(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2019-0081686
(43) 공개일자 2019년07월09일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01D 21/02 (2006.01) *G01K 13/02* (2006.01)
G01K 7/02 (2006.01) *G01P 5/08* (2006.01)
(52) CPC특허분류
G01D 21/02 (2013.01)
G01K 13/02 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2017-0184409
(22) 출원일자 2017년12월29일
심사청구일자 2017년12월29일

(71) 출원인
고려대학교 산학협력단
서울특별시 성북구 안암로 145, 고려대학교 (안암동5가)
(72) 발명자
최원준
서울특별시 영등포구 의사당대로 110, E동 1103호 (여의도동, 미성아파트)
서병석
서울특별시 강서구 강서로68길 108, 104동 1406호 (등촌동, 동성아파트)
(74) 대리인
김종선, 이형석

전체 청구항 수 : 총 15 항

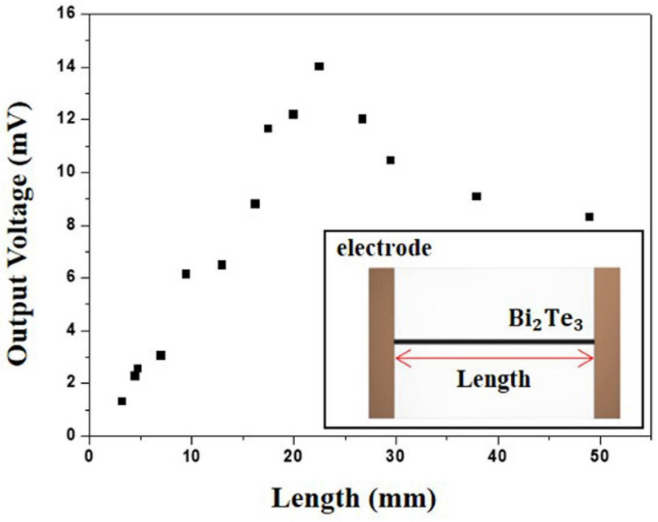
(54) 발명의 명칭 **유연센서**

(57) 요 약

본 명세서는 유연 기판; 상기 유연 기판 상에 형성된 열전체; 상기 유연 기판 상에 형성되고 상기 열전체의 일단에 연결된 제1금속전극; 및 상기 유연 기판 상에 형성되고, 상기 제1금속전극과 이격되어 상기 열전체의 다른 일단에 연결된 제2금속전극;을 포함하는 유연센서를 개시한다.

상기 유연센서는 단순히 온도와 유속을 동시에 높은 정확도로 측정할 수 있으며, 온도와 유속의 변화 또한 실시간으로 측정할 수 있다. 또한, 상기 유연센서는 곡면에 부착된 상태에서도 높은 정확도로 유체의 온도 및 유속을 측정할 수 있으며, 상기 측정에 의하여 자가 발전이 가능하다.

대 표 도 - 도1a



(52) CPC특허분류
G01K 7/02 (2013.01)
G01P 5/08 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 10080611
부처명 산업통상자원부
연구관리전문기관 한국산업기술평가관리원
연구사업명 산업기술혁신사업
연구과제명 자가 전원 기반 다중모드 환경 IoT 센서 통합플랫폼 개발
기 여 율 7/10
주관기관 고려대학교
연구기간 2017.07.01 ~ 2022.12.31
이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 NRF-2017M1A2A2044986
부처명 과학기술정보통신부
연구관리전문기관 한국연구재단
연구사업명 기후변화대응기초.원천기술개발사업
연구과제명 복합열화 현상 제어를 위한 고내구도/내피독성 분리판 설계/개발
기 여 율 3/10
주관기관 고려대학교
연구기간 2017.08.01 ~ 2022.12.31

명 세 서

청구범위

청구항 1

유연 기판;

상기 유연 기판 상에 형성된 열전체;

상기 유연 기판 상에 형성되고 상기 열전체의 일단에 연결된 제1금속전극; 및

상기 유연 기판 상에 형성되고, 상기 제1금속전극과 이격되어 상기 열전체의 다른 일단에 연결된 제2금속전극;을 포함하는 것을 특징으로 하는 유연센서.

청구항 2

제 1항에 있어서,

상기 열전체는 상기 제1금속전극과 한 지점에서 연결되는 제1연결부와 상기 제2금속전극과 이격된 두 지점에서 연결되는 제2연결부 및 제3연결부를 갖는 것을 특징으로 하는 유연센서.

청구항 3

제 1항에 있어서,

상기 제1금속전극, 상기 제2금속전극 및 상기 열전체 상에 형성되는 보호층을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 유연센서.

청구항 4

제 2항에 있어서,

상기 제1금속전극, 상기 제2금속전극 및 상기 열전체 상에 형성되는 보호층을 더 포함하는 것을 특징으로 하는 유연센서.

청구항 5

제 2항에 있어서,

상기 제1연결부로부터 소정 간격을 두고 위치한 분기점에서 상기 열전체가 분기하여 상기 제2연결부 및 상기 제3연결부에서 연결되고, 상기 제2연결부 및 제3연결부는 이격되어 있으며, 상기 분기점에서부터 상기 제2연결부까지의 열전체 가지의 길이와 상기 분기점에서부터 상기 제3연결부까지의 열전체 가지의 길이가 상이한 것을 특징으로 하는 유연센서.

청구항 6

제 4항에 있어서,

상기 제1연결부로부터 소정 간격을 두고 위치한 분기점에서 상기 열전체가 분기하여 상기 제2연결부 및 상기 제3연결부에서 연결되고, 상기 제2연결부 및 제3연결부는 이격되어 있으며, 상기 분기점에서부터 상기 제2연결부까지의 열전체 가지의 길이와 상기 분기점에서부터 상기 제3연결부까지의 열전체 가지의 길이가 상이한 것을 특

징으로 하는 유연센서.

청구항 7

제 2항에 있어서,

상기 제1연결부로부터 소정 간격을 두고 위치한 분기점에서 상기 열전체가 분기하여 상기 제2연결부 및 상기 제3연결부에서 연결되고, 상기 제2연결부 및 제3연결부는 이격되어 있으며,

상기 분기점으로부터 제2연결부 사이의 열전체 가지의 꺾임구조와 상기 분기점으로부터 제3연결부 사이의 열전체 가지의 꺾임구조가 서로 다른 것을 특징으로 하는 유연센서.

청구항 8

제 4항에 있어서,

상기 제1연결부로부터 소정 간격을 두고 위치한 분기점에서 상기 열전체가 분기하여 상기 제2연결부 및 상기 제3연결부에서 연결되고, 상기 제2연결부 및 제3연결부는 이격되어 있으며,

상기 분기점으로부터 제2연결부 사이의 열전체 가지의 꺾임구조와 상기 분기점으로부터 제3연결부 사이의 열전체 가지의 꺾임구조가 서로 다른 것을 특징으로 하는 유연센서.

청구항 9

제 5항에 있어서,

상기 열전체를 구성하는 열전소자는 비스무트 칼코게나이드계 화합물 또는 안티몬 칼코게나이드계 화합물 중 어느 하나 이상을 포함하는 것을 특징으로 하는 유연센서.

청구항 10

제 6항에 있어서,

상기 열전체를 구성하는 열전소자는 비스무트 칼코게나이드계 화합물 또는 안티몬 칼코게나이드계 화합물 중 어느 하나 이상을 포함하는 것을 특징으로 하는 유연센서.

청구항 11

제 9항에 있어서,

상기 열전체의 두께가 50nm 내지 1㎛ 사이인 것을 특징으로 하는 유연센서.

청구항 12

제 10항에 있어서,

상기 열전체의 두께가 50nm 내지 1㎛ 사이인 것을 특징으로 하는 유연센서.

청구항 13

제 12항에 있어서,

상기 보호층은 PMMA(poly methylmethacrylate), PS(polystyrene), 페놀계 고분자, 아크릴계 고분자, 폴리이미드(polyimide)와 같은 이미드계 고분자, 아릴에테르계 고분자, 아마이드계 고분자, 불소계 고분자, p-자일리렌계 고분자, 비닐알콜계 고분자, 파릴렌(parylene), 및 이들의 하나 이상을 포함하는 화합물로 구성된 그룹으로부터 선택된 하나 이상의 재료를 포함하는 것을 특징으로 하는 유연센서.

청구항 14

제 13항에 있어서,

상기 보호층의 두께가 1㎛ 내지 50㎛ 사이인 것을 특징으로 하는 유연센서.

청구항 15

제 14항에 따른 유연센서 복수 개를 포함하며, 상기 복수 개의 유연센서의 각 열전체가 측정대상인 유체를 향하여 일부 또는 모두 노출되고, 상기 유연센서들은 병렬적으로 연결된 것을 특징으로 하는 유연센서 어레이.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 유연한 유체 온도-유속 센서에 관한 것으로서, 보다 구체적으로는 열전소재의 기하학적 패턴을 활용한 유연한 유체 온도-유속 센서와 상기 유체 온도-유속센서를 복수 개 포함하는 유연센서 어레이에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0003] 유체의 환경과 관련된 여러 측정값 중 유체의 유속과 유체의 온도는 유체의 유동성을 예측함에 있어서 가장 기초적이며 중요한 변수라고 할 수 있다. 유체의 온도를 측정함으로써 유체의 밀도 및 점도 등을 미루어 짐작할 수 있으며, 유체의 유속을 측정함으로써 유체의 유량 등에 대하여 예측할 수 있다.

[0004] 한국 등록특허 제10-1693604호는 내부에 유체가 이동할 수 있는 파이프와 상기 파이프의 내부에 흐르는 유체 상에 부유하는 플로트유닛과 상기 파이프의 외면에 형성된 자성물질을 활용하여 상기 파이프의 내부를 통과하는 유체의 유속을 측정할 수 있는 발명을 게시하고 있다. 다만, 해당 발명은 오로지 유체의 유속만을 측정할 수 있으며, 자성을 활용한다는 제한점이 있고, 유체에 부유물의 일종인 플로트유닛을 추가되므로 유체의 특성에 변화를 초래할 위험이 있으며, 유체가 내부에 흐르는 파이프의 크기 및 모양에 부합하는 자성물질을 준비하여야만 한다는 문제점이 있다. 특히, 해당 발명은 굴곡진 파이프에는 사실상 적용이 불가능하다.

[0005] 반면, 한국 등록특허 제10-1211998호는 배관 내부 또는 관형 반응로의 배관 내부 온도를 측정하는 온도센서를 개시하고 있다. 해당 발명은 유체의 유속에 대해서는 측정이 불가능하다는 단점이 있으며, 온도 측정부가 배관의 내부에 삽입되어야 하므로 유체의 유동을 방해할 수 있다는 문제점이 있다. 또한 온도센서를 설치하기 위하여 별도로 골이 형성된 배관을 준비해야 한다는 점도 해당 발명의 중요한 한계점이라고 할 것이다.

[0006] 또한 양 발명 모두 센서를 구동하기 위한 별도의 장치를 구비할 것을 요구한다. 별도의 전원부를 구비해야 한다는 점은 배관부와는 별개로 공간을 점유하는 장비를 추가로 설치해야 하거나, 공간이 부족한 경우 긴 도선을 활용하여야 하거나, 수명이 짧은 전지 등으로 만족하여야 한다는 것을 의미한다. 따라서, 유체의 상시 관측에 일정부분 한계가 있을 것임을 추론할 수 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0008] (특허문헌 0001) 한국 등록특허 제10-1693604호

(특허문헌 0002) 한국 등록특허 제10-1211998호

발명의 내용

해결하려는 과제

[0009] 본 발명은 상술한 문제점들을 해결하기 위하여 안출된 것으로서 본 발명의 제 일 목적은 유체의 온도와 유속을 동시에 측정할 수 있는 유체 센서를 제공하는 것이다.

[0010] 본 발명의 제 이 목적은 유체의 온도와 유속을 동시에 측정하되, 유체의 흐름을 방해하지 않는 유체 센서를 제공하는 것이다.

[0011] 본 발명의 제 삼 목적은 유연(Flexible)한 구조를 가짐으로써 임의의 굴곡진 면을 따라 유동하는 유체의 온도 및 유속을 측정할 수 있는 유체 센서를 제공하는 것이다.

[0012] 본 발명의 제 사 목적은 별도의 전원 공급 없이 반영구적으로 구동 가능한 유체 센서를 제공하는 것이다.

과제의 해결 수단

[0014] 상술한 목적을 달성하기 위하여 본 명세서는 유연 기판(110); 상기 유연 기판(110) 상에 형성된 열전체(130); 상기 유연 기판(110) 상에 형성되고 상기 열전체(130)의 일단에 연결된 제1금속전극(110); 및 상기 유연 기판(110) 상에 형성되고, 상기 제1금속전극(110)과 이격되어 상기 열전체(130)의 다른 일단에 연결된 제2금속전극(120);을 포함하는 유연센서를 개시한다.

[0016] 상기 유연센서는 상기 제1금속전극(110)과 상기 제2금속전극(120) 및 상기 열전체(130) 상에 형성되는 보호층(140)을 더 포함할 수 있다. 또한, 상기 보호층(140)은 PMMA(poly methylmethacrylate), PS(polystyrene), 페놀계 고분자, 아크릴계 고분자, 폴리이미드(polyimide)와 같은 이미드계 고분자, 아릴에테르계 고분자, 아마이드계 고분자, 불소계 고분자, p-자일리렌계 고분자, 비닐알콜계 고분자, 파릴렌(parylene), 및 이들의 하나 이상을 포함하는 화합물 중 하나 이상의 재료를 포함하는 하나 이상의 층인 것이 바람직하다. 또한, 상기 보호층(140)의 두께는 1㎛ 내지 50㎛인 것이 바람직하다.

[0018] 상기 열전체(130)와 상기 제1금속전극(110) 또는 상기 제2금속전극(120) 사이의 연결 양상은 다음과 같다. 상기 열전체(130)는 상기 제1금속전극(110)과 한 지점에서 연결되는 제1연결부(111)를, 상기 제2금속전극(120)과 이격된 두 지점에서 연결되는 제2연결부(121), 및 제3연결부(122)를 갖는 것이 바람직하다.

