



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2019-0108944
(43) 공개일자 2019년09월25일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
H01F 1/113 (2006.01) H01F 1/047 (2006.01)
(52) CPC특허분류
H01F 1/113 (2013.01)
H01F 1/047 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2018-0030640
(22) 출원일자 2018년03월16일
심사청구일자 2018년03월16일

(71) 출원인
인하대학교 산학협력단
인천광역시 미추홀구 인하로 100(용현동, 인하대학교)
(72) 발명자
위정재
경기도 부천시 소사로170번길 81, 104-1301
전지수
경상북도 김천시 삼락택지길 132, 102동 1501호
이우기
경기도 군포시 산본로432번길 25, 1222동 1302호
(74) 대리인
한윤호

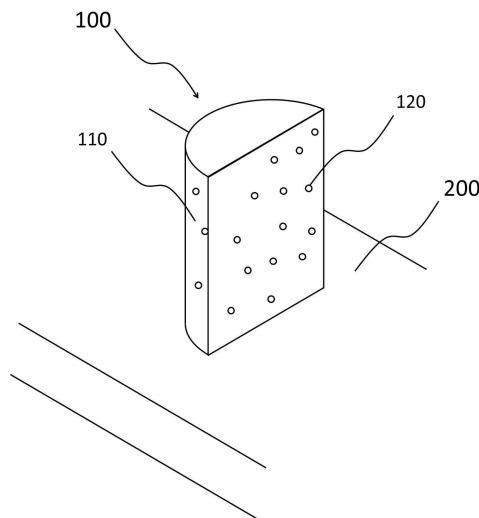
전체 청구항 수 : 총 19 항

(54) 발명의 명칭 비자성 기판위에 부착된 국부적 선택 변형이 가능한 고분자-자성 입자 복합체 돌기

(57) 요약

본 발명은 자성 고분자 복합재료 구조체에 관한 것으로서, 보다 구체적으로 고분자 내에 자성 입자가 배치된 자성 고분자 복합체로 구성된 하나 이상의 돌기가 기판에 물리적 또는 화학적으로 부착되어 상기 돌기가 외부 자기장에 감응하여 국소적 선택변형이 가능한, 자성 고분자 복합재료 구조체를 제공한다.

대표도 - 도1



이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 NRF-2016R1E1A2A01939365
 부처명 교육부
 연구관리전문기관 한국연구재단
 연구사업명 기초연구사업 전략공모 X 프로젝트
 연구과제명 종이접기 기술을 이용한 기계적 물성 가변형 초고강도 복합소재 개발
 기 여 율 20/100
 주관기관 인하대학교산학협력단
 연구기간 2016.11.01 ~ 2017.10.31

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 NRF-2016R1D1A1B03931678
 부처명 교육부
 연구관리전문기관 한국연구재단
 연구사업명 이공학 개인기초연구지원사업 기본연구지원사업
 연구과제명 액정 고분자를 이용한 초소형 소프트 로봇의 비접촉식 구동
 기 여 율 60/100
 주관기관 인하대학교 산학협력단
 연구기간 2016.11.01 ~ 2019.10.31

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 NRF-2017M3D1A1086841
 부처명 교육부
 연구관리전문기관 한국연구재단
 연구사업명 원천연구개발사업 창의소재디스커버리사업 미래소재디스커버리사업
 연구과제명 비등방 복셀 탄성분포 구조체 기반 멀티모달 광역학 제어 소재 개발
 기 여 율 20/100
 주관기관 인하대학교 산학협력단
 연구기간 2017.12.18 ~ 2018.03.17

명세서

청구범위

청구항 1

고분자 내에 자성 입자가 배치된 자성 고분자 복합체로 구성된 하나 이상의 돌기가 기관에 물리적 또는 화학적으로 부착되어 상기 돌기가 외부 자기장에 감응하여 국소적 선택변형이 가능한, 자성 고분자 복합재료 구조체.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 고분자는 우레탄계, 올레핀계, 스타이렌계, 에폭시계, 황계열, 이미드계, 아마이드계 및 에스테르계로 구성되는 군으로부터 선택되는 열가소성 고분자 또는 열경화성 고분자 중 어느 하나 이상을 포함하는 고분자인, 자성 고분자 복합재료 구조체.

청구항 3

제2항에 있어서,

상기 열가소성 고분자는 열가소성 스타이렌 블록 코폴리머(thermoplastic styrene block copolymer), 열가소성 폴리올레핀엘라스토머(thermoplastic polyolefinelastomer, TPO), 열가소성 폴리우레탄(thermoplastic polyurethane, TPU), 열가소성 폴리아마이드(thermoplastic polyamide, TPA), 열가소성 폴리에틸렌(thermoplastic polyethylene, TPE), 열가소성 불카니제이트(thermoplastic vulcanizate, TPV), 열가소성 폴리디메틸실록산(thermoplastic PDMS) 및 이들을 구성하는 단위체의 공중합체인, 자성 고분자 복합재료 구조체.

청구항 4

제2항에 있어서,

상기 열경화성 고분자는 아크릴로니트릴 부타디엔 고무(acrylonitrile butadiene rubber), 클로로설포네이티드 폴리에틸렌 고무(chlorosulfonated polyethylene rubber), 에틸렌 아크릴레이트 고무(ethylene acrylated rubber), 플루오로카본 고무(fluorocarbon rubber), 수소화 아크릴로니트릴 부타디엔 고무(hydrogenated acrylonitrile butadiene rubber), 퍼플루오로엘라스토머(perfluoroelastomer), 열경화성 폴리우레탄 고무(thermoset polurethane rubber), 열경화성 스타이렌 부타디엔 고무(thermoset styrene butadiene rubber), 열경화성 클로로프렌 고무(thermoset chloroprene rubber), 에피클로하이드린 공중합체 고무(epichlorhydrin copolymer rubber), 에틸렌 프로필렌 디엔 고무(ethylene propylene diene rubber), 플루오로실리콘 고무(fluorosilicone rubber), 천연고무인 폴리이소프렌 고무(polyisoprene rubber), 폴리아크릴레이트 고무(polyacrylate rubber), 또는 실리콘 고무(silicone rubber)인, 자성 고분자 복합재료 구조체.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 자성입자는 강자성 입자(ferromagnetic particle) 또는 한자성 입자(ferrimagnetic particle)인, 자성 고분자 복합재료 구조체.

청구항 6

제5항에 있어서,

상기 강자성 입자는 코발트, 니켈, 철, 네오디뮴, 이들의 산화물 및 이들의 합금으로 구성되는 군으로부터 선택되는 하나 이상의 강자성 물질을 포함하는 자성 입자인, 자성 고분자 복합재료 구조체.

청구항 7

제5항에 있어서,

상기 한자성 입자는 자철석, 및 페라이트로 구성되는 군으로부터 선택되는 한자성 물질을 포함하는 자성입자인, 자성 고분자 복합재료 구조체.

청구항 8

제1항에 있어서,

상기 기관은 자성 기관 또는 비-자성 기관인, 자성 고분자 복합재료 구조체.

청구항 9

제1항에 있어서,

상기 기관은 금속, 세라믹, 반도체, 열경화성 고분자 또는 열경화성 고분자또는 이들 중 어느 둘 이상의 복합소 재료 이루어진, 자성 고분자 복합재료 구조체.

청구항 10

제1항에 있어서,

상기 자성 입자는 상기 기관 전체에 대하여 또는 일부에 있어서 하기 중 적어도 하나 이상의 배열을 갖는, 자성 고분자 복합재료 구조체:

- i) 자성 입자가 돌기 내에 무작위적으로 분산됨;
- ii) 자기-감응 거동에 사용되는 자기장의 방향과 같은 방향으로 배열됨;
- iii) 자기-감응 거동에 사용되는 자기장의 방향과 수직 방향이고, 상기 기관과 평행한 방향으로 배열됨;
- iv) 자기-감응 거동에 사용되는 자기장의 방향과 수직 방향이고, 상기 기관과도 수직 방향으로 배열됨; 및
- v) 자기-감응 거동에 사용되는 자기장의 방향과 수직 방향이고, 기관과 평행한 평면 및 수직인 평면을 제외한 방향으로 배열됨.

청구항 11

고분자 내에 자성 입자를 배치하여 자성 고분자 돌기를 준비하는 단계; 및

상기 자성 고분자 돌기를 기관 위에 물리적 또는 화학적으로 부착시키는 단계를 포함하는 상기 자성 고분자 복합재료 구조체의 제조방법.

