



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2018-0016034
(43) 공개일자 2018년02월14일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

C08K 3/08 (2006.01) C08J 3/09 (2006.01)
C08K 3/22 (2006.01) C08K 9/00 (2006.01)
H01L 41/04 (2006.01)

(52) CPC특허분류

C08K 3/08 (2013.01)
C08J 3/09 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2016-0099882

(22) 출원일자 2016년08월05일

심사청구일자 2016년08월05일

(71) 출원인

서강대학교산학협력단

서울특별시 마포구 백범로 35 (신수동, 서강대학교)

(72) 발명자

윤광석

경상북도 상주시 토성로 112 (낙양동)

김상훈

서울특별시 노원구 공릉로58길 176, 101동 1504호
(하계동, 우방아파트)

(74) 대리인

특허법인엠에이피에스

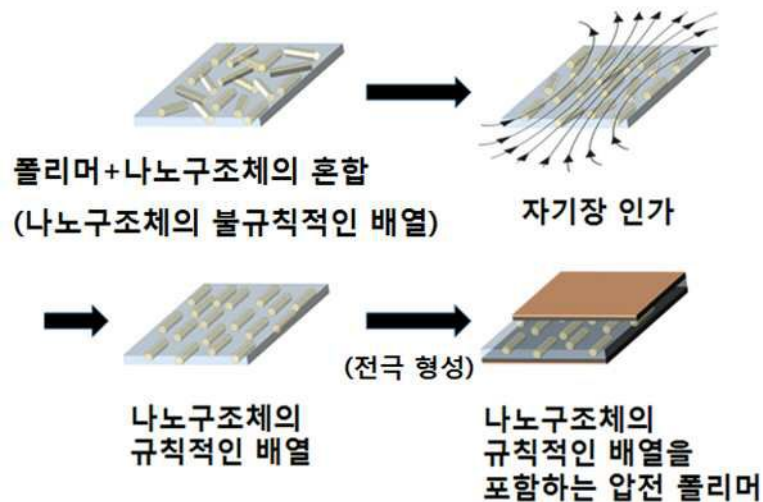
전체 청구항 수 : 총 9 항

(54) 발명의 명칭 규칙적으로 배열된 강자성체가 도핑된 나노구조체들을 함유한 압전 폴리머, 및 그의 제조 방법

(57) 요약

자기장 인가에 의하여 규칙적으로 배열된 강자성체가 도핑된 나노구조체들을 함유한 압전 폴리머 및 상기 압전 폴리머의 제조 방법에 관한 것이다.

대표도 - 도1



(52) CPC특허분류

C08K 3/22 (2013.01)
C08K 9/00 (2013.01)
H01L 41/04 (2013.01)
C08K 2003/0843 (2013.01)
C08K 2003/0856 (2013.01)
C08K 2003/0862 (2013.01)
C08K 2201/01 (2013.01)
C08K 2201/011 (2013.01)
Y10S 310/80 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1711035244
 부처명 미래창조과학부
 연구관리전문기관 정보통신기술진흥센터
 연구사업명 대학ICT연구센터육성지원사업
 연구과제명 정보기기용 시스템반도체 핵심 설계 기술 개발 및 인력 양성
 기 여 율 30/100
 주관기관 서울시립대학교 산학협력단
 연구기간 2016.01.01 ~ 2016.12.31

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1711039564
 부처명 미래창조과학부
 연구관리전문기관 한국연구재단
 연구사업명 이공분야기초연구사업
 연구과제명 다기능 스마트 섬유 및 이를 이용한 자가 발전 기반의 의복형 센서
 기 여 율 70/100
 주관기관 서강대학교 산학협력단
 연구기간 2016.06.01 ~ 2017.05.31

명세서

청구범위

청구항 1

폴리머 내에 규칙적으로 배열되고 강자성체가 도핑된 복수의 나노구조체를 함유하는, 압전 폴리머.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 강자성체는 코발트(Co), 니켈(Ni), 철(Fe), 및 이들의 조합들로 이루어진 군에서 선택되는 원소를 포함하는 것인, 압전 폴리머.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 나노구조체는 산화아연(ZnO), 티탄산바륨(BaTiO_3), 질화갈륨(GaN), 질화알루미늄(AlN), 지르코티탄산염(lead zirconate titanate, PZT), 마그네슘니오브산염 티탄산염(lead magnesium niobate-lead titanate, PMN-PT), 및 이들의 조합들로 이루어진 군에서 선택되는 물질을 포함하는 것인, 압전 폴리머.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 복수의 나노구조체는 나노입자, 나노로드, 나노육면체, 나노원기둥, 나노링, 나노바늘, 나노벨트, 나노튜브, 나노나선체, 나노스프링, 나노케이지, 및 이들의 조합들로 이루어진 군에서 선택되는 형태를 포함하는 것인, 압전 폴리머.

청구항 5

강자성체가 도핑된 복수의 나노구조체를 형성하는 단계; 및

상기 복수의 나노구조체를 폴리머와 혼합한 후 자기장을 인가하여 상기 강자성체가 도핑된 복수의 나노구조체를 규칙적으로 배열하는 단계

를 포함하는, 압전 폴리머의 제조 방법.

청구항 6

제 5 항에 있어서,

상기 강자성체가 도핑된 나노구조체는 수열 합성법(hydrothermal method), 펄스 레이저 증착법(pulse laser deposition), 화학기상증착법(chemical vapor deposition, CVD), 또는 전기 화학법(electrochemical method)에 의해 제조되는 것인, 압전 폴리머의 제조 방법.

청구항 7

제 5 항에 있어서,

상기 강자성체는 코발트(Co), 니켈(Ni), 철(Fe), 및 이들의 조합들로 이루어진 군에서 선택되는 원소를 포함하는 것인, 압전 폴리머의 제조 방법.

청구항 8

제 5 항에 있어서,

상기 나노구조체는 산화아연(ZnO), 티탄산바륨(BaTiO_3), 질화갈륨(GaN), 질화알루미늄(AlN), 지르코티탄산염(lead zirconate titanate, PZT), 마그네슘니오브산염 티탄산염(lead magnesium niobate-lead titanate, PMN-PT), 및 이들의 조합들로 이루어진 군에서 선택되는 물질을 포함하는 것인, 압전 폴리머의 제조 방법.