[0019] 특히, 상기 열전체(130)가 상기 제1금속전극(110)과 연결된 제1연결부(111)로부터 일정간격 떨어진 분기점(131)에서 상기 열전체(130)가 분기하여 상기 제2금속전극(120)과 제2연결부(121) 및 제3연결부(122)에서 연결되고, 상기 제2연결부(121) 및 제3연결부(122)는 이격되어 있으며, 상기 분기점(131)에서부터 상기 제2연결부(121)까지의 열전체 가지의 기하학적 패턴과 상기 분기점(131)에서부터 상기 제3연결부(122)까지 열전체 가지의 기하학적 패턴이 상이한 것이 바람직하다.

[0021] 상기 기하학적 패턴이 상이한 것의 일 예시로서 상기 분기점(131)에서부터 상기 제2연결부(121)까지의 열전체 가지의 길이와 상기 분기점(131)에서부터 상기 제3연결부(122)까지의 열전체 가지의 길이가 상이한 것을 고려할 수 있다. 상기 기하학적 패턴이 상이한 것의 다른 예시로서 상기 분기점(131)에서부터 상기 제2연결부(121)까지의 열전체 가지의 꺾임구조와 상기 분기점(131)에서부터 상기 제3연결부(122)까지의 열전체 가지의 꺾임구조가 상이한 것을 고려할 수 있다.

[0023] 꺾임구조란 상기 열전체 가지가 굴절된 모양을 의미한다. 상기 꺾임구조가 상이한 예시로서 다음을 고려할 수 있다. 상기 제1연결부(111)를 영점으로 하고 유연센서의 길이방향을 X축이라고 정의하였을 때, 상기 분기점(131)으로부터 상기 제2연결부(121)까지의 열전체 가지 상에 꺾인 지점의 X 좌표(X_1)가 상기 분기점(131)으로부터 상기 제3연결부(122)까지의 열전체 가지 상에 꺾인 지점의 X 좌표(X_2)와 상이한 것이 일 예시이다. 상기 X1 및 X2은 동일하지만 상기 열전체 가지가 각각 꺾이는 각도가 상이한 것 또한 꺾임구조가 상이한 일 예시로 고려할 수 있다.

[0025] 상기 열전체(130)를 구성하는 열전소자는 비스무트 칼코게나이드계 화합물 또는 안티몬 칼코게나이드계 화합물 중 최소한 어느 하나 이상을 포함하는 것이 바람직하다. 또한, 상기 열전체(130)의 두께는 50㎚ 내지 1㎛ 사이인 것이 바람직하다.

[0027] 더하여, 본 명세서는 상술한 유연센서 중 어느 하나 이상을 복수 개 포함하며, 상기 복수 개의 유연센서의 각 열전체(130)가 측정대상인 유체를 향하여 일부 또는 모두 노출되고, 상기 유연센서들이 병렬적으로 연결된 유연센서 어레이(Array)를 개시한다. 상기 유연센서 어레이는 또 다른 유연센서 어레이와 함께 군을 이루어 유체의 온도 및 유속을 대면적으로 측정할 수 있다.

발명의 효과

[0029] 본 명세서가 개시하고 있는 유연센서를 활용함으로써 다음과 같은 효과를 향유할 수 있다.

[0030] 본 발명의 유연센서는 박막형태로 제조가 가능하여 측정대상인 유체의 흐름을 방해하지 않으면서 상기 유체의 온도와 유속을 동시에 정확도 있게 측정할 수 있다는 장점을 가진다.

[0031] 또한, 본 발명의 유연센서는 곡률의 변화가 가능하여 임의의 굴곡진 면을 따라서 흐르는 유체라고 할지라도 그 온도 및 유속을 정확히 측정할 수 있다.

[0032] 더하여, 본 발명의 유연센서는 측정대상인 유체의 온도를 에너지원으로 하여 자가발전이 가능하므로 별도의 전원공급 없이도 구동이 가능하다는 장점이 있다.

[0033] 덧붙여, 본 발명의 유연센서는 상기 유연센서가 부착될 파이프의 외관 내지 내관을 특정한 형태로 가공하지 않고서도 그 부착이 가능하여 기제작된 파이프에 대해서도 사용이 용이하다.

도면의 간단한 설명

[0035] 도 1은 본 발명의 유연센서의 기본구조와 작동원리를 설명하기 위한 모식도 및 상기 유연센서에 포함된 열전체(130)의 길이방향 변수에 대한 실험 데이터이다.

도 2는 본 발명의 유연센서의 구조에 대한 모식도와 본 발명의 일 실시예의 실물 사진이다.

도 3은 본 발명의 일 실시예인 유연센서에 대한 온도 및 유속 측정 데이터 예시 및 실측 데이터이다.

도 4는 본 발명의 유연센서가 측정대상인 유체의 온도 및 유속에 대하여 가지는 정확도를 도시한 것이다.

도 5는 본 발명의 유연센서의 일 실시예의 작동방식을 시뮬레이션을 통하여 해석한 결과이다.

도 6은 본 발명의 유연센서의 열전체(130)와 금속전극 사이의 연결양상에 대한 예시도이다.

도 7은 본 발명의 유연센서 어레이의 구조도 및 실물과 실제 상기 유연센서 어레이가 대면적의 유체 온도 및 유속을 측정한 결과이다.

도 8은 본 발명의 유연센서에 포함된 열전체(130)의 길이방향 변수들을 달리하여 유체의 온도 및 유속를 측정한 데이터이다.

도 9는 본 발명의 유연센서의 곡률만을 달리하였을 때 측정된 유체의 온도 및 유속 데이터이다.

도 10은 본 발명의 유연센서가 측정 중인 유체의 환경이 변화하였을 때 그 변화 전과 후의 온도 및 유속을 연속적으로 측정한 데이터이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0036] 본 출원에서 사용하는 용어는 단지 특정한 예시를 설명하기 위하여 사용되는 것이다. 때문에 가령 단수의 표현은 문맥상 명백하게 단수여야만 하는 것이 아닌 한, 복수의 표현을 포함한다. 덧붙여, 본 출원에서 사용되는 "포함하다" 또는 "구비하다"등의 용어는 명세서 상에 기재된 특징, 단계, 기능, 구성요소 또는 이들을 조합한 것이 존재함을 명확히 지칭하기 위하여 사용되는 것이지, 다른 특징들이나 단계, 기능, 구성요소 또는 이들을 조합한 것의 존재를 예비적으로 배제하고자 사용되는 것이 아님에 유의해야 한다.

[0037] 한편, 다르게 정의되지 않는 한, 본 명세서에서 사용되는 모든 용어들은 본 발명이 속하는 기술 분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 일반적으로 이해되는 것과 동일한 의미를 가진 것으로 보아야 한다. 따라서, 본 명세서에서 명확하게 정의하지 않는 한, 특정 용어가 과도하게 이상적이거나 형식적인 의미로 해석되어서는 안 된다.

[0039] 본 발명의 유연센서 중 가장 간단한 실시형태

[0040] 본 발명의 유연센서는 그 구성요소로서 유연 기판(110); 상기 유연 기판(110) 상에 형성된 열전체(130); 상기 유연 기판(110) 상에 형성되고 상기 열전체(130)의 일단에 연결된 제1금속전극(110); 및 상기 유연 기판(110) 상에 형성되고, 상기 제1금속전극(110)과 이격되어 상기 열전체(130)의 다른 일단에 연결된 제2금속전극(120); 을 포함할 수 있다. 이하에서는 각 구성요소의 역할 및 그 예시에 관하여 서술한다.

[0042] <본 발명의 유연기판>

[0043] 본 발명의 유연기판(110)은 일면에 열전체(130)와 금속전극이 형성되므로 기판(110)으로서 기능할 수 있다. 또한, 상기 유연기판(110)은 유연한 성질을 가지는 것이 바람직하다. 유연한 성질이란, 외력에 의하여 상기 유연기판(110)을 물리적으로 변형하더라도 기능 발휘에 지장이 발생하지 않는 것을 의미하며, 상기 물리적 변형이란 주로 상기 기판(110)의 곡률에 변형을 주어 휘게 만드는 것을 의미한다. 상기 유연기판(110)의 특성으로서 유연한 성질이 요구되는 것은 통상적으로 유체가 흐르는 배관 등의 시설이 일정한 곡률을 가지는 경우가 많기 때문이다. 상기 열전체(130)와 상기 금속전극은 모두 휘어질 수 있는 물질이므로 상기 유연센서는 센서 전체가 휘어질 수 있다는 특징을 갖는다.

[0045] 다만, 상기 유연기판(110)이 반드시 유연한 성질을 가져야만 하는 것은 아니며, 센서의 사용용도나 목적에 따라 유연하지 않은 기판(110)을 사용할 수도 있다. 유연성을 확보할 수 없거나 확보하지 않아도 되는 경우를 모두 생각할 수 있으며, 각각의 목적에 맞는 기판(110)의 선택이 가능하다. 가령, 매우 높은 온도를 가진 유체의 특성을 측정하기 위해서는 용융점이 높은 기판(110)을 채용할 필요가 있으며, 그런 경우에는 유연하지 않은 열가소성 고분자를 기판(110)으로 선택할 수 있다.

[0046] 그러므로, 본 명세서에서는 본 발명을 유연센서라 지칭하고 있으나, 그와 같은 지칭이 반드시 유연한 기판(110)만을 예정하고 있는 것은 아니다. 따라서, 본 발명의 유연 기판(110)에 대한 바람직한 예시는 아래와 같으나, 이에 제한되지 않는다. 본 기술 분야의 통상의 기술자는 본 발명에서 공개하고 있는 사상을 변형하여 얼마든지 그 사용 목적에 맞는 적절한 기판(110)을 선택할 수 있을 것이다.

[0048] 본 발명의 유연 기판(110)에 대한 예시로서, PDMS(Poly dimethyl siloxane), 폴리이미드(Polyimide), 폴리카보네이트(Poly carbonate), PMMA(Poly methyl methacrylate), 사이클릭올레핀 코폴리머(COC;Cyclo olefin copolymer), 파릴린(Parylene), 폴리에틸렌 테레프탈레이트(PET), 폴리부틸렌테레프탈레이트(PBT), 폴리실란(polysilane), 폴리실록산(polysiloxane), 폴리실라잔(polysilazane), 폴리카르보실란(polycarbosilane), 폴리아크릴레이트(polyacrylate), 폴리메타크릴레이트(polymethacrylate), 폴리메틸아크릴레이트(polymethylacrylate), 폴리메틸메타크릴레이트(PMMA), 폴리에틸아 크릴레이트(polyethylacrylate), 폴리에틸

메타크릴레이트 (polyethylmetacrylate), 사이클릭올레핀 폴리머 (COP), 폴리에틸렌(PE), 폴리프로필렌(PP), 폴리스타이렌(PS), 폴리아세탈(POM), 폴리에테르에테르케톤(PEEK), 폴리에스테르설폰(PES), 폴리테트라플루오로에틸렌(PTFE), 폴리비닐클로라이드(PVC), 폴리비닐리덴플로라이드 (PVDF), 퍼플루오로알킬 고분자(PFA) 중 어느 하나로 구성되거나 이들의 조합이 바람직하다.

[0050] <본 발명의 금속전극>

[0051] 본 발명의 제1금속전극(110)과 제2금속전극(120)은 상기 기판(110)의 일면에 부착되며, 제1금속전극(110)이 부착된 면과 제2금속전극(120)이 부착된 면은 같은 면인 것이 바람직하다. 상기 '부착(付着)'된다 함은 서로 부착이 되는 두 물체가 서로 떨어지지 않게 붙는 것을 의미하며, 접착, 응착, 증착 등을 포함하는 포괄적인 개념으로서 사용된 것이다.

[0052] 다만, 상기 제1금속전극(110)과 상기 제2금속전극(120)은 그 소재가 금속임을 전제하고 있음으로 바람직하게는 증착(蒸着)에 의하여 상기 기판(110)에 부착될 수 있다. 증착의 방식은 크게 화학적 증착(Chemical vapor deposition, CVD)과 물리적 증착(Physical vapor deposition, PVD)으로 분류된다. 화학적 증착은 상기 기판(110)의 표면에서 화학 반응이 일어나도록 유도하여 증착하는 방식이고, 물리적 증착은 증착 대상인 물질의 운동 에너지를 증가시켜 기판(110)의 표면에 쌓이도록 하는 방식이다.

[0054] 또한, 상기 제1금속전극(110)과 상기 제2금속전극(120)은 그 쓰임이 전극임을 전제하고 있음으로 물리적 증착에 의하여 상기 기판(110)에 부착되는 것이 가장 바람직하다. 이는 물리적 증착을 통하여 제1금속전극(110)과 제2금속전극(120)의 순도를 손쉽게 높일 수 있기 때문이다. 제1금속전극(110)과 제2금속전극(120)의 순도가 높아질수록 유체의 온도와 유속 측정 시 노이즈(Noise)가 줄어들게 된다. 다만, 이에 제한되지 않으며 반도체 디바이스 제조 시 이용되는 MOCVD(Metal-Organic Chemical Vapor Deposition)등의 방법 또한 사용할 수 있다.

[0055] 상술한 물리적 증착 방식으로는 열증발 진공증착(Thermal evaporation decomposition, TED), 스퍼터링 증착(Sputtering Decomposition, SD), 이온빔 보조증착(Ion-beam assisted decomposition) 등이 모두 포함된다. 본 발명의 상기 금속전극들을 증착하기 위한 방식으로서 상술한 물리적 증착 방식이 모두 가능하다. 가령, 스퍼터링 증착의 예시인 RF 스퍼터링, RF 마그네트론 스퍼터링, 이온빔 스퍼터링, HiTUS(High-target-utilization sputtering), HiPIMS(High-power impulse magnetron sputtering) 중 어느 하나의 방식을 사용하여 상기 금속전극들의 증착이 가능하다.

[0057] 덧붙여, 상기 제1금속전극(110)과 상기 제2금속전극(120)은 상기 기판(110)의 동일면에 부착되되, 이격되어 부착되는 것이 바람직하다. 이 때, '이격'된다는 것은 일정한 간격을 두고 떨어진다는 것을 의미한다. 만일 상기 두 금속전극이 이격되지 않는 다면, 각각이 개별 전극으로서 기능할 수 없게 된다.

