



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2018년06월25일
 (11) 등록번호 10-1871106
 (24) 등록일자 2018년06월19일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
 H01L 41/18 (2006.01) H01L 41/047 (2006.01)
 H01L 41/113 (2006.01) H01L 41/187 (2006.01)
 H01L 41/193 (2006.01)
 (52) CPC특허분류
 H01L 41/18 (2013.01)
 H01L 41/047 (2013.01)
 (21) 출원번호 10-2017-0027504
 (22) 출원일자 2017년03월03일
 심사청구일자 2017년03월03일
 (56) 선행기술조사문헌
 KR101575825 B1*
 KR1020160108953 A*
 KR101682960 B1*
 *는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
한국세라믹기술원
 경상남도 진주시 소호로 101 (충무공동, 부속건물 세라믹소재종합지원센터)
 (72) 발명자
정영훈
 경상남도 진주시 초북로 77, 308동 2003호(초전동, 진주 초장엠코타운 더 이스턴파크)
조정호
 경기도 수원시 장안구 금당로39번길 33, 109동 1702호
 (뒷면에 계속)
 (74) 대리인
남건필, 박종수, 차상윤

전체 청구항 수 : 총 29 항

심사관 : 노영철

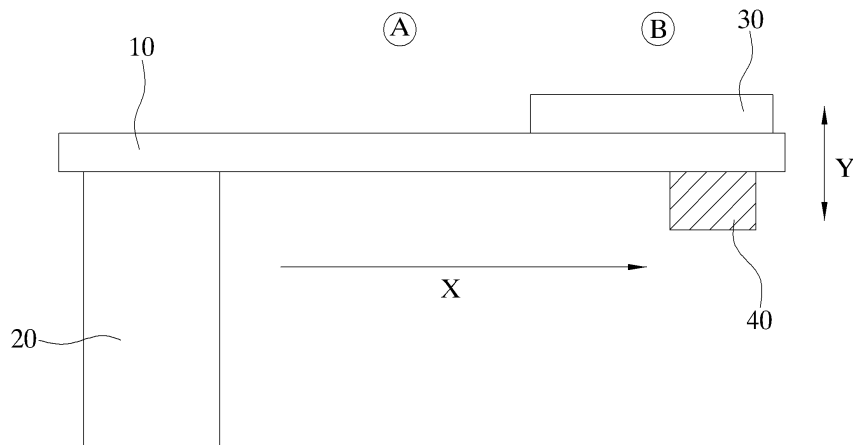
(54) 발명의 명칭 **압전 에너지 하베스터 및 압전 센서**

(57) 요약

본 발명은 압전 에너지 하베스터에 관한 것으로서, 구체적으로는 압전 재료 시트 구조체를 이용하여 진동을 전기 에너지로 변환하여 출력하는 압전 특성을 이용한 에너지 하베스터, 및 전압의 크기 및 변화를 측정하여 이를 이용한 압전 에너지 센서에 관한 것이다.

본 발명에 따른 압전 재료 시트 적층 구조체 및 이를 이용한 압전 에너지 하베스터는 웨어러블 장치나 센서, IoT 제품들, 그리고 액츄에이터(actuator) 등에 적용될 수 있다.

대표도 - 도2



(52) CPC특허분류

H01L 41/1132 (2013.01)

H01L 41/187 (2013.01)

H01L 41/193 (2013.01)

H02N 2/18 (2013.01)

(72) 발명자

백종후

경기도 안양시 동안구 관악대로 135, 127동 1102호(비산동, 삼성래미안아파트)

이민선

경상남도 진주시 강남로 45, 115동 1804호(주약동, 금호석류마을아파트)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 1415148072

부처명 산업통상자원부

연구관리전문기관 한국에너지기술평가원

연구사업명 에너지수요관리핵심기술개발(예특)

연구과제명 송배전선로 모니터링용 2-2 connectivity 복합체 자기전기 에너지 하베스터 개발

기 여 율 1/1

주관기관 한국세라믹기술원

연구기간 2016.10.01 ~ 2017.09.30

명세서

청구범위

청구항 1

탄성 기재;

상기 탄성 기재의 제1 단부가 공중에 배치되도록 상기 제1 단부와 마주하는 타단인 제2 단부를 지지하는 지지체; 및

상기 탄성 기재의 상면 및 하면 중 어느 하나 이상에 배치된 압전 재료 시트 구조체를 포함하고,

상기 압전 재료 시트 구조체는,

압전 재료 시트;

상기 압전 재료 시트의 윗면 및 아랫면에 전극 패턴들이 배치되며,

상기 압전 재료 시트의 윗면 및 아랫면에 배치된 상기 전극 패턴들은 각각 제 1 전극 패턴 및 제 2 전극 패턴으로 이루어져 있으며, 상기 제 1 전극 패턴 및 제 2 전극 패턴은 전기적으로 절연되어 있고, 각각 서로 맞물리는 (interdigitated) 전극 패턴을 형성하는 복수의 전극을 포함하고, 상기 전극 패턴들은 상하 방향으로 서로 동일한 형태로 투영되도록 배치되며,

상기 압전 재료 시트 구조체의 경우 상기 압전 재료 시트 구조체가 상기 탄성 기재와 맞닿는 부분에는 전극이 직접 상기 탄성 기재와 맞닿지 않도록 하기 위한 추가적인 압전 재료 시트층을 포함하고,

상기 압전 재료 시트 구조체의 상기 압전 재료 시트가 2n개인 경우(n은 1이상의 정수),

n-1번째 압전 재료 시트의 윗면에 배치된 전극 패턴과 상기 n-1번째 압전 재료 시트 위에 배치되는 n번째 압전 재료 시트의 아랫면에 배치된 전극 패턴은 동일한 전극 패턴이며,

상기 압전 재료 시트 구조체는 복수개의 압전 재료 시트 및 전극 패턴들을 차례대로 적층시킨 후 소결 과정을 통해 상기 압전 재료 시트 구조체가 제작되고,

상기 소결 과정에 의해 상기 압전 재료 시트 구조체는 단일 바디(unitary body)를 이루는,

압전 에너지 하베스터.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 탄성 기재의 상기 제1 단부에 배치된 질량체를 추가로 포함하는,

압전 에너지 하베스터.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 탄성 기재가 진동함에 따라, 상기 압전 재료 시트 구조체의 기계적 변형이 일어나고 이에 의해 압전 효과에 의한 전력 수집이 가능한,

압전 에너지 하베스터.

청구항 4

제 1 항에 있어서,
상기 전극 패턴들은,
상기 탄성 기재의 길이 방향을 따라 연장된 몸체 전극과 그 몸체 전극으로부터 상기 탄성 기재의 길이 방향과 수직인 방향으로 분기되고 서로 이격된 복수의 서브 전극들을 포함하고,
상기 제 1 전극 패턴의 서브 전극들과 상기 제 2 전극 패턴의 서브 전극들은 서로 이격된 채 맞물린 형태를 갖는,
압전 에너지 하베스터.

청구항 5

삭제

청구항 6

제 1 항에 있어서,
상기 제1 및 제2 전극 패턴들은 상기 압전 재료 시트층 내부에 임베디드(embedded)되어 있는,
압전 에너지 하베스터.

청구항 7

제 1 항에 있어서,
상기 압전 재료 시트는,
압전 세라믹, 압전 폴리머, 또는 세라믹/폴리머 복합체를 포함하는,
압전 에너지 하베스터.

청구항 8

제 1 항에 있어서,
상기 압전 재료 시트 구조체는
상기 탄성 기재의 제1 단부의 상면 및 하면 중 어느 하나 이상에 배치되어 있는,
압전 에너지 하베스터.

청구항 9

제 1 항에 있어서,
상기 압전 재료 시트 구조체가 상기 탄성 기재의 제 1 단부의 상면 및 하면 모두에 배치된 경우,
전기 에너지 수집을 위한 인출선이 연결된 위치가 상면에 배치된 압전 재료 시트 구조체의 전극 위치와 하면에 배치된 압전 재료 시트 구조체의 전극 위치가 서로 엇갈리게 연결된,
압전 에너지 하베스터.

청구항 10

삭제

청구항 11

삭제

청구항 12

제 1 항에 있어서,
상기 탄성 기재의 상기 제1 단부에 배치된 질량체를 추가로 포함하는,
압전 에너지 하베스터.

청구항 13

제 1 항에 있어서,
상기 탄성 기재가 진동함에 따라, 상기 압전 재료 시트 구조체의 기계적 변형이 일어나고 이에 의해 압전 효과에 의한 전력 수집이 가능한,
압전 에너지 하베스터.

청구항 14

제 1 항에 있어서,
상기 전극 패턴들은,
상기 탄성 기재의 길이 방향을 따라 연장된 몸체 전극과 그 몸체 전극으로부터 상기 탄성 기재의 길이 방향과 수직인 방향으로 분기되고 서로 이격된 복수의 서브 전극들을 포함하고,
상기 제 1 전극 패턴과 상기 제 2 전극 패턴의 서브 전극들은 서로 이격된 채 맞물린 형태를 갖는,
압전 에너지 하베스터.

청구항 15

삭제

청구항 16

제 1 항에 있어서,
상기 제1 및 제2 전극 패턴들은 상기 압전 재료 시트층 내부에 임베디드되어 있는,
압전 에너지 하베스터.

청구항 17

제 1 항에 있어서,
상기 압전 재료 시트는,
압전 세라믹, 압전 폴리머, 또는 세라믹/폴리머 복합체를 포함하는,
압전 에너지 하베스터.

청구항 18

제 1 항에 있어서,
상기 압전 재료 시트 구조체는
상기 탄성 기재의 제1 단부의 상면 및 하면 중 어느 하나 이상에 배치되어 있는,
압전 에너지 하베스터.

청구항 19

제 1 항에 있어서,
상기 압전 재료 시트 구조체가 상기 탄성 기재의 제 1 단부의 상면 및 하면 모두에 배치된 경우,
전기 에너지 수집을 위한 인출선이 연결된 위치가 상면에 배치된 압전 재료 시트 구조체의 전극 위치와 하면에
배치된 압전 재료 시트 구조체의 전극 위치가 서로 엇갈리게 연결된,
압전 에너지 하베스터.

청구항 20

삭제

청구항 21

제 1 항에 있어서,
상기 압전 재료 시트들 중 위에 배치된 n 개의 압전 재료 시트들의 압전 활성 영역의 분극 방향과 아래에 배치된
 n 개의 압전 재료 시트들의 압전 활성 영역의 분극 방향이 서로 반대인,
압전 에너지 하베스터.

청구항 22

삭제

청구항 23

제 1 항에 있어서,
상기 압전 재료 시트는 서로 전기적으로 병렬로 연결되어 있는,
압전 에너지 하베스터.

