



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2024-0152687
(43) 공개일자 2024년10월22일

- | | |
|---|--|
| <p>(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H10N 30/853 (2023.01) H10N 30/077 (2023.01)
H10N 30/093 (2023.01)</p> <p>(52) CPC특허분류
H10N 30/8542 (2023.02)
H10N 30/077 (2023.02)</p> <p>(21) 출원번호 10-2023-0049025
(22) 출원일자 2023년04월13일
심사청구일자 2023년04월13일</p> | <p>(71) 출원인
충남대학교산학협력단
대전광역시 유성구 대학로 99 (궁동, 충남대학교)</p> <p>(72) 발명자
나정효
대전광역시 유성구 대덕대로541번길 99 (가정동,
도룡포레미소지움 아파트)</p> <p>김민제
대전광역시 유성구 노은서로80번길 26, 402호 (노
은동)</p> <p>(74) 대리인
김태완</p> |
|---|--|

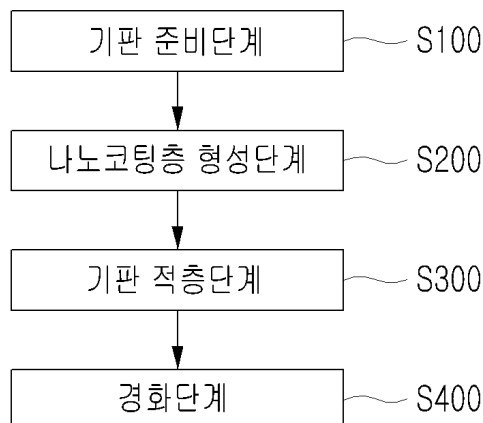
전체 청구항 수 : 총 8 항

(54) 발명의 명칭 압전소자 및 압전소자의 제작방법

(57) 요약

본 발명은 제1기판; 상기 제1기판 상에 나노와이어가 성장된 맥신(MXene)으로 이루어진 나노시트와 폴리머용액이 서로 혼합된 나노코팅액을 스핀코팅하여 형성된 나노코팅층; 및 상기 나노코팅층 상에 적층되는 제2기판;을 포함함으로써, 압전소자의 성능이 향상되는 압전소자 및 압전소자의 제작방법을 제공한다.

대 표 도 - 도1



(52) CPC특허분류

H10N 30/093 (2023.02)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711189866
과제번호	2019R1A2C1010384
부처명	과학기술정보통신부
과제관리(전문)기관명	한국연구재단
연구사업명	개인기초연구(과기정통부)
연구과제명	마찰표면 대전도 및 유전체 분극 조절기술에 의한 에너지 수확 소자 성능 향상 및
응용 센서 개발	
기 여 율	1/1
과제수행기관명	충남대학교
연구기간	2023.03.01 ~ 2024.02.29

명세서

청구범위

청구항 1

제1기판;

상기 제1기판 상에 나노와이어가 성장된 맥신(MXene)으로 이루어진 나노시트와 폴리머용액이 서로 혼합된 나노코팅액을 스핀코팅하여 형성된 나노코팅층; 및

상기 나노코팅층 상에 적층되는 제2기판;을 포함하는 것을 특징으로 하는 압전소자.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 나노와이어는 리튬이 도핑된 산화아연(ZnO)으로 이루어진 것을 특징으로 하는 압전소자.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 폴리머용액은 PDMS(polydimethylsiloxane)용액인 것을 특징으로 하는 압전소자.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 나노코팅액은, 상기 나노시트가 1wt% 초과 10wt% 미만의 용량으로 상기 폴리머용액과 혼합되는 것을 특징으로 하는 압전소자.

청구항 5

제1기판 및 제2기판을 준비하는 기판 준비단계;

상기 제1기판 상에 나노와이어가 성장된 맥신(MXene)으로 이루어진 나노시트와 폴리머용액을 서로 혼합된 나노코팅액을 스핀코팅하여 나노코팅층을 형성하는 나노코팅층 형성단계;

상기 나노코팅층 상에 상기 제2기판을 적층하는 기판 적층단계; 및

상기 나노코팅층을 경화하는 경화단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 압전소자의 제작방법.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 나노코팅층 형성단계는,

맥신(MXene)의 표면에 산화아연(ZnO)을 고정시켜 시드층을 형성하는 시드층 형성단계;

상기 시드층이 형성된 맥신(MXene)을 리튬용액으로 열수공정하여 리튬이 도핑된 산화아연(ZnO)으로 이루어진 상기 나노와이어를 성장시키는 나노와이어 성장단계; 및

상기 나노와이어를 건조시켜 상기 나노시트를 형성하는 나노시트 형성단계;를 포함하는 것을 특징으로 하는 압전소자의 제작방법.