[0058] 가령, 제1금속전극(110)이 양극으로 기능하는 경우에는 제2금속전극(120)은 음극으로 기능하는 것이 바람직하다. 반대로 제1금속전극(110)이 음극으로 기능하는 경우에는 제2금속전극(120)은 양극으로 기능하는 것이 바람직하다. 다만, 제1금속전극(110)은 양극으로 설계될 수도 있고 음극으로 설계될 수도 있음에 주의할 필요가 있다.

[0060] 상기 제1금속전극(110)과 상기 제2금속전극(120)의 소재로서 다양한 금속이 사용될 수 있다. 예를 들면, 구리(Cu), 니켈(Ni), 백금(Pt), 루테늄(Ru), 로듐(Rh), 금(Au), 텅스텐(W), 코발트(Co), 팔라듐(Pd), 티타늄(Ti), 탄탈륨(Ta), 철(Fe), 몰리브덴(Mo), 하프늄(Hf), 란타늄(La), 이리듐(Ir) 및 은(Ag) 등에서 선택되는 어느 하나 또는 둘 이상을 포함할 수 있다. 또한 금속전극층의 금속전극은 산소(O) 등의 비금속 원소를 더 포함할 수 있다.

[0062] 또한, 상기 제1금속전극(110)과 상기 제2금속전극(120)은 각각 전도성 물질을 더 포함할 수 있다. 상기 전도성 물질로는 등방성 입자, 비등방성 입자 또는 등방성 입자와 비등방성 입자의 혼합 입자를 고려할 수 있다. 등방성 입자의 경우 공간 채움 특성이 우수하여 균질하고 안정적인 전기적 특성의 구현이 가능하다. 다만, 등방성

입자의 경우 접촉 반경이 상대적으로 좁다는 단점이 있다. 반면, 비등방성 입자의 경우, 상대적으로 등방성 입자에 비하여 대면적의 접촉이 가능하여 본 발명의 센서가 물리적으로 고도로 변형된 상태에 이를지라도 전극의 전도 특성이 훼손되는 것을 방지할 수 있다. 가령, 탄소나노튜브, 탄소나노와이어, 은 나노와이어와 같이 물질 자체의 특성 또는 나노디멘션에 의하여 유연성을 가지는 물질이 상기 금속전극에 더 포함되는 경우에는 전극자체의 유연성이 추가로 증가할 수 있다.

[0064] 덧붙이자면, 상기 제1금속전극(110)과 상기 제2금속전극(120)은 서로 다른 금속을 포함할 수 있으나, 센서로서 성능을 증대시키기 위해서는 동일한 구성을 가지는 것이 바람직하다. 또한, 높은 전기전도도와 제작 단가 측면에서 구리(Cu)를 사용하는 것이 바람직할 수 있다.

[0066] 다만, 상기 제1금속전극(110)과 상기 제2금속전극(120)의 외형이 동일해야 하는 것은 아니나 상기 열전체(130)와의 접촉 및 고정을 고려하였을 때, 그 두께가 동일한 것이 바람직하다. 또한, 유체의 온도와 유속을 측정함에 있어서 가장 핵심적인 구성은 상기 열전체(130)이라고 할 수 있으므로, 열전체(130)의 노출이 최대한 이루어질 수 있도록 상기 제1금속전극(110)과 상기 제2금속전극(120)의 두께(높이)는 상기 열전체(130)의 두께와 동일하거나 상기 열전체(130)의 두께에 비하여 얇은 것이 바람직하다.

[0068] <본 발명의 열전체>

[0069] 본 명세서 상에서 열전체(130)는 본 발명의 유연센서에 포함된 열전소자 전체를 일컫는 포괄적인 용어로서 사용된다. 본 명세서 상의 '열전체 가지'는 상기 열전체 상의 분기점에서부터 제2연결부 사이에 위치한 열전체이거나 상기 분기점에서부터 제3연결부 사이에 위치한 열전체임을 강조하기 위한 표현이다. 따라서 상기 '열전체 가지'는 기본적으로 열전체(130)의 일부분임을 전제로 한다. 다만 그렇다고 하여, 본 명세서 상에서 단순히 열전체라고 지칭하는 구성이 반드시 열전체 전체여야만 하는 것은 아니다. 해당 지칭이 열전체의 전체를 지칭하는 것인지 열전체의 특정 부분을 지칭하는 것인지는 그 용어가 쓰여진 맥락에 비추어 해석하여야 한다.

[0070] '열전체' 외에도 포괄적인 성격을 가지는 용어들, 가령 '기하학적 패턴' 도 상기 '열전체'와 마찬가지로 각각 기하하적 패턴 '전체'를 지칭하거나 혹은 전체 기하학적 패턴의 '일부'인 '열전체 가지의 기하하적 패턴'만을 지칭하는 의미로 모두 사용될 수 있다. 해당 지칭이 열전체의 기하학적 패턴 전체를 지칭하는 것인지 열전체의 기하학적 패턴 일부를 지칭하는 것인지는 그 용어가 쓰여진 맥락에 비추어 해석하여야 한다.

[0072] 본 발명의 열전체(130)는 유체의 온도 및 유속을 측정함에 있어서 핵심적으로 기능하는 층이다. 상기 열전체(130)는 필수적으로 열전소자를 포함한다. 열전소자는 외부의 열에너지를 흡수하여 전기에너지로 변화하거나 외부의 전기에너지를 열에너지로 변환하는 소자를 의미한다. 열에너지가 전기에너지로 변환되는 효과를 제벡(Seebeck) 효과라고 하며, 전기에너지가 열에너지로 변환되는 효과를 펠티에(Peltier)효과라고 한다. 본 발명의 열전소자는 특히 제벡 효과를 활용하여 유체의 온도 및 유속을 측정하는 소자를 의미한다. 환언하자면, 본 발명의 열전체(130)는 외부의 유체가 가진 열에너지를 일부 흡수하여 전기에너지로 변화하는 기능을 수행한다. 다만, 반드시 제벡 효과를 활용해야만 하는 것은 아니다. 일부 구성을 달리함으로써 펠티에 효과를 활용하는 방식도 상상할 수 있다. 그러한 경우에는 전류의 여러 수치들을 역으로 측정할 수 있을 것이다.

[0073] 구체적으로, 상기 열전체(130)의 기하학적 패턴을 달리함으로써 단순히 유체의 온도를 측정하거나, 혹은 유체의 온도와 유속을 모두 측정하는 것이 가능하다. 본 발명이 유체의 온도와 유속을 동시에 측정하는 것을 일 특징 및 특유의 효과로 주장하고 있으나, 단순히 유체의 온도를 측정하는 센서 또한 본 발명의 사상에 포함되어 있다고 봄이 상당하다. 유체의 온도와 유속을 측정하는 상세한 메커니즘에 관해서는 후술하기로 한다.

[0075] 본 발명의 열전체(130)의 형태는 다양할 수 있다. 가령 본 발명의 열전체(130)는 플레이트(plate) 형태이거나 선(Line) 형태일 수 있다. 다만, 유체의 온도 내지 유속을 측정함에 있어서, 측정 데이터의 용이한 해석을 위해서는 상기 열전체(130)가 선 형태인 것이 바람직하다. 특히 상기 선 형태의 폭이 일정할 때에 데이터 해석이 가장 용이하다.

[0076] 또한, 본 발명의 열전체(130)는 전술한 바와 같이 상기 제1금속전극(110) 및 상기 제2금속전극(120)에 비하여 그 두께(높이)가 두껍거나 동일한 것이 바람직하다. 다만, 생각건대, 유체의 저항을 최소화하기 위해서는 상기 제1금속전극(110) 및 상기 제2금속전극(120)과 상기 열전체(130)의 두께가 동일한 것이 가장 바람직하다. 또한, 상기 제1금속전극(110), 상기 제2금속전극(120), 및 상기 열전체(130) 모두 각각 균일한 두께를 가지는 것이 가장 바람직하다.

[0078] 상기 열전체(130)에 포함되는 열전소자로서 n형인 칼코게나이드계 화합물을 포함할 수 있다. n형인 칼코게나이드계 화합물은 외부의 열에너지를 흡수하여 전자의 흐름을 생성한다. 특히, 칼코게나이드계 화합물 중 비스무트 칼코게나이드계, 안티몬 칼코게나이드계 화합물이 10 내지 150 사이의 유체의 온도를 측정함에 있어서 뛰어난 민감도를 보인다. 따라서, 일상에서 접하기 쉬운 유체의 온도 및 유속을 측정함에 있어서 비스무트 칼코게나이드계, 안티몬 칼코게나이드계 화합물을 열전체로 사용하는 것이 특히 바람직하다. 다만, 측정하고자 하는 유체의 온도 범위를 고려하여 상기 칼코게나이드계 화합물에 Hg, Ta, Mn, Pb 등의 금속의 이온이 추가로 도핑(doping)될 수 있으며, 더 나아가서 측정하고자 하는 유체의 온도 범위를 고려하여 칼코게나이드계 화합물 외의 다른 열전소자를 선택할 수 있다.

[0080] 도 1은 본 발명의 유연센서의 기본구조와 작동원리를 설명하기 위한 모식도 및 상기 유연센서에 포함된 열전체(130)의 길이방향 변수에 대한 실험 데이터이다. 도 1을 참조하면, 본 발명의 유연센서가 열에너지가 전기에너지로 변환되는 과정을 일종의 신호로 변환하여 유체의 온도를 측정하는 메커니즘을 추측할 수 있다.

[0081] 도 1a는 본 발명의 열전체(130)의 길이를 달리하며 외부의 열에너지에 의해 생성되는 전압을 측정한 데이터이다. 제1금속전극(110) 및 제2금속전극(120)은 구리(Cu)였으며, 열전소재는 Bi_2Te_3로 동일하였다. 유체의 온도 및 유속이 동일한 조건에서 실험하였다. 도 1a를 참조하면, 일정길이까지는 열전체(130)의 길이가 증가할수록 생성되는 전압의 양이 증가하였으나, 일정길이를 넘어서면 생성되는 전압이 양이 역으로 감소하는 것을 확인할 수 있다.

[0083] 상술한 바와 같은 전압의 발생 양상을 이해하기 위해서는 도 1b를 참조할 필요가 있다. 도 1b는 뜨거운 유체가 열전체(130) 위를 통과하는 상황을 가정한 모델이다. L은 열전체(130)의 총 길이이며, l은 아직 뜨거운 유체가 흐르지 않은 유효길이이다. L에서 l을 뺀 만큼의 영역이 열적 측면에서 포화된 영역이라고 볼 수 있다.

[0085] 열원이 유동하지 않는 정적인 상황(static)에서 열전효과(Thermoelectric effect)는 상수 값으로 표현된다. 이는 열적 측면에서 포화된 영역에 의하여 생산된 전기에너지의 값이 상수로 나타나게 됨을 의미한다.

[0086] 반면에, 열원이 유동하는 경우에는 해석이 복잡해진다. 열원이 유동하는 상황을 동적인 상황(Dynamic)이라고 한다면, 동적인 상황에서는 열원인 유체의 유동에 의하여 상기 유효길이가 감소할수록 유동유속(v_d, Drift velocity)는 증가하게 된다. 이 때, 유동유속은 구체적으로 '활성전자의 알짜 이동유속'을 의미한다.

[0087] 유동유속의 감소는 열전체(130)에 의하여 생산되는 전체 전압의 감소로 이어지게 된다. 기존 정적 열전효과에 대비하였을 때, 상술한 동적 열전효과(Dynamic Thermoelectric effect)에 의해 초과로 발생한 전압값($V_{exc.}$)과 열전체(130)의 총 길이(L) 및 열원인 유체의 온도와 열전체(130)의 초기 온도의 온도차(ΔT) 사이에는 하기의 관계식이 성립한다.

[0088] (이 때, R_{act}는 본 발명의 유연센서의 저항 값이고, S는 제백계수(Seebeck coefficient) 값이다.)

[0089] $$V_{exc.} = \left(c_2 - c_1 \cdot \frac{1}{L}\right) \cdot R_{act.} - S \cdot \Delta T$$

[0091] 상술한 L의 값이 일정하다고 하였을 때, 개별 유연센서의 저항 값인 R_{act} 값 또한 일정하다. 따라서, 측정되는 전압의 값은 열원인 유체와 상기 열전체(130)의 초기온도 사이의 차이 값(ΔT)에 의한 것으로 해석이 가능하다.

이는 상기 측정된 전압 값을 역으로 환산하여 유체의 온도를 측정할 수 있음을 의미한다.

[0093] 상기 열전체(130)의 두께는 50㎚ 내지 1㎛ 사이인 것이 바람직하다. 만일 상기 열전체(130)의 두께가 1㎛ 이상이 된다면, 열전체(130)의 저항값 증가 및 수직 방향으로의 전자 간섭현상이 두드러져 미세 온도 차 및 유속 차의 측정이 어려워진다. 반대로, 만일 상기 열전체(130)의 두께가 50㎚ 이하가 된다면, 나노입자 상태로 증착된 열전체(130)가 유연센서의 물리적 변형 과정에서 균일성 및 연결성을 상실하게 될 위험이 크다.

[0095] <본 발명의 열전체와 제1금속전극 및 제2금속전극의 연결양상>

[0096] 상기 열전체는 상기 제1금속전극(110)과 한 지점에서 연결되는 제1연결부(111)와 상기 제2금속전극(120)과 이격된 두 지점에서 연결되는 제2연결부(121) 및 제3연결부(122)를 가질 수 있다.

[0098] 상기 '연결된다'는 것은 상기 제1금속전극(110)과 상기 열전체(130)가 그리고 상기 제2금속전극(120)과 상기 열전체(130)가 각각 물리적, 전기적으로 연결되는 것을 의미한다. 물리적으로 연결된다는 것은 물리적인 접촉이 있음을 의미하며, 전기적으로 연결된다는 것은 전기가 흐를 수 있는 상태임을 의미한다. 금속전극과 열전체가 물리적이고 전기적으로 연결되어 있는 것이 기본 구조이다. 다만, 반드시 이와 같은 구조에 제한되는 것은 아니다.