청구항 9

제 5 항에 있어서,

상기 복수의 나노구조체는 나노입자, 나노로드, 나노옥면체, 나노원기둥, 나노링, 나노바늘, 나노벨트, 나노톱, 나노나선체, 나노스프링, 나노케이지, 및 이들의 조합들로 이루어진 군에서 선택되는 형태를 포함하는 것인, 압전 폴리머의 제조 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본원은, 자기장 인가에 의하여 규칙적으로 배열된 강자성체가 도핑된 나노구조체들을 함유한 압전 폴리머 및 상기 압전 폴리머의 제조 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 반도체 압전 디바이스의 소형화 및 고농도 통합에 따라, 나노로드, 나노와이어, 및 나노튜브와 같은 1 차원 나노구조체들의 개발 및 적용이 널리 보고되어 왔다. 특히, 1 차원 산화아연 나노구조체가 현저한 광학 특성, 전기적 특성, 및 물질 특성 때문에 큰 주목을 받았다. Saravanakumar와 Kumar는 적용에 있어 다양한 연구 결과들을 나타내는 산화아연 나노로드의 압전 특성을 보고했다.

[0003] 본원에서, 발명자들은 기재(substrate) 없이 수열 합성법(hydrothermal method) 등에 의하여 강자성 물질을 나노구조체에 도핑하는 것을 개발하였다. 압전 효과를 극대화하기 위해 단일 방향(uni-direction)으로 나노구조체를 배열시키는 것은 매우 중요하다. 따라서, 본원에서 발명자들은 외부 자기장을 적용함으로써 단일 방향으로 상기 나노구조체를 배열하였다.

[0004] 상기 과정에 의해 제조된 압전 디바이스는 폴리머를 사용함으로써 얇게 펴 수 있는 패치로서 제조되었다. 전극 물질로서, 발명자들은 인체의 피부 패치에 적용하기 위해 충분한 유연성을 가지는 물질을 사용하였다. 게다가, 저항성을 감소시키기 위해 얇은 금속층이 상기 물질 상에 적층되었다.

[0005] 이와 관련하여, 대한민국 등록특허 제10-1517813호는 산화아연 나노와이어 압전필름 및 그의 제조 방법을 개시하고 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 본원은, 자기장 인가에 의하여 규칙적으로 배열된 강자성체가 도핑된 나노구조체들을 함유한 압전 폴리머 및 상기 압전 폴리머의 제조 방법을 제공한다.

[0007] 그러나, 본 발명이 해결하고자 하는 과제는 이상에서 언급한 과제로 제한되지 않으며, 언급되지 않은 또 다른 과제들은 아래의 기재로부터 당업자에게 명확하게 이해될 수 있을 것이다.

과제의 해결 수단

[0008] 본원의 제 1 측면은, 폴리머 내에 규칙적으로 배열되고 강자성체가 도핑된 복수의 나노구조체를 함유하는, 압전 폴리머를 제공한다.

[0009] 본원의 제 2 측면은, 강자성체가 도핑된 복수의 나노구조체를 형성하는 단계; 및 상기 복수의 나노구조체를 폴리머와 혼합한 후 자기장을 인가하여 상기 강자성체가 도핑된 복수의 나노구조체를 규칙적으로 배열하는 단계를 포함하는, 압전 폴리머의 제조 방법을 제공한다.

발명의 효과

[0010] 본원의 일 구현예에 의하여, 상기 압전 폴리머 내에 압전 효과를 가지는 나노구조체를 자기장 인가에 의하여 수평방향으로 일정하게 배열시켜 발생하는 스트레인을 활용하기 때문에 상기 압전 폴리머가 극대화된 출력을 얻을 수 있다. 또한, 상기 나노구조체를 외부의 물리적 힘 또는 성장 과정에서의 패터닝 없이 자기장을 이용하여 배열하기 때문에 간단하고 쉽게 상기 나노구조체들을 배열할 수 있다.

[0011] 본원의 일 구현예에 의하여, 종래의 기술과 비교하여 상기 나노구조체를 의도적으로 정렬된 패턴으로 성장(컨트롤하기 어려우나 정렬의 정도가 우수함)시키거나, 상기 나노구조체를 수동으로 정렬(컨트롤하기 용이하나 정렬의 정도가 미비함)시키지 않고, in-situ 공정을 통하여 상기 나노구조체를 자기장 인가에 의해 배열하므로 나노구조체를 배열하는 것에 있어서 컨트롤의 용이함 및 정렬의 정도가 우수할 수 있다.

[0012] 본원의 일 구현예에 의하여, 상기 압전 폴리머를 포함하는 압전 디바이스는 실리콘 튜브를 사용함으로써, 유연함 및 신축성을 가질 수 있으며, 스페이서(spacer)를 포함하지 않기 때문에 자유롭게 움직일 수 있다. 따라서, 상기 압전 디바이스는 인위적 움직임이 아닌 자연스러운 움직임 속에서도 출력이 발생할 수 있다. 또한, 대면적으로 제작이 가능하기 때문에 거부감 또는 이질감 없이 얇은 박막 형태로서 인체에 적용이 가능하고, 휴대폰 보조 배터리 충전, 착용 압전 디바이스, 웨어러블 센서의 반 영구적인 전원 공급 수단, 응급상황에서의 전원 공급 수단, 및 동작 감지 센서 등 다양한 분야에서 적용이 가능하다.

도면의 간단한 설명

[0013] 도 1은, 본원의 일 구현예에 있어서, 자기장을 이용하여 압전 폴리머의 나노구조체를 배열하는 과정을 나타낸 개략도이다.

도 2는, 본원의 일 실시예에 있어서, 강자성체가 도핑된 나노구조체를 제조하는 과정을 나타낸 사진이다.

도 3은, 본원의 일 실시예에 있어서, 폴리머에 혼합된 나노구조체의 자기장 인가에 의한 규칙적 배열 전의 SEM 이미지이다.

