



(19) 대한민국특허청(KR)  
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2023년07월20일  
(11) 등록번호 10-2557279  
(24) 등록일자 2023년07월14일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
G01L 1/14 (2006.01) G01L 19/00 (2006.01)  
G01L 5/165 (2020.01) H01B 1/12 (2006.01)  
H01B 1/14 (2006.01) B82Y 15/00 (2017.01)  
(52) CPC특허분류  
G01L 1/14 (2013.01)  
G01L 5/165 (2013.01)  
(21) 출원번호 10-2021-0125109  
(22) 출원일자 2021년09월17일  
심사청구일자 2021년09월17일  
(65) 공개번호 10-2022-0038007  
(43) 공개일자 2022년03월25일  
(30) 우선권주장  
1020200120222 2020년09월18일 대한민국(KR)  
(56) 선행기술조사문헌  
KR1020190110795 A\*  
KR102159453 B1\*  
\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자  
연세대학교 산학협력단  
서울특별시 서대문구 연세로 50 (신촌동, 연세대학교)  
(72) 발명자  
박진우  
서울특별시 서초구 서초중앙로 188, A동 2207호  
김승록  
서울특별시 서대문구 연희로10길 7  
(74) 대리인  
특허법인 플러스

전체 청구항 수 : 총 12 항

심사관 : 이성현

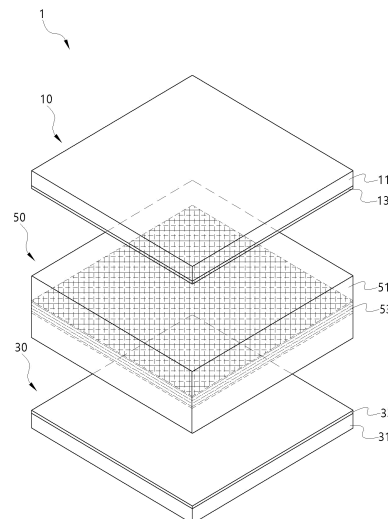
(54) 발명의 명칭 촉각센서

(57) 요약

본 발명은 촉각센서에 관한 것으로, 더 상세하게는 고감도로 압력 및 온도의 듀얼 센싱이 가능하며 넓은 압력 및 온도 범위를 센싱할 수 있는 촉각센서에 관한 것이다.

본 발명에 따른 촉각센서는 제1 및 제2전극; 및 상기 제1 및 제2전극 사이에 위치하는 고분자 이온젤과 상기 고분자 이온젤에 인입되는 강유전체를 함유하는 센싱부;를 포함한다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

*H01B 1/122* (2013.01)

*H01B 1/14* (2013.01)

*B82Y 15/00* (2013.01)

*G01L 2019/0053* (2013.01)

---

## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

제1 및 제2전극; 및

상기 제1 및 제2전극 사이에 위치하는 고분자 이온젤과 상기 고분자 이온젤에 인입되는 강유전체를 함유하는 센싱부;를 포함하고, 상기 강유전체는 섬유상의 다공막 구조를 가지는, 촉각센서.

#### 청구항 2

제1항에 있어서,

상기 고분자 이온젤은 고분자 및 이온성 액체를 포함하며,

상기 고분자는 PVDF계 공중합체 또는 상기 이온성 액체에 용해성을 가지는 블록을 포함하는 블록공중합체를 포함하고,

상기 이온성 액체는 [EMIM][TFSI](Ethyl-methylimidazolium bis(trifluoromethylsulfonyl)imide)을 함유하는, 촉각센서.

#### 청구항 3

제2항에 있어서,

상기 이온성 액체에 용해성을 가지는 블록을 포함하는 블록공중합체는 폴리아크릴레이트계 블록을 포함하는 것인, 촉각센서.

#### 청구항 4

제2항에 있어서,

상기 고분자 이온젤은

상기 고분자 : 상기 이온성 액체의 중량비가 1 : 0.1~5인, 촉각센서,

#### 청구항 5

제1항에 있어서,

상기 강유전체는 p(VDF-TrFE)(Poly(vinylidene fluoride-trifluoroethylene))을 함유하는, 촉각센서.

#### 청구항 6

삭제

#### 청구항 7

제1항에 있어서,

상기 섬유상의 다공막 구조의 기공률은 50 내지 90%인, 촉각센서.

#### 청구항 8

제1항에 있어서,

상기 강유전체의 두께( $T_d$ )는,

상기 센싱부의 전체 두께( $T_{total}$ )를 기준으로,  $0.01T_{total}$  내지  $0.8T_{total}$  인, 촉각센서.

#### 청구항 9

제1항에 있어서,

상기 전극은 유연고분자막 및 상기 유연고분자막의 적어도 일 면에 위치하는 전도성 나노와이어 네트워크를 포함하는, 촉각센서.

#### 청구항 10

제9항에 있어서,

상기 유연고분자막은 실록산계 중합체를 포함하는, 촉각센서.

#### 청구항 11

제1항에 있어서,

상기 센싱부는 상기 강유전체가 상기 센싱부의 중심부에 위치하는, 촉각센서.

#### 청구항 12

제1항에 있어서,

상기 센싱부는 단위면적 당 전기용량이  $8\text{nF}/\text{cm}^2$  내지  $12\mu\text{F}/\text{cm}^2$ 인, 촉각센서.

#### 청구항 13

제1항에 있어서,

상기 센싱부는 온도 및 압력에서 선택된 어느 하나 이상의 외부자극에 의해 전기용량이 변화하는, 촉각센서.

### 발명의 설명

### 기술 분야

[0001] 본 발명은 촉각센서에 관한 것으로, 더 상세하게는 고감도로 압력 및 온도의 듀얼 센싱이 가능하며 넓은 압력 및 온도 범위를 센싱할 수 있는 촉각센서에 관한 것이다.

### 배경 기술

[0002] 인간의 피부에서 느끼는 촉감은 오감 중 하나로, 외부의 접촉에 의해 진동, 압력, 온도 등을 감지한다. 이와 같은 촉각은 외부의 환경을 인지하는 주요 감각 중 하나로, 차세대 정보수집 매체로 인식되고 있다. 이에, 촉각을

감지하기 위한 감각기관을 대체할 수 있는 촉각센서에 관한 연구가 활발히 이루어지고 있다.