[0100] 또한, 상기 '연결된다'는 표현은 접촉된다, 함입된다, 접합된다, 결합된다, 이어진다 등과 같이 다양하게 사용될 수 있으며, 다양한 연결양상을 모두 포함하는 포괄적인 표현이다. 가령 상기 제1금속전극(110)의 일 점에 홈을 형성하여 상기 홈에 맞물리게 상기 열전체(130)를 끼워 연결하는 방식 또한 본 발명의 일 예시 중 하나라고 할 것이다. 마찬가지로, 상기 열전체(130)의 일단의 상에 상기 제1금속전극(110)의 일부가 뒤덮이는 형태도 일 예시 중 하나라고 할 것이다. 즉, 상기 열전체(130)와 상기 제1금속전극(110) 및 제2금속전극(120) 사이의 물리적 연결 양상을 달리 한다고 하여, 본 발명의 사상의 영역에 포함되지 않는 것은 아니다.

[0102] 상기 열전체(130)와 상기 제2금속전극(120)은 이격된 두 지점에서 연결될 수 있다. 상기 제2금속전극(120)과 상기 열전체(130)가 이격된 두 지점에서 연결됨으로써 본 발명의 유연센서가 측정대상인 유체를 측정하였을 시에 서로 다른 두 가지 신호를 관측할 수 있게 된다. 상기 신호는 오실로스코프(Oscilloscope) 상에서 전압 값이 증가하는 형태로 나타나는 신호(피크)를 의미한다. 상기 제2금속전극(120)과 상기 열전체(130) 사이의 연결양상을 더욱 자세히 설명하면 이하와 같다.

[0104] 상기 열전체(130)가 상기 제1금속전극(110)과 연결된 제1연결부(111)로부터 일정간격 떨어진 분기점(131)에서 상기 열전체(130)가 분기하여 상기 제2금속전극(120)과 제2연결부(121) 및 제3연결부(122)에서 연결되고, 상기 제2연결부(121) 및 제3연결부(122)는 이격되어 있으며, 상기 분기점(131)에서부터 상기 제2연결부(121)까지의 기하학적 패턴과 상기 분기점(131)에서부터 상기 제3연결부(122)까지 기하학적 패턴이 상이한 것이 바람직하다.

[0105] 기하학적 패턴이란, 상기 열전체 가지의 길이 차이나 꺾임구조 차이 등을 모두 포함하는 포괄적인 의미이다. 기하학적 패턴이 상이한 것의 일 예시로서 상기 분기점(131)에서부터 상기 제2연결부(121)까지의 열전체 가지의 길이와 상기 분기점(131)에서부터 상기 제3연결부(122)까지의 열전체 가지의 길이가 상이한 것을 고려할 수 있다. 상기 기하학적 패턴이 상이한 것의 다른 예시로서 상기 분기점(131)에서부터 상기 제2연결부(121)까지의 열전체 가지의 꺾임구조와 상기 분기점(131)에서부터 상기 제3연결부(122)까지의 열전체 가지의 꺾임구조가 상이한 것을 고려할 수 있다.

[0107] 주의할 점은, 만일 상기 분기점(131)부터 제2연결부(121)까지의 길이와 상기 분기점(131)부터 제3연결부(122)까지의 꺾임구조와 길이가 동일하다고 하면, 측정대상인 유체를 측정하였을 시에 한 가지 신호만이 관측되거나, 두 신호가 관측되더라도 유의미하게 분리해 내는 것이 불가능할 수 있다.

[0109] 정확히는, 상기 제2금속전극(120)과 제2연결부(121) 및 제3연결부(122)에서 연결되고, 상기 제2연결부(121) 및 제3연결부(122)는 이격되어 있으며, 상기 분기점(131)에서부터 상기 제2연결부(121)까지의 열전체 가지의 기하학적 패턴과 상기 분기점(131)에서부터 상기 제3연결부(122)까지의 열전체 가지의 기하학적 패턴이 상이하면 서로 별개인 두 신호를 관측할 수 있다는 점이 본 발명의 핵심적 사상 중 하나이다. 기하학적 패턴과 관련하여서는 도면을 참조하여 더욱 자세히 후술한다.

[0111] 이하, 첨부한 도면 및 실시예들을 참조하여 본 명세서가 청구하는 바에 대하여 더욱 자세히 설명한다. 다만, 본 명세서에서 제시하고 있는 도면 내지 실시예 등은 통상의 기술자에게 의하여 다양한 방식으로 변형되어 여러 가지 형태를 가질 수 있는 바, 본 명세서의 기재사항은 본 발명을 특정 개시 형태에 한정되는 것이 아니고 본 발명의 사상 및 기술 범위에 포함되는 모든 균등물 내지 대체물을 포함하고 있는 것으로 보아야 한다. 또한, 첨부된 도면은 본 발명을 통상의 기술자로 하여금 더욱 정확하게 이해할 수 있도록 돕기 위하여 제시되는 것으로서 실제보다 과장 되거나 축소되어 도시될 수 있다.

[0113] 도 2는 본 발명의 유연센서의 구조에 대한 모식도와 본 발명의 일 실시예의 실물 사진이다. 도 2a에는 유연 기판(110); 상기 유연 기판(110) 상에 형성된 열전체; 상기 유연 기판(110) 상에 형성되고 상기 열전체(130)의 일단에 연결된 제1금속전극(110); 및 상기 유연 기판(110) 상에 형성되고, 상기 제1금속전극(110)과 이격되어 상기 열전체(130)의 다른 일단에 연결된 제2금속전극(120); 및 상기 제1금속전극(110), 상기 제2금속전극(120) 및 상기 열전체 상에 형성되는 보호층(140);을 포함하는 본 발명의 유연센서의 모식도가 간략히 나타나 있다. 상기 기판(110)과 상기 보호층(140)의 사이에 상기 제1금속전극(110), 상기 제2금속전극(120), 및 상기 열전체(130)가 위치하는 점을 확인할 수 있다.

[0115] 도 2b는 본 발명의 일 실시예의 실물 사진이다. 특히, 상기 제2금속전극(120)과 서로 다른 두 지점에서 이격되어 연결되어 있으며, 분기점(131)에서부터 제2연결부(121)와 제3연결부(122)까지의 열전체 가지의 기하학적 패턴이 각각 상이한 것을 확인할 수 있다. 상기 분기점(131)에서 상기 제3연결부(122)까지의 열전체 가지는 상기 열전체 가지가 '처음으로 꺾인 지점이 분기점(131)으로부터 이격'된 기하학적 패턴을 가지는 반면에, 상기 분기점(131)에서 상기 제2연결부(121)까지의 열전체 가지는 상기 열전체 가지가 '처음으로 꺾인 지점이 분기점(131)과 동일'한 기하학적 패턴을 가진다.

[0117] 특히, 이하의 도면들에서는 상술한 기하학적 패턴을 가지는 열전체를 기초로 하여, 본 발명의 유연센서가 측정대상인 유체의 온도 및 유속을 동시에 측정할 수 있는 메커니즘에 대하여 자세히 설명하고자 한다. 상기 상술한 기하학적 패턴이란, 분기점(131)에서 상기 제3연결부(122)까지의 열전체 가지는 상기 열전체 가지가 '처음으로 꺾인 지점이 분기점(131)으로부터 이격'된 기하학적 패턴을 가지는 반면에, 상기 분기점(131)에서 상기 제2연결부(121)까지의 열전체 가지는 상기 열전체 가지가 '처음으로 꺾인 지점이 분기점(131)과 동일'한 기하학적 패턴을 가지는 것을 의미한다.

[0119] 도 3은 본 발명의 일 실시예인 유연센서에 대한 온도 및 유속 측정 데이터 예시 및 실측 데이터이다. 도 3a를 참조하면, 상기 분기점(131)에서 상기 제2연결부(121)까지의 열전체 가지 중 꺾임이 이루어진 후부터 상기 제2연결부(121)까지의 열전체의 길이를 Y_1이라 정의한다. 또한, 상기 분기점(131)에서 상기 제3연결부(122)까지의 열전체 가지 중 상기 분기점(131)으로부터 처음으로 꺾인 지점까지의 거리를 Y_2라 정의한다. 상기 분기점(131)에서부터 상기 제3연결부(122)까지의 열전체 가지 중 너비방향 구간의 길이는 X로 정의한다.

[0120] 도 3a와 같은 기하학적인 패턴들을 가지는 유연센서는 측정대상인 유체에 노출되었을 때, 도 3b와 같은 측정 데이터를 제공할 것이라 기대된다. 도 3b의 그래프상 X 축은 시간을 Y 축은 전압을 나타낸다. 시점 b에서 나타나는 전압값 a를 토대로 하여 유체의 온도를 측정할 수 있고, 시점 c와 시점 b의 간격을 토대로 하여 유속을 측정할 수 있다.

[0122] 도 3c와 도 3d는 상기 기하학적 패턴을 결정하는 세 변수의 값이 각각 X = 5, Y_1 = 15, Y_2 = 10라 할 때의 실제 측정데이터를 나타낸다. 각각 도 3c는 온도를 달리하며 전압값을 특정한 것을, 도 3d는 유속을 달리하며 상기 c와 b 사이의 차이 값(이하, Duration이라 칭한다.)을 측정한 것을 확인할 수 있다. 도 3c와 도 3d 상의 점은 실측값을 의미하며, 검은 실선은 추세를 보여준다.

[0123] 도 3c를 참조하면, 유체의 온도가 약 300K에서 약 325K까지 증가할수록 전압 값도 0mV에서 18mV까지 정비례로 증가하는 것을 확인할 수 있다. 도 3d를 참조하면, 유체의 유속이 약 10cm/s에서 약 50cm/s까지 증가할수록 상기 Duration 값이 약 0.5s에서 약 0.05s까지 반비례로 감소하는 것을 확인할 수 있다.

[0125] 도 4는 본 발명의 유연센서가 측정대상인 유체의 온도 및 유속에 대하여 가지는 정확도를 도시한 것이다. 도 4a와 4d에 도시된 검은 점은 본 발명의 유연센서가 각 유체의 온도 및 유속을 측정한 값을 기록한 것이다. 도 4b, 도 4c, 도 4e, 및 도 4f는 측정된 유체의 온도 및 유속을 Thermocouple과 초고속 카메라, IR camera 등으로 측정한 실제 유체의 온도 및 유속과 비교한 결과이다.

[0126] 도 4b 및 4c는 온도에 대한 비교 결과이고, 도 4e 및 도 4f는 유속에 대한 비교 결과이다. 도 4b와 도 4e는 각각 오차의 비율을 나타낸다. 도 4b를 참조하면, 실제 온도와 유연센서에 의해 측정된 온도 사이의 차이는 0.058% 이하인 것으로 나타났다. 이는 도 4c에서 나타난 바와 값이 K 단위로 환산하였을 때, 0.19K 이하의 오차이다. 도 4c를 참조하면, 실제 유속과 유연센서에 의해 측정된 유속 사이의 차이는 0.16% 이하인 것으로 나타났다. 이는 도 4f에서 나타난 바와 값이 cm/s 단위로 환산하였을 때, 0.03cm/s 이하의 오차이다. 따라서 본 발명의 유연센서가 유체의 온도와 유속에 모두에 대하여 매우 높은 정확도를 확보하였음을 확인할 수 있다.

[0128] 도 5는 본 발명의 유연센서의 일 실시예의 작동방식을 시뮬레이션을 통하여 해석한 결과이다. 하부의 전극이 본 발명의 제1금속전극(110)이라고 할 때, 상기 제1금속전극(110) 방향으로부터 온도를 가진 유체가 흘러오는 상황을 시뮬레이션 한 것이다. 상기 유체가 열전체(130) 상의 분기점(131)에 도달하였을 때, 처음으로 전압이 관측된다. 이 전압은 도 3b 상에 b 시점에서 관측되는 전압을 의미한다. 상기 유체가 더욱 진행하여 제3연결부(122) 직전의 꺾인 지점에 도달하였을 때, 두번째 전압이 관측된다. 이 전압은 도 3b 상에 c 시점에서 관측되는 전압을 의미한다. 상기 유체가 계속 진행하여 종국에는 열적 포화상태에 도달하게 될 것은 자명하다.

[0130] 도 5의 시뮬레이션에 대한 물리학적인 해석은 다음과 같다. 열원이 정지된 상태에서는 열전효과에 의하여 한번 발생하게 된 전자의 흐름이 더 이상 가속되는 현상은 관찰할 수 없다. 그러나, 열원이 움직이는 경우에는 전개양상이 상이하다. 특히, 전자의 이동방향으로 열원이 이동하는 경우에는 한번 발생하게 된 전자에게도 추가적으로 에너지를 공급하는 것이 가능하다.

[0131] 구체적인 상황은 다음과 같다. 열전체 내의 전자들은 항상 임의의 방향으로 운동하고 있다. 이 때 만일, 열에너지를 가진 유체가 열전체의 표면을 따라 유동하게 되면, 임의로 운동하고 있던 전자들이 열에너지가 유동하는 방향으로 일종의 가속을 받게 된다. 따라서, 결과적으로 열원이 이동방향과 같은 방향으로 운동하게끔 전자의 유동유속(Drift velocity)에 가속이 이루어지게 되는 것이다.

[0133] 상술한 바와 같은 가속은 꺾임이 없는 직선구간에서 지속적으로 이루어지게 된다. 따라서 도 5와 같이 열전체 가지의 기하학적 패턴들에 90도 꺾임이 포함된 경우에는, 더 이상 꺾임이 나타나지 않는 지점부터의 가속이 측정되는 전압 값들의 주원인이 된다. 상기 Y_1 구간에서 유동유속에 가속이 이루어진 결과에 의하여 나타난 전압값을 역으로 환산하여 유체의 온도를 측정할 수 있다. Y_1에서 Y_2를 뺀 구간에서 유동유속에 가속이 이루어진 결과 시점 c에서 전압이 관측된 것이므로, 시점 c와 시점 b의 차이 값을 이용하여 유체의 유속을 관측할 수 있다. (도 3 참조)

[0135] 움직이는 열원에 의하여 유동유속에 가속이 이루어질 수 있다는 점만을 활용할 수 있다면, 분기점(131)에서부터

제2연결부(121)까지의 열전체 가지의 기하학적 패턴과 상기 분기점(131)에서부터 제3연결부(122)까지의 열전체 가지의 기하학적 패턴을 달리하여 도 3b와 같은 양상의 데이터를 측정할 수 있을 것으로 기대된다. 따라서, 본 발명의 보호범위는 특정 기하학적 패턴에 의하여 제한되는 것이 아님에 주의할 필요가 있다.