청구항 7

제5항에 있어서,

상기 폴리머용액은 PDMS(polydimethylsiloxane)용액인 것을 특징으로 하는 압전소자의 제작방법.

청구항 8

제5항에 있어서,

상기 나노코팅액은, 상기 나노시트가 1wt% 초과 10wt% 미만의 용량으로 상기 폴리머용액과 혼합되는 것을 특징으로 하는 압전소자의 제작방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 압전소자 및 압전소자의 제작방법에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 고분자 매트릭스와 압전 필러로 구성되어 기계적 유연성과 가공성이 우수한 압전소자 및 압전소자의 제작방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 일상생활 및 산업현장에서 가장 많이 이용되는 에너지원이며 이러한 전기에너지는 수력, 화력 또는 핵 원료 등을 에너지원으로 하여 생산된다. 그러나 이러한 에너지원은 저장량이 한정되어 있거나, 정화가 어려운 오염물질을 발생시키고, 대규모의 설비를 필요로 하는 문제점이 있다.

[0003] 이에 이를 대체하여 에너지를 생산하기 위한 대체 에너지의 개발에 관심이 집중되고 있으며, 태양광, 풍력, 열 등과 같은 에너지원을 전기 에너지로 전환시키는 연구가 활발히 수행되고 있다.

[0004] 더 나아가, 최근에는 에너지 하베스팅(energy harvesting) 기술이 소형 전자기기의 전력원으로 주목받고 있다. 구체적으로, 이러한 에너지 하베스팅 소재는 압전(piezoelectric), 광전(photovoltaic), 열전(thermoelectric) 등 다양한 원리에 의해 버려지는 에너지를 수집하여 전기 에너지로 변환하는 소자이다.

[0005] 특히 압전 에너지 하베스팅 소자는 인간의 움직임과 같은 기계적 에너지를 전기에너지로 변환하고 저장하는 것으로, 주변 기후나 지형 등에 제한이 없고, 초소형 장치로도 구현이 가능하여 특히 관심을 받고 있다. 나아가 압전 에너지 하베스팅 소자(이하 압전소자라 함)는 소형으로 제조하여 휴대기기 등의 자체 전원으로 이용할 수 있으며, 나아가 압전 소자를 유연한 소자로 형성하여 사용처를 확대하고자 하는 시도가 계속되고 있다.

[0006] 유연 압전소자는 고분자 매트릭스와 압전 필러로 구성되어 기계적 유연성과 가공성이 우수한 것이 특징이다. 이때 압전소자의 전체 압전 성능은 내부의 압전 필러에 의해 크게 결정될 수 있다. 압전 세라믹의 분산을 촉진할 수 있는 다양한 분산 방법과 첨가제 및 최적의 복합 구조에 관한 연구가 활발히 진행되고 있지만, 압전소자의 성능 향상에 효과적으로 활용되는 압전 필러를 개발하려는 시도는 상대적으로 적다. 따라서 고성능의 유연 압전소자를 제조할 수 있는 다양한 개발이 필요한 실정이다.

선행기술문헌

특허문헌

[0007] (특허문헌 0001) 한국등록특허공보 제10-2050753호(2019.11.26 등록, 발명의 명칭 : 유연 압전소자 제조방법 및 이로부터 제조된 유연 압전소자)

발명의 내용

해결하려는 과제

[0008] 따라서, 본 발명이 해결하고자 하는 과제는 이와 같은 종래의 문제점을 해결하기 위한 것으로서, 나노와이어가 성장된 맥신(MXene)으로 이루어진 나노시트와 폴리머용액이 서로 혼합된 나노코팅액을 스핀코팅하여 형성된 나노코팅층을 포함하여 고성능의 유연 압전소자 및 압전소자의 제작방법을 제공함에 있다.

과제의 해결 수단

[0009] 상술한 과제를 해결하기 위한 본 발명의 실시예에 따른 압전소자는, 제1기판; 상기 제1기판 상에 나노와이어가

성장된 맥신(MXene)으로 이루어진 나노시트와 폴리머용액이 서로 혼합된 나노코팅액을 스핀코팅하여 형성된 나노코팅층; 및 상기 나노코팅층 상에 적층되는 제2기판;을 포함한다.

[0010] 본 발명의 실시예에 따른 압전소자에 있어서, 상기 나노와이어는 리튬이 도핑된 산화아연으로 이루어질 수 있다.

[0011] 본 발명의 실시예에 따른 압전소자에 있어서, 상기 폴리머용액은 PDMS(polydimethylsiloxane)용액일 수 있다.