- [0003] 촉각센서는 의수(義手)뿐만 아니라 혈관내의 미세수술, 암진단 등의 각종 의료진단 및 시술에 사용될 수 있으며, 가상환경 구현기술의 차세대 주요기술인 촉각제시 기술에 적용될 수 있기 때문에 그 중요성이 더해지고 있다.
- [0004] 촉각센서는 전기적 신호의 종류에 따라 저항(piezoresistive) 방식, 전기용량(piezocapacitive) 방식, 트랜지스터(transistor) 방식으로 크게 분류할 수 있다. 이 중 전기용량 방식은 전극-유전체-전극의 소자 구조로 이루어져 있는 것으로, 유전체의 유전율과 면적, 두께에 따라 전기용량이 결정된다.
- [0005] 이에, 대한민국 등록특허 제10-1726516호 촉각센서가 개시되어 있다. 이처럼 종래 촉각센서는 유전율이 높은 강유전체를 압전층으로써 사용하여 우수한 감도를 가지고자 하였다.
- [0006] 그러나 강유전체를 적용한 촉각센서는 외부 물리적 자극에 의한 형태변형, 즉 유전체의 두께 변형율이 높지 않아 유전율이 높음에도 불구하고, 특정 범위의 압력 내에서만 높은 감도를 보인다는 문제점이 있다. 즉, 넓은 압력범위의 센싱이 불가능하여 넓은 범위의 압력을 센싱해야하는 촉각센서로서 실질적으로 적용이 어렵다는 단점이 있다.

## 선행기술문헌

### 특허문헌

- [0007] (특허문헌 0001) (특허 문헌1) : 대한민국 등록특허 제10-1726516호

## 발명의 내용

### 해결하려는 과제

- [0008] 본 발명의 목적은 압력 및 온도의 듀얼 센싱이 가능하며, 넓은 압력 및 온도범위에서 고감도로 센싱이 가능한 촉각센서를 제공하는 것이다.

### 과제의 해결 수단

- [0009] 본 발명에 따른 촉각센서는 제1 및 제2전극; 및 상기 제1 및 제2전극 사이에 위치하는 고분자 이온젤과 상기 고분자 이온젤에 인입되는 강유전체를 함유하는 센싱부;를 포함한다.
- [0010] 본 발명의 일 실시예에 따른 촉각센서에 있어, 상기 고분자 이온젤은 고분자 및 이온성 액체를 포함하며, 상기 고분자는 PVDF계 공중합체 또는 상기 이온성 액체에 용해성을 가지는 블록을 포함하는 블록공중합체를 포함하고, 상기 이온성 액체는 [EMIM][TFSI](Ethyl- methylimidazolium bis(trifluoromethylsulfonyl)imide)을 함유할 수 있다.
- [0011] 본 발명의 일 실시예에 따른 촉각센서에 있어, 상기 이온성 액체에 용해성을 가지는 블록을 포함하는 블록공중합체는 폴리아크릴레이트계 블록을 포함할 수 있다.
- [0012] 본 발명의 일 실시예에 따른 촉각센서에 있어, 상기 고분자 이온젤은 상기 고분자 : 상기 이온성 액체의 중량비가 1 : 0.1~5일 수 있다.
- [0013] 본 발명의 일 실시예에 따른 촉각센서에 있어, 상기 강유전체는 p(VDF-TrFE)(Poly(vinylidene fluoride-trifluoroethylene))을 함유할 수 있다.
- [0014] 본 발명의 일 실시예에 따른 촉각센서에 있어, 상기 강유전체는 섬유상의 다공막 구조를 가질 수 있다.
- [0015] 본 발명의 일 실시예에 따른 촉각센서에 있어, 상기 섬유상의 다공막 구조의 기공률은 50 내지 90%일 수 있다.
- [0016] 본 발명의 일 실시예에 따른 촉각센서에 있어, 상기 강유전체의 두께( $T_d$ )는, 상기 센싱부의 전체 두께( $T_{total}$ )를 기준으로,  $0.01T_{total}$  내지  $0.8T_{total}$ 일 수 있다.
- [0017] 본 발명의 일 실시예에 따른 촉각센서에 있어, 상기 전극은 유연고분자막 및 상기 유연고분자막의 적어도 일 면

에 위치하는 전도성 나노와이어 네트워크를 포함할 수 있다.

[0018] 본 발명의 일 실시예에 따른 촉각센서에 있어, 상기 유연고분자막은 실록산계 중합체를 포함할 수 있다.

[0019] 본 발명의 일 실시예에 따른 촉각센서에 있어, 상기 센싱부는 상기 강유전체가 상기 센싱부의 중심부에 위치할 수 있다.

[0020] 본 발명의 일 실시예에 따른 촉각센서에 있어, 상기 센싱부는 단위면적 당 전기용량이  $8\text{nF}/\text{cm}^2$  내지  $12\mu\text{F}/\text{cm}^2$  일 수 있다.

[0021] 본 발명의 일 실시예에 따른 촉각센서에 있어, 상기 센싱부는 온도 및 압력에서 선택된 어느 하나 이상의 외부 자극에 의해 전기용량이 변화할 수 있다.

### 발명의 효과

[0022] 본 발명에 따른 촉각센서는 센싱부가 고분자 이온젤에 강유전체가 인입된 구조로, 높은 유전율을 가짐과 동시에 두께변형률이 높아 온도 및 압력 듀얼 센싱이 가능하며, 넓은 범위의 압력 및 온도에서 고감도 센싱이 가능하다.

### 도면의 간단한 설명

[0023] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 촉각센서의 분리 사시도,

도 2는 도 1에 도시된 촉각센서의 단면을 간략히 도시한 단면도,

도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 촉각센서의 센싱부의 광투과율 측정결과,

도 4는 도 3에 도시된 센싱부의 주파수에 따른 전기화학 임피던스 측정 결과,

도 5는 도 3에 도시된 센싱부의 단위면적당 전기용량 측정 결과,

도 6은 도 1에 도시된 촉각센서의 온도 및 압력에 따른 전기용량 측정 결과,

도 7은 도 1에도시된 촉각센서를 인체모형에 배열한 후, 온도감지능을 측정한 결과이다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0024] 본 명세서에서 사용되는 기술 용어 및 과학 용어에 있어서 다른 정의가 없다면, 이 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 통상적으로 이해하고 있는 의미를 가지며, 하기의 설명 및 첨부 도면에서 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있는 공지 기능 및 구성에 대한 설명은 생략한다.