[0137] 상기 기하학적 패턴이 상이한 것의 일 예시로서 상기 분기점(131)에서부터 상기 제2연결부(121)까지의 길이와 상기 분기점(131)에서부터 상기 제3연결부(122)까지의 길이가 상이한 것을 고려할 수 있다. 상기 기하학적 패턴이 상이한 것의 다른 예시로서 상기 분기점(131)에서부터 상기 제2연결부(121)까지의 꺾임구조와 상기 분기점(131)에서부터 상기 제3연결부(122)까지의 꺾임구조가 상이한 것을 고려할 수 있다.

[0139] 부연하자면, 꺾임구조란 상기 열전체 가지의 굴절된 형태를 의미한다. 상기 꺾임구조가 상이한 예시로서 다음을 고려할 수 있다. 상기 제1연결부(111)를 영점으로 하고 유연센서의 길이방향을 X축이라고 정의하였을 때, 상기 분기점(131)으로부터 상기 제2연결부(121)까지의 열전체 가지 상에 꺾인 지점의 X 좌표(X_1)가 상기 분기점(131)으로부터 상기 제3연결부(122)까지의 열전체 가지 상에 꺾인 지점의 X 좌표(X_2)와 상이한 것이 일 예시이다. 상기 X1 및 X2은 동일하지만 상기 열전체 가지가 각각 꺾이는 각도가 상이한 것 또한 꺾임구조가 상이한 일 예시로 생각할 수 있다.

[0141] 도 6은 본 발명의 유연센서의 열전체(130)와 금속전극 사이의 연결양상에 대한 예시도이다. 열전체(130) 상의 분기점(131)으로부터 제2연결부(121) 내지 제3연결부(122)까지의 각 열전체 가지가 가지는 기하학적 패턴이 서로 상이하다.

[0142] 도 6a는 본 발명의 일 실시예를 묘사한 모식도이다. 분기점(131)에서부터 제2연결부(121)까지의 열전층이 가진 꺾임구조와 분기점(131)에서부터 제3연결부(122)까지의 열전층이 가진 꺾임구조가 상이한 것을 확인할 수 있다. 구체적으로는 X_1과 X_2의 값이 상이하다. 이 경우, 제2연결부(121)를 통한 전류가 먼저 관찰된 후에 제3연결부(122)를 통한 전류가 관찰될 것이다.

[0143] 도 6b는 X_1과 X_2의 값이 동일할 때의 일 예시이다. 각 열전층이 꺾이는 각도를 달리하여 유속 측정에 필요한 Duration 값을 얻을 수 있다. 이 경우에는, 제3연결부(122)를 통한 전류가 먼저 관찰된 후에 제2연결부(121)를 통한 전류가 관찰될 것이다.

[0144] 도 6c는 분기점(131)에서부터 제2연결부(121)까지의 열전층이 꺾인 횟수와 분기점(131)에서부터 제3연결부(122)까지의 열전층이 꺾인 횟수를 달리함으로써 각각의 꺾임구조를 상이하게 구현한 예시이다. 이 경우, 제3연결부(122) 통한 전류가 먼저 관찰된 후에 제2연결부(121)를 통한 전류가 관찰될 것이다.

[0146] <본 발명의 보호층>

[0147] 본 발명의 보호층(140)은 상기 제1금속전극(110), 상기 제2금속전극(120) 및 상기 열전체(130) 상에 형성되는 것을 특징으로 한다. '상에 형성된다'함은 보호층(140)의 일부 또는 전부가 상기 제1금속전극(110), 상기 제2금속전극(120) 및 상기 열전체(130)를 덮고 있다는 것을 의미한다. 생각건대, 보호층(140)이 측정대상인 유체와 본 발명의 열전체(130) 사이의 직접적인 접촉을 방지하기 위하여 고안된 층이라는 점에 비추어보았을 때, 상기 보호층(140)이 상기 제1금속전극(110), 상기 제2금속전극(120) 및 상기 열전체(130)의 일면을 상기 보호층(140)이 모두 덮고 있는 것이 바람직하다.

[0149] 측정대상인 유체와 열전체(130) 사이에 직접적인 접촉이 이루어지는 경우에는 센서의 민감도가 증가한다는 장점이 있으나, 열전체(130)가 유체에 의하여 물리적으로 훼손될 수 있다는 단점이 있다. 따라서, 보호층(140)의 도입의 일 목적은 본 발명의 유연센서의 수명을 연장하기 위함이라는 것을 알 수 있다. 보호층의 다른 목적으로서 열전체의 용해에 따른 유체의 오염 방지를 고려할 수 있다. 경우에 따라서는, 복수개의 보호층(140)을 도입하는 것 또한 가능하다.

[0151] 본 발명의 보호층(140)의 예시로는 SiO_2, SiNx, Al_2O_3, Ta_2O_5, BST, PZT, PMMA(poly methylmethacrylate), PS(polystyrene), 페놀계 고분자, 아크릴계 고분자, 폴리이미드(polyimide)와 같은 이미드계 고분자, 아릴에테르계 고분자, 아마이드계 고분자, 불소계 고분자, p-자일리렌계 고분자, 비닐알콜계 고분자, 파릴렌(parylene), 및 이들의 하나 이상을 포함하는 화합물 중 하나 이상의 재료를 포함하는 하나 이상의 층일 수 있다.

[0153] 다만, 상기 보호층(140) 또한 유연센서의 일 구성요소이므로 유연성을 유지할 필요가 있다. 따라서 상기 보호층(140)은 PMMA(poly methylmethacrylate), PS(polystyrene), 페놀계 고분자, 아크릴계 고분자, 폴리이미드(polyimide)와 같은 이미드계 고분자, 아릴에테르계 고분자, 아마이드계 고분자, 불소계 고분자, p-자일리렌계 고분자, 비닐알콜계 고분자, 파릴렌(parylene), 및 이들의 하나 이상을 포함하는 화합물 중 하나 이상의 재료를 포함하는 하나 이상의 층인 것이 바람직하다.

[0155] 또한, 상기 보호층(140)의 두께는 1㎛ 내지 50㎛ 사이인 것이 바람직하다. 만일 보호층(140)의 두께가 50㎛ 이상이라면, 유체의 온도 및 유속의 측정 시 민감도가 현저히 감소하여 온도 및 유속의 측정이 사실상 불가능해진다. 반대로 보호층(140)의 두께가 1㎛ 이하인 경우에는 센서를 물리적으로 변형하였을 시에 상기 보호층(140)에 균열이 발생하거나 상기 보호층(140)의 박리가 일어날 수 있으며, 물과 같은 유체의 투과가 가능해진다는 문제점이 있다.

[0157] <본 발명의 유연센서 어레이>

[0158] 본 명세서는 본 발명의 유연센서 복수 개를 포함하며, 상기 복수 개의 유연센서의 각 열전체(130)가 측정대상인 유체를 향하여 일부 또는 모두 노출되고, 상기 유연센서들은 병렬적으로 연결된 것인 유연센서 어레이를 개시한다. 상기 유연센서 어레이에 포함되는 상기 유연센서들은 각각 기하학적 패턴들이 동일한 것이 데이터 해석의 용이성 측면에서 바람직하나, 반드시 이에 제한되는 것은 아니다. 병렬적으로 연결되었다는 것은 전기적인 관점에서 병렬적으로 연결되었다는 것을 의미하며, 각각의 유연센서가 물리적으로 이격되어 있는 지 여부는 중요하게 문제되지 않는다. 다만, 상기 유연센서 어레이의 용도에 따라서 직렬적으로 연결된 유연센서 어레이를 상상하는 것이 불가능하지는 않다.

[0160] 도 7은 본 발명의 유연센서 어레이의 구조도 및 실물과 실제 상기 유연센서 어레이가 대면적의 유체 온도 및 유속을 측정한 결과이다. 도 7의 유연센서 어레이는 본 발명의 유연센서가 16개가 전기적으로 연결된 형태이며, 각 열과 각 행에 각각 4개의 유연센서가 배치된 4X4 형태이다.

[0161] 도 7a는 본 발명의 유연센서 어레이의 일 실시예를 묘사한 모식도이다. 표면의 화살표 순서대로 순차적으로 데이터가 수집된다. 도 7b는 본 발명의 유연센서 어레이의 일 실시예의 실제 사진이다. 얇은 박막형태로 제작이 가능하며, 90도 이상의 변형을 가하여도 정상적인 기능 발휘가 이루어짐을 확인할 수 있다.

[0163] 도 7c는 상기 유연센서 어레이에 포함된 각 유연센서가 각 지점에서 각각 유체의 유속과 온도를 측정한 결과를 종합하여 도시한 것이다. 측정대상인 유체는 화살표를 따라 좌하단에서 우상단으로 흐르거나 좌측에서 우측으로 흐른다. 유속의 경우 막대 바의 크기로 나타나있으며 단위는 cm/s이다.

[0164] 온도의 경우 단위는 ℃이며, 색으로 표시되어 있다. 온도 측정 결과 상에서, 원안에 표시된 색은 해당 지점에 위치한 유연센서가 각각 측정한 유체의 온도를 나타낸다. 반면 그 외의 색분포는 IR 카메라 등으로 측정한 실제 유체의 온도분포를 나타낸다. 양자를 비교하면 본 발명의 유연센서 어레이가 상당히 높은 정확도로 유체의 대면적의 온도 분포를 측정할 수 있음을 확인할 수 있다.

[0165] 종합하자면 본 발명의 유연센서 어레이를 활용하여 대면적의 유체의 온도 및 유속을 동시에 측정할 수 있음을 확인할 수 있다. 따라서, 본 발명의 유연센서 어레이를 사용함으로써 특정 지점의 유체의 특성뿐만 아니라 그 거동에 대한 정보를 종합적으로 수집하는 것이 가능하다.

[0167] 본 발명의 유연센서는 유체의 온도를 측정함으로써 발생하게 되는 전압 값을 역으로 환산하여 유체의 온도를 측정할 수 있다. 특히, 본 발명의 유연센서의 열전체(130)가 유체의 온도를 측정하는 과정에서 전압을 생산하게 된다는 점 그 자체를 주목할 필요가 있다. 이는 본 발명의 유연센서가 센서이기도 하면서 동시에 발전기이기도 함을 의미한다. 때문에, 본 발명의 유연센서는 별도의 전원 없이도 구동이 가능하다는 특장점을 갖는다. 가령 도 7의 유연센서 어레이의 경우에는 평균 312K인 유체의 온도 및 유속을 측정함으로써 평균 전류 24.37mV * 0.6mA의 자가발전이 가능하다.

[0168] 본 발명의 유연센서 및 유연센서 어레이는 별도의 외부전원 없이 자가 발전을 통하여 구동할 수 있으므로, 그 설치 시에 유체가 흐르는 관 등에 별도의 공간을 준비하거나 관의 외관을 변형하거나 하는 등의 선행 작업이 요구되지 않는다. 따라서, 본 발명의 유연센서 및 유연센서 어레이는 손쉽게 측정대상이 흐르는 관 등에 설치가 가능하다는 특장점이 있다.

[0170] {실시예 및 시험예}

[0171] <실시예와 비교예>

[0172] 1. 실시예 1a: Y_1의 길이가 15mm이고, Y_2는 일정할 때

[0173] PET 필름을 에탄올과 Di water로 세척한 뒤, 15*20cm 크기로 잘라 기판(110)을 준비한다. PET 기판(110) 위에 열전체(130)를 증착하기 위해 RF magnetron sputtering method를 사용하였으며, 상온 및 28 μtorr 압력과 아르곤 flow rate 20 sccm, 100W gun power 조건에서 25분 간 진행하였다. 열전체(130)의 고유한 모양을 패터닝하기 위해 SUS 304 재질의 70-80 μm 두께 쉐도우 마스크를 PET 기판(110) 위에 덮은 채로 상기 증착 공정을 진행하였다. Y_1의 길이가 15mm이고, Y_2는 10mm였다.

[0174] 상기 공정이 완료된 후 증착된 상기 열전체(130)를 마스크로 덮은 뒤, DC magnetron sputtering method를 이용하여 제1금속전극(110) 및 제2금속전극(120)을 증착하였다. 상기 증착 공정은 상온, 42 μtorr 압력, 아르곤 flow rate 50 sccm, 30 W gun power (300V 전압, 100mA 전류) 조건에서 1시간 동안 진행하였다. 상기 sputtering method 공정을 위한 타겟 물질로는 상기 열전체(130)에 대하여 5N 순도의 Bi_2Te_3와 상기 제1금속전극(110) 및 제2금속전극(120)에 대하여 4N 순도의 Cu를 사용하였으며, 타겟의 산화로 인한 손상을 방지하기 위해 backplate를 부착하였다. 상기 제1금속전극(110) 및 제2금속전극(120)의 증착이 완료된 후에 표면 손상을 방지하기 위하여 PTFE(Polytetrafluoroethylene) 테이프를 상기 열전체(130)와 상기 제1금속전극(110) 및 상기 제2금속전극(120) 상에 부착하였다.

[0176] 2. 실시예 1b: Y_1의 길이가 18.8mm이고, Y_2는 일정할 때

[0177] 실시예 1a와 동일하게 진행하되, 상기 쉐도우 마스크의 패턴만을 달리하였다. 그리하여 Y_1의 길이가 18.8mm이고, Y_2는 10mm인 유연센서를 얻을 수 있었다.

[0179] 3. 실시예 1c: Y_1의 길이가 20mm이고, Y_2는 일정할 때

[0180] 실시예 1a와 동일하게 진행하되, 상기 쉐도우 마스크의 패턴만을 달리하였다. 그리하여 Y1의 길이가 20mm이고, Y2는 10mm인 유연센서를 얻을 수 있었다.

