



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2019-0078782
(43) 공개일자 2019년07월05일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

G01N 27/20 (2006.01)

(52) CPC특허분류

G01N 27/20 (2013.01)

G01M 5/0033 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2017-0180455

(22) 출원일자 2017년12월27일

심사청구일자 2017년12월27일

(71) 출원인

울산과학기술원

울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50

(72) 발명자

박영빈

울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50

노형도

울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50

이인용

울산광역시 울주군 언양읍 유니스트길 50

(74) 대리인

전용준

전체 청구항 수 : 총 12 항

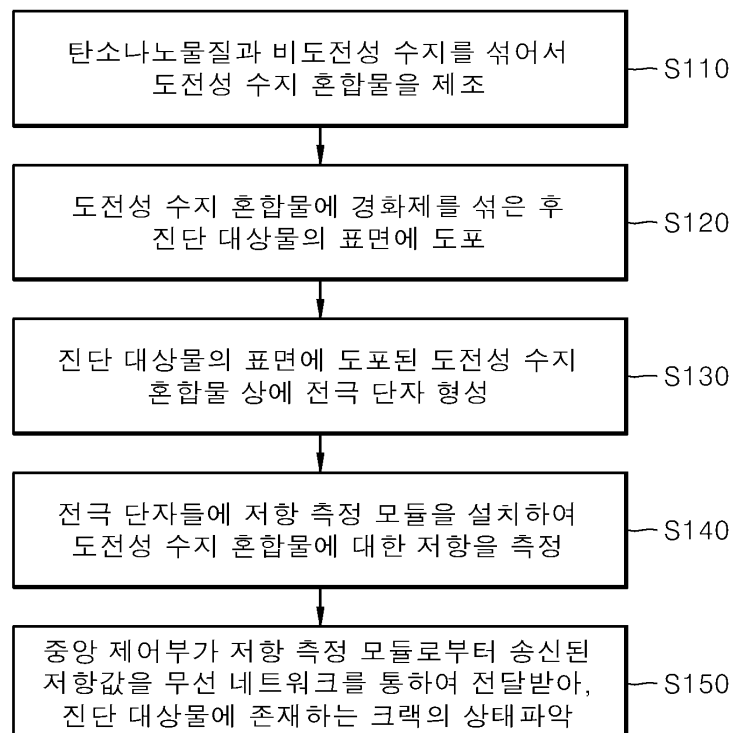
(54) 발명의 명칭 진단 대상물의 파손 감지 방법

(57) 요약

본 발명은 도전성 나노물질과 비도전성 수지를 포함하는 액상의 도전성 수지 혼합물을 제조하는 단계, 진단 대상물의 표면에 상기 도전성 수지 혼합물을 도포하는 단계, 상기 도포된 도전성 수지 혼합물의 서로 다른 2개 이상의 위치에 전극 단자들을 형성하는 단계, 상기 전극 단자들에 저항 측정 모듈을 전기적으로 연결하고 상기 도전

(뒷면에 계속)

대표도 - 도1



성 수지 혼합물에 대한 전기 저항을 측정하는 단계 및 중앙 제어부가 상기 측정된 전기 저항 값을 상기 저항 측정 모듈로부터 무선 네트워크를 통하여 전달받아, 상기 측정된 전기 저항 값을 이용하여 상기 진단 대상물에 존재하는 크랙의 상태를 파악하는 단계를 포함하는, 진단 대상물의 파손 감지 방법을 제공한다.

따라서 도전성 수지 혼합물을 진단 대상물의 표면에 도포하는 방식을 이용하여 진단 대상물의 상태를 측정하므로, 외부 진단장치를 설치하기조차 어려울 정도로 구조물이 무너져갈 때에도 진단 대상물의 상태를 측정할 수 있다.