[0025] 또한, 본 명세서에서 사용되는 단수 형태는 문맥에서 특별한 지시가 없는 한 복수 형태도 포함하는 것으로 의도할 수 있다.

[0026] 또한, 본 명세서에서 특별한 언급 없이 사용된 단위는 중량을 기준으로 하며, 일 예로 % 또는 비의 단위는 중량 % 또는 중량비를 의미하고, 중량%는 달리 정의되지 않는 한 전체 조성물 중 어느 하나의 성분이 조성물 내에서 차지하는 중량%를 의미한다.

[0027] 또한, 본 명세서에서 사용되는 수치 범위는 하한치와 상한치와 그 범위 내에서의 모든 값, 정의되는 범위의 형태와 폭에서 논리적으로 유도되는 증분, 이중 한정된 모든 값 및 서로 다른 형태로 한정된 수치 범위의 상한 및 하한의 모든 가능한 조합을 포함한다. 본 발명의 명세서에서 특별한 정의가 없는 한 실험 오차 또는 값의 반올림으로 인해 발생할 가능성이 있는 수치범위 외의 값 역시 정의된 수치범위에 포함된다.

[0028] 본 명세서의 용어, '포함한다'는 '구비한다', '함유한다', '가진다' 또는 '특징으로 한다' 등의 표현과 등가의 의미를 가지는 개방형 기재이며, 추가로 열거되어 있지 않은 요소, 재료 또는 공정을 배제하지 않는다.

[0029] 본 발명의 촉각센서는 제1전극; 및 제2전극;과, 제1 및 제2 전극 사이에 위치하는 고분자 이온젤 및 고분자 이온젤에 인입되는 강유전체를 포함하는 센싱부;를 포함한다.

[0030] 종래, 전기용량방식 촉각센서는 전극-유전체-전극으로 이루어진 소자 구조로, 유전체의 유전율, 면적 및 두께에 따라 전기용량이 결정되며, 전기용량변화를 통해 센싱이 가능하다. 이와 같은 전기용량변화를 유도하기 위해서는 유전체의 두께 혹은 유전체와 전극간 접촉면적 변화를 시키는 방법이 있다. 유전체의 두께변화는 외부의 물

리적 자극(압력)에 의한 변화로서, 유전체의 높은 두께 변화율은 높은 전기용량변화율을 뜻하며 높은 민감도로 외부 압력의 센싱 가능하다는 의미이다.

- [0031] 종래 촉각센서는 강유전체를 사용하여 기존 유전체에 비해 유전율을 높여 전기용량을 높임에 따라 고감도를 가지고자 하였으나, 강유전체를 적용한 촉각센서는 외부 물리적 자극에 의한 형태변형, 즉 유전체의 두께 변형율이 높지 않아 유전율이 높음에도 불구하고, 특정 범위의 압력 내에서만 고감도 센싱이 가능하다는 문제점이 있다. 이에, 넓은 압력 및 온도범위의 센싱이 불가능하여 촉각센서로써 실질적으로 적용이 어려웠다.
- [0032] 본 발명에 따른 촉각센서는 센싱부가 고분자 이온젤에 강유전체가 인입된 구조로, 높은 유전율을 가짐과 동시에 두께 변형률이 높아, 넓은 압력 및 온도범위에서 고감도 센싱이 가능하며, 온도 및 압력 듀얼 센싱이 가능하다.
- [0033] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 촉각센서에 대해 상세히 설명한다.
- [0034] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 촉각센서의 분리사시도가 도시되어 있으며, 도 2는 도 1에 도시된 촉각센서의 단면이 간략하게 도시되어 있다.
- [0035] 도 1 내지 도 2를 참조하면, 본 발명의 촉각센서(1)는 제1,2전극(10)(30); 및 제1,2전극(10)(30) 사이에 위치하는 고분자 이온젤(51), 고분자 이온젤(51)에 인입되는 강유전체(53)를 포함하는 센싱부(50);를 포함한다.
- [0036] 구체적으로, 센싱부(50)는 상호 이격 배치된 제1,2전극(10)(30) 사이에 위치되는 것으로, 압력 및 온도에서 선택된 어느 하나 이상의 외부자극에 의해 유전성을 나타내는 물질이다. 센싱부(50)의 두께는 제1,2전극(10)(30)의 사이거리를 나타낼 수 있다.
- [0037] 센싱부(50)는 고분자 이온젤(51)과 고분자 이온젤(51)에 인입되어 위치하는 강유전체(53)를 포함함에 따라 높은 유전율을 가질 뿐만 아니라, 외력에 의한 두께 변형율이 높다. 상세하게, 센싱부(50)는 높은 유전율을 가지는 강유전체(53) 및 고분자 이온젤(51)을 동시에 포함하여 높은 전기용량을 가질 수 있다. 아울러, 강유전체(53)가 고분자 이온젤(51)에 임베딩(embedding)되어, 강유전체(53)만을 포함하는 종래 센싱부(50)에 비해, 외력에 의한 센싱부(50)의 두께 변형률이 높다. 이와 같은 센싱부(50)는 높은 유전율 및 두께 변화율을 가지며, 넓은 압력 및 온도 범위에서 고감도 센싱이 가능하다.
- [0038] 센싱부(50)는 강유전체(53)가 고분자 이온젤(51)의 중심부에 위치할 수 있다. 즉, 강유전체(53) 기준으로 제1,2전극(10)(30)이 상호 대칭하게 위치할 수 있으며, 강유전체(53)와 제1전극(10)사이의 거리(D1)와 강유전체(53)와 제2전극 사이의 거리(D2)가 동일할 수 있다. 이와 같은 센싱부(50)는 강유전체(53)를 중심으로 강유전체(53)의 상부 및 하부에 위치하는 고분자 이온젤(51)의 두께조절을 통해 유전율을 보다 정밀하게 조절할 수 있다. 또한, 이와 같은 센싱부(50)는 외력 비례하여 두께변화가 일정하게 증가할 수 있다. 즉, 센싱부(50)는 외력에 의해 전기용량 변화가 선형적으로 증가하여, 보다 정밀한 센싱이 가능하도록 한다.
- [0039] 센싱부(50)의 고분자 이온젤(51)은 이온전도성 물질로, 제1 및 제2전극(10)(30) 사이에 충전될 수 있다. 고분자 이온젤(51)은 외부환경에 의한 강유전체(53)의 분극 시, 전하를 전극으로 이동시킬 수 있다. 고분자 이온젤(51)은 이온전도성이 비교적 높은 종래 고분자 이온젤(51)을 사용할 수 있으나 구체적으로, 결정성을 가지는 강유전체(53)에 비해 결정도가 낮아 외력에 의한 변형율이 높은 고분자 이온젤(51)을 사용하는 것이 바람직하다.
- [0040] 고분자 이온젤(51)은 고분자 및 이온성 액체를 포함한다. 구체적으로, 상기 고분자로는 PVDF계 공중합체 또는 이온성 액체에 용해성을 가지는 블록을 포함하는 블록공중합체일 수 있다.
- [0041] PVDF계 공중합체로는 VDF(vinylidene fluoride)와 불소계 단량체의 공중합체로서, 구체적으로 p(VDF-HFP)(Poly(vinylidene fluoride-co-hexafluoropropylene))가 예시될 수 있다. 또한 이온성 액체에 용해성을 가지는 블록을 포함하는 블록공중합체로는 폴리아크릴레이트계 블록을 포함하는 블록공중합체로서, 폴리스티렌-폴리메틸메타크릴레이트-폴리스티렌 트리블록 공중합체, 폴리스티렌-폴리메틸메타크릴레이트-폴리(t-부틸메타크릴레이트) 일 수 있으나 이에 제한받지 않는다.
- [0042] 이온성 액체로는 이미다졸륨계 이온성 액체일 수 있고, 구체적으로 [EMIM][TFSI](Ethyl- methylimidazolium bis(trifluoromethylsulfonyl)imide)일 수 있다. p(VDF-HFP)와 [EMIM][TFSI]의 혼합 시, [EMIM][TFSI]의 비율이 높을수록 주파수에 따른 전기저항 값이 낮아지며, 단위면적당 전기용량이 커질 수 있다. 다만, p(VDF-HFP) : [EMIM][TFSI]의 중량비가 1 : 0.1 내지 5, 구체적으로 1 : 0.5 내지 4일 수 있다. 상기 범위에서 [EMIM][TFSI] 투입량 대비 낮은 전기저항 및 높은 전기용량 값을 가질 수 있다.
- [0043] 이와 같은 고분자 이온젤(51)은 외력에 의한 형태 변형율이 높으며, 약  $8\text{nF}/\text{cm}^2$  내지  $12\mu\text{F}/\text{cm}^2$ , 구체적으로  $1\mu$