청구항 24

삭제

청구항 25

센서부; 제어부; 및 출력부를 포함하고,
상기 센서부는,
탄성 기재;
상기 탄성 기재의 제1 단부가 공중에 배치되도록 상기 제1 단부와 마주하는 타단인 제2 단부를 지지하는

지지체; 및

상기 탄성 기재의 상면 및 하면 중 어느 하나 이상에 배치된 압전 재료 시트 구조체를 포함하고,

상기 압전 재료 시트 구조체는,

압전 재료 시트;

상기 압전 재료 시트의 윗면 및 아랫면에 전극 패턴들이 배치되며,

상기 압전 재료 시트의 윗면 및 아랫면에 배치된 상기 전극 패턴들은 각각 제 1 전극 패턴 및 제 2 전극 패턴으로 이루어져 있으며, 상기 제 1 전극 패턴 및 제 2 전극 패턴은 전기적으로 절연되어 있고, 각각 서로 맞물리는 (interdigitated) 전극 패턴을 형성하는 복수의 전극을 포함하고, 상기 전극 패턴들은 상하 방향으로 서로 동일한 형태로 투영되도록 배치되고,

상기 압전 재료 시트 구조체의 경우 상기 압전 재료 시트 구조체가 상기 탄성 기재와 맞닿는 부분에는 전극이 직접 상기 탄성 기재와 맞닿지 않도록 하기 위한 추가적인 압전 재료 시트층을 포함하며,

상기 압전 재료 시트 구조체의 상기 압전 재료 시트가 2n개인 경우(n은 1이상의 정수),

n-1번째 압전 재료 시트의 윗면에 배치된 전극 패턴과 상기 n-1번째 압전 재료 시트 위에 배치되는 n번째 압전 재료 시트의 아랫면에 배치된 전극 패턴은 동일한 전극 패턴이고,

상기 압전 재료 시트 구조체는 복수개의 압전 재료 시트 및 전극 패턴들을 차례대로 적층시킨 후 소결 과정을 통해 상기 압전 재료 시트 구조체가 제작되며,

상기 소결 과정에 의해 상기 압전 재료 시트 구조체는 단일 바디(unitary body)를 이루고,

상기 탄성 기재의 진동에 따라 상기 압전 재료 시트 구조체의 기계적 변형이 일어나고 이에 의해 압전 효과에 의한 전압이 발생되며, 상기 발생된 전압의 크기 및 변화를 감지하는,

압전 에너지 센서.

청구항 26

제 25 항에 있어서,

상기 탄성 기재의 상기 제1 단부에 배치된 질량체를 추가로 포함하는,

압전 에너지 센서.

청구항 27

제 25 항에 있어서,

상기 전극 패턴들은,

상기 탄성 기재의 길이 방향을 따라 연장된 몸체 전극과 그 몸체 전극으로부터 상기 탄성 기재의 길이 방향과 수직인 방향으로 분기되고 서로 이격된 복수의 서브 전극들을 포함하고,

상기 제 1 전극 패턴의 서브 전극들과 상기 제 2 전극 패턴의 서브 전극들은 서로 이격된 채 맞물린 형태를 갖는,

압전 에너지 센서.

청구항 28

삭제

청구항 29

제 25 항에 있어서,

상기 제1 및 제2 전극 패턴들은 상기 압전 재료 시트층 내부에 임베디드(embedded)되어 있는,
압전 에너지 센서.

청구항 30

제 25 항에 있어서,

상기 압전 재료 시트 구조체는

상기 탄성 기재의 제1 단부의 상면 및 하면 중 어느 하나 이상에 배치되어 있는,

압전 에너지 센서.

청구항 31

제 25 항에 있어서,

상기 압전 재료 시트 구조체가 상기 탄성 기재의 제 1 단부의 상면 및 하면 모두에 배치된 경우,

전기 에너지 수집을 위한 인출선이 연결된 위치가 상면에 배치된 압전 재료 시트 구조체의 전극 위치와 하면에 배치된 압전 재료 시트 구조체의 전극 위치가 서로 엇갈리게 연결된,

압전 에너지 센서.

청구항 32

삭제

청구항 33

삭제

청구항 34

제 25 항에 있어서,

상기 탄성 기재의 상기 제1 단부에 배치된 질량체를 추가로 포함하는,

압전 에너지 센서.

청구항 35

제 25 항에 있어서,

상기 전극 패턴들은,

상기 탄성 기재의 길이 방향을 따라 연장된 몸체 전극과 그 몸체 전극으로부터 상기 탄성 기재의 길이 방향과 수직인 방향으로 분기되고 서로 이격된 복수의 서브 전극들을 포함하고,

상기 제 1 전극 패턴과 상기 제 2 전극 패턴의 서브 전극들은 서로 이격된 채 맞물린 형태를 갖는,

압전 에너지 센서.

청구항 36

삭제

청구항 37

제 25 항에 있어서,
 상기 제1 및 제2 전극 패턴들은 상기 압전 재료 시트층 내부에 임베디드되어 있는,
 압전 에너지 센서.

청구항 38

제 25 항에 있어서,
 상기 압전 재료 시트 구조체는
 상기 탄성 기재의 제1 단부의 상면 및 하면 중 어느 하나 이상에 배치되어 있는,
 압전 에너지 센서.

청구항 39

제 25 항에 있어서,
 상기 압전 재료 시트 구조체가 상기 탄성 기재의 제 1 단부의 상면 및 하면 모두에 배치된 경우,
 전기 에너지 수집을 위한 인출선이 연결된 위치가 상면에 배치된 압전 재료 시트 구조체의 전극 위치와 하면에
 배치된 압전 재료 시트 구조체의 전극 위치가 서로 엇갈리게 연결된,
 압전 에너지 센서.

청구항 40

삭제

청구항 41

제 25 항에 있어서,
 상기 압전 재료 시트들 중 위에 배치된 n개의 압전 재료 시트들의 압전 활성 영역의 분극 방향과 아래에 배치된
 n개의 압전 재료 시트들의 압전 활성 영역의 분극 방향이 서로 반대인,
 압전 에너지 센서.

청구항 42

삭제

청구항 43

삭제

발명의 설명

기술 분야

본 발명은 압전 에너지 하베스터 및 압전 센서에 관한 것으로서, 구체적으로는 압전 재료 시트 구조체 또는 압전 재료 시트 적층 구조체를 이용하여 진동을 전기 에너지로 변환하여 출력하는 압전 특성을 이용한 에너지 하

[0001]

베스터에 관한 것이고, 또한 이러한 에너지를 이용한 압전 센서에 관한 것이다.

배경 기술

- [0002] 에너지 하베스팅(energy harvesting)은 예를 들어 태양광 에너지를 전기 에너지로 변환하는 것과 같이, A 에너지를 이와 상이한 성질을 갖는 B 에너지로 변환하는 것을 의미한다.
- [0003] 이중 압전 에너지 하베스팅은 압전 재료(piezoelectric materials)를 매개체로 하여 외부의 기계적 에너지를 압전 재료의 변형에 의하여 전기 에너지로 변환시키는 것을 말한다. 이러한 압전 에너지 하베스팅 기술은 진동이 발생하는 각종 인체에너지, 항공기, 자동차, 전기기계 등의 진동 에너지를 전기 에너지로 변환하여 스마트폰, 태블릿 등 모바일 전자기기, 헬스케어나 사물인터넷(IoT) 센서 전원 등에 별도의 전력을 사용하지 아니하고 전기를 발생시키는데 이용되고 있다.
- [0004] 기존의 압전 에너지 하베스터는 캔틸레버 구조를 이용한 에너지 하베스팅 기술이 많았는데, 기존의 압전 에너지 하베스터는 캔틸레버 구조에서 도 1과 같이 탄성 기재(10)에서 가장 큰 응력이 발생하는 A 부분에 압전체를 설치하여 에너지를 수확하는 부분에만 초점이 맞추어져 있었고, B 부분은 A 부분에 비해 응력(stress)가 적다고 판단하여 압전체 설치를 하지 않는 부분이었다. 이러한 B 부분도 길이 방향에 따른 큰 변형을 이용할 수 있는 압전체를 이용한다면 큰 에너지 수확이 가능할 것이다.
- [0005] 한편, 이러한 캔틸레버 구조에서 압전 소재를 필름 형태로 이루어지는데 압전체를 이용한 에너지 하베스팅에 있어서 일반적으로 3-1 모드를 이용하기 때문에 상하부면에 전극이 배치되는 구조를 이용하고 있으나, 실제 변형이 일어남에 있어서 캔틸레버의 고정되지 않은 끝단 부분의 변형이 일어나고 해당 부분에 3-1 모드의 구조의 압전체를 이용하는 것보다는 3-3모드를 이용하는 것이 바람직하며, 3-3 모드의 압전체의 경우 폴링시 캔틸레버의 길이 방향을 따라 폴링이 이루어져야 한다.
- [0006] 이러한 3-3 모드의 압전 캔틸레버 구조는 압전 소재의 분극 도메인 형성을 위해 길이 방향으로 폴링해야 하나, 전극 구조의 제조가 어려워 현재까지 주로 MEMS(micro-electromechanical system) 공정을 통해 주로 초소형 압전 구조에만 적용되어 왔으며, 이 경우 압전체의 상면에 길이 방향으로 폴링이 가능하도록 IDE(interdigitated electrode) 패턴을 이용하고 있으나, 이러한 전극 패턴 자체가 상부면에만 배치되므로, 압전체의 IDE 패턴의 핑거(finger) 전극 바로 아래 하단부에서는 3-1 모드 효과가 발생하고, IDE 패턴의 전극을 압전체의 두께 방향으로 투영한 영역, 즉 IDE 핑거 전극과 수직으로 이격이 큰 부분은 폴링 효과가 거의 일어나지 않아 폴링에 의한 3-3 모드 효과가 없는 비활성 영역(dead zone)이 되므로 이러한 부분에 대한 압전 효과의 극대화를 얻지 못하고 있는 실정이다.

발명의 내용

해결하려는 과제

- [0007] 본 발명에 따른 압전 에너지 하베스터는 캔틸레버 구조에 압전체를 설치하여 이를 이용해 큰 에너지의 수확을 가능하게 하고자 한다.
- [0008] 또한, 본 발명에 따른 압전 에너지 하베스터는 IDE 전극 패턴이 형성된 압전체 필름이 복수개가 적층된 압전체가 적층된 구조를 이용하여 높은 전력 출력값을 구현함과 동시에, 적층된 구조에서 전극을 구조 내에 임베딩(embedding) 함으로써 폴링 효과를 극대화하는 구조를 제공하여 큰 에너지의 수확을 가능하게 하고자 한다.
- [0009] 또한, 이러한 압전 에너지 구조체를 이용해 전기 에너지를 전압으로 인식하여 압전 센서로 이용하고자 한다.

과제의 해결 수단

- [0010] 본 발명의 일 실시예에 따른 압전 에너지 하베스터는, 탄성 기재; 상기 탄성 기재의 제1 단부가 공중에 배치되도록 상기 제1 단부와 마주하는 타단인 제2 단부를 지지하는 지지체; 및 상기 탄성 기재의 상면 및 하면 중 어느 하나 이상에 배치된 압전 재료 시트 구조체를 포함하고, 상기 압전 재료 시트 구조체는, 압전 재료 시트; 상기 압전 재료 시트의 윗면 및 아랫면에 전극 패턴들이 배치되며, 상기 압전 재료 시트의 윗면 및 아랫면에 배치된 상기 전극 패턴들은 각각 제 1 전극 패턴 및 제 2 전극 패턴으로 이루어져 있으며, 상기 제 1 전극 패턴 및 제 2 전극 패턴은 전기적으로 절연되어 있고, 각각 서로 맞물리는(interdigitated) 전극 패턴을 형성하는 복수의 전극을 포함하고, 상기 전극 패턴들은 상하 방향으로 서로 동일한 형태로 투영되도록 배치된다.

