 내지 15중량%인 것을 특징으로 한다.

[0014] 바람직하게는 본 발명에 있어서, 상기 이온성 탄성중합체에 포함되는 상기 이온성 액체의 농도는 10중량%인 것을 특징으로 한다.

[0015] 바람직하게는 본 발명에 있어서, 상기 이온성 탄성중합체에 포함되는 상기 탄성중합체는 열가소성 폴리우레탄(TPU, thermoplastic polyurethane)로 형성된다.

[0016] 바람직하게는 본 발명에 있어서, 상기 절연체는 테프론(Teflon)으로 형성된다.

[0017] 바람직하게는 본 발명에 있어서, 상기 제1전극 및 상기 제2전극은 금속재질로 형성된다.

[0018] 바람직하게는 본 발명에 있어서, 상기 이온성 탄성중합체와 상기 절연체가 외력에 의하여 접촉 및 분리되면, 상기 이온성 탄성중합체는 내부에 이온 스퀴징(ion squeezing) 현상에 의하여 상기 이온성 탄성중합체의 상단과 하단에 이온층(EDLs, electric double layers)이 형성된다.

[0019] 바람직하게는 본 발명에 있어서, 상기 이온성 탄성중합체의 표면은 양전하로 대전되고, 상기 절연체의 표면은 음전하로 대전되며, 상기 이온성 탄성중합체의 상단에는 음전하층이 형성되고, 상기 이온성 탄성중합체의 하단에는 양전하층이 형성된다.

[0020] 바람직하게는 본 발명에 있어서, 상기 제1전극 및 상기 제2전극 사이에 발생하는 전기적 에너지의 출력을 측정함으로써, 상기 외력의 크기를 감지하는 센서로서 기능을 한다.

[0021] 바람직하게는 본 발명에 있어서, 상기 이온성 탄성중합체는, 상기 열가소성 폴리우레탄을 유기물 용해 물질에 기설정된 온도에서 기설정된 시간 동안 용해시키는 단계와 상기 열가소성 폴리우레탄이 용해된 상기 유기물 용해 물질에 상기 이온성 액체를 혼합하여 기설정된 온도에서 기설정된 시간 동안 용해시키는 단계 및 상기 이온성 액체가 혼합된 용액을 몰드에 붓고, 오븐에 기설정된 온도에서 기설정된 시간 동안 건조시키는 단계를 포함하는 방법에 의하 제조된다.

[0022] 바람직하게는 본 발명에 있어서, 상기 유기물 용해 물질은 다이메틸폼아마이드(DMF, dimethylformamide)이고, 상기 열가소성 폴리우레탄은 상기 다이메틸폼아마이드에 16중량% 이상으로 60℃이상 90℃이하의 온도범위에서 3시간 동안 용해되고, 상기 열가소성 폴리우레탄이 용해된 상기 다이메틸폼아마이드 용액에 상기 이온성 액체가 혼합되어 60℃이상 90℃이하의 온도범위로 3시간 이상 동안 용해되며, 상기 이온성 액체가 혼합된 용액을 몰드에 붓고, 오븐에 80℃ 이상 140℃ 이하의 온도범위 에서 4시간 이상의 시간동안 건조된다.

[0023] 바람직하게는 본 발명에 있어서, 상기 제1전극 또는 상기 제2전극에 선택적으로 접촉되어 외력을 가하는 가압부를 더 포함한다.

[0024] 바람직하게는 본 발명에 있어서, 상기 가압부는 상기 제1전극 또는 제2전극을 주기적으로 누르는 캠인 것을 특징으로 한다.

[0025] 바람직하게는 본 발명에 있어서, 상기 이온성 탄성중합체의 일면에 복수개의 돌기가 구비되어 있다.

[0026] 바람직하게는 본 발명에 있어서, 제1전극과 상기 제1전극의 일면에 구비되는 제1절연체와 상기 제1전극과 이격 배치되고, 상기 제1전극과 전선에 의하여 연결되는 제2전극 및 상기 제2전극의 일면에 구비되고, 상기 제2절연체와 마주하며, 외력에 의하여 상기 제1절연체와 접촉 또는 분리되는 제2절연체를 포함하며, 상기 제1절연체 및 제2절연체 가운데 적어도 하나는 탄성중합체와 이온성 액체를 포함하는 이온성 탄성중합체로 형성된다.

[0027] 바람직하게는 본 발명에 있어서, 상기 이온성 탄성중합체에 포함되는 상기 이온성 액체의 농도가 5 내지 15중량%인 것을 특징으로 한다.

[0028] 바람직하게는 본 발명에 있어서, 상기 이온성 탄성중합체에 포함되는 상기 이온성 액체의 농도는 10중량%인 것을 특징으로 한다.

발명의 효과

[0029] 본 발명에 따른 이온성 탄성중합체를 이용한 정전 발전장치는, 이온성 탄성중합체에 압력을 가하면, 이온 스퀴징(ion squeezing) 현상에 의하여 이온성 탄성중합체 내부의 이온이 양 쪽으로 분할되는 이중 전자층(electric double layers)이 형성되어 출력이 향상되는 효과가 있다

[0030] 본 발명은 정전 발전장치에 가해지는 압력에 따라 전기 출력의 크기가 증가하며, 생산되는 전기 에너지의 전압 측정이 가능하다.

[0031] 본 발명은 정전 발전장치에 압력을 가하면 압력 센싱과 발전이 동시에 이루어지는 효과가 있다.

도면의 간단한 설명

[0032] 도 1은 본 발명에 따른 이온성 탄성중합체를 이용한 정전 발전장치의 개략도,

도 2는 본 발명에 따른 이온성 탄성중합체를 이용한 정전 발전장치에 압력을 가했을 때 이온성 탄성중합체에서 이온이 배치되는 모습,

도 3은 본 발명에 따른 이온성 탄성중합체를 이용한 정전 발전장치에 외력을 가했을 때 이온 스퀴징 현상을 설명해주는 그래프,

도 4는 본 발명에 따른 이온성 탄성중합체를 이용한 정전 발전장치에 대한 다른 실시예,

도 5는 본 발명에 따른 이온성 탄성중합체를 이용한 정전 발전장치의 전극을 가압하는 장치의 사시도,

도 6은 본 발명에 따른 이온성 탄성중합체를 이용한 정전 발전장치 제작에 있어서, 열가소성 폴리우레탄에 이온성 액체를 농도별로 혼합했을 때 발생하는 전압의 출력과 민감도를 비교한 그래프,

도 7은 본 발명에 따른 열가소성 폴리우레탄에 농도별로 혼합된 이온성 액체에 일정 압력을 가했을 때 발생하는 전기 출력을 보여주는 그래프,

도 8은 본 발명에 따른 열가소성 폴리우레탄에 이온성 액체의 농도에 따른 탄성계수와 전해질 내부 저항을 비교한 그래프,

도 9는 본 발명에 따른 이온성 탄성중합체에서 주파수 스윕에 따른 유전율을 비교한 그래프,

도 10은 본 발명에 따른 이온성 탄성중합체를 이용한 정전 발전장치의 제작과정에서 이온성 탄성중합체를 제작

하는 과정을 나타내는 순서도,

도 11은 본 발명에 따른 이온성 탄성중합체를 이용한 정전 발전장치로 이루어진 센서,

도 12는 본 발명에 따른 이온성 탄성중합체를 이용한 정전 발전장치에서 발생하는 전기 에너지를 충전하는 모습.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0033] 본 발명의 실시예에서 제시되는 특정한 구조 내지 기능적 설명들은 단지 본 발명의 개념에 따른 실시예를 설명하기 위한 목적으로 예시된 것으로, 본 발명의 개념에 따른 실시예들은 다양한 형태로 실시될 수 있다. 또한 본 명세서에 설명된 실시예들에 한정되는 것으로 해석되어서는 아니 되며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경물, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다.

[0034] 이하에서는 첨부된 도면을 참조하여 본 발명에 대해 상세히 설명한다.