도 4는, 본원의 일 실시예에 있어서, 폴리머에 혼합된 나노구조체에 자기장을 인가하는 전원공급장치 및 전자석 어레이의 사진이다.

도 5는, 본원의 일 실시예에 있어서, 압전 폴리머가 유연하게 반응하여 파괴되지 않는 특성을 나타내는 사진이다.

도 6은, 본원의 일 구현예에 있어서, 압전 폴리머를 포함하는 압전 디바이스에 전해지는 스트레인이 나노구조체에 전해지는 과정을 나타낸 개략도이다.

도 7은, 본원의 일 실시예에 있어서, 1 Hz 및 2 Hz에서 압전 폴리머를 포함하는 압전 디바이스로부터 발생된 출력 전압의 파형을 나타낸 그래프이다.

도 8은, 본원의 일 실시예 및 비교예에 있어서, 다양한 작동 주파수에서, 규칙적으로 배열되지 않은 나노구조체(비교예) 및 규칙적으로 배열된 나노구조체(실시예)를 각각 포함하는 압전 디바이스 각각으로부터의 개방 출력 전압을 나타낸 그래프이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0014] 아래에서는 첨부한 도면을 참조하여 본원이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 용이하게 실시할 수

있도록 본원의 실시예를 상세히 설명한다. 그러나 본원은 여러 가지 상이한 형태로 구현될 수 있으며 여기에서 설명하는 실시예에 한정되지 않는다. 그리고 도면에서 본원을 명확하게 설명하기 위해서 설명과 관계없는 부분은 생략하였으며, 명세서 전체를 통하여 유사한 부분에 대해서는 유사한 도면 부호를 붙였다.

- [0015] 본원 명세서 전체에서, 어떤 부분이 다른 부분과 "연결"되어 있다고 할 때, 이는 "직접적으로 연결"되어 있는 경우뿐 아니라, 그 중간에 다른 소자를 사이에 두고 "전기적으로 연결"되어 있는 경우도 포함한다.
- [0016] 본원 명세서 전체에서, 어떤 부재가 다른 부재 “상에” 위치하고 있다고 할 때, 이는 어떤 부재가 다른 부재에 접해 있는 경우뿐 아니라 두 부재 사이에 또 다른 부재가 존재하는 경우도 포함한다.
- [0017] 본원 명세서 전체에서, 어떤 부분이 어떤 구성요소를 "포함" 한다고 할 때, 이는 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성 요소를 더 포함할 수 있는 것을 의미한다. 본원 명세서 전체에서 사용되는 정도의 용어 "약", "실질적으로" 등은 언급된 의미에 고유한 제조 및 물질 허용오차가 제시될 때 그 수치에서 또는 그 수치에 근접한 의미로 사용되고, 본원의 이해를 돕기 위해 정확하거나 절대적인 수치가 언급된 개시 내용을 비양심적인 침해자가 부당하게 이용하는 것을 방지하기 위해 사용된다. 본원 명세서 전체에서 사용되는 정도의 용어 "~(하는) 단계" 또는 "~의 단계"는 "~를 위한 단계"를 의미하지 않는다.
- [0018] 본원 명세서 전체에서, 마쿠시 형식의 표현에 포함된 “이들의 조합”의 용어는 마쿠시 형식의 표현에 기재된 구성 요소들로 이루어진 군에서 선택되는 하나 이상의 혼합 또는 조합을 의미하는 것으로서, 상기 구성 요소들로 이루어진 군에서 선택되는 하나 이상을 포함하는 것을 의미한다.
- [0020] 본원의 제 1 측면은, 폴리머 내에 규칙적으로 배열되고 강자성체가 도핑된 복수의 나노구조체를 함유하는, 압전 폴리머를 제공한다.
- [0021] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 강자성체가 도핑된 나노구조체들은 자기장에 의하여 상기 폴리머 내에서 규칙적으로 배열된다.
- [0022] 본원의 일 구현예에 있어서, 도 1은 자기장을 이용하여 압전 폴리머의 강자성체가 도핑된 나노구조체를 배열하는 과정을 나타낸 개략도로서, 폴리머 내에 불규칙하게 놓여있던 복수의 상기 나노구조체가 자기장을 인가한 후에, 단일 방향으로 규칙적으로서 배열됨을 확인할 수 있다.
- [0023] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 폴리머는 폴리다이메틸실록산(polydimethylsiloxane, PDMS), 폴리비닐리덴 플루오라이드(polyvinylidene fluoride, PVDF), 폴리이미드(polyimide), 폴리(비닐리덴 플루오라이드-co-트리플루오로에틸렌)[poly[(vinylidene fluoride-co-trifluoroethylene), P(VDF-TrFE)], 폴리(비닐리덴 플루오라이드-co-헥사플루오로프로필렌)[poly[(vinylidene fluoride-co-hexafluoropropylene), P(VDF-HFP)], 실리콘(silicone), 고무(rubber), 에폭시(epoxy)계 수지, 폴리우레탄(polyurethane, PU), 니트릴(nitrile)계 수지, 및 이들의 조합들로 이루어진 군에서 선택되는 폴리머를 포함하는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0024] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 강자성체는 코발트(Co), 니켈(Ni), 철(Fe), 및 이들의 조합들로 이루어진 군에서 선택되는 원소를 포함하는 것일 수 있다.
- [0025] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 나노구조체는 산화아연(ZnO), 티탄산바륨(BaTiO₃), 질화갈륨(GaN), 질화알루미늄(AlN), 지르코티탄산염(lead zirconate titanate, PZT), 마그네슘니오브산염-티탄산염(lead magnesium niobate-lead titanate, PMN-PT), 및 이들의 조합들로 이루어진 군에서 선택되는 물질을 포함하는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0026] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 강자성체와 상기 나노구조체의 몰비는 약 1:10 이상일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다. 예를 들어, 상기 강자성체와 상기 나노구조체의 몰비는 약 1:10 내지 100, 약 1:20 내지 100, 약 1:30 내지 100, 약 1:40 내지 100, 약 1:50 내지 100, 약 1:60 내지 100, 약 1:70 내지 100, 약 1:80 내지 100, 또는 약 1:90 내지 100일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.
- [0027] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 복수의 나노구조체는 나노입자, 나노로드, 나노육면체, 나노원기둥, 나노링, 나노바늘, 나노벨트, 나노톱, 나노나선체, 나노스프링, 나노케이지, 및 이들의 조합들로 이루어진 군에서 선택되는 형태를 포함하는 것일 수 있다.
- [0028] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 나노구조체의 길이(나노구조체의 긴 변)는 약 10 nm 내지 약 900 μm 일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다. 상기 나노구조체의 길이는 나노구조체의 성장 방법에 따라 상이할 수 있