- [0011] 상기 탄성 기재의 상기 제1 단부에 배치된 질량체를 추가로 포함할 수 있다.
- [0012] 상기 탄성 기재가 진동함에 따라, 상기 압전 재료 시트 구조체의 기계적 변형이 일어나고 이에 의해 압전 효과에 의한 전력 수집이 가능하다.
- [0013] 상기 전극 패턴들은, 상기 탄성 기재의 길이 방향을 따라 연장된 몸체 전극과 그 몸체 전극으로부터 상기 탄성 기재의 길이 방향과 수직인 방향으로 분기되고 서로 이격된 복수의 서브 전극들을 포함하고, 상기 제 1 전극 패턴의 서브 전극들과 상기 제 2 전극 패턴의 서브 전극들은 서로 이격된 채 맞물린 형태를 갖는다.
- [0014] 상기 압전 재료 시트 구조체의 경우 상기 압전 재료 시트 구조체가 상기 탄성 기재와 맞닿는 부분에는 전극이 직접 상기 탄성 기재와 맞닿지 않도록 하기 위한 추가적인 압전 재료 시트층을 포함할 수 있다.
- [0015] 상기 제1 및 제2 전극 패턴들은 상기 압전 재료 시트층 내부에 임베디드(embedded)되어 있을 수 있다.
- [0016] 상기 압전 재료 시트는, 압전 세라믹, 압전 폴리머, 또는 세라믹/폴리머 복합체를 포함한다.
- [0017] 상기 압전 재료 시트 구조체는 상기 탄성 기재의 제1 단부의 상면 및 하면 중 어느 하나 이상에 배치되어 있을 수 있다.
- [0018] 상기 압전 재료 시트 구조체가 상기 탄성 기재의 제 1 단부의 상면 및 하면 모두에 배치된 경우, 전기 에너지 수집을 위한 인출선이 연결된 위치가 상면에 배치된 압전 재료 시트 구조체의 전극 위치와 하면에 배치된 압전 재료 시트 구조체의 전극 위치가 서로 엇갈리게 연결되는 것이 바람직하다. 이 경우 상기 압전 재료 시트 구조체의 경우 상기 압전 재료 시트 구조체가 상기 탄성 기재와 맞닿는 부분에는 전극이 직접 상기 탄성 기재와 맞닿지 않도록 하기 위한 추가적인 압전 재료 시트층을 포함할 수 있다.
- [0019] 상기 압전 재료 시트 구조체의 상기 압전 재료 시트가 2n개인 경우(n은 1이상의 정수), 상기 n-1번째 압전 재료 시트의 윗면에 배치된 전극 패턴과 상기 n-1번째 압전 재료 시트 위에 배치되는 n번째 압전 재료 시트의 아랫면에 배치된 전극 패턴은 동일한 전극 패턴이 이용된다.
- [0020] 상기 탄성 기재의 상기 제1 단부에 배치된 질량체를 추가로 포함할 수 있다.
- [0021] 상기 탄성 기재가 진동함에 따라, 상기 압전 재료 시트 구조체의 기계적 변형이 일어나고 이에 의해 압전 효과에 의한 전력 수집이 가능하다.
- [0022] 상기 전극 패턴들은, 상기 탄성 기재의 길이 방향을 따라 연장된 몸체 전극과 그 몸체 전극으로부터 상기 탄성 기재의 길이 방향과 수직인 방향으로 분기되고 서로 이격된 복수의 서브 전극들을 포함하고, 상기 제 1 전극 패턴과 상기 제 2 전극 패턴의 서브 전극들은 서로 이격된 채 맞물린 형태를 갖는다.
- [0023] 상기 압전 재료 시트 구조체의 경우 상기 압전 재료 시트 구조체가 상기 탄성 기재와 맞닿는 부분에는 전극이 직접 상기 탄성 기재와 맞닿지 않도록 하기 위한 추가적인 압전 재료 시트층을 포함할 수 있다.
- [0024] 상기 제1 및 제2 전극 패턴들은 상기 압전 재료 시트층 내부에 임베디드되어 있을 수 있다.
- [0025] 상기 압전 재료 시트는, 압전 세라믹, 압전 폴리머, 또는 세라믹/폴리머 복합체를 포함한다.
- [0026] 상기 압전 재료 시트 구조체는 상기 탄성 기재의 제1 단부의 상면 및 하면 중 어느 하나 이상에 배치되어 있을 수 있다.
- [0027] 상기 압전 재료 시트 구조체가 상기 탄성 기재의 제 1 단부의 상면 및 하면 모두에 배치된 경우, 전기 에너지 수집을 위한 인출선이 연결된 위치가 상면에 배치된 압전 재료 시트 구조체의 전극 위치와 하면에 배치된 압전 재료 시트 구조체의 전극 위치가 서로 엇갈리게 연결되는 것이 바람직하다. 이 경우 상기 압전 재료 시트 구조체의 경우 상기 압전 재료 시트 구조체가 상기 탄성 기재와 맞닿는 부분에는 전극이 직접 상기 탄성 기재와 맞닿지 않도록 하기 위한 추가적인 압전 재료 시트층을 포함할 수 있다.
- [0028] 상기 압전 재료 시트들 중 위에 배치된 n개의 압전 재료 시트들의 압전 활성 영역의 분극 방향과 아래에 배치된 n개의 압전 재료 시트들의 압전 활성 영역의 분극 방향이 서로 반대인 것이 바람직하다.
- [0029] 상기 압전 재료 시트 구조체는 복수개의 압전 재료 시트 및 전극 패턴들을 차례대로 적층시킨 후 소결 과정을 통해 상기 압전 재료 시트 구조체가 제작될 수 있다. 이러한 소결 과정에 의해 상기 압전 재료 시트 구조체는 단일 바디(unitary body)를 이루게 된다.

- [0030] 상기 압전 재료 시트는 서로 전기적으로 병렬로 연결되어 있는 것이 바람직하다.
- [0031] 본 발명의 일 실시예에 따른 압전 에너지 센서는, 센서부; 제어부; 및 출력부를 포함하고, 상기 센서부는, 탄성 기재; 상기 탄성 기재의 제1 단부가 공중에 배치되도록 상기 제1 단부와 마주하는 타단인 제2 단부를 지지하는 지지체; 및 상기 탄성 기재의 상면 및 하면 중 어느 하나 이상에 배치된 압전 재료 시트 구조체를 포함하고, 상기 압전 재료 시트 구조체는, 압전 재료 시트; 상기 압전 재료 시트의 윗면 및 아랫면에 전극 패턴들이 배치되며, 상기 압전 재료 시트의 윗면 및 아랫면에 배치된 상기 전극 패턴들은 각각 제 1 전극 패턴 및 제 2 전극 패턴으로 이루어져 있으며, 상기 제 1 전극 패턴 및 제 2 전극 패턴은 전기적으로 절연되어 있고, 각각 서로 맞물리는(interdigitated) 전극 패턴을 형성하는 복수의 전극을 포함하고, 상기 전극 패턴들은 상하 방향으로 서로 동일한 형태로 투영되도록 배치되고, 상기 탄성 기재의 진동에 따라 상기 압전 재료 시트 구조체의 기계적 변형이 일어나고 이에 의해 압전 효과에 의한 전압이 발생되며, 상기 발생된 전압의 크기 및 변화를 감지한다.
- [0032] 상기 탄성 기재의 상기 제1 단부에 배치된 질량체를 추가로 포함할 수 있다.
- [0033] 상기 전극 패턴들은, 상기 탄성 기재의 길이 방향을 따라 연장된 몸체 전극과 그 몸체 전극으로부터 상기 탄성 기재의 길이 방향과 수직인 방향으로 분기되고 서로 이격된 복수의 서브 전극들을 포함하고, 상기 제 1 전극 패턴의 서브 전극들과 상기 제 2 전극 패턴의 서브 전극들은 서로 이격된 채 맞물린 형태를 갖는다.
- [0034] 상기 압전 재료 시트 구조체의 경우 상기 압전 재료 시트 구조체가 상기 탄성 기재와 맞닿는 부분에는 전극이 직접 상기 탄성 기재와 맞닿지 않도록 하기 위한 추가적인 압전 재료 시트층을 포함할 수 있다.
- [0035] 상기 제1 및 제2 전극 패턴들은 상기 압전 재료 시트층 내부에 임베디드(embedded)되어 있을 수 있다.
- [0036] 상기 압전 재료 시트 구조체는 상기 탄성 기재의 제1 단부의 상면 및 하면 중 어느 하나 이상에 배치되어 있을 수 있다.
- [0037] 상기 압전 재료 시트 구조체가 상기 탄성 기재의 제 1 단부의 상면 및 하면 모두에 배치된 경우, 전기 에너지 수집을 위한 인출선이 연결된 위치가 상면에 배치된 압전 재료 시트 구조체의 전극 위치와 하면에 배치된 압전 재료 시트 구조체의 전극 위치가 서로 엇갈리게 연결된다. 상기 압전 재료 시트 구조체의 경우 상기 압전 재료 시트 구조체가 상기 탄성 기재와 맞닿는 부분에는 전극이 직접 상기 탄성 기재와 맞닿지 않도록 하기 위한 추가적인 압전 재료 시트층을 포함할 수 있다.
- [0038] 상기 압전 재료 시트 구조체의 상기 압전 재료 시트가 2n개인 경우(n은 1이상의 정수), 상기 n-1번째 압전 재료 시트의 윗면에 배치된 전극 패턴과 상기 n-1번째 압전 재료 시트 위에 배치되는 n번째 압전 재료 시트의 아랫면에 배치된 전극 패턴은 동일한 전극 패턴이다.
- [0039] 상기 탄성 기재의 상기 제1 단부에 배치된 질량체를 추가로 포함할 수 있다.
- [0040] 상기 전극 패턴들은, 상기 탄성 기재의 길이 방향을 따라 연장된 몸체 전극과 그 몸체 전극으로부터 상기 탄성 기재의 길이 방향과 수직인 방향으로 분기되고 서로 이격된 복수의 서브 전극들을 포함하고, 상기 제 1 전극 패턴과 상기 제 2 전극 패턴의 서브 전극들은 서로 이격된 채 맞물린 형태를 갖는다.
- [0041] 상기 압전 재료 시트 구조체의 경우 상기 압전 재료 시트 구조체가 상기 탄성 기재와 맞닿는 부분에는 전극이 직접 상기 탄성 기재와 맞닿지 않도록 하기 위한 추가적인 압전 재료 시트층을 포함할 수 있다.
- [0042] 상기 제1 및 제2 전극 패턴들은 상기 압전 재료 시트층 내부에 임베디드되어 있을 수 있다.
- [0043] 상기 압전 재료 시트 구조체는 상기 탄성 기재의 제1 단부의 상면 및 하면 중 어느 하나 이상에 배치되어 있을 수 있다.
- [0044] 상기 압전 재료 시트 구조체가 상기 탄성 기재의 제 1 단부의 상면 및 하면 모두에 배치된 경우, 전기 에너지 수집을 위한 인출선이 연결된 위치가 상면에 배치된 압전 재료 시트 구조체의 전극 위치와 하면에 배치된 압전 재료 시트 구조체의 전극 위치가 서로 엇갈리게 연결된다. 상기 압전 재료 시트 구조체의 경우 상기 압전 재료 시트 구조체가 상기 탄성 기재와 맞닿는 부분에는 전극이 직접 상기 탄성 기재와 맞닿지 않도록 하기 위한 추가적인 압전 재료 시트층을 포함할 수 있다.
- [0045] 상기 압전 재료 시트들 중 위에 배치된 n개의 압전 재료 시트들의 압전 활성 영역의 분극 방향과 아래에 배치된 n개의 압전 재료 시트들의 압전 활성 영역의 분극 방향이 서로 반대이다.
- [0046] 상기 압전 재료 시트 구조체는 복수개의 압전 재료 시트 및 전극 패턴들을 차례대로 적층시킨 후 소결 과정을

통해 상기 압전 재료 시트 구조체가 제작된다. 상기 소결 과정에 의해 상기 압전 재료 시트 구조체는 단일 바디(unitary body)를 이룬다.