[0035] 도 1은 본 발명에 따른 이온성 탄성중합체를 이용한 정전 발전장치의 개략도에 관한 것이다.

[0036] 이온성 탄성중합체를 이용한 정전 발전장치(1)(이하 "정전 발전장치"라 함)는 정전기 현상을 이용한 에너지 하베스팅에 관한 것으로, 양전하 물질과 음전하 물질이 정전기 현상으로 인해 대전되는 현상을 이용하여 전기적 에너지를 생산하게 된다.

[0037] 정전 발전장치(1)는 제1전극(30)과 제1전극(30)의 상부에 구비되고, 탄성중합체와 이온성 액체(ionic liquid)를 포함하는 이온성 탄성중합체(40)와 제1전극(30)과 이격 배치되고, 제1전극(30)과 전기적으로 연결되는 제2전극(10) 및 제2전극(10)의 하부에 구비되고, 이온성 탄성중합체(40)와 선택적으로 접촉하며, 이온성 탄성중합체(40)에 비하여 상대적으로 음전하 대전물질로 형성되는 절연체(20)를 포함하고 있다.

[0038] 그리고 이온성 탄성중합체(40) 및 절연체(20)는 외력에 의하여 접촉 또는 분리되고, 이온성 탄성중합체(40) 및 절연체(20)가 접촉 및 분리되는 경우 제1전극(30) 및 제2전극(10) 사이에 전기적 에너지가 발생하게 된다. 즉, 이온성 탄성중합체(40) 및 절연체(20)가 접촉 및 분리되는 경우 제1전극(30) 및 제2전극(10)를 연결하는 전선에 전류가 흐를 수 있다.

[0039] 이온성 탄성중합체(40)에 포함되는 탄성중합체는 열가소성 폴리우레탄(TPU, thermoplastic polyurethane) 으로 형성될 수 있으며, 절연체(20)는 테프론(Teflon)으로 음전하 대전물질을 사용하게 된다. 그리고 제1전극(30)과 제2전극(10)은 금속 재질인 알루미늄으로 형성될 수 있다. 다만, 이온성 탄성중합체(40), 절연체(20), 제1전극(30) 및 제2전극(10)의 재질은 이에 한정되지 않는다.

[0040] 한편, 이온성 탄성중합체(40)에 포함되는 탄성중합체의 대표적인 재료인 열가소성 폴리우레탄은 경직한 분자쇄인 하드 세그먼트와 유연한 구조의 소프트 세그먼트로 이루어진 세그먼티드 블럭코폴리머(segmented block copolymer)로 구성된다. 하드 세그먼트는 상온보다 높은 유리전이온도(Tg)를 가지기 때문에 유리질(glassy)한 성질을 나타내는 하드 세그먼트간에 결정형성이나, 수소 결합, 또는 반데르발스 힘 등의 결합으로 인하여 물리적인 가교점을 형성한다. 반면에 소프트 세그먼트는 상온보다 낮은 유리전이온도를 가지기 때문에 러버(rubber)한 성질을 나타내는 탄성체가 나타내야 할 중요한 성질들, 즉 높은 연신비, 높은 탄성률, 높은 탄성 회복률 등을 부여하는 역할을 한다. 이러한 세그먼트들은 외력을 받으면 세그먼트의 배향뿐만 아니라 구조의 변화를 일으킬 수 있다.

[0041] 탄성중합체, 즉 열가소성 폴리우레탄은 다공성 점탄성 물질(visco-poroelastic) 로 이루어진 양전하 대전 물질이다. 이러한, 본 발명과 같이 열가소성 폴리우레탄에 이온성 액체를 가하면, 열가소성 폴리우레탄 내부에 이온성 물질이 더 포함되게 되고, 이에 따라 열가소성 폴리우레탄 내부의 전기 용량은 더 증가하게 된다. 이렇게 증가된 전기 용량은 정전 원리를 통하여 생성된 표면 대전 전하량에 의해서 달라지게 된다.

[0042] 열가소성 폴리우레탄에 이온이 함유되어 있는 상태에서, 이러한 열가소성 폴리우레탄, 즉 다공성 점탄성 물질 내부로 외부 압력이 가해지게 되면, 내부에 존재하는 이온이 가해진 외부 압력과 평행한 방향으로 분할(ion-squeezing)될 수 있다.

[0043] 일반적으로, 이온성 탄성중합체(40)에 많은 양의 전하가 포함되어 있을수록 이온성 탄성중합체(40)에서 이온이 분할되는 이온 스퀴징(ion squeezing) 현상이 발생하여 전기 출력이 향상될 것이다. 하지만 이온성 액체의 농도가 너무 높아질 경우(일례로, 이온성 액체의 농도가 15중량% 보다 커지는 경우), 이온성 탄성중합체(40) 표면에 쌓여 있어야 할 전하가 이온성 액체에 의해 이온 스퀴징(ion squeezing) 현상으로 전하가 스크린 아웃되어 전기

출력이 향상되지 않게 될 수 있다. 따라서 이온성 액체의 농도와 이온성 탄성중합체(40)를 최적의 조성비로 혼합해야 최대 출력이 이루어질 수 있을 것이다.

[0044] 전기 출력 향상을 위한 이온성 액체의 농도로는 5 내지 15중량%의 농도로 열가소성 폴리우레탄과 혼합하는 것이 바람직할 것이며, 이온성 액체를 10중량%의 농도로 열가소성 폴리우레탄과 혼합하는 것이 가장 바람직할 것이다.

[0045] 도 2는 본 발명에 따른 이온성 탄성중합체를 이용한 정전 발전장치에 압력을 가했을 때 이온이 배치되는 모습이다.

[0046] 이온성 탄성중합체(40)와 절연체(20)가 외력에 의하여 접촉 및 분리되면, 이온성 탄성중합체(40)는 내부에 이온 스퀴징(ion squeezing) 현상에 의하여 이온성 탄성중합체(40)의 상단과 하단에 이온층(EDLs, electric double layers)이 형성된다.

[0047] 따라서 정전 발전장치(1)는 전위차뿐만 아니라 외부자극에 의해 이온의 이동이 가능하기 때문에 보다 향상된 출력이 가능하다. 즉, 이온성 탄성중합체(40)의 상단에는 음이온층이 형성되고, 이온성 탄성중합체(40)의 하단에는 양이온층이 형성되어, 이온성 탄성중합체(40)의 표면은 양이온으로 대전되고, 절연체(20)의 표면은 음이온으로 대전된다. 여기서, 이온층은 전기 이중층으로, 이온성 탄성중합체(40) 내부에 존재하며, 외부 전위차에 의해 계면에서 이온이 축적되는 현상에 관한 것이다.

[0048] 정전 발전장치(1)에 압력을 가하게 되면, 이온성 탄성중합체(40)는 절연체(20)와 접촉하게 되며, 이온성 탄성중합체(40)에 존재하는 양전하는 제1전극(30) 방향으로, 음전하는 제2전극(10) 방향으로 이동하는 분리가 일어난다. 이는 이온성 탄성중합체(40) 내부에 함유된 이온 중 음전하가 절연체(20) 방향으로 이동하게 되며, 양전하는 그 반대 방향으로 이동하여 이온이 양쪽으로 분할하게 된다. 두 개의 전기층이 발생함에 따라 정전 발전장치(1)는 많은 양의 전하를 표면에 형성할 수 있게 되며, 많은 전하에 의해 출력 향상이 이루어지게 된다.

[0049] 양 전극(10)(30)에 외부 압력이 가해지게 되면 이온성 탄성중합체(40)와 절연체(20)가 접하게 되면서, 이온성 탄성중합체(40) 내부에서 이온 분할이 이루어지게 된다. 이때 가해지는 외부 압력의 크기가 클수록 이온성 탄성중합체(40) 내부에서 이온 분할이 더 많이 이루어지게 되면서 전극(10)(30) 사이에서 발생하는 전기적 출력이 커지게 된다. 반면에 전극(10)(30)에 가해지는 외부 압력이 작으면 이온성 탄성중합체(40) 내부에서 이온 분할이 상대적으로 적게 일어나면서 전극(10)(30) 사이에서 발생하는 전기적 출력 또한 작아지게 된다.

