



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2015-0062648

(43) 공개일자 2015년06월08일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

H01L 41/16 (2006.01) H01L 41/22 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2013-0147513

(22) 출원일자 2013년11월29일

심사청구일자 2013년11월29일

(71) 출원인

서강대학교산학협력단

서울특별시 마포구 백범로 35 (신수동, 서강대학교)

(72) 발명자

윤광석

경상북도 상주시 토성로 112

윤대연

서울특별시 구로구 경인로 643 동아2차아파트 204동 1904호

(74) 대리인

신진현

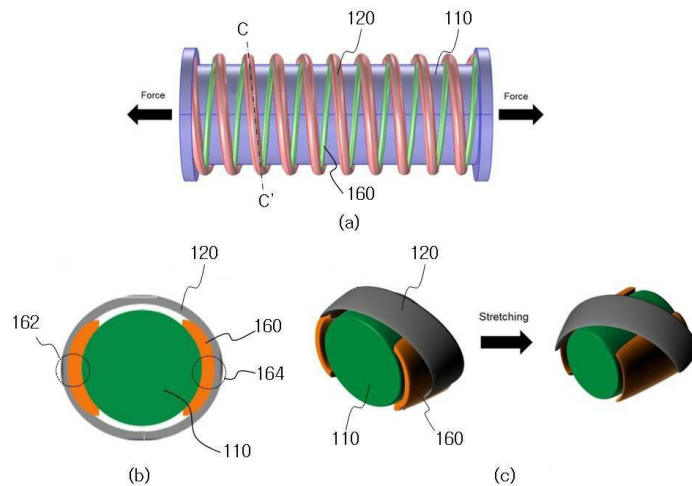
전체 청구항 수 : 총 13 항

(54) 발명의 명칭 전기에너지 발전을 위한 나선형태의 압전구조체

(57) 요약

전기에너지 발전을 위한 나선형태의 압전구조체에 관한 기술이 개시된다. 일 실시 예에 있어서, 상기 전기에너지 발전을 위한 나선형태의 압전구조체는 외력에 의해 변형 가능한 적어도 하나의 섬유, 상기 섬유 위에 나선형으로 배치되며 상기 외력에 의한 상기 섬유의 상기 변형에 의해 변형되어 전기에너지를 생성하는 압전물질, 상기 압전물질의 일면에 배치되는 제1전극 및 상기 압전물질의 타면에 배치되는 제2전극을 포함한다. 상기 압전물질은 상기 섬유의 상기 변형에 의해 비틀리거나 신축되어 상기 전기에너지를 생성한다. 몇몇 다른 실시 예들에 있어서, 상기 전기에너지 발전을 위한 나선형태의 압전구조체는 선택적으로 상기 압전물질의 표면 중 적어도 일부에 배치되는 지지층을 더 포함할 수 있다. 상기 지지층은 상기 섬유의 상기 변형에 의해 변형되는 상기 압전물질의 분극을 향상시킨다.

대표도 - 도5



명세서

청구범위

청구항 1

외력에 의해 변형 가능한 적어도 하나의 섬유;

상기 섬유 위에 나선형으로 배치되며, 상기 외력에 의한 상기 섬유의 상기 변형에 의해 변형되어 전기에너지를 생성하는 압전물질;

상기 압전물질의 일면에 배치되는 제1전극; 및

상기 압전물질의 타면에 배치되는 제2전극을 포함하되,

상기 압전물질은 상기 섬유의 상기 변형에 의해 비틀리거나 신축되어 상기 전기에너지를 생성하는 전기에너지 발전을 위한 나선형태의 압전구조체.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 압전물질의 표면 중 적어도 일부에 배치되는 지지층을 더 포함하되,

상기 지지층은 상기 섬유의 상기 변형에 의해 변형되는 상기 압전물질의 분극을 향상시키는 전기에너지 발전을 위한 나선형태의 압전구조체.

청구항 3

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 섬유와 상기 압전물질 사이에 배치되는 섬유 패치를 더 포함하며, 상기 압전물질은 상기 섬유 패치 위에 배치되되,

상기 압전물질은 복수의 접점들에서 상기 섬유 패치와 접하는 전기에너지 발전을 위한 나선형태의 압전구조체.

청구항 4

제3항에 있어서,

상기 섬유 패치는 상기 섬유 표면에 나선형으로 배치되는 전기에너지 발전을 위한 나선형태의 압전구조체.

청구항 5

제4항에 있어서,

상기 섬유 패치의 피치는 상기 압전물질의 피치와 서로 다른 길이를 가지는 전기에너지 발전을 위한 나선형태의 압전구조체.

청구항 6

제4항에 있어서,

상기 섬유 패치는 상기 압전물질과 서로 다른 회전 방향으로 상기 섬유 표면에 배치되는 전기에너지 발전을 위한 나선형태의 압전구조체.

청구항 7

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 제1전극 및 상기 제2전극과 전기적으로 연결되며, 상기 전기에너지를 저장하는 저장회로를 더 포함하는 전기에너지 발전을 위한 나선형태의 압전구조체.

청구항 8

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 적어도 하나의 섬유는 복수의 섬유들을 포함하며, 상기 복수의 섬유들에 배치되는 상기 압전물질은 상기 섬유의 상기 변형에 의해 변형되어 동일한 극성을 가지는 전기에너지를 생성하며, 상기 복수의 섬유들에 배치되는 상기 압전물질 중 적어도 일부는 서로 전기적으로 직렬 연결되며,

상기 압전물질 중 직렬 연결되는 연속된 2개의 압전물질-이하 제1압전물질 및 제2압전물질이라 함-은 상기 제1 압전물질의 제1전극이 상기 제2압전물질의 제2전극과 전기적으로 연결되어 직렬연결되는 전기에너지 발전을 위한 나선형태의 압전구조체.

청구항 9

제1항 또는 제2항에 있어서,

상기 적어도 하나의 섬유는 복수의 섬유들을 포함하며, 상기 복수의 섬유들에 배치되는 상기 압전물질은 상기 섬유의 상기 변형에 의해 변형되어 서로 다른 극성을 가지는 전기에너지를 생성하는 압전물질을 포함하며, 상기 서로 다른 극성을 가지는 전기에너지를 생성하는 압전물질 중 적어도 일부는 서로 전기적으로 직렬연결되며,

상기 서로 다른 극성을 가지는 전기에너지를 생성하는 압전물질 중 직렬연결되는 연속된 3개의 압전물질-이하 제1압전물질, 제2압전물질 및 제3압전물질이라 하며, 상기 제1압전물질 및 상기 제3압전물질은 상기 제2압전물질과 서로 다른 극성을 가짐-은 상기 제1압전물질의 제1전극이 상기 제2압전물질의 제1전극과 전기적으로 연결되고, 상기 제2압전물질의 제2전극이 상기 제3압전물질의 제2전극과 전기적으로 연결되어 직렬 연결되는 전기에너지 발전을 위한 나선형태의 압전구조체.

청구항 10

나선형상을 가지며 외력에 의하여 변형되어 전기에너지를 생성하는 압전물질;

상기 압전물질의 일면에 배치되는 제1전극; 및

상기 압전물질의 타면에 배치되는 제2전극을 포함하되,

상기 외력은 상기 압전물질의 일단의 상기 압전물질의 타단에 대한 상대적인 변위를 야기하며,

상기 압전물질은 상기 상대적인 변위에 의하여 비틀리거나 신축되어 상기 전기에너지를 생성하는 전기에너지 발전을 위한 나선형태의 압전구조체.

청구항 11

나선형상을 가지며 외력에 의하여 변형되어 전기에너지를 생성하는 압전물질;

상기 압전물질의 일면에 배치되는 제1전극; 및

상기 압전물질의 타면에 배치되는 제2전극을 포함하되,

상기 외력은 상기 압전물질의 일단 및 타단 사이에 위치하는 상기 압전물질의 적어도 일부분에 인가되며,

상기 외력은 상기 압전물질의 상기 적어도 일부분의 상기 압전물질의 상기 일단에 대한 제1 상대적인 변위 또는 상기 압전물질의 상기 적어도 일부분의 상기 압전물질의 상기 타단에 대한 제2 상대적인 변위를 야기하며,

상기 압전물질은 상기 제1 상대적인 변위 또는 상기 제2 상대적인 변위에 의하여 비틀리거나 신축되어 상기 전기에너지를 생성하는 전기에너지 발전을 위한 나선형태의 압전구조체.

청구항 12

제10항 또는 제11항에 있어서,

상기 압전물질의 표면 중 적어도 일부에 배치되는 지지층을 더 포함하되,

상기 지지층은 상기 외력에 의해 변형되는 상기 압전물질의 분극을 향상시키는 전기에너지 발전을 위한 나선형태의 압전구조체.

청구항 13

제10항 또는 제11항에 있어서,

상기 제1전극 및 상기 제2전극과 전기적으로 연결되며, 상기 전기에너지를 저장하는 저장회로를 더 포함하는 전기에너지 발전을 위한 나선형태의 압전구조체.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 명세서는 대체로 압전구조체에 관한 것으로, 보다 구체적으로는 전기에너지 발전을 위한 나선형태의 압전구조체에 관한 것이다. 압전구조체는 섬유 형상의 압전물질, 줄 형상의 압전물질, 끈 형상의 압전물질 등일 수 있다.

[0002] 본 연구는 한국연구재단을 통해 미래창조과학부의 미래유망 융합기술 파이오니어사업으로부터 지원받아 수행되었습니다(과제번호2010-0019313).

배경 기술

[0003] 최근 유비쿼터스 환경 영향 하에 휴대용 전자기기 기술의 비약적 발전에 반하여, 이를 구동하여 주는 전원공급 매체의 더딘 발전속도는 전원공급 기기의 지속적인 교체 필요성과 이에 따른 유지비용의 증가라는 문제를 야기시키며 문제로 지적되고 있다. 따라서 외부전원 또는 교환이 필요한 건전지 등의 사용 없이, 휴대용 전자기기 등에 영구적인 에너지를 공급하기 위하여 에너지 포집(Energy Harvesting) 기술이 필요하다.

[0004] 휴대용 전자기기의 발달과 함께 wearable computer, smart wear 등과 같은 인간의 의복 또는 착용 가능한 전자기기에 대한 수요와 연구가 증가하고 있다. 인체의 움직임에서 발생하는 에너지를 이용한 에너지 포집 기술로 전자기기에 전원공급을 한다면 시간과 공간에 제약을 받지 않는 지속적 에너지 공급원으로서 기존의 전원공급 매체의 문제점을 해결 및 관련 분야의 기술발달에 기여할 수 있다. 또한 의복 또는 착용 가능한 에너지 수확 소자의 경우 착용성이 높고 무의식적인 에너지 수확이 가능하다는 장점이 있다.

[0005] 압전형 에너지 포집 소자는 변형의 크기와 속도 및 면적에 비례하는 출력을 가지고 있으며, 캔틸레버, 나노선, 쌍안경 구조 등 여러 구조를 이용한 소자들이 연구되고 있다. 하지만 인체의 움직임을 이용하여 에너지 포집을 하려는 경우 기계적 진동에 비하여 주파수가 느리고 비주기적인 간헐적인 움직임을 가지므로 출력되는 전압과 전류가 작다. 효율적인 에너지 포집을 위해서는 느린 움직임에서도 높은 출력을 얻을 수 있는 압전 구조체가 필요하다.

[0006] 종래의 압전 구조체는 캔틸레버를 이용한 방식 또는 셸 구조를 응용한 에너지 포집을 실시하는 경우가 있었다. 또한 인체의 착용 가능한 직물형태의 웨이브 구조를 응용한 에너지 포집 소자가 있다. 하지만 에너지 포집 효율이 전기적 장치를 구동시킬 만한 충분한 전력을 생산해내지 못하였고, 인체 부착시 내구성이 약하여 장치가 손상되는 단점이 있다. 본 발명은 나선형 구조를 응용하여 인체 착용시의 움직임에 따른 충격에도 내구성이 뛰어나 쉽게 손상되지 않으며, 같은 면적 대비하여 에너지 포집 효율이 수배 이상 뛰어나다는 장점이 있다. 또한 종래의 압전 구조체의 경우 직물화 하였을 시 장치의 제작이 어려운 단점이 있었으나 나선형의 경우 집적화와 직물화로의 제작과정이 단순하다는 차별성이 있다.