발명의 효과

- [0047] 본 발명에 따른 압전 에너지 하베스터는 켄틸레버 구조에서 기존에 이용하지 않던 영역에 압전 재료 시트 구조체를 설치하여 큰 에너지를 수확한다.
- [0048] 또한, 본 발명에 따른 압전 에너지 하베스터는 복수개의 압전체가 적층된 구조를 이용하여 높은 전력 출력값을 구현함과 동시에, 적층된 구조에서 전극을 구조 내에 임베딩(embedding) 함으로써 폴링 효과를 극대화한다.
- [0049] 또한, 본 발명에 따른 압전 재료 시트 구조체는 이를 센서의 센서부로 이용함으로써 전기 에너지의 전압 변화를 이용해 압전 센서로 이용 가능할 것이다.

도면의 간단한 설명

- [0050] 도 1은 종래 기술에 따른 켄틸레버 구조를 이용한 압전 에너지 하베스터의 일 예를 도시한다.
 - 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 압전 에너지 하베스터의 구조를 도시한다.
 - 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 압전 재료 시트 구조체를 설명하기 위한 사시도이다.
 - 도 4 내지 5는 도 3의 실시예의 길이 방향의 단면도를 도시한다.
 - 도 6은 본 발명의 추가적인 실시예에 따른 압전 재료 시트 구조체의 단면도를 도시한다.
 - 도 7a 및 7b는 본 발명의 일 실시예에 따른 압전 에너지 하베스터를 이용하게 에너지를 수집하는 모습에 관한 도면이다.
 - 도 8a 및 8b는 본 발명의 일 실시예에 따른 압전 에너지 하베스터에서 탄성 기재의 상면 및 하면에 모두 압전 재료 시트 구조체가 배치된 경우의 실시예를 도시한다.
 - 도 9는 본 발명의 일 실시예에 따른 압전 재료 시트 구조체를 설명하기 위한 사시도이다.
 - 도 10은 본 발명의 일 실시예에 따른 압전 재료 시트 구조체의 단면도를 도시한다.
 - 도 11 내지 12는 도 9의 I-I라인을 따라 절단한 단면도이다.
 - 도 13은 본 발명의 일 실시예에 따른 체압전 재료 시트 구조가 폴링 과정을 거쳐 최종적으로 분극된 방향을 나타내는 도면이다.
 - 도 14 및 도 15는 도 13에서 도시된 압전 재료 시트 구조체의 작동 도면을 도시한다.
 - 도 16 및 도 17은 본 발명의 일 실시예에 따른 압전 재료 시트 구조체를 이용할 때와 종래 기술에 따른 압전 재료 시트 구조체를 이용할 때를 비교하기 위한 비교 도면이다.
- 다양한 실시예들이 이제 도면을 참조하여 설명되며, 전체 도면에서 걸쳐 유사한 도면번호는 유사한 엘리먼트를 나타내기 위해서 사용된다. 설명을 위해 본 명세서에서, 다양한 설명들이 본 발명의 이해를 제공하기 위해서 제시된다. 그러나 이러한 실시예들은 이러한 특정 설명 없이도 실행될 수 있음이 명백하다. 다른 예들에서, 공지된 구조 및 장치들은 실시예들의 설명을 용이하게 하기 위해서 블록 다이어그램 형태로 제시된다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

- [0051] 이하, 첨부한 도면을 참조하여 본 발명의 실시예에 대해 상세히 설명한다. 본 발명은 다양한 변경을 가할 수 있고 여러 가지 형태를 가질 수 있는 바, 특정 실시예들을 도면에 예시하고 본문에 상세하게 설명하고자 한다. 그러나 이는 본 발명을 특정한 개시 형태에 대해 한정하려는 것이 아니며, 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 변경, 균등물 내지 대체물을 포함하는 것으로 이해되어야 한다. 각 도면을 설명하면서 유사한 참조부호를 유사한 구성요소에 대해 사용하였다.
- [0052] 본 출원에서 사용한 용어는 단지 특정한 실시 예를 설명하기 위해 사용된 것으로서 본 발명을 한정하려는 의도가 아니다. 단수의 표현은 문맥상 명백하게 다르게 뜻하지 않는 한, 복수의 표현을 포함한다. 본 출원에서, "포함하다" 또는 "가지다" 등의 용어는 명세서 상에 기재된 특징, 단계, 동작, 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합

한 것이 존재함을 지정하려는 것이지, 하나 또는 그 이상의 다른 특징들이나 단계, 동작, 구성요소, 부분품 또는 이들을 조합한 것들의 존재 또는 부가 가능성을 미리 배제하지 않는 것으로 이해되어야 한다.

- [0053] 이하에서는 본 발명의 내용에 대해 압전 에너지 하베스터를 기초로 설명하도록 하겠으며, 이러한 압전 에너지 하베스터는 커패시터나 콘덴서 등에 에너지를 저장할 경우의 응용에 해당하며, 압전 에너지 구조체를 통해 출력되는 전기 에너지를 전압으로 인식하여 이러한 전압의 변화를 통한 감지 장치로서 압전 센서로도 이용이 가능하다.
- [0054] 압전 에너지 센서로 이용되는 경우, 본 발명의 압전 에너지 구조체가 감지부(센싱부)에 해당할 것이고, 본 발명의 압전 에너지 구조체를 통해 전압의 크기 및 변화를 통해 감지하고자 하는 대상을 감지할 수 있게 된다.
- [0055] 본 발명의 일 실시예에 따른 압전 에너지 센서는 센서부; 제어부; 및 출력부를 포함하고, 센서부에 의해 압전 에너지 구조체를 통한 전압(전력 에너지)의 크기 및 변화를 감지하며, 이러한 감지 결과를 출력부를 통해 출력함으로써 센서의 기능을 하게 되는 것이다.
- [0056] 이하에서는 압전 에너지 하베스터를 기초로 본 발명의 내용을 설명할 것이며, 압전 에너지 센서를 압전 에너지 하베스터의 설명에서 압전 에너지 구조체 부분을 센서부로 이용해 전압의 크기 및 변화를 감지하여 이용되는 것이며 그 원리 및 구조는 동일하므로 중복 설명은 생략하도록 하겠다.
- [0057] 도 2는 본 발명의 일 실시예에 따른 압전 에너지 하베스터의 구조를 도시한다. 본 발명의 일 실시예에 따른 압전 에너지 하베스터는, 탄성 기재(10); 지지체(20); 및 압전 재료 시트 구조체(30)를 포함한다.
- [0058] 또한, 본 발명의 일 실시예에 따른 압전 에너지 하베스터는 추가적으로 질량체(40)를 추가로 포함할 수 있다.
- [0059] 탄성 기재(10)는 길이 방향(x 방향)으로 연장된 길이를 갖는다. 탄성 기재(10)는 탄성력을 갖는 재질이면 특별히 한정되지 않고 사용될 수 있고, 예를 들어, 판-스프링, SUS, 알루미늄, 세라믹 필름 등이 이용될 수 있다. 탄성 기재의 제 1 단부(질량체가 배치되는 단부)는 공중에 배치되고, 나머지 타단인 제 2 단부는 지지체(20)에 의해 지지된다.
- [0060] 지지체(20)는 탄성 기재(10)의 제 1 단부가 공중에 배치되도록 제 1 단부와 마주하는 타단인 제 2 단부를 지지하는 구조물이다. 지지체(20) 상에 탄성 기재(10)의 제 2 단부가 배치되어 고정되고, 제 1 단부는 공중에 배치되어 중력에 의해 상하 방향(Y방향)으로 운동을 할 수 있다.
- [0061] 질량체(40)는 탄성 기재(10)의 상면 및 하면 중 적어도 어느 하나의 면에 배치되며, 탄성 기재(10)의 제1 단부 측에 배치된다. 도 2에서는 질량체(40)가 탄성 기재(10)의 하면에 배치된 것을 일례로 도시하여 설명한다. 도시되지는 아니하였으나, 질량체(40)는 상면에 배치될 수도 있고, 2개가 상면 및 하면에 각각 배치될 수도 있다. 질량체(40)는 탄성 기재(10)의 제1 단부에서 탄성 기재의 평면 상에서 x 방향과 수직된 방향을 따라 연장된 막대형일 수도 있다. 도 2에 도시한 것과 달리, 도트형의 질량체(140)가 제1 단부에 다수개가 배열되어 구비될 수도 있다.
- [0062] 질량체(140)가 탄성 기재(111)의 제1 단부에 배치되어 있고 제2 단부는 지지체(200)에 고정되어 있기 때문에 에너지 하베스터(301)가 구비된 장치의 구동에 의한 진동과 질량체(140)에 의해서 탄성 기재(111)가 상하방향으로 진동함에 따라 에너지 하베스터가 가능하게 된다. 질량체는 소정의 무게를 갖고 있기만 하면 되고, 재질이나 형태에는 특별한 제한이 없다.
- [0063] 압전 재료 시트 구조체(30)는 탄성 기재(10)의 상면 및 하면 중 어느 하나 이상에 배치된다. 압전 재료 시트 구조체(30)는 탄성 기재의 상면 및 하면 전체 영역에 걸쳐서 배치될 수도 있다. 한편, 이러한 압전 재료 시트 구조체(30)는 도 2에서 보는 것처럼, 탄성 기재의 제 1 단부 쪽에 배치될 수 있다. 왜냐하면 B영역도 스트레인(strain)이 발생하는 부분이며 이러한 스트레인은 탄성 기재(10)의 길이 방향(x 방향)을 따라 발생된다. 따라서 이러한 B영역에도 압전 재료 시트 구조체(30)를 배치하는 것이 전기 에너지의 발생 및 수집을 가능하게 할 수 있다. 한편, 압전 재료 시트 구조체(30)는 B영역에 뿐만 아니라 탄성 기재의 전체 영역에 배치될 수도 있다.
- [0064] 도 3은 본 발명의 일 실시예에 따른 압전 재료 시트 구조체를 설명하기 위한 사시도이다. 압전 재료 시트 구조체는 도 3에서 도시된 것처럼, 압전 재료 시트(PZ 1); 상기 압전 재료 시트의 윗면 및 아랫면에 배치된 전극 패턴들(110, 120, 210, 220)을 포함한다.
- [0065] 압전 재료 시트는 압전 세라믹 또는 세라믹/폴리머 복합체로 형성된 것이 바람직하다. 또한, 전극 패턴들은 증착/식각, 레이저 플레이팅, 스크린 프린팅, 잉크젯 프린팅 또는 스퍼터링에 의해 형성될 수 있다.