$F/cm^2$  내지  $10\mu F/cm^2$ 의 높은 전기용량을 나타낼 수 있다. 즉, 이와 같은 고분자 이온젤(51)은 비교적 우수한 이온전도도 및 높은 전기용량을 가짐과 동시에 형태 변형율이 높다. 이에, 센싱부(50)의 두께변화율을 높임과 동시에, 후술할 강유전체(53)의 분극 시, 전극으로의 전하이동을 원활하게 하여 감도를 더욱 높일 수 있도록 한다.

[0044] 본 발명의 일 양태에 있어서, 고분자 이온젤은 상술한 고분자 및 이온성 액체와 함께 용매를 더 포함할 수 있다. 용매를 더 포함하는 고분자 이온젤은 상술한 고분자 및 이온성 액체가 균일하게 혼합되며, 후술하는 강유전체(53)가 효과적으로 인입되어 위치할 수 있다. 용매는 고분자와 이온성 액체를 모두 용해할 수 있는 양용매(good solvent)라면 제한없이 사용될 수 있다. 구체적으로, 상기 고분자 이온젤은 용매로서 유기용매를 더 포함함에 따라 고분자와 이온성 액체를 용해하여 균일한 용액 또는 분산액 형태의 졸(sol)로 제조될 수 있다.

[0045] 강유전체(53)는 유전율이 높은 유전체로, 종래, 강유전성을 가지는 물질은 모두 적용이 가능하나 바람직하게는 강유전성을 가지는 고분자일 수 있으며, 고분자 이온젤(51) 내에 인입될 시 고분자 이온젤(51) 내에 존재하는 용매에 의해 용해되거나 구조가 파괴되지 않도록 용해성을 가지지 않거나 매우 낮은 용해도를 가지는 고분자가 바람직할 수 있다. 강유전성 고분자는 불소계 중합체 또는 불소계 공중합체일 수 있으며, 비한정적인 일 예로, p(VDF-TrFE)(Poly(vinylidene fluoride- trifluoroethylene))가 예시될 수 있다. p(VDF-TrFE)는 유전율이 매우 높아 압력 및 온도의 변화에 의해 분극되며, 압력 및 온도의 듀얼센싱이 가능한 센서를 제공할 수 있도록 한다.

[0046] 본 발명의 일 실시예에 있어서, 강유전체(53)는 섬유상의 다공막 구조로, 나노파이버가 랜덤하게 방사된 네트워크 형상으로 유연성을 가질 수 있다. 이와 같은 강유전체(53)는 센싱부(50)의 변형률을 높일 수 있으며, 고분자 이온젤(51)과 접촉면적이 넓어, 더욱 높은 감도를 가지는 센서를 제공할 수 있도록 한다.

[0047] 구체적으로, 섬유상의 다공막 구조인 강유전체(53)는 시트 또는 필름 구조의 강유전체(53) 대비 매우 우수한 유연성을 가질 수 있으며, 높은 광투과도를 나타냄에 따라 더욱 다양한 분야에서 활용할 수 있다. 상세하게, 섬유상의 다공막 구조인 강유전체(53)를 포함하는 센싱부(50)는 가시광선(400nm 내지 700nm) 영역에서 80%이상의 광투과율을 나타낼 수 있다.

[0048] 섬유상의 다공막 구조일 시, 가공율은 두껍게 만드는 정도와 후처리 공정으로 열처리, 압력 등의 정도에 따라 달라질 수 있지만 50% 내지 90%, 구체적으로 60% 내지 80%의 가공률로 구비될 수 있으며, 나노파이버는 10nm 내지 1000nm, 구체적으로 200nm 내지 300nm의 섬유 직경을 가질 수 있다. 이와 같은 범위에서 단위면적 당 높은 유전율을 가짐과 동시에 높은 유연성을 가질 수 있다.

[0049] 전술한 바와 같이, 상기 고분자 이온젤(51)을 포함하는 졸은 용매를 포함함에 따라 강유전체(53)가 중심부에 안정적으로 인입될 수 있으며, 졸의 확산에 의해 고분자 이온젤이 강유전체(53) 섬유상의 다공막 구조 내로 침투하여 효과적으로 복합화될 수 있다.