[0050] 즉, 전극(10)(30)에 가해지는 외부 압력의 크기와 전극(10)(30)에서 발생하는 전기적 출력은 서로 비례하게 된다. 따라서 이러한 원리를 이용한 제1전극(30)과 제2전극(10) 사이에 발생하는 전기적 에너지의 출력을 측정함으로써, 외력의 크기를 감지하는 센서로서 기능을 할 수도 있다.

[0051] 또한, 제1전극(30) 및 제2전극(10) 사이에서 발생되는 전류의 흐름은 이온성 탄성중합체(40)와 절연체(20)가 접하게 되는 표면 면적, 부딪힐 때 가해지는 힘의 크기, 부딪히려 할 때 소자의 속도, 양전하 물질, 음전하 물질 간의 거리, 소자의 굵기, 표면 대전 정도에 따라 달라지게 된다.

[0052] 도 3은 본 발명에 따른 이온성 탄성중합체를 이용한 정전 발전장치에 외력을 가했을 때 이온 스퀴징 현상을 설명해주는 그래프에 관한 것이다.

[0053] 본 그래프는 외력에 의해서 이온 스퀴징 현상이 훨씬 잘 일어난다는 것을 뒷받침 할 수 있는 근거로 사용될 수 있을 것이다.

[0054] 한편, 이온이 없는 열가소성 폴리우레탄과 이온성 액체(ionic liquid)가 혼합된 열가소성 폴리우레탄의 압력에 따른 전기용량 변화를 비교하면, 이온성 액체가 혼합된 정전 발전장치(1)에서 전기장에 의한 전기 이중층이 전극 계면에서 형성됨을 확인할 수 있다. 그리고 압력이 커질수록 스퀴징 현상에 의한 이온의 이동이 발생되어, 더 많은 정전 출력이 증가한다.

[0055] 도 4는 본 발명에 따른 이온성 탄성중합체를 이용한 정전 발전장치의 다른 실시예로서, 일면에 복수개의 돌기가 배열되어 있는 이온성 탄성중합체의 사시도에 대한 것이다.

[0056] 이온성 탄성중합체(40)의 일면에 복수개의 돌기(42)가 어레이 형태로 배열될 수도 있다. 돌기(42)는 반구형상을 하고 있으며, 복수개의 돌기(42)가 구비된 이온성 탄성중합체(40)가 외력을 받게 되면, 돌기(42)가 구비된 면이 절연체(20)와 접촉하게 되어 이온성 탄성중합체(40)와 절연체(20)의 접촉하는 표면적을 증가된다. 따라서 표면적이 증가함에 따라, 더 많은 양의 전하를 이온성 탄성중합체(40) 표면에 형성할 수 있게 되어 전기 출력이 향

상되는 효과가 있다.

[0057] 돌기(42)는 외부의 압력의 세기에 따라서 접촉되는 표면적을 조절할 수 있으므로 사용자의 목적에 알맞은 형태, 크기 및 개수로 조절할 수 있다. 즉, 이온성 탄성중합체(40)는 반구형의 돌기(42) 구조뿐 아니라 외부 압력에 따라 절연체(20)와 접촉면적을 증가시킬 수 있는 요철 구조라면 어떤 형태라도 무관할 것이다.

[0058] 도 5는 본 발명에 따른 이온성 탄성중합체를 이용한 정전 발전장치의 전극을 가압하는 장치의 사시도에 대한 것이다.

[0059] 제1전극(30) 또는 제2전극(10)에 선택적으로 접촉되어 외력을 가하는 가압부(50)를 더 포함하고 있다. 제1전극(30) 또는 제2전극(10) 중 적어도 어느 하나의 전극(10)(30)과 직접 접촉이 이루어지는 편심캠(52)에 의해 편심캠(52)의 회동에 따라 전극(10)(30)에 가압을 가했다 가하지 않게 되어 이온성 탄성중합체(40)와 절연체(20)는 접촉과 분리가 이루어진다.

[0060] 즉, 편심캠(52)의 돌출부(54)가 전극(10)(30)과 닿게 되면 전극(10)(30)은 편심캠(52)의 돌출부(54)에 의해 압착되어 이온성 탄성중합체(40)와 절연체(20)는 접촉이 이루어지게 된다. 반면에 편심캠(52)의 돌출부(54)가 지나가게 되면 압착되어 있던 전극(10)(30)이 원래 위치로 돌아오게 되면서 이온성 탄성중합체(40)와 절연체(20)는 분리하게 된다. 이와 같은 과정이 지속적으로 이루어지게 되면 전기 생산이 이루어지는 정전 발전장치(1)로 사용할 수 있을 것이다.

[0061] 도 6은 본 발명에 따른 이온성 탄성중합체를 이용한 정전 발전장치 제작에 있어서, 열가소성 폴리우레탄에 이온성 액체를 농도별로 혼합했을 때 발생하는 전압의 출력을 비교한 그래프를 보여주고 있다.

[0062] 열가소성 폴리우레탄에 이온성 액체를 각각 5wt%, 10wt%, 20wt%, 30wt%, 40wt%, 50wt%를 혼합하여 정전 발전장치(1)에서 발생하는 전압의 출력양을 비교한 결과, 10wt%의 농도로 이온성 액체를 혼합했을 때 가장 출력이 높은 것으로 나타났다. 반면에 50wt%의 이온성 액체를 혼합하게 되면 열가소성 폴리우레탄으로만 제작한 정전 발전장치(1)보다 전압 출력양이 더 낮아 효율성이 가장 떨어진다. 20kPa 내에서 압력에 대한 전압 민감도를 보면, 10wt%에서 약 22V kPa-1의 높은 민감도를 나타내는 것을 알 수 있는데, 이는 앞서 언급한 압력에 의한 이온 스퀴징 현상과 내부 저항에 따른 요인에 따른 것 임을 알 수 있다.

[0063] 그 다음으로 5wt%, 20wt%의 농도로 이온성 액체를 열가소성 폴리우레탄과 혼합했을 때 정전 발전장치(1)가 생산하는 출력량이 높은 것으로 나타난 것을 알 수 있다. 특히, 상위의 출력량을 보여주고 있는 5wt%, 10wt%, 20wt%의 이온성 탄성중합체(40)는 5kPa에서 15kPa까지 압력을 가했을 때 발생하는 출력량은 거의 비슷했으나, 15kPa 이후부터 정전 발전장치(1)에 가해지는 압력량이 증가함에 따라 급격하게 출력량이 증가하게 된다. 특히 10wt%의 농도로 혼합해 주었을 때 출력량이 가장 높은 것으로 보아, 정전 발전장치(1)에 사용되는 열가소성 폴리우레탄에 5-15wt%의 농도로 이온성 액체를 혼합해 주는 것이 가장 효과적일 것이다.

[0064] 도 7은 본 발명에 따른 열가소성 폴리우레탄에 농도별로 혼합된 이온성 액체에 일정 압력을 가했을 때 발생하는 전기 출력을 보여주는 그래프와 도 7은 본 발명에 따른 열가소성 폴리우레탄에 이온성 액체의 농도에 따른 전해질 내부 저항을 비교한 그래프를 보여주고 있다.

[0065] 열가소성 폴리우레탄과 이온성 액체를 5wt%, 10wt%, 20wt%, 30wt%, 40wt%, 50wt%의 농도로 각각 혼합한 이온성 탄성중합체(40)에 동일한 진동인 4Hz와 25kPa의 압력을 가했을 때 발생하는 전력의 출력양에 관한 것이다.

[0066] 이온성 액체가 5wt%~20wt%의 농도로 혼합되어 있을 때 높은 전력의 출력양을 보여주고 있으며, 10wt%일 때 가장 높은 전력의 출력양을 보여주고 있다.