청구항 12

제11항에 있어서,

상기 자성 입자는 상기 기관 전체에 대하여 또는 일부에 있어서 하기 중 적어도 하나 이상의 배열을 갖도록 배치되는, 제조방법:

- i) 자성 입자가 돌기 내에 무작위적으로 분산됨;
- ii) 자기-감응 거동에 사용되는 자기장의 방향과 같은 방향으로 배열됨;
- iii) 자기-감응 거동에 사용되는 자기장의 방향과 수직 방향이고, 상기 기관과 평행한 방향으로 배열됨;
- iv) 자기-감응 거동에 사용되는 자기장의 방향과 수직 방향이고, 상기 기관과도 수직 방향으로 배열됨; 및
- v) 자기-감응 거동에 사용되는 자기장의 방향과 수직 방향이고, 기관과 평행한 평면 및 수직인 평면을 제외한 방향으로 배열됨.

청구항 13

본 발명의 다른 일 관점에 따르면, 상기 자성 고분자 복합재료 구조체에 일정 방향의 외부 자기장을 인가하는 단계를 포함하는, 상기 자성 고분자 복합재료 구조체 내의 상기 자성 고분자 돌기를 국소적 선택변형하는 방법.

청구항 14

제13항에 있어서,

상기 자성 입자가 돌기 내에 무작위적으로 분산되어 있는 경우에는 불균일 굽힘 거동을 나타내고, 자기-감응 거동에 사용되는 자기장의 방향과 같은 방향으로 배열되어 있는 경우에는 무반응을 나타내며, 자기-감응 거동에 사용되는 자기장의 방향과 수직 방향이고, 기판과 평행한 방향으로 배열되어 있는 경우에는 뒤틀림 거동을 나타내고, 자기-감응 거동에 사용되는 자기장의 방향과 수직 방향이고, 기판과도 수직 방향으로 배열되어 있는 경우에는 균일 굽힘 거동을 나타내며, 자기-감응 거동에 사용되는 자기장의 방향과 수직 방향이고, 기판과 평행한 평면 및 수직인 평면을 제외한 방향으로 배열되어 있는 경우에는 꼬임 거동을 나타내는, 방법.

청구항 15

고분자 내에 자성 입자가 배치된 자성 고분자 복합체로 구성된 하나 이상의 돌기가 기판에 물리적 혹은 화학적으로 부착된 자성 입자가 포함된 자성 고분자 복합체로 구조체에 전도체가 상기 돌기 내에 삽입 또는 부착되어, 상기 돌기의 자기-감응 방향을 조절함으로써 전기가 흐르는 방향을 조절할 수 있는, 전극 구조체.

청구항 16

제15항에 있어서,

상기 전도체는 금속 또는 탄소소재인, 전극 구조체.

청구항 17

제16항에 있어서,

상기 금속은, 금, 은, 구리, 철, 니켈, 또는 크롬인, 전극 구조체.

청구항 18

제16항에 있어서,

상기 탄소소재는 탄소나노튜브, 카본블랙 또는 그래핀인, 전극 구조체.

청구항 19

상기 돌기는 복수로 구비되며, 두 돌기 사이의 간격은 자기-감응 시 서로 맞닿을 수 있는 거리인, 전극 구조체.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 고분자-자성 입자 복합체 돌기에 관한 것으로서, 더욱 상세하게는 고분자 내에 자기장에 반응하는 자성 입자를 분산시켜 자기장에 반응하는 고분자 복합소재로 구성된 돌기가 부착된 구조체에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 최근 자기장에 의해 구동이 가능한 미세 돌기 구조가 개발되고 있다. 이러한 미세 돌기 구조는 액추에이터, 스위치, 유체 펌프, 안테나, 펌프 등의 목적으로 사용될 수 있는 것으로서 종래의 복잡한 모터 대신 간단한 구조를 가지면서도 일정한 움직임을 구현할 수 있기 때문에, 미세구조체 내에서 사용되는 구동장치로 주목을 받고 있다.

[0003] 이와 관련하여 대한민국 특허 제10-1805776호는 섬모 형태의 자성필러가 플름 기재 위에 어레이 형태로 배열되어 있어 자기장에 방향에 따라 상기 자성필러가 움직이도록 고안된 능동형 방오 필름을 개시하고 있고, 일본 특개2008-264959호는 탄성소재로 구성된 기재 위에 입설된 자성 재료를 포함하는 복수의 돌기를 가지고 있어, 자기장에 의해 상기 돌기가 움직이는 특성을 갖는 변형가능한 마이크로 또는 나노구조체를 개시하고 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0004] (특허문헌 0001) 대한민국 특허 제10-1805776호 능동형 방오 필름, 이를 이용한 비닐하우스 천막 및 능동형 방

오 필름의 제조방법

(특허문헌 0002) 일본 특개평 2008-264959호 변형 가능한 마이크로(micro)○나노 구조체

비특허문헌

[0005] (비특허문헌 0001) Drotlef et al., Advanced Materials, 2014, 26, 775-779

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 그러나, 상기 선행문헌들을 포함하여 현재까지 개발된 자기장에 반응할 수 있는 소재로 구성된 돌기를 포함하는 구조체는 금속소재로 이루어져 있어 단순한 모드만 구현이 가능하며, 금속의 특성상 굽힘 혹은 꼬임과 같은 자기-감응을 형태 변화를 구현할 수가 없고, 고분자-자성 입자 복합소재로 구성된 경우에도 단순한 굽힘 모드만 구현하고 있는 수준이다.

[0007] 따라서, 다양한 자기-감응 형태 변화의 구현이 가능한 돌기를 포함하는 구조체의 개발이 절실히 요구되고 있는 바이다.

[0008] 이에 본 발명은 상기와 같은 문제점을 포함하여 여러 문제점을 해결하기 위한 것으로서, 금속과 다르게 복합소재 내의 자성 입자의 함량, 배향 등을 조절하여 복합소재의 물성을 바꿀 수 있 고분자-자성 입자로 구성된 복합소재 제공하는 것을 목적으로 한다. 그러나 이러한 과제는 예시적인 것으로, 이에 의해 본 발명의 범위가 한정되는 것은 아니다.

과제의 해결 수단

[0009] 본 발명의 일 관점에 따르면, 고분자 내에 자성 입자가 배치된 자성 고분자 복합체로 구성된 하나 이상의 돌기가 기판에 물리적 또는 화학적으로 부착되어 상기 돌기가 외부 자기장에 감응하여 국소적 선택변형이 가능한, 자성 고분자 복합재료 구조체가 제공된다.

[0010] 본 발명의 다른 일 관점에 따르면, 고분자 내에 자성 입자를 배치하여 자성 고분자 돌기를 준비하는 단계; 및

[0011] 상기 자성 고분자 돌기를 기판 위에 물리적 또는 화학적으로 부착시키는 단계를 포함하는 상기 자성 고분자 복합재료 구조체의 제조방법이 제공된다.

[0012] 본 발명의 다른 일 관점에 따르면, 상기 자성 고분자 복합재료 구조체에 일정 방향의 외부 자기장을 인가하는 단계를 포함하는, 상기 자성 고분자 복합재료 구조체 내의 상기 자성 고분자 돌기를 국소적 선택변형하는 방법이 제공된다.

[0013] 본 발명의 다른 일 관점에 따르면, 고분자 내에 자성 입자가 배치된 자성 고분자 복합체로 구성된 하나 이상의 돌기가 기판에 물리적 혹은 화학적으로 부착된 자성 입자가 포함된 자성 고분자 복합재료 구조체에 전도체가 상기 돌기 내에 삽입 또는 부착되어, 상기 돌기의 자기-감응 방향을 조절함으로써 전기가 흐르는 방향을 조절할 수 있는, 전극 구조체가 제공된다.

발명의 효과

[0014] 상기한 바와 같이 이루어진 본 발명의 일 실시예에 따르면, 외부 자기장에 의해 돌기를 국소적으로 선택변형할 수 있는 고분자 복합재료 구조체의 구현이 가능하다. 본 발명의 일 실시예에 따른 고분자 복합재료 구조체는 상기와 같은 특성 때문에, 미세구조체를 위한 액추에이터, 스위치, 전극, 유체 펌프, 안테나, 펌프 등의 다양한 용도로 활용이 가능하다. 그러나 이러한 효과는 예시적인 것으로, 이에 의해 본 발명의 범위가 한정되는 것은 아니다.