[0012] 상술한 과제를 해결하기 위한 본 발명의 실시예에 따른 압전소자의 제작방법은, 제1기판 및 제2기판을 준비하는 기판 준비단계; 상기 제1기판 상에 나노와이어가 성장된 맥신(MXene)으로 이루어진 나노시트와 폴리머용액이 서로 혼합된 나노코팅액을 스핀코팅하여 나노코팅층을 형성하는 나노코팅층 형성단계; 상기 나노코팅층 상에 상기 제2기판을 적층하는 기판 적층단계; 및 상기 나노코팅층을 경화하는 경화단계;를 포함한다.

[0013] 본 발명의 실시예에 따른 압전소자의 제작방법에 있어서, 상기 나노코팅층 형성단계는, 맥신(MXene)의 표면에 산화아연(ZnO)을 고정시켜 시드층을 형성하는 시드층 형성단계; 상기 시드층이 형성된 맥신(MXene)을 리튬용액으로 열수공정하여 리튬이 도핑된 산화아연(ZnO)으로 이루어진 상기 나노와이어를 성장시키는 나노와이어 성장단계; 및 상기 나노와이어를 건조시켜 상기 나노시트를 형성하는 나노시트 형성단계;를 포함할 수 있다.

[0014] 본 발명의 실시예에 따른 압전소자의 제작방법에 있어서, 상기 폴리머용액은 PDMS(polydimethylsiloxane)용액일 수 있다.

[0015] 본 발명의 실시예에 따른 압전소자의 제작방법에 있어서, 상기 나노코팅액은, 상기 나노시트가 1wt% 초과 10wt% 미만의 용량으로 상기 폴리머용액과 혼합될 수 있다.

발명의 효과

[0016] 본 발명의 압전소자 및 압전소자의 제작방법에 따르면, 전기적 분극에 유리한 나노선 구조의 강유전체인 나노와이어와 국부적 접지로 활용이 가능한 맥신(MXene)간의 복합구조를 활용하여, 나노코팅층의 효과적 분극을 유도할 수 있어, 압전소자의 성능이 향상되는 효과가 있다.

[0017] 본 발명의 효과들은 이상에서 언급한 효과들로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 효과들은 청구범위의 기재로부터 통상의 기술자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

도면의 간단한 설명

[0018] 도 1은 본 발명의 일실시예에 따른 압전소자의 제작방법을 나타낸 순서도이고,

도 2는 본 발명의 일실시예에 따른 압전소자의 제작방법에서 나노코팅층 형성단계를 나타낸 순서도이고,

도 3은 본 발명의 일실시예에 따른 압전소자의 제작방법을 나타낸 모식도이고,

도 4 및 도 5는 본 발명의 일실시예에 따른 압전소자의 제작방법에서 나노시트의 맥신(MXene)의 유, 무에 따른 전기장 세기를 보여주는 시뮬레이션 데이터이고,

도 6 내지 도 9는 본 발명의 일실시예에 따른 압전소자 및 압전소자의 제작방법의 출력 성능을 설명하기 위한 그래프이고,

도 10은 본 발명의 일실시예에 따른 압전소자의 제작방법에서 열수공정의 유, 무에 따른 출력전압을 설명하기 위한 그래프이고,

도 11은 본 발명의 일실시예에 따른 압전소자 및 압전소자의 제작방법에서 나노시트의 용량에 따른 출력전압을 설명하기 위한 그래프이고,

도 12는 본 발명의 일실시예에 따른 압전소자의 나노시트를 간략하게 도시한 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0019] 이하 상술한 해결하고자 하는 과제가 구체적으로 실현될 수 있는 본 발명의 바람직한 실시예들이 첨부된 도면을 참조하여 설명된다.

[0020] 도 1은 본 발명의 일실시예에 따른 압전소자의 제작방법을 나타낸 순서도이고, 도 2는 본 발명의 일실시예에 따른 압전소자의 제작방법에서 나노코팅층 형성단계를 나타낸 순서도이고, 도 3은 본 발명의 일실시예에 따른 압

전소자의 제작방법을 나타낸 모식도이고, 도 4 및 도 5는 본 발명의 일실시예에 따른 압전소자의 제작방법에서 나노시트의 맥신(MXene)의 유, 무에 따른 전기장 세기를 보여주는 시뮬레이션 데이터이고, 도 6 내지 도 9는 본 발명의 일실시예에 따른 압전소자 및 압전소자의 제작방법의 출력 성능을 설명하기 위한 그래프이고, 도 10은 본 발명의 일실시예에 따른 압전소자의 제작방법에서 열수공정의 유, 무에 따른 출력전압을 설명하기 위한 그래프이고, 도 11은 본 발명의 일실시예에 따른 압전소자 및 압전소자의 제작방법에서 나노시트의 용량에 따른 출력전압을 설명하기 위한 그래프이고, 도 12는 본 발명의 일실시예에 따른 압전소자의 나노시트를 간략하게 도시한 도면이다.

