(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2017년09월11일
(11) 등록번호 10-1776813
(24) 등록일자 2017년09월04일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)
G01L 9/12 (2006.01) *G01G 7/06* (2006.01)
H01B 1/04 (2006.01) *H01B 3/30* (2006.01)
(52) CPC특허분류
G01L 9/12 (2013.01)
G01G 7/06 (2013.01)
(21) 출원번호 10-2016-0025623
(22) 출원일자 2016년03월03일
심사청구일자 2016년03월03일
(56) 선행기술조사문헌
JP2009279728 A*
KR1020050103409 A*
JP2012162062 A
US8371174 B2
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
울산과학기술원
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
(72) 발명자
박영빈
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
노형도
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
이호민
울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50
(74) 대리인
전용준

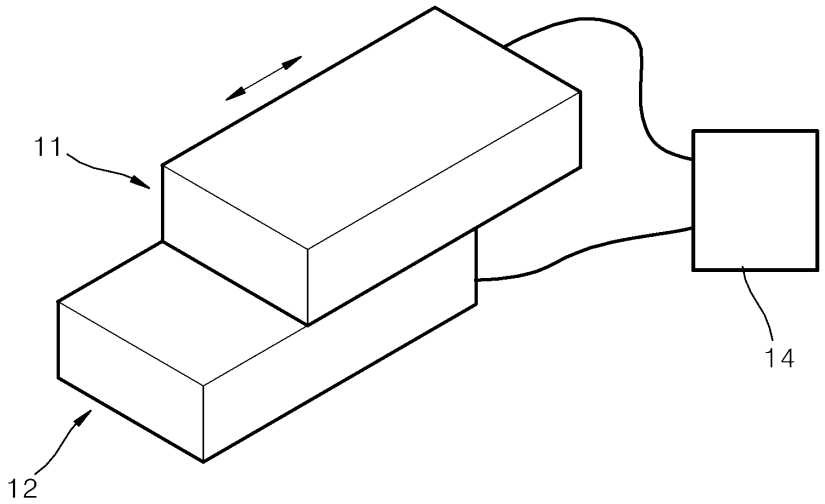
전체 청구항 수 : 총 9 항 심사관 : 이병수

(54) 발명의 명칭 **전도성 복합소재의 정전용량 변화를 이용한 자체 센싱이 가능한 장치**

(57) 요 약

본 발명은, 서로 조립되거나 접촉되는 두 개의 부품들을 각각 전도성 복합소재로 형성하고, 두 개의 부품 사이의 정전 용량을 측정함으로써, 별도의 변위 센서나 하중 센서를 부착하지 않고도 변위나 하중을 자체 센싱(In-situ self-sensing)할 수 있는 이점이 있다. 또한, 본 발명은, 두 개의 부품 사이의 정전 용량을 측정하기 때문에, 표면이 비전도성 매트릭스 수지층으로 이루어진 전도성 복합소재를 그대로 이용할 수 있으므로, 센싱을 위한 별도의 후처리 공정 등이 필요하지 않는 이점이 있을 뿐만 아니라, 표면 조도가 우수하여 센싱의 정확도가 좋고 접촉 위치 변화에 따른 오차가 발생하지 않으므로 반복적인 사용이 가능하다.

대 표 도 - 도1



(52) CPC특허분류
H01B 1/04 (2013.01)
H01B 3/30 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 1711032802
부처명 미래창조과학부
연구관리전문기관 울산과학기술대학교
연구사업명 울산과기대운영경비
연구과제명 생화학 및 화학재난 감시 긴급대응 기술 및 장비 개발
기 여 율 1/2
주관기관 울산과학기술원
연구기간 2015.03.01 ~ 2015.12.31
이 발명을 지원한 국가연구개발사업
과제고유번호 1345237765
부처명 교육부
연구관리전문기관 한국연구재단
연구사업명 이공학개인기초연구지원
연구과제명 나노복합체 기반 생체모방형 멀티모달 센싱 및 의공학 응용 연구
기 여 율 1/2
주관기관 울산과학기술대학교
연구기간 2015.06.01 ~ 2016.05.31

명 세 서

청구범위

청구항 1

제1전도성 물질이 제1비전도성 매트릭스에 함침된 구조의 제1전도성 복합소재로 형성되어 표면이 절연된 제1센싱부를 포함하고, 상기 제1센싱부는 나머지 부분보다 유전율이 큰 소재로 형성된 제1부품과;

상기 제1부품과 조립되어 상기 제1부품과 접촉되게 배치되고, 제2전도성 물질이 제2비전도성 매트릭스에 함침된 구조의 제2전도성 복합소재로 형성되어 표면이 절연된 제2센싱부를 포함하고, 상기 제2센싱부는 나머지 부분보다 유전율이 큰 소재로 형성된 제2부품과;

상기 제1부품과 상기 제2부품을 연결하여, 상기 제1부품과 상기 제2부품의 상대적 위치에 따라 변하는 상기 제1부품과 상기 제2부품 사이의 정전 용량 변화를 측정하는 정전 용량 측정 모듈과;

상기 정전 용량 측정 모듈에서 측정된 정전 용량에 따라 상기 제1부품과 상기 제2부품 사이에 발생된 변위를 도출하는 제어부를 포함하고,

상기 제어부는, 미리 설정된 상기 제1부품과 상기 제2부품의 조립위치에 따라 미리 저장된 기준값과 상기 정전용량 측정 모듈에서 측정된 정전 용량을 비교하고, 그에 따라 상기 제1부품과 상기 제2부품의 접촉 면적을 판단하여 조립 위치와 조립 정도를 판단하여 상기 조립의 정확도를 판단하는 전도성 복합소재의 정전용량 변화를 이용한 자체 센싱이 가능한 장치.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 제어부는,

상기 정전 용량 측정 모듈에서 측정된 정전 용량에 따라 상기 제1부품과 상기 제2부품 중 적어도 하나에 가해지는 하중을 도출하는 전도성 복합소재의 정전용량 변화를 이용한 자체 센싱이 가능한 장치.