(52) CPC특허분류

G08C 17/02 (2013.01)

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호	1711055847
부처명	과학기술정보통신부
연구관리전문기관	한국연구재단
연구사업명	집단연구지원
연구과제명	산업수요기반 고효율 · 안전 항공핵심기술 연구센터
기 여 율	1/1
주관기관	경상대학교
연구기간	2017.06.01 ~ 2018.02.28

명세서

청구범위

청구항 1

도전성 나노물질과 비도전성 수지를 포함하는 액상의 도전성 수지 혼합물을 제조하는 단계;

진단 대상물의 표면에 상기 도전성 수지 혼합물을 도포하는 단계;

상기 도포된 도전성 수지 혼합물의 서로 다른 2개 이상의 위치에 전극 단자들을 형성하는 단계;

상기 전극 단자들에 저항 측정 모듈을 전기적으로 연결하고 상기 도전성 수지 혼합물에 대한 전기 저항을 측정하는 단계; 및

중앙 제어부가 상기 측정된 전기 저항 값을 상기 저항 측정 모듈로부터 무선 네트워크를 통하여 전달받아, 상기 측정된 전기 저항 값을 이용하여 상기 진단 대상물에 존재하는 크랙의 상태를 파악하는 단계를 포함하는, 진단 대상물의 파손 감지 방법.

청구항 2

청구항 1에 있어서,

상기 도전성 나노물질은 탄소나노튜브(CNT)를 포함하는, 진단 대상물의 파손 감지 방법.

청구항 3

청구항 1에 있어서,

상기 도전성 나노물질은 탄소나노물질이며,

상기 도전성 수지 혼합물 중에서 탄소나노물질은 0.1 내지 1.5 중량퍼센트(wt.%) 포함되는, 진단 대상물의 파손 감지 방법.

청구항 4

청구항 1에 있어서,

상기 비도전성 수지는 불포화 폴리에스터수지를 포함하는, 진단 대상물의 파손 감지 방법.

청구항 5

청구항 1에 있어서,

상기 도전성 수지 혼합물을 도포하는 단계는 페인팅 또는 스프레이 방식으로 수행되는, 진단 대상물의 파손 감지 방법.

청구항 6

청구항 1에 있어서,

상기 도전성 수지 혼합물을 도포하는 단계는, 드론을 이용하여 상기 진단 대상물의 표면에 스프레이 하는, 진단 대상물의 파손 감지 방법.

청구항 7

청구항 1에 있어서,

상기 중앙 제어부가 상기 전달받은 전기 저항 값을 디스플레이하는 단계를 더 포함하는, 진단 대상물의 파손 감지 방법.

청구항 8

청구항 7에 있어서,

상기 중앙 제어 부는 상기 진단 대상물에 대응하는 형상을 디스플레이 장치의 화면에 디스플레이 하고,

상기 디스플레이 화면에 디스플레이 된 상기 진단 대상물 형상에 상기 크랙의 형상을 오버랩하는, 진단 대상물의 파손 감지 방법.

청구항 9

청구항 8에 있어서,

상기 크랙의 형상은, 상기 크랙의 상태별로 다르게 표시되는, 진단 대상물의 파손 감지 방법

청구항 10

청구항 9에 있어서,

상기 크랙의 형상은, 상기 크랙의 상태별로 서로 다른 색으로 표시되는, 진단 대상물의 파손 감지 방법.

청구항 11

청구항 1에 있어서,

상기 저항 값이 증가하면, 상기 중앙 제어 부는 상기 크랙이 더 커지거나 새로운 크랙이 발생한 것으로 판단하는 진단 대상물의 파손 감지 방법.

