



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2012년09월12일
 (11) 등록번호 10-1182531
 (24) 등록일자 2012년09월06일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01R 27/26 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2011-0093822

(22) 출원일자 2011년09월19일

심사청구일자 2011년09월19일

(56) 선행기술조사문헌
 KR100353133 B1

(73) 특허권자

성균관대학교산학협력단

경기도 수원시 장안구 서부로 2066, 성균관대학교
 내 (천천동)

(72) 발명자

구자춘

서울특별시 서초구 서초중앙로 200, 10동 602호
 (서초동, 삼풍아파트)

최혁렬

경기도 군포시 당동 용호마을 신산본 엘지자이 1
 차 104동 104호

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

차상윤, 한상민, 남진필, 박종수

전체 청구항 수 : 총 5 항

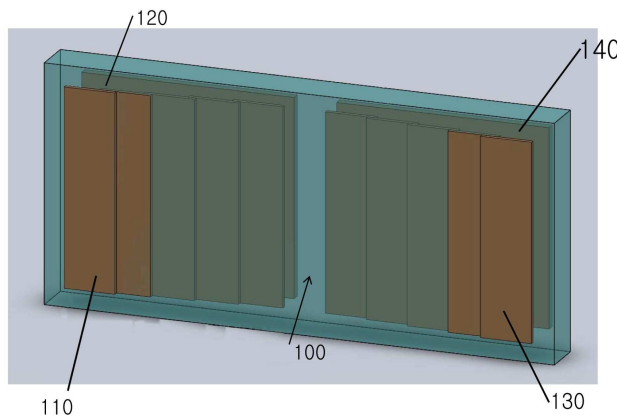
심사관 : 윤지영

(54) 발명의 명칭 **층구조 전극을 포함한 커패시터 센서 및 이를 이용한 힘의 크기 및 방향을 얻는 방법**

(57) 요약

본 발명은 센서 표면에서 발생하는 외부의 힘의 크기 및 방향을 측정할 수 있는 층구조 전극을 포함한 커패시터 센서에 관한 것이다. 또한, 이러한 층구조 전극을 포함한 커패시터 센서를 이용하여 외부에서 인가된 힘의 크기 및 방향을 얻는 방법에 관한 것이다.

대표도 - 도3



(72) 발명자

문형필

경기도 성남시 분당구 내정로165번길 35, 금호1단지아파트 103-303 (수내동, 양지마을)

이영관

서울특별시 서초구 방배3동 임광아파트 5-405

남재도

서울특별시 강남구 개포로 516, 주공아파트 609-202 (개포동)

김백철

서울특별시 마포구 대흥동 태영아파트 105동 1301호

정진아

경기도 성남시 분당구 금곡로 39, 101동 201호 (구미동, 화이트빌)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 GRRC성균관2011

부처명 경기도

연구사업명 경기도 지역협력연구센터

연구과제명 전기자동차용(EV) supercacitor 부품 소재 및 ESU 연구

주관기관 성균관대학교 산학협력단

연구기간 2011.07.01 ~ 2016.06.30

특허청구의 범위

청구항 1

비압축성인 합성 유전 탄성체로서 고유의 유전율을 가진 유전 물질로 이루어지며 마주보는 2개의 면을 가진 커패시터;

각각 2개의 전극을 포함하는 제 1 전극 유닛 및 제 2 전극 유닛으로 이루어진 전극; 및

상기 4개의 전극에 각각 연결된 제 1 및 제 2 커패시턴스 측정부를 포함하는,

커패시터 센서로서,

상기 제 1 전극 유닛에는 상기 커패시터의 2개의 면 중 일면에 1개에 위치하는 제 1 전극이 있고, 상기 일면의 대향면에 상기 제 1 전극과 마주하는 위치에 위치하는 제 1 층구조 전극이 있으며, 상기 제 1 층구조 전극은 둘 이상의 서브 전극들이 전기 소통 가능하도록 층상 구조를 이루어 배치되어 있고, 상기 서브 전극 중 일 끝단에 위치하는 서브 전극은 커패시터 표면과 접하고 있고, 나머지 서브 전극들은 내부 방향을 향해 층을 이루며 커패시터 내부에 삽입되어 있으며,

상기 제 1 층구조 전극의 양 끝단에서 임의의 간격을 가진 층상 방향과 수직이고 상기 커패시터의 수직 단면과 평행한 가상의 평면을 기준으로 상기 제 1 전극 유닛과 거울 대칭을 이루도록 제 2 전극 유닛이 배치된,

커패시터 센서.

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 커패시터 센서에 외부 힘이 인가되었을 때 상기 제 1 전극 유닛의 전극들 및 상기 제 2 전극 유닛의 전극들의 각각의 교차 면적의 변화에 따른 커패시턴스의 변화량을 상기 제 1 및 제 2 커패시턴스 측정부가 각각 측정하고, 상기 제 1 및 제 2 커패시턴스 측정부의 커패시턴스 측정값의 차이값을 이용해 힘이 인가된 방향을 감지하는,

커패시터 센서.

청구항 3

제 1 항에 있어서,

상기 합성 유전 탄성체는 합성 고분자, 합성 우레탄, 합성 실리콘 중 어느 하나인,

커패시터 센서.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 전극은 카본 페이스트(carbon paste) 또는 전도성 실리콘으로 이루어진,

커패시터 센서.