으며, 예를 들어, 약 10 nm 내지 약 900 μm , 약 100 nm 내지 약 900 μm , 약 500 nm 내지 약 900 μm , 약 1 μm 내지 약 900 μm , 약 100 μm 내지 약 900 μm , 약 300 μm 내지 약 900 μm , 약 500 μm 내지 약 900 μm , 약 700 μm 내지 약 900 μm , 약 10 nm 내지 약 700 μm , 약 10 nm 내지 약 500 μm , 약 10 nm 내지 약 300 μm , 약 10 nm 내지 약 100 μm , 약 10 nm 내지 약 1 μm , 약 10 nm 내지 약 500 nm, 또는 약 10 nm 내지 약 100 nm일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.

[0029] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 나노구조체의 직경(나노구조체의 짧은 변)은 약 1 nm 내지 약 10 μm 일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다. 상기 나노구조체의 직경은 나노구조체의 성장 방법에 따라 상이할 수 있으며, 예를 들어, 약 1 nm 내지 약 10 μm , 약 10 nm 내지 약 10 μm , 약 100 nm 내지 약 10 μm , 약 300 nm 내지 약 10 μm , 약 500 nm 내지 약 10 μm , 약 700 nm 내지 약 10 μm , 약 1 μm 내지 약 10 μm , 약 5 μm 내지 약 10 μm , 약 1 nm 내지 약 5 μm , 약 1 nm 내지 약 1 μm , 약 1 nm 내지 약 700 nm, 약 1 nm 내지 약 500 nm, 약 1 nm 내지 약 300 nm, 약 1 nm 내지 약 100 nm, 또는 약 1 nm 내지 약 10 nm일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.

[0030] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 강자성체가 도핑된 나노구조체와 상기 압전 폴리머의 중량비는 약 1:10 이상일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다. 예를 들어, 상기 강자성체가 도핑된 나노구조체와 상기 압전 폴리머의 중량비는 약 1:10 내지 5,000, 약 1:100 내지 5,000, 약 1:500 내지 5,000, 약 1:1,000 내지 5,000, 약 1:2,000 내지 5,000, 약 1:3,000 내지 5,000, 또는 약 1:4,000 내지 5,000일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.

[0032] 본원의 제 2 측면은, 강자성체가 도핑된 복수의 나노구조체를 형성하는 단계; 및 상기 복수의 나노구조체를 폴리머와 혼합한 후 자기장을 인가하여 상기 강자성체가 도핑된 복수의 나노구조체를 규칙적으로 배열하는 단계를 포함하는, 압전 폴리머의 제조 방법을 제공한다. 본원의 제 1 측면과 중복되는 부분들에 대해서는 상세한 설명을 생략하였으나, 본원의 제 1 측면에 대해 설명한 내용은 제 2 측면에서 그 설명이 생략되었더라도 동일하게 적용될 수 있다.

[0033] 본원의 일 구현예에 있어서, 도 1은 자기장을 이용하여 압전 폴리머의 강자성체가 도핑된 나노구조체를 배열하는 과정을 나타낸 개략도로서, 폴리머 내에 불규칙하게 놓여있던 복수의 상기 나노구조체가 자기장을 인가한 후에, 단일 방향으로 규칙적으로서 배열됨을 확인할 수 있다.

[0034] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 강자성체가 도핑된 나노구조체는 수열 합성법(hydrothermal method), 펄스 레이저 증착법(pulse laser deposition), 화학기상증착법(chemical vapor deposition, CVD), 또는 전기 화학법(electrochemical method)에 의해 제조되는 것일 수 있다.

[0035] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 폴리머는 폴리다이메틸실록산(polydimethylsiloxane, PDMS), 폴리비닐리덴 플루오라이드(polyvinylidene fluoride, PVDF), 폴리이미드(polyimide), 폴리(비닐리덴 플루오라이드-co-트리플루오로에틸렌)[poly[(vinylidene fluoride-co-trifluoroethylene), P(VDF-TrFE)]], 폴리(비닐리덴 플루오라이드-co-헥사플루오로프로필렌)[poly[(vinylidene fluoride-co-hexafluoropropylene), P(VDF-HFP)]], 실리콘(silicone), 고무(rubber), 에폭시(epoxy)계 수지, 폴리우레탄(polyurethane, PU), 니트릴(nitrile)계 수지, 및 이들의 조합들로 이루어진 군에서 선택되는 폴리머를 포함하는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.

[0036] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 강자성체는 코발트(Co), 니켈(Ni), 철(Fe), 및 이들의 조합들로 이루어진 군에서 선택되는 원소를 포함하는 것일 수 있다.

[0037] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 나노구조체는 산화아연(ZnO), 티탄산바륨(BaTiO_3), 질화갈륨(GaN), 질화알루미늄(AlN), 지르코티탄산염(lead zirconate titanate, PZT), 마그네슘니오브산염-티탄산염(lead magnesium niobate-lead titanate, PMN-PT), 및 이들의 조합들로 이루어진 군에서 선택되는 물질을 포함하는 것일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.

[0038] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 강자성체와 상기 나노구조체의 몰비는 약 1:10 이상일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다. 예를 들어, 상기 강자성체와 상기 나노구조체의 몰비는 약 1:10 내지 100, 약 1:20 내지 100, 약 1:30 내지 100, 약 1:40 내지 100, 약 1:50 내지 100, 약 1:60 내지 100, 약 1:70 내지 100, 약 1:80 내지 100, 또는 약 1:90 내지 100일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.