[0007] 압전물질을 이용하여 인체의 움직임에서 발생하는 에너지를 활용한 예가 공개특허 KR 2011-0094675 ‘압전 직물, 및 그를 이용한 마이크로 동력 에너지 수확 시스템’에서 제안된 바 있으나, 인용발명은 압전층, 상기 압전층의 하부에 형성되는 하부 전극층 및 상기 압전층의 상부에 형성되는 상부 전극층으로 구성되는 압전소자의 일반적인 구조를 직물에 단순 적용한 것으로 이를 통해서는 효율적인 에너지 포집이 어렵다. 또한, 나선형(spiral 또는 coiled) 구조를 활용한 압전 에너지 하비스터(harvester)의 예가 공개특허 KR 2011-0026644 ‘압전 에너지 하비스터 소자 및 그 제조방법’에서 제안된 바 있으나, 인용발명은 압전층 및 상기 압전층의 상부 및 하부에 각각 배치되는 도전층을 이용하여 에너지를 생성한다는 점에서 본 명세서의 압전구조체와 공통점이 있다. 하지만, 인용발명은 진동에 의하여 제1전압을 생성하는 압전층과 진동에 의한 자기장의 변화에 의한 전자기 유도를 통한 코일에 발생하는 전류를 통한 제2전압을 생성하여 전기에너지를 생성하는 발명이다. 즉, 인용발명의 나선(spiral 또는 coiled) 형상은 전자기 유도를 위한 부분임에 반하여 본 명세서의 압전구조체는 적어도 일부 표면에 지지층(예로서, 폴리머층)이 형성되어 있고, 섬유에 나선형으로 감긴 압전층을 활용한 발명으로서,

섬유가 인체의 움직임 등에 의하여 변형될 때 같이 변형되고, 폴리머 층에 의하여 길이 변형의 중심이 폴리머 층으로 이동하는 압전물질을 통하여 전기에너지를 생성한다는 점에서 인용발명은 본 명세서에서 개시하는 압전 구조체와 기술 구성 및 과제해결방법이 상이하다.

발명의 내용

[0008] 일 실시 예에 있어서, 전기에너지 발전을 위한 나선형태의 압전구조체가 개시(disclosure)된다. 상기 전기에너지 발전을 위한 나선형태의 압전구조체는 외력에 의해 변형 가능한 적어도 하나의 섬유, 상기 섬유 위에 나선형으로 배치되며 상기 외력에 의한 상기 섬유의 상기 변형에 의해 변형되어 전기에너지를 생성하는 압전물질, 상기 압전물질의 일면에 배치되는 제1전극 및 상기 압전물질의 타면에 배치되는 제2전극을 포함한다. 상기 압전물질은 상기 섬유의 상기 변형에 의해 비틀리거나 신축되어 상기 전기에너지를 생성한다. 몇몇 다른 실시 예들에 있어서, 상기 전기에너지 발전을 위한 나선형태의 압전구조체는 선택적으로 상기 압전물질의 표면 중 적어도 일부에 배치되는 지지층을 더 포함할 수 있다. 상기 지지층은 상기 섬유의 상기 변형에 의해 변형되는 상기 압전물질의 분극을 향상시킨다.

[0009] 다른 실시 예에 있어서, 전기에너지 발전을 위한 나선형태의 압전구조체가 개시된다. 상기 전기에너지 발전을 위한 나선형태의 압전구조체는 나선형상을 가지며 외력에 의하여 변형되어 전기에너지를 생성하는 압전물질, 상기 압전물질의 일면에 배치되는 제1전극 및 상기 압전물질의 타면에 배치되는 제2전극을 포함한다. 상기 외력은 상기 압전물질의 일단의 상기 압전물질의 타단에 대한 상대적인 변위를 야기하며, 상기 압전물질은 상기 상대적인 변위에 의하여 비틀리거나 신축되어 상기 전기에너지를 생성한다.

[0010] 또 다른 실시 예에 있어서, 전기에너지 발전을 위한 나선형태의 압전구조체가 개시된다. 나선형상을 가지며 외력에 의하여 변형되어 전기에너지를 생성하는 압전물질, 상기 압전물질의 일면에 배치되는 제1전극 및 상기 압전물질의 타면에 배치되는 제2전극을 포함한다. 상기 외력은 상기 압전물질의 일단 및 타단 사이에 위치하는 상기 압전물질의 적어도 일부분에 인가되며, 상기 외력은 상기 압전물질의 상기 적어도 일부분의 상기 압전물질의 상기 일단에 대한 제1 상대적인 변위 또는 상기 압전물질의 상기 적어도 일부분의 상기 압전물질의 상기 타단에 대한 제2 상대적인 변위를 야기한다. 상기 압전물질은 상기 제1 상대적인 변위 또는 상기 제2 상대적인 변위에 의하여 비틀리거나 신축되어 상기 전기에너지를 생성한다.

[0011] 전술한 내용은 이후 보다 자세하게 기술되는 사항에 대해 간략화된 형태로 선택적인 개념만을 제공한다. 본 내용은 특허 청구 범위의 주요 특징 또는 필수적 특징을 한정하거나, 특허청구범위의 범위를 제한할 의도로 제공되는 것은 아니다.

도면의 간단한 설명

[0012] 도 1은 압전물질 표면에 배치되는 지지층의 역할을 설명하기 위한 도면이다.

도 2는 일 실시 예에 따른 전기에너지 발전을 위한 나선형태의 압전구조체를 나타내는 도면이다.

도 3은 다른 실시 예에 따른 전기에너지 발전을 위한 나선형태의 압전구조체를 나타내는 도면이다.

도 4는 전기에너지 발전을 위한 나선형태의 압전구조체의 동작을 설명하기 위한 도면이다.

도 5는 외력이 인가될 때 전기에너지 발전을 위한 나선형태의 압전구조체의 변형 모습을 보여주는 도면이다.

도 6은 또 다른 실시 예에 따른 전기에너지 발전을 위한 나선형태의 압전구조체를 나타내는 도면이다.

도 7은 또 다른 실시 예에 따른 전기에너지 발전을 위한 나선형태의 압전구조체를 나타내는 도면이다.

도 8은 나선형태의 압전물질의 비틀림 변형을 설명하기 위한 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0013] 이하, 본 명세서에 개시된 실시 예들을 도면을 참조하여 상세하게 설명하고 자 한다. 본문에서 달리 명시하지 않는 한, 도면의 유사한 참조번호들은 유사한 구성요소들을 나타낸다. 상세한 설명, 도면들 및 청구항들에서 상술하는 예시적인 실시 예들은 한정을 위한 것이 아니며, 다른 실시 예들이 이용될 수 있으며, 여기서 개시되는 기술의 사상이나 범주를 벗어나지 않는 한 다른 변경들도 가능하다. 당업자는 본 개시의 구성요소들, 즉 여기서 일반적으로 기술되고, 도면에 기재되는 구성요소들을 다양하게 다른 구성으로 배열, 구성, 결합, 도안할 수 있으며, 이것들의 모두는 명백하게 고안되어지며, 본 개시의 일부를 형성하고 있음을 용이하게 이해할 수 있을 것

이다. 도면에서 여러 층(또는 막), 영역 및 형상을 명확하게 표현하기 위하여 구성요소의 폭, 길이, 두께 또는 형상 등은 과장되어 표현될 수도 있다.

[0014] 일 구성요소가 다른 구성요소와 "연속된" 이라고 언급되는 경우, 상기 일 구성요소가 상기 다른 구성요소와 직접 연속되는 경우는 물론, 이들 사이에 추가적인 구성요소가 개재되는 경우도 포함할 수 있다.

[0015] 일 구성요소가 다른 구성요소 "에 배치" 이라고 언급되는 경우, 상기 일 구성요소가 상기 다른 구성요소에 직접 배치되는 경우는 물론, 이들 사이에 추가적인 구성요소가 개재되는 경우도 포함할 수 있다.

[0016] 일 구성요소가 다른 구성요소 "일면에 배치" 또는 "타면에 배치"라고 언급되는 경우, 상기 일 구성요소가 상기 다른 구성요소의 일면 또는 타면 전체에 배치되는 경우는 물론, 상기 다른 구성요소의 일면 또는 타면 중 적어도 일부분에 배치되는 경우도 포함할 수 있다.

[0017] 일 구성요소가 다른 구성요소에 "연결되어" 라고 언급되는 경우, 상기 일 구성요소가 상기 다른 구성요소에 직접 연결되는 경우는 물론, 이들 사이에 추가적인 구성요소가 개재되는 경우도 포함할 수 있다. 한편, 구성요소들 간의 관계를 설명하는 다른 표현들, 즉 "~사이에" 와 "바로 ~사이에" 등도 마찬가지로 이해되어야 한다.

[0018] 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한 복수의 표현을 포함하는 것으로 이해되어야 하고, "포함하다" 또는 "가지다" 등의 용어는 실시된 특징, 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 숫자, 단계, 동작, 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.

[0019] 각 단계들에 있어 식별부호(예를 들어, 110, 120, 130, ...)는 설명의 편의를 위하여 사용되는 것으로 식별부호는 각 단계들의 순서를 설명하는 것이 아니며, 각 단계들의 문맥상 명백하게 특정 순서를 기재하지 않은 이상 명기된 순서와 다르게 일어날 수 있다. 즉 단계들은 명기된 순서와 동일하게 일어날 수도 있고 실질적으로 동시에 수행될 수도 있으며 반대의 순서대로 수행될 수도 있다.

[0020] 여기서 사용된 모든 용어들은 다르게 정의되지 않는 한, 개시된 기술이 속하는 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 일반적으로 이해되는 것과 동일한 의미를 가진다. 일반적으로 사용되는 사전에 정의되어 용어들은 관련 기술의 문맥상 가지는 의미와 일치하는 것으로 해석되어야 하며, 본 출원에서 명백하게 정의하지 않는 한 이상적이거나 과도하게 형식적인 의미를 지니는 것으로 해석 될 수 없다.

[0021] 도 1은 전기에너지 발전을 위한 나선형태의 압전물질 표면에 배치되는 지지층의 역할을 설명하기 위한 도면이다. 도 1의 (a)는 압전현상을 설명하기 위한 도면이다. 도 1의 (b)는 지지층의 기능을 설명하기 위한 도면이다. 도 1의 (c)는 외력에 의한 섬유층의 신축에 따른 섬유 상에 나선형태로 배치된 압전물질의 변형을 설명하기 위한 도면이다.

[0022] 도 1의 (a)는 외력에 의한 변형에 의하여 전기에너지를 생성하는 압전물질(120)을 보여준다. 압전물질(120)은 예로서 압전물질 단독으로부터 얻어지는 압전물질, 압전물질 단독으로부터 얻어지는 섬유 형상의 압전물질, 압전물질(piezoelectric material)이 코팅된 섬유 및 이들의 조합 중에서 선택되는 적어도 어느 하나를 포함할 수 있다. 도면에는 압전물질(120)로서 압전물질 단독으로부터 얻어지는 섬유 형상의 압전물질이 예로서 표현되어 있다. 다른 실시 예로서, 도면에 도시된 바와 달리, 압전물질(120)로서 압전물질, 압전물질이 코팅된 일반적인 섬유 또는 압전물질 단독으로부터 얻어지는 섬유 형상의 압전물질과 압전물질이 코팅된 일반적인 섬유가 조합된 섬유 형상의 압전물질이 사용될 수도 있다. 상기 압전물질은 예로서 PVDF(polyvinylidene fluoride), PZT(lead zirconate titanate) 등일 수 있다. 압전물질이 코팅된 상기 섬유는 일반적으로 사용되는 다양한 섬유일 수 있다. 상기의 예시는 이해를 위한 예시로도 상기한 예시 이외에도 다양한 재료가 사용될 수 있다.

[0023] 압전물질(120)은 기계적인 변형에 의하여 전하의 분극 현상이 생성되거나, 반대로 전기장에 의하여 기계적인 변형이 생기는 물질을 말한다. 기계적인 변형에 의하여 전하의 분극 현상이 생성되거나, 반대로 전기장에 의하여 기계적인 변형이 생기는 현상을 압전 효과라고 한다. 즉, 압전 효과가 발생하는 물질이 압전물질(120)이다. 일례로, 도면에 도시된 바와 같이, Z축 방향(또는 도면 상에서 위 방향)의 극성(polarization)을 가지는 압전물질(120)은 외력에 의하여 길이가 신장되면, 상부와 하부에 각각 음의 전하와 양의 전하가 유도되는 전하의 분극현상이 나타난다. 또한, 압전물질(120)이 외력에 의하여 길이가 압축되면 압전물질(120)의 상부와 하부에는 각각 양의 전하와 음의 전하가 유도되는 전하의 분극현상이 나타난다. 즉, 압전물질(120)에 인장과 압축이 반복적으로 가해지는 경우 압전물질(120)에 발생하는 상기 전하의 분극 현상은 극성이 반복적으로 바뀌게 된다. 반복적인 인장과 압축을 통해 압전물질(120)은 교류 전기 신호를 생성할 수 있다.

[0024]

길이의 신장과 압축이 반복되는 물체의 표면에 압전물질(120)을 배치하는 경우에 상기 길이의 변화에 따라 상기 물체의 상기 표면에 배치된 압전물질(120)은 기계적 변형을 겪을 수 있다. 도면에는 압전물질(120)이 배치되는 상기 물체로서 섬유(110)가 예로서 표현되어 있다. 상기 기계적 변형에 의하여 압전물질(120)에는 전하의 분극 현상을 발생될 수 있다. 다시 말하면, 상기 물체의 상기 표면에 압전물질(120)을 배치하고 상기 물체를 반복하여 신장하거나 압축하는 경우, 상기 물체의 상기 표면에 배치된 압전물질(120)은 인장과 압축을 반복적으로 경험하게 된다. 압전물질(120)에 인장과 압축이 반복적으로 가해지는 경우 압전물질(120)에 발생하는 상기 전하의 분극 현상은 극성이 반복적으로 바뀌게 된다. 반복적인 인장과 압축을 통해 압전물질(120)은 교류 전기 신호를 생성할 수 있다.