- [0021] 본 발명에 따른 압전소자는, 제1기판, 나노코팅층 및 제2기판을 포함한다.
- [0022] 먼저, 제1기판 및 제2기판은 ITO/PET 기판일 수 있다. 그러나 본 발명에 따른 마찰발전소자가 적용될 수 있는 제1기판 및 제2기판의 물질은 이에 제한되지 않는다.
- [0023] 나노코팅층은 제1기판 상에 나노와이어가 성장된 맥신(MXene)으로 이루어진 나노시트와 폴리머용액이 서로 혼합된 나노코팅액을 스핀코팅하여 형성된다. 맥신(MXene)은 전기전도도가 높은 나노물질로써, 본 발명의 실시예에서는 Ti_3C_2 (MXene)을 사용할 수 있다.
- [0024] 그리고, 나노와이어는 리튬이 도핑된 산화아연(ZnO)으로 이루어질 수 있고, 폴리머용액은 PDMS(polydimethylsiloxane)용액일 수 있다.
- [0025] 이와 같은 본 발명에 따른 압전소자는 전기적 분극에 유리한 나노선 구조의 강유전체인 나노와이어와 국부적 접지로 활용이 가능한 맥신(MXene)간의 복합구조를 활용하여, 나노코팅층의 효과적인 분극을 유도할 수 있어, 압전소자의 성능이 향상되는 효과가 있는데, 이는 후술하기로 한다.
- [0026] 한편, 나노코팅액은 나노시트가 1wt% 초과 10wt% 미만의 용량으로 폴리머용액과 혼합된 것일 수 있는데, 이는 후술하기로 한다.
- [0027] 이상, 본 발명에 따른 압전소자를 설명하였으며, 이하 본 발명에 따른 압전소자의 제작방법을 설명한다.
- [0028] 도 1 내지 도 3을 참조하면, 본 발명에 따른 압전소자의 제작방법은 기판 준비단계(S100), 나노코팅층 형성단계(S200), 기판 적층단계(S300) 및 경화단계(S400)를 포함한다.
- [0029] 기판 준비단계(S100)는 제1기판 및 제2기판을 준비하는 단계이다. 제1기판 및 제2기판은 상술한 것처럼 ITO/PET 기판일 수 있다.
- [0030] 나노코팅층 형성단계(S200)는 제1기판 상에 나노와이어가 성장된 맥신(MXene)으로 이루어진 나노시트와 폴리머용액을 서로 혼합된 나노코팅액을 스핀코팅하여 나노코팅층을 형성하는 단계로, 시드층 형성단계(S210), 나노와이어 성장단계(S220) 및 나노시트 형성단계(S230)를 포함할 수 있다.
- [0031] 시드층 형성단계(S210)는 맥신(MXene)의 표면에 산화아연(ZnO)을 고정시켜 시드층을 형성하는 단계이다.
- [0032] 구체적으로, 맥신(MXene)을 $Zn(NO_3)_2 \cdot 6H_2O$ 와 함께 초순수(DI water)에 첨가한 후 교반하여 맥신(MXene)표면에 산화아연(ZnO)을 고정시켜 산화아연(ZnO) 시드층을 형성할 수 있다. 이때, 교반은 60℃에서 30분 동안 수행될 수 있고, 반드시 이에 한정되는 것은 아니다.
- [0033] 한편, 맥신(MXene)은 전기전도도가 높은 나노물질로써, 본 발명의 실시예에서는 Ti_3C_2 (MXene)을 사용할 수 있다.
- [0034] 나노와이어 성장단계(S220)는 시드층이 형성된 맥신(MXene)을 리튬용액으로 열수공정하여 리튬이 도핑된 산화아연(ZnO)으로 이루어진 나노와이어를 성장시키는 단계이다.
- [0035] 구체적으로, 오토클레이브를 이용하여 리튬의 농도가 50mM인 리튬용액을 제조하고, 제조된 리튬용액으로 열수공정하여 맥신(MXene) 표면에 리튬이 도핑된 산화아연(ZnO)으로 이루어진 나노와이어를 성장시킬 수 있다. 이때, 열수공정은 95℃에서 3시간 동안 수행될 수 있고, 반드시 이에 한정되는 것은 아니다.
- [0036] 여기서 열수공정을 수행하여 맥신(MXene) 표면에 나노와이어를 성장시킴으로써, 열수공정을 수행하지 않고 맥신(MXene)과 나노와이어를 섞은 것보다 출력전압이 상승될 수 있다.
- [0037] 도 10을 참조하면, 열수공정을 수행하지 않고 맥신(MXene)과 나노와이어를 섞은 것보다 열수공정을 수행하여 맥신(MXene) 표면에 나노와이어를 성장시킨 경우 출력전압이 더 큰 것을 확인할 수 있다.