[0067] 10wt%에서 높은 전력의 출력양을 보여주고 있는 것은 이온성 탄성중합체(40) 표면에 대전되는 전하량을 축적시켜, 표면 전하량을 증가시키고 증가된 표면 전하량은 정전발전에 있어 출력을 증가시키는 효과가 있다. 반대로, 전력의 출력양이 낮아지는 의미는 표면에 대전되는 전하량이 축적되어야 하지만, 전하량이 표면에 축적되지 못하고 전해질 내부와 중첩되는 효과로 인해, 표면 전하량이 감소하게 된다.

[0068] 따라서 열가소성 폴리우레탄에 5~20wt%의 농도로 이온성 액체를 혼합하여 이온성 탄성중합체(40)를 제작하는 것이 바람직할 것이다. 가장 바람직하게는 10wt% 의 농도로 이온성 액체를 혼합하여 제작한 이온성 탄성중합체(40)로 정전 발전장치(1)를 사용하면 가장 많은 전기 에너지를 생산하게 될 것이다.

[0069] 도 8은 본 발명에 따른 열가소성 폴리우레탄에 이온성 액체의 농도에 따른 탄성계수와 전해질 내부 저항을 비교한 그래프에 관한 것이며, 도 9는 본 발명에 따른 이온성 탄성중합체에서 주파수 스윕에 따른 유전율을 비교한

그래프에 관한 것이다.

[0070] 이온성 탄성중합체(40)는 열가소성 폴리우레탄에 이온성 액체가 첨가된 것으로, 이온성 탄성중합체(40)의 탄성계수(Young's modulus)가 감소하게 된다. 따라서, 이온성 액체가 고분자 사슬간 영역에 침투하여 상호작용을 감소시킨다. 이로인해 이온의 이동 경로가 더욱 원활하게 되어, 이온의 이동도 증가와 내부저항 감소를 야기시킨다.

[0071] 그리고 이온층(EDL)의 존재 여부를 확인할 수 있는 방법으로는 각 물질에 대해 주파수 스윕(frequency sweep)을 하게 되면, 저주파의 유전율(dielectric constant)과 고주파의 유전율(dielectric constant)의 수준 차이가 많이 발생하게 된다. 수준의 차이가 많이 나는 것을 통해 이온층이 있음을 확인할 수 있게 된다.

[0072] 도 10은 본 발명에 따른 이온성 탄성중합체를 이용한 정전 발전장치의 제작과정에 대한 순서도를 보여주고 있다.

[0073] 이온성 탄성유전체(40)는 열가소성 폴리우레탄과 이온성 액체가 적절한 비율로 혼합되어 있다. 이를 정전 발전장치(1)에 적용하기 위한 제작 과정은 다음과 같다.

[0074] 열가소성 폴리우레탄을 유기물 용해 물질에 기설정된 온도에서 기설정된 시간 동안 용해시키는 단계(S10)와 열가소성 폴리우레탄이 용해된 유기물 용해 물질에 이온성 액체를 혼합하여 기설정된 온도에서 기설정된 시간 동안 용해시키는 단계(S20) 및 이온성 액체가 혼합된 용액을 몰드에 붓고, 오븐에 기설정된 온도에서 기설정된 시간 동안 건조시키는 단계(S30)를 포함한다.

[0075] 이때 사용되는 유기물 용해 물질은 다이메틸폼아마이드(DMF, dimethylformamide)이고, 열가소성 폴리우레탄은 다이메틸폼아마이드에 16중량%로 60℃에서 3시간 동안 용해된다. 바람직하게는 열가소성 폴리우레탄은 16중량% 이상으로, 60 이상 90 이하에서 3시간 이상 용해한다.

[0076] 그리고 열가소성 폴리우레탄이 용해된 다이메틸폼아마이드 용액에 이온성 액체가 혼합되어 60로 3시간 동안 용해되며, 이온성 액체가 혼합된 용액을 몰드에 붓고, 오븐에 120℃에서 24시간동안 건조된다. 바람직하게는 오븐에서 80℃이상 140℃이하의 온도에서 4시간 이상 건조하는 것이 좋을 것이다.

[0077] 도 11은 본 발명에 따른 이온성 탄성중합체를 이용한 정전 발전장치로 이루어진 센서에 관한 것이며, 도 12는 본 발명에 따른 이온성 탄성중합체를 이용한 정전 발전장치에서 발생하는 전기 에너지를 충전하는 모습에 관한 것이다.

[0078] 본 발명에 의한 정전 발전장치(1)는 정전 발전장치(1)에 가해지는 압력을 정전 소자의 원리를 통해 압력 센서(60)로 활용할 수 있으며, 기판(62)에 정전 발전장치(1)를 5*5의 배열로 제작하여 이를 매핑 배열로 제작할 수도 있다.

[0079] 또한 정전 발전장치(1)로 이루어진 압력 센서(60)를 압력이 가해지는 곳에 LED 불빛이 나올 수 있도록 전선으로 연결하면 실시간 매핑이 이루어진다. 따라서 정전 발전장치(1)에 가하는 압력만큼 센서가 인식하여 압력의 크기에 따라 발광하는 빛의 세기가 서로 달라지게 된다. 그리고 이러한 원리를 이용한 외부 압력에 따른 전압 측정도 가능하다.

[0080] 한편, 정전 발전장치(1)에 캐패시터(Capacitor)를 더 연결하면 다른 전자기기를 충전할 수도 있게 된다. 즉, 정전 발전장치(1)에 가해지는 압력에 따라 전압의 크기도 비례하기 때문에 정전 발전장치(1)에 많은 압력을 가하게 되면 높은 전압으로 충전할 수 있게 된다.

[0081] 정전 발전장치(1)는 기존 압전 또는 저항의 차이, 전기 용량의 차이 등으로 제작하였던 압력 센서(60)와 다르게 제작 방법이 간단하며, 표면에 마이크로 나노 패턴이 없고, 면적이나 크기 등을 사용자의 편의에 따라 자유롭게 조절 할 수 있다. 또한 다공성 점탄성 물질인 열가소성 폴리우레탄을 사용하기 때문에 이온성 액체의 장점을 극대화 시켜, 외부 압력마다 다른 수준의 출력이 발생하는 압력 센서(60)로 사용할 수 있다.

[0082] 이온성 탄성중합체(40)를 열가소성 폴리우레탄을 사용함에 따라 열가소성 폴리우레탄의 특징 중 하나인 투명한 성질을 이용하여 투명한 폴리머나 투명 전극 및 투명한 압력센서를 만들 수 있을 것이다.

[0083] 투명한 폴리머나 투명 전극으로 자가발전 및 응력 센서 투명 시스템이 제작될 수 있으며, 폴리머이기 때문에 유연(flexible) 소자를 제작할 수 있을 것이다.

[0084] 투명하게 제작된 압력 센서(60)는 디스플레이 분야에서도 활용 될 수 있을 것이다. 예를 들어 스마트 폰에 정

전 발전장치(1)를 적용하게 되면 터치 스크린으로 사용할 수 있으며, 스크린을 터치함에 따라 발생하는 전력을 통해 배터리를 충전할 수 있다. 스마트 폰 뿐만 아니라 텔레비전이나 키보드 등에도 적용할 수 있을 것이다.

[0085] 이상에서 설명한 본 발명은 전술한 실시예 및 첨부된 도면에 의해 한정되는 것이 아니고, 본 발명의 기술적 사상을 벗어나지 않는 범위 내에서 여러 가지 치환, 변형 및 변경이 가능함은 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 명백할 것이다.