청구항 12

청구항 1에 있어서,

상기 진단 대상물은 건축 구조물 또는 토목 구조물인 진단 대상물의 파손 감지 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 진단 대상물의 파손 감지 방법에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 진단 대상물의 표면에 도포된 도전성 수지 혼합물의 저항 변화를 무선 네트워크를 통해 감지하여 진단 대상물에 존재하는 크랙(Crack)의 존재 또는 크랙의 진행상황을 파악하는 진단 대상물의 파손 감지 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 오늘날, 사람들의 활동 영역이 점차 확대됨에 따라, 지역 간 이동 시간을 단축시키기 위하여 교량이나 터널이 설치되는 경우가 많다. 인구 이동이 많은 곳에 위치하는 교량은 하루에도 수백 대 또는 수천 대의 차량이 지나가기 때문에, 차량들의 중량으로 균열 및 기울어짐이 발생할 수 있고, 터널은 산의 중량과 터널을 지나가는 차량의 진동으로 인해 균열이 발생할 수 있다. 이러한 교량 및 터널의 변경 상태는 경우에 따라서는 대형 사고를 유발할 수 있다. 이에 따라, 교량이나 터널의 안전 상태를 관리하는 관리자(운용자)가 일정 주기마다 육안으로 교량이나 터널의 곳곳을 점검하거나, 특히 교량의 경우 작업자가 직접 물속에 들어가 물속에 잠긴 교각의 하단 부분을 점검하는 방법으로 안전 상태를 관리한다. 이때, 교량 또는 터널의 보다 정확한 안전 상태를 점검하기 위하여 값비싼 장비를 이용하기도 한다.

[0003] 그러나 이상과 같은 교량이나 터널의 관리 방법들은 관리자(운용자)가 일정 주기마다 육안으로 교량 또는 터널의 상태를 점검하므로, 교량 또는 터널의 이상 상태를 실시간으로 감시할 수 없고, 교량 또는 터널을 점검하기 위해 관리자(운용자)가 해당 지역으로 직접 이동해야 한다는 단점이 있다.

[0004] 이러한 단점을 해결하기 위해 최근에는 무선 근거리 통신을 이용한 교량/터널 안전상태 관리시스템 및 방법이 제안되고 있다. 그러나 이러한 방법은 각 센서 모듈의 구동용 전원을 공급하기 위해 건전지나 유선에 의한 직접 공급 방식을 사용하므로, 건전지를 사용하는 경우에는 주기적으로 교체해야 하는 번거로움이 있다.

선행기술문헌

특허문헌

[0005] (특허문헌 0001) 한국 등록특허 제10-1172260호

발명의 내용

해결하려는 과제

[0006] 본 발명은 진단 대상물의 표면에 도포된 도전성 수지 혼합물의 저항 변화를 무선 네트워크를 통해 감지하여 진단 대상물에 존재하는 크랙의 존재 또는 크랙의 진행상황을 파악하는 진단 대상물의 파손 감지 방법에 관한 것이다.

과제의 해결 수단

[0007] 본 발명의 일 측면에 따르면, 본 발명은 도전성 나노물질과 비도전성 수지를 포함하는 액상의 도전성 수지 혼합물을 제조하는 단계, 진단 대상물의 표면에 상기 도전성 수지 혼합물을 도포하는 단계, 상기 도포된 도전성 수지 혼합물의 서로 다른 2개 이상의 위치에 전극 단자들을 형성하는 단계, 상기 전극 단자들에 저항 측정 모듈을 전기적으로 연결하고 상기 도전성 수지 혼합물에 대한 전기 저항을 측정하는 단계 및 중앙 제어부가 상기 측정된 전기 저항 값을 상기 저항 측정 모듈로부터 무선 네트워크를 통하여 전달받아, 상기 측정된 전기 저항 값을 이용하여 상기 진단 대상물에 존재하는 크랙의 상태를 파악하는 단계를 포함하는, 진단 대상물의 파손 감지 방법을 제공한다.

발명의 효과

[0008] 본 발명에 따른 진단 대상물의 파손 감지 방법은 다음과 같은 효과가 있다.

[0009] 첫째, 도전성 수지 혼합물을 진단 대상물의 표면에 도포하는 방식을 이용하여 진단 대상물의 상태를 측정하므로, 외부 진단장치를 설치하기조차 어려울 정도로 구조물이 무너져갈 때에도 진단 대상물의 상태를 측정할 수 있다.

[0010] 둘째, 진단 대상물의 표면에 도포하는 방식으로 진단 대상물에 도전성 수지 혼합물이 도포되므로 별도의 돌출된 장치를 이용할 때보다 외력에 의한 파손의 위험이 적다.

[0011] 셋째, 사람의 손이 닿기 힘든 대형 구조물 및 위험 지역은 드론을 이용하여 도전성 수지 혼합물을 도포 가능하므로, 작업자의 작업 편의성이 향상된다.