청구항 3

삭제

청구항 4

청구항 1에 있어서,

상기 제1,2전도성 복합소재는, 탄소섬유강화플라스틱(CFRP)을 포함하는 전도성 복합소재의 정전용량 변화를 이용한 자체 센싱이 가능한 장치.

청구항 5

청구항 1에 있어서,

상기 제1,2전도성 물질은,

탄소나노튜브, 그래핀 및 탄소섬유 중 적어도 하나를 포함하는 전도성 복합소재의 정전용량 변화를 이용한 자체 센싱이 가능한 장치.

청구항 6

청구항 5에 있어서,

상기 제1,2비전도성 매트릭스는,

고분자 수지를 포함하는 전도성 복합소재의 정전용량 변화를 이용한 자체 센싱이 가능한 장치.

청구항 7

청구항 1에 있어서,

상기 제1부품과 상기 제2부품은, 체결부재에 의해 상호 체결되는 부품인 전도성 복합소재의 정전용량 변화를 이용한 자체 센싱이 가능한 장치.

청구항 8

삭제

청구항 9

삭제

청구항 10

청구항 1에 있어서,

상기 제1부품과 상기 제2부품은, 로봇 암의 관절을 이루는 부품인 전도성 복합소재의 정전용량 변화를 이용한 자체 센싱이 가능한 장치.

청구항 11

청구항 10에 있어서,

상기 제어부는,

상기 제1부품과 상기 제2부품 사이의 정전 용량 변화값에 따라 상기 관절의 회전 각도를 판단하는 전도성 복합소재의 정전용량 변화를 이용한 자체 센싱이 가능한 장치.

청구항 12

청구항 10에 있어서,

상기 제어부는,

상기 제1부품과 상기 제2부품 사이의 정전 용량 변화값에 따라 상기 관절에 가해지는 하중을 판단하는 전도성 복합소재의 정전용량 변화를 이용한 자체 센싱이 가능한 장치.

발명의 설명

기 술 분 야

[0001] 본 발명은 전도성 복합소재의 정전용량 변화를 이용한 자체 센싱이 가능한 장치에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 서로 접하는 접촉면을 탄소섬유강화플라스틱으로 제작하여 상기 접촉면에서 발생된 정전용량 변화에 따라 변위, 하중 및 응력을 센싱할 수 있는 전도성 복합소재를 이용한 자체 센싱이 가능한 장치에 관한 것이다.

배 경 기 술

[0002] 일반적으로 탄소섬유나 탄소나노튜브를 이용한 전도성 복합소재는 기계장치나 로봇 등 다양한 산업 분양의 소재로 사용이 점차 늘고 있다. 상기 전도성 복합소재는, 전도성을 갖는 탄소섬유나 탄소나노튜브가 전도성을 갖지 않는 수지에 함침된 구조를 가진다.

[0003] 그러나, 상기 탄소섬유강화플라스틱으로 제조된 제품의 경우, 변위나 압력을 측정하기 위해서는 스트레인 게이지나 다이아프램 형태의 압력 센서 등을 별도로 설치해야 한다.

선행기술문헌

특허문헌

[0004] (특허문헌 0001) 한국공개특허 제10-2012-0134270호

발명의 내용

해결하려는 과제

[0005] 본 발명의 목적은, 별도의 센서를 설치할 필요없이 변위, 하중 및 응력을 센싱할 수 있는 전도성 복합소재의 정전용량 변화를 이용한 자체 센싱이 가능한 장치를 제공하는 데 있다.

과제의 해결 수단

[0006] 본 발명에 따른 전도성 복합소재의 정전용량 변화를 이용한 자체 센싱이 가능한 장치는, 제1전도성 물질이 제1비전도성 매트릭스에 함침된 구조의 제1전도성 복합소재로 형성되어 표면이 절연된 제1부품과; 상기 제1부품과 조립되고, 제2전도성 물질이 제2비전도성 매트릭스에 함침된 구조의 제2전도성 복합소재로 형성되어 표면이 절연된 제2부품과; 상기 제1부품과 상기 제2부품을 연결하여, 상기 제1부품과 상기 제2부품의 상대적 위치에 따라 변하는 상기 제1부품과 상기 제2부품 사이의 정전 용량 변화를 측정하는 정전 용량 측정 모듈과; 상기 정전 용량 측정 모듈에서 측정된 정전 용량에 따라 상기 제1부품과 상기 제2부품 사이에 발생된 변위를 도출하는 제어부를 포함한다.

[0007] 본 발명에 따른 전도성 복합소재의 정전용량 변화를 이용한 자체 센싱이 가능한 장치는, 제1전도성 물질이 제1비전도성 매트릭스에 함침된 구조의 제1전도성 복합소재로 형성되어 표면이 절연된 제1부품과; 상기 제1부품과 조립되고, 제2전도성 물질이 제2비전도성 매트릭스에 함침된 구조의 제2전도성 복합소재로 형성되어 표면이 절연된 제2부품과; 상기 제1부품과 상기 제2부품을 연결하여, 상기 제1부품과 상기 제2부품 중 적어도 하나에 가해지는 하중에 따라 변하는 상기 제1부품과 상기 제2부품 사이의 정전 용량 변화를 측정하는 정전 용량 측정 모듈과; 상기 정전 용량 측정 모듈에서 측정된 정전 용량에 따라 상기 제1부품과 상기 제2부품 중 적어도 하나에 가해지는 하중을 도출하는 제어부를 포함한다.