[0039] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 복수의 나노구조체는 나노입자, 나노로드, 나노육면체, 나노원기둥, 나노링,

나노바늘, 나노벨트, 나노톱, 나노나선체, 나노스프링, 나노케이지, 및 이들의 조합들로 이루어진 군에서 선택되는 형태를 포함하는 것일 수 있다.

[0040] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 나노구조체의 길이(나노구조체의 긴 변)는 약 10 nm 내지 약 900 μm 일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다. 상기 나노구조체의 길이는 나노구조체의 성장 방법에 따라 상이할 수 있으며, 예를 들어, 약 10 nm 내지 약 900 μm , 약 100 nm 내지 약 900 μm , 약 500 nm 내지 약 900 μm , 약 1 μm 내지 약 900 μm , 약 100 μm 내지 약 900 μm , 약 300 μm 내지 약 900 μm , 약 500 μm 내지 약 900 μm , 약 700 μm 내지 약 900 μm , 약 10 nm 내지 약 700 μm , 약 10 nm 내지 약 500 μm , 약 10 nm 내지 약 300 μm , 약 10 nm 내지 약 100 μm , 약 10 nm 내지 약 1 μm , 약 10 nm 내지 약 500 nm, 또는 약 10 nm 내지 약 100 nm일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.

[0041] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 나노구조체의 직경(나노구조체의 짧은 변)은 약 1 nm 내지 약 10 μm 일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다. 상기 나노구조체의 직경은 나노구조체의 성장 방법에 따라 상이할 수 있으며, 예를 들어, 약 1 nm 내지 약 10 μm , 약 10 nm 내지 약 10 μm , 약 100 nm 내지 약 10 μm , 약 300 nm 내지 약 10 μm , 약 500 nm 내지 약 10 μm , 약 700 nm 내지 약 10 μm , 약 1 μm 내지 약 10 μm , 약 5 μm 내지 약 10 μm , 약 1 nm 내지 약 5 μm , 약 1 nm 내지 약 1 μm , 약 1 nm 내지 약 700 nm, 약 1 nm 내지 약 500 nm, 약 1 nm 내지 약 300 nm, 약 1 nm 내지 약 100 nm, 또는 약 1 nm 내지 약 10 nm일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.

[0042] 본원의 일 구현예에 있어서, 상기 강자성체가 도핑된 나노구조체와 상기 압전 폴리머의 중량비는 약 1:10 이상 일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다. 예를 들어, 상기 강자성체가 도핑된 나노구조체와 상기 압전 폴리머의 중량비는 약 1:10 내지 5,000, 약 1:100 내지 5,000, 약 1:500 내지 5,000, 약 1:1,000 내지 5,000, 약 1:2,000 내지 5,000, 약 1:3,000 내지 5,000, 또는 약 1:4,000 내지 5,000일 수 있으나, 이에 제한되는 것은 아니다.

[0044] 이하, 본원에 대하여 실시예를 이용하여 좀더 구체적으로 설명하지만, 하기 실시예는 본원의 이해를 돕기 위하여 예시하는 것일 뿐, 본원의 내용이 하기 실시예에 한정되는 것은 아니다.

[실시예]

1. 제조 과정

[0048] 코발트가 도핑된 산화아연 나노로드의 제조

[0049] 하기 표 1은 코발트가 도핑된 산화아연 나노로드를 제조하기 위해 사용되는 물질들을 나타낸다.

[0050] <표 1>

물질	농도
질산아연·6수화물 [Zn(NO ₃) ₂ ·6H ₂ O]	2.5 mmol
질산코발트·6수화물 [Co(NO ₃) ₃ ·6H ₂ O]	0.1 mmol
헥사메틸렌테트라민 (C ₆ H ₁₂ N ₄)	2.5 mmol

[0051] [0052] 상기 코발트가 도핑된 산화아연 나노로드를 제조하기 위해 수열 합성법 또는 전기 화학적 방법을 사용하였다. 질산아연·6수화물(zinc nitrate hexahydrate) 및 질산코발트·6수화물(cobalt nitrate hydrate)이 30 분 간 교반 하에서 각각 100 mL 및 400 mL의 탈이온수에 용해되었다. 그리고 도 2에 나타낸 실린지 펌프를 사용하여 2 mL/h의 속도로 주입된 코발트-아연 전구체 용액이 85℃의 헥사메틸렌테트라민(hexamethylenetetramine,

HMTA) 수용액에서 100 분 동안 혼합되었다. 상기 전체 용액이 교반되었고, 온도는 균일한 나노로드를 수득하기 위해 혼합 공정 동안 일정하게 유지되었다. 또한 상기 코발트-아연 전구체 용액의 정밀한 주입 속도는 본 실시예에서 또한 매우 중요한 공정 파라미터였다.

[0053] 상기 혼합 및 반응 공정 후에, 응집 침전물(flocculate precipitate)이 원심 분리기 사용에 의해 수득되었다. 반응되지 않은 불필요한 침전 이온 및 Zn^{+} 이 순수한 산화아연 나노로드를 수득하기 위해 몇 차례 세척되었다. 최종적으로 자기장 특성을 향상시키기 위해 2 시간 동안 400°C에서 어닐링 공정을 수행하였다. 도 3은 PDMS에 혼합된 코발트가 도핑된 산화아연 나노로드의 자기장 인가에 의한 규칙적 배열 전의 SEM 이미지를 나타낸다. 상기 코발트가 도핑된 산화아연 나노로드의 평균 길이 및 직경은 각각 4 μm 및 350 nm이었다.