- [0038] 나노시트 형성단계(S230)는 나노와이어를 건조시켜 나노시트를 형성하는 단계로, 나노와이어 성장단계(S220)를 통해 성장된 나노와이어를 완전히 건조하여 나노시트를 형성할 수 있다.
- [0039] 결과적으로 도 12를 참조하면, 나노시트는 리튬이 도핑된 산화아연(ZnO)으로 이루어진 나노와이어(20)가 성장된 맥신(10)으로 이루어질 수 있다.
- [0040] 이와 같이 나노시트가 맥신(MXene)을 포함함으로써 후술하는 나노코팅층은 나노코팅층 내부의 맥신(MXene)에 의해 국부적인 접지 역할을 할 수 있어 맥신(MXene) 표면에서 성장된 나노와이어는 전기적인 분극 과정에서 보다 효과적으로 분극될 수 있다.
- [0041] 도 4 및 도 5를 참조하면, 맥신(MXene)을 포함하지 않는 나노시트보다 맥신(MXene)을 포함하는 나노시트에서 전기장의 세기가 더 강한 것을 확인할 수 있다.
- [0042] 또한, 도 6을 참조하면, 맥신(MXene)을 포함하는 나노시트가 맥신(MXene)을 포함하지 않는 나노시트보다 인가되는 전압에 비례하여 압전 반응 성질이 30% 이상 향상된 것을 확인할 수 있다.
- [0043] 그리고, 도 7을 참조하면, 맥신(MXene)을 포함하는 나노시트는 완벽한 강유전 특성 커브를 확인할 수 있으며, 그에 따라 잔류 분극(remnant polarization) 값이 향상됨을 볼 수 있는데 이러한 경향은 전기적 분극을 진행하였을 때 더 효과적인 것을 확인할 수 있다.
- [0044] 계속해서, 나노코팅층 형성단계(S200)는 나노와이어가 성장된 맥신(MXene)으로 이루어진 나노시트와 폴리머용액을 서로 혼합된 나노코팅액을 스핀코팅하여 나노코팅층을 형성할 수 있는데 이때, 폴리머용액은 PDMS(polydimethylsiloxane)용액일 수 있다.
- [0045] 이와 같이 나노시트와 폴리머용액을 서로 혼합한 나노코팅액으로 나노코팅층을 형성하여 나노코팅층의 유전 상수가 향상될 수 있다.
- [0046] 도 8을 참조하면, 조건에 다른 나노코팅층의 유전 상수를 측정한 데이터를 보면 나노와이어가 성장된 맥신(MXene)으로 이루어진 나노시트와 폴리머용액을 서로 혼합된 나노코팅액을 스핀코팅하여 형성된 나노코팅층에 전기적 분극이 진행됨에 따라 유전 상수가 향상됨을 확인할 수 있다.
- [0047] 또한, 압전 성질은 잔류 분극과 비유전율에 대해 비례하므로 나노와이어가 성장된 맥신(MXene)으로 이루어진 나노시트와 폴리머용액을 서로 혼합된 나노코팅액을 스핀코팅하여 형성된 나노코팅층이 분극이 되면 가장 높은 압전 출력을 가질 수 있다.
- [0048] 한편, 나노코팅액은 나노시트가 1wt% 초과 10wt% 미만의 용량으로 폴리머용액과 혼합될 수 있다.
- [0049] 도 11을 참조하면, 나노시트가 너무 적은 용량으로 폴리머용액과 혼합되면, 이후 형성되는 나노코팅층은 전기전도도가 높은 나노시트가 너무 적게 혼합되어 출력전압이 낮을 수 있고, 나노시트가 너무 많은 용량으로 폴리머용액과 혼합되면, 나노코팅층은 도전성이 매우 커져 출력전압은 오히려 줄어들 수 있다.
- [0050] 따라서, 나노코팅액은 나노시트가 1wt% 초과 10wt% 미만의 용량으로 폴리머용액과 혼합되는 것이 바람직하고, 더 바람직하게 나노시트는 5wt% 용량으로 폴리머용액과 혼합되는 것이며, 이 경우 도 11과 같이 출력전압이 가장 높은 것을 확인할 수 있다.
- [0051] 기관 적층단계(S300)는 나노코팅층 상에 제2기관을 적층하는 단계이고, 경화단계(S400)는 나노코팅층을 경화하는 단계이다.
- [0052] 구체적으로, 나노코팅층 상에 ITO/PET 기관인 제2기관을 적층하고 진공 챔버에 위치시켜 제1기관과 제2기관 사이의 공극이 형성되지 않도록 할 수 있다. 이후, 경화 공정을 수행하는데 이때, 경화 공정은 85℃에서 30분 동안 수행될 수 있고, 반드시 이에 한정되는 것은 아니다.
- [0053] 이와 같은 제작방법을 통해 제작된 압전소자는 나노와이어가 성장된 맥신(MXene)으로 이루어진 나노시트와 폴리머용액이 서로 혼합된 나노코팅액을 스핀코팅하여 형성된 나노코팅층을 포함하여 나노와이어가 성장된 맥신(MXene)의 표면은 금속성 Ti_3C_2 입자의 응집을 방지하기 때문에 전기적 분극 과정에서 보다 균일한 전기장 분포를 촉진할 수 있고, 이에 따라 본 발명에 따른 압전소자의 출력전압의 성능은 향상되는 효과가 있다.
- [0054] 도 9를 참조하면, 본 발명에 따른 압전소자의 출력전압은 맥신(MXene)을 포함하지 않는 압전소자의 출력전압보다 4배의 성능 향상을 확인할 수 있다.