발명의 효과

[0008] 본 발명은, 서로 조립되거나 접촉되는 두 개의 부품들을 각각 전도성 복합소재로 형성하고, 두 개의 부품 사이의 정전 용량을 측정함으로써, 별도의 변위 센서나 하중 센서를 부착하지 않고도 변위나 하중을 자체 센싱(In-situ self-sensing)할 수 있는 이점이 있다.

[0009] 또한, 본 발명은, 두 개의 부품 사이의 정전 용량을 측정하기 때문에, 표면이 비전도성 매트릭스 수지층으로 이루어진 전도성 복합소재를 그대로 이용할 수 있으므로, 센싱을 위한 별도의 후처리 공정 등이 필요하지 않는 이점이 있을 뿐만 아니라, 표면 조도가 우수하여 센싱의 정확도가 좋고 접촉 위치 변화에 따른 오차가 발생하지 않으므로 반복적인 사용이 가능하다.

도면의 간단한 설명

[0010] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 전도성 복합소재의 정전용량 변화를 이용하여 변위를 자체 센싱하는 장치가 도시된 도면이다.

도 2는 본 발명의 실시예에 따른 전도성 복합소재의 정전용량 변화를 이용하여 하중을 자체 센싱하는 장치가 도시된 도면이다.

도 3은 도 1에 도시된 장치에서 제1부품과 제2부품의 상대적 위치에 따른 정전용량 변화를 나타낸 그래프이다.

도 4는 도 2에 도시된 장치에서 제1부품과 제2부품에 가해진 하중에 따른 정전용량 변화를 나타낸 그래프이다.

도 5는 본 발명의 다른 실시예에 따른 전도성 복합소재의 정전용량 변화를 이용한 자체 센싱이 가능한 로봇 암을 나타낸 도면이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0011] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 실시예에 대해 설명하면 다음과 같다.

[0012] 도 1은 본 발명의 실시예에 따른 전도성 복합소재의 정전용량 변화를 이용하여 변위를 자체 센싱하는 장치가 도시된 도면이다. 도 2는 본 발명의 실시예에 따른 전도성 복합소재의 정전용량 변화를 이용하여 하중을 자체 센싱하는 장치가 도시된 도면이다.

[0013] 도 1 및 도 2를 참조하면, 본 발명의 실시예에 따른 전도성 복합소재의 정전용량 변화를 이용한 자체 센싱이 가능한 장치는, 제1부품(11), 제2부품(12), 정전용량 측정 모듈(14) 및 제어부(미도시)를 포함한다.

[0014] 상기 제1부품(11)과 상기 제2부품(12)은 상호 조립되거나 서로 접하게 구비되어 하나의 장치를 이루는 부품이다. 상기 장치는, 다양한 기계 장치, 로봇 등을 포함한다. 상기 조립은 별도의 부재에 의해 연결되거나 체결되는 것은 물론, 상하 또는 좌우방향으로 서로 접촉되게 배치되는 것도 포함한다.

[0015] 상기 제1부품(11)은, 제1전도성 복합소재로 이루어진다. 상기 제1전도성 복합소재는, 제1전도성 물질이 제1비전도성 매트릭스에 함침된 구조를 갖는다. 상기 제1전도성 물질은, 탄소나노튜브, 그래핀 및 탄소섬유 중 적어도 하나를 포함한다. 상기 제1비전도성 매트릭스는 고분자 수지인 것으로 예를 들어 설명한다. 이하, 본 실시예에서는 상기 제1전도성 물질로 탄소섬유(Carbon fiber)를 사용하여, 상기 제1전도성 복합소재는 탄소섬유강화플라스틱(CFRP)인 것으로 예를 들어 설명한다. 상기 제1부품(11)은, 탄소섬유가 고분자 수지에 함침된 구조이므로, 표면은 매끄러운 수지층으로 이루어져 절연된 상태이다.

[0016] 상기 제1부품(11)은, 전체가 상기 탄소섬유강화플라스틱으로 이루어지는 것으로 예를 들어 설명하나, 이에 한정되지 않고 적어도 일부분만이 상기 탄소섬유강화플라스틱으로 이루어지는 것도 물론 가능하다. 예를 들어, 상기 제1부품(11)은, 상기 제2부품(12)과 마주하는 부분의 전체 또는 일부만이 상기 탄소섬유강화플라스틱으로 이루어지는 것도 가능하다. 이 때, 상기 정전 용량을 측정하고자 하는 부분이 상기 탄소섬유강화플라스틱으로 형성되어야 한다.

[0017] 상기 제1부품(11)은 상기 탄소섬유가 상기 고분자 수지에 함침되어 형성되므로, 상기 고분자 수지가 표면을 덮고 있으므로 표면이 절연된다. 즉, 상기 고분자 수지 자체가 절연체 역할을 하므로, 절연을 위한 별도의 후처리 공정이 필요하지 않으며, 로봇 팔 등 다양한 장치에 바로 적용이 가능하다. 또한, 상기 제1부품(11)의 표면이 절연된 상태이므로, 절연된 도체간에 전위를 주었을 때 전위의 변화 정도를 나타내는 정전용량의 측정이 가능하다.

[0018] 상기 제2부품(12)은, 제2전도성 복합소재로 이루어진다. 상기 제2전도성 복합소재는, 제2전도성 물질이 제2비전도성 매트릭스에 함침되어 이루어진다. 상기 제2전도성 물질은, 탄소나노튜브, 그래핀 및 탄소섬유 중 적어도 하나를 포함한다. 상기 제2비전도성 매트릭스는 고분자 수지인 것으로 예를 들어 설명한다. 이하, 본 실시예에서는 상기 제2전도성 물질로 탄소섬유(Carbon fiber)를 사용하여, 상기 제2전도성 복합소재는 탄소섬유강화플라스틱(CFRP)인 것으로 예를 들어 설명한다. 상기 제1부품(11)은, 탄소섬유가 고분자 수지에 함침된 구조이므로, 표면은 매끄러운 수지층으로 이루어져 절연된 상태이다.