도면의 간단한 설명

[0015] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 고분자-자성 입자 복합재료로 구성된 돌기를 개략적으로 나타낸

개요도이다.

도 2는 상기 도 1에 도시된 돌기가 복수로 기관 위에 고정된 본 발명의 일 실시예에 따른 고분자 복합재료 구조체를 개략적으로 나타낸 개요도이다.

도 3은 본 발명의 일 실시예에 따라 자성 고분자 돌기 내의 자성입자의 다양한 배열방향(상단) 및 그에 따른 돌기의 자기-감응 변형거동(하단)을 개략적으로 나타낸 개요도이다.

도 4는 상기 도 3에 도시된 돌기를 주사전자현미경으로 촬영한 일련의 사진(상단) 및 이들 돌기들의 자기-감응 거동을 광학현미경으로 촬영한 일련의 사진(하단)이다.

도 5는 자기장의 세기에 따른 자성 고분자 돌기의 자기-감응 정도를 뒤틀림각(torsion angel, 좌측), 굽힘각(bending angle, 중앙)를 측정하여 기록한 그래프(상단) 및 100회의 사이클 동안의 뒤틀림각(좌측) 및 굽힘각(중앙)을 기록하여 나타낸 그래프(하단)으로, 우측은 상기 뒤틀림각과 굽힘각을 중첩시켜 나타낸 그래프이다.

HLA: 자기-감응 거동에 사용되는 자기장의 방향과 수직 방향이고, 상기 기관과 평행한 방향으로 배열;

VA: 자기-감응 거동에 사용되는 자기장의 방향과 수직 방향이고, 상기 기관과도 수직 방향으로 배열

도 6은 자성 입자를 배열한 자석과 한 시료 내에 5가지 자기-감응 거동이 가능한 샘플 이미지이다.

도 7은 좌측부터 순서대로 자기장에 무반응 자기-감응 거동을 보이는 돌기로 "INHA"라는 글자를 표기한 기관, INHA 글자 부분에는 자기장에 반응하여 뒤틀림 거동을 보이는 돌기를 배치한 기관, 균일 굽힘 거동을 보이는 돌기를 배치한 기관 및 꼬임 거동을 보이는 돌기로 배치된 기관에 대하여 자기장 인가 전(상단) 및 자기장 인가 후(하단) 촬영한 일련의 사진이다.

도 8은 외부 자기장의 극 변화에 따라 상기 돌기의 자기-감응 거동의 방향이 바뀌어 전기가 흐르는 방향이 바뀌어 전기가 흐르는 방향을 조절할 수 있는 전극 구조체를 개략적으로 도시한 개요도이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

발명의 상세한 설명:

본 발명의 일 관점에 따르면, 고분자 내에 자성 입자가 배치된 자성 고분자 복합체로 구성된 하나 이상의 돌기가 기관에 물리적 또는 화학적으로 부착되어 상기 돌기가 외부 자기장에 감응하여 국소적 선택변형이 가능한, 자성 고분자 복합재료 구조체가 제공된다.

상기 자성 고분자 복합재료 구조체에 있어서, 상기 고분자는 우레탄계, 올레핀계, 스타이렌계, 에폭시계, 황계 열, 이미드계, 아마이드계 및 에스터계로 구성되는 군으로부터 선택되는 열가소성 고분자 또는 열경화성 고분자 중 어느 하나 이상을 포함하는 고분자일 수 있고, 상기 열가소성 고분자는 더욱 상세하게는 열가소성 스타이렌 블록 코폴리머(thermoplastic styrene block copolymer), 열가소성 폴리올레핀엘라스토머(thermoplastic polyolefinelastomer, TPO), 열가소성 폴리우레탄(thermoplastic polyurethane, TPU), 열가소성 폴리아마이드(thermoplastic polyamide, TPA), 열가소성 폴리에틸렌(thermoplastic polyethylene, TPE), 열가소성 불카니제이트(thermoplastic vulcanizate, TPV) 및 이들을 구성하는 단위체의 공중합체일 수 있고, 상기 열경화성 고분자는 아크릴로니트릴 부타디엔 고무(acrylonitrile butadiene rubber), 클로로설포네이트 폴리에틸렌 고무(chlorosulfonated polyethylene rubber), 에틸렌 아크릴레이트 고무(ethylene acrylated rubber), 플루오로카본 고무(fluorocarbon rubber), 수소화 아크릴로니트릴 부타디엔 고무(hydrogenated acrylonitrile butadiene rubber), 퍼플루오로엘라스토머(perfluoroelastomer), 열경화성 폴리우레탄 고무(thermoset polurethane rubber), 열경화성 스타이렌 부타디엔 고무(thermoset styrene butadiene rubber), 열경화성 클로로프렌 고무(thermoset chloroprene rubber), 에피크로하이드린 공중합체 고무(epichlorhydrin copolymer rubber), 에틸렌 프로필렌 디엔 고무(ethylene propylene diene rubber), 플루오로실리콘 고무(fluorosilicone rubber), 천연고무인 폴리이소프렌 고무(polyisoprene rubber), 폴리아크릴레이트 고무(polyacrylate rubber), 또는 실리콘 고무(silicone rubber)일 수 있다.

상기 자성 고분자 복합재료 구조체에 있어서, 상기 자성입자는 강자성 입자(ferromagnetic particle) 또는 한자성 입자(ferrimagnetic particle)일 수 있고, 상기 강자성 입자는 코발트, 니켈, 철, 네오디뮴, 이들의 산화물 및 이들의 합금으로 구성되는 군으로부터 선택되는 하나 이상의 강자성 물질을 포함하는 자성입자이며, 상기 한자성 입자는 자철석, 및 페라이트로 구성되는 군으로부터 선택되는 한자성 물질을 포함하는 자성입자일 수

있다.