[0055] 자기장 인가에 의하여 규칙적으로 배열된 나노로드를 포함하는 압전 폴리머의 제조

[0056] 도 1은 자기장을 이용하여 압전 폴리머의 강자성체가 도핑된 나노구조체를 배열하는 과정을 나타낸 개략도로써 상기 도 1의 과정에 따라, 우선, 상기 코발트 도핑된 산화아연 나노로드 파우더가 PDMS(polydimethylsiloxane) 프리폴리머와 중량비 1:1,000으로서 혼합되었다. 실리콘 기재 상에 상기 혼합물을 스핀 코팅한 후에, 도 4의 자기장을 인가하는 전원공급장치를 이용하여 강한 자기장이 단일 방향으로 상기 나노로드를 배열하기 위해 기재에 인가되었다. 도 1과 같이, 폴리머 내에 불규칙하게 놓여있던 상기 나노구조체가 자기장을 인가한 후에, 단일 방향으로 규칙적으로서 배열됨을 확인하였다. 1 분 동안의 상기 자기장 인가 후에, 상기 PDMS 프리폴리머 혼합물은 30 분 동안 핫 플레이트에서 경화되었다. 그리고, 전극 형성을 위해 사용되는 산화되지 않은 그래핀 용액이 전기적 및 기계적 특성들을 향상시키기 위해 Pt 박막증착(sputtering)을 따라 상기 경화된 PDMS 합성물의 양 표면에 코팅되어 압전 디바이스를 제조하였다.

[0058] 2. 실험 결과

[0059] 상기 제조된 압전 디바이스를 팔 관절에 부착한 후에 팔을 펴고 접는 동안 상기 압전 디바이스에서의 결과를 관찰하였다. 상기 압전 디바이스가 완전한 유연 물질로서 형성되어 있기 때문에, 인체의 행동에 의해 구부러지고, 펴지고, 비틀어질 수 있었다. 도 5는 상기 제조된 압전 폴리머가 유연하게 반응하여 파괴되지 않는 특성을 나타내는 사진으로서, 손으로 상기 압전 폴리머를 당기고, 구부리고, 비틀어도 파괴되지 않음을 확인할 수 있었다. 상기 압전 폴리머에 작용할 수 있는 스트레인은 크게 인장응력(tensile stress) 및 압축응력(compressive stress)일 수 있으며, 도 6에 상기 압전폴리머를 포함하는 압전 디바이스에 전해지는 상기 스트레인이 나노구조체에 전해지는 과정을 나타내었다.

[0060] 도 7은 1 Hz 및 2 Hz의 작동 주파수(operation frequency)에서 상기 압전 디바이스로부터 발생된 출력 전압의 파형을 나타낸다. 주파수가 증가하면, 스트레인(strain) 속도와 비례하는 압전 물질로부터 발생된 전류 때문에 상기 출력 전압 또한 증가하였다.

[0061] 도 8은 다양한 작동 주파수에서 나노로드의 규칙적인 배열 전 및 후의 상기 압전 디바이스로부터 개방(open-circuit) 출력 전압을 나타낸다. 각각의 실험에서, 인체에서 발생된 극히 낮은 주파수에서 상기 출력을 측정하였다. 도 8로부터, 코발트가 도핑된 산화아연 나노로드의 규칙적 배열 후에 상기 압전 디바이스의 출력이 더욱 현저히 증가되는 것이 관찰되었다. 상기 나노로드의 규칙적 배열 후에 상기 압전 디바이스의 최대 전압 및 전류가 4 Hz의 접힘/펴짐 작동에서 각각 17.4 V_{p-p} 및 0.26 μA 로서 측정되었고, 최대 파워는 2.4 mW/m^2 의 파우더 밀도에 대해 5 M Ω 에서 3.9 μW 로서 측정되었다. 추가로, 상기 압전 디바이스가 나노로드를 포함하지 않을 경우 전압 및 전류가 관찰되지 않는다는 것을 또한 확인할 수 있었다.

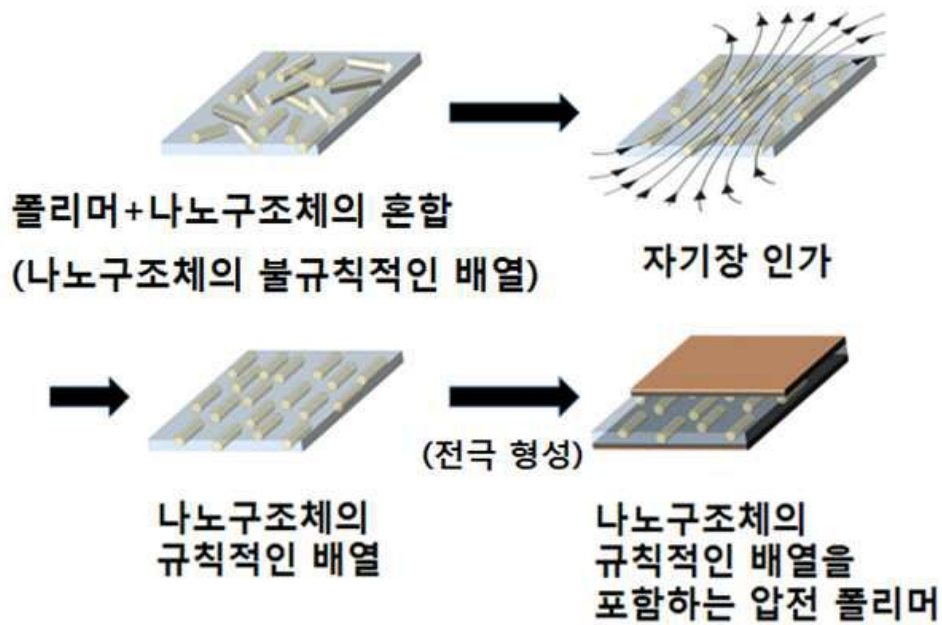
[0063] 진술한 본원의 설명은 예시를 위한 것이며, 본원이 속하는 기술분야의 통상의 지식을 가진 자는 본원의 기술적 사상이나 필수적인 특징을 변경하지 않고서 다른 구체적인 형태로 쉽게 변형이 가능하다는 것을 이해할 수 있을 것이다. 그러므로 이상에서 기술한 실시예들은 모든 면에서 예시적인 것이며 한정적이 아닌 것으로 이해해야만 한다. 예를 들어, 단일형으로 설명되어 있는 각 구성 요소는 분산되어 실시될 수도 있으며, 마찬가지로 분산된 것으로 설명되어 있는 구성 요소들도 결합된 형태로 실시될 수 있다.