부호의 설명

[0086] 1 : 정전 발전장치 10 : 제2전극

20 : 절연체 30 : 제1전극

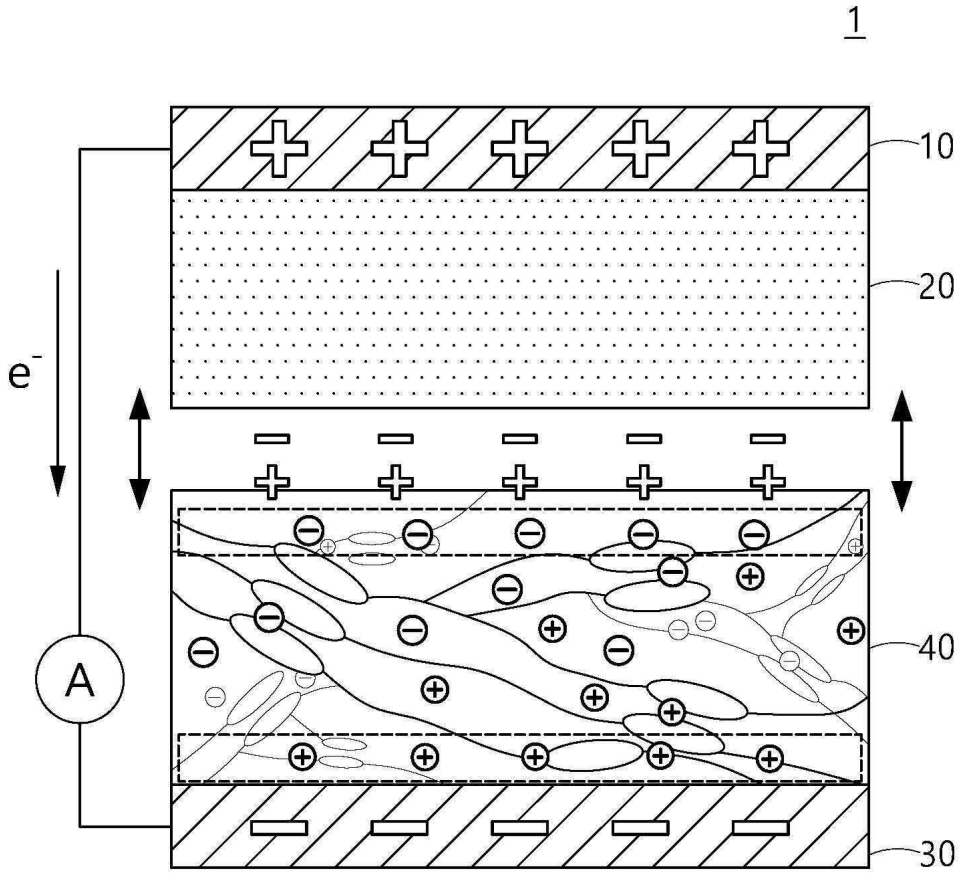
40 : 이온성 탄성중합체 50 : 가압부

52 : 편심캠 54 : 돌출부

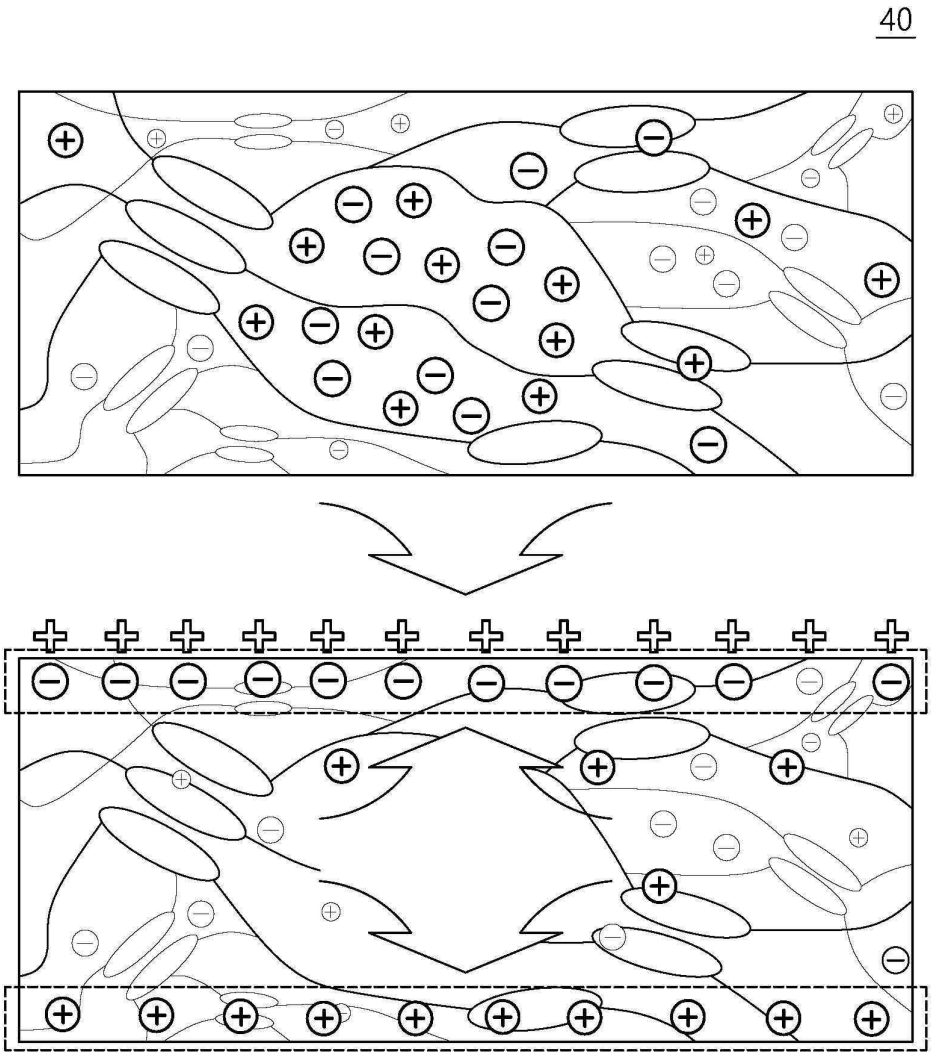
60 : 압력 센서 62 : 기판

도면

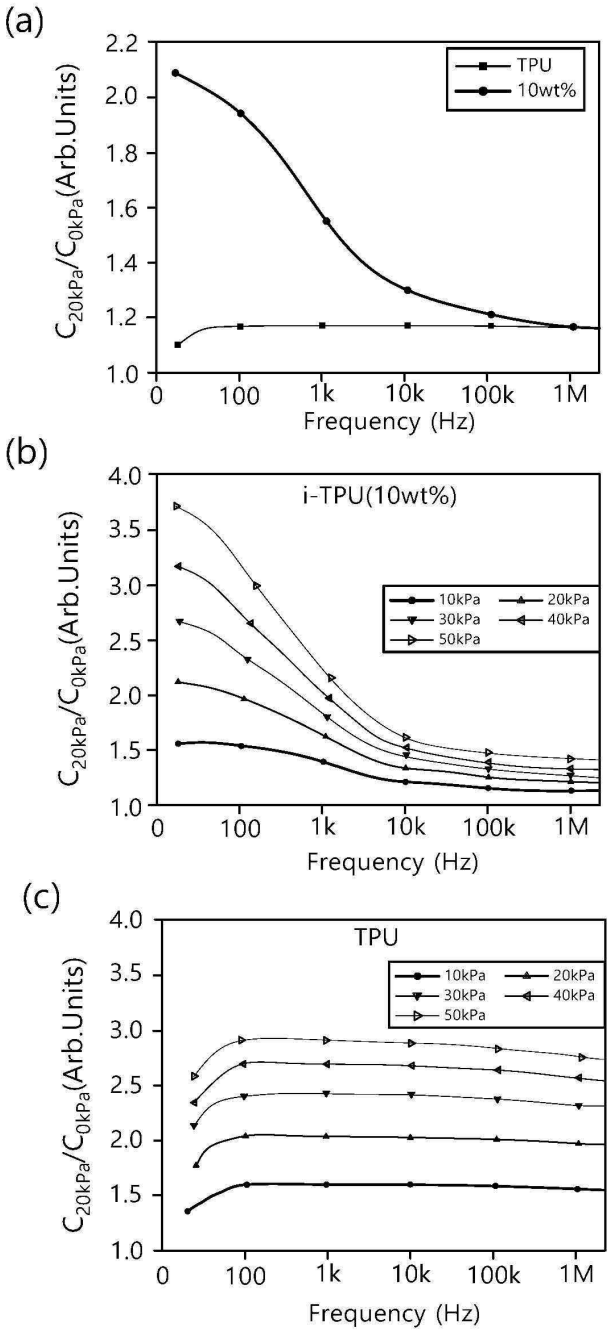
도면1



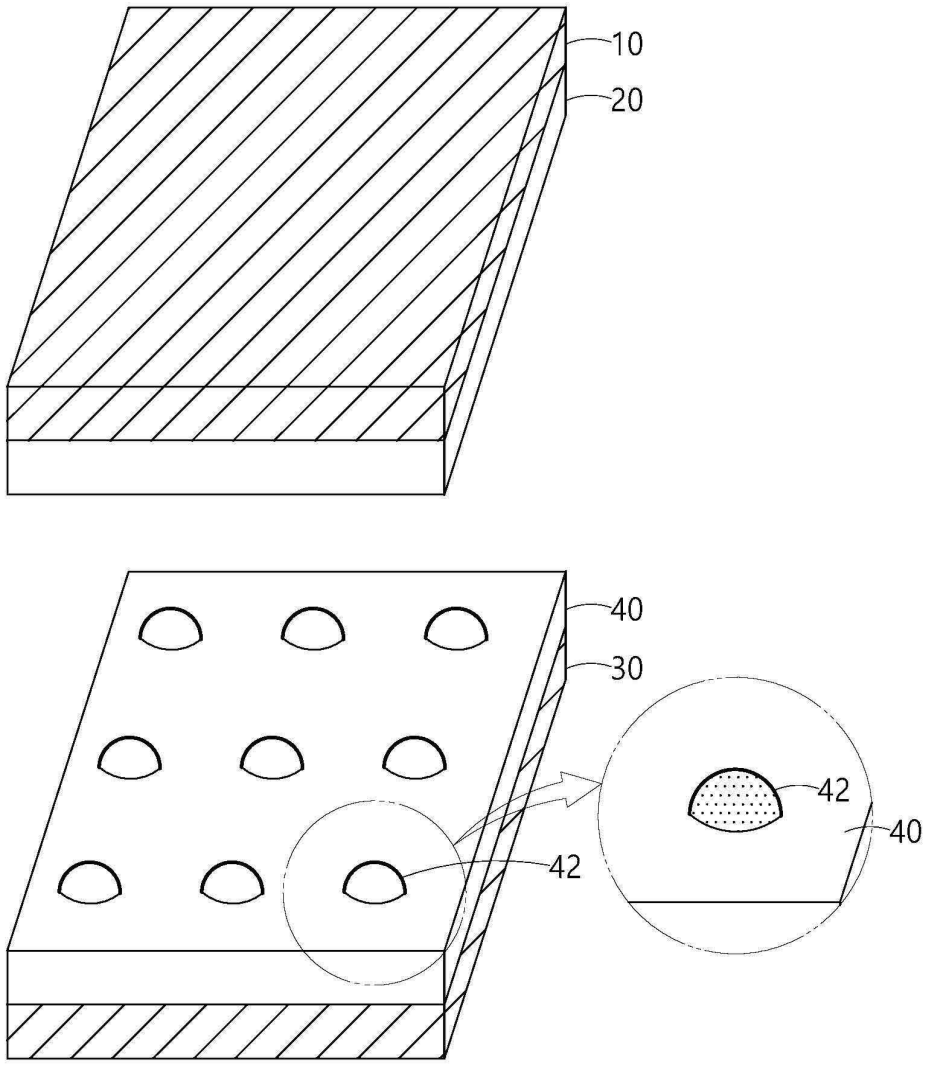