- [0066] 전극 패턴들은 각각 제 1 전극 패턴(110, 120) 및 제 2 전극 패턴(210, 220)으로 이루어져 있으며, 상기 제 1 전극 패턴 및 제 2 전극 패턴은 전기적으로 절연되어 있고, 각각 서로 맞물리는(interdigitated) 전극 패턴을 형성하는 복수의 전극을 포함하고, 상기 전극 패턴들은 상하 방향으로 서로 동일한 형태로 투영되도록 배치된다.
- [0067] 전극 패턴들은 탄성 기재의 길이 방향(도 3에서는 D1 방향)을 따라 연장된 몸체 전극(110, 210)과 그 몸체 전극 으로부터 상기 탄성 기재의 길이 방향과 수직인 방향(D1에 수직인 방향)으로 분기되고 서로 이격된 복수의 서브 전극들(120, 220)을 포함한다. 제 1 전극 패턴의 서브 전극들과 제 2 전극 패턴의 서브 전극들은 서로 이격된 채 맞물린 형태를 갖는다.
- [0068] 이러한 압전 재료 시트는 도 2에서 탄성 기재(10)의 길이 방향과 평행하게 상기 몸체 전극들(110, 210)이 위치 하도록 배치되며, 후술하는 것처럼 압전 재료 시트는 전극 패턴들에 의해 탄성 기재의 길이 방향을 따라서 폴링 (poling)되고, 이에 의해 탄성 기재가 위아래로 진동함에 따라, 상기 압전 재료 시트 구조체의 기계적 변형이 일어나고 이에 의해 압전 효과에 의한 전력 수집이 가능하게 된다.
- [0069] 도 4 내지 5는 도 3의 실시예의 길이 방향의 단면도를 도시한다. 도 4에서 보는 것처럼 전극이 배치되고 폴링 과정에 의해 길이 방향을 따라 폴링이 이루어진다. 도 4에서는 전극이 외부로 노출된 것처럼 도시하였으나, 이는 편의상 설명을 위해 나타낸 도면이고 실제로는 도 5와 같이 배치될 수도 있고, 전극과 전극 사이에 공간이 있는 것처럼 도시되었으나 이는 설명을 위한 도면일 뿐이다.
- [0070] 본 발명의 압전 재료 시트 구조체의 경우 압전 재료 시트 구조체가 탄성 기재와 맞닿는 부분에는 전극이 직접 탄성 기재와 맞닿지 않도록 하기 위한 추가적인 압전 재료 시트층을 포함하는 것이 바람직하다.
- [0071] 도 6은 본 발명의 추가적인 실시예에 따른 압전 재료 시트 구조체의 단면도를 도시한다. 본 발명의 일 실시예에 따른 압전 재료 시트 구조체는 그 하면에 하부 전극이 직접 탄성 기재(10)와 맞닿지 않도록 하기 위한 추가적인 압전 재료 시트층(AL)을 포함할 수 있다.
- [0072] 탄성 기재에 하부 전극이 직접 맞닿아 부착되는 경우에는 탄성 기재의 변형이 일어날 경우 스트레인이 직접 압 전 재료 시트에 전달되는 것이 아니라 전극에 전달된 이후 압전 재료 시트에 전달되는 부분이 발생되므로 스트 레인의 효과가 압전 재료 시트에 극대화되지 못하는 문제점이 있다. 이를 해결하기 위해 추가적인 압전 재료 시 트층(AL)을 포함하고 이를 통해 탄성 기재의 스트레인이 압전 재료 시트에 직접 전달되도록 하는 것이 바람직하 다.
- [0073] 도 6에서는 압전 재료 시트 구조체의 압전 재료 시트(PZ1)와 추가적인 압전 재료 시트층(AL)이 서로 분리되어 있는 것처럼 도시되었으나, 이는 설명을 위해 편의상 도시된 것일 뿐이며, 실제 이용에 있어서는 적층을 한 후 소결에 의해 제작되므로 하나의 구조체로 이용되게 된다.
- [0074] 도 7a 및 7b는 본 발명의 일 실시예에 따른 압전 에너지 하베스터를 이용하게 에너지를 수집하는 모습에 관한 도면이다.
- [0075] 도 7a와 같이 탄성 기재(10) 상에 배치된 이후 탄성 기재가 위 아래로 진동하게 되면, 도 7a의 아래 모식도에서 나타낸 것처럼 탄성 기재(10)는 1->2->3->4 위치로 순차적으로 변하게 된다. 이러한 순차적인 탄성 기재(10)의 변형에 따라서 도 7b와 같이 시간(T)에 따라 전기에너지(V)의 수집이 발생된다. 도 7a의 실시예에서는 탄성 기 재(10)의 상부에 부착되어 있으므로 1 위치에서는 탄성 기재에 의해 압전 재료 시트 구조체가 늘어나기 때문에 양의 값을 나타내는 전기 에너지가 발생되고, 3 위치에서는 탄성 기재에 의해 압전 재료 시트 구조체가 수축하 기 때문에 음의 값을 나타내는 전기 에너지가 발생된다.
- [0076] 도 8a 및 8b는 본 발명의 일 실시예에 따른 압전 에너지 하베스터에서 탄성 기재의 상면 및 하면에 모두 압전 재료 시트 구조체가 배치된 경우의 실시예를 도시한다.
- [0077] 도 8a와 같이 압전 재료 시트 구조체가 탄성 기재의 제 1 단부의 상면 및 하면 모두에 배치된 경우, 전기 에너 지 수집을 위한 인출선이 연결된 위치가 상면에 배치된 압전 재료 시트 구조체의 전극 위치와 하면에 배치된 압 전 재료 시트 구조체의 전극 위치가 서로 엇갈리게 연결되는 것이 바람직하다.
- [0078] 즉, 인출선은 상면 압전 재료 시트 구조체의 전극 위치(110) 및 하면 압전 재료 시트 구조체의(120)에 각각 연 결되어 전기 에너지를 수집하면 된다. 즉, 전기 에너지 수집을 위한 인출선이 연결된 위치가 상면에 배치된 압 전 재료 시트 구조체의 전극 위치와 하면에 배치된 압전 재료 시트 구조체의 전극 위치가 서로 엇갈리게 연결되 는 것이 바람직하다. 왜냐하면 도 7의 실시예에서 설명한 것과 마찬가지로 도 8의 실시예에서도 탄성 기재가 진

동함에 따라 상면의 압전 재료 시트가 수축하는 경우 하면의 압전 재료 시트는 늘어날 것이고, 따라서 상면과 하면의 압전 재료 시트에서 발생하는 전기 에너지의 극성은 서로 반대가 될 것이며 이에 의해 수집되는 전기 에너지가 상쇄되는 문제점이 발생할 수 있기 때문이다. 따라서, 본 발명에서처럼 상면에 배치된 압전 재료 시트 구조체의 전극 위치와 하면에 배치된 압전 재료 시트 구조체의 전극 위치가 서로 엇갈리게 연결되면, 도 8b에서 보는 것처럼 보강 간섭에 의해 더욱 큰 전기 에너지의 수집이 가능하게 되는 장점을 갖는다.

- [0079] 도 8b에서 점선은 압전 재료 시트 구조체의 상면 및 하면의 전극 위치가 동일한 전극끼리 연결한 경우의 모습이며 이 경우에는 상쇄 간섭이 일어날 수 있으나, 본 발명에서 설명한 것처럼 서로 엇갈리게 전극 위치를 연결함으로써 보강 간섭을 이용해 실선과 같은 형태의 전기 에너지 수집이 가능하게 된다.
- [0080] 도 8의 실시예에서도 위에서 설명한 것과 동일하게 상면 및 하면의 압전 재료 시트 구조체 모두에서 압전 재료 시트 구조체가 탄성 기재와 맞닿는 부분에 전극이 직접 탄성 기재와 맞닿지 않도록 하기 위한 추가적인 압전 재료 시트층을 포함하는 것이 바람직하다.
- [0081] 지금까지 본 발명의 일 실시예에 따른 압전 에너지 하베스터에서 압전 재료 시트 구조체의 압전 재료 시트가 1개인 경우의 실시예에 대해서 설명하였으며, 이하에서는 압전 재료 시트가 2개 이상배치되는 경우의 실시예에 대해 설명하도록 하겠다.
- [0082] 압전 재료 시트가 2개 이상 배치되더라도 기본 원리는 동일하므로 위에서 설명한 것과 중복되는 내용은 모두 생략하도록 하겠으며, 복수개의 압전 재료 시트가 배치되는 부분에 대해서만 중점적으로 설명하도록 하겠다.
- [0083] 도 9는 본 발명의 일 실시예에 따른 압전 재료 시트 구조체를 설명하기 위한 사시도이다. 본 발명에서 압전 재료 시트 구조체는 2n개(n은 1 이상의 정수)의 압전 재료 시트가 서로 위아래로 적층되어 있고, 상기 2n개의 압전 재료 시트의 각각의 윗면 및 아랫면에 전극 패턴들이 배치되며, 상기 압전 재료 시트의 윗면 및 아랫면에 배치된 상기 전극 패턴들은 각각 제 1 전극 패턴 및 제 2 전극 패턴으로 이루어져 있으며, 상기 제 1 전극 패턴 및 제 2 전극 패턴은 전기적으로 절연되어 있고, 각각 서로 맞물리는(interdigitated) 전극 패턴을 형성하는 복수의 전극을 포함하고, 상기 전극 패턴들은 상하 방향으로 서로 동일한 형태로 투영되도록 배치되는 구조를 갖는다.
- [0084] 이 경우 상기 n-1번째 압전 재료 시트의 윗면에 배치된 전극 패턴과 상기 n-1번째 압전 재료 시트 위에 배치되는 n번째 압전 재료 시트의 아랫면에 배치된 전극 패턴은 동일한 전극 패턴이 된다.
- [0085] 도 10 내지 15의 실시예에서는 설명을 위해 편의상 압전 재료 시트가 2개이고 전극 패턴이 각각 아래 위에 배치되어 총 3개의 전극 패턴이 배치된 실시예를 개시하고 있으며, 이하에서는 이러한 실시예를 기초로 설명하도록 하겠다.
- [0086] 도 9에서 도시된 본 발명의 일 실시예에 따른 압전 재료 시트 구조체는, 두 개의 압전 재료 시트가 서로 위아래로 겹쳐 있고, 상기 두 개의 압전 재료 시트의 윗면, 아랫면, 그리고 사이에 전극 패턴들이 배치되며, 상기 전극 패턴들은 제 1 전극 패턴 및 제 2 전극 패턴으로 이루어져 있으며, 상기 제 1 전극 패턴 및 제 2 전극 패턴은 전기적으로 절연되어 있고, 각각 서로 맞물리는(interdigitated) 전극 패턴을 형성하는 복수의 전극을 포함하고, 상기 전극 패턴들은 상하 방향으로 서로 동일한 형태로 투영되도록 배치되며, 상기 두 압전 재료 시트의 압전 활성 영역의 분극 방향은 서로 반대이다.
- [0087] 도 9를 참고하면, 본 발명의 일 실시예에 따른 압전 재료 구조체는 두 개의 압전 재료 시트(PZ1, PZ2), 전극 패턴들(110, 120, 210, 220, 310, 320)을 포함한다.
- [0088] 두 개의 압전 재료 시트(PZ1, PZ2)는 압전성을 갖는 재료로 형성된 것으로, 특별히 한정되지 않는다. 상기 압전 재료의 예로서는, 압전 세라믹, 세라믹/폴리머 복합체 등을 들 수 있다.
- [0089] 전극 패턴들(110, 120, 210, 220, 310, 320)은 제 1 전극 패턴(110, 210, 310) 및 제 2 전극 패턴(120, 220, 320)의 쌍으로 이루어져 있으며, 상기 제 1 전극 패턴 및 제 2 전극 패턴은 전기적으로 절연되어 있고, 각각 서로 맞물리는(interdigitated) 전극 패턴을 형성하는 복수의 전극을 포함한다. 도 1에서 보는 것처럼 (110, 120)의 쌍, (210, 220)의 쌍, (310, 320)의 쌍으로 이루어진 전극 패턴들을 포함한다.
- [0090] 동일 평면상에서, 서로 맞물리도록 배치된 제1 전극 패턴들(110, 210, 310)과 제2 전극 패턴들(120, 220, 320) 사이의 이격 영역이 제1 및 제2 압전 재료 시트(PZ1, PZ2)의 압전 활성 영역이 된다. 압전 활성 영역의 분극 방향에 대해서는 도 11을 참조하여 후술하기로 한다.