[0050] 강유전체(53)의 두께는 센싱부(50)가 고유전율 및 외력에 의한 높은 두께 변형율을 유지할 수 있는 두께라면 한정되지 않으나, 센싱부(50)의 전체 두께( $T_{total}$ )를 기준으로 두께( $T_d$ )가  $0.01T_{total}$  내지  $0.8T_{total}$ , 구체적으로,  $0.05T_{total}$  내지  $0.5T_{total}$ , 더욱 구체적으로,  $0.1T_{total}$  내지  $0.3T_{total}$ , 일 수 있다. 이때, 센싱부(50)의 두께는 비한정적으로  $100\mu m$  내지  $10mm$ , 구체적으로  $250\mu m$  내지  $500\mu m$  일 수 있으며, 상기 범위에서 높은 유전율을 가지며, 두께 변형률이 높아 촉각센서(1)로 사용도가 높을 수 있다.

[0051] 제1 및 제2전극(10)(30)은 강유전체(53)를 기준으로 상호 대칭하며 나란하게 위치한다. 구체적으로, 도 1에 도시된 바와 같이 제1전극(10)의 유연성고분자막을 제1유연성고분자막(11), 제2전극(30)의 유연성고분자막을 제2유연성고분자막(31)으로 지칭하고, 제1전극(10)의 전도성 나노와이어 네트워크를 제1 전도성 나노와이어 네트워크(13), 제2전극의 전도성 나노와이어 네트워크를 제2 전도성 나노와이어 네트워크(33)로 지칭할 시, 강유전체(53)를 기준으로 제1 및 제2전극(10)(30)이 상호 대칭하며 나란하게 위치함에 따라, 이를 포함하는 촉각센서(1)는 제1유연성고분자막(11)-제1 전도성 나노와이어 네트워크(13)-센싱부(50)-제2 전도성 나노와이어 네트워크(33)-제2유연성고분자막(31) 순으로 적층될 수 있다.

[0052] 제1 및 제2전극(10)(30)은 각각, 굴곡진 임의의 형상에 밀착 구비될 수 있는 소재로 구비될 수 있다. 구체적으로, 유연고분자막(11)(31)과, 유연고분자막(11)(31)의 적어도 일면에 위치하는 전도성 나노와이어 네트워크(13)(33)를 포함할 수 있다. 유연고분자막(11)(31)의 고분자는 아크릴계 중합체, 실록산계 중합체, 비닐계 중합체, 우레탄계 중합체 및 올레핀계 중합체로 이루어진 군으로부터 선택된 어느 하나 또는 둘 이상을 포함할 수 있으나 이에 한정되진 않는다. 바람직하게는 유연고분자막(11)(31)은 폴리디메틸실록산(PDMS)와 같은 실록산계



중합체일 수 있다. 실록산계 중합체는 유연성이 높음과 동시에 우수한 탄성력을 가져 회복성이 높음에 따라 센서의 반복사용이 가능하도록 한다.

- [0053] 전도성 나노와이어(13)(33)는 우수한 전도성과 연성(ductility)을 가지는 금속이면 무방하다. 일 예로, 전도성 나노와이어(13)(33)는 은(Ag), 금(Au), 백금(Pt), 구리(Cu), 알루미늄(Al) 또는 이들의 합금 일 수 있으며, 구체적으로,  $1\Omega/\text{sq}$  내지  $100\Omega/\text{sq}$ , 더욱 구체적으로  $10\Omega/\text{sq}$  내지  $50\Omega/\text{sq}$  면저항을 가질 수 있으나 이에 한정되지 않는다. 전도성 나노와이어(13)(33)의 직경은 비 한정적으로 20nm 내지 500nm, 구체적으로 30nm 내지 300nm 일 수 있으며, 종횡비는 150 내지 1500, 구체적으로, 100 내지 1000일 수 있다.
- [0054] 상기와 같은 전극(유연고분자막)(11)(31)의 두께는  $10\mu\text{m}$  내지  $100\mu\text{m}$ , 구체적으로  $30\mu\text{m}$  내지  $80\mu\text{m}$ , 더욱 구체적으로  $40\mu\text{m}$  내지  $60\mu\text{m}$  일 수 있다. 상기 범위에서 제1 및 제2전극(10)(30)으로서 사용 가능한 굽힘강성을 가지며, 유연성이 저하되지 않는다.
- [0055] 이와 같은 본 발명의 촉각센서(1)는 센싱부(50)가 온도 및 압력에서 선택된 어느 하나 이상의 외부자극에 의해 전기용량이 변화될 수 있다. 촉각센서(1)는 센싱부(50)의 전기용량 변화를 통해 온도 및 압력을 고감도로 센싱할 수 있다.
- [0056] 일 예로, 도 2는 외부자극 중 압력에 의한 촉각센서(1)의 단면 변화를 모식화한 단면도이다. 구체적으로 도 2a는 압력을 인가하기 전, 도 2b는 압력을 인가한 후 촉각센서(1)의 단면 변화를 나타낸다.
- [0057] 도 2를 참조하면, 본 발명의 촉각센서(1)는 제1 및 제2전극(10)(30), 그리고 센싱부(50) 모두 높은 유연성을 가지며, 압력 등 외력에 의한 변형률이 높아, 외력에 따라, 센싱부(50)의 중심에 위치하는 강유전체(53)까지 변형될 수 있다. 이에, 고감도로 압력 센싱을 정밀하게 할 수 있다.
- [0058] [제조예 1]
- [0059] P(VDF-TrFE) (PVDF:TrFE=55:45, FC20, Piezotech, France)를 10cm 거리에서 5~8kV로 1시간 전기방사 시켜 섬유의 다공막 구조로 강유전체를 형성하였다. 다공막 구조의 나노섬유는 평균 250nm의 직경으로 형성되었으며, 다공막 구조는  $40\mu\text{m}$ 의 두께를 가졌다. 이후, P(VDF-HFP):[EMIM][TFSI]:Acetone=1:4:7 비율의 졸(sol)에 강유전체를 인입시켰다. 이때 졸은 아세톤(Acetone)이 증발되며 고체의 젤로 제작되어 고분자 이온젤을 형성하였다. 제작된 센싱부는  $300\mu\text{m}$  이었다.
- [0060] [제조예 2]
- [0061] 제조예 1에 있어서, P(VDF-HFP):[EMIM][TFSI]:Acetone의 비가 1:0.5:7인 것을 제외하고, 제조예 1과 동일한 방법으로 센싱부를 제조하였다.
- [0062] [제조예 3]
- [0063] 제조예 1에 있어서, P(VDF-HFP):[EMIM][TFSI]:Acetone의 비가 1:1:7인 것을 제외하고, 제조예 1과 동일한 방법으로 센싱부를 제조하였다.
- [0064] [제조예 4]
- [0065] 제조예 1에 있어서, P(VDF-HFP):[EMIM][TFSI]:Acetone의 비가 1:2:7인 것을 제외하고, 제조예 1과 동일한 방법으로 센싱부를 제조하였다.
- [0066] [비교제조예 1]
- [0067] 제조예 1의 센싱부와 동일한 두께로, 시트 상의 P(VDF-TrFE) (PVDF:TrFE=55:45, FC20, Piezotech, France) 강유전체만으로 이루어진 센싱부(FC20 film)를 제조하였다.
- [0068] [비교제조예 2]
- [0069] P(VDF-HFP):[EMIM][TFSI]:Acetone=1:4:7 비율의 졸(sol)을 증발시켜 제조예 1의 센싱부와 동일한 두께로, 고분자 이온젤로만 이루어진 센싱부(147 GPE)를 제조하였다.
- [0070] 도 3은 제조한 제조예 1, 비교제조예 1 및 비교제조예 2의 센싱부의 가시광선(400nm 내지 700nm) 파장 대 광투과율이 도시되어 있다. 광투과율은 자외-가시광 분광기를 이용하여 측정되었으며,  $5\text{mm}\times 1\text{cm}$ 의 샘플 크기, 25℃ 온도 및 40%의 상대습도에서 측정된 것이다.
- [0071] 도 3을 참조하면 실시예 1의 센싱부는 80% 이상의 광투과율을 가지며, 고분자 이온젤 및 강유전체로만 각각 이