[0019] 상기 제2부품(12)도, 전체가 상기 탄소섬유강화플라스틱으로 이루어지는 것으로 예를 들어 설명하나, 이에 한정되지 않고 적어도 일부분만이 상기 탄소섬유강화플라스틱으로 이루어지는 것도 물론 가능하다. 예를 들어, 상기 제2부품(12)은, 상기 제1부품(11)과 마주하는 부분의 전체 또는 일부만이 상기 탄소섬유강화플라스틱으로 이루어지는 것도 가능하다. 이 때, 상기 정전 용량을 측정하고자 하는 부분이 상기 탄소섬유강화플라스틱으로 형성되어야 한다.

[0020] 상기 제2부품(12)은 상기 탄소섬유가 상기 고분자 수지에 함침되어 형성되므로, 상기 고분자 수지가 표면을 덮고 있으므로 표면이 절연된다. 즉, 상기 고분자 수지 자체가 절연체 역할을 하므로, 절연을 위한 별도의 후처리 공정이 필요하지 않으며, 로봇 팔 등 다양한 장치에 바로 적용이 가능하다. 또한, 상기 제2부품(12)의 표면이 절연된 상태이므로, 절연된 도체간에 전위를 주었을 때 전위의 변화 정도를 나타내는 정전용량의 측정이 가능하다.

[0021] 상기 제1부품(11)과 상기 제2부품(12)은 서로 동일한 전도성 복합소재로 이루어지는 것으로 예를 들어 설명한다. 즉, 상기 제1전도성 물질과 상기 제2전도성 물질은 동일하고, 상기 제1비전도성 매트릭스와 상기 제2비전도성 매트릭스도 동일한 것으로 예를 들어 설명한다. 다만, 이에 한정되지 않고, 상기 제1부품(11)과 상기 제2부품(12)은 서로 다른 전도성 복합소재로 각각 이루어지거나, 전도성 물질의 비율이 서로 다르게 제작되는 것도 물론 가능하다.

[0022] 상기 정전 용량 측정 모듈(14)은, 상기 제1부품(11)과 상기 제2부품(12)사이에 연결되어, 상기 제1부품(11)과

상기 제2부품(12)사이의 정전 용량을 측정하는 멀티 미터(Multi-meter)이다. 상기 정전 용량 측정 모듈(14)이 연결되는 부분에는 전극이 구비된다. 상기 정전 용량은, 상기 제1부품(11)과 상기 제2부품(12)의 겹쳐진 면적(이하, 접촉 면적이라 칭함)이나 상기 제1부품(11)과 상기 제2부품(12)사이에 가해진 하중에 따라 다르게 측정된다.

[0023] 상기 제어부(미도시)는, 상기 정전 용량 측정 모듈(14)에서 측정된 정전 용량에 따라 상기 제1부품(11)과 상기 제2부품(12)사이에 발생된 변위나 하중, 응력을 도출한다. 상기 제어부(미도시)에는 실험 등에 의해 미리 구해진 데이터들에 따른 기준값이 저장되어, 상기 정전 용량 측정 모듈(14)에서 측정된 정전 용량과 상기 기준값을 비교하여 그에 따른 변위나 하중, 응력을 도출할 수 있다.

[0024] 상기와 같이 구성된 본 발명의 실시예에 따른 센싱 방법을 살펴보면 다음과 같다.

[0025] 도 1을 참조하면, 상기 제1부품(11)과 상기 제2부품(12)사이의 변위를 감지하는 방법에 대해 설명한다.

[0026] 상기 제1부품(11)과 상기 제2부품(12)을 조립시나 상기 제1부품(11)과 상기 제2부품(12)이 조립되어 하나의 장치로 사용시 변위나 변형 등을 감지하고자 할 경우, 상기 제1부품(11)과 상기 제2부품(12) 사이에 상기 정전 용량 측정 모듈(14)을 연결하고 전류를 흐르게 한다.

[0027] 먼저, 상기 제1부품(11)과 상기 제2부품(12)의 조립시, 상기 정전 용량 측정 모듈(14)에서 상기 제1부품(11)과 상기 제2부품(12)사이의 정전 용량을 측정한다.

[0028] 상기 제어부(미도시)는, 기 저장된 기준값과 상기 정전 용량 측정 모듈(14)에서 측정된 정전 용량을 비교하고, 그에 따라 상기 제1부품(12)과 상기 제2부품(12)의 조립 위치를 도출할 수 있다.

[0029] 상기 제1부품(12)과 상기 제2부품(12)의 현재 위치가 미리 설정된 조립 위치와 다르면, 상기 기준값과 상기 측정된 정전 용량이 다르게 된다. 즉, 상기 제1부품(11)과 상기 제2부품(12)의 상대적 위치에 따라 상기 제1부품(11)과 상기 제2부품(12)사이의 전기적 네트워크가 다르게 형성되므로, 상기 제1부품(11)과 상기 제2부품(12)사이의 상대적 위치에 따라 정전 용량이 다르게 측정된다.