[0025]

최근에 인체의 움직임에서 발생하는 에너지를 이용하여 휴대용 전자기기 등에 영구적인 에너지를 공급하기 위한 에너지 포집(energy harvesting) 기술에 관한 여러 연구들이 활발히 진행되고 있다. 본 명세서에서는 압전물질(120)을 섬유(110) 위에 나선형으로 배치한 나선형태의 압전구조체를 사용하여 인체의 움직임에서 발생하는 에너지를 포집하는 기술을 개시하고자 한다. 압전물질(120)이 나선형태로 배치된 섬유를 직조하여 직물을 얻을 수 있으며, 상기 직물을 통해서도 인체의 움직임에서 발생하는 에너지를 포집할 수도 있다. 또한, 도 6 및 도 7에 도시된 바와 같이, 나선형상의 압전물질(120) 단독으로도 외력에 의한 변형에 의해 발생하는 에너지를 포집할 수도 있다.

[0026]

도 1의 (b)를 참조하면, 섬유(110) 상에 압전물질(120)을 배치할 경우, 섬유(110) 상에 배치된 압전물질(120)은 외력(F)에 의한 섬유(110)의 변형에 의하여 변형될 수 있다. 이 과정에서 압전물질(120)은 전기에너지를 생성할 수 있다. 일면이 섬유 위에 배치된 압전물질(120)은 상기 외력에 의한 섬유(110)의 신축에 따라 변형된다. 도면에 예로서 도시된 바와 같이, 상기 외력에 의하여 섬유(110)가 압축될 경우 섬유(110)에 접하는 압전물질(120)의 상기 일면은 압축력을 받게 된다. 압전물질(120)의 체적은 일정하게 유지가 되므로, 상기 압축력이 압전물질(120)에 인가되면, 압전물질(120)의 상기 일면에 대응되는 압전물질(120)의 타면은 인장력을 경험하게 된다. 즉, 섬유(110)가 상기 외력에 의하여 압축될 경우 섬유(110)에 접하는 압전물질(120)의 상기 일면에는 압축력이 가해지고, 압전물질(120)의 상기 타면에는 인장력이 가해지게 된다. 압전물질(120)의 상기 일면에서 상기 타면 방향을 기준 방향으로 정하여 볼 때, 압전물질(120)의 체적은 일정하게 유지가 되므로, 압전물질(120)의 상기 일면에 가장 큰 압축력이 가해지고, 압전물질(120)의 상기 타면 방향으로 갈수록 압축력은 줄어든다. 이 과정에서 압전물질(120)의 소정의 위치에서 압축력이 사라지게 되며, 상기 소정의 위치를 지나 압전물질(120)의 상기 타면 방향으로 갈수록 인장력이 가해지게 된다. 압전물질(120)의 길이가 변형되지 아니하는, 즉, 압축력과 인장력이 사라지는 압전물질(120)의 상기 소정의 위치를 중심면(122)이라 하자. 도면에 도시된 바와 같이, 중심면(122)을 중심으로 압전물질(120)은 상부(124)와 하부(126)로 그 영역을 구분할 수 있다. 이 경우, 섬유(110)에 상기 외력으로서 압축력이 가해지면, 섬유(110) 위에 배치된 압전물질(120)의 상부(124)는 길이가 늘어나게 되며, 하부(126)는 길이가 줄어들게 된다. 다른 예로, 도면에 도시된 바와 달리, 섬유(110)에 상기 외력으로서 인장력이 가해지면, 상부(124)는 길이가 줄어들게 되게 되며, 하부(126)는 길이가 늘어나게 된다. 이 경우, 도 1의 (a)와 관련하여 상술한 바와 같이, 상기 인장력 또는 상기 압축력에 의하여 상부(124)와 하부(126)에서 생성되는 전하의 분극 현상은 서로 반대 극성을 가지게 된다. 즉, 중심면(122)을 기준으로 압전물질(120)에 가해지는 스트레스의 방향이 달라지게 된다. 따라서, 압전물질(120)만을 섬유(110)에 배치하는 것만으로 효과적으로 전기에너지를 생성하기 힘들다.

[0027]

효과적으로 전기에너지를 생성하기 위하여 압전물질(120)에 지지층(150)을 배치할 수 있다. 압전물질(120)의 표면에 지지층(150)을 배치할 경우에, 길이가 변형되지 아니하는 중심면(122)이 압전물질(120)의 중심에서 지지층(150) 방향으로 이동하게 된다. 지지층(150)은 압전물질(120)의 상기 표면 중 적어도 일부에 배치될 수도 있다. 일 실시 예로서, 도면에 도시된 바와 같이, 압전물질(120)의 상기 타면에 두께를 가지는 지지층(150)을 배치할 수 있다. 이 경우, 상기 외력에 의하여 섬유(110)가 압축될 경우 섬유(110)에 접하는 압전물질(120)의 상기 일면은 압축력을 받게 된다. 압전물질(120)에 지지층(150)이 배치될 경우 중심면(122)이 지지층(150) 방향으로 이동하므로, 압축력을 받는 압전물질(120)의 영역(126a)이 인장력을 받는 압전물질(120)의 영역(124a) 보다 커지게 된다. 즉, 압전물질(120)의 평균적인 변형은 압축이므로 압전물질(120)의 상기 타단과 상기 일단에는 각각 양의 전하와 음의 전하가 유도되는 전하의 분극현상이 나타난다.

[0028]

다른 예로, 도면에 도시된 바와 달리, 상기 외력에 의하여 섬유(110)가 신장될 경우 섬유(110)에 접하는 압전물질(120)의 상기 일면은 인장력을 받게 된다. 압전물질(120)에 지지층(150)이 배치될 경우 중심면(122)이 지지층(150) 방향으로 이동하므로, 인장력을 받는 압전물질(120)의 영역(126a)이 압축력을 받는 압전물질(120)의 영역(124a) 보다 커지게 된다. 즉, 압전물질(120)의 평균적인 변형은 신장이므로 압전물질(120)의 상기 타단과 상기

일단에는 각각 음의 전하와 양의 전하가 유도되는 전하의 분극현상이 나타난다. 즉, 압전물질(120)에 인장력과 압축력이 반복적으로 가해지는 경우 압전물질(120)에 발생하는 상기 전하의 분극 현상은 극성이 반복적으로 바뀌게 된다. 반복적인 인장과 압축을 통해 압전물질(120)은 교류 전기 신호를 생성할 수 있다.

[0029]

다른 실시 예로서, 도면에 도시된 바와 달리, 두께를 가지는 지지층(150)은 압전물질(120)의 상기 일면에 배치될 수도 있다. 이 경우, 상기 외력에 의하여 섬유(110)가 압축될 경우 섬유(110)에 접하는 압전물질(120)의 상기 일면은 압축력을 받게 된다. 압전물질(120)에 지지층(150)이 배치될 경우 중심면(122)이 지지층(150) 방향으로 이동하므로, 압축력을 받는 압전물질(120)의 영역(126a)이 인장력을 받는 압전물질(120)의 영역(124a)보다 작아지게 된다. 즉, 압전물질(120)의 평균적인 변형은 신장이므로 압전물질(120)의 상기 타단과 상기 일단에는 각각 음의 전하와 양의 전하가 유도되는 전하의 분극현상이 나타난다.

[0030]

다른 예로, 도면에 도시된 바와 달리, 상기 외력에 의하여 섬유(110)가 신장될 경우 섬유(110)에 접하는 압전물질(120)의 상기 일면은 인장력을 받게 된다. 압전물질(120)에 지지층(150)이 배치될 경우 중심면(122)이 지지층(150) 방향으로 이동하므로, 인장력을 받는 압전물질(120)의 영역(126a)이 압축력을 받는 압전물질(120)의 영역(124a)보다 작아지게 된다. 즉, 압전물질(120)의 평균적인 변형은 압축이므로 압전물질(120)의 상기 타단과 상기 일단에는 각각 양의 전하와 음의 전하가 유도되는 전하의 분극현상이 나타난다. 즉, 압전물질(120)에 인장력과 압축력이 반복적으로 가해지는 경우 압전물질(120)에 발생하는 상기 전하의 분극 현상은 극성이 반복적으로 바뀌게 된다. 반복적인 인장과 압축을 통해 압전물질(120)은 교류 전기 신호를 생성할 수 있다.

[0031]

도면에는 압전물질(120)의 상기 일면에서 압전물질의 상기 타면 방향으로 극성을 가지는 압전물질(120)이 예로서 표현되어 있다. 다른 예로, 도면에 도시된 바와 달리, 압전물질(120)은 다양한 방향으로 극성을 가질 수 있다. 지지층(150)이 압전물질(120)의 중심면(122)을 지지층(150) 방향으로 이동하여 상기 외력에 의하여 압전물질(120)의 효과적으로 전기에너지를 생성해 내는 한 압전물질(120)의 극성 방향에는 그 제한이 없다. 또한, 도면에는 압전물질(120)의 상기 타면에 배치된 지지층(150)이 예로서 표현되어 있다. 다른 예로, 도면에 도시된 바와 달리, 지지층(150)은 상술한 기능을 수행할 수 있는 한 압전물질(120)의 임의의 위치에, 임의의 면적으로, 임의의 두께로 배치될 수 있다.

[0032]

지지층(150)으로서 다양한 종류의 재료가 사용될 수 있다. 지지층(150)의 재료는 예로서 폴리머일 수 있다. 지지층(150)은 일례로 폴리에스터 필름일 수 있다. 상기의 예시는 이해를 위한 예시로도 상기한 예시 이외에도 다양한 재료가 사용될 수 있다. 압전물질(120)의 중심면(122)을 지지층(150) 방향으로 이동할 수 있는 한 지지층(150)의 재료에는 제한이 없다.

[0033]

도 1의 (c)를 참조하면, 압전물질(120)은 섬유(110) 상에 나선형으로 배치될 수 있다. 섬유(110) 상에 나선형으로 배치된 압전물질(120)은 외력(F)에 의한 섬유(110)의 변형에 의하여 변형될 수 있다. 압전물질(120)은 도 1의 (b)와 관련하여 상술한 바와 같은 방식으로 신축 변형될 수 있다. 또한, 압전물질(120)은 도 1의 (c)에서 도시된 바와 같이 섬유(110) 상에 나선형으로 배치되어 있어 외력에 의한 섬유(110)의 변형에 의하여 비틀리면서 변형될 수도 있다. 다시 말하면, 섬유(110) 상에 나선형으로 배치된 압전물질(120)은 외력에 의한 섬유(110)의 변형에 의해 신축 변형될 뿐만 아니라 비틀림 변형될 수 있다. 이를 통하여 압전물질(120)은 섬유(110)에 가해지는 상기 외력으로부터 효과적으로 전기에너지를 생성할 수 있다. 도 1의 (c)에는 섬유(110) 상에 나선형으로 배치되는 압전물질(120)로서 섬유 패치(160) 상에 배치된 압전물질(120)이 예로서 표현되어 있다. 다른 예로, 도면에 도시된 바와 달리, 압전물질(120)은 섬유 패치(160)를 거치지 않고 섬유(110) 위에 나선형으로 배치될 수도 있다. 일 실시 예에 있어서, 도면에 도시된 바와 달리, 압전물질(120)의 표면 중 적어도 일부에 지지층(150)이 배치될 수도 있다. 지지층(150)은 도 1의 (b)와 관련하여 상술한 바와 같이, 외력에 의한 섬유(110)의 신축에 의해 변형되는 압전물질(120)의 분극을 향상시킨다. 지지층(150)을 통하여 압전물질(120)은 섬유(110)에 가해지는 상기 외력으로부터 보다 더 효과적으로 전기에너지를 생성할 수 있다. 본 명세서에서 개시하는 나선형의 압전구조체가 포함하는 섬유 형상의 상기 압전물질은 필요한 용도에 따라 다양한 굵기를 가질 수 있다. 일례로, 본 명세서에서 개시하는 나선 형태의 압전구조체를 활용하여 전기에너지 발전을 위한 섬유 형상의 나선형 압전구조체를 만들거나, 본 명세서에서 개시하는 나선 형태의 압전구조체를 직조하여 전기에너지 발전을 위한 직물 형상의 나선형 압전구조체를 만들 수 있다. 다른 예로, 본 명세서에서 개시하는 나선 형태의 압전구조체를 단독으로 활용하여 전기에너지 발전을 위한 나선형 압전구조체를 만들 수도 있다. 이 경우, 전기에너지 발전을 위한 섬유 또는 직물 형상의 나선형 압전구조체에 포함되는 섬유 형상의 상기 압전물질의 단면적은 전기에너지 발전을 위해 단독으로 사용되는 나선형 압전구조체에 포함되는 섬유 형상의 상기 압전물질의 단면적 보다 작을 수 있다.