- [0091] 제1 전극 패턴들(110, 210, 310)은 제1 방향(D1)으로 연장된 몸체 전극과 그 몸체 전극으로부터 제2 방향(D2)으로 분기되고 서로 이격된 복수의 서브 전극들을 포함한다. 제2 전극 패턴들(120, 220, 320)도 동일하게 몸체 전극과 서브 전극들을 포함하며, 동일 평면 상에서 제2 전극 패턴들(120, 220, 320)의 서브 전극들이 제1 전극 패턴들(110, 210, 310)의 서브 전극들과 제1 방향(D1)을 따라 번갈아 배열된다.
- [0092] 제1 압전 재료 시트(PZ1)는 한 쌍의 전극 패턴들(110, 120) 및 한 쌍의 전극 패턴들(210, 220) 사이에 배치되고, 제 2 압전 재료 시트(PZ2)는 한 쌍의 전극 패턴들(210, 220) 및 한 쌍의 전극 패턴들(310, 320) 사이에 배치된다.
- [0093] 한편 도 10에서는 두 압전 재료 시트(PZ1, PZ2)가 서로 이격된 것처럼 도시되었으나, 이는 두 개의 압전 재료 시트를 설명하기 위해 편의상 이격된 것처럼 도시된 것이며, 실제로는 두 개의 압전 재료 시트가 겹쳐져서 적층된 형태로 되어 있으며, 이격 공간은 존재하지 아니할 수 있다.
- [0094] 도 11 내지 12는 도 9의 I-I라인을 따라 절단한 단면도이다.
- [0095] 도 9와 함께 도 11 및 12를 참조하면, 제1 압전 재료 시트(PZ1)의 압전 활성 영역의 분극 방향은 제2 압전 재료 시트(PZ2)의 압전 활성 영역의 분극 방향과 서로 반대이다.
- [0096] 도 11에서는 제 1 압전 재료 시트(PZ1) 및 제 2 압전 재료 시트(PZ2)의 아래 윗면 각각에 전극이 배치된 것으로 개시되어 있으나, 이는 폴링(poling) 과정에서 제 2 압전 재료 시트와 제 2 압전 재료 시트의 분극 방향을 달리 하기 위해 전압을 걸어주는 방향을 달리함을 설명하기 위한 것일 뿐이며, 실제로는 도 12와 같은 모습을 갖는다.
- [0097] 도 11 및 12에서, 분극 방향은 점선 화살표로 나타낸다. 일 실시예에서, 압전 재료 시트 구조체의 일 영역 A에서, 제1 압전 재료 시트(PZ1)의 제1 측면(아랫면)에 서로 마주하여 배치된 제1 전극 패턴(110)의 일 서브 전극과 제2 전극 패턴(120)의 일 서브 전극 사이의 압전 활성 영역은 제1 분극 방향을 갖는다. 해당 영역 A에서, 제 1 압전 재료 시트(PZ1)의 제2 측면(윗면)에 서로 마주하여 배치된 제1 전극 패턴(210)의 일 서브 전극과 제2 전극 패턴(220)의 일 서브 전극 사이의 압전 활성 영역도 제1 분극 방향을 갖는다.
- [0098] 반면, 해당 영역 A에서, 제2 압전 재료 시트(PZ2)의 제1 측면(아랫면)에 서로 마주하여 배치된 제1 전극 패턴(210)의 일 서브 전극과 제2 전극 패턴(320)의 일 서브 전극 사이의 압전 활성 영역은 상기 제1 분극 방향과 반대인 제2 분극 방향을 갖는다. 또한, 해당 영역 A에서, 제2 압전 재료 시트(PZ2)의 제2 측면(윗면)에 서로 마주하여 배치된 제1 전극 패턴(310)의 일 서브 전극과 제2 전극 패턴(320)의 일 서브 전극 사이의 압전 활성 영역은 제2 분극 방향을 갖는다. 이에 따라, 영역 A에서는, 제1 압전 재료 시트(PZ1)의 압전 활성 영역은 제1 분극 방향을 가지고, 제2 압전 재료 시트(PZ2)의 압전 활성 영역은 제2 분극 방향을 가진다.
- [0099] 영역 A와 인접한 영역 B에서, 제1 압전 재료 시트(PZ1)의 제1 측면에 서로 마주하여 배치된 제1 전극 패턴(110)의 일 서브 전극과 제2 전극 패턴(120)의 일 서브 전극 사이의 압전 활성 영역은 제2 분극 방향을 갖는다. 해당 영역 A에서, 제1 압전 재료 시트(PZ1)의 제2 측면에 서로 마주하여 배치된 제1 전극 패턴(210)의 일 서브 전극과 제2 전극 패턴(220)의 일 서브 전극 사이의 압전 활성 영역도 제2 분극 방향을 갖는다.
- [0100] 반면, 해당 영역 B에서, 제2 압전 재료 시트(PZ2)의 제1 측면에 서로 마주하여 배치된 제1 전극 패턴(210)의 일 서브 전극과 제2 전극 패턴(220)의 일 서브 전극 사이의 압전 활성 영역은 제1 분극 방향을 갖는다. 또한, 해당 영역 B에서, 제2 압전 재료 시트(PZ2)의 제2 측면에 서로 마주하여 배치된 제1 전극 패턴(310)의 일 서브 전극과 제2 전극 패턴(320)의 일 서브 전극 사이의 압전 활성 영역은 제1 분극 방향을 갖는다. 이에 따라, 영역 B에서는, 제1 압전체(PZ1)의 압전 활성 영역은 제2 분극 방향을 가지고, 제2 압전체(PZ2)의 압전 활성 영역은 제1 분극 방향을 가진다.
- [0101] 영역 A 및 영역 B에서 각각 설명한 것과 같이, 본 발명에서는 압전 재료 구조체의 압전 활성을 갖는 일 영역에서, 제1 압전 재료 시트(PZ1)의 압전 활성 영역의 분극 방향과 제2 압전 재료 시트(PZ2)의 압전 활성 영역의 분극 방향은 제1 방향(D1)과 동일 축 상에서 서로 반대 방향이다(즉, 적층된 상태에서 위 아래로 배치된 각각의 제 1 압전 재료 시트의 영역과 제 2 압전 재료 시트의 영역의 분극 방향이 서로 반대 방향임). 이러한 분극 방향은 제1 및 제2 압전재료 시트(PZ1, PZ2)의 폴링 과정(poling process)에서 결정된다.
- [0102] 일 실시예에서, 폴링 과정은 한 쌍의 제1 전극 패턴들(110, 210)에는 (-) 전압을 인가하고 한 쌍의 제2 하부 전극 패턴들(120, 220)에는 (+) 전압을 인가한다. 이후, 한 쌍의 제1 전극 패턴들(210, 310)에는 (+) 전압을 인가하고, 한 쌍의 제2 전극 패턴들(220, 320)에는 (-) 전압을 인가함으로써 폴링 과정을 수행할 수 있다. 이때,

(+) 전압 및 (-) 전압은 각각 직류 전압으로 인가된다. 이에 따라, 도 11 및 12에서와 같이 나타내는 분극 방향과 같이 제1 및 제2 압전 재료 시트(PZ1, PZ2)의 압전 활성 영역을 분극시킬 수 있다.

[0103] 도 13은 본 발명의 일 실시예에 따른 압전 재료 시트 구조체가 폴링 과정을 거쳐 최종적으로 분극된 방향을 나타내는 도면이다. 이처럼 두 압전 재료 시트의 압전 활성 영역의 분극 방향은 반드시 반대일 필요는 없으나, 더욱 큰 에너지 수집을 위해서는 서로 반대인 것이 바람직하고, 이를 통해 캔틸레버 형태의 구조에서 탄성 기체가 진동함에 따라, 상기 압전 재료 시트 구조체의 기계적 변형이 일어나고 이에 의해 압전 효과에 의한 전력 수집이 가능할 수 있게 된다.

[0104] 도 14 및 도 15에서 보는 것처럼 도 13과 같이 두 압전 재료 시트의 압전 활성 영역의 분극 방향이 서로 반대인 압전 재료 시트 구조체의 경우, 도 14와 같은 휘어짐에 의해 탄성 기재(10)가 휘어짐에 의해 탄성 기재에서 가장 가까운 제 1 압전 재료 시트(PZ1)의 기계적 변형이 크게 일어나게 되고, 다음으로 제 2 압전 재료 시트(PZ2)의 기계적 변형이 제 1 압전 재료 시트(PZ1)보다는 작게 일어나게 된다. 또한, 도 15와 같은 휘어짐에 의해 탄성 기재에서 가까운 제 1 압전 재료 시트(PZ1)의 기계적 변형이 작게 일어나고, 다음으로 제 2 압전 재료 시트(PZ2)의 기계적 변형이 제 1 압전 재료 시트(PZ1)보다는 크게 일어나게 된다.

[0105] 이와 같이 2n개의 압전 재료 시트들이 배치되는 경우, 상기 압전 재료 시트들 중 위에 배치된 n개의 압전 재료 시트들의 압전 활성 영역의 분극 방향과 아래에 배치된 n개의 압전 재료 시트들의 압전 활성 영역의 분극 방향이 서로 반대인 것이 바람직하다.

[0106] 한편, 복수개의 압전 재료 시트들이 이용되는 경우, 압전 재료 시트 구조체는 복수개의 압전 재료 시트 및 전극 패턴들을 차례대로 적층시킨 후 소결 과정을 통해 상기 압전 재료 시트 구조체가 제작된다. 또한, 복수개의 압전 재료 시트가 적층되는 경우, 이들은 서로 전기적으로 병렬로 연결되는 것이 바람직하다. 이에 의해 진동을 전기 에너지로 변환하는 압전 에너지 하베스팅에서 일반적으로 좁은 진동 주파수 범위 내에 의해서만 전력 출력이 나타나기 때문에 진동 주파수에 대한 전력 출력 값의 관계에서 반치폭이 좁은 피크 형태로 나타나는 문제점을 해결할 수 있을 것이다. 왜냐하면 병렬로 연결됨에 따라 탄성 기재로부터 가까이 위치한 압전 재료 시트와 상대적으로 멀리 위치한 압전 재료 시트의 주파수에 따른 전기 에너지 출력값이 약간씩 상이하게 되고, 이에 의해 브로드한 범위의 출력값 피크 그래프를 얻게 되고, 따라서 전기 에너지 수집에 있어서 신뢰성 및 안정성이 향상될 수 있다. 즉, 본 발명에 따른 압전 에너지 하베스터는 복수개의 압전체가 적층된 구조체를 이용으로써 높은 전력 출력값을 나타내는 진동 주파수의 범위를 증가시켜 안정적으로 에너지 하베스팅을 구현한다.

[0107] 도 16 및 도 17은 본 발명의 일 실시예에 따른 압전 재료 시트 구조체를 이용할 때와 종래 기술에 따른 압전 재료 시트 구조체를 이용할 때를 비교하기 위한 비교 도면이다.