[0030] 또한, 상기 제1부품(11)과 상기 제2부품(12)사이의 접촉 면적이 클수록 상기 제1,2부품(11)(12)간의 전기적 네트워크가 잘 형성되기 때문에 정전 용량이 크게 측정된다. 한편, 상기 제1센싱부(11a)와 상기 제2센싱부(12a)사이의 접촉 면적이 작을수록 상기 제1,2부품(11)(12)간의 전기적 네트워크의 형성이 덜 되기 때문에 정전 용량이 작게 측정된다. 따라서, 상기 제어부(미도시)는, 상기 제1부품(11)과 상기 제2부품(12)사이에서 측정된 정전 용량에 따라 상기 제1,2부품(11)(12)사이의 접촉 면적을 판단할 수 있다

[0031] 따라서, 상기 제어부(미도시)는, 상기 정전 용량 측정 모듈(14)에서 측정된 정전 용량에 따라 상기 제1부품(11)과 상기 제2부품(12)의 접촉 면적을 판단하고, 그에 따라 조립 위치의 정확도나 상대적 위치를 판단할 수 있다.

[0032] 한편, 상기 제1부품(11)과 상기 제2부품(12)이 조립된 상태에서 하중 등에 의한 영향으로 변형이 발생되면, 상기 제1부품(11)과 상기 제2부품(12)사이의 전기적 네트워크가 또 달라지게 된다.

[0033] 따라서, 상기 제어부(미도시)는, 상기 정전 용량 측정 모듈(14)에서 측정된 정전 용량의 변화에 따라 변형의 여부나 변형 정도를 판단할 수 있다.

[0034] 상기와 같은 본 발명의 실시예에 따른 자체 센싱이 가능한 장치는, 별도의 변위 센서 등을 설치하지 않고도 상기 제1,2부품(11)(12) 자체가 서로의 상대적 위치나 변형 정도를 센싱할 수 있다.

[0035] 또한, 상기 제1부품(11)과 상기 제2부품(12)의 접촉 표면이 비전도성 매트릭스 수지층으로 이루어짐으로써, 표면 조도가 우수하여 센싱의 정확도가 좋을 뿐만 아니라, 접촉 표면이 고르기 때문에 접촉 위치 변화에 따른 오차가 발생하지 않으므로 반복적인 사용이 가능하다.

[0036] 또한, 상기 제1부품(11)과 상기 제2부품(12)사이의 정전 용량을 측정함으로써, 센싱의 민감도가 탄소섬유의 충진율에 영향을 받지 않는다.

[0037] 한편, 도 2를 참조하면, 상기 제1부품(11)과 상기 제2부품(12)사이에 가해진 하중을 감지하는 방법에 대해 설명한다.

[0038] 상기 제1부품(11)과 상기 제2부품(12)을 조립시나 상기 제1부품(11)과 상기 제2부품(12)이 조립되어 하나의 장치로 사용시 가해진 하중을 감지하고자 할 경우, 상기 제1부품(11)과 상기 제2부품(12) 사이에 상기 정전 용량

측정 모듈(14)을 연결하고 전류를 흐르게 한다.

[0039] 먼저, 상기 제1부품(11)과 상기 제2부품(12)의 조립시, 상기 정전 용량 측정 모듈(14)에서 상기 제1부품(11)과 상기 제2부품(12)사이의 정전 용량을 측정한다.

[0040] 상기 제어부(미도시)는, 기 저장된 기준값과 상기 정전 용량 측정 모듈(14)에서 측정된 정전 용량을 비교하고, 그에 따라 상기 제1부품(12)과 상기 제2부품(12)의 조립시 가해진 하중을 도출할 수 있다.

[0041] 상기 제1부품(12)과 상기 제2부품(12)사이에 가해진 하중이 미리 설정된 하중과 다르면, 상기 기준값과 상기 측정된 정전 용량이 다르게 된다. 즉, 상기 제1부품(11)과 상기 제2부품(12)사이에 가해진 하중에 따라 상기 제1부품(11)과 상기 제2부품(12)사이의 전기적 네트워크가 다르게 형성되므로, 상기 제1부품(11)과 상기 제2부품(12)사이의 가해진 하중에 따라 정전 용량이 다르게 측정된다. 상기 제1부품(11)과 상기 제2부품(12)에 가해지는 하중이 클수록 상기 제1,2부품(11)(12)간의 전기적 네트워크가 잘 형성되기 때문에 정전 용량이 크게 측정된다. 한편, 상기 제1센싱부(11a)와 상기 제2센싱부(12a)에 가해지는 하중이 작을수록 상기 제1,2부품(11)(12)간의 전기적 네트워크의 형성이 덜 되기 때문에 정전 용량이 작게 측정된다. 따라서, 상기 제1부품(11)과 상기 제2부품(12)사이에서 측정된 정전 용량에 따라 상기 제1,2부품(11)(12)에 가해지는 하중을 판단할 수 있다. 여기서, 상기 하중은 상기 제1,2부품(11)(12) 중 적어도 하나에만 가해지는 것도 물론 가능하다. 상기 하중을 알면 상기 제1,2부품(11)(12) 중 적어도 하나에 가해지는 응력도 계산할 수 있다.

[0042] 따라서, 상기 제어부(미도시)는, 상기 정전 용량 측정 모듈(14)에서 측정된 정전 용량에 따라 상기 제1부품(11)과 상기 제2부품(12)사이에 가해진 하중이나 응력을 도출하여, 조립 정도를 판단할 수 있다.

[0043] 한편, 상기 제1부품(11)과 상기 제2부품(12)이 조립되어 사용시, 상기 정전 용량 측정 모듈(14)에서 상기 제1부품(11)과 상기 제2부품(12)사이의 정전 용량을 측정하여 상기 제1부품(12)과 상기 제2부품(12)의 조립시 가해진 하중을 도출하는 것도 가능하다.

[0044] 한편, 상기 제1부품(11)과 상기 제2부품(12)이 조립된 상태에서 하중 등에 의한 영향으로 변형이 발생되면, 상기 제1부품(11)과 상기 제2부품(12)사이의 전기적 네트워크가 또 달라지게 된다.