- [0020] 상기 자성 고분자 복합재료 구조체에 있어서, 상기 기판은 자성 기판 또는 비-자성 기판일 수 있고, 그 소재는 금속, 세라믹, 반도체, 열경화성 고분자 또는 열경화성 고분자 또는 이들 중 어느 둘 이상의 복합소재일 수 있다.
- [0021] 상기 자성 고분자 복합재료 구조체에 있어서, 상기 자성 입자의 배치는 요구되는 거동특성에 따라 정해질 수 있다. 예컨대, 자성 입자가 돌기 내에 무작위적으로 분산되어 있는 경우에는 불균일 굽힘 거동을 나타내고, 자기-감응 거동에 사용되는 자기장의 방향과 같은 방향으로 배열되어 있는 경우에는 무반응을 나타내며, 자기-감응 거동에 사용되는 자기장의 방향과 수직 방향이고, 기판과 평행한 방향으로 배열되어 있는 경우에는 뒤틀림 거동을 나타내고, 자기-감응 거동에 사용되는 자기장의 방향과 수직 방향이고, 기판과도 수직 방향으로 배열되어 있는 경우에는 균일 굽힘 거동을 나타내며, 자기-감응 거동에 사용되는 자기장의 방향과 수직 방향이고, 기판과 평행한 평면 및 수직인 평면을 제외한 방향으로 배열되어 있는 경우에는 꼬임 거동을 나타낸다(도 3 참조).
- [0022] 본 발명의 다른 일 관점에 따르면, 고분자 내에 자성 입자를 배치하여 자성 고분자 돌기를 준비하는 단계; 및
- [0023] 상기 자성 고분자 돌기를 기판 위에 물리적 또는 화학적으로 부착시키는 단계를 포함하는 상기 자성 고분자 복합재료 구조체의 제조방법이 제공된다.
- [0024] 상기 제조방법에 있어서, 상기 고분자는 우레탄계, 올레핀계, 스타이렌계, 에폭시계, 황계열, 이미드계, 아마이드계 및 에스테르계로 구성되는 군으로부터 선택되는 열가소성 고분자 또는 열경화성 고분자 중 어느 하나 이상을 포함하는 고분자일 수 있고, 상기 열가소성 고분자는 더욱 상세하게는 열가소성 스타이렌 블록 코폴리머(thermoplastic styrene block copolymer), 열가소성 폴리올레핀엘라스토머(thermoplastic polyolefinelastomer, TPO), 열가소성 폴리우레탄(thermoplastic polyurethane, TPU), 열가소성 폴리아마이드(thermoplastic polyamide, TPA), 열가소성 폴리에틸렌(thermoplastic polyethylene, TPE), 열가소성 불카니제이트(thermoplastic vulcanizate, TPV) 및 이들을 구성하는 단위체의 공중합체일 수 있고, 상기 열경화성 고분자는 아크릴로니트릴 부타디엔 고무(acrylonitrile butadiene rubber), 클로로설폰에이트드 폴리에틸렌 고무(chlorosulfonated polyethylene rubber), 에틸렌 아크릴레이트 고무(ethylene acrylated rubber), 플루오로카본 고무(fluorocarbon rubber), 수소화 아크릴로니트릴 부타디엔 고무(hydrogenated acrylonitrile butadiene rubber), 퍼플루오로엘라스토머(perfluoroelastomer), 열경화성 폴리우레탄 고무(thermoset polurethane rubber), 열경화성 스타이렌 부타디엔 고무(thermoset styrene butadiene rubber), 열경화성 클로로프렌 고무(thermoset chloroprene rubber), 에피크로하이드린 공중합체 고무(epichlorhydrin copolymer rubber), 에틸렌 프로필렌 디엔 고무(ethylene propylene diene rubber), 플루오로실리콘 고무(fluorosilicone rubber), 천연고무인 폴리이소프렌 고무(polyisoprene rubber), 폴리아크릴레이트 고무(polyacrylate rubber), 또는 실리콘 고무(silicone rubber)일 수 있다.
- [0025] 상기 제조방법에 있어서, 상기 자성입자는 강자성 입자(ferromagnetic particle) 또는 한자성 입자(ferrimagnetic particle)일 수 있고, 상기 강자성 입자는 코발트, 니켈, 철, 네오디뮴, 이들의 산화물 및 이들의 합금으로 구성되는 군으로부터 선택되는 하나 이상의 강자성 물질을 포함하는 자성입자이며, 상기 한자성 입자는 자철석, 및 페라이트로 구성되는 군으로부터 선택되는 한자성 물질을 포함하는 자성입자일 수 있다.
- [0026] 상기 제조방법에 있어서, 상기 자성 입자의 배치는 요구되는 거동특성에 따라 정해질 수 있다. 예컨대, 자성 입자가 돌기 내에 무작위적으로 분산되어 있는 경우에는 불균일 굽힘 거동을 나타내고, 자기-감응 거동에 사용되는 자기장의 방향과 같은 방향으로 배열되어 있는 경우에는 무반응을 나타내며, 자기-감응 거동에 사용되는 자기장의 방향과 수직 방향이고, 기판과 평행한 방향으로 배열되어 있는 경우에는 뒤틀림 거동을 나타내고, 자기-감응 거동에 사용되는 자기장의 방향과 수직 방향이고, 기판과도 수직 방향으로 배열되어 있는 경우에는 균일 굽힘 거동을 나타내며, 자기-감응 거동에 사용되는 자기장의 방향과 수직 방향이고, 기판과 평행한 평면 및 수직인 평면을 제외한 방향으로 배열되어 있는 경우에는 꼬임 거동을 나타낸다.
- [0027] 상기 제조방법에 있어서, 상기 기판은 자성 기판 또는 비-자성 기판일 수 있고, 그 소재는 금속, 세라믹, 반도체, 열경화성 고분자 또는 열경화성 고분자 또는 이들 중 어느 둘 이상의 복합소재일 수 있다.
- [0028] 본 발명의 다른 일 관점에 따르면, 상기 자성 고분자 복합재료 구조체에 일정 방향의 외부 자기장을 인가하는 단계를 포함하는, 상기 자성 고분자 복합재료 구조체 내의 상기 자성 고분자 돌기를 국소적 선택변형하는 방법이 제공된다.
- [0029] 상기 방법에 있어서, 상기 고분자는 우레탄계, 올레핀계, 스타이렌계, 에폭시계, 황계열, 이미드계, 아마이드계

및 에스테르계로 구성되는 군으로부터 선택되는 열가소성 고분자 또는 열경화성 고분자 중 어느 하나 이상을 포함하는 고분자일 수 있고, 상기 열가소성 고분자는 더욱 상세하게는 열가소성 스타이렌 블록 코폴리머(thermoplastic styrene block copolymer), 열가소성 폴리올레핀엘라스토머(thermoplastic polyolefinelastomer, TPO), 열가소성 폴리우레탄(thermoplastic polyurethane, TPU), 열가소성 폴리아마이드(thermoplastic polyamide, TPA), 열가소성 폴리에틸렌(thermoplastic polyethylene, TPE), 열가소성 불카니제이트(thermoplastic vulcanizate, TPV), 열가소성 폴리디메틸실록산(thermoplastic PDMS) 및 이들을 구성하는 단위체의 공중합체일 수 있고, 상기 열경화성 고분자는 아크릴로니트릴 부타디엔 고무(acrylonitrile butadiene rubber), 클로로설폰에이트 폴리에틸렌 고무(chlorosulfonated polyethylene rubber), 에틸렌 아크릴레이트 고무(ethylene acrylated rubber), 플루오로카본 고무(fluorocarbon rubber), 수소화 아크릴로니트릴 부타디엔 고무(hydrogenated acrylonitrile butadiene rubber), 퍼플루오로엘라스토머(perfluoroelastomer), 열경화성 폴리우레탄 고무(thermoset polurethane rubber), 열경화성 스타이렌 부타디엔 고무(thermoset styrene butadiene rubber), 열경화성 클로로프렌 고무(thermoset chloroprene rubber), 에피클로하이드린 공중합체 고무(epichlorhydrin copolymer rubber), 에틸렌 프로필렌 디엔 고무(ethylene propylene diene rubber), 플루오로실리콘 고무(fluorosilicone rubber), 천연고무인 폴리이소프렌 고무(polyisoprene rubber), 폴리아크릴레이트 고무(polyacrylate rubber), 또는 실리콘 고무(silicone rubber)일 수 있다.

[0030] 상기 방법에 있어서, 상기 자성입자는 강자성 입자(ferromagnetic particle) 또는 한자성 입자(ferrimagnetic particle)일 수 있고, 상기 강자성 입자는 코발트, 니켈, 철, 네오디뮴, 이들의 산화물 및 이들의 합금으로 구성되는 군으로부터 선택되는 하나 이상의 강자성 물질을 포함하는 자성입자이며, 상기 한자성 입자는 자철석, 및 페라이트로 구성되는 군으로부터 선택되는 한자성 물질을 포함하는 자성입자일 수 있다.

[0031] 상기 방법에 있어서, 상기 자성 입자의 배치는 요구되는 거동특성에 따라 정해질 수 있다. 예컨대, 자성 입자가 돌기 내에 무작위적으로 분산되어 있는 경우에는 불균일 굽힘 거동을 나타내고, 자기-감응 거동에 사용되는 자기장의 방향과 같은 방향으로 배열되어 있는 경우에는 무반응을 나타내며, 자기-감응 거동에 사용되는 자기장의 방향과 수직 방향이고, 기판과 평행한 방향으로 배열되어 있는 경우에는 뒤틀림 거동을 나타내고, 자기-감응 거동에 사용되는 자기장의 방향과 수직 방향이고, 기판과도 수직 방향으로 배열되어 있는 경우에는 균일 굽힘 거동을 나타내며, 자기-감응 거동에 사용되는 자기장의 방향과 수직 방향이고, 기판과 평행한 평면 및 수직인 평면을 제외한 방향으로 배열되어 있는 경우에는 꼬임 거동을 나타낸다.

[0032] 상기 방법에 있어서, 상기 기판은 자성 기판 또는 비-자성 기판일 수 있고, 그 소재는 금속, 세라믹, 반도체, 열경화성 고분자 또는 열경화성 고분자 또는 이들 중 어느 둘 이상의 복합소재일 수 있다.

[0033] 본 발명의 다른 일 관점에 따르면, 고분자 내에 자성 입자가 배치된 자성 고분자 복합체로 구성된 하나 이상의 돌기가 기판에 물리적 혹은 화학적으로 부착된 자성 입자가 포함된 자성 고분자 복합체로 구조체에 전도체가 상기 돌기 내에 삽입 또는 부착되어, 상기 돌기의 자기-감응 방향을 조절함으로써 전기가 흐르는 방향을 조절할 수 있는, 전극 구조체가 제공된다.