도면의 간단한 설명

[0012] 도 1은 본 발명의 일 실시 예에 따른 진단 대상물의 파손 감지 방법을 순차적으로 설명하는 순서도이다.

도 2는 진단 대상물에 도전성 수지 혼합물을 도포하기 전과 후의 모습을 각각 도시한 모식도이다.

도 3은 드론을 통해서 진단 대상물에 도전성 수지 혼합물을 도포하고, 저항 측정 모듈을 이용하여, 중앙 제어부와 송수신 하는 모습을 나타내는 모식도이다.

도 4는 도전성 수지 혼합물을 두껍게 도포한 경우와 얇게 도포한 경우의 굽힘 변위 또는 변형률에 따른 전기 저항 값의 변화율을 도시한 실험 자료이다.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0013] 이하 첨부된 도면을 참조하여 본 발명의 바람직한 실시 예를 설명함으로써, 본 발명을 상세히 설명한다.

[0014] 도 1은 본 발명의 일 실시 예에 따른 진단 대상물의 파손 감지 방법(S100)을 도시하는 흐름도이다.

[0015] 도 1을 참조하면, 진단 대상물의 파손 감지 방법은, 도전성 나노물질과 비도전성 수지를 포함하는 액상의 도전성 수지 혼합물을 제조하는 단계(S110), 진단 대상물의 표면에 상기 도전성 수지 혼합물을 도포하는 단계(S120), 상기 도포된 도전성 수지 혼합물의 서로 다른 2개 이상의 위치에 전극 단자들을 형성하는 단계(S130), 상기 전극 단자들에 저항 측정 모듈을 설치하여 경화된 상기 도전성 수지 혼합물에 대한 전기 저항을 측정하는

단계(S140), 중앙 제어부가 상기 측정된 전기 저항 값을 무선 네트워크를 통하여 전달받아, 상기 진단 대상물에 존재하는 크랙의 상태를 파악하는 단계(S150)를 포함한다.