도면2



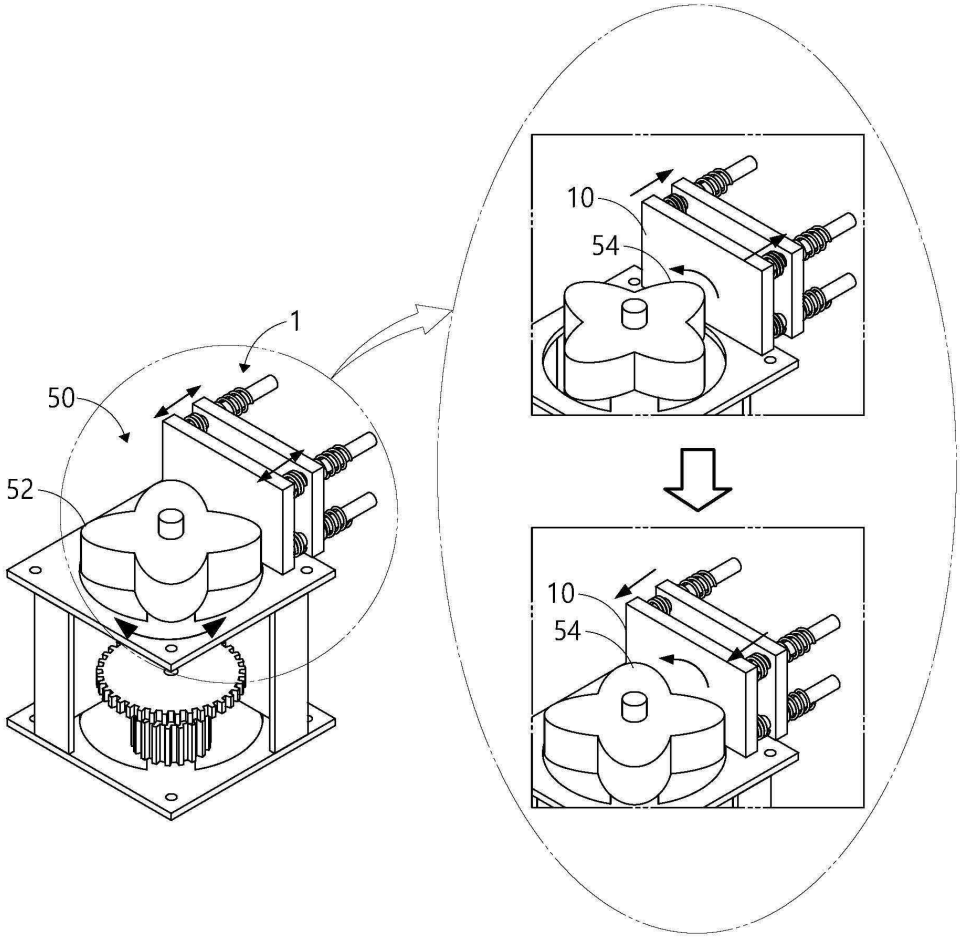
도면3


(a)
TPU
10wt%
C_{20kPa}/C_{0kPa}(Arb.Units)
Frequency (Hz)
(b)
i-TPU(10wt%)
10kPa
20kPa
30kPa
40kPa
50kPa
C_{20kPa}/C_{0kPa}(Arb.Units)
Frequency (Hz)
(c)
TPU
10kPa
20kPa
30kPa
40kPa
50kPa
C_{20kPa}/C_{0kPa}(Arb.Units)
Frequency (Hz)