[0034] 상기 전극 구조체에 있어서, 상기 전도체는 금속 또는 탄소소재일 수 있고, 상기 금속은 금, 은, 구리, 철, 니켈, 또는 크롬일 수 있고, 상기 탄소소재는 탄소나노튜브, 카본블랙 또는 그래핀일 수 있다.

[0035] 상기 전극 구조체에 있어서, 상기 돌기는 복수로 구비되며, 두 돌기 사이의 간격은 자기-감응 시 서로 맞닿을 수 있는 거리일 수 있다.

[0036] 본 발명자들은 본 발명자들은 다양한 형태의 변형을 자유롭게 할 수 있는 복수의 돌기를 포함하는 마이크로 구조체의 개발을 위해 예의 노력한 결과, 돌기를 구성하는 고분자 내에 배열을 조절하여 자성입자를 도입하고, 자성입자의 배열방향과 자기장의 방향을 조절함으로써 굽힘, 뒤틀림 및 꼬임과 같은 다양한 돌기 거동을 국소적으로 구현할 수 있음을 입증함으로써 본 발명을 완성하였다. 본 발명의 일 실시예에 따른 복합재료 구조체는 상기 와 같은 특성에 기인하여, 미세구조체의 액추에이터, 펌프, 스위치, 밸브 등의 다양한 용도로 사용할 수 있을 뿐만 아니라, 돌기에 전도체 연결함으로써 전류의 방향을 조절할 수 있는 가변형 전극으로 사용이 가능하다.

[0037] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 여러 실시예들을 상세히 설명하기로 한다.

[0038] 도 1은 본 발명의 일 실시예에 따른 고분자-자성 입자 복합체로 구성된 돌기를 개략적으로 나타낸 개요도이다. 도 1에 도시된 바와 같이, 고분자-자성 입자 복합체로 구성된 자성 고분자 복합체 돌기(100)는 고분자(110) 내에 자성 입자(120)이 포함되어 있으며, 자성 고분자 복합체 돌기(100)는 기판 위에 화학적 또는 물리적으로 결합되어 있다.

- [0039] 도 2는 상기 도 1에 도시된 돌기(100)가 복수로 기관(200) 위에 고정된 본 발명의 일 실시예에 따른 고분자 복합체 구조체(300, 이하, '구조체'로 약칭함)를 개략적으로 나타낸 개요도이다. 도 2에 도시된 바와 같이, 구조체(300)는 복수의 자성 고분자 복합체 돌기(100)가 일정한 간격으로 기관(200) 위에 배열되어 있으며, 구조체(300)의 외부에 일정한 방향을 갖는 외부 자기장(400)이 인가될 수 있다.
- [0040] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따라 자성 고분자 복합체 돌기(100) 내의 자성 입자(120)의 다양한 배열방향(상단) 및 그에 따른 돌기(100)의 자기-감응 변형거동(하단)을 개략적으로 나타낸 개요도이다. 도 3에 도시된 바와 같이, 자성 고분자 복합체 돌기(100)는 내부의 자성 입자(120)의 배열에 따라 외부 자기장(400)에 감응하여 형태 변화를 나타내는데, a) 자성 입자(120)가 돌기(100) 내에 무작위적으로 분산되어 있는 경우에는(121) 불균일 굽힘 거동을 나타내고, b) 자기-감응 거동에 사용되는 자기장의 방향(400)과 같은 방향으로 배열되어 있는 경우에는(122) 무반응을 나타내며, c) 자기-감응 거동에 사용되는 자기장의 방향(400)과 수직 방향이고, 기관과 평행한 방향으로 배열되어 있는 경우에는(123) 뒤틀림 거동을 나타내고, d) 자기-감응 거동에 사용되는 자기장의 방향(400)과 수직 방향이고, 기관과도 수직 방향으로 배열되어 있는 경우에는(124) 균일 굽힘 거동을 나타내며, e) 자기-감응 거동에 사용되는 자기장의 방향(400)과 수직 방향이고, 기관과 평행한 평면 및 수직인 평면을 제외한 방향으로 배열되어 있는 경우에는(125) 꼬임 거동을 나타낸다.
- [0041] 도 4는 상기 도 3에 도시된 돌기를 주사전자현미경으로 촬영한 일련의 사진(상단) 및 이들 돌기들의 자기-감응 거동을 영상현미경으로 촬영한 일련의 사진(하단)이다.
- [0042] 도 5는 자기장의 세기에 따른 자성 고분자 돌기의 자기-감응 정도를 뒤틀림각(torsion angel, 좌측), 굽힘각(bending angle, 중앙)를 측정하여 기록하 그래프(상단) 및 100회의 사이클 동안의 뒤틀림각(좌측) 및 굽힘각(중앙)을 기록하여 나타낸 그래프(하단)으로, 우측은 상기 뒤틀림각과 굽힘각을 중첩시켜 나타낸 그래프이다. 도 5에서 나타난 바와 같이, 구조체(300)의 자기-감응 형태 변화는 넓은 영역에서 균일하며, 자기장의 세기 변화에 따라 거동의 정도가 달라지며 2회 이상의 다회 자기-감응 형태 변화에서 균일한 거동을 보이는 것을 특징으로 한다. 도 5에서 자기-감응 형태 변화가 균일한 뒤틀림 거동을 보이는 돌기(150), 균일 굽힘 거동을 보이는 돌기(160), 꼬임 거동을 보이는 돌기(170)의 외부 자기장(400)의 세기에 따라 뒤틀림각, 굽힘각을 측정하였으며, 100회의 자기-감응 거동 후에도 균일한 각도를 보였다. 검정색 포인트가 처음의 자기-감응 거동 각도이며, 파란색, 검은색 포인트가 100회 때의 자기-감응 거동 각도이다. 각 회 차에 따른 자기-감응 각도도 100회 동안 동일한 것을 확인할 수 있다.
- [0043] 도 6은 자성 입자를 배열한 자석과 한 시료 내에 4가지 자기-감응 거동이 가능한 샘플 이미지이다. 도 6에 도시된 바와 같이, 프리스탠딩 형태의 각자 다른 자성 입자(120) 배열을 가진 돌기들이 배치되어 있어 자기장의 인가 시, 한 시료 내의 특정 영역에서 4가지 자기-감응 거동이 나타난다. 분홍색으로 표기된 부분은 무반응 돌기(140), 빨간색으로 표시한 부분은 뒤틀림 거동을 보이는 돌기(150), 검정색으로 나타난 부분은 균일 굽힘 거동을 보이는 돌기(160), 파란색으로 나타난 부분은 꼬임 거동을 보이는 돌기(170)가 배치되어 있다.
- [0044] 도 7은 좌측부터 순서대로 자기장에 무반응 자기-감응 거동을 보이는 돌기로 "INHA"라는 글자를 표기한 기관, INHA 글자 부분에는 자기장에 반응하여 뒤틀림 거동을 보이는 돌기를 배치한 기관, 균일 굽힘 거동을 보이는 돌기를 배치한 기관 및 꼬임 거동을 보이는 돌기로 배치된 기관에 대하여 자기장 인가 전(상단) 및 자기장 인가 후(하단) 촬영한 일련의 사진이다. 도 7에서 나타난 바와 같이, 돌기(100)의 배치에 따라 구조체(300)의 자기-감응 시 특정 의미가 담긴 글씨 혹은 그림을 유도할 수도 있다. 의미를 나타내고자 하는 부분에 뒤틀림 거동을 보이는 돌기(150), 균일 굽힘 거동을 보이는 돌기(160), 꼬임 거동을 보이는 돌기(170)를 배치 혹은 외부 영역에 배치를 하고 나머지 부분을 외부 자기장(400)에 감응하여 무반응을 나타내는 돌기(150)를 배치시키면 자기-감응 거동 시 도 7과 같은 형태를 유도할 수 있다.
- [0045] 도 8은 외부 자기장의 극 변화에 따라 상기 돌기의 자기-감응 거동의 방향이 바뀌어 전기가 흐르는 방향이 바뀌므로써 전기가 흐르는 방향을 조절할 수 있는 전극 구조체를 개략적으로 도시한 개요도이다. 도 8에서 나타난 바와 같이, 구조체(300)에 금, 은, 구리 등의 금속, 탄소 나노 튜브, 그래핀과 같은 탄소 소재와 같은 전도체(510) 중 하나 이상이 돌기(100)에 삽입 또는 부착되어 있어 외부 자기장(400)에 감응하여 형태 변환 시 전극의 역할을 하여 전기가 흐르는 것이 가능하며, 외부 자기장(400)의 극 변화에 따라 돌기(100)의 자기-감응 거동의 방향이 바뀌어 전기가 흐르는 방향이 바뀔 수 있어, 결국 전기 방향을 조절할 수 있는 전극 구조체(500)의 역할을 수행할 수 있게 된다.
- [0046] 이하 본 발명을 첨부되는 실시예 및 실험예를 통해 보다 상세하게 설명하고자 한다. 다만, 본 발명의 실시예 및 실험예들은 당해 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 본 발명을 더욱 완전하게 설명하기 위하여 제공되는

것이며, 하기 실시예는 여러 가지 다른 형태로 변형될 수 있으며, 본 발명의 범위가 하기 실시예에 한정되는 것은 아니다. 오히려 이들 실시예들은 본 개시를 더욱 충실하고 완전하게 하고, 당업자에게 본 발명의 사상을 완전하게 전달하기 위하여 제공되는 것이다. 또한, 도면에서 각 층의 두께나 크기는 설명의 편의 및 명확성을 위하여 과장된 것이다.