[0055] 이상, 본 발명에 따른 압전소자 및 압전소자의 제작방법에 따르면, 전기적 분극에 유리한 나노선 구조의 강유전체인 나노와이어와 국부적 접지로 활용이 가능한 맥신(MXene)간의 복합구조를 활용하여, 나노코팅층의 효과적인 분극을 유도할 수 있어, 압전소자의 성능이 향상되는 효과를 얻을 수 있다.

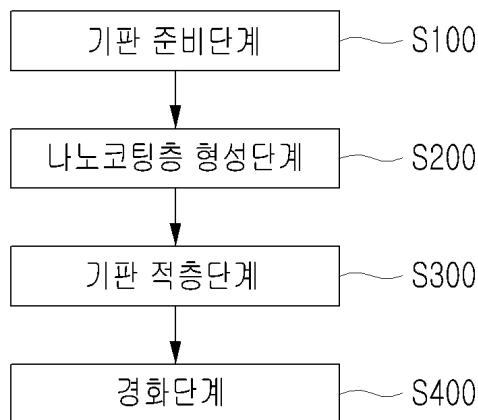
[0056] 본 발명의 권리범위는 상술한 실시예 및 변형예에 한정되는 것이 아니라 첨부된 특허청구범위 내에서 다양한 형태의 실시예로 구현될 수 있다. 특허청구범위에서 청구하는 본 발명의 요지를 벗어남이 없이 당해 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 누구든지 변형 가능한 다양한 범위까지 본 발명의 청구범위 기재의 범위 내에 있는 것으로 본다.

부호의 설명

[0057] S100 : 기판 준비단계
S200 : 나노코팅층 형성단계
S210 : 시드층 형성단계
S220 : 나노코팅층 성장단계
S230 : 나노시트 형성단계
S300 : 기판 적층단계
S400 : 경화단계