청구항 5

커패시터 센서를 이용하여 외부에서 힘이 인가되었을 때 인가된 힘의 방향 및 크기를 얻는 방법으로서,

- a) 제 1 항 내지 제 4 항 중 어느 한 항에 따른 커패시터 센서를 이용하여 상기 제 1 커패시턴스 측정부의 커패시턴스 변화량(ΔC_{NS1})과 상기 제 2 커패시턴스 측정부의 커패시턴스 변화량(ΔC_{NS2})의 차이값(ΔC_{NS12})을 얻는 단계;
 - b) 상기 커패시턴스 변화량의 차이값(ΔC_{NS12})과 전단 방향의 힘(F_S)에 대해 미리 캘리브레이션되어 있는 데이터를 이용해, 상기 a) 단계로부터 얻은 상기 커패시턴스 변화량의 차이값(ΔC_{NS12})으로부터 전단 방향의 힘(F_S)을 얻는 단계;
 - c) 상기 a) 단계의 커패시터 센서에서 제 1 전극 유닛 및 제 2 전극 유닛 중 어느 하나를 이용해 전단 방향의 힘(F_S)과 전단 방향의 커패시턴스 값(C_S)에 대해 미리 캘리브레이션되어 있는 데이터를 이용해, 상기 전단 방향의 힘(F_S)으로부터 전단 방향의 커패시턴스 값(C_S)을 얻는 단계;
 - d) 상기 a) 단계의 커패시터 센서에서 제 1 전극 유닛 및 제 2 전극 유닛 중 어느 하나에 대해 미리 측정된 커패시턴스 값(C_{NS})으로부터 상기 c) 단계로부터 얻은 전단 방향의 커패시턴스 값(C_S)을 차감하여 수직 방향의 커패시턴스 변화량(C_N)을 얻는 단계;
 - e) 상기 a) 단계의 커패시터 센서에서 제 1 전극 유닛 및 제 2 전극 유닛 중 어느 하나를 이용해 수직 방향의 힘(F_N)과 수직 방향의 커패시턴스 값(C_N)에 대해 미리 캘리브레이션되어 있는 데이터를 이용해, 상기 d) 단계로부터 얻어진 수직 방향의 커패시턴스 값(C_N)으로부터 수직 방향의 힘(F_N)을 얻는 단계; 및
 - f) 상기 b) 단계로부터 얻은 상기 전단 방향의 힘(F_S)과 상기 e) 단계로부터 얻은 상기 수직 방향의 힘(F_N)의 크기를 이용해 $\tan\theta = F_N/F_S$ 및 $F_{NS} = F_N/\cos\theta$ 로부터 인가된 힘의 방향(θ) 및 힘의 크기(F_{NS})를 얻는 단계를 포함하는,
- 커패시터 센서를 이용하여 외부에서 힘이 인가되었을 때 인가된 힘의 방향 및 크기를 얻는 방법.

명세서

기술분야

[0001] 본 발명은 센서 표면에서 발생하는 외부의 힘의 크기 및 방향을 측정할 수 있는 층구조 전극을 포함한 커패시터 센서에 관한 것이다. 또한, 이러한 층구조 전극을 포함한 커패시터 센서를 이용하여 외부에서 인가된 힘의 크기 및 방향을 얻는 방법에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 커패시터 센서는 외력의 작용에 의한 커패시턴스(capacitance)의 변화를 측정함으로써 힘을 감지하는 센서로서, 그 구조는 유전 물질(dielectric material)의 양쪽에 전극(electrode)이 위치하고 가운데 유전 물질이 위치하는 커패시터(capacitor)이다.

[0003] 종래의 정전 용량형 센서는 힘이 가해질 때 그 면적의 변화 및 두께의 변화에 의해 커패시턴스가 변화하고 그 커패시턴스의 변화로부터 힘의 크기 및 방향을 측정하였는데, 그 원리는 도 1에서 보는 것처럼, 4개의 셀을 이용하여 각 셀의 커패시턴스의 변화량 등을 통해 힘의 크기 및 방향을 측정할 수 있었다. 이러한 내용은 "Normal and Shear Force Measurement Using a Flexible Polymer Tactile sensor with Embedded Multiple Capacitors", Journal of microelectromechanical systems, vol., 17, No.4, August 2008 에서 개시되어 있다. 상기 센서의 경우에, 전단 방향의 힘 또는 수직 방향의 힘에 대해 각각 그 크기 및 방향을 측정할 수는 있었지만, 임의의 방향으로부터 힘이 들어왔을 때 그 힘을 분리하여 각각 전단 방향의 힘과 수직 방향의 힘의 크기를 측정할 수 없었다.

[0004] 따라서, 임의의 방향으로부터 힘이 들어왔을 때 그 힘을 분리하여 각각 전단 방향의 힘과 수직 방향의 힘으로 나눌 수 있는 방법 및 이러한 방법에 이용되는 커패시터 센서에 대한 요구가 항상 있어왔다.