- [0016] 상기 도전성 수지 혼합물을 제조하는 단계(S110)에서는, 먼저 상기 도전성 나노물질과 비도전성 수지를 준비한다. 그 후, 상기 도전성 나노물질과 상기 비도전성 수지를 혼합한다. 상기 도전성 나노물질은 탄소나노튜브(CNT)이다. 하지만 본 발명은 이에 한정되지 않고 다양한 탄소나노물질을 포함한 다양한 나노물질들이 이용될 수 있다.
- [0017] 또한 상기 탄소나노물질은 상기 도전성 수지 혼합물 중에서 0.1 내지 1.5 중량퍼센트(wt.%) 포함된다. 하지만, 본 발명은 이에 한정되지 않고 다양한 비율로 탄소나노물질이 혼합될 수 있다. 상기 비도전성 수지는 불포화 폴리에스터(Polyester)를 포함한다. 하지만 본 발명은 이에 한정되지 않고 다른 수지로 변경이 가능하다. 상기 도전성 수지 혼합물은 상기 폴리에스터와 상기 탄소나노튜브를 섞은 후 약 2시간 동안 초음파 처리하여 제조한다. 하지만, 본 발명은 이에 한정되지 않고 다른 방법으로 상기 도전성 수지 혼합물을 제조 가능하다.
- [0018] 상기 도전성 수지 혼합물을 도포하는 단계(S120)에서는, 먼저 상기 도전성 수지 혼합물을 경화제와 교반한다. 상기 도전성 수지 혼합물을 교반용기에 넣고 경화제와 먼저 혼합하여, 도포 후에 상기 도전성 수지 혼합물이 진단 대상물의 표면에서 잘 경화될 수 있도록 한다. 그 후 교반된 상기 도전성 수지 혼합물을 상기 진단 대상물의 표면에 도포한다. 상기 도전성 수지 혼합물의 도포는 스프레이(Spraying) 방식으로 수행한다. 하지만, 본 발명은 이에 한정되지 않고 페인팅(Painting)방식 또는 그 외 다른 방식으로 수행될 수 있다.
- [0019] 상기 스프레이는 드론을 이용하여서 한다. 하지만, 본 발명은 이에 한정되지 않고 변경이 가능하다.
- [0020] 상기 전극 단자들을 형성하는 단계(S130)에서는, 2개 이상의 전극 단자들을 준비하고, 상기 전극 단자들을 진단 대상물의 표면에 도포된 도전성 수지 혼합물 상에 형성한다. 상기 전극 단자는 구리테이프로 형성된다. 하지만, 본 발명은 이에 한정되지 않고 다른 소재의 전극 단자로 변경될 수 있다. 또한 상기 전극 단자들은 측정하고자 하는 범위에 따라 2개 이상이 설치될 수 있다. 상기 전극 단자들의 설치 또한 드론을 이용 한다. 하지만, 본 발명은 이에 한정되지 않고 다른 방법으로 상기 전극 단자들을 설치할 수 있다.
- [0021] 또한, 상기 전극 단자의 형성 시, 상기 도전성 수지 혼합물이 경화된 상태에서 수행될 수도 있으며, 상기 도전성 수지 혼합물이 경화되기 이전에 수행될 수도 있다.
- [0022] 상기 도전성 수지 혼합물에 대한 저항을 측정하는 단계(S140)에서는, 먼저 저항 측정 모듈을 상기 전극 단자들과 각각 연결한다. 그 후 상기 저항 측정 모듈, 상기 전극 단자들 및 상기 도전성 수지 혼합물로 형성되는 전기적 네트워크에 전류를 통하게 하거나 전압을 가하여 상기 도전성 수지 혼합물의 전기 저항의 변화를 측정한다. 상기 도전성 수지 혼합물이 도포된 진단 대상물의 표면에 크랙이 발생하면 전기적 네트워크 형성을 방해하여 전기 저항이 증가된다. 또한 크랙의 상태에 따라 전기 저항의 변화율이 차이가 나므로 이를 분석하면 크랙의 상태 파악이 가능하다.
- [0023] 상기 저항 측정 모듈은 중앙 처리 장치(CPU), 통신 모듈 및 상기 전극 단자와 상기 통신 모듈에 각각 연결되는 도전성 라인을 포함한다. 상기 저항 측정 모듈은 상기 도전성 수지 혼합물이 형성되어 있는 진단 대상물의 크랙 상태에 따라 변화되는 전기 저항 값을 통신 모듈을 통해 중앙 제어부로 송신한다. 상기 송신은 무선 송신방법으로 한다. 다만 유선에 의한 송신도 가능하다.
- [0024] 상기 진단 대상물에 존재하는 크랙의 상태를 파악하는 단계(S150)에서는, 먼저 전기 저항 측정 모듈에 포함된 통신모듈로부터 진단 대상물의 표면에 형성되어 있는 도전성 수지 혼합물의 전기 저항 값을 무선 네트워크를 통해 중앙 제어부가 수신한다. 그 후 상기 수신된 전기 저항 값의 변화율을 분석하고, 상기 분석을 통해 진단 대상물에 존재하는 크랙의 상태를 파악한다. 상기 크랙의 상태를 파악하는 것은 상기 진단 대상물의 표면에 형성되어 있는 상기 도전성 수지 혼합물의 전기 저항 변화율을 통해서 수행한다.
- [0025] 상기 중앙 제어 부는 전기 저항 변화율과 크랙의 상태와의 관계를 시각적으로 표시하는 디스플레이 부를 포함한다. 상기 중앙 제어 부는 상기 진단 대상물에 대응하는 형상을 디스플레이 장치의 화면에 디스플레이 한다. 또한 상기 디스플레이 화면에, 디스플레이 된 상기 진단 대상물 형상에 상기 크랙의 형상을 오버랩 한다. 크랙의 형상은 상기 크랙의 상태별로 상기 디스플레이부에 다르게 표시된다. 또한 상기 크랙의 형상은 상기 크랙의 상태별로 서로 다른 색으로도 표시된다. 상기 중앙 제어 부는 상기 전기 저항 값이 증가하면, 상기 중앙 제어 부는 상기 크랙이 커지거나 새로운 크랙이 발생한 것으로 판단한다. 크랙의 상태와 도전성 수지 혼합물의 전기 저항 변화율의 관계는 이하 설명할 도 4에서 상세하게 설명한다.