[0045] 따라서, 상기 제어부(미도시)는, 상기 정전 용량 측정 모듈(14)에서 측정된 정전 용량의 변화에 따라 상기 제1부품(11)과 상기 제2부품(12)사이에 가해지는 하중을 판단할 수 있다.

[0046] 상기와 같은 본 발명의 실시예에 따른 자체 센싱이 가능한 장치는, 별도의 하중 센서 등을 설치하지 않고도 상기 제1,2부품(11)(12) 자체가 가해지는 하중이나 응력을 도출할 수 있다.

[0047] 수학식 1은 정전 용량에 관한 식이며, C는 정전 용량, ε는 유전율, A는 접촉 면적, d는 제1,2부품 간의 간격을 나타낸다.

수학식 1

[0048] $$C = \varepsilon \frac{A}{d}$$

[0049] 수학식 1을 참조하면, 상기 제1부품(11)과 상기 제2부품(12)간의 접촉 면적(A), 즉 겹쳐진 면적이 증가할수록 정전 용량(C)이 증가하는 것을 알 수 있다. 또한, 상기 제1부품(11)과 상기 제2부품(12)간의 간격(d)이 감소할수록 정전 용량이 증가하는 것을 알 수 있다. 상기 제1부품(11)과 상기 제2부품(12)간의 간격(d)은 상기 제1부품(11)과 상기 제2부품(12)이 서로 접촉하는 방향으로 가해지는 하중이 클수록 줄어들고, 상기 하중이 작을수록 커진다.

[0050] 도 3은 도 1에 도시된 장치에서 제1부품과 제2부품의 상대적 위치에 따른 정전용량 변화의 실험 결과를 나타낸 그래프이다.

[0051] 도 3을 참조하면, 상기 제1부품(11)과 상기 제2부품(12)의 겹쳐진 면적(Overlapped length), 즉 접촉 면적에 따른 정전 용량의 변화를 알 수 있다. 상기 제1부품(11)과 상기 제2부품(12)에서 접촉 면적이 증가할수록 정전 용량 변화가 증가하는 것을 알 수 있다. 상기 접촉 면적은 조립 정도에 따라 달라질 수도 있고, 각 부품에 가해지

는 하중 등에 의한 변형에 의해 변위가 발생되어 달라질 수도 있다.

[0052] 도 3은, 상기 제1부품(11)과 상기 제2부품(12)의 겹쳐진 면적에 따른 변위 발생시 정전 용량의 변화율을 측정한 것으로 가정한 실험에 대한 데이터이고, A 내지 D는 서로 다른 샘플이다. 또한, 상기 실험에서는, 상기 제1,2부품(11)(12)에 300g의 하중을 주었다. 상기 제1,2부품(11)(12)을 포개놓은 상태에서는 유동이 발생할 수 있으므로, 실험 결과의 정확성을 위해 상기 제1,2부품(11)(12)에 상기 300g의 하중을 주어서 상기 제1,2부품(11)(12)을 유동이 없게 하여 실험하였다.

[0053] 도 4는 도 2에 도시된 장치에서 제1부품과 제2부품에 가해진 하중에 따른 정전용량 변화를 나타낸 그래프이다.

[0054] 도 4를 참조하면, 상기 제1부품(11)과 상기 제2부품(12)에 가해진 하중(Weight)에 따른 정전 용량의 변화를 알 수 있다. 상기 제1부품(11)과 상기 제2부품(12)에 가해진 하중이 증가할수록 상기 제1부품(11)과 상기 제2부품(12)사이의 간격이 줄어들게 되므로 정전 용량 변화가 증가하는 것을 알 수 있다.

[0055] 도 4은, 상기 제1,2부품(11)(12)에 가해진 하중(Weight)에 따라 변위가 발생된 것으로 가정한 실험에 대한 데이터이고, A 내지 D는 서로 다른 샘플이다. 상기 실험에서는, 상기 제1,2부품(11)(12)의 길이가 약 100mm일 때, 상기 제1,2부품(11)(12)이 겹쳐진 길이를 80mm로 설정하였다. 즉, 상기 제1부품(11)과 상기 제2부품(12)을 완전히 포개지 않고, 일부분만을 포개어지도록 위치시켜 실험하였다.

[0056] 상기와 같이 구성된 본 발명의 실시예에 따른 장치는, 별도의 변위 센서나 하중 센서를 부착할 필요하지 않고, 변위나 하중에 대해 자체 센싱(In-situ self-sensing)이 가능하기 때문에, 장치에서 두 개의 부품의 조립시 조립 위치의 확인이나 체결 정도 등의 확인 가능하다. 즉, 볼트 등의 체결부재를 이용하여 상기 제1,2부품(11)(12)을 조립시 체결홀 등의 위치 확인이 가능하다. 또한, 상기 제1,2부품(11)(12)이 기계 장치의 축 등일 경우, 중심 축의 일치 여부를 확인할 수 있다. 또한, 상기 장치의 사용 중에는 두 개의 부품 사이의 변형이나 파손 등을 스스로 감지할 수 있다.

[0057] 도 5는 본 발명의 다른 실시예에 따른 전도성 복합소재의 정전용량 변화를 이용한 자체 센싱이 가능한 로봇 암을 나타낸 도면이다.

[0058] 도 5를 참조하면, 로봇 암의 관절을 이루는 제1부품(31)과 제2부품(32)을 포함하고, 상기 제1부품(31)과 상기 제2부품(32)을 각각 탄소섬유강화플라스틱으로 제작한다.