[0047] 실시예 1: 자성 고분자 복합체 돌기의 제조

[0048] 본 발명의 일 실시예에 따른 구조체는 소프트 리소그래피(soft lithography)방법 중 하나인 레플리카 몰딩(replica molding)을 이용하여 제조하였다. 소수성 코팅이 되어있는 네거티브 PDMS 주형의 돌기에 상응하는 음각 구멍에 PDMS(polydimethylsiloxane) 전구체와 가교제가 무게비로 10:1로 섞인 레진과 자성 입자가 부피비 9:1로 혼합된 혼합물을 구멍에만 캐스팅하였다. 그 후 간격을 가진 2개의 자석 혹은 전자기석을 이용하여 균일한 자기장을 형성 후, 자기장 사이로 돌기 내의 자성 입자(120) 배열 방향을 각 돌기에 맞는 방향으로 배치시켰다. 그 후 자기장을 제거하여, 자성 입자(120) 배열을 고정시켰으며, 네거티브 PDMS 주형의 남은 부분에 PDMS 전구체와 가교제를 무게비로 10:1로 섞인 레진을 부어주고 기포를 제거해준 후 80℃의 오븐에서 2시간 정도 가교시켰다. 네거티브 PDMS 주형을 제거하여, 자성에 반응하는 돌기가 부착된 구조체를 완성하였다. 상기 돌기 내의 배열에는 약한 자석을 이용하여 단순히 자성 입자의 배열만 부여하는 방법이 있으며, NMR에 사용되는 강한 자석 혹은 그에 상응하는 전자기석을 이용하여 입자에 자성을 부여하여 극을 형성 시켜주는 방법이 있다. 후자의 경우 자기-감응에 사용되는 자석 혹은 전자기석의 극에 따라 자기-감응 거동의 방향이 결정된다. 전자의 경우 도 3 및 도 4에서 나타나는 바와 같이, 뒤틀림 거동을 보이는 돌기(150), 균일 굽힘 거동을 보이는 돌기(160), 꼬임 거동을 보이는 돌기(170)는 원하는 방향으로의 거동을 위해 자성 입자(120)배열을 축과 약간의 틸트 각도를 주어야 균일 거동이 관측된다.

[0049] 본 발명의 일 실시예에 따른 구조체(300)이 제대로 제조되었는지 여부는 주사 주사전자현미경(Hitachi S-4300, Japan)으로 촬영하여 확인하였다(도 3의 상단).

[0050] 실험예 1: 자성 고분자 복합체 돌기의 거동특성 분석

[0051] 각 자성 입자의 배열 방향에 따른 돌기(100)의 거동 특성은 영상현미경 (SV-32, SOMETECH Vision)으로 촬영하여 확인하였다. 거동 각도 역시 자석 간의 간극을 조절하여 자기장의 세기를 조절해가며 자기-감응 거동을 유도하였으며, 상기 영상현미경을 이용하여 측정하였다. 이때, 뒤틀림각의 경우, 탑-다운 뷰로 촬영하여 각도를 측정하였으며, 굽힘각의 경우 샘플의 측면에서 촬영하여 각도 측정을 하였다. 꼬임 거동을 보이는 돌기의 경우 탑-다운과 측면에서 촬영하여 각도를 측정하였다(도 5).

[0052] 그 결과 도 5에서 나타난 바와 같이, 구조체(300)의 자기-감응 형태 변화는 넓은 영역에서 균일하며, 자기장의 세기 변화에 따라 거동의 정도가 달라지며 2회 이상의 다회 자기-감응 형태 변화에서 균일한 거동을 보이는 것을 특징으로 한다. 도 5에서 자기-감응 형태 변화가 균일한 뒤틀림 거동을 보이는 돌기(150), 균일 굽힘 거동을 보이는 돌기(160), 꼬임 거동을 보이는 돌기(170)의 외부 자기장(400)의 세기에 따라 뒤틀림각, 굽힘각을 측정하였으며, 100회의 자기-감응 거동 후에도 균일한 각도를 보였다. 검정색 포인트가 처음의 자기-감응 거동 각도이며, 파란색, 검은색 포인트가 100회 때의 자기-감응 거동 각도이다. 각 회 차에 따른 자기-감응 각도도 100회 동안 동일한 것을 확인할 수 있었다.

[0053] 실시예 2: 한 시료 내에서의 다양한 거동특성을 나타내는 돌기를 갖는 구조체의 거동 특성 확인

[0054] 본 발명자들은 이어 하나의 기판 위에 다양한 자성 입자 배열을 갖게 되어 외부 자기장 인가시 다양한 거동특성을 나타내는 구조체를 제조하였다.

[0055] 이를 위해, 구체적으로 상기 실시예 1과 같이 자성 입자가 포함된 PDMS 레진을 네거티브 PDMS 주형에 캐스팅한 후, 도 6의 좌상귀와 같이 네오디움 자석 네 개를 2X2로 배치시켜 상단의 중앙과 같은 형태의 자기장을 형성하여, 구조체의 위치에 따라 다른 형태의 자성 입자 배열을 나타내도록 하였다.

[0056] 도 6은 자성 입자를 배열한 자석과 한 시료 내에 4가지 자기-감응 거동이 가능한 샘플 이미지이다. 도 6에 도시된 바와 같이, 프리스탠딩 형태의 각자 다른 자성 입자(120) 배열을 가진 돌기들이 배치되어 있어 자기장의 인가 시, 한 시료 내의 특정 영역에서 4가지 자기-감응 거동이 나타났다. 구체적으로 분홍색으로 표기된 부분은 무반응 돌기(140), 빨간색으로 표시한 부분은 뒤틀림 거동을 보이는 돌기(150), 검정색으로 나타낸 부분은 균일 굽힘 거동을 보이는 돌기(160), 파란색으로 나타낸 부분은 꼬임 거동을 보이는 돌기(170)가 형성되었다.

[0057] 이와 같이, 본 발명의 일 실시예에 따른 구조체(300)은 하나의 구조체 내에서 돌기 내의 자성 입자의 배열 방향

을 서로 다르게 조절할 수 있기 때문에, 외부 자기장 인가시 자기-감응하는 돌기의 거동 특성을 다르게 조절할 수 있다.

[0058] 아울러, 본 발명자들은 본 발명의 일 실시예에 따른 구조체가 외부 자기장을 이용하여 특정 문자의 표시 등에 활용될 수 있음을 실험적으로 입증하였다.

[0059] 이를 위해, 본 발명자들은 기관 위에 "INHA"와 같은 특정 문자를 각각 상기 네 가지 거동 특성을 나타내는 자성 입자 배열 방향으로 세팅된 돌기를 이용하여 제조하였고, 외부 자기장 인가 전 후의 모습을 상기 영상현미경으로 촬영하였다(도 7).