- [0026] 도 2를 참조하면, 도 2는 스프레이 장치(30)를 이용하여 진단 대상물(10)의 표면에 스프레이 작업을 하기 전(a)과 스프레이 작업을 한 후(b)의 모습을 개략적으로 나타낸 모식도이다. 상기 (a)에서는 이미 크랙이 형성되어 있는 곳에 스프레이를 하는 모습을 도시하고 있지만, 본 발명은 이에 한정되지 않고, 크랙이 예상되는 표면이나 단순히 평면으로 매끈한 평면에도 스프레이를 통해 진단 대상물(10)의 상태를 측정할 수 있다. (b)에서 도전성 수지 혼합물(210)이 도포된 후, 상기 도전성 수지 혼합물(210) 상에 전극 단자(220, 230)를 설치하고, 상기 전극 단자(220, 230)에 도전성 라인(221, 231)을 각각 연결한다.
- [0027] 도 3은 드론(340)으로 진단 대상물(310)의 표면에 스프레이를 하고 전극 단자를 설치한 후, 중앙 제어 부(320)를 통해 저항 측정 모듈(331, 332, 333)에 포함되어 있는 통신모듈과 무선 송수신을 하는 모습을 개략적으로 나타내는 모식도이다. 도 3처럼 사람의 손이 닿기 힘든 대형 구조물에는 상기 드론(340)을 이용하여 스프레이 작업 및 전극 단자 설치 작업을 한다. 또한 무선 송수신 시스템을 통해 실시간으로 상기 진단 대상물(310)의 상태를 확인할 수 있다. 상기 중앙 제어 부(320)는 서로 다른 색으로 크랙의 상태를 표시한다. 상기 중앙 제어 부(320)에 도시된 세 가지 라인 중 붉은 색은 파손 직전 상태를, 파란색은 위험한 상태를, 노란색은 안전한 상태를 각각 나타낸다. 상기 진단 대상물은 건축 구조물이나 토목 구조물이다.
- [0028] 도 4는 진단 대상물(10)에 도전성 수지 혼합물(210)을 두껍게 도포 했을 때와 얇게 도포 했을 때의 크랙에 대한 저항 변화율을 나타내는 실험 자료이다. (a), (b)는 도전성 수지 혼합물(210)의 도포를 두껍게 했을 때의 자료이고, (c), (d)는 도전성 수지 혼합물(210)의 도포를 얇게 했을 때의 실험 자료이다. 상기 도전성 수지 혼합물(210)의 도포를 두껍게 했을 때와 얇게 했을 때는 상대적인 개념이다. 따라서 두 번의 실험 중 도전성 수지 혼합물(210)의 도포 두께가 더 두꺼운 것이 (a), (c) 자료이고, 도포 두께가 더 얇은 것이 (b), (d) 자료이다.
- [0029] 먼저 도전성 수지 혼합물(210)의 도포 두께가 두꺼운 실험 자료 중 (a) 그래프를 설명한다. 상기 (a) 그래프는 굽힘 변위 량과 전기 저항의 변화율의 관계를 나타낸다. 상기 그래프 상에서 굽힘 변위 량이 10밀리미터(mm)정도 까지 일 때에는 저항의 변화율이 거의 없다. 이는 굽힘 변위 량이 10밀리미터 정도 까지 일 경우에는 도전성 수지 혼합물(210)의 도포를 두껍게 함으로써 전기적 네트워크가 방해받지 않고 굽힘이 없을 때처럼 원활하게 형성되는 것으로 볼 수 있다. 하지만 굽힘의 변위 량이 14밀리미터 정도일 때나 20밀리미터 정도일 때에는 전기 저항의 변화율이 급격하게 늘어나는 것을 볼 수 있다. 이는 14밀리미터 또는 20밀리미터 정도의 굽힘 변위 량이 있을 때 전기적 네트워크를 크게 방해하는 변형이 발생한 것으로 볼 수 있다. 상기 실험 결과를 실제 진단 대상물(10)에 대입해서 유추해보면, 상기 14밀리미터 또는 20밀리미터 정도의 변위 량 부분이 상기 실제 진단 대상물(10)의 표면에 파손 위험이 큰 부분에 해당되는 것으로 볼 수 있다.