발명의 내용

- [0005] 본 명세서에서, 아래첨자 중 "N"은 Normal의 약자로서 수직 방향을 의미하고, "S"는 Shear의 약자로서 전단 방향을 의미하며, 또한 "NS"는 수직 방향 및 전단 방향이 합쳐진 방향을 의미하는 것이다.
- [0006] 본 발명의 일 실시예에 따르면, 비압축성인 합성 유전 탄성체로서 고유의 유전율을 가진 유전 물질로 이루어지며 마주보는 2개의 면을 가진 커패시터; 각각 2개의 전극을 포함하는 제 1 전극 유닛 및 제 2 전극 유닛으로 이루어진 전극; 및 상기 4개의 전극에 각각 연결된 제 1 및 제 2 커패시턴스 측정부를 포함하는, 커패시터 센서로서, 상기 제 1 전극 유닛에는 상기 커패시터의 2개의 면 중 일면에 1개에 위치하는 제 1 전극이 있고, 상기 일면의 대향면에 상기 제 1 전극과 마주하는 위치에 위치하는 제 1 층구조 전극이 있으며, 상기 제 1 층구조 전극은 둘 이상의 서브 전극들이 전기 소통 가능하도록 층상 구조를 이루어 배치되어 있고, 상기 서브 전극 중 일 끝단에 위치하는 서브 전극은 커패시터 표면과 접촉하고 있고, 나머지 서브 전극들은 내부 방향을 향해 층을 이루며 커패시터 내부에 삽입되어 있으며, 상기 제 1 층구조 전극의 양 끝단에서 임의의 간격을 가진 층상 방향과 수직이고 상기 커패시터의 수직 단면과 평행한 가상의 평면을 기준으로 상기 제 1 전극 유닛과 거울 대칭을 이루도록 제 2 전극 유닛이 배치된, 커패시터 센서가 제공된다.
- [0007] 본 발명의 추가적인 실시예에 따르면, 상기 커패시터 센서에 외부 힘이 인가되었을 때 상기 제 1 전극 유닛의 전극들 및 상기 제 2 전극 유닛의 전극들의 각각의 교차 면적의 변화에 따른 커패시턴스의 변화량을 상기 제 1 및 제 2 커패시턴스 측정부가 각각 측정하고, 상기 제 1 및 제 2 커패시턴스 측정부의 커패시턴스 측정값의 차이값을 이용해 힘이 인가된 방향을 감지하는, 커패시터 센서가 제공된다.
- [0008] 본 발명의 추가적인 실시예에 따르면, 커패시터 센서의 상기 합성 유전 탄성체는 합성 고분자, 합성 우레탄, 합성 실리콘 중 어느 하나이다.
- [0009] 본 발명의 추가적인 실시예에 따르면, 커패시터 센서에서 상기 전극은 카본 페이스트(carbon paste) 또는 전도성 실리콘으로 이루어진다.
- [0010] 또한, 본 발명의 일 실시예는 커패시터 센서를 이용하여 외부에서 힘이 인가되었을 때 인가된 힘의 방향 및 크기를 얻는 방법을 제공하고, 이러한 방법은 이하의 단계를 포함한다:
- [0011] a) 제 1 항 내지 제 4 항 중 어느 한 항에 따른 커패시터 센서를 이용하여 상기 제 1 커패시턴스 측정부의 커패시턴스 변화량(ΔC_{NS1})과 상기 제 2 커패시턴스 측정부의 커패시턴스 변화량(ΔC_{NS2})의 차이값(ΔC_{NS12})을 얻는 단계;
- [0012] b) 상기 커패시턴스 변화량의 차이값(ΔC_{NS12})과 전단 방향의 힘(F_S)에 대해 미리 캘리브레이션되어 있는 데이터를 이용해, 상기 a) 단계로부터 얻은 상기 커패시턴스 변화량의 차이값(ΔC_{NS12})으로부터 전단 방향의 힘(F_S)을 얻는 단계;
- [0013] c) 상기 a) 단계의 커패시터 센서에서 제 1 전극 유닛 및 제 2 전극 유닛 중 어느 하나를 이용해 전단 방향의 힘(F_S)과 전단 방향의 커패시턴스 값(C_S)에 대해 미리 캘리브레이션되어 있는 데이터를 이용해, 상기 전단 방향의 힘(F_S)으로부터 전단 방향의 커패시턴스 값(C_S)을 얻는 단계;
- [0014] d) 상기 a) 단계의 커패시터 센서에서 제 1 전극 유닛 및 제 2 전극 유닛 중 어느 하나에 대해 미리 측정된 커패시턴스 값(C_{NS})으로부터 상기 c) 단계로부터 얻은 전단 방향의 커패시턴스 값(C_S)을 차감하여 수직 방향의 커패시턴스 변화량(C_N)을 얻는 단계;
- [0015] e) 상기 a) 단계의 커패시터 센서에서 제 1 전극 유닛 및 제 2 전극 유닛 중 어느 하나를 이용해 수직 방향의 힘(F_N)과 수직 방향의 커패시턴스 값(C_N)에 대해 미리 캘리브레이션되어 있는 데이터를 이용해, 상기 d) 단계로부터 얻어진 수직 방향의 커패시턴스 값(C_N)으로부터 수직 방향의 힘(F_N)을 얻는 단계; 및
- [0016] f) 상기 b) 단계로부터 얻은 상기 전단 방향의 힘(F_S)과 상기 e) 단계로부터 얻은 상기 수직 방향의 힘(F_N)의 크기를 이용해 $\tan\theta = F_N/F_S$ 및 $F_{NS} = F_N/\cos\theta$ 로부터 인가된 힘의 방향(θ) 및 힘의 크기(F_{NS})를 얻는 단계.

도면의 간단한 설명

- [0017] 도 1은 종래 기술에 따른 힘의 크기 및 방향을 측정하는 커패시터 센서이다.
- 도 2는 힘이 인가될 경우 커패시터 센서의 커패시턴스가 변화하는 모습을 도시한다.
- 도 3은 본 발명에 따른 커패시터 센서의 일 실시예의 사시도이다.
- 도 4는 본 발명에 따른 커패시터 센서의 일 실시예의 측단면도이다.
- 도 5는 본 발명에 따른 커패시터 센서에 전단 방향의 힘이 인가되었을 때 커패시터 센서의 상부 및 하부에서 교차 면적의 차이가 발생함을 나타내는 도면이다.
- 도 6은 본 발명의 커패시터 센서에 대해 미리 알고 있는 인가된 힘의 크기에 따른 커패시턴스 값의 변화량의 차이값을 측정 기록하여 캘리브레이션한 결과를 도시한다.
- 도 7은 본 발명의 커패시터 센서에 대해 미리 알고 있는 전단 방향으로 인가된 힘의 크기에 따른 커패시턴스 값을 측정 기록하여 캘리브레이션한 결과를 도시한다.
- 도 8은 본 발명의 커패시터 센서에 대해 미리 알고 있는 수직 방향으로 인가된 힘의 크기에 따른 커패시턴스 값을 측정 기록하여 캘리브레이션한 결과를 도시한다.
- 도 9는 임의의 방향으로 힘이 인가된 경우 그 힘의 방향 및 크기를 알기 위한 본 발명에 따른 방법을 설명하는 도면으로서, 수직 및 캘리브레이션 결과에 따라 순차적으로 힘의 방향 및 크기를 알게 되는 과정을 나타낸다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0018] 이하에서는 첨부된 도면을 참고로 하여, 본 발명의 실시예를 상세하게 설명하도록 하겠다.