- [0034] 간결하게 기술하기 위하여, 이하에서는 압전물질(120)로서 압전물질 단독으로부터 얻어지는 압전물질을 사용하여 설명하기로 한다. 또한, 지지층(150)으로서 압전물질(120)의 상기 타면에 배치된 지지층(150)을 사용하여 설명하기로 한다. 하지만, 이러한 설명이 압전물질(120) 또는 지지층(150)을 특정한 유형들에 한정하는 것은 아니다.
- [0035] 도 2는 일 실시 예에 따른 전기에너지 발전을 위한 나선형태의 압전구조체를 나타내는 도면이다. 도 2의 (a)는 전기에너지 발전을 위한 나선형태의 압전구조체(100)의 개념도이며, (b)는 A-A' 선을 기준으로 한 단면도이다.
- [0036] 도 2를 참조하면, 전기에너지 발전을 위한 나선형태의 압전구조체(100)는 적어도 하나의 섬유(110), 압전물질(120), 제1전극(130) 및 제2전극(140)을 포함한다. 몇몇 다른 실시 예들에 있어서, 나선형태의 압전구조체(100)는 선택적으로(optionally) 지지층(150)을 더 포함할 수 있다. 몇몇 또 다른 실시 예들에 있어서, 나선형태의 압전구조체(100)는 선택적으로 저장회로(170)를 더 포함할 수 있다.
- [0037] 적어도 하나의 섬유(110)는 외력에 의해 변형 가능하다. 일례로, 섬유(110)의 길이방향을 축방향이라 할 경우, 상기 외력이 섬유(110)의 상기 축방향으로 가해질 경우 상기 외력에 의한 섬유(110)의 변형은 섬유(110)의 신축의 형태로 나타날 수 있다. 이 경우, 섬유(110) 위에 배치된 나선형태로 배치된 압전물질(120)은 신축 변형되거나 비틀림 변형될 수 있다. 다른 예로, 상기 외력이 섬유(110)의 상기 축방향과 소정의 각도를 가지고 가해질 경우 섬유(110)의 변형은 섬유(110)의 비틀림의 형태로 나타날 수도 있다. 이 경우, 섬유(110) 위에 배치된 압전물질(120)은 신축 변형되거나 비틀림 변형될 수 있다.
- [0038] 섬유(110)로서 다양한 종류의 섬유가 사용될 수 있다. 섬유(110)는 그 생성과정에 따라 천연섬유와 인조섬유로 나누어질 수 있다. 또한, 섬유(110)는 형태에 따라 단섬유(staple)와 장섬유(또는 사상체, filament)로 나뉘어질 수 있다. 본 명세서에서 언급되는 섬유(110)는 단섬유 또는 장섬유 단독으로 형성되거나 복수의 단섬유 또는 장섬유를 서로 꼬거나 병렬 배치하여 얻어질 수 있다. 천연섬유는 예로서 식물섬유, 동물섬유 또는 광물섬유일 수 있다. 식물섬유는 면섬유, 마섬유 등을 포함한다. 식물섬유는 예로서 면화(cotton), 코이어(coir), 아마, 모시풀, 황마, 삼 등일 수 있다. 동물섬유는 견섬유, 모섬유 등을 포함한다. 동물섬유는 예로서 양모, 산양모, 낙타털, 캐시미어 등일 수 있다. 광물섬유는 예로서 석면일 수 있다. 인조섬유는 예로서 재생섬유, 합성섬유, 무기섬유일 수 있다. 또한, 인조섬유는 예로서 무기섬유 또는 유기섬유일 수 있다. 재생섬유는 레이온, 아세테이트 등을 포함한다. 합성섬유는 나일론, 폴리에스테르, 아크릴, 폴리비닐알코올, 폴리염화비닐 폴리에틸렌, 폴리프로필렌, 폴리우레탄 등을 포함한다. 무기섬유는 예로서 금속섬유, 유리섬유 등일 수 있다. 유기섬유는 예로서 합성섬유일 수 있다. 상기 합성섬유는 예로서 폴리아마이드계 섬유, 아크릴계 섬유 또는 폴리에스터계 섬유일 수 있다. 또한, 섬유(110)는 서로 다른 내경과 외경을 가지는 튜브 형상을 가질 수 있다. 서로 다른 내경과 외경을 가지는 상기 튜브 형상을 가지는 섬유(110)는 예로서 실리콘 튜브일 수 있다. 상기의 예시는 이해를 위한 예시로서 이외에도 상기 외력에 의하여 신축되거나 뒤틀리는 등으로 변형되어 표면에 배치되는 압전물질(120)을 변형할 수 있는 한 다양한 소재의 섬유가 섬유(110)로서 사용될 수 있다.
- [0039] 압전물질(120)은 섬유(110) 위에 나선형태로 배치된다. 도면에는 원형의 나선형상을 가지는 압전물질(120)이 예로서 표현되어 있다. 다른 예로, 도면에 도시된 바와 달리, 압전물질(120)의 나선형상은 원형, 다각형 및 이들의 조합에서 선택되는 어느 한 형상을 가질 수도 있다. 또한, 도면에는 섬유(110) 위에 나선형태로 배치되는 압전물질(120)은 상기 외력에 의한 섬유(110)의 상기 변형에 의해 변형되어 전기에너지를 생성한다. 일례로, 섬유(110) 위에 나선형태로 배치되는 압전물질(120)은 섬유(110)의 상기 변형에 의해 신축되어 상기 전기에너지를 생성할 수 있다. 상기 외력에 의한 섬유(110)의 신축에 의해 변형되는 압전물질(120)의 기능, 구조, 특성 등은 도 1과 관련하여 상술한 바, 이에 대한 상세한 설명은 설명의 편의상 생략하기로 한다. 다른 예로, 섬유(110) 위에 나선형태로 배치되는 압전물질(120)은 섬유(110)의 상기 변형에 의해 비틀려 상기 전기에너지를 생성할 수 있다. 압전물질(120)의 상기 비틀림 변형은 섬유(110)의 상기 신축에 의하여 발생될 수도 있으며, 섬유(110)의 뒤틀림 변형에 의하여도 발생될 수 있다. 압전물질(120)의 상기 비틀림 변형은 도 8에 대한 상세한 설명에서 자세히 설명하기로 한다.
- [0040] 제1전극(130)은 압전물질(120)의 일면에 배치되며, 제2전극(140)은 압전물질의 타면에 배치된다. 제1전극(130)과 제2전극(140)은 상기 외력에 의한 섬유(110)의 변형에 의한 변형으로부터 압전물질(120)에 의해 생성되는 상기 전기에너지를 외부회로에 제공하는 기능을 수행할 수 있다. 일 실시 예로서, 제1전극(130)과 제2전극(140)은 압전물질(120)에 의해 생성되는 상기 전기에너지를 저장회로(170)에 제공할 수 있다. 제1전극(130) 및 제2전극(140)으로서 다양한 전도성 재료가 사용될 수 있다. 상기 전도성 재료는 예로서 금속, 전도성 폴리머 등일 수 있다. 제1전극(130)과 제2전극(140)은 압전물질(120)에 의해 생성되는 상기 전기에너지를 상기 외부회로에 제공

할 수 있는 한 다양한 형태로 압전물질(120) 표면에 배치될 수 있다.

[0041]

지지층(150)은 압전물질(120)의 표면 중 적어도 일부에 배치된다. 지지층(150)은 상기 외력에 의한 섬유(110)의 상기 변형에 의해 변형되는 압전물질(120)의 분극을 향상시킨다. 도면에는 지지층(150)으로서 압전물질(120)의 상기 타면에 전체에 배치된 지지층(150)이 예로서 표현되어 있다. 다른 예로, 도면에 도시된 바와 달리, 지지층(150)은 압전물질(120)의 상기 일면에 배치될 수도 있다. 또 다른 예로, 도면에 도시된 바와 달리, 지지층(150)은 압전물질(120)의 상기 타면의 일부에만 배치될 수도 있다. 다시 말하면, 도 1과 관련하여 상술한 지지층(150)의 기능을 수행할 수 있는 한 지지층(150)은 압전물질(120)의 표면 중 적어도 일부에 배치될 수 있으며, 이 경우 지지층(150)이 배치되는 위치에는 제한이 없다. 지지층(150)의 기능, 구조, 특성 등은 도 1과 관련하여 상술한 바, 이에 대한 상세한 설명은 설명의 편의상 생략한다.

[0042]

저장회로(170)는 제1전극(130) 및 제2전극(140)과 전기적으로 연결될 수 있다. 저장회로(170)는 압전물질(120)이 생성하는 상기 전기에너지를 저장한다. 도면에는 저장회로(170)로서 제1입력단자(172) 및 제2입력단자(174)를 포함하는 저장회로(170)가 예로서 표현되어 있다. 저장회로(170)는 예로서 압전물질(120)에 의하여 생성되는 전류를 수신하는 적어도 하나의 다이오드(미도시) 및 상기 다이오드로부터 출력되는 전류를 저장하는 적어도 하나의 축전기(미도시)를 포함할 수 있다. 상기 다이오드는 압전물질(120)이 생성하는 상기 교류 전기 신호를 정류하여 상기 축전기에 제공하며, 상기 축전기는 정류된 전기 신호로부터 전기에너지를 저장할 수 있다. 몇몇 다른 실시 예들에 있어서, 전기에너지를 이용하는 무선 센서 네트워크 등과 같은 회로에서 교류 전기 신호를 직접 이용하는 경우에는 상기 축전기는 생략될 수 있다.

[0043]

도 2를 다시 참조하면, 전기에너지 발전을 위한 나선형태의 압전구조체(100)는 외력에 의해 변형 가능한 적어도 하나의 섬유(110) 위에 나선형으로 배치되는 압전물질(120)을 통하여 구현될 수 있다. 섬유(110)가 외력에 의하여 변형될 경우 섬유(110) 위에 나선형으로 배치되는 압전물질(120)은 섬유(110)의 변형에 의하여 변형되어 전기에너지를 생성할 수 있다. 이 경우, 압전물질(120)은 섬유(110) 위에 나선형으로 배치되어 있어 섬유(110)의 상기 변형에 의하여 신축 변형되거나, 비틀림 변형될 수 있다. 이하 섬유(110)의 상기 변형에 의하여 신축 변형되는 압전물질(120) 부분에 대하여 부연 설명하기로 한다. 섬유(110) 위에 압전물질(120)만을 배치할 경우 섬유(110)에 가해지는 외력에 의해 압전물질(120)은 신축 변형될 수 있다. 이 경우, 압전물질(120)의 체적은 일정하게 유지되므로 도 1과 관련하여 상술한 바와 같이, 섬유(110)에 접하는 압전물질(120)의 일면과 압전물질(120)의 타면은 서로 다른 힘을 받게 된다. 즉, 중심면(122)을 중심으로 압전물질(120)의 상부(124)와 하부(126)는 서로 반대방향의 스트레스(stress)를 경험하게 된다. 따라서, 섬유(110)에 가해지는 상기 외력에 의하여 압전물질(120)의 상부(124)와 하부(126)에서 생성되는 평균적인 전하의 분극 현상은 서로 반대 극성을 가지게 된다. 반대 극성을 가지는 전하의 분극 현상은 서로 상쇄되어 섬유(110)의 상기 변형에 의하여 신축 변형되는 압전물질(120)의 부분이 생성하는 전기에너지는 그 세기가 줄어들게 된다. 따라서, 압전물질(120)만을 섬유(110)에 단순히 배치하는 것만으로는 섬유(110)의 상기 변형에 의하여 신축 변형되는 압전물질(120)의 부분에서 효과적으로 전기에너지를 생성하기 힘들다. 도 1의 (c)와 관련하여 상술한 바와 같이, 효과적인 전기에너지 생성을 위하여 본 명세서에서 개시하는 전기에너지 발전을 위한 나선형태의 압전구조체(100)는 섬유(110)의 상기 변형에 의하여 신축 변형되거나, 비틀림 변형될 수 있도록 섬유(110)에 나선형으로 배치된 압전물질(120)을 포함한다. 다른 예로, 도 1의 (b)와 관련하여 상술한 바와 같이, 효과적인 전기에너지 생성을 위하여 본 명세서에서 개시하는 전기에너지 발전을 위한 나선형태의 압전구조체(100)는 압전물질(120)의 표면 중 적어도 일부에 배치되는 지지층(150)을 포함할 수 있다. 지지층(150)이 배치된 압전구조체(100)의 경우, 도 1과 관련하여 상술한 바와 같이, 중심면(122)이 지지층(150) 방향으로 이동하게 된다. 따라서, 도 1과 관련하여 상술한 바와 같이, 압전물질(120)에 배치되는 지지층(150)의 두께, 위치, 면적 등을 조절하면 섬유(110)에 가해지는 상기 외력에 의하여 나선형태의 압전구조체(110)은 효과적으로 전기에너지를 생성할 수 있다. 다시 말하면, 압전물질(120)의 표면 중 적어도 일부에 배치되는 지지층(150)을 통하여 섬유(110)의 상기 변형에 의하여 신축 변형되는 압전물질(120)의 부분은 효과적으로 전기에너지를 생성할 수 있다.