- [0030] 다음으로 도전성 수지 혼합물(210)의 도포 두께가 얇은 실험자료 중 (b) 그래프를 설명한다. 상기 (b) 그래프는 굽힘 변위 량과 전기 저항의 변화율의 관계를 나타낸다. 상기 그래프는 도전성 수지 혼합물(210)의 도포 두께가 두꺼운 상기 (a) 경우와 비교할 때, 굽힘의 변위 량이 증가함에 따라 점진적으로 전기 저항의 변화율도 증가한다. 이는 도전성 수지 혼합물(210)의 도포 두께가 얇으므로 미세한 굽힘의 변위 량만 발생해도 전기적 네트워크가 영향을 받아 원활한 전기적 네트워킹이 되지 않으면서 전기적 네트워크를 방해하는 저항이 점진적으로 증가하는 것으로 볼 수 있다.
- [0031] 다음으로 도전성 수지 혼합물(210)의 도포 두께가 두꺼운 실험자료 중 (c) 그래프를 설명한다. 상기 (c) 그래프는 굽힘 변형률과 전기 저항의 변화율의 관계를 나타낸다. 상기 그래프는 굽힘 변형률이 1퍼센트(%)에 해당하는 경우까지의 전기 저항 변화율을 나타낸다. 따라서 이하 설명할 스프레이 두께가 얇은 (d) 경우와 비교할 때 낮은 변형률에서의 전기 저항 변화율 측정이 가능하다. 즉 굽힘 변형률이 적은 경우에도 높은 민감도로 전기 저항의 변화율을 측정한다. 상기 그래프에서 굽힘 변형률이 0.8 내지 0.9퍼센트(%) 사이에 이를 때까지 전기 저항의 변화율은 미세하게 나타난다. 하지만 굽힘 변형률이 0.9퍼센트(%) 정도에서 전기 저항의 변화율이 급격하게 증가한다. 이는 굽힘 변형률이 0.9퍼센트(%) 정도일 때까지는 전기적 네트워크가 원활하게 형성되다가, 굽힘 변형률이 0.9퍼센트(%) 이상이 되면서 급격한 전기적 네트워크 단절이 일어난 것으로 볼 수 있다. 도전성 수지 혼합물(210)의 도포 두께가 얇은 (d) 경우와 비교해 보면, 도전성 수지 혼합물(210)의 도포 두께가 얇은 (d) 경우에는 굽힘 변형률이 1퍼센트(%)가 될 때까지 저항 변화율은 미세하게 증가하는 것으로 나타나는데, 낮은 굽힘 변형률에 대한 민감도가 낮다고 볼 수 있다.
- [0032] 다음으로 도전성 수지 혼합물(210)의 도포 두께가 얇은 실험자료 중 (d) 그래프를 설명한다. 상기 (d) 그래프는 굽힘 변형률과 전기 저항의 변화율의 관계를 나타낸다. 상기 그래프는 굽힘 변형률이 4퍼센트(%)에 해당하는 경우까지의 전기 저항 변화율을 나타낸다. 상기 도전성 수지 혼합물(210)의 도포 두께가 두꺼운 (c) 경우와 비교할 때, 굽힘 변형률의 폭, 즉 연신율이 큰 범위까지 측정이 가능하다. 상기 도전성 수지 혼합물(210)의 도포 두께가 두꺼운