[0019] 1. 커패시터 센서에 의한 인가된 힘의 크기의 측정

[0020] 커패시터 센서는 유전물질로서의 양쪽의 전극과 그 가운데 유전 물질로 이루어진 커패시터의 구성으로 이루어져 있다. 이러한 커패시턴스 센서는, 도 2에서 보는 것처럼, 센서의 표면에 수직 방향의 힘(Normal Force) 또는 전단 방향의 힘(Shear Force)이 인가될 경우, 이때 상부 전극 및 하부 전극의 교차 면적이 변경되거나(ΔA), 또는 두께가 변화되어(Δd) 이에 의해 커패시턴스가 변화되고, 이러한 커패시턴스를 측정함으로써 인가된 힘을 측정할 수 있다.

[0021] 이때 커패시턴스를 계산하는 식은 아래와 같다.

[0022] $C = \epsilon_0 * \epsilon_1 * A / d$

[0023] A: 커패시터 플레이트 면적 (m^2)

[0024] C: 커패시턴스 (farads)

[0025] ϵ_0 : 자유 공간 내의 절대 유전율 (8.854×10^{-12} F/m)

[0026] ϵ_1 : 커패시터 플레이트 사이의 유전 물질의 상대 유전율

[0027] d: 커패시터 플레이트 사이의 거리(m)

[0028] 2. 커패시터 센서의 구조

[0029] 본 발명의 커패시터 센서는, 고유의 유전율을 가진 유전 물질로 이루어진 커패시터를 포함하는데, 이러한 커패시터는 합성 유전탄성체로 이루어져 있다. 이러한 합성 유전탄성체는 합성 고분자, 합성 우레탄, 합성 실리콘 중 어느 하나일 수 있다. 이러한 유전 탄성체 재료는 비압축성(incompressibility) 물질이기 때문에 외부에서 힘을 받아 압력을 받아도 부피는 일정하게 유지되므로 압력의 작용에 따라 면적(A) 또는 두께(d)가 변화될 수 있고, 이에 의해 커패시턴스가 변화하게 된다.

[0030] 이러한 물질로 제작된 합성 유전탄성체는 두께, 면적, 유전율에 기인하여 일정한 커패시턴스를 갖고 있다. 이때 합성 탄성유전체의 전극은 외부의 작은 압력에도 변형되지 않고 강한 압력에도 영구 변형이 생기지 않도록 해야 센서의 성능과 정확도가 높아질 수 있으므로, 전기전도도가 좋고 유연한 전극을 사용하는 것이 바람직하다. 이러한 전극은, 카본 페이스트(carbon paste) 또는 전도성 실리콘으로 이루어지는 것이 바람직하다. 또한 박막 금속 증착이 사용될 수도 있다.

[0031] 본 발명의 일 실시예에 따른 커패시터 센서는 도 3 및 도 4에서 도시된다. 도 3에서 보는 것처럼, 커패시터 센서는 고유의 유전율을 가진 유전 물질로 이루어진 유전체, 즉 커패시터(100)는 마주보는 2개의 대향면을 가지며, 이 대향면에는 도 3 및 도 4에서 보는 것처럼, 제 1 전극 유닛(110, 120) 및 제 2 전극 유닛(130, 140)이 배치된다. 도 4의 경우 아래 도면은 힘이 인가되지 아니한 상태의 본 발명에 따른 커패시터 센서를 도시하고, 윗 도면은 전단 방향의 힘이 좌측에서 인가된 상태의 본 발명에 따른 커패시터 센서를 도시한다. 제 1 전극 유닛은 한 쌍의 전극을 이루고, 제 2 전극 유닛은 제 1 전극 유닛으로부터 일정한 간격을 두고 제 1 전극 유닛과 대칭을 이루도록 한 쌍의 전극을 이룬다. 또한, 4개의 전극(110, 120, 130, 140)의 각각에는 커패시터의 커패시턴스 변화량을 측정하기 위한 커패시턴스 측정부(미도시)가 연결되어 있다.

[0032] 이때 도 4에서 보는 것처럼, 제 1 전극 유닛은 커패시터의 하부에 위치한 제 1 전극(120); 및 이러한 제 1 전극과 마주하는 위치에서 커패시터의 상부에 위치하는 제 1 층구조 전극(110)을 포함하고, 이 경우 상기 제 1 층구조 전극(110)은 둘 이상의 서브 전극들(111; 112; 113; 114; 115)이 전기 소통 가능하도록 층상 구조로 배치되어 있다. 서브 전극들은 예시적으로 5개로 도시되어 있지만, 그 숫자에는 제한이 없다. 도 4에서 보는 것처럼 서브 전극들은 서브 전극들 중 일 끝단에 위치한 서브 전극은 커패시터 표면과 접하고 있고, 나머지 서브 전극들은 내부 방향을 향해 층을 이루며 커패시터 내부로 삽입되어 배치된다.

[0033] 한편, 제 1 층구조 전극의 양 끝단에서 임의의 간격을 가진 층상 방향과 수직이고 커패시터의 수직 단면과 평행한 가상의 평면을 기준으로 상기 제 1 전극 유닛과 거울 대칭을 이루도록 제 2 전극 유닛이 배치된다. 도 3 및 도 4에서 보는 것처럼, 제 2 전극 유닛도 하부에 제 2 전극(140) 및 상부에 제 2 층구조 전극(130)을 포함하고 있다. 또한, 제 2 층구조 전극(130) 역시 둘 이상의 서브 전극들(131; 132; 133; 134; 135)로 이루어져 있다.

[0034] **3. 수직 방향 및 전단 방향의 힘의 크기 및 방향의 측정**

[0035] 이러한 커패시터 센서에 있어서, 수직 방향의 힘이 인가되면 커패시터의 두께가 변화하게 되고, 이에 의해 커패시턴스가 변하게 되며 이러한 커패시턴스의 변화를 측정함으로써 수직 방향의 힘의 크기를 측정할 수 있다. 단, 이 경우에는 제 1 전극 유닛 및 제 2 전극 유닛의 커패시턴스 변화량의 차이는 없다(즉, $\Delta C_{NS1} = \Delta C_{NS2}$). 이 경우 수직 방향의 힘의 크기를 측정하는 방법은, 커패시터 센서 중 하나의 전극 유닛, 예를 들어 제 1 전극 유닛에 대해 미리 알고 있는 수직 방향의 힘을 인가하고, 이에 따른 커패시턴스 값을 측정 기록하여 데이터를 만들고, 이러한 데이터를 힘에 따른 커패시턴스 값에 대해 캘리브레이션을 한 후, 그 결과를 이용한다(도 8 참고).