[0044]

도 2를 또 다시 참조하면, 도면에는 전기에너지 발전을 위한 나선형태의 압전구조체(100)로서 외력에 의해 변형 가능한 섬유(110) 위에 나선형으로 배치되는 압전물질(120)이 예로서 표현되어 있다. 도면에 도시된 바와 달리, 전기에너지 발전을 위한 나선형태의 압전구조체(100)는 적어도 하나의 섬유(110)를 포함할 수 있다. 이 경우, 적어도 하나의 섬유(110)은 복수의 섬유들(미도시)을 포함할 수 있다. 상기 복수의 섬유들에는 압전물질(120)이 배치될 수 있다. 상기 복수의 섬유들(미도시)은 직조되어 직물을 형성할 수 있다. 상기 직물은 서로 이격되어 배치되는 복수의 압전구조체(100)들을 포함할 수 있고, 서로 교차되어 배치되는 복수의 압전구조체(100)를 포함할 수도 있다.

- [0045] 일 실시 예에 있어서, 상기 복수의 섬유들에 배치되는 압전물질(120)은 상기 복수의 섬유들의 변형에 의해 변형되어 동일한 극성을 가지는 전기에너지를 생성할 수 있다. 이 경우, 상기 복수의 섬유들에 배치되는 압전물질(120) 중 적어도 일부분은 서로 전기적으로 직렬 연결될 수 있다. 상기 복수의 섬유들에 배치되는 압전물질(120) 중 직렬 연결되는 연속된 2개의 압전물질을 각각 제1압전물질 및 제2압전물질이라 하자. 일례로, 상기 복수의 섬유들에 배치되는 압전물질(120) 중 상기 적어도 일부분은 상기 제1압전물질의 제1전극이 상기 제2압전물질의 제2전극과 전기적으로 연결되어 직렬 연결될 수 있다. 이 경우, 압전물질(120)의 제1전극과 제2전극은 저장회로(170)의 제1입력단자와 제2입력단자와 전기적으로 연결될 수 있다. 이를 통하여 저장회로는 압전물질(120)들이 생성하는 상기 전기에너지를 저장할 수 있다. 또한, 상기 복수의 섬유들에 배치되는 압전물질(120) 중 상기 적어도 일부분은 전기적으로 병렬 연결될 수 있다. 일례로, 압전물질(120)의 제1전극(130)을 서로 전기적으로 연결하고, 제2전극(140)을 서로 전기적으로 연결하여 서로 전기적으로 병렬 연결된 전기에너지 발전을 위한 나선형태의 압전구조체(100)를 얻을 수 있다. 이 경우, 제1전극(130)과 제2전극(140)은 저장회로의 제1입력단자와 제2입력단자와 전기적으로 연결될 수 있다. 이를 통하여 저장회로는 압전물질(120)들이 생성하는 상기 전기에너지를 저장할 수 있다.
- [0046] 다른 실시 예에 있어서, 상기 복수의 섬유들에 배치되는 압전물질(120)은 상기 복수의 섬유들의 변형에 의해 변형되어 서로 다른 극성을 가지는 전기에너지를 생성할 수 있다. 이 경우, 상기 복수의 섬유들에 배치되는 서로 다른 극성을 가지는 전기에너지를 생성하는 압전물질(120) 중 적어도 일부분은 서로 전기적으로 직렬 연결될 수 있다. 상기 복수의 섬유들에 배치되는 압전물질(120) 중 직렬 연결되는 연속된 3개의 압전물질을 각각 제3압전물질, 제4압전물질 및 제5압전물질이라 하자. 상기 제3압전물질 및 상기 제5압전물질은 상기 제4압전물질과 서로 다른 극성을 가진다. 일례로, 상기 복수의 섬유들에 배치되는 서로 다른 극성을 가지는 전기에너지를 생성하는 압전물질(120) 중 서로 전기적으로 직렬 연결되는 압전물질은 상기 제3압전물질의 제1전극이 상기 제4압전물질의 제1전극과 전기적으로 연결되고, 상기 제4압전물질의 제2전극이 상기 제5압전물질의 제2전극과 전기적으로 연결되어 직렬 연결될 수 있다. 이 경우, 직렬 연결된 복수의 압전물질(120)들 중 일단의 압전물질의 제1전극(130) 또는 제2전극(140)과 타단의 압전물질의 제1전극(130) 또는 제2전극(140)을 저장회로(170)의 서로 다른 입력단자에 전기적으로 연결하여 직렬 연결된 복수의 압전물질(120)들로부터 생성되는 전기에너지를 저장할 수 있다.
- [0047] 또한, 상기 복수의 섬유들에 배치되는 서로 다른 극성을 가지는 전기에너지를 생성하는 압전물질(120) 중 적어도 일부분은 서로 전기적으로 병렬 연결될 수도 있다. 상기 복수의 섬유들에 배치되는 압전물질(120) 중 병렬 연결되는 연속된 2개의 압전물질을 각각 제6압전물질 및 제7압전물질이라 하자. 상기 제6압전물질 및 상기 제7압전물질은 서로 다른 극성을 가진다. 일례로, 상기 복수의 섬유들에 배치되는 서로 다른 극성을 가지는 전기에너지를 생성하는 압전물질(120) 중 서로 전기적으로 병렬 연결되는 압전물질은 상기 제6압전물질의 제1전극을 상기 제7압전물질의 제2전극과 전기적으로 연결하고, 상기 제7압전물질의 제2전극을 상기 제6압전물질의 제1전극과 전기적으로 연결하여 서로 전기적으로 병렬 연결되어 병렬 연결될 수 있다. 이 경우, 상기 제6압전구조체의 제1전극 및 제2전극은 각각 저장회로(170)의 제1입력단자(172) 및 제2입력단자(174)와 전기적으로 연결될 수 있다. 이를 통하여 저장회로(170)는 압전물질(120)들이 생성하는 전기에너지를 저장할 수 있다.
- [0048] 도 3은 다른 실시 예에 따른 전기에너지 발전을 위한 나선형태의 압전구조체를 나타내는 도면이다. 도 3의 (a)는 전기에너지 발전을 위한 나선형태의 압전구조체(200)의 개념도이며, (b)는 B-B' 선을 기준으로 한 단면도이다.
- [0049] 도 3을 참조하면, 전기에너지 발전을 위한 나선형태의 압전구조체(200)는 적어도 하나의 섬유(110), 압전물질(120), 제1전극(130) 및 제2전극(140)을 포함한다. 몇몇 다른 실시 예들에 있어서, 나선형태의 압전구조체(200)는 선택적으로 지지층(150)을 더 포함할 수 있다. 몇몇 또 다른 실시 예들에 있어서, 나선형태의 압전구조체(200)는 선택적으로 섬유 패치(160)를 더 포함할 수 있다. 몇몇 또 다른 실시 예들에 있어서, 나선형태의 압전구조체(200)는 선택적으로 저장회로(170)를 더 포함할 수 있다.
- [0050] 섬유 패치(160)는 섬유(110)와 압전물질(120) 사이에 배치된다. 압전물질(120)은 섬유 패치(160) 위에 배치된다. 이 경우, 압전물질(120)은 복수의 점점들(162, 164)에서 섬유 패치(160)와 접한다. 일 실시 예에 있어서, 섬유 패치(160)는 섬유(110) 표면에 나선형으로 배치될 수 있다. 이 경우, 압전물질(120)은 섬유 패치(160) 위에 배치되며, 복수의 점점들(162, 164)에서 섬유 패치(160)와 접할 수 있다. 도면에는 섬유 패치(160)로서 압전물질(120)과 서로 다른 회전 방향으로 나선형으로 섬유(110) 표면에 배치된 섬유 패치(160)가 예로서 표현되어 있다. 다른 예로, 도면에 도시된 바와 달리, 섬유 패치(160)는 압전물질(120)과 같은 회전 방향으로 섬유(110) 표면에 배치될 수 있다. 또한, 도면에는 섬유 패치(160)로서 압전물질(120)의 피치(L1)와 동일한 피

치(L2)를 가지는 섬유 패치(160)이 예로서 표현되어 있다. 다른 예로, 도면에 도시된 바와 달리, 섬유 패치(160)의 피치(L2)는 압전물질(120)의 피치(L1)과 서로 다른 길이를 가질 수도 있다. 다른 실시 예에 있어서, 도면에 도시된 바와 달리, 섬유 패치(160)는 섬유(110) 표면에 다양한 형태로 배치될 수 있다. 예로서, 섬유 패치(160)는 섬유(110) 표면에 선형(미도시) 또는 서로 이격되어 배치되는 복수의 돌기형상(미도시) 등으로 배치될 수도 있다. 섬유(110)와 압전물질(120) 사이에 배치되어 압전물질(120)과 복수의 접점들에서 만나는 한 섬유 패치(160)의 형상, 위치 등에는 제한이 없다.

[0051]

섬유 패치(160) 위에 배치되는 압전물질(120)은 상기 외력에 의한 섬유(110)의 변형에 의해 변형되어 전기에너지를 생성할 수 있다. 섬유 패치(160) 위에 배치되는 압전물질(120)은 크게 두 가지 영역으로 구분할 수 있다. 즉, 압전물질(120)은 섬유 패치(160)와 복수의 접점들(162, 164)에서 접하는 제1영역(120a) 및 섬유 패치(160)와 접하지 않으며 섬유(110)와 이격되어 배치되는 제2영역(120b)으로 구분할 수 있다. 제1영역(120a)과 제2영역(120b)은 상기 외력에 의한 섬유(110)의 변형에 의해 변형되어 전기에너지를 생성할 수 있다. 제1영역(120a)은 도 1 및 도 2와 관련하여 상술한 과정과 실질적으로 동일한 과정으로 상기 외력에 의한 섬유(110)의 변형에 의해 변형되어 전기에너지를 생성할 수 있다. 이에 대한 상세한 설명은 설명의 편의상 생략하기로 한다. 상기 외력에 의한 섬유(110)의 변형에 의해 압전물질(120)의 제2영역(120b)이 전기에너지를 생성하는 과정은 다음과 같다. 상기 외력이 섬유(110)에 작용하면 섬유(110)는 가해지는 상기 외력의 방향에 따라 신장 또는 압축되어 변형된다. 또한, 상기 외력이 섬유(110)에 작용하면 섬유(110)는 가해지는 외력의 방향에 따라 비틀려 변형될 수 있다. 이 경우, 상기 외력에 따른 섬유(110)의 변형은 복수의 접점들(162, 164)을 통하여 압전물질(120)의 제2영역(120b)에 가해지는 외력 형태의 변형력으로 변환되어 작용할 수 있다. 즉, 압전물질(120)의 제1영역(120a)의 변형은 상기 외력에 의한 섬유(110)의 변형이 섬유 패치(160)의 변형을 야기하고, 섬유 패치(160)의 상기 변형은 섬유 패치(160)와 접하는 제1영역(120a)의 일면의 변형을 야기하는 과정으로 진행된다. 이 경우, 변형 전후의 압전물질(120)의 체적은 동일하므로 제1영역(120a)의 타면은 제1영역(120a)의 상기 일면과 다른 방향의 변형이 발생한 앞서 상술한 내용과 같다. 물론 이 경우, 제1영역(120a)에서 비틀림 변형도 발생한다. 또한, 지지층(150)이 중심면(122)을 지지층(150) 방향으로 이동시켜 전기에너지를 효과적으로 생성할 수 있음도 앞서 상술한 내용과 같다. 한편, 압전물질(120)의 제2영역(120b)의 변형은 복수의 접점들(162, 164)에 가해지는 외력 형태의 상기 변형력에 기인한 것으로 이해될 수 있다. 이 경우, 복수의 접점들(162, 164)의 위치나 압전물질(120)의 피치 간격 또는 나선형 압전물질(120)의 나선 각도 등을 조절함으로써 외력 형태의 상기 변형력에 의해 변형되는 제2영역(120b)의 길이, 면적 또는 비틀림 정도 등을 조절할 수 있다. 또한, 압전물질(120)의 나선 방향과 섬유 패치(160)의 나선 방향을 서로 같은 방향으로 하거나 서로 반대 방향으로 정할 수 있다. 이 경우, 압전물질(120)과 섬유 패치(160)의 피치 간격 또는 나선 각도 등의 조절을 통하여 외력 형태의 상기 변형력에 의해 변형되는 제2영역(120b)의 길이, 면적 또는 비틀림 정도 등을 조절할 수도 있다. 이를 통하여 본 명세서의 전기에너지 발전을 위한 나선형태의 압전구조체(200)는 전기에너지를 효과적으로 생성할 수 있다.

[0052]

도 3을 다시 참조하면, 도면에는 전기에너지 발전을 위한 나선형태의 압전구조체(200)로서 외력에 의해 변형 가능한 섬유(110) 위에 나선형으로 배치되는 압전물질(120) 및 섬유(110)와 압전물질(120) 사이에 배치되는 섬유 패치(160)가 예로서 표현되어 있다. 도면에 도시된 바와 달리, 전기에너지 발전을 위한 나선형태의 압전구조체(200)는 적어도 하나의 섬유(110)를 포함할 수 있다. 이 경우, 적어도 하나의 섬유(110)은 복수의 섬유들(미도시)을 포함할 수 있다. 상기 복수의 섬유들에는 압전물질(120)이 배치될 수 있다.