[0060] 도 7은 좌측부터 순서대로 자기장에 무반응 자기-감응 거동을 보이는 돌기로 "INHA"라는 글자를 표기한 기관, INHA 글자 부분에는 자기장에 반응하여 뒤틀림 거동을 보이는 돌기를 배치한 기관, 균일 굽힘 거동을 보이는 돌기를 배치한 기관 및 꼬임 거동을 보이는 돌기로 배치된 기관에 대하여 자기장 인가 전(상단) 및 자기장 인가 후(하단) 촬영한 일련의 사진이다. 도 7에서 나타난 바와 같이, 돌기(100)의 배치에 따라 구조체(300)의 자기-감응 시 특정 의미가 담긴 글씨 혹은 그림을 유도할 수도 있다. 의미를 나타내고자 하는 부분에 뒤틀림 거동을 보이는 돌기(150), 균일 굽힘 거동을 보이는 돌기(160), 꼬임 거동을 보이는 돌기(170)를 배치 혹은 외부 영역에 배치를 하고 나머지 부분을 외부 자기장(400)에 감응하여 무반응을 나타내는 돌기(150)를 배치시키면 자기-감응 거동 시 도 7과 같은 형태를 유도할 수 있었다.

[0061] 본 발명의 일 실시예에 따른 구조체는 상기와 같은 용도 외에 도 8에 도시된 바와 같이 다양한 거동특성을 갖는 돌기를 인접시켜 배열하고 돌기에 도전체를 삽입하거나 접촉시킴으로써, 외부 자기장 인가시 인접한 돌기가 접촉함으로써 전류의 단락을 조절하거나, 자기장의 극성을 전환하여 전류의 방향을 변환하는 가변형 스위치 또는 전극으로도 활용이 가능하다.

[0062] 본 발명은 상술한 실시예 및 실험예를 참고로 설명되었으나 이는 예시적인 것에 불과하며, 당해 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 다른 실시예 및 실험예가 가능하다는 점을 이해할 것이다. 따라서 본 발명의 진정한 기술적 보호 범위는 첨부된 특허청구범위의 기술적 사상에 의하여 정해져야 할 것이다.

부호의 설명

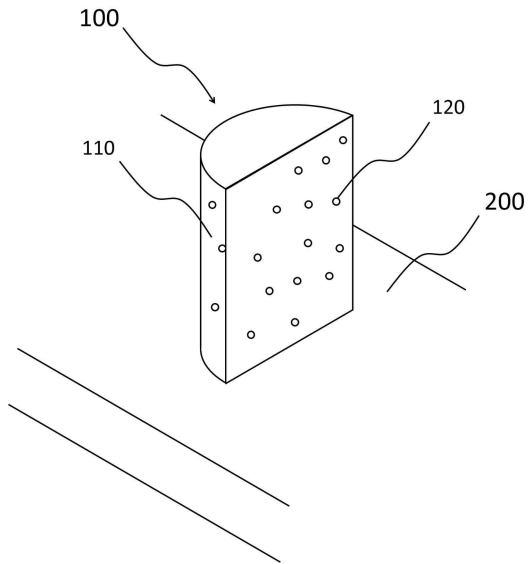
[0063] 100: 자성 고분자 복합체 돌기
110: 고분자
120: 자성 입자
121: 자성 입자가 무작위로 분산된 돌기
122: 자성 입자가 자기장 방향과 평행한 방향으로 배열된 돌기
123: 자성 입자가 자기장의 방향과 수직 방향이고, 기관과 평행하게 배열된 돌기
124: 자성 입자가 자기장의 방향과 수직 방향이고, 기관과도 수직 방향으로 배열된 돌기
125: 자성 입자가 자기장의 방향과 수직 방향이고, 기관과 평행한 평면 및 수직 방향의 평면을 제외한 방향으로 배열된 돌기
130: 불균일 굽힘 거동을 보이는 돌기
140: 무반응 돌기
150: 뒤틀림 거동을 보이는 돌기
160: 균일 굽힘 거동을 보이는 돌기
170: 꼬임 거동을 보이는 돌기
200: 기관
300: 자성 고분자 복합재료 구조체
400: 자기장 방향