[0036] 한편, 본 발명에 따른 커패시터 센서에 의한 전단 방향의 힘의 크기의 측정은 미리 저장된 데이터를 이용해서 이루어지게 된다. 본 발명에 따른 커패시터 센서에 순수한 전단 방향의 힘(이미 알고 있는 힘의 크기)이 인가되었을 때 도 4에서 보는 것처럼 센서의 좌측 윗부분에 전단 방향의 힘이 인가된 경우, 센서의 제 1 층구조 전극 및 제 2 층구조 전극은 도 4에서와 같이 배치되어 있기 때문에 도 5에서 보는 것처럼 윗부분의 교차 면적의 차이와 중간 부분의 교차 면적(ΔA)의 차이가 다르게 된다. 즉, 도 4에서 제 1 전극 유닛(도 4에서 좌측 전극 유닛을 제 1 전극 유닛으로 가정) 및 제 2 전극 유닛(도 4에서 우측의 전극 유닛을 제 2 전극 유닛으로 가정)에서 각각 커패시턴스 변화량을 측정할 때 커패시턴스 변화량의 차이가 발생하게 된다. 이러한 커패시턴스 변화량의 차이값을 데이터로 기록한다. 이처럼 센서에 대해 이미 알고 있는 인가되는 힘의 크기에 따른 커패시턴스의 변화량의 차이값을 각각 측정하여 기록하고 그 결과값은 도 6에서와 같이 캘리브레이션 하여 힘의 크기에 따른 커패시턴스 변화량의 차이값의 대응을 수식으로 나타낼 수 있다. 이후 실제 센서를 이용할 때 센서가 커패시턴스 변화량의 차이값(ΔC_{NS12})을 측정함에 따라 이미 마련된 전단 방향의 힘의 크기에 따른 커패시턴스 변화량의 차이값(ΔC_{NS12})의 대응 수식을 이용하여 전단 방향의 힘의 크기(F_s)를 알 수 있게 된다.

[0037] $\Delta C_{NS12} \rightarrow F_s$

[0038] 한편, 본 발명에 따른 커패시터 센서에 전단 방향의 힘이 예를 들어 도 4에서와 같이 인가되면 제 1 전극 유닛과 제 2 전극 유닛의 교차 면적의 변화량의 차이가 발생된다. 즉, 제 1 전극 유닛의 교차 면적의 변화량이 제 2 전극 유닛의 교차 면적의 변화량보다 크고, 이에 의해 제 1 전극과 제 2 전극의 커패시턴스 변화량의 차이값(ΔC_{NS12})이 발생한다. 예를 들어, 커패시턴스 변화량의 차이값이 제 1 전극의 커패시턴스의 변화량에서 제 2 전극의 커패시턴스의 변화량을 차감한 것이라고 가정한다면, 만일 그 값이 양인 경우에는 좌측에서 전단 방향의 힘이 인가되었음을 알 수 있고, 음인 경우에는 우측에서 전단 방향의 힘이 인가되었음을 알 수 있다. 이에 의해 전단 방향의 힘의 방향을 알 수 있다.

[0039] **4. 임의의 방향의 힘이 인가된 경우에 힘의 크기 및 방향을 얻는 방법**

[0040] 본 발명에 따른 커패시터 센서에 임의의 방향에서 힘이 인가된 경우에, 그 힘의 크기 및 방향을 얻는 방법에 대해 설명하도록 하겠다.

[0041] 예를 들어 센서의 상부에 센서의 상부의 평면과 각(θ)을 이루며 일정한 크기의 힘(F_{NS})이 인가된 경우에 각(θ) 및 힘(F_{NS})을 얻는 방법을 살펴보면 다음과 같다. 힘의 크기 및 방향을 얻는 과정에 대한 도면으로서 도 9를 참고할 수 있다.

[0042] **1) 단계 a)**

[0043] 먼저, 본 발명에 따른 커패시터 센서의 커패시턴스 측정부를 이용하여 힘이 인가되었을 때 제 1 커패시턴스 측정부의 커패시턴스 변화량(ΔC_{NS1})과 제 2 커패시턴스 측정부의 커패시턴스 변화량(ΔC_{NS2})의 차이값($\Delta C_{NS12} = \Delta C_{NS1} - \Delta C_{NS2}$)을 얻는다. 이러한 커패시턴스 변화량의 차이값(ΔC_{NS12})이 양의 값인지 음의 값인지에 따라 전단 방향의 힘의 방향이 결정된다.

[0044] **2) 단계 b)**

[0045] 이미 위에서 설명한 것처럼, 커패시턴스 변화량의 차이값(ΔC_{NS12})을 이용하여 인가된 힘 중 순수하게 전단 방향의 힘(F_s)을 미리 캘리브레이션되어 있는 데이터(도 6 참고)를 이용하여 얻게 된다.

[0046] $\Delta C_{NS12} \rightarrow F_s$

[0047] **3) 단계 c)**

[0048] 본 발명의 커패시터 센서 중 하나의 전극 유닛, 예를 들어 제 1 전극 유닛을 이용해 전단 방향의 힘(F_s)과 전단 방향으로 인가된 힘에 따른 커패시턴스 값(C_s)에 대해 미리 캘리브레이션되어 있는 데이터를 이용해 전단 방향의 힘(F_s)으로부터 전단 방향의 커패시턴스 값(C_s)을 얻는다. 미리 캘리브레이션되어 있는 데이터는 도 4에서 제 1 전극 유닛(도 4에서 좌측)에 대해 이미 알고 있는 인가되는 전단 방향의 힘의 크기에 따른 커패시턴스의 값을 각각 측정하여 기록하고 그 결과값은 도 7에서와 같이 캘리브레이션 하여 전단 방향의 힘의 크기에 따른 커패시턴스 값의 대응을 수식으로 나타낼 수 있다.