[0108] 도 16의 위에 도시된 도면과 같이 종래의 IDE 구조는 적층형이 아니라 벌크 압전 세라믹의 위아래 표면에만 구현되고 있었다. 그 이유는 IDE 구조를 포함한 압전 재료 시트 구조체의 제작시 두께를 얇게 구현하기가 어렵기 때문에 IDE 패턴을 이용한다고 하더라도 폴링 공정을 통해 길이 방향(33 모드)으로 형성되는 폴링에 의한 분극 밀도가 매우 낮아 길이 방향의 모드(longitudinal mode)를 이용한 다양한 압전 센서, 압전 트랜스듀서, 압전 액츄에이터, 압전 에너지 하베스터 응용시 성능 구현이 어려웠기 때문이다. 따라서, 종래 기술에서 언급한 것처럼 기존에는 31 모드로 이용되는 것이 일반적이었다. 그러나, 본 발명에서는 위에서 설명한 것처럼 IDE 패턴이 형성된 얇은 필름 형태의 압전 재료 시트 구조체를 여러장을 적층하고 이를 소결하여 동시 소성함으로써 구현할 수 있게 되었다. 특히 재료 결정학적으로 소결에 의해 하나의 바디를 이루게 됨으로써 단순히 적층만 되어 있는 것보다도 추가적인 차별이 이루어진다. 결국, 본 발명의 압전 재료 시트 구조체의 경우 33 모드 방향으로 분극 밀도 극대화가 가능하고(도 16의 아래 도면 확인), 이에 의해 다양한 압전체로의 응용시 우수한 성능 구현이 가능하게 되는 것이다.

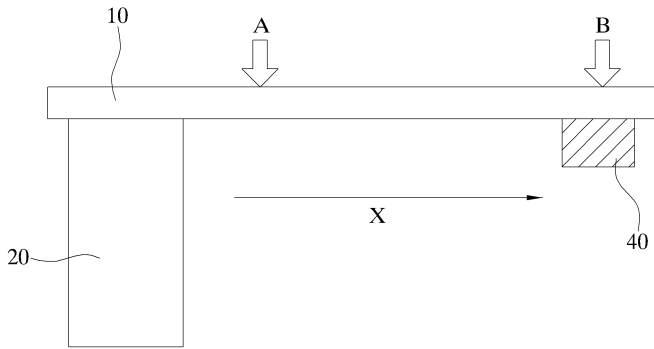
[0109] 또한, 도 17에서 도시된 것처럼, 캔틸레버 구조와 유사한 압전체필름/탄성체필름 라미네이트 구조에서, 현재 IDE 구조 압전체 필름을 탄성체 기판에 부착시 도 17의 맨 윗 도면과 같이 압전체 상단에만 IDE가 형성된 경우에는 탄성체 기판과 압전체 필름만 접합된 경우는 큰 변형(strain)은 유도되나 낮은 분극 밀도로 압전체 성능 구현이 어려움이 있고, 도 17의 가운데 도면과 같이 압전체 상하단 모두 IDE가 형성된 경우 탄성체 기판과 IDE 전극이 접합된 경우 적은 접합면적으로 인해 낮은 변형 유도로 압전체 변환 성능 구현이 어렵다는 문제점이 발생될 수 있다. 결국 도 17의 하단 도면과 같이 본 발명에 따라 압전체 상하단 모두 IDE가 형성되나 탄성체 기판과 접합된 IDE는 압전체 내부에 삽입(embedding)되어 탄성체 기판과 접합 면적도 넓고 높은 분극 밀도를 갖기 때문에 매우 우수한 압전체 변환 성능을 기대할 수 있게 된다.

[0110]

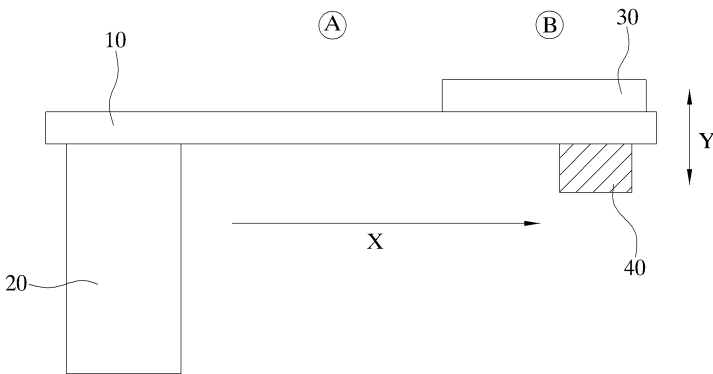
제시된 실시예들에 대한 설명은 임의의 본 발명의 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자가 본 발명을 이용하거나 또는 실시할 수 있도록 제공된다. 이러한 실시예들에 대한 다양한 변형들은 본 발명의 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에게 명백할 것이며, 여기에 정의된 일반적인 원리들은 본 발명의 범위를 벗어남이 없이 다른 실시예들에 적용될 수 있다. 그리하여, 본 발명은 여기에 제시된 실시예들로 한정되는 것이 아니라, 여기에 제시된 원리들 및 신규한 특징들과 일관되는 최광의 범위에서 해석되어야 할 것이다.