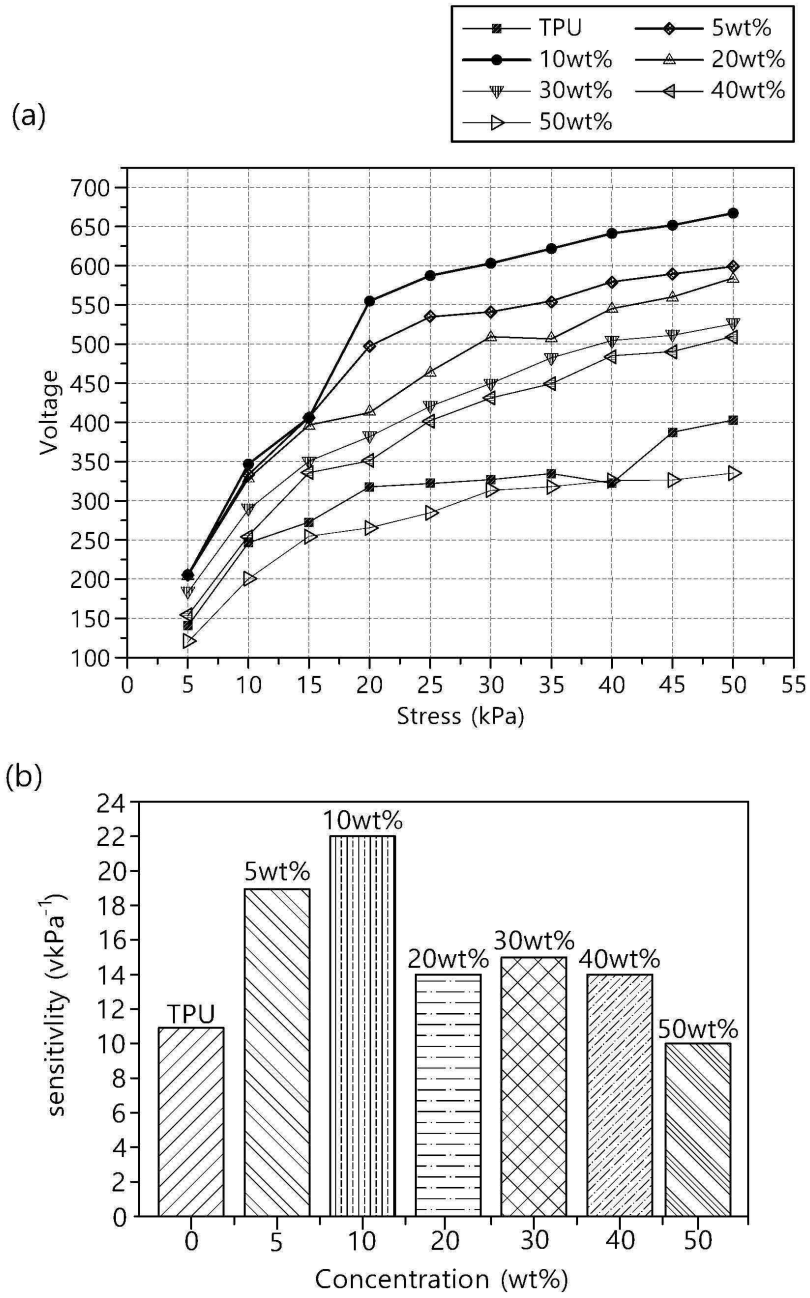
도면4



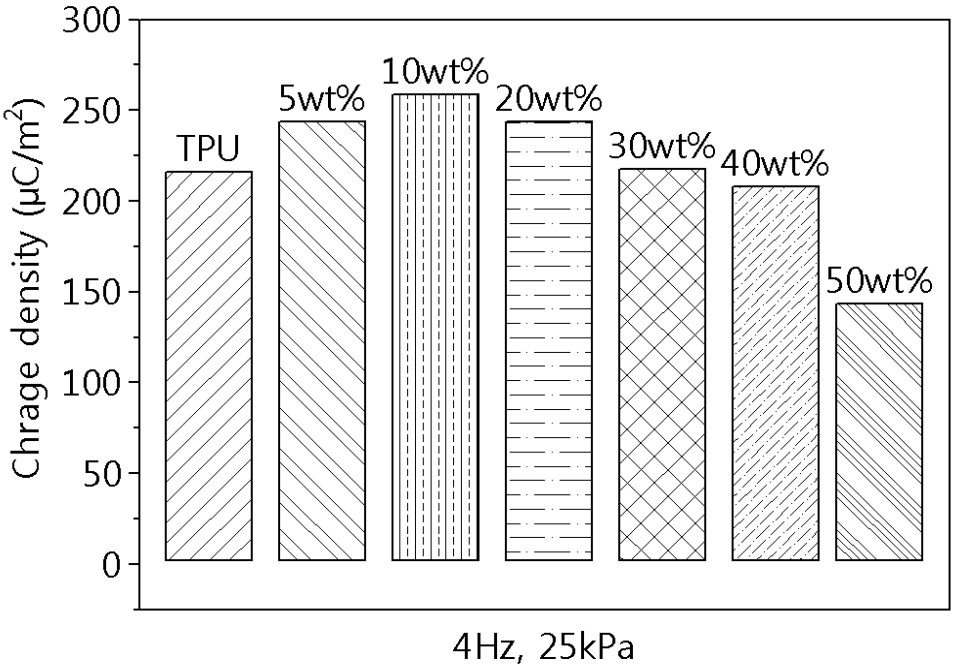
도면5



도면6

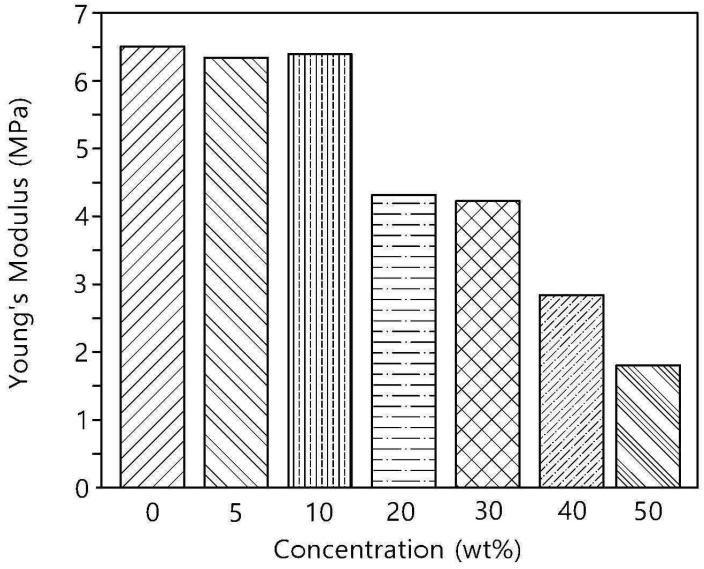

(a)
TPU
5wt%
10wt%
20wt%
30wt%
40wt%
50wt%
Voltage
Stress (kPa)
(b)
sensitivlity (vkPa^{-1})
TPU
5wt%
10wt%
20wt%
30wt%
40wt%
50wt%
Concentration (wt%)

도면7

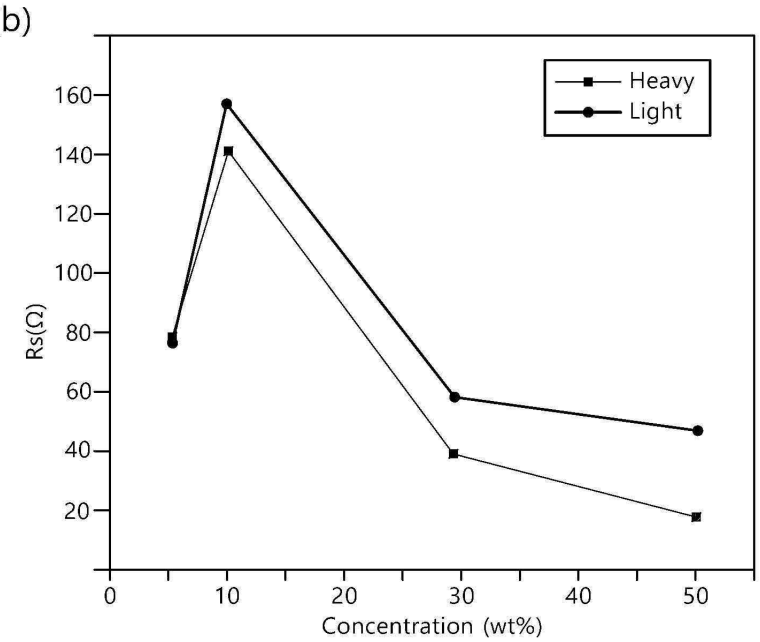

300
250
200
150
100
50
0
Chrage density (μC/m²)
TPU
5wt%
10wt%
20wt%
30wt%
40wt%
50wt%
4Hz, 25kPa