[0049] $F_s \rightarrow C_s$

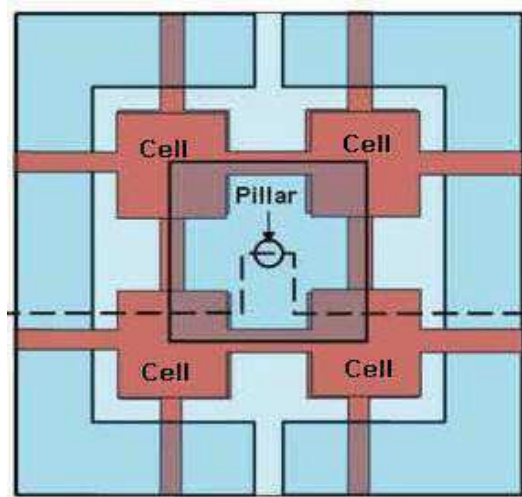
[0050] **4) 단계 d)**

[0051] 본 발명의 커패시터 센서 중 하나의 전극 유닛, 예를 들어 제 1 전극 유닛에 대해 임의의 방향의 힘이 인가되었을 때 커패시턴스 값(C_{NS})을 미리 측정한다. 이 경우에, 커패시턴스 값은 수직 방향의 커패시턴스 값과 전단 방향의 커패시턴스 값의 합이다.

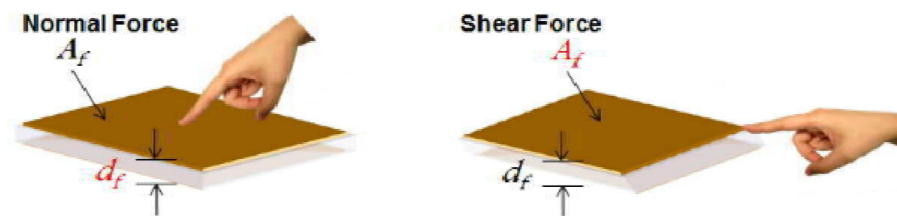
- [0052] $C_{NS} = C_N + C_S$
- [0053] 단계 d)에서는 미리 측정된 커패시턴스 값(C_{NS})으로부터 단계 c)로부터 얻어진 전단 방향의 커패시턴스 값(C_S)을 차감하여($C_{NS} - C_S = C_N$), 수직 방향의 커패시턴스 값(C_N)을 얻게 된다.
- [0054] $C_N = C_{NS} - C_S$
- [0055] 5) 단계 e)
- [0056] 본 발명의 커패시터 센서 중 하나의 전극 유닛, 예를 들어 제 1 전극 유닛을 이용해, 수직 방향의 힘(F_N)과 수직 방향의 커패시턴스 값(C_N)에 대해 미리 캘리브레이션되어 있는 데이터를 이용해, 상기 d)단계로부터 얻어진 수직 방향의 커패시턴스 값(C_N)으로부터 수직 방향의 힘(F_N)을 얻는다. 미리 캘리브레이션되어 있는 데이터는 도 4에서 제 1 전극 유닛(도 4에서 좌측)에 대해 이미 알고 있는 인가되는 수직 방향의 힘의 크기에 따른 커패시턴스의 값을 각각 측정하여 기록하고 그 결과값은 도 8에서와 같이 캘리브레이션 하여 전단 방향의 힘의 크기에 따른 커패시턴스 값의 대응을 수식으로 나타낼 수 있다.
- [0057] 6) 단계 f)
- [0058] 상기 b) 단계로부터 얻은 상기 전단 방향의 힘(F_S)과 상기 e) 단계로부터 얻은 상기 수직 방향의 힘(F_N)의 크기를 이용해 아래와 같은 수식을 이용하여 인가된 힘의 방향, 즉 각(θ)과 인가된 힘의 크기(F_{NS})를 얻을 수 있다.
- [0059] 먼저, $\tan\theta = F_N / F_S$ 로부터 각(θ)을 얻게 되고, 이후 얻어진 각(θ)을 이용하여 $F_{NS} = F_N / \cos\theta$ 로부터 인가된 힘의 크기(F_{NS}) 값을 얻게 된다.
- [0060] 정리해보면, 도 9에서와 같이 본 발명에 따른 커패시터 센서에 맨 좌측에서 보는 것처럼 힘이 인가되지 아니하였을 경우에는, 제 1 전극 유닛과 제 2 전극 유닛에서 커패시턴스 값은 동일하다. 이때 임의의 방향에서 각(θ)을 이루며 힘이 인가된 경우에, 제 1 전극 유닛과 제 2 전극 유닛의 커패시턴스값의 변화량의 차이값(ΔC_{NS12})이 발생하고, 이러한 차이값으로부터 캘리브레이션 결과(도 6)를 이용하여 F_S 를 얻게 된다. 이후 얻어진 F_S 로부터 캘리브레이션 결과(도 7)를 이용하여 C_S 를 얻고, 이후 $C_N = C_{NS} - C_S$ 로부터 C_N 을 얻는다. 그리고 얻어진 C_N 으로부터 캘리브레이션 결과(도 8)를 이용하여 F_N 을 얻게 된다. 최종적으로 얻어진 F_N 및 F_S 값을 이용해 각(θ)을 알게 되고, 이를 이용하여 F_{NS} 를 얻게 된다.