루어진 비교예들에 비해 매우 높은 광투과율을 가짐을 확인할 수 있었다.

[0072] 도 4는 제조예 1 내지 제조예 4의 전기화학 임피던스에 대한 보드 그래프(bode plot)가 도시되어 있다. 구체적으로, 도 4에서, 제조예 1은 [1 4 7], 제조예 2는 [1 05 7], 제조예 3은 [1 1 7], 제조예 4는 [1 2 7]로 표기되었다.

[0073] 도 4를 참조하면, P(VDF-HFP):[EMIM][TFSI]:Acetone 비율에 있어서, [EMIM][TFSI] 함량이 많아 질수록 주파수에 따른 전기저항 값이 작음을 확인할 수 있었다.

[0074] 도 5는 제조예 1의 단위면적당 전기용량 측정 결과 비교 그래프가 도시되어 있다. 도 5를 참조하면, 제조예 1 내지 제조예 4의 센싱부는 단위면적 당 전기용량이 매우 높음을 확인할 수 있었으며, P(VDF-HFP):[EMIM][TFSI]:Acetone 비율에 있어서, [EMIM][TFSI]함량이 많아질수록 단위면적당 전기용량 값이 커짐을 확인할 수 있었다.

[0075] [실시예 1]

[0076] 은나노와이어를 PDMS에 임베딩한 투명전극(두께 $50\mu\text{m}$ )을 제조예 1에서 제조한 센싱부의 상면 및 하면에 각각 부착하여 촉각센서를 제조하였다.

[0077] 도 6은 실시예 1에서 제조한 촉각센서의 온도 및 압력에 따른 전기용량 측정 결과가 도시되어 있다. 구체적으로, 도 6은 샘플을 승온하여 각각 21℃, 26℃, 31℃, 39℃, 48℃ 및 57℃에서 전기용량(F) 측정결과와, 샘플을 1 내지 15kPa 범위에서 점진적으로 압력을 가할 시 각 압력에서 전기용량(F) 측정결과를 나타내는 그래프이다.

[0078] 도 7을 참조하면, 실시예 1의 촉각센서는 온도 및 압력 모두 고감도로 전기용량값이 변화함을 확인할 수 있었으며, 온도 상승 및 압력 상승에 따라 전기용량 변화가 선형적으로 변화함을 확인할 수 있었다.

[0079] 도 7은 실시예 1의 촉각센서(1cmX1cm)를 인조 마네킹 손에 3X3 어레이로 배열시켜 양면테이프로 고정하였다. 이후, 손가락(체온 : 36.4℃) 및 방열판(온도 : 20℃)을 각각 접촉시켰을 시, 각 센서의 온도분포 결과를 나타낸 것이다. 도 7를 참조하면, 각 촉각센서가 고감도로 온도센싱이 정밀하게 가능함에 따라, 인접하게 배열된 촉각 센서에 있어서, 온도값이 변화된 촉각센서의 위치를 통해, 특정 온도를 가지는 물체와의 접촉을 정밀하게 판단할 수 있다.

[0080] 이상과 같이 본 발명에서는 특정된 사항들과 한정된 실시예 및 도면에 의해 설명되었으나 이는 본 발명의 보다 전반적인 이해를 돕기 위해서 제공된 것일 뿐, 본 발명은 상기의 실시예에 한정되는 것은 아니며, 본 발명이 속하는 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 이러한 기재로부터 다양한 수정 및 변형이 가능하다.

[0081] 따라서, 본 발명의 사상은 설명된 실시예에 국한되어 정해져서는 아니되며, 후술하는 특허청구범위뿐 아니라 이 특허청구범위와 균등하거나 등가적 변형이 있는 모든 것들은 본 발명 사상의 범주에 속한다고 할 것이다.