[0053]

일 실시 예에 있어서, 상기 복수의 섬유들에 배치되는 압전물질(120)은 상기 복수의 섬유들의 변형에 의해 변형되어 동일한 극성을 가지는 전기에너지를 생성할 수 있다. 이 경우, 상기 복수의 섬유들에 배치되는 압전물질(120) 중 적어도 일부는 서로 전기적으로 직렬 연결될 수 있다. 또한, 상기 복수의 섬유들에 배치되는 압전물질(120) 중 상기 적어도 일부는 전기적으로 병렬 연결될 수 있다.

[0054]

다른 실시 예에 있어서, 상기 복수의 섬유들에 배치되는 압전물질(120)은 상기 복수의 섬유들의 변형에 의해 변형되어 서로 다른 극성을 가지는 전기에너지를 생성할 수 있다. 이 경우, 상기 복수의 섬유들에 배치되는 서로 다른 극성을 가지는 전기에너지를 생성하는 압전물질(120) 중 적어도 일부는 서로 전기적으로 직렬 연결될 수 있다. 또한, 상기 복수의 섬유들에 배치되는 압전물질(120) 중 상기 적어도 일부는 전기적으로 병렬 연결될 수 있다. 압전물질(120)의 전기적인 직렬 연결과 전기적인 병렬 연결은 도 2와 관련하여 상술한 내용에서 충분히 유추 가능하므로 설명의 편의상 생략하기로 한다.

[0055]

도 4는 전기에너지 발전을 위한 나선형태의 압전구조체의 동작을 설명하기 위한 도면이다. 도 5는 외력이 인가될 때 전기에너지 발전을 위한 나선형태의 압전구조체의 변형 모습을 보여주는 도면이다. 도 5의 (a)는 전기에너지 발전을 위한 나선형태의 압전구조체의 개념도이며, (b)는 C-C' 선을 기준으로 한 단면도이며, (c)는 섬유

(110)의 변형에 따른 압전물질(120)의 변형을 보여주기 위한 도면이다. 도 4에서는 설명의 편의상 제1전극(130) 및 제2전극(140)을 생략하여 표기하였다. 도 5에서는 설명의 편의상 제1전극(130), 제2전극(140) 및 지지층(150)을 생략하여 표기하였다.

[0056]

도 4를 참조하면, 섬유(110)에 반복적으로 인장력과 압축력이 인가되면 섬유(110)의 체적은 일정하게 유지되므로 섬유(110)의 길이와 단면적은 서로 반대 방향으로 변화하게 된다. 도면에 도시된 바와 같이, 섬유(110)에 외력(F)으로서 인장력이 인가되면, 섬유(110)는 길이가 늘어나고, 단면적은 줄어들게 된다. 또한, 섬유(110)에 외력으로서 압축력이 인가되면, 섬유(110)는 길이가 줄어들고, 단면적은 늘어나게 된다. 섬유(110)에 인가되는 상기 외력은 섬유(110)의 길이방향을 축방향이라 할 경우 상기 축방향과 소정의 각도를 가지고 가해질 수 있다. 이 경우, 섬유(110)의 변형은 인장, 압축 이외에 비틀림의 형태로 나타날 수도 있다. 이때, 섬유(110) 위에 배치된 압전물질(120)은 변형되게 된다. 이를 통하여 압전물질(120)은 상기 외력에 의한 섬유(110)의 신축 변형, 비틀림 변형 등에 의해 변형되어 전기에너지를 생성할 수 있다. 도면에는 섬유 패치(160) 위에 배치된 압전물질(120)이 예로서 표현되어 있다. 다른 예로, 압전물질(120)은 섬유(110) 위에 직접 배치될 수도 있다. 섬유 패치(160)를 통해 섬유(110) 위에 배치되는 압전물질(120) 또는 섬유 위에 배치되는 압전물질(120)이 상기 외력에 의해 전기에너지를 생성하는 과정은 도 1 내지 도 3과 관련하여 상술한 바 이에 대한 상세한 설명은 설명의 편의상 생략하기로 한다.

[0057]

도 5를 참조하면, 섬유 패치(160) 위에 배치되는 압전물질(120)은 복수의 접점들(162, 164)에서 섬유 패치(160)와 접할 수 있다. 이 경우, 압전물질(120)의 일부 영역은 접점들(162, 164)과 접하여 섬유(110)와 연결되며, 압전물질의 나머지 일부 영역은 섬유(110)와 소정의 간격을 두고 이격되게 된다. 도면에는 회전 방향이 반대이며, 나선의 피치가 동일한 압전물질(120)과 섬유 패치(160)이 예로서 표현되어 있다. 도 3 및 도 4와 관련하여 상술한 바와 같이, 압전물질(120)과 섬유 패치(160)의 회전방향을 같이 가져갈 수도 있으며, 압전물질(120)과 섬유 패치(160)의 피치 간격을 달리 가져갈 수 있다. 이를 통하여 섬유(110)와 이격되어 배치되는 압전물질(120)의 길이를 조절할 수 있다. 섬유(110)와 이격되어 배치되는 압전물질(120)의 길이 조절을 통하여 섬유(110)에 가해지는 상기 외력에 의한 압전물질(120)의 변형 정도를 조절할 수 있다. 이를 통하여 상기 외력으로부터 효과적으로 전기에너지를 생성할 수 있다.

[0058]

도 6은 또 다른 실시 예에 따른 전기에너지 발전을 위한 나선형태의 압전구조체를 나타내는 도면이다. 도 6을 참조하면, 전기에너지 발전을 위한 나선형태의 압전구조체(300)는 압전물질(120) 및 제1전극(130), 제2전극(140)을 포함한다. 몇몇 다른 실시 예들에 있어서, 나선형태의 압전구조체(300)는 선택적으로 제1고정부(210a) 및 제2고정부(210b)를 더 포함할 수 있다. 몇몇 또 다른 실시 예들에 있어서, 나선형태의 압전구조체(300)는 선택적으로 지지층(150)을 더 포함할 수 있다. 몇몇 또 다른 실시 예들에 있어서, 나선형태의 압전구조체(300)는 선택적으로 저장회로(170)를 더 포함할 수 있다. 도 6에서는 설명의 편의상 제1전극(130), 제2전극(140), 지지층(150) 및 저장회로(170)를 생략하여 표기하였다. 압전물질(120), 제1전극(130), 제2전극(140), 지지층(150) 및 저장회로(170)의 기능은 도 1 내지 도 3과 관련하여 상술한 내용과 실질적으로 동일하므로 이에 대한 상세한 설명은 설명의 편의상 생략하기로 한다.

[0059]

압전물질(120)은 나선형상을 가지며 외력(F)에 의하여 변형되어 전기에너지를 생성한다. 제1전극(130, 미도시)은 압전물질(120)의 일면에 배치되며, 제2전극(140, 미도시)은 압전물질(120)의 타면에 배치된다. 상기 외력은 압전물질(120)의 일단의 압전물질(120)의 타단에 대한 상대적인 변위를 야기한다. 이 경우, 압전물질(120)은 상기 상대적인 변위에 의하여 비틀리거나 신축되어 상기 전기에너지를 생성한다.

[0060]

일 실시 예에 있어서, 도면에 도시된 바와 같이, 압전물질(120)의 상기 일단은 제1고정부(210a)에 고정되고, 압전물질(120)의 상기 타단은 제2고정부(210b)에 고정될 수 있다. 일례로, 제1고정부(210a), 제2고정부(210b)는 인체 또는 의복의 일부분일 수 있다. 이 경우, 인체 또는 의복의 움직임에 따른 제1고정부(210a)의 제2고정부(210b)에 대한 상대적인 변위에 의하여 압전물질(120)은 변형되어 전기에너지를 생성할 수 있다. 즉, 제1고정부(210a)와 제2고정부(210b)는 상기 외력에 따른 압전물질(120)의 상기 일단의 압전물질(120)의 상기 타단에 대한 상대적인 변위를 야기하는 매개체로서의 기능을 수행할 수 있다. 상술한 기능을 수행할 수 있는 한, 제1고정부(210a)와 제2고정부(210b)의 재료, 구조 등에는 그 제한이 없다.

[0061]

도면에는 하나의 나선형태의 압전구조체(300)가 예로서 표현되어 있다. 도면에 도시된 바와 달리, 복수개의 나선형태의 압전구조체(300)를 서로 전기적으로 직렬 또는 병렬 연결할 수 있다. 이 경우, 복수개의 나선형태의 압전구조체(300)는 서로 교차되어 직물을 형성할 수도 있다. 이와 관련한 내용은 도 1내지 도 5와 관련하여 상술한 내용에서 충분히 유추할 수 있으므로, 이에 대한 상세한 설명은 설명의 편의상 생략하기로 한다. 복수개의

나선형태의 압전구조체(300)를 서로 교차하여 직물을 형성하는 경우, 압전구조체(300)의 굽기를 가늘게 가져갈 필요가 있다. 가는 굽기를 가지는 압전구조체(300)는 압전물질(120)의 단면적 및 나선형태의 압전구조체(300)의 나선 직경을 조절하여 얻을 수 있다. 직물을 형성할 경우에 압전구조체(300)들 간의 전기적인 단락을 방지하기 위하여 이들이 교차되어 접하는 지점에는 절연층(미도시)이 배치될 수도 있다.

[0062]

도 7은 또 다른 실시 예에 따른 전기에너지 발전을 위한 나선형태의 압전구조체를 나타내는 도면이다. 도 7을 참조하면, 전기에너지 발전을 위한 나선형태의 압전구조체(400)는 압전물질(120), 제1전극(130) 및 제2전극(140)을 포함한다. 몇몇 다른 실시 예들에 있어서, 나선형태의 압전구조체(400)는 선택적으로 제1고정부(210a), 제2고정부(210b) 및 제3고정부(210c)를 더 포함할 수 있다. 몇몇 또 다른 실시 예들에 있어서, 나선형태의 압전구조체(400)는 선택적으로 지지층(150)을 더 포함할 수 있다. 몇몇 또 다른 실시 예들에 있어서, 나선형태의 압전구조체(400)는 선택적으로 저장회로(170)를 더 포함할 수 있다. 도 7에서는 설명의 편의상 제1전극(130), 제2전극(140), 지지층(150) 및 저장회로(170)를 생략하여 표기하였다. 압전물질(120), 제1전극(130), 제2전극(140), 지지층(150) 및 저장회로(170)의 기능은 도 1 내지 도 3과 관련하여 상술한 내용과 실질적으로 동일하므로 이에 대한 상세한 설명은 설명의 편의상 생략하기로 한다.

[0063]

압전물질(120)은 나선형상을 가지며 외력(F)에 의하여 변형되어 전기에너지를 생성한다. 제1전극(130, 미도시)은 압전물질(120)의 일면에 배치되며, 제2전극(140, 미도시)은 압전물질(120)의 타면에 배치된다. 상기 외력은 압전물질(120)의 일단 및 타단 사이에 위치하는 압전물질(120)의 적어도 일부분에 인가된다. 상기 외력은 압전물질(120)의 상기 적어도 일부분의 압전물질(120)의 상기 일단에 대한 제1 상대적인 변위 또는 압전물질(120)의 상기 적어도 일부분의 압전물질(120)의 상기 타단에 대한 제2 상대적인 변위를 야기한다. 이 경우, 압전물질(120)은 상기 제1 상대적인 변위 또는 상기 제2 상대적인 변위에 의하여 비틀리거나 신축되어 상기 전기에너지를 생성한다.

[0064]

일 실시 예에 있어서, 도면에 도시된 바와 같이, 압전물질(120)의 상기 일단은 제1고정부(210a)에 고정되고, 압전물질(120)의 상기 타단은 제2고정부(210b)에 고정되고, 압전물질(120)의 상기 적어도 일부분은 제3고정부(210c)에 고정될 수 있다. 일례로, 제1고정부(210a), 제2고정부(210b), 제3고정부(210c)는 인체 또는 의복의 일부분일 수 있다. 이 경우, 인체 또는 의복의 움직임에 따른 제3고정부(210c)의 제1고정부(210a)에 대한 상대적인 변위 또는 제3고정부(210c)의 제2고정부(210b)에 대한 상대적인 변위에 의하여 압전물질(120)은 변형되어 전기에너지를 생성할 수 있다. 즉, 제1고정부(210a), 제2고정부(210b)와 제3고정부(210b)는 상기 외력에 따른 압전물질(120)의 상기 제1 상대적인 변위 또는 상기 제2 상대적인 변위를 야기하는 매개체로서의 기능을 수행할 수 있다. 상술한 기능을 수행할 수 있는 한, 제1고정부(210a), 제2고정부(210b)와 제3고정부(210c)의 재료, 구조 등에는 그 제한이 없다.