[0059] 상기 제1부품(31)과 상기 제2부품(32)에 정전 용량 측정 모듈(34)을 연결하여 정전 용량의 변화를 측정함으로써, 상기 제1부품(31)과 상기 제2부품(32)사이에 가해진 하중의 변화나, 상기 제1부품(31)과 상기 제2부품(32)사이의 상대 회전 각도의 변화를 판단할 수 있다.

[0060] 한편, 도 5b를 참조하면, 상기 제1부품(31)에서 상기 제2부품(32)과 마주하는 부분 중에서 적어도 일부분을 제1센싱부(31a)로 설정하고, 상기 제1센싱부(31a)의 유전율은 나머지 부분(31b)의 유전율보다 큰 소재로 형성할 수 있다.

[0061] 또한, 상기 제2부품(32)에서 상기 제1부품(31)과 마주하는 부분 중에서 적어도 일부분을 제2센싱부(32a)로 설정하고, 상기 제2센싱부(32a)의 유전율은 나머지 부분(32b)의 유전율보다 큰 소재로 형성할 수 있다.

[0062] 상기 수학식 1을 참조하면, 유전율이 보다 큰 소재를 사용할 경우, 정전 용량이 보다 커지므로 정전 용량의 측정이 보다 용이하다. 따라서, 상기와 같이, 특정 구간에서 유전율이 다른 소재를 선택적으로 사용할 수 있다.

[0063] 상기 유전율은 상기 제1,2비전도성 매트릭스에 따라 결정된다. 상기 제1,2비전도성 매트릭스에 사용되는 수지의 종류를 다르게 사용하거나 PTFE재질의 물질, 유리섬유, PDMS, Eco-Flex등 소재를 첨가함으로써, 상기 유전율을 다르게 조절할 수 있다. 즉, 상기 제1부품(31)에서 상기 제1센싱부(31a)와 나머지 부분(31b)의 유전율을 다르게 하기 위해서는, 상기 제1센싱부(31a)와 나머지 부분(31b)에 사용되는 수지의 종류를 다르게 채택하거나, 상기 제1센싱부(31a)와 나머지 부분(31b)에 사용되는 수지에 상기 비전도성 소재의 첨가 비율을 다르게 설정하여 조절할 수 있다. 또한, 상기 제2부품(32)에서 상기 제2센싱부(32a)와 나머지 부분(32b)의 유전율을 다르게 하기 위해서는, 상기 제2센싱부(32a)와 나머지 부분(32b)에 사용되는 수지의 종류를 다르게 채택하거나, 상기 제2센싱부(32a)와 나머지 부분(32b)에 사용되는 수지에 상기 비전도성 소재의 첨가 비율을 다르게 설정하여 조절할 수 있다.

[0064] 따라서, 상기 제1센싱부(31a)와 상기 제2센싱부(32a)사이의 정전 용량 변화를 통해 상기 제1센싱부(31a)와 상기 제2센싱부(32a)의 변위나 회전을 감지할 수 있다.

[0065] 또한, 상기 제1센싱부(31a)와 상기 제2센싱부(32a)사이의 정전 용량 변화를 통해 상기 제1센싱부(31a)와 상기 제2센싱부(32a) 사이에 가해지는 하중에 대한 감지가 가능하며, 그에 따라 상기 로봇 암에 걸리는 하중을 확인할 수 있다.

[0066] 본 발명은 도면에 도시된 실시예를 참고로 설명되었으나 이는 예시적인 것에 불과하며, 본 기술 분야의 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 다른 실시예가 가능하다는 점을 이해할 것이다. 따라서, 본 발명의 진정한 기술적 보호 범위는 첨부된 특허청구범위의 기술적 사상에 의하여 정해져야 할 것이다.