[0182] 4. 실시예 1d: Y_1의 길이가 22.5mm이고, Y_2는 일정할 때

[0183] 실시예 1a와 동일하게 진행하되, 상기 쉐도우 마스크의 패턴만을 달리하였다. 그리하여 Y1의 길이가 22.5mm이고, Y2는 10mm인 유연센서를 얻을 수 있었다.

[0185] 5. 실시예 2a: Y_1의 길이가 일정하고, Y_2는 6.6㎜일 때

[0186] 실시예 1a와 동일하게 진행하되, 상기 쉐도우 마스크의 패턴만을 달리하였다. 그리하여 Y_1의 길이가 15㎜이고, Y_2는 6.6㎜인 유연센서를 얻을 수 있었다.

[0188] 6. 실시예 2a: Y_1의 길이가 일정하고, Y_2는 10㎜일 때

[0189] 실시예 1a와 동일하게 진행하되, 상기 쉐도우 마스크의 패턴만을 달리하였다. 그리하여 Y_1의 길이가 15㎜이고, Y_2는 10㎜인 유연센서를 얻을 수 있었다.

[0191] 7. 실시예 2a: Y_1의 길이가 일정하고, Y_2는 12.5㎜일 때

[0192] 실시예 1a와 동일하게 진행하되, 상기 쉐도우 마스크의 패턴만을 달리하였다. 그리하여 Y_1의 길이가 15㎜이고, Y_2는 12.5㎜인 유연센서를 얻을 수 있었다.

[0194] 8. 실시예 2a: Y_1의 길이가 일정하고, Y_2는 15㎜일 때

[0195] 실시예 1a와 동일하게 진행하되, 상기 쉐도우 마스크의 패턴만을 달리하였다. 그리하여 Y_1의 길이가 15㎜이고, Y_2는 15㎜인 유연센서를 얻을 수 있었다.

[0197] 9. 비교예 1: 열전체(130)가 부재한 경우

[0198] 실시예 1a와 동일하게 진행하되, 열전체(130)의 증착을 위한 단계를 배제하였다. 그 결과 열전체(130)가 부재한 센서를 얻을 수 있었다.

[0200] <실시예와 비교예의 기능 평가>

[0201] 도 8는 본 발명의 유연센서에 포함된 열전체 가지의 길이방향 변수들을 달리하여 유체의 온도 및 유속을 측정한 데이터이다.

[0202] 도 8a는 실시에 1a 내지 실시예 1d의 유연센서가 유체의 온도를 측정한 결과를 도시하고 있다. 가장 기울기가 작은 실선이 실시예 1a의 측정 결과이고, 그 다음으로 기울기가 작은 실선이 실시예 1b의 측정결과이다. 가장 기울기가 큰 실선은 실시예 1d의 측정결과이다. 각 실시예의 측정결과를 참조하면, 실시예 1d일 때 온도 변화에 따른 전압의 변화가 가장 큰 것으로 나타났다. 이는 Y_1의 길이가 증가할수록 유체의 온도에 대한 민감도가 증가하는 것을 의미한다. 따라서 분기점(131)에서부터 제2연결부(121)까지의 열전체 가지의 길이가 일정한 수준까지 길어지면 길수록 유체의 온도에 대한 민감도가 높은 센서를 얻을 것이라 기대된다.

[0204] 도 8b는 실시예 2a 내지 실시예 2d의 유연센서가 유체의 유속을 측정한 결과를 도시하고 있다. 가장 기울기의 변화가 큰 실선은 실시예 2a의 측정결과를 도시한 것이다. 그 다음으로 기울기의 변화가 큰 실선은 실시예 2b의 측정결과를 도시한 것이다. 가장 기울기의 변화가 완만한 실선은 실시예 2d의 측정결과를 도시한 것이다. 도 8b를 참조하면, Y_2의 값이 증가하면 증가할수록 Duration 값이 증가하는 것을 확인할 수 있다. 이는 Y_2가 증가할수록 유속에 대한 센서의 민감도가 증가하는 것을 의미한다.

[0206] 상기 실시예 1a 내지 1d 및 실시예 2a 내지 2d의 경우, 각각 온도와 유속에 대한 민감도의 차이는 있을지언정, 유체의 온도와 유속을 모두 측정할 수 있었던 것과는 다르게 비교예 1의 센서는 유체의 온도와 유속을 측정함에

있어서 모두 실패하였다. 이는 본 발명의 여러 구성요소 중 열전체(130)가 유체의 온도와 유속을 측정함에 있어서 가장 중요한 구성요소임을 반증하는 결과이다.

[0208] <시험예와 기능평가>

[0209] 1. X=5, Y_1=15, Y_2=20인 기하학적 패턴의 유연센서의 곡면시험

[0210] 본 발명의 유연센서가 물리적으로 외형이 변형된 상태에서도 정상적으로 기능한다는 점을 입증하고자 아래와 같은 시험을 진행하였다. 도 9은 본 발명의 유연센서의 곡률만을 달리하였을 때 측정된 유체의 온도 및 유속 데이터이다.

[0212] 도 9a는 반지름이 24㎜인 관의 내부에 X=5, Y_1=15, Y_2=20인 기하학적 패턴의 유연센서를 부착하고 유체의 온도를 측정한 결과와, 평면에 상기 유연센서를 부착하고 온도를 측정한 결과를 비교한 것이다. 상향화살표는 평면에 상기 유연센서가 부착된 경우이고, 하향화살표는 상기 관의 곡면에 상기 유연센서가 부착된 경우이다. 각 측정값을 비교하였을 때, 심각한 물리적 변형에도 불구하고 측정된 전압 값이 유사한 것을 확인할 수 있다.

[0213] 도 9b는 마찬가지로 반지름이 24㎜인 관의 내부에 X=5, Y_1=15, Y_2=20인 기하학적 패턴의 유연센서를 부착하고 유체의 유속을 측정한 결과와, 평면에 상기 유연센서를 부착하고 유속을 측정한 결과를 비교한 것이다. 네모점은 평면에 상기 유연센서가 부착된 경우이고, 원점은 상기 관의 곡면에 유연센서가 부착된 경우이다. 곡률에 따라서 미차가 발생하기는 하나, 측정된 전압 값이 매우 유사한 것을 확인할 수 있다.

[0215] 상술한 데이터를 바탕으로 하여, 본 발명의 유연센서는 물리적 변형에 따른 곡률의 유무와는 무관하게 유체의 온도와 유속을 모두 높은 정확도로 측정할 수 있음을 확인할 수 있다. 이는 본 발명의 유연센서가 다양한 곡률을 가지는 관 등에 쉽게 부착되어 사용될 수 있음을 의미한다.

[0217] 2. X=5, Y_1=15, Y_2=20인 기하학적 패턴의 유연센서의 연속측정시험

[0218] 도 10은 본 발명의 유연센서가 이미 유체의 온도 및 유속을 측정하고 있는 도중에 온도 및 유속이 다른 유체가 추가되었을 경우, 상기 유연센서가 새로이 추가된 유체의 온도 및 유속을 연속적으로 측정할 수 있는 지 확인한 데이터이다. 상기 유연센서는 평면에 부착되었으며, 측정대상인 유체의 특성에 변화를 주며 그 온도 및 유속을 측정하였다.

[0219] 도 10를 참조하면, 첫 번째 측정대상인 유체는 그 온도가 311.7K이고 유속이 25.42㎝/s인 것으로 나타났다. 상기 유체가 흐르기 시작하고 소정의 시간이 경과한 후 두 번째 측정대상인 유체가 연속적으로 상기 유연센서를 통과하였다. 두 번째 측정대상인 유체는 그 온도가 336.1K이고 유속이 22.26㎝/s인 것으로 나타났다. 특히, 도 10 상에는, 유연센서 위로 유체가 지속적으로 흐르고 있어서 전압 값이 음인 피크가 나타나지 않으며, 이는 본 발명의 유연센서가 유체를 연속적으로 감지할 수 있음을 증명한다. 또한, 그 연장선상에서 상기 시험 결과에 비추어 보았을 때, 본 발명의 유연센서는 서로 다른 특성을 가지는 유체의 연속적인 측정이 가능한 것으로 판단된다.

[0220] 종합하면, 본 발명의 유연센서는 단순히 온도와 유속의 측정에 있어서 높은 정확도를 가지고 있을 뿐만 아니라, 온도와 유속의 변화를 실시간으로 관측한다. 또한, 상기 유연센서는 곡면에 부착된 상태에서도 높은 정확도로 유체의 온도 및 유속을 측정할 수 있으며, 상기 측정에 의하여 자가 발전이 가능하다.