[0065]

도면에는 제1고정부(210a)와 제3고정부(210c)에 인가되는 외력이 예로서 표현되어 있다. 다시 말하면, 압전물질(120)의 상기 적어도 일부분과 압전물질(120)의 상기 일단에 가해지는 외력이 예로서 표현되어 있다. 상기 외력에 의하여 압전물질(120)은 변형되어 상기 적어도 일부분의 압전물질(120)의 상기 일단에 대한 상기 제1 상대적인 변위를 야기한다. 이를 통하여 압전물질(120)은 상기 전기에너지를 생성할 수 있다. 다른 예로, 도면에 도시된 바와 달리, 상기 외력은 압전물질(120)의 상기 적어도 일부분과 압전물질(120)의 상기 타단에 가해질 수도 있다. 이를 통해 압전물질(120)은 전기에너지를 생성할 수 있다.

[0066]

도면에는 하나의 나선형태의 압전구조체(400)가 예로서 표현되어 있다. 도면에 도시된 바와 달리, 복수개의 나선형태의 압전구조체(400)를 서로 전기적으로 직렬 또는 병렬 연결할 수 있다. 이 경우, 복수개의 나선형태의 압전구조체(400)는 서로 교차되어 직물을 형성할 수도 있다. 이와 관련한 내용은 도 1내지 도 5와 관련하여 상술한 내용에서 충분히 유추할 수 있으므로, 이에 대한 상세한 설명은 설명의 편의상 생략하기로 한다. 복수개의 나선형태의 압전구조체(400)를 서로 교차하여 직물을 형성하는 경우, 압전구조체(400)의 굽기를 가늘게 가져갈 필요가 있다. 가는 굽기를 가지는 압전구조체(400)는 압전물질(120)의 단면적 및 나선형태의 압전구조체(400)의 나선 직경을 조절하여 얻을 수 있다. 직물을 형성할 경우에 압전구조체(400)들 간의 전기적인 단락을 방지하기 위하여 이들이 교차되어 접하는 지점에는 절연층(미도시)이 배치될 수도 있다.

[0067]

도 8은 나선형태의 압전물질의 비틀림 변형을 설명하기 위한 도면이다. 도 8의 (a)는 나선형상의 압전물질(120)에 가해지는 힘이 동일 작용선상에 놓여 있을 경우를 설명하기 위한 도면이다. 도 8의 (b)는 나선형상의 압전물질(120)에 가해지는 힘이 서로 다른 작용선상에 놓여 있을 경우를 설명하기 위한 도면이다.

[0068]

도 8의 (a)를 참조하면, 나선형상의 압전물질(120)에 동일 작용선상에서 작용하는 하중(W)이 인가될 수 있다. 이 경우, 압전물질(120)은 인가되는 하중(W)의 방향에 따라 인장되거나 압축될 수 있다. 이와 동시에 압전물질

(120)은 비틀림 변형을 경험할 수 있다. 즉, 나선형상의 압전물질(120)에 외력이 인가되면, 나선형상 압전물질(120)의 길이 변형에 따른 신축 현상 이외에 나선형상을 이루고 있는 압전물질(120) 자체에 전단응력(shear stress)이 발생하게 된다. 이하 이를 직접 전단응력(direct shear stress)이라 칭하기로 한다. 직접 전단응력에 의해 압전물질(120)은 변형되고 이를 통하여 압전물질(120)은 전기에너지를 생성할 수 있다.

[0069]

도 8의 (b)를 참조하면, 나선형상의 압전물질(120)에 서로 다른 작용선상에서 작용하는 하중(W)이 인가될 수 있다. 이 경우, 압전물질(120)은 인가되는 하중(W)의 방향에 따라 인장되거나 압축될 수 있다. 이와 동시에 압전물질(120)은 비틀림 변형을 경험할 수 있다. 즉, 나선형상의 압전물질(120)에 외력이 인가되면, 나선형상 압전물질(120)의 길이 변형에 따른 신축 현상 이외에 나선형상을 이루고 있는 압전물질(120) 자체에 전단응력(shear stress)이 발생하게 된다. 도 8의 (a)에서의 경우와 달리 압전물질은 직접 전단응력과 서로 다른 작용선상에서 작용하는 하중에 의한 비틀림 전단응력(torsional shear stress)을 함께 경험하게 된다. 이들 직접 전단응력과 비틀림 전단응력은 나선형상의 압전물질(120)의 안쪽과 바깥쪽에서 서로 다르게 작용하며, 이를 통하여 나선형상의 압전물질(120)은 전기에너지를 생성할 수 있다. 아래의 수식은 d의 직경과 A의 단면적을 가지는 와이어를 사용하여 나선 직경 D를 가지는 나선형상의 스프링에 하중 W가 작용할 때 직접 전단응력과 비틀림 전단응력의 계산값을 나타내는 수식이다.

[0070]

직접 전단응력(direct shear stress)

수학식 1

$$\tau_1 \propto \frac{W}{A}$$

[0071]

[0072]

비틀림 전단응력(torsional shear stress)

수학식 2

$$\tau_2 \propto \frac{WD}{d^3}$$

[0073]

[0074]

[수학식 1] 및 [수학식 2]로부터 알 수 있듯이, 압전물질(120)의 직경, 단면적, 나선직경 등을 조절하면 직접 전단응력 및 비틀림 전단응력의 크기를 조절할 수 있으며, 이를 통하여 나선형상의 압전물질(120)이 생성하는 전기에너지의 세기를 조절할 수도 있다.

[0075]

도 1 내지 도 8을 다시 참조하면, 의학기술의 발달로 수많은 센서가 인간의 몸에 삽입되거나 부착되는 추세에 있다. 또한, 휴대용 전자기기의 발달로 wearable computer, smart wear 등과 같은 인간의 몸 또는 의복에 착용 가능한 전자기기에 대한 수요와 연구가 증가하고 있다. 인체부착 센서, wearable computer, smart wear 등과 같은 전자기기는 이들을 구동하기 위한 전원공급 매체를 필요로 한다. 전원공급 매체의 더딘 발전속도는 전원공급 기기의 지속적인 교체 필요성과 이에 따른 유지비용의 증가라는 문제를 야기하고 있다. 인체 에너지를 이용한 에너지 포집 기술을 통하여 상술한 전자기기에 전원공급을 한다면 시간과 공간에 제약을 받지 않고 지속적으로 에너지를 공급할 수 있다. 전기에너지 발전을 위한 나선형태의 압전구조체(100, 200, 300, 400)는 직접 또는 이들을 활용하여 직조되는 직물, 의복 등의 형태로 사람의 몸에 착용될 수 있다. 이 경우, 전기에너지 발전을 위한 나선형태의 압전구조체(100, 200, 300, 400)는 사람의 의식적인 또는 무의식적인 행동으로 발생하는 인체 에너지를 수확할 수 있다. 이를 통하여 시간과 공간에 제약을 받지 아니하는 지속적인 전원공급기기를 구현할 수 있다. 일반적으로 인체의 운동은 극 저주파 운동, 비공진 모드의 간헐적인 운동, 그리고 자유 방향 운동이라는 특징을 가진다. 기존의 에너지 포집소자는 대부분 고주파수에서 포집소자와 주어진 환경의 진동수가 일치할 때 에너지를 효율적으로 포집하도록 되어있다. 따라서 인체의 운동을 기반으로 에너지 포집소자를 설계한 경우 에너지 포집 효율이 매우 낮고 전자기기를 구동시키기에 부족하다. 도 2 내지 도 8과 관련하여 상술한 전기에너지 발전을 위한 나선형태의 압전구조체(100, 200, 300, 400)는 압전물질(120)이 배치된 많은 수의 섬유(110)를 활

용하여 직물, 의복 등으로 제작될 수 있으므로 에너지 포집 효율을 높여 전자기기를 구동하기에 충분한 에너지를 얻을 수 있다. 또한, 전기에너지 발전을 위한 나선형태의 압전구조체(100, 200, 300, 400)는 섬유(110)를 매개로 하지 않고 나선형태의 압전구조체(100, 200, 300, 400) 단독으로도 전자기기를 구동하기에 충분한 에너지를 얻을 수 있다. 본 명세서에서 개시되는 전기에너지 발전을 위한 나선형태의 압전구조체는 인체의 움직임에 의하여 거기서 발생하는 굽힘, 수축, 팽창 등의 변화에 의한 에너지를 포집하는 섬유형 에너지 수확 시스템이다. 즉, 본 명세서에서 개시되는 전기에너지 발전을 위한 나선형태의 압전구조체는 나선형 웨이브 구조의 모직 형태 또는 직접적으로 착용 가능한 에너지 포집소자에 관한 것이다. 본 명세서에 따른 압전구조체는 압전물질을 이용하여 인체의 움직임에서 발생하는 굽힘, 수축, 팽창 등의 변화에 의한 에너지를 포집하여 전력으로 변환하는 섬유형 에너지 포집소자를 제시한다. 본 명세서의 압전구조체는 효율적 에너지 포집을 위해 압전물질로 구성된 모직형 나선형 웨이브 구조를 제시한다. 일례로, 폴리머 필름이 부착된 PVDF의 나선형 구조의 형태로 제작된 압전물질은 기계적 에너지를 전기적 에너지로의 빠른 변환과 높은 출력, 넓은 팽창 범위를 가지게 된다.

[0076]

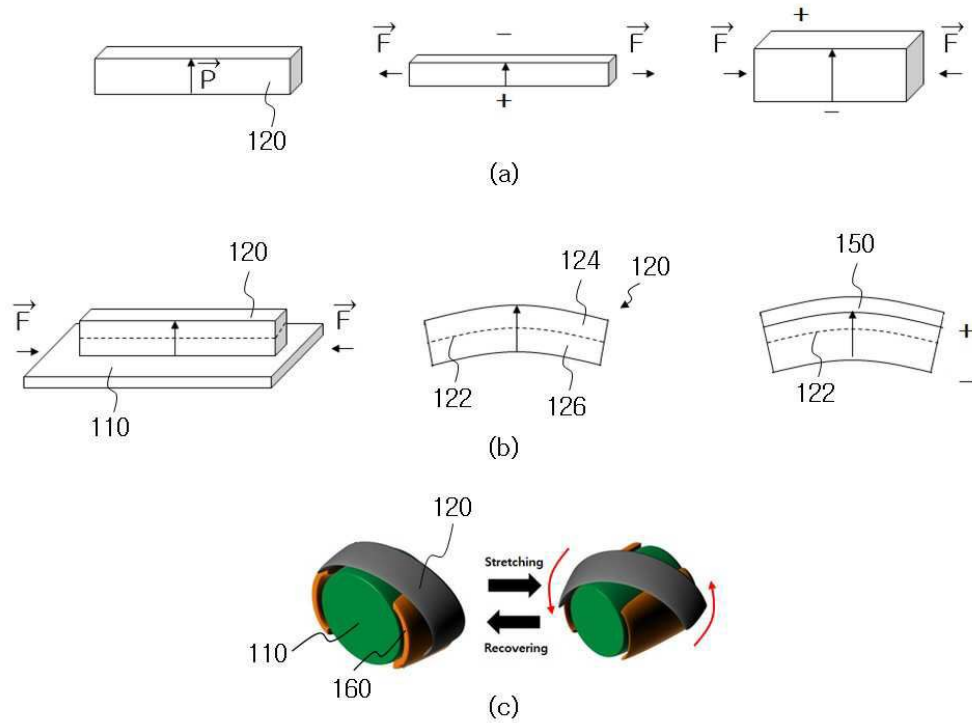
신체의 관절 부위, 옆구리, 복부 등은 끊임없이 팽창과 수축을 반복한다. 이 때 신체 주변의 의복은 신체 움직임에 따라 팽창과 수축을 반복하게 된다. 의복이 전기에너지 발전을 위한 나선형태의 압전구조체(100, 200, 300, 400)를 포함하는 경우, 신체의 움직임에 따라 전기에너지 발전을 위한 나선형태의 압전구조체(100, 200, 300, 400)는 팽창, 수축, 비틀림을 반복하게 된다. 이 경우, 전기에너지 발전을 위한 나선형태의 압전구조체(100, 200, 300, 400)는 나선형 구조의 압전물질(120)과 압전물질(120)의 표면 중 적어도 일부에 배치되는 지지층(150)에 의하여 효과적으로 전기에너지를 생성할 수 있다. 생성된 교류 전기에너지는 저장회로(170)에 의하여 포집될 수 있다. 일례로, 전기에너지 발전을 위한 나선형태의 압전구조체(100, 200, 300, 400)는 유연하고 탄력이 극대화 된 형태로 가공된 섬유일 수 있다. 전기에너지 발전을 위한 나선형태의 압전구조체(100, 200, 300, 400)는 인체 운동에서 발생하는 굽힘, 수축, 팽창 등의 부피 및 압력 변화에 의해 발생하는 에너지를 효율적으로 포집할 수 있다. 또한, 전기에너지 발전을 위한 나선형태의 압전구조체(100, 200, 300, 400)는 인체 운동에서 발생하는 굽힘, 수축, 팽창 등의 부피 및 압력 변화에 의한 에너지를 이용하여 전자기기에 필요한 에너지를 자체 공급할 수 있다. 또한, 도 2 내지 도 5는 섬유(110) 위에 나선형으로 배치되며, 타면에 지지층(150)이 배치된 압전물질(120)을 이용한 전기에너지 발전을 위한 나선형태의 압전구조체(100, 200)를 보여준다. 양 옆에서 당기거나 외부의 힘의 작용에 의해 섬유(110)가 당겨졌다가 놓였다를 반복하게 되면, 섬유(110) 위에 배치된 압전물질(120)도 반복적으로 변형되게 되며 이때 높은 출력을 생성한다. 이러한 반복적인 변형에 따라 전기에너지 발전을 위한 나선형태의 압전구조체(100, 200)는 기계적 에너지를 전기에너지로 변환하게 된다. 또한, 도 6 및 도 7은 섬유(110)를 매개로 하지 않는 전기에너지 발전을 위한 나선형태의 압전구조체(300, 400)를 보여준다. 나선형태의 압전구조체(300, 400) 단독으로도 외력에 의한 변형으로부터 전기에너지를 효과적으로 생성할 수 있다. 전기에너지 발전을 위한 나선형태의 압전구조체(100, 200, 300, 400)는 작은 면적에서 높은 출력을 가지며, 압전물질(120)이 배치되는 섬유(110)의 수 또는 나선형태의 압전구조체(300, 400)의 수가 많아질수록 출력과 파워가 비례하여 커질 수 있다. 또한, 전기에너지 발전을 위한 나선형태의 압전구조체(100, 200, 300, 400)에 외력이 주기적으로 인가될 때, 인가되는 상기 외력의 주파수가 증가하면 출력전압 및 파워 역시 증가될 수 있다. 종래의 압전 구조체들과 기타 나선형 구조들의 동작에 비교하여 본 명세서의 나선형태의 압전구조체 구조는 에너지 포집의 효율이 높고, 내구성이 뛰어나다. 특히, 외력에 의해 길이 신장시 늘어나는 정도가 기존 압전 구조체 대비하여 크므로 인체 부착시 굽힘 각이 넓은 범위에서 적용 가능하다. 또한 압전물질의 나선형태 각도를 조절하여 제작함에 따라라도 압전물질이 늘어나는 길이와 비틀림의 정도의 조절이 가능한 장점이 있다. 에너지 효율 측면에서는 압전물질이 중심체인 섬유에 입체적으로 감겨 있으므로 타 압전 구조체에 비교하여 단일면적대비 높은 에너지 포집 효율을 보인다. 또한 나선형태의 압전구조체 구조체를 여러 개 연결하여 패치 형태로 제작하였을 시에도 제작된 개수 대비하여 출력이 비례하여 증가하므로 대면적에서의 활용도 가능하다는 장점이 있다. 또한, 본 명세서의 나선형 압전구조체는 1차원 또는 2차원, 3차원으로 배열될 수도 있다.