도면

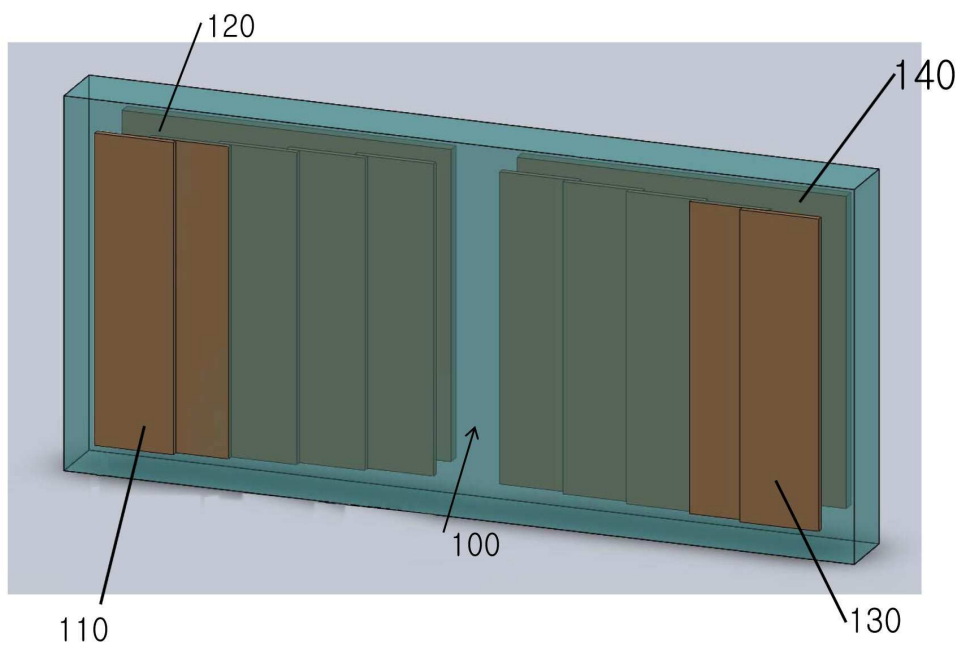
도면1



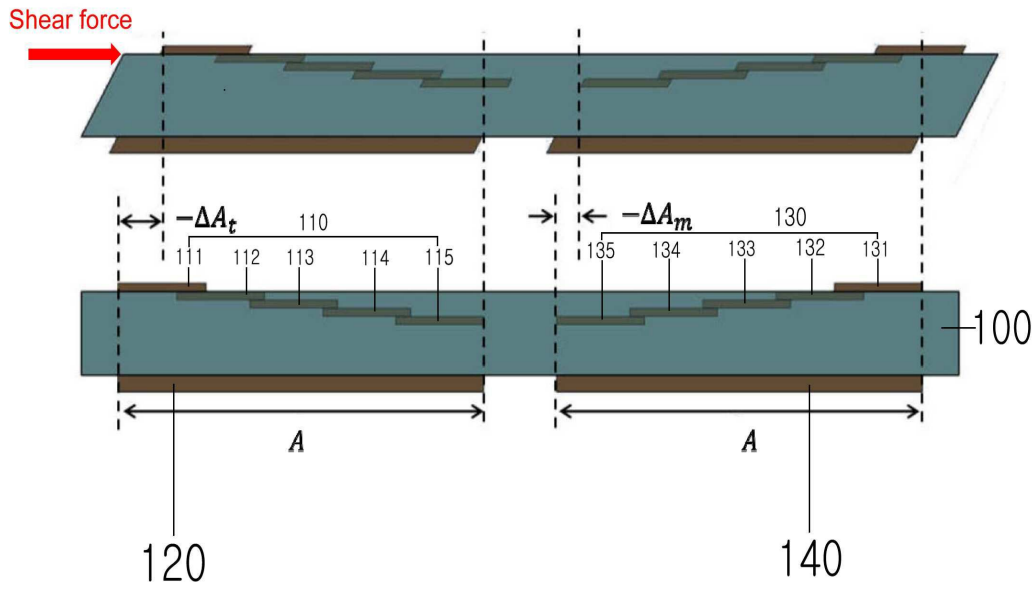
도면2



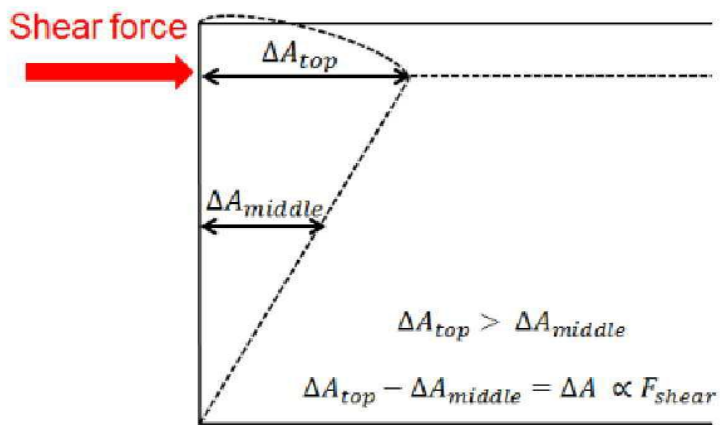
도면3



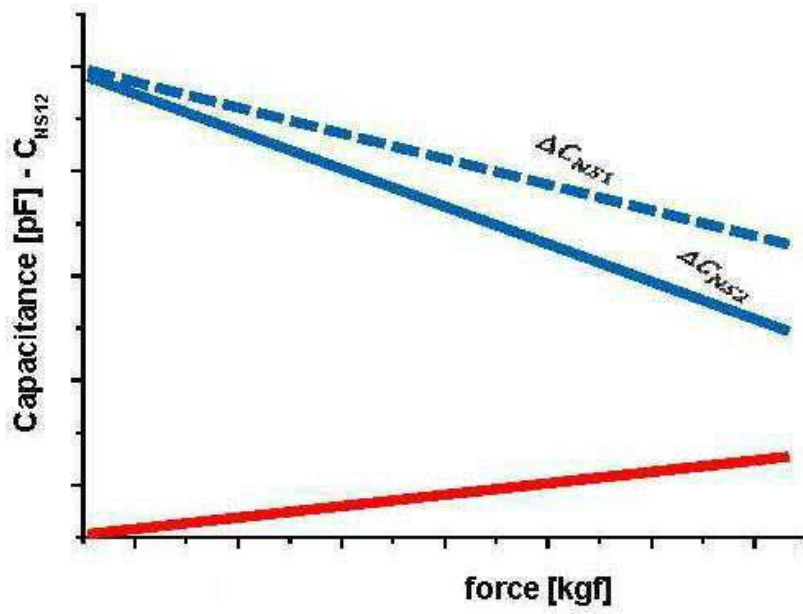
도면4