부호의 설명

[0222] 1 : 유연센서

100 : 기판

110 : 제1금속전극

111 : 제1연결부

120 : 제2금속전극

121 : 제2연결부

122 : 제3연결부

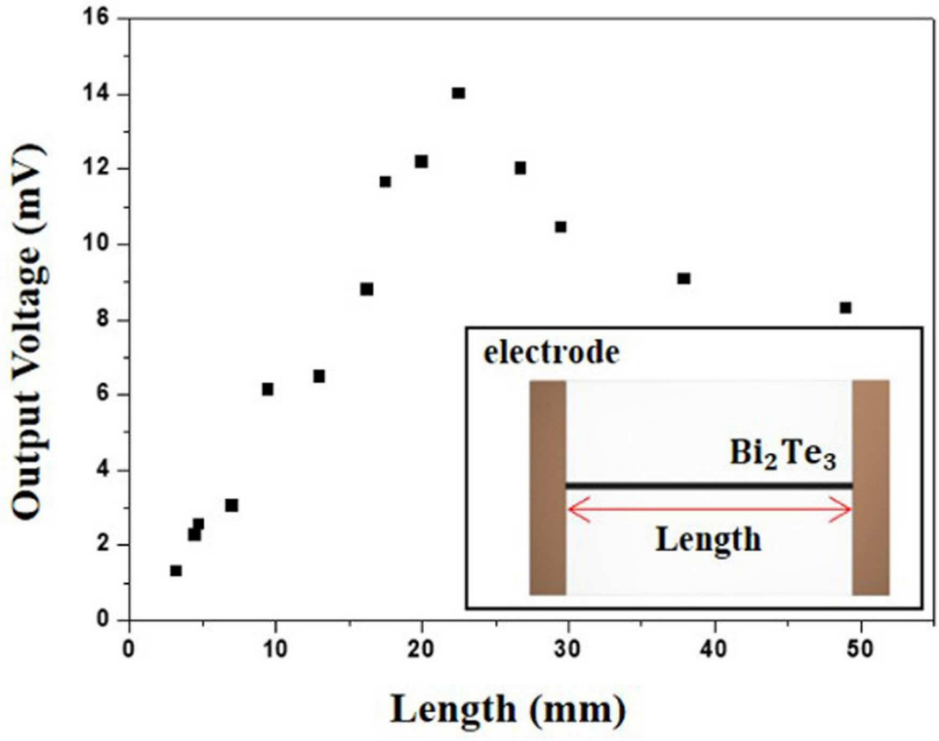
130 : 열전체

131 : 분기점

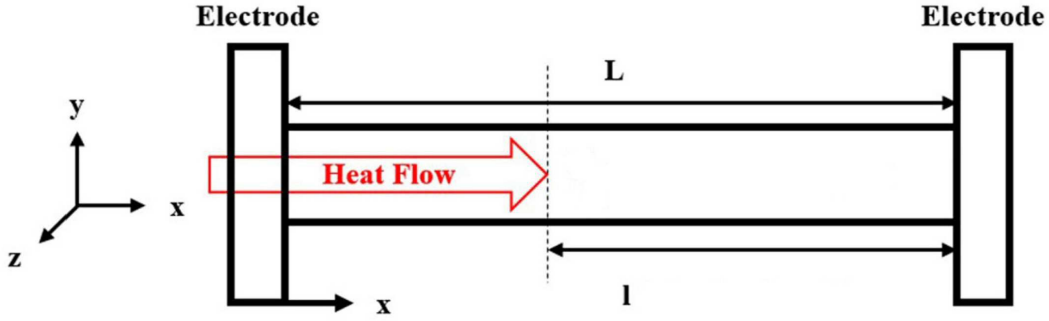
140 : 보호층

도면

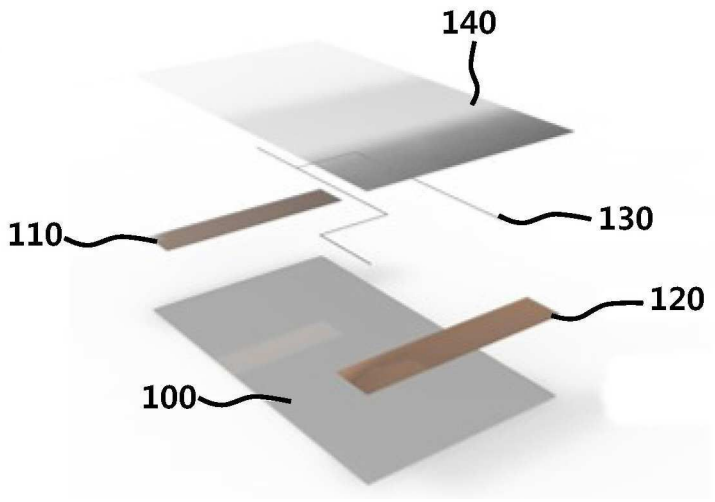
도면1a



도면1b



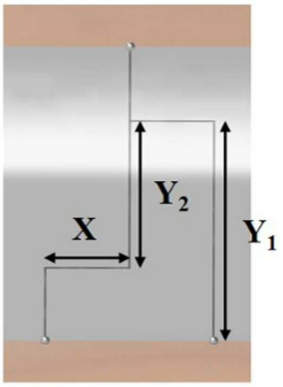
도면2a



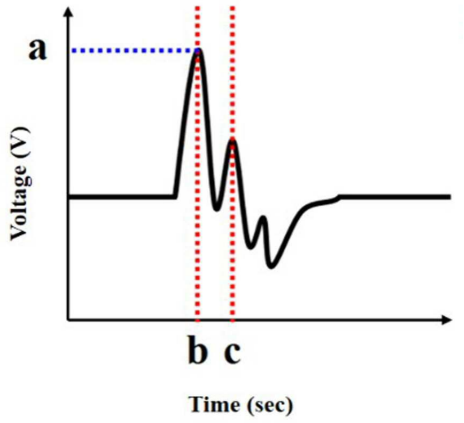
도면2b



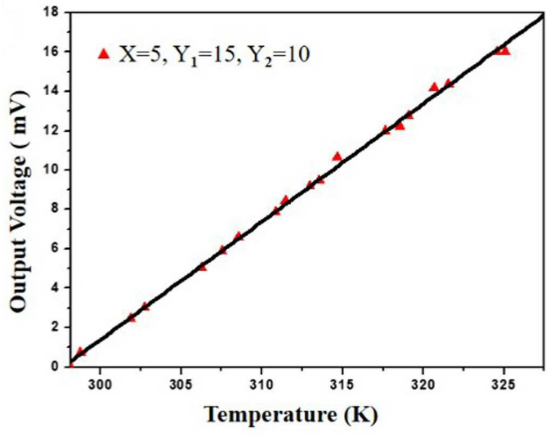
도면3a



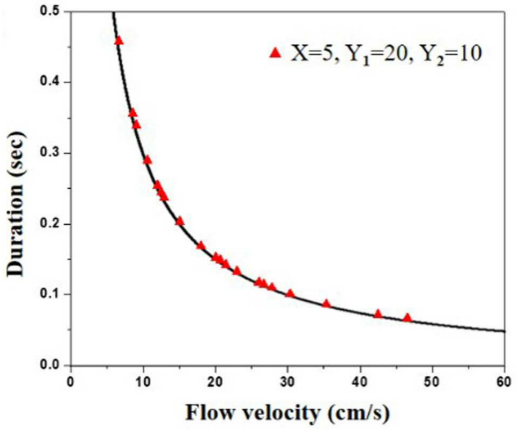
도면3b



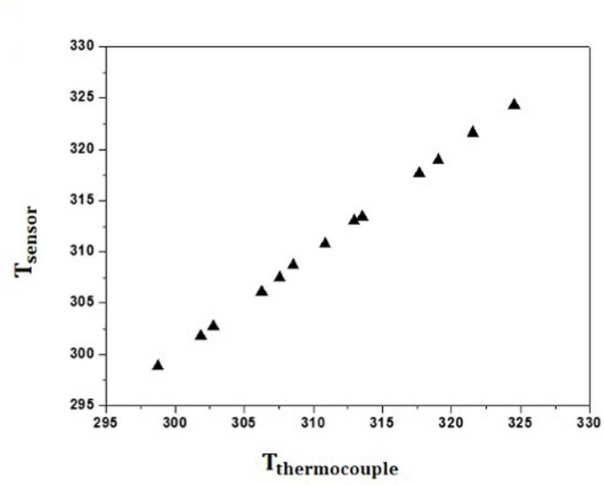
도면3c



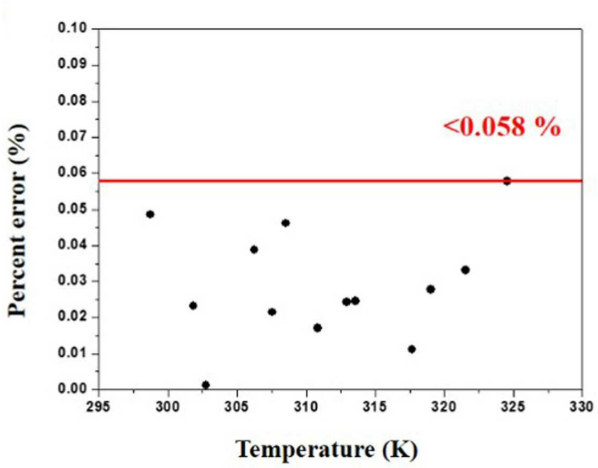
도면3d



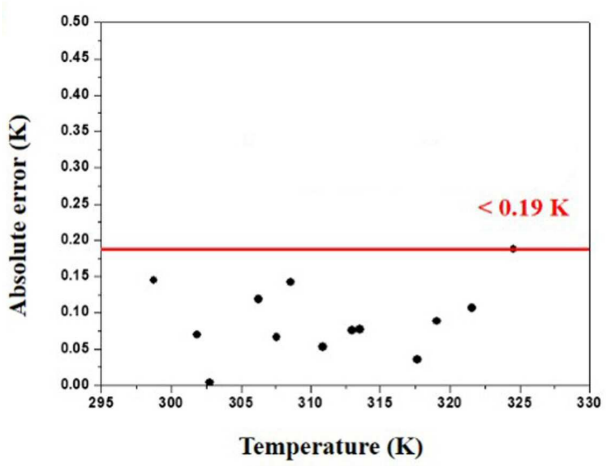
도면4a



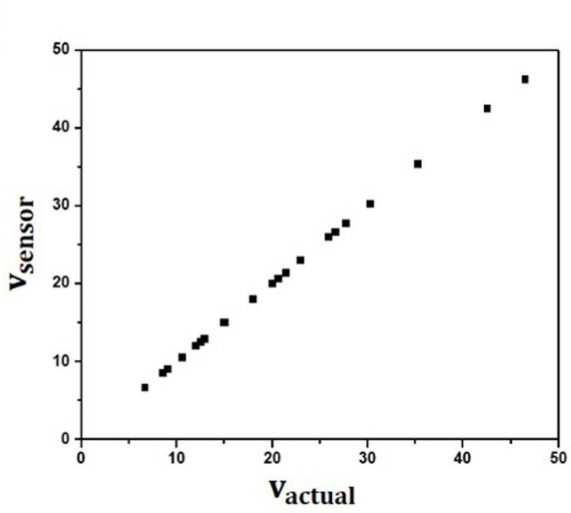
도면4b



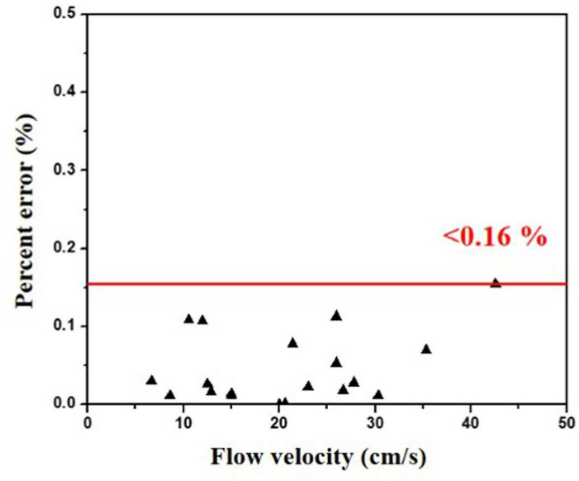
도면4c



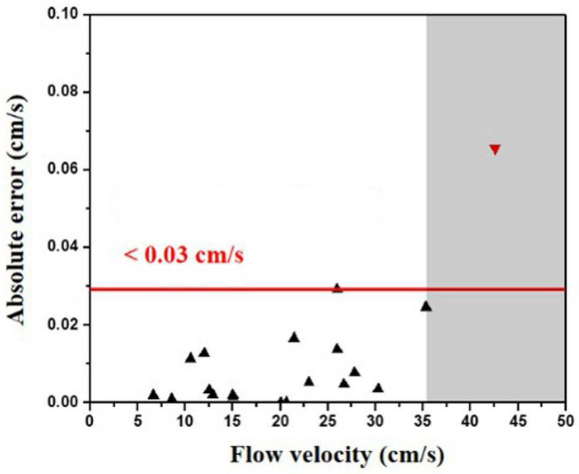
도면4d



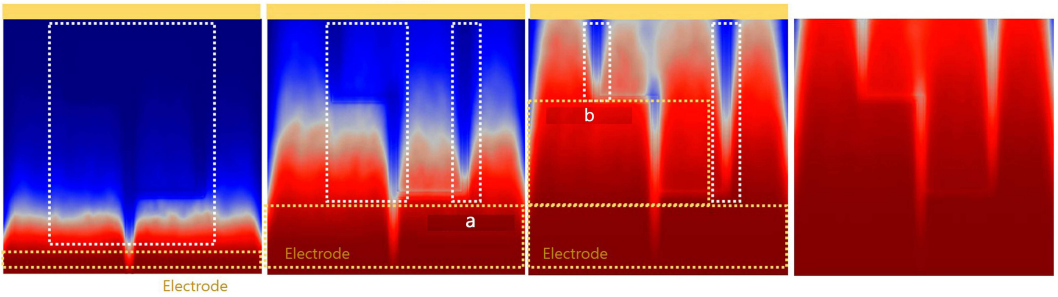
도면4e



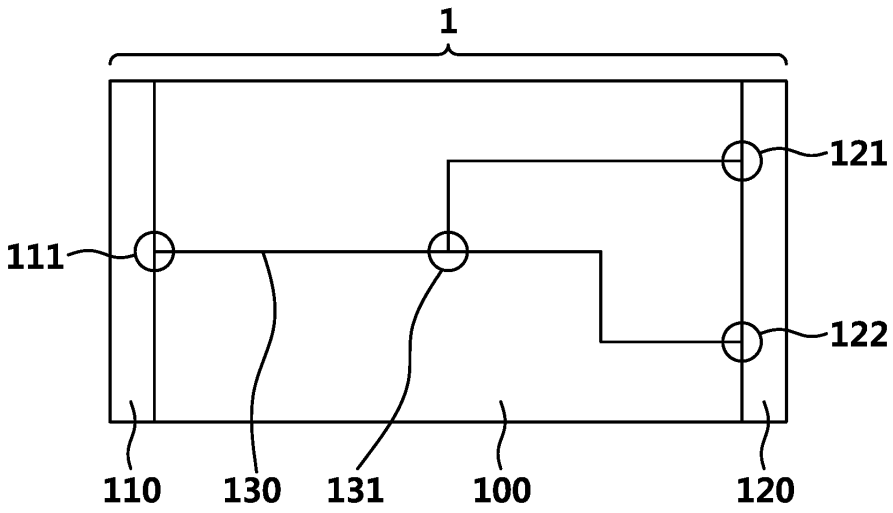
도면4f



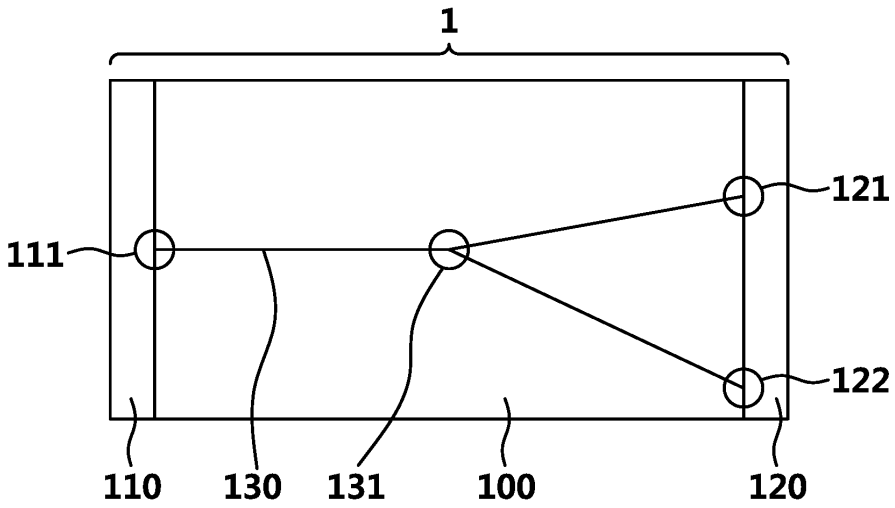