500: 전기가 흐르는 방향을 조절할 수 있는 전극 구조체

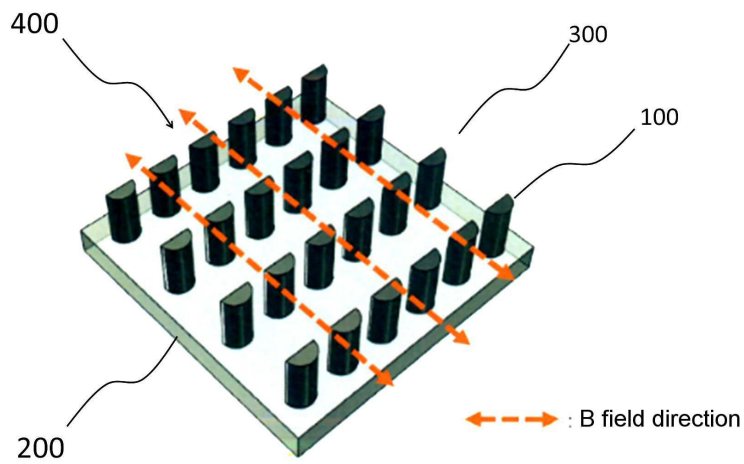
510: 전도체

도면

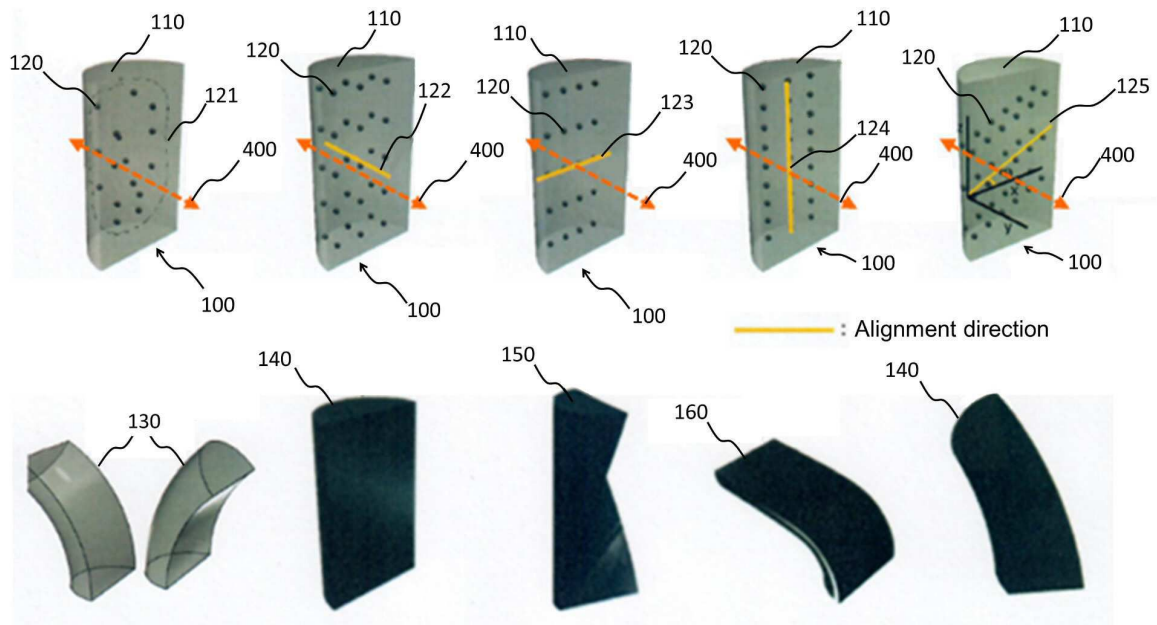
도면1



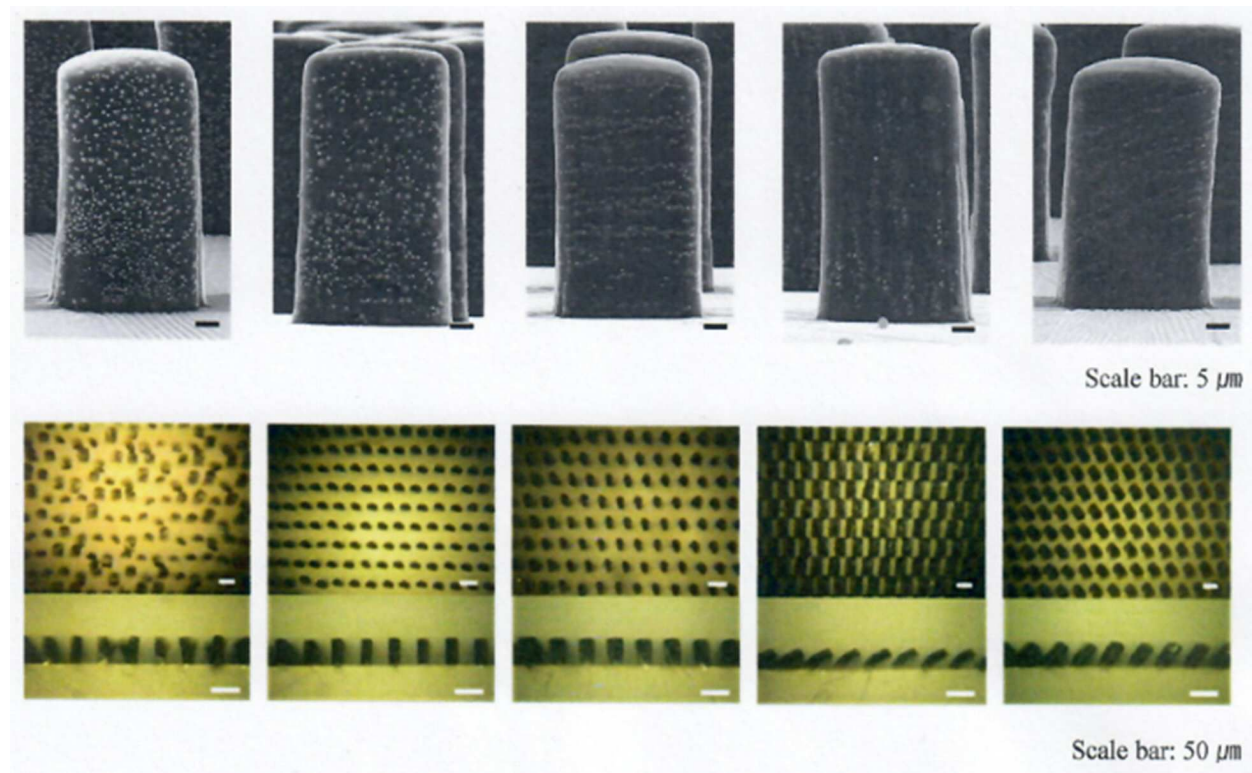
도면2



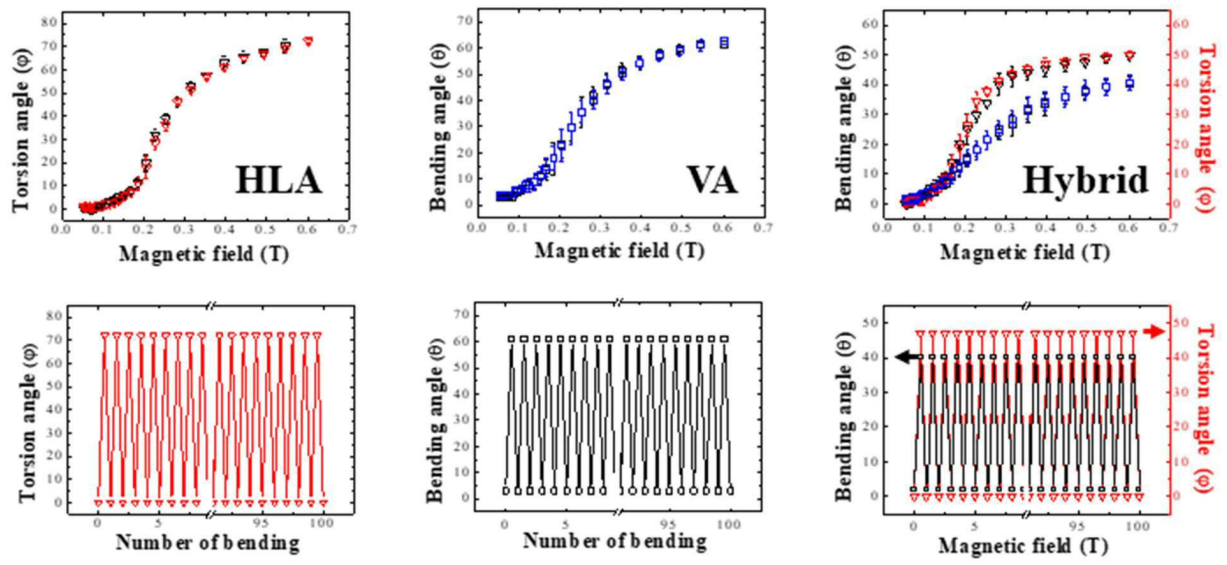
도면3



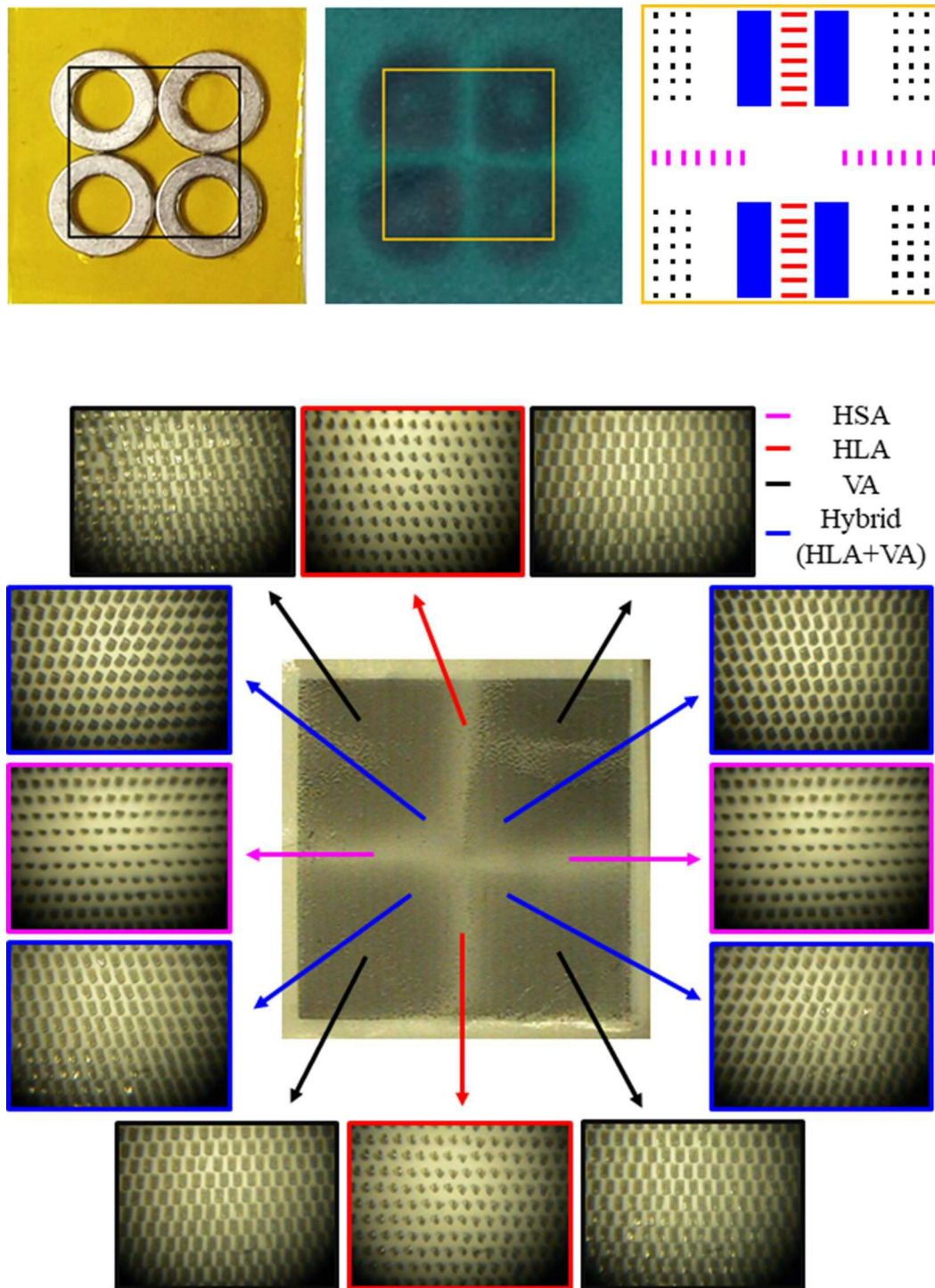
도면4



도면5



도면6



도면7



도면8