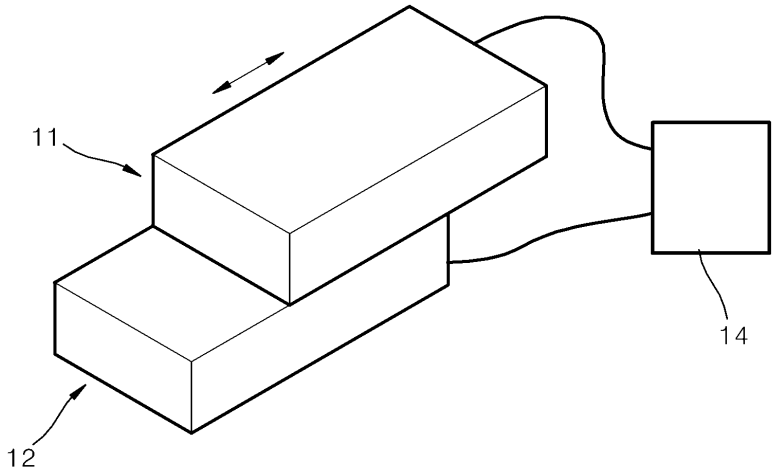
부호의 설명

[0067] 11,31: 제1부품 12,32: 제2부품

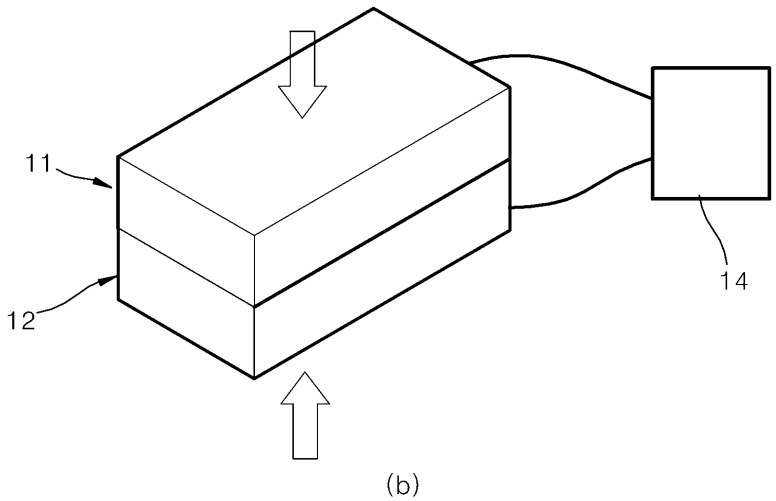
14,34: 정전 용량 측정 모듈

도면

도면1

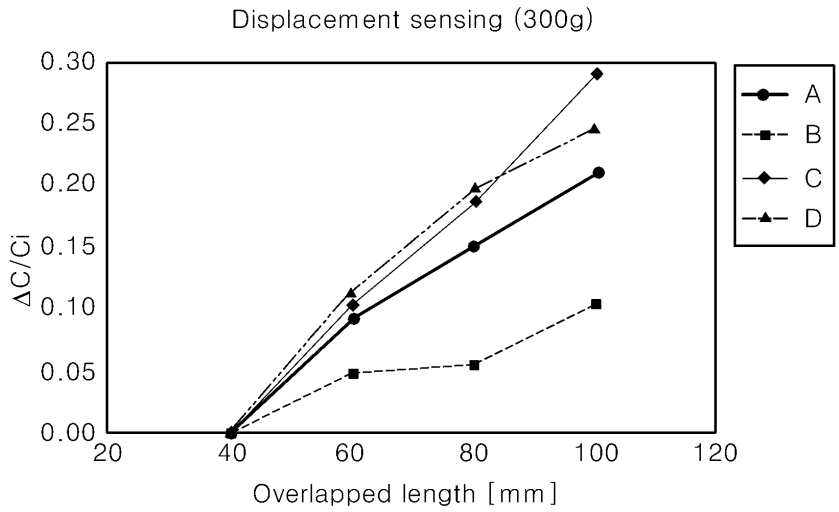


도면2

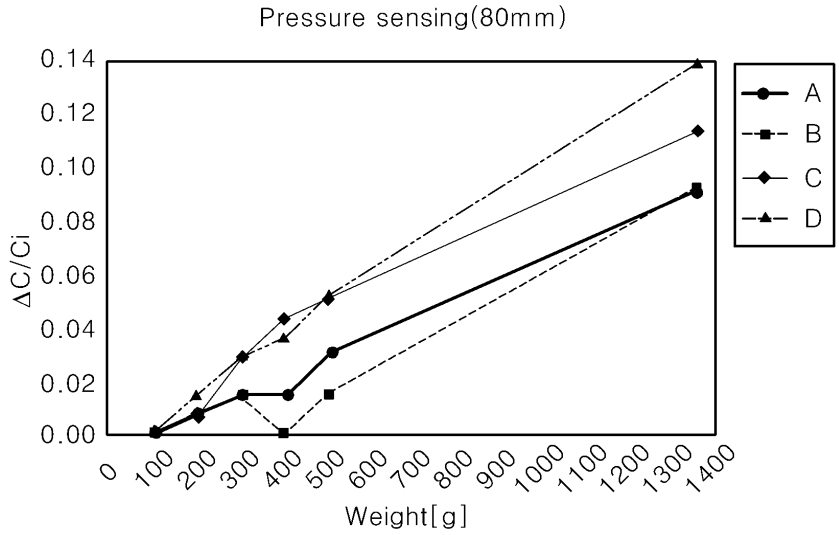


(b)

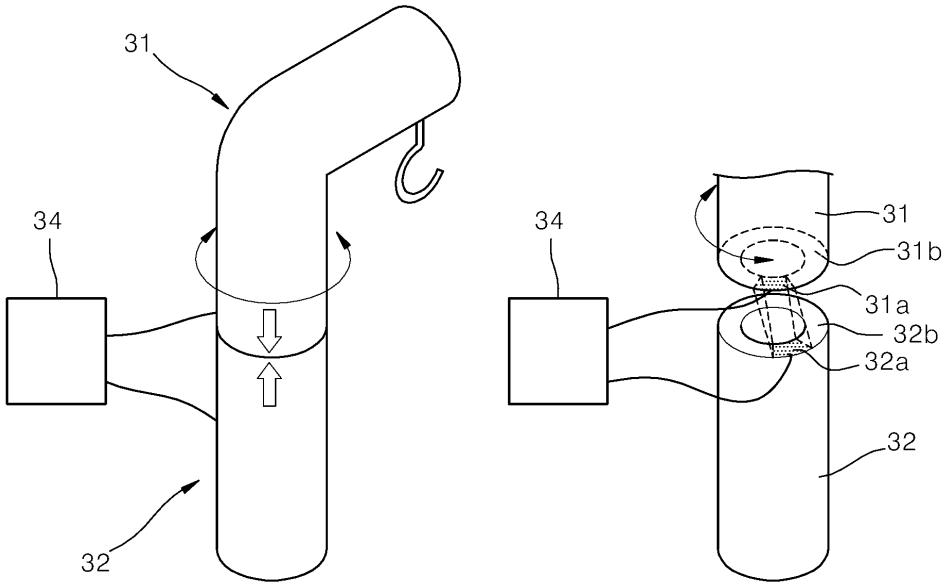
도면3


Displacement sensing (300g)
0.30
0.25
0.20
0.15
0.10
0.05
0.00
ΔC/Ci
20
40
60
80
100
120
Overlapped length [mm]
A
B
C
D

도면4


Pressure sensing(80mm)
0.14
0.12
0.10
0.08
0.06
0.04
0.02
0.00
ΔC/Ci
0
100
200
300
400
500
600
700
800
900
1000
1100
1200
1300
1400
Weight[g]
A
B
C
D

도면5



(a) (b)