[0064] 본원의 범위는 상기 상세한 설명보다는 후술하는 특허청구범위에 의하여 나타내어지며, 특허청구범위의 의미 및

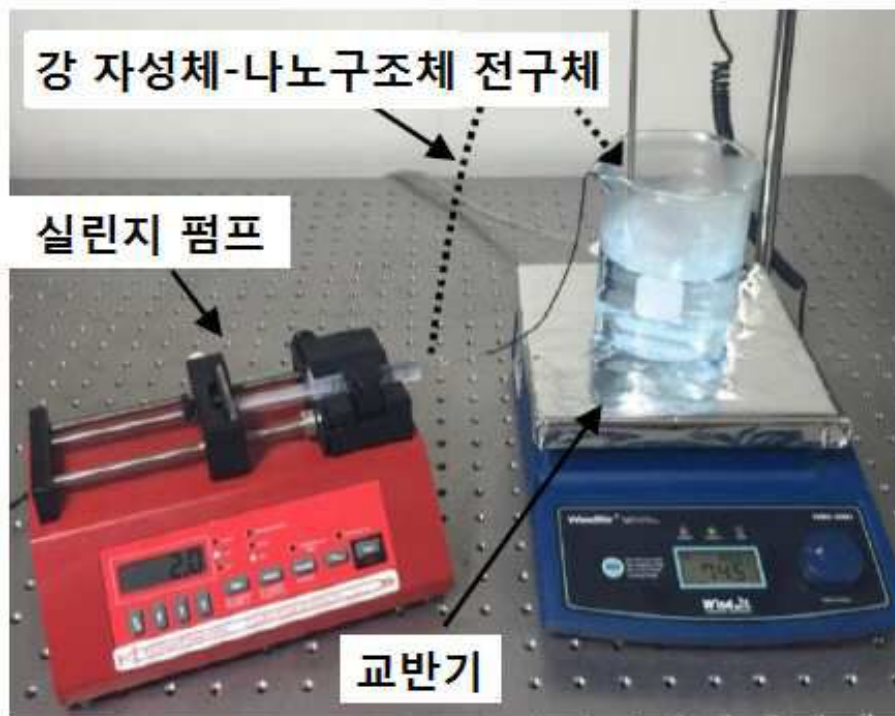
범위 그리고 그 균등 개념으로부터 도출되는 모든 변경 또는 변형된 형태가 본원의 범위에 포함되는 것으로 해석되어야 한다.