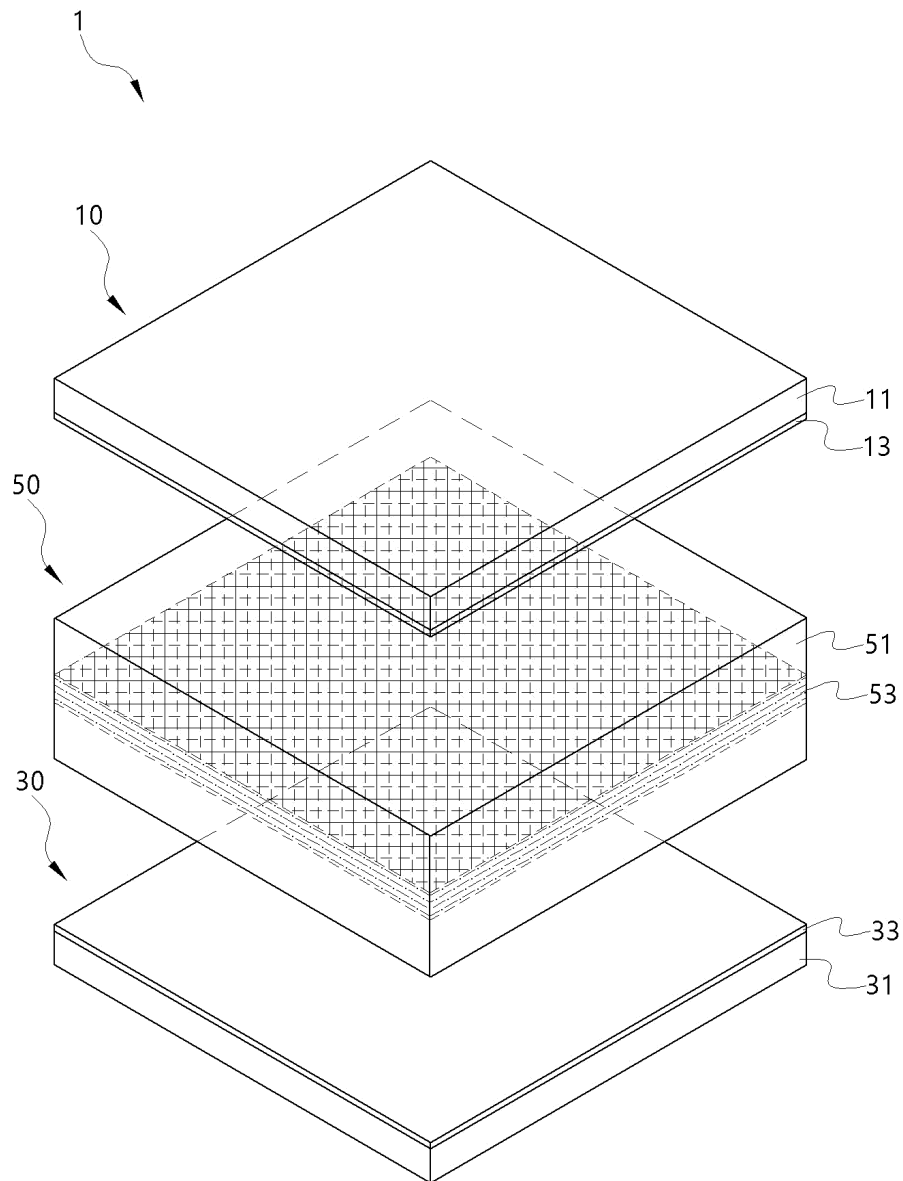
## 부호의 설명

[0082]

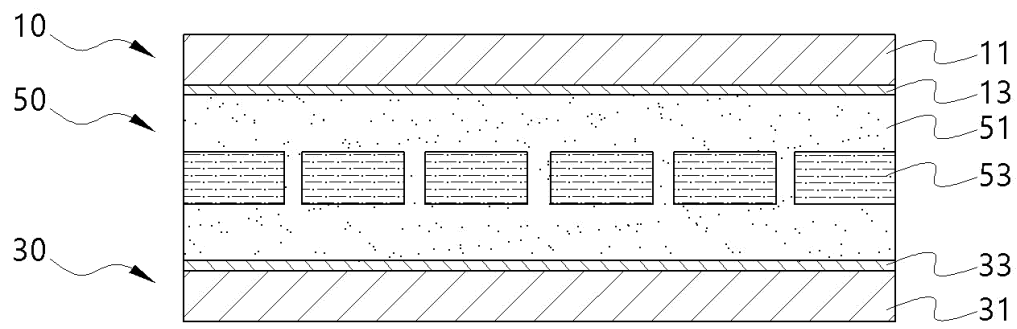
|            |              |
|------------|--------------|
| 10 : 제1 전극 | 30 : 제2전극    |
| 50 : 센싱부   | 51 : 고분자 이온젤 |
| 53 : 강유전체  |              |

도면

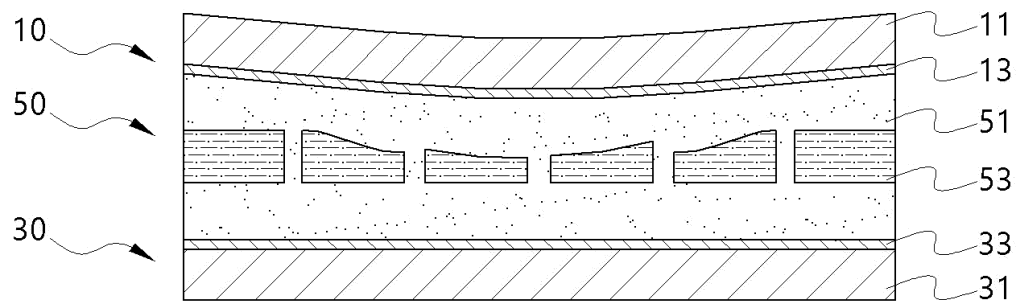
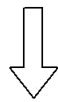
도면1



도면2

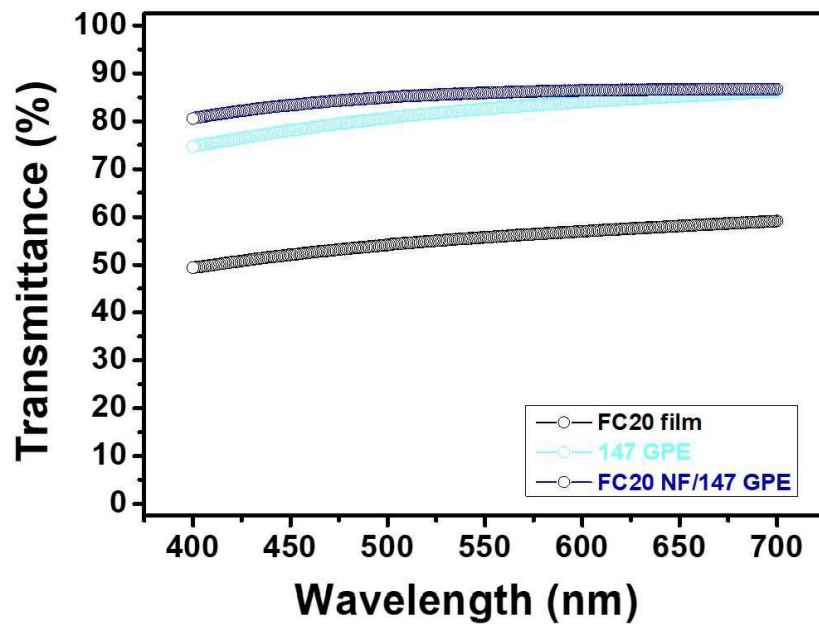


(a)