도면

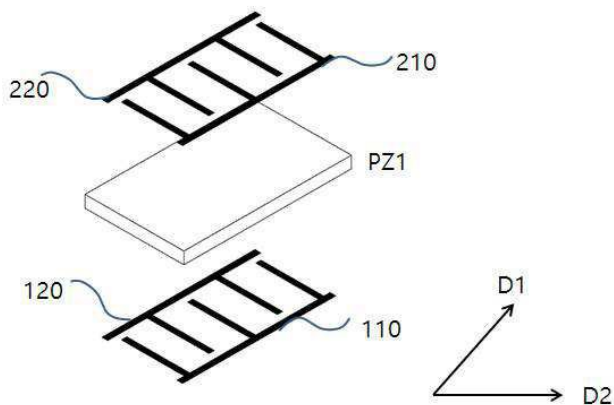
도면1



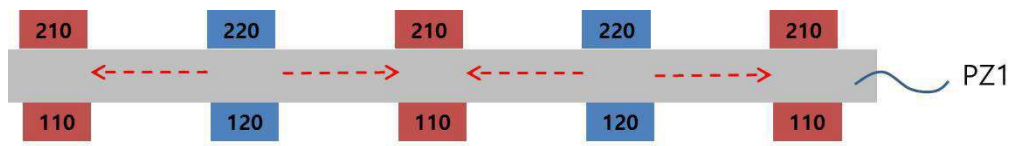
도면2



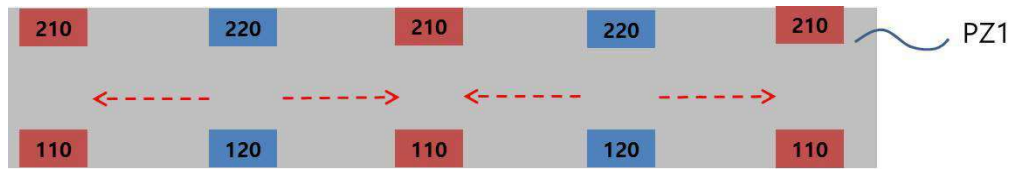
도면3



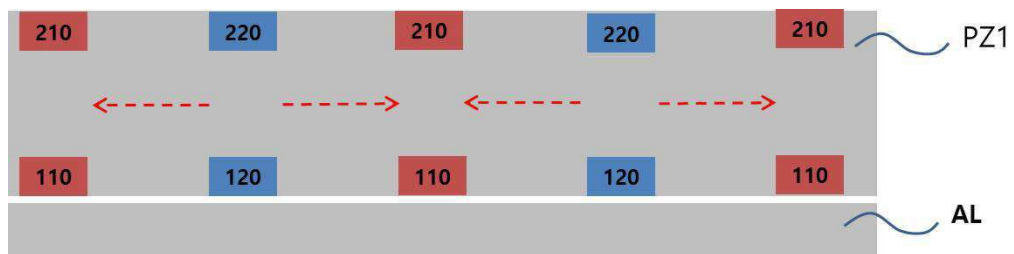
도면4



도면5



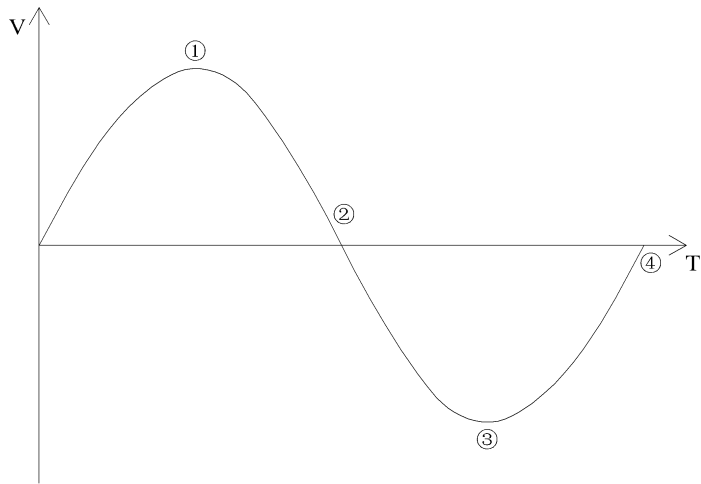
도면6



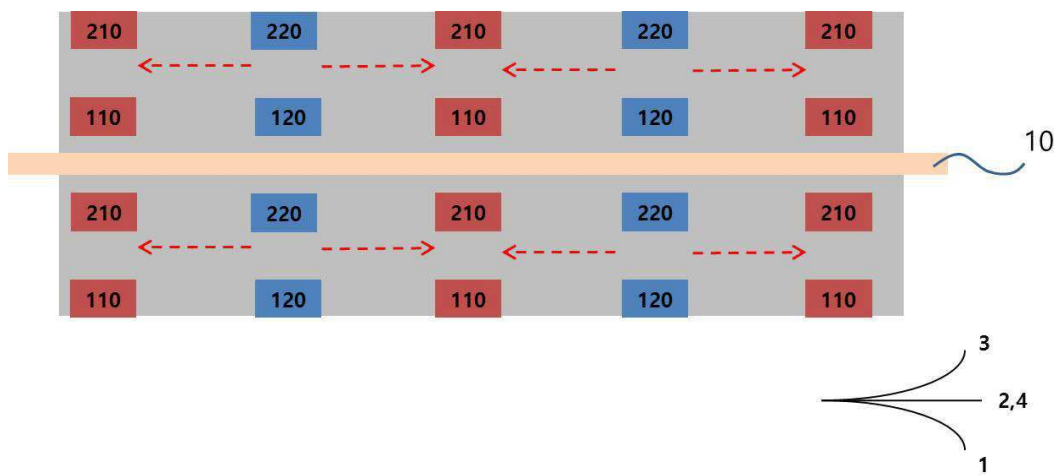
도면7a



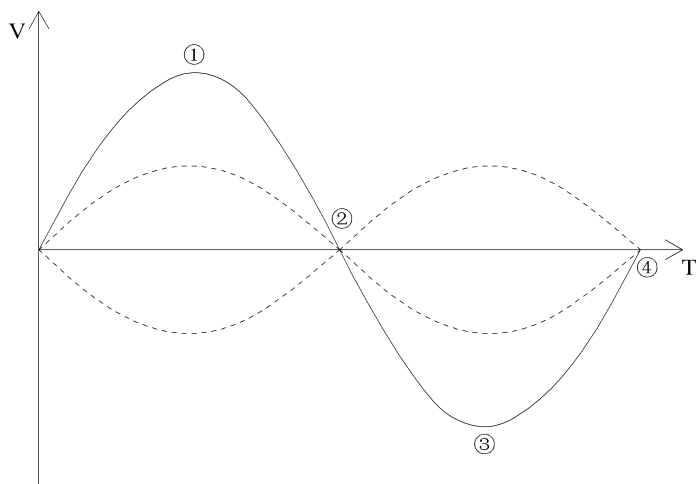
도면7b



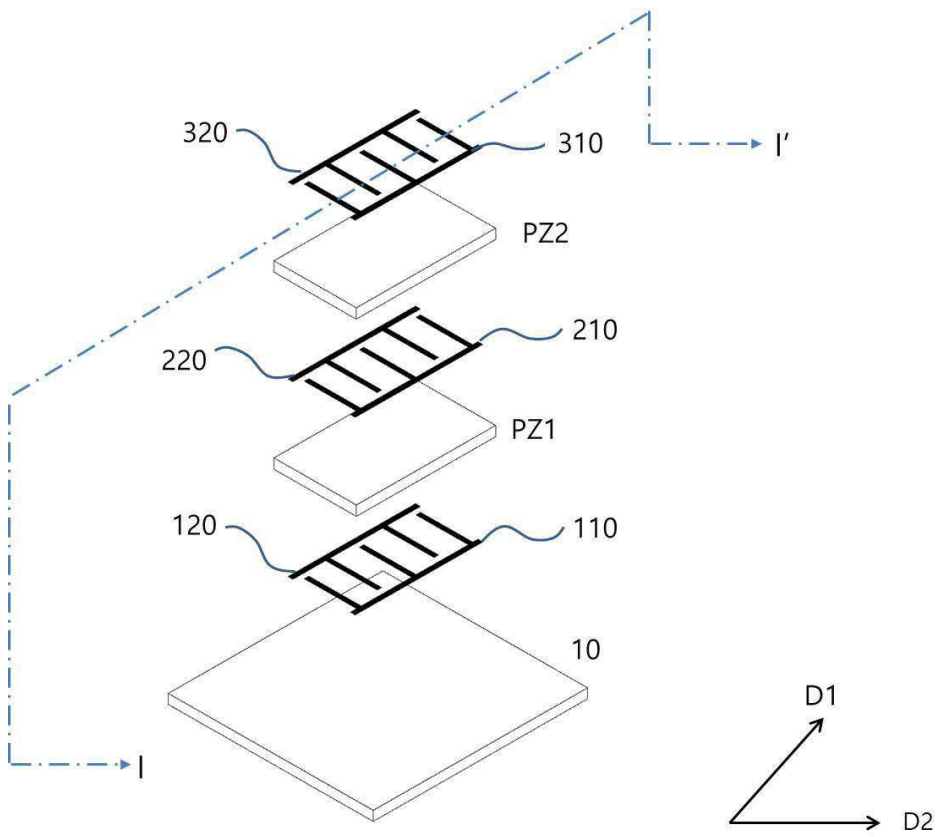
도면8a



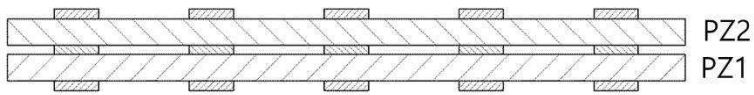
도면8b



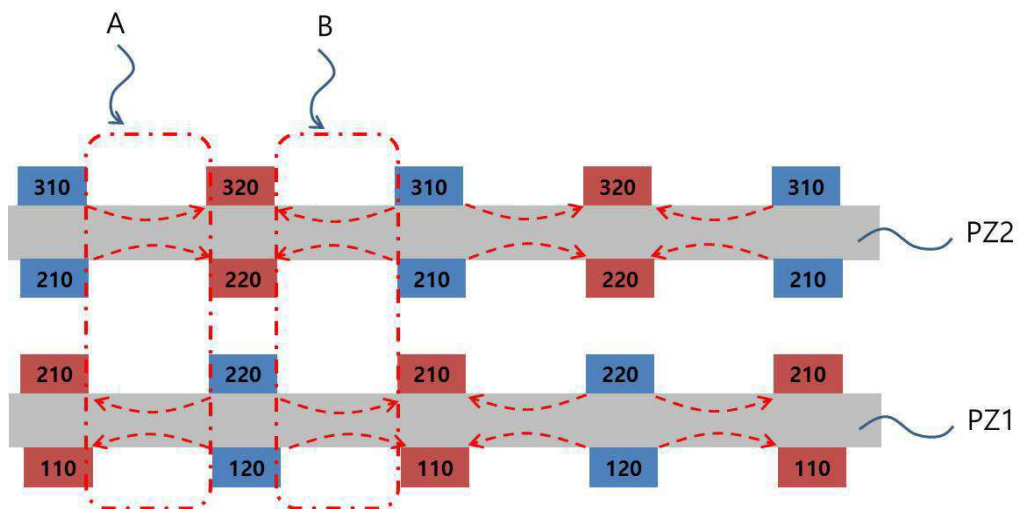
도면9



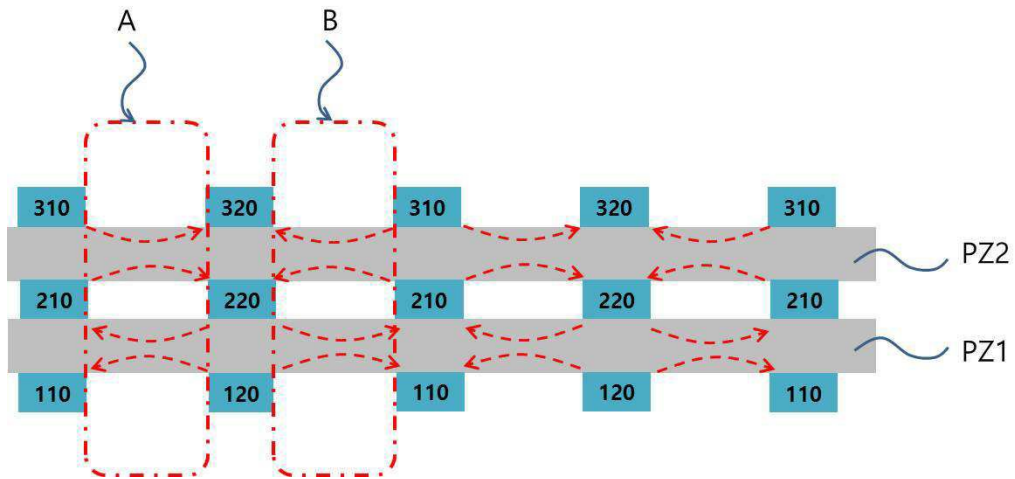
도면10



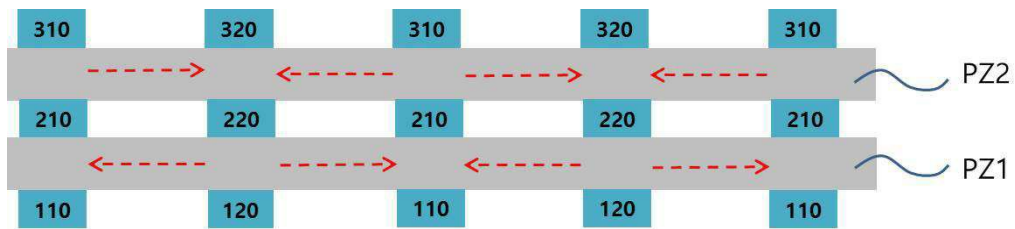
도면11



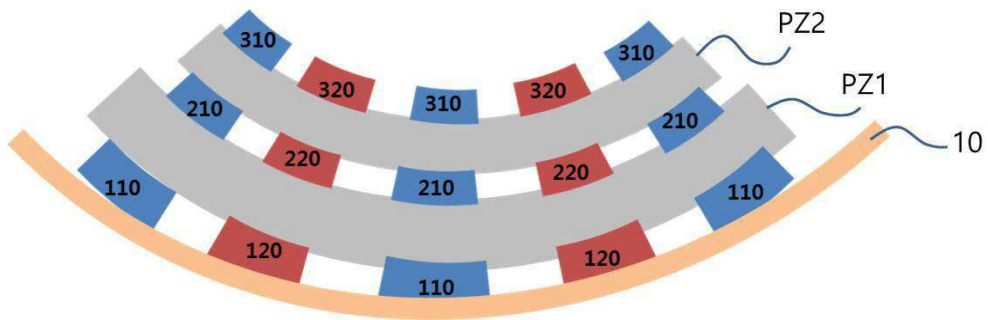
도면12



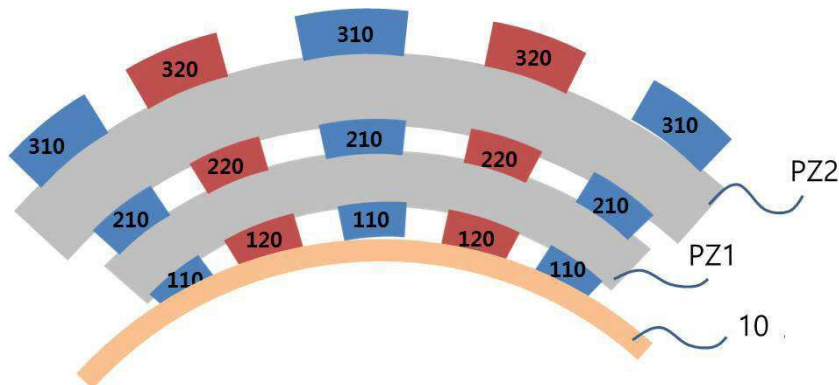
도면13



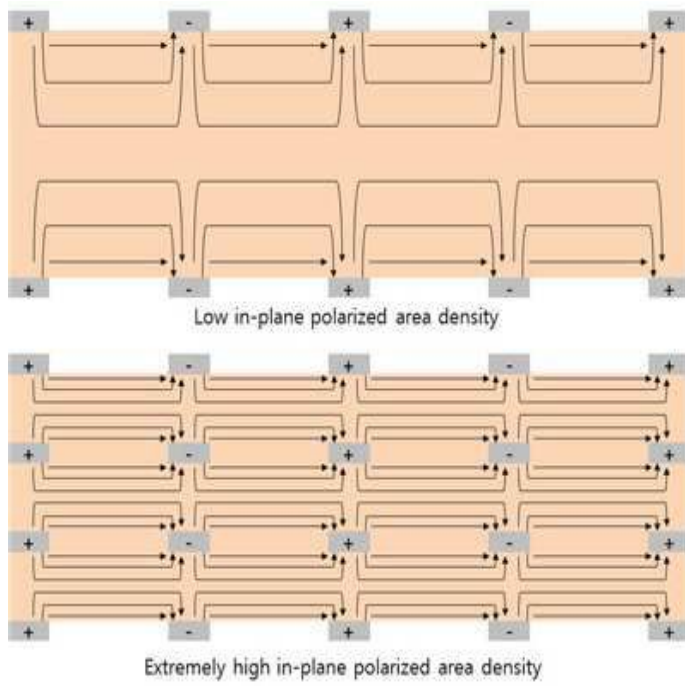
도면14



도면15



도면16



도면17