도면

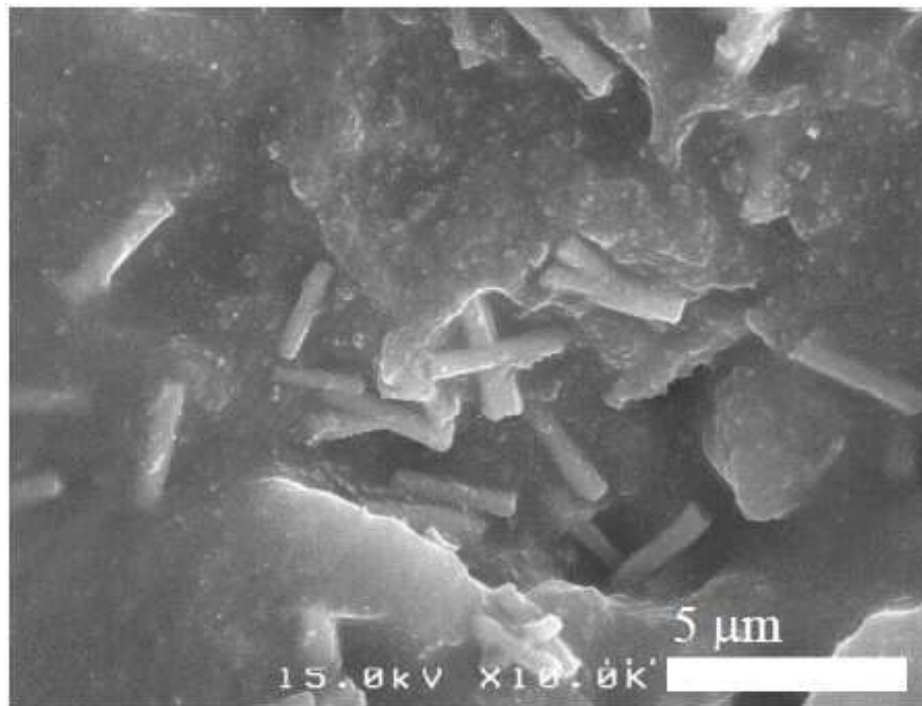
도면1



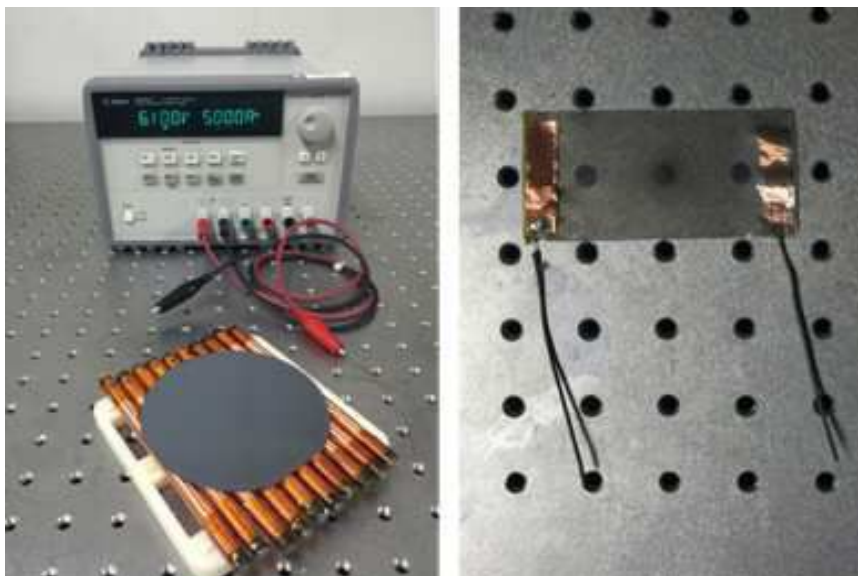
도면2



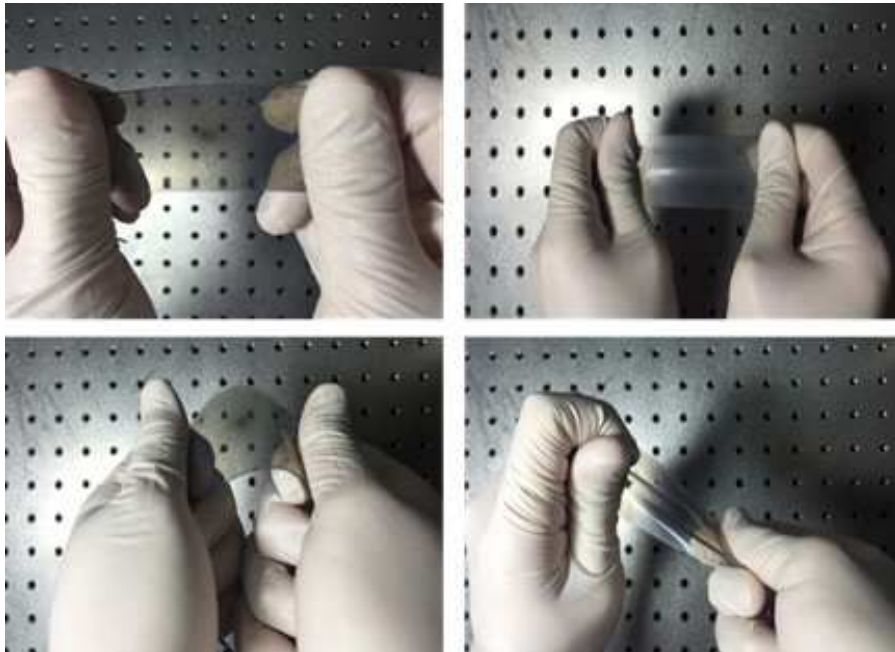
도면3



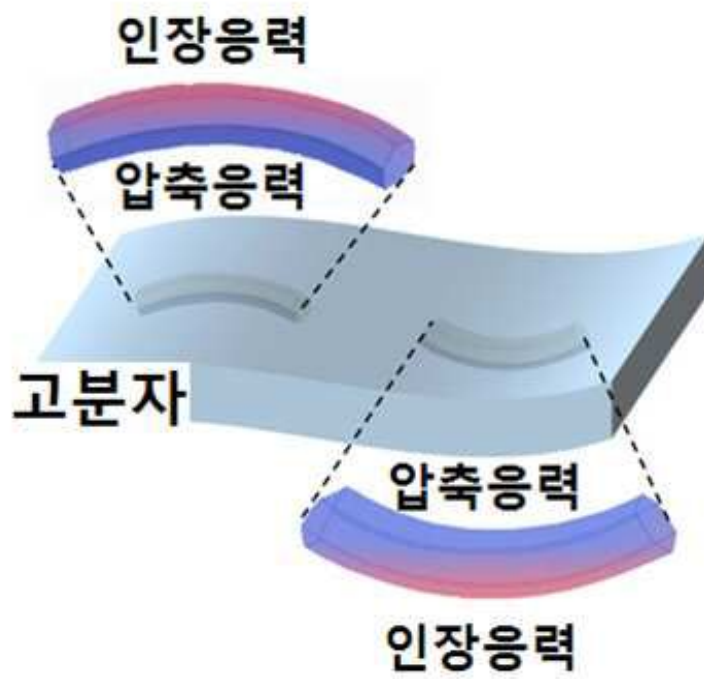
도면4



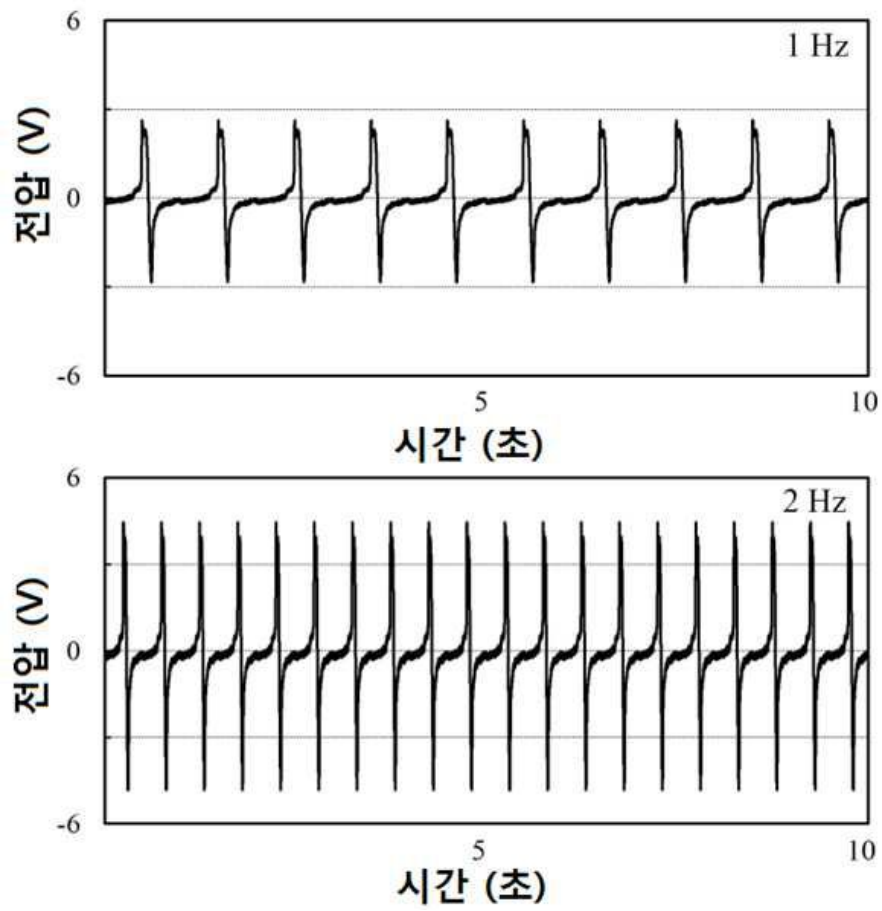
도면5



도면6



도면7



도면8