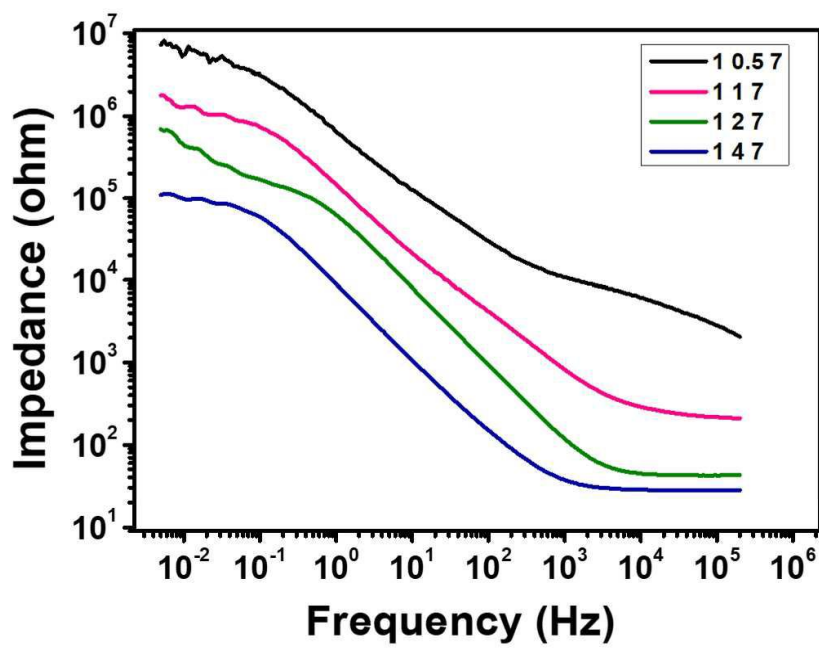


(b)

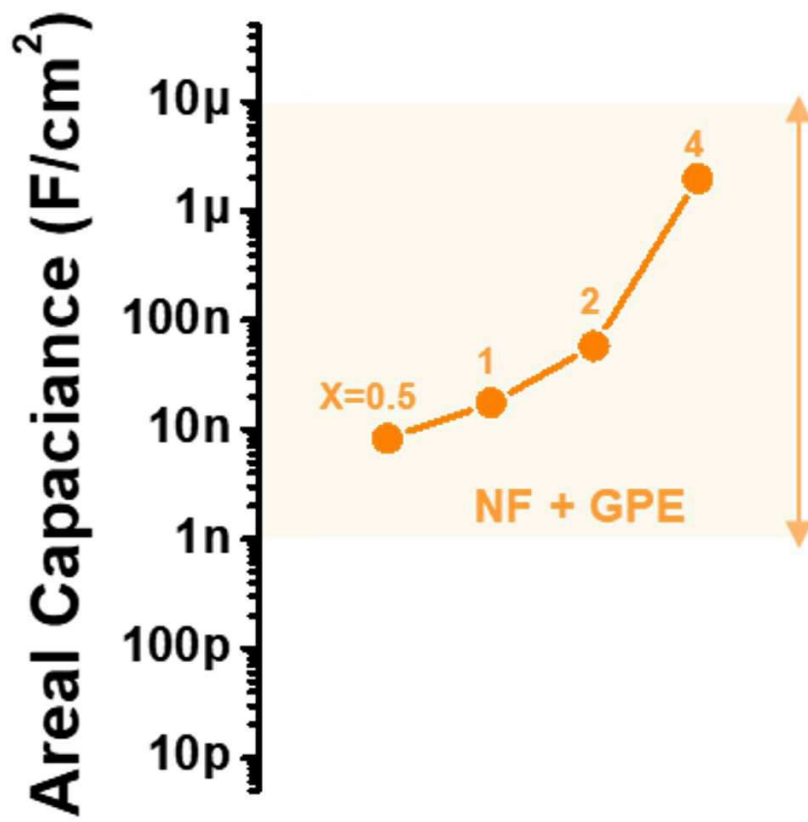
도면3



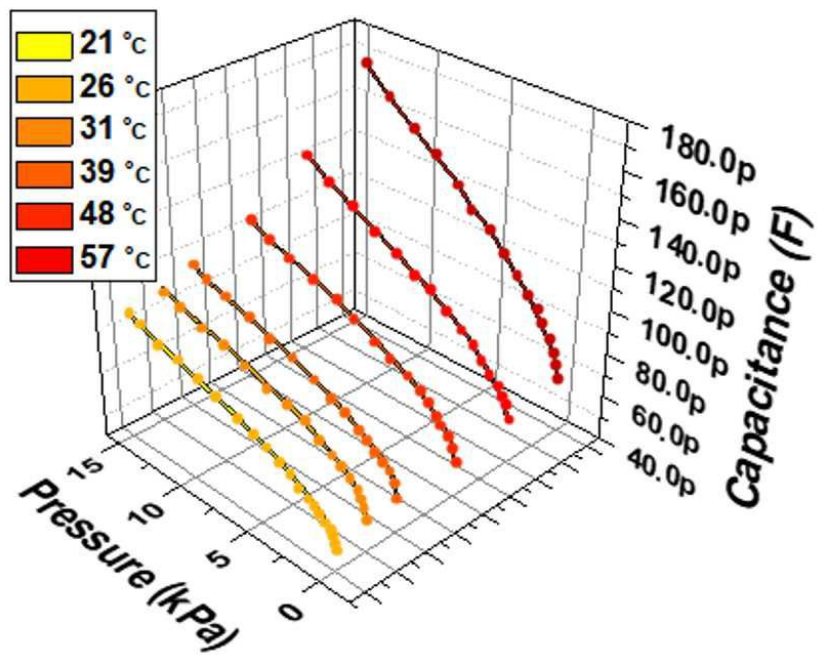
도면4



도면5



도면6



도면7