도면5



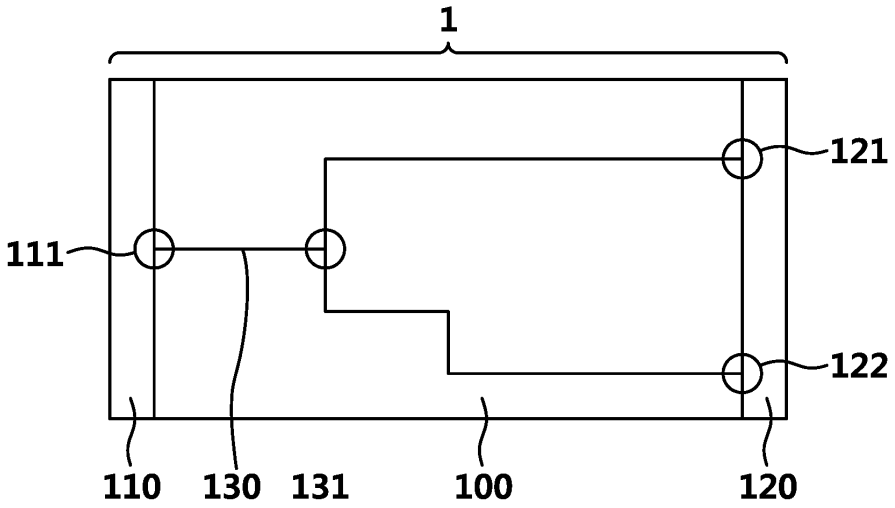
도면6a



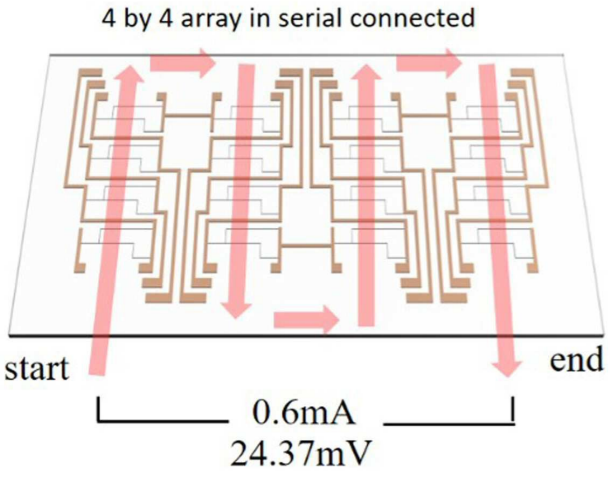
도면6b



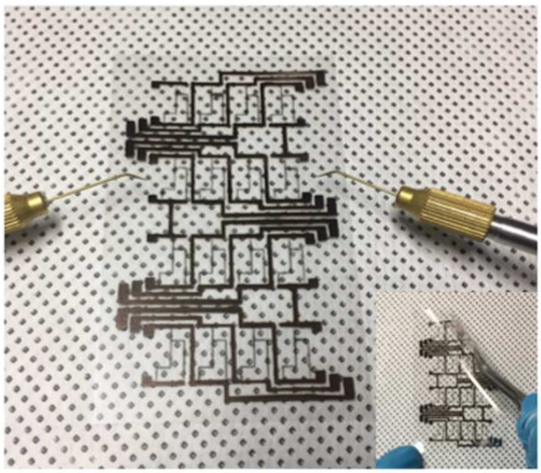
도면6c



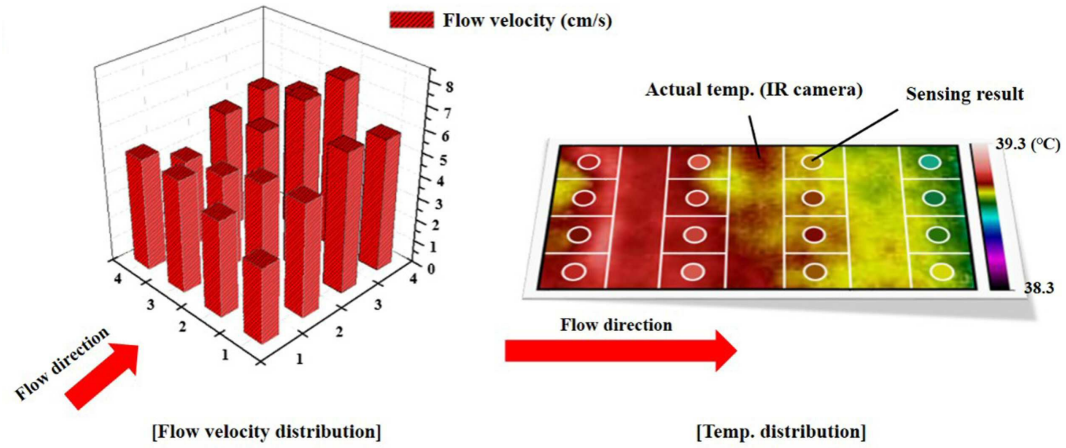
도면7a



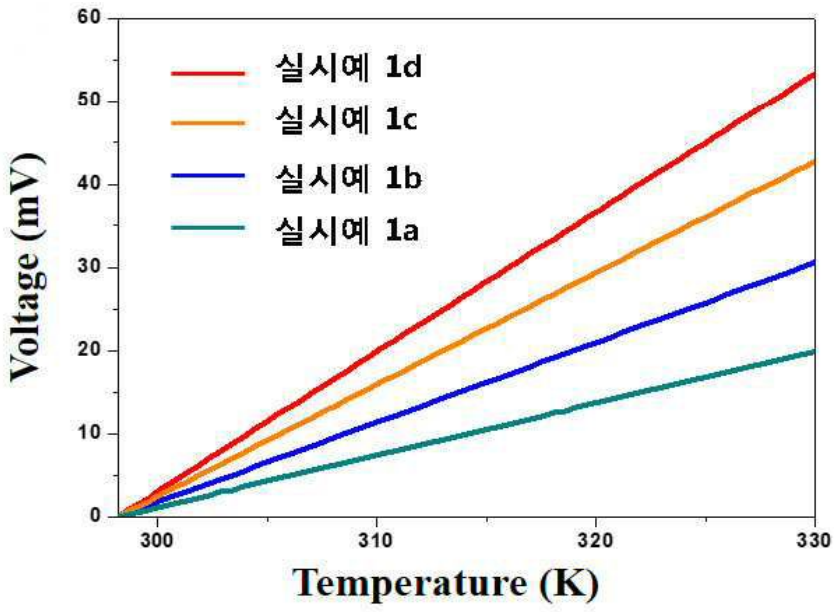
도면7b



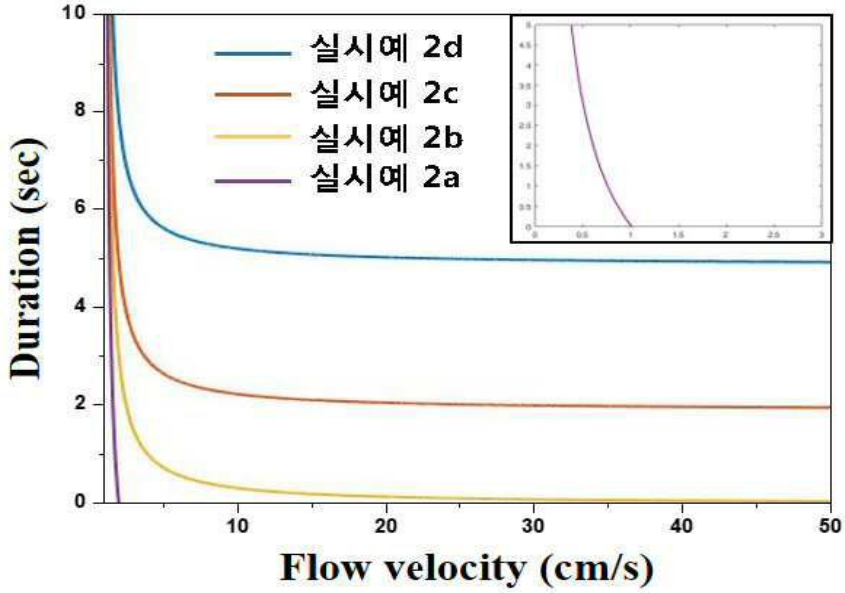
도면7c



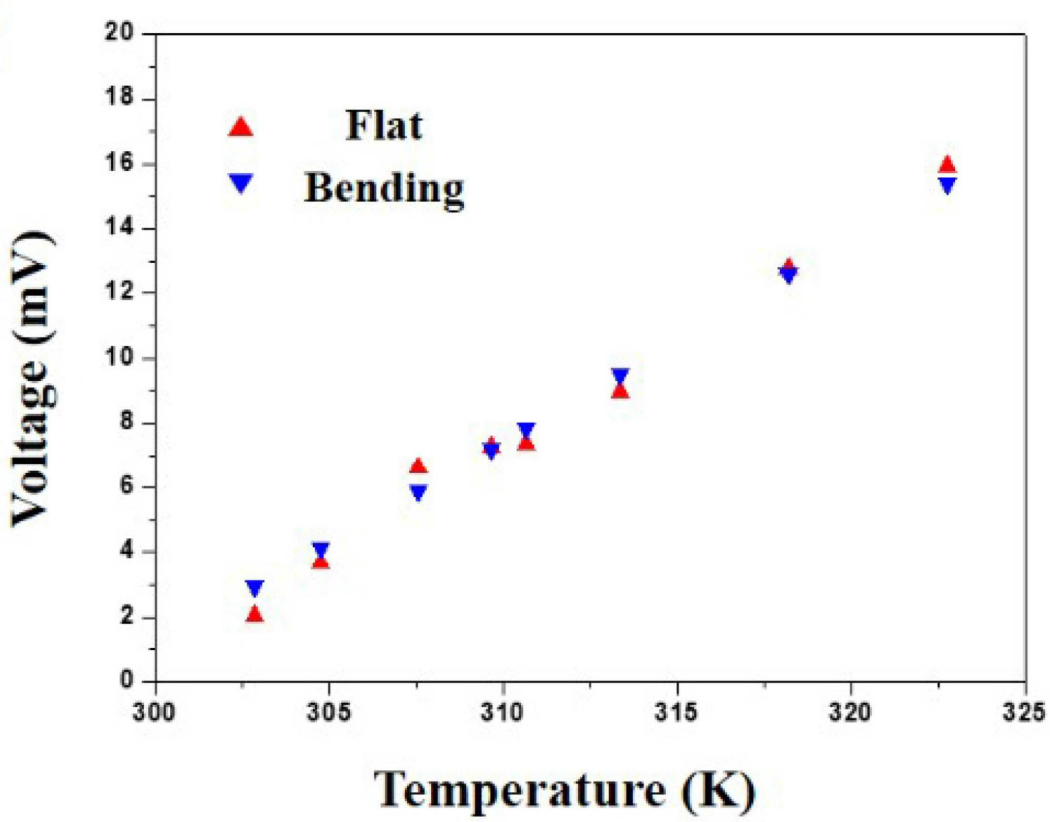
도면8a



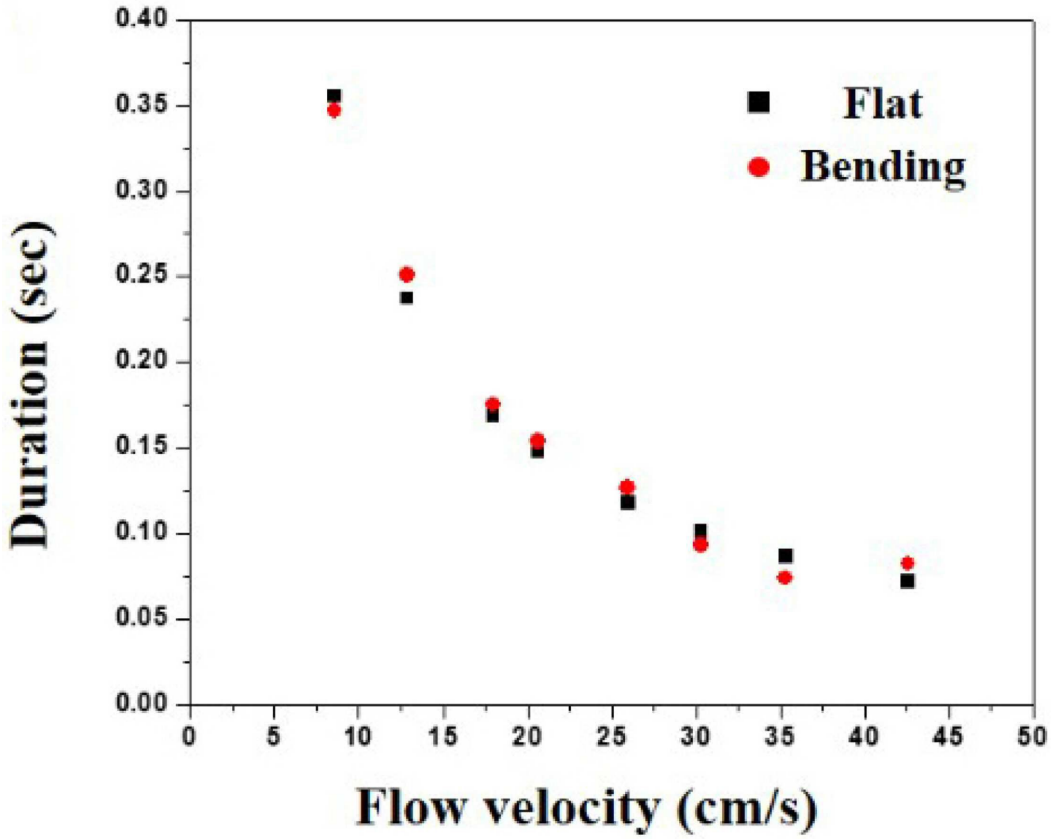
도면8b


실시예 2d
실시예 2c
실시예 2b
실시예 2a
Duration (sec)
Flow velocity (cm/s)
0
2
4
6
8
10
10
20
30
40
50

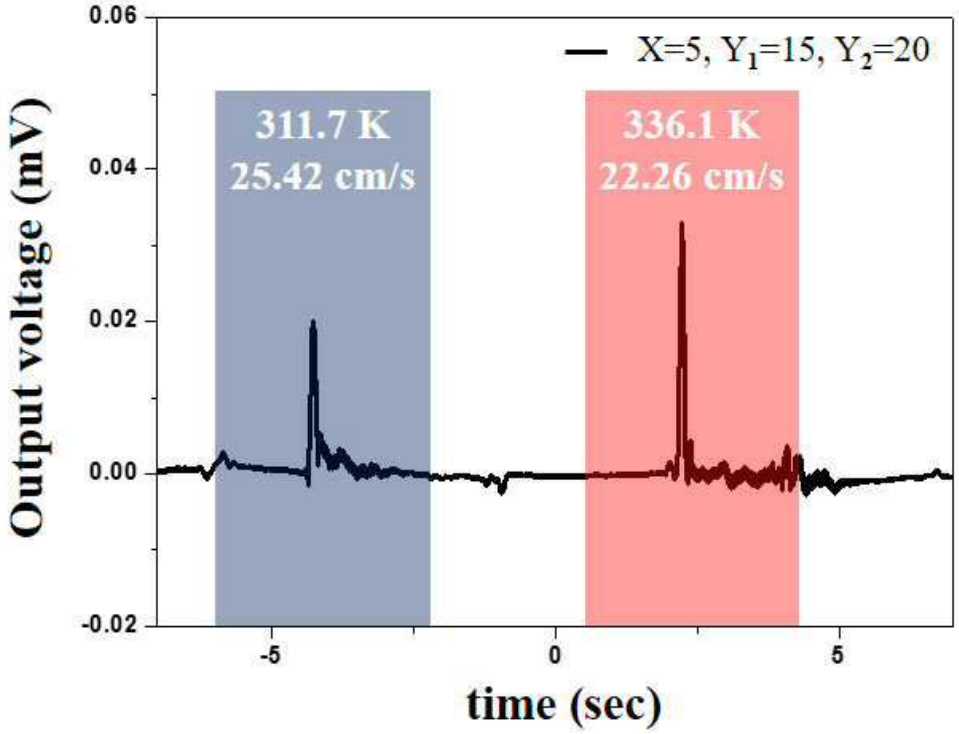
도면9a


Flat
Bending
Voltage (mV)
Temperature (K)
0
2
4
6
8
10
12
14
16
18
20
300
305
310
315
320
325

도면9b


Duration (sec)
Flow velocity (cm/s)
Flat
Bending
0.40
0.35
0.30
0.25
0.20
0.15
0.10
0.05
0.00
0
5
10
15
20
25
30
35
40
45
50

도면10


Output voltage (mV)
time (sec)
X=5, Y1=15, Y2=20
311.7 K
25.42 cm/s
336.1 K
22.26 cm/s
0.06
0.04
0.02
0.00
-0.02
-5
0
5