[0077]

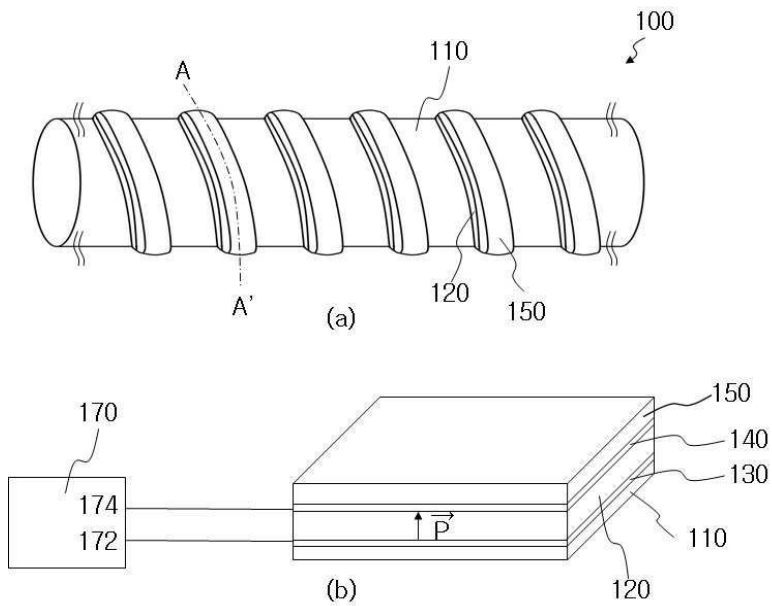
상기로부터, 본 개시의 다양한 실시 예들이 예시를 위해 기술되었으며, 아울러 본 개시의 범주 및 사상으로부터 벗어나지 않고 가능한 다양한 변형 예들이 존재함을 이해할 수 있을 것이다. 그리고 개시되고 있는 상기 다양한 실시 예들은 본 개시된 사상을 한정하기 위한 것이 아니며, 진정한 사상 및 범주는 하기의 청구항으로부터 제시될 것이다.

도면

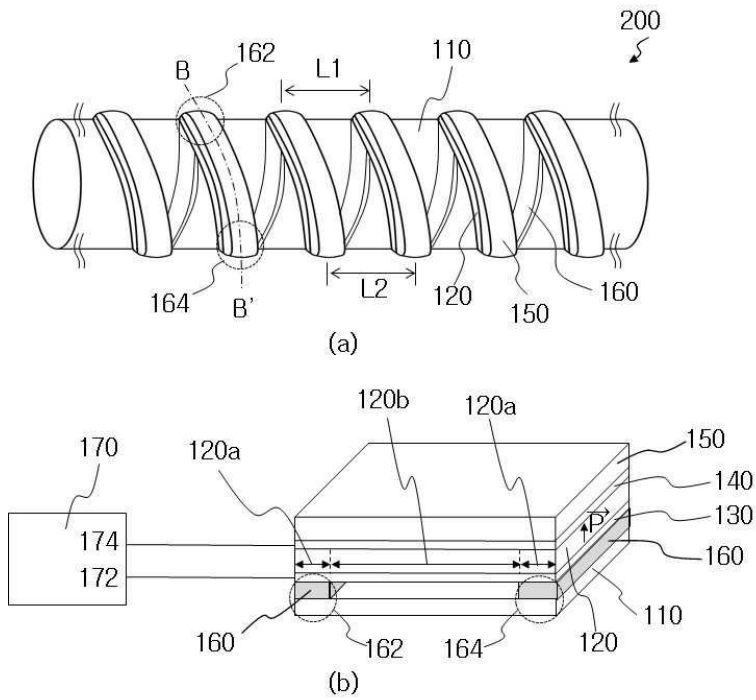
도면1



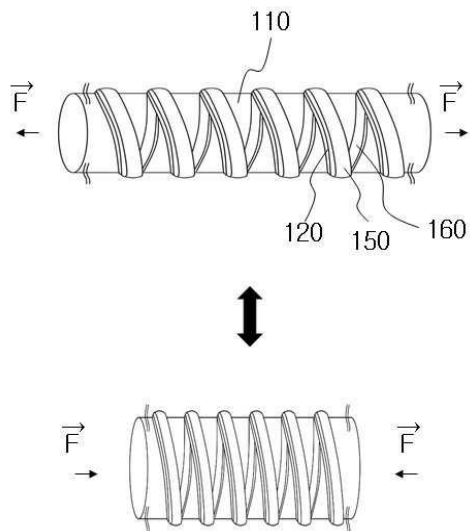
도면2



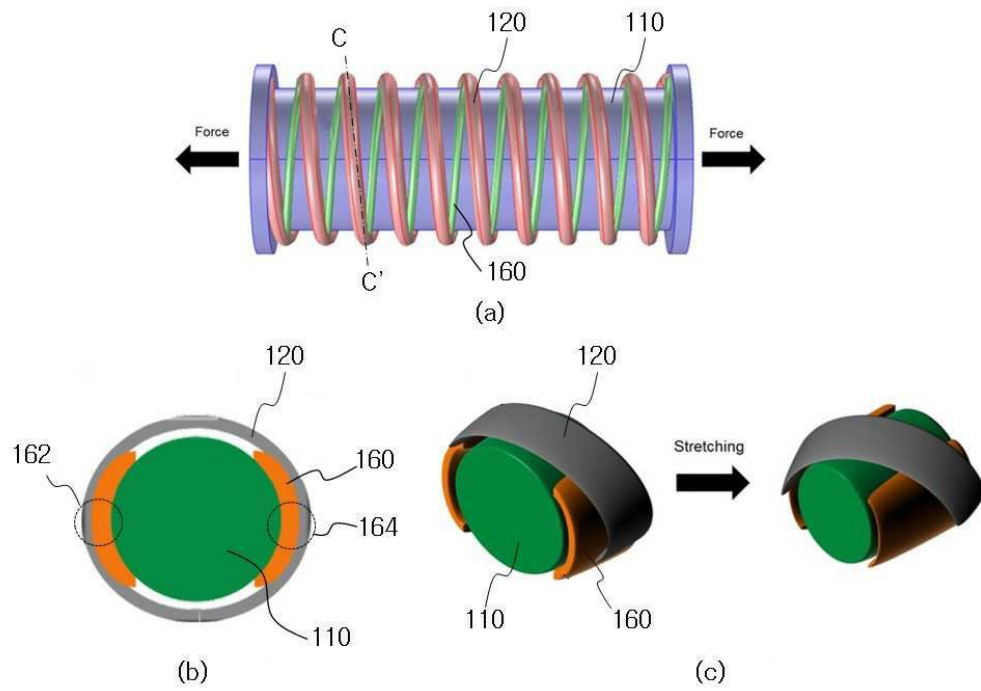
도면3



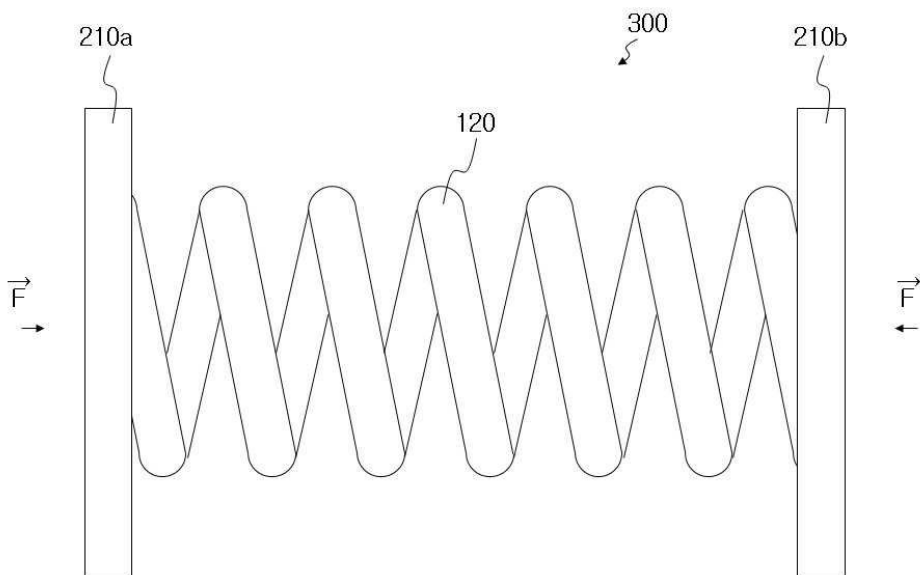
도면4



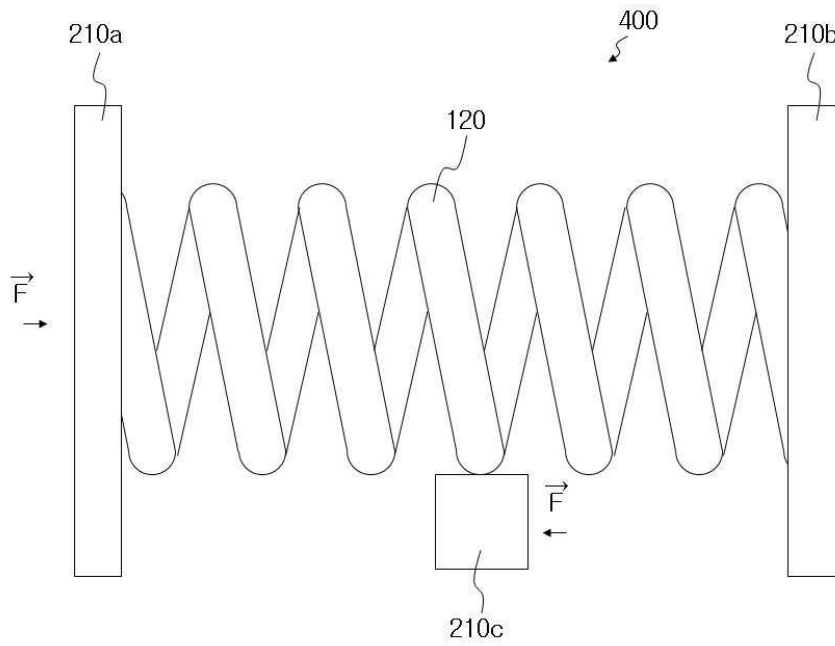
도면5



도면6



도면7



도면8