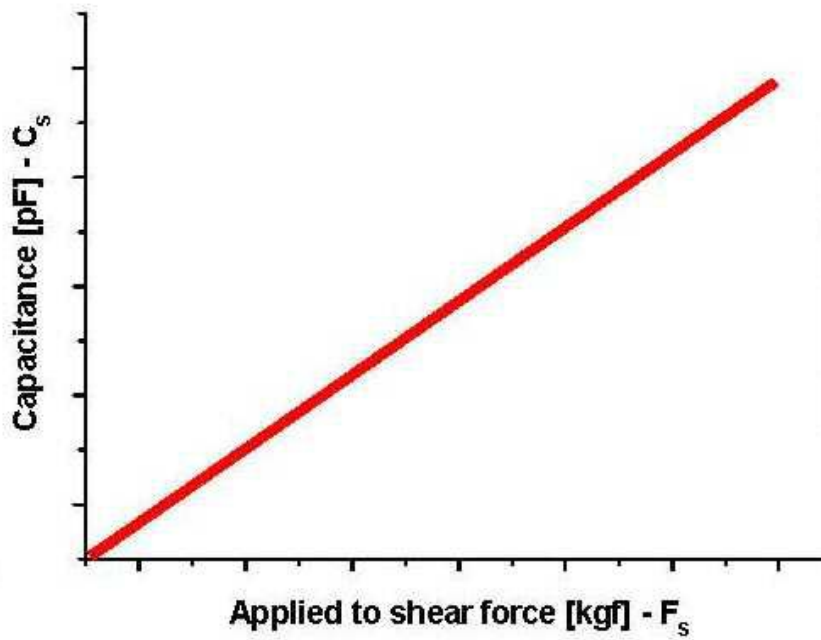
도면5



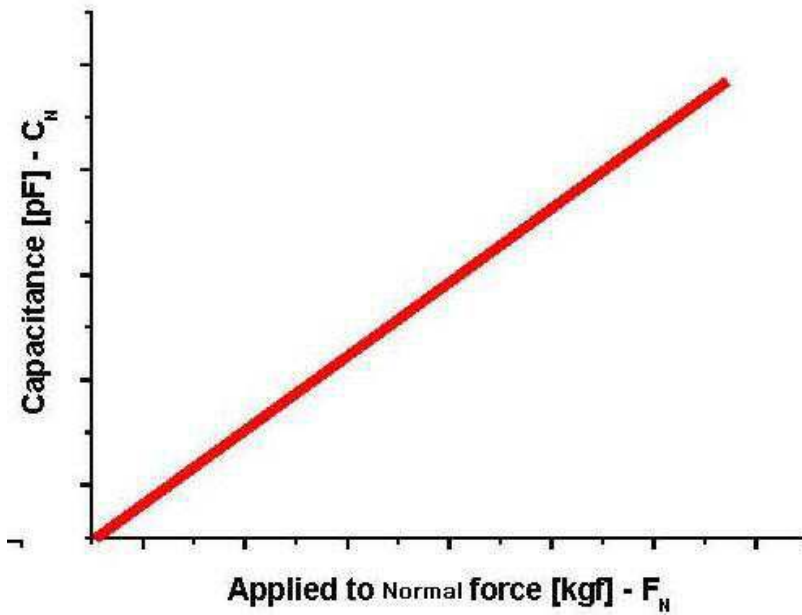
도면6



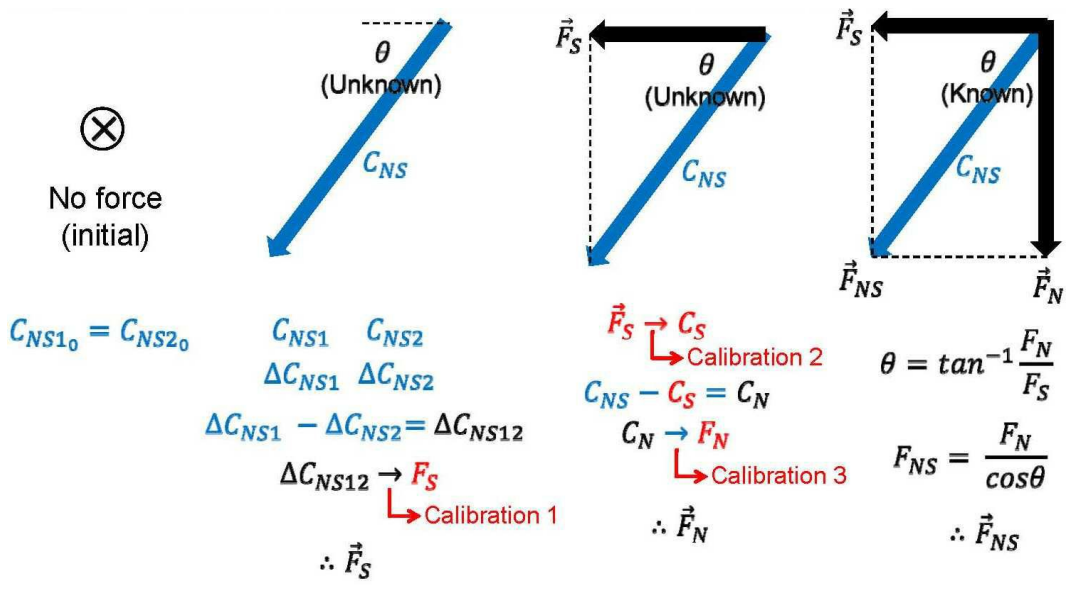
도면7



도면8



도면9



*Blue: 측정된 값, Black: 계산된 값, Red: 보정실험 값