도면8

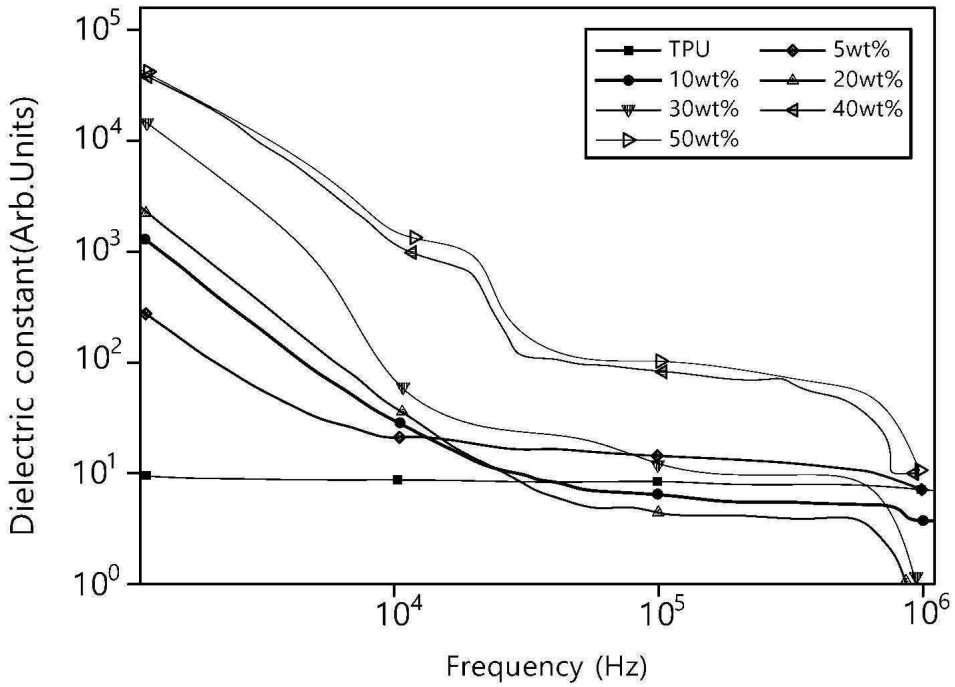
(a)


Young's Modulus (MPa)
0
1
2
3
4
5
6
7
0
5
10
20
30
40
50
Concentration (wt%)

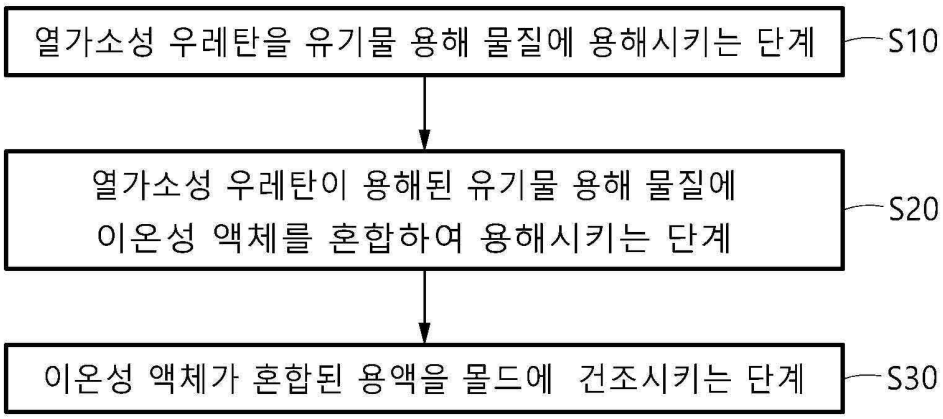
(b)


Heavy
Light
Rs(Ω)
20
40
60
80
100
120
140
160
0
10
20
30
40
50
Concentration (wt%)

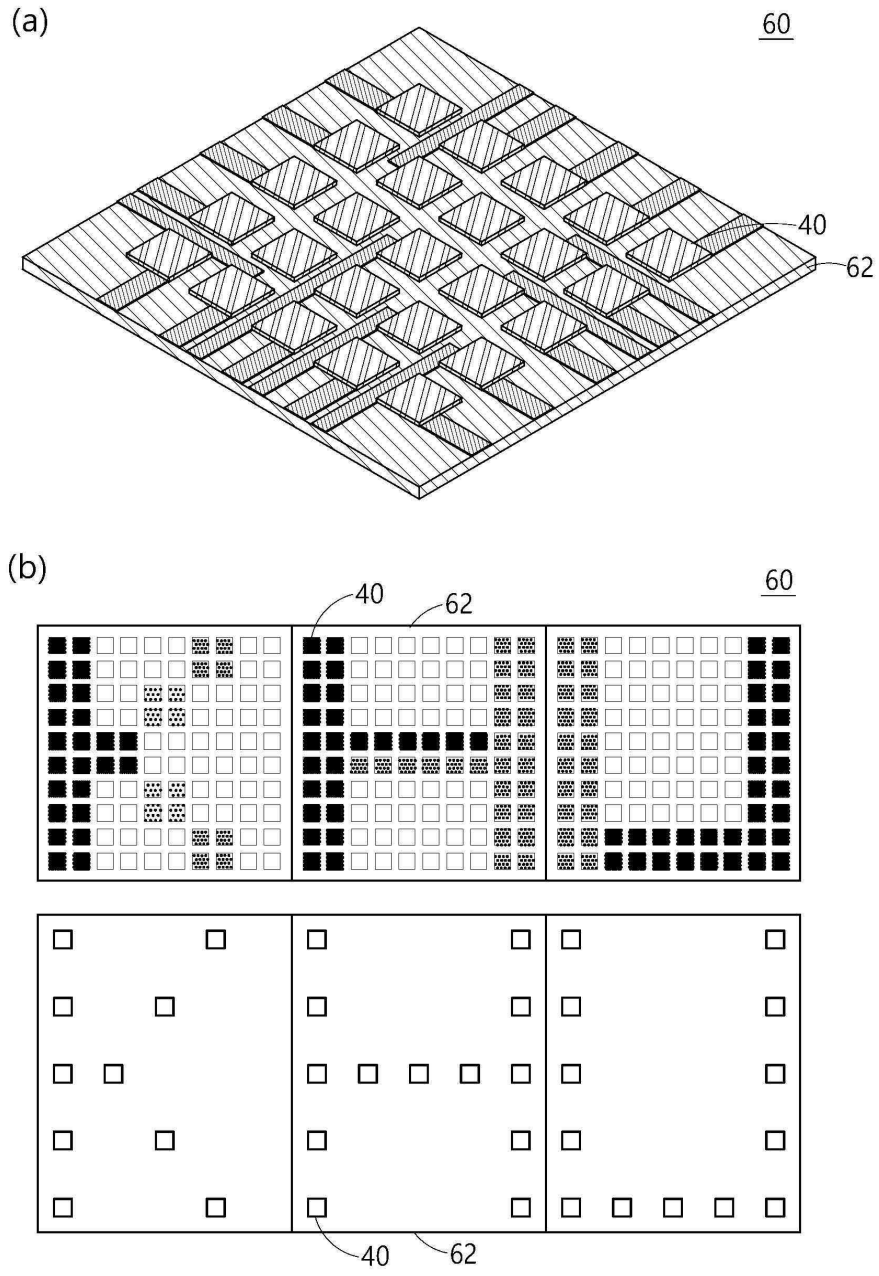
도면9


TPU
5wt%
10wt%
20wt%
30wt%
40wt%
50wt%
Dielectric constant(Arb.Units)
10^5
10^4
10^3
10^2
10^1
10^0
10^4
10^5
10^6
Frequency (Hz)

도면10


열가소성 우레탄을 유기물 용해 물질에 용해시키는 단계
S10
열가소성 우레탄이 용해된 유기물 용해 물질에
이온성 액체를 혼합하여 용해시키는 단계
S20
이온성 액체가 혼합된 용액을 몰드에 건조시키는 단계
S30

도면11



도면12