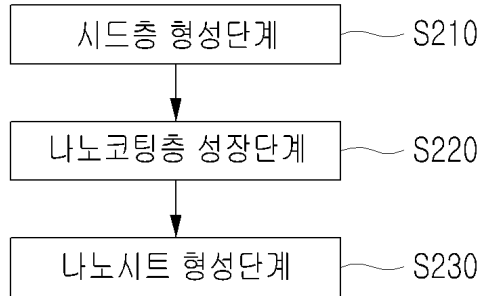
도면

도면1

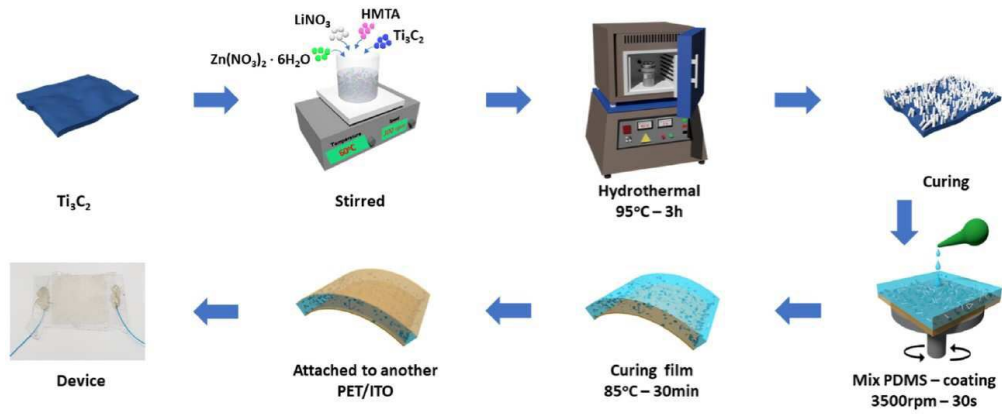


도면2

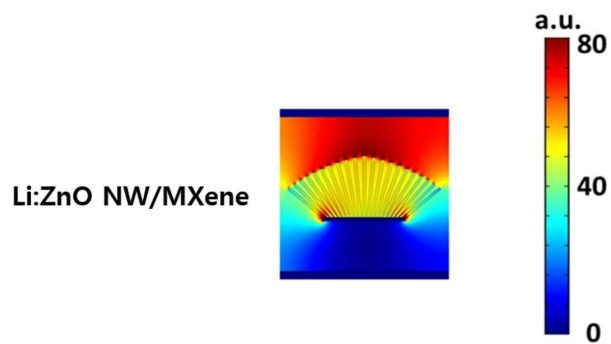
S200



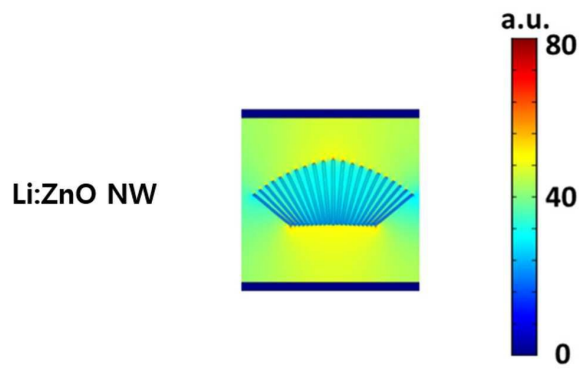
도면3



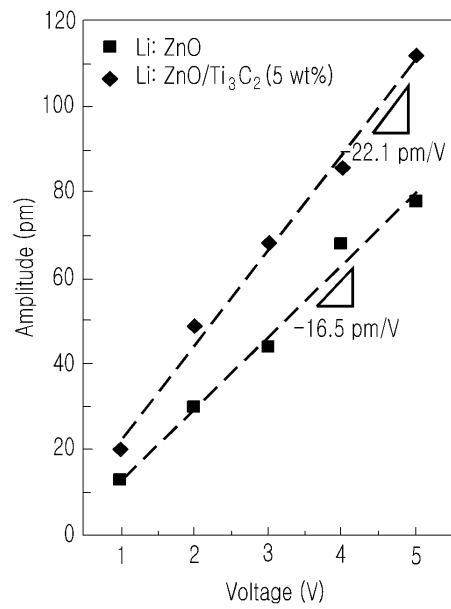
도면4



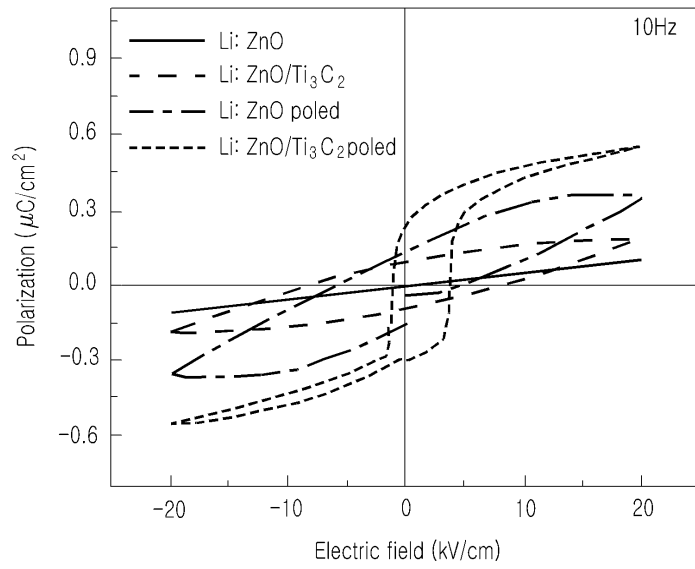
도면5



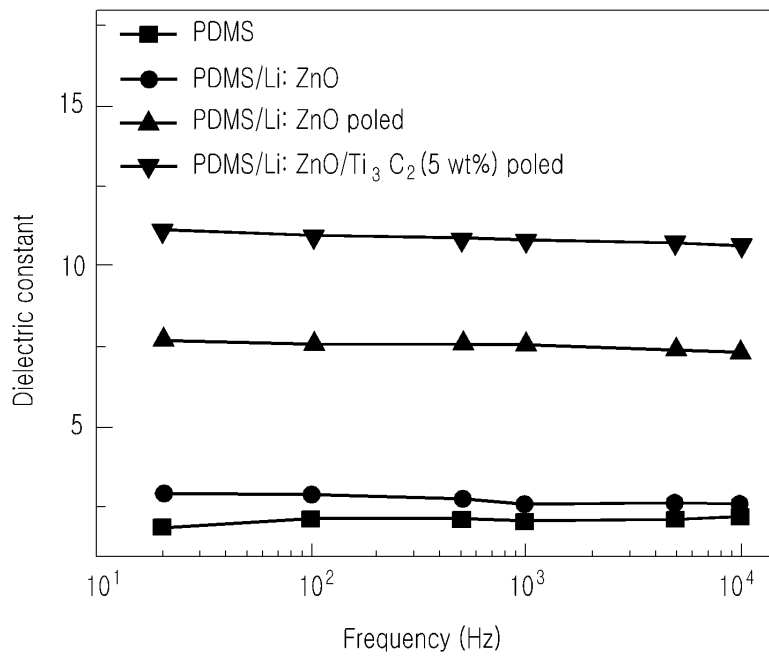
도면6



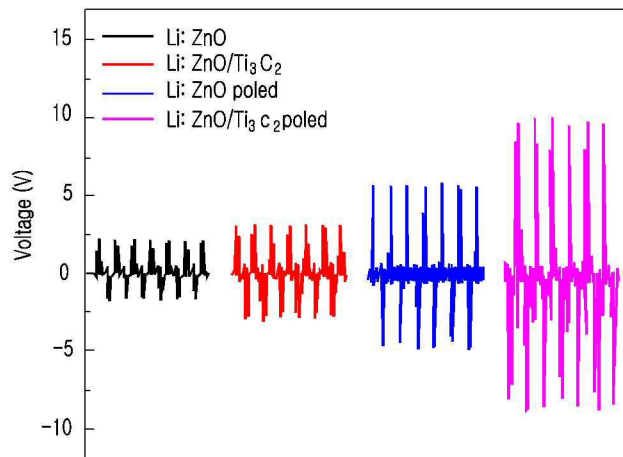
도면7



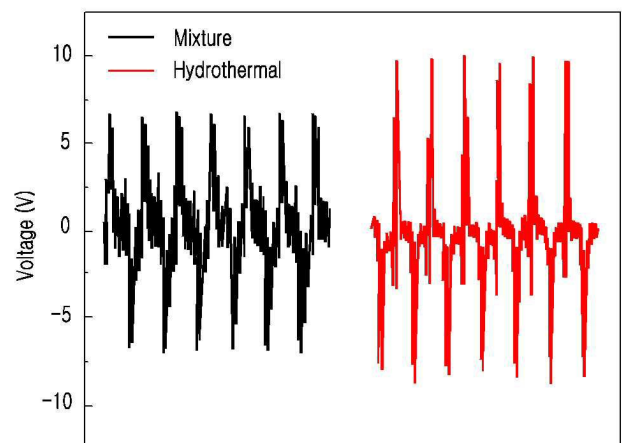
도면8



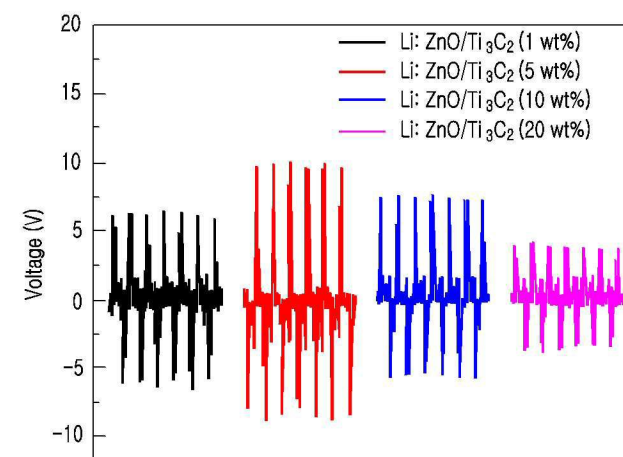
도면9



도면10



도면11



도면12