(c) 경우에는 굽힘 변형률이 1퍼센트(%)인 경우까지 측정이 가능하므로 연신율이 작다고 볼 수 있다. 하지만 상기 도전성 수지 혼합물의 도포 두께가 두꺼운 (c) 경우에 설명한바와 같이 도전성 수지 혼합물의 도포 두께가 얇은 경우에는 굽힘 변위에 대한 전기 저항 민감도가 낮아서, 낮은 굽힘 변형 율에 대해서는 전기 저항의 변화 율 측정이 용이하지 못한 면이 있다.

[0033] 상기 실험 자료를 종합해 보면 미세한 크랙을 조사하기 위해서는 도전성 수지 혼합물을 두껍게 도포하는 것이 효율적이고, 대규모 크랙을 조사하기 위해서는 도전성 수지 혼합물을 얇게 도포하는 것이 효율적이다.

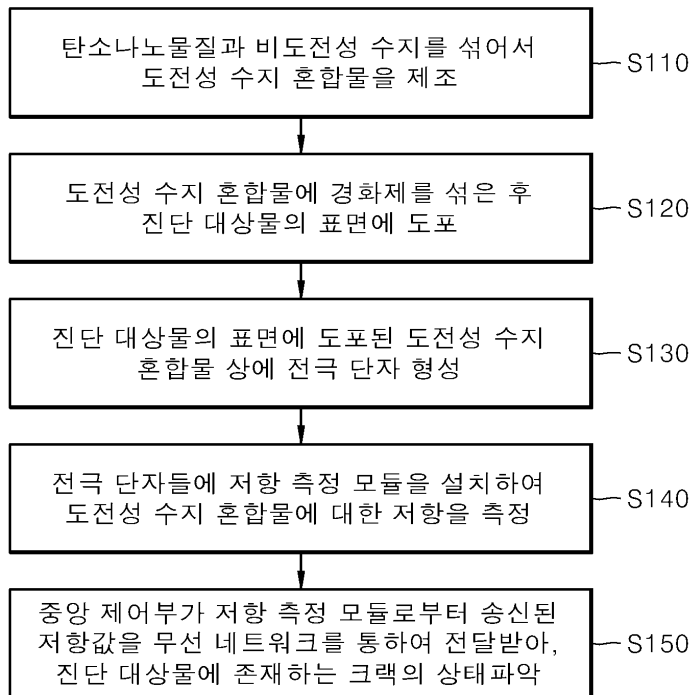
[0034] 본 발명은 도면에 도시된 실시 예를 참고로 설명되었으나 이는 예시적인 것에 불과하며, 본 기술 분야의 통상의 지식을 가진 자라면 이로부터 다양한 변형 및 균등한 다른 실시예가 가능하다는 점을 이해할 것이다. 따라서 본 발명의 진정한 기술적 보호 범위는 첨부된 특허 청구범위의 기술적 사상에 의하여 정해져야 할 것이다.

부호의 설명

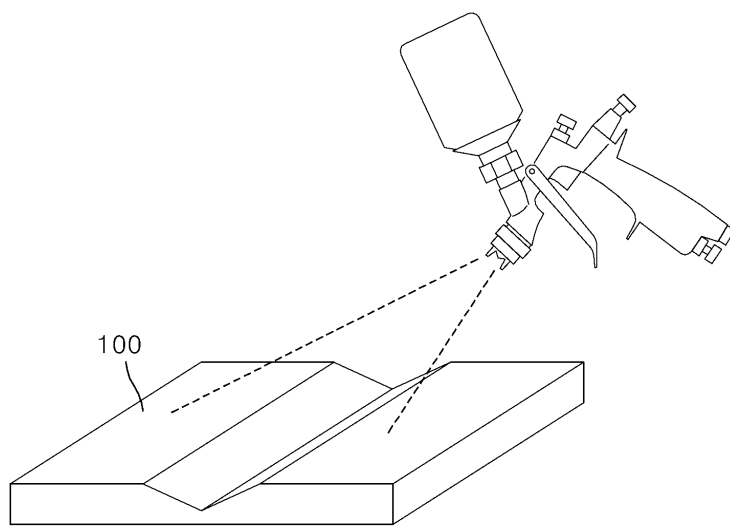
[0035] 100: 도전성 수지 혼합물 도포 전 진단 대상물
 200: 도전성 수지 혼합물 도포 후 진단 대상물
 210: 도전성 수지 혼합물
 220: 제1전극
 230: 제2전극
 221: 제1도전성 라인
 231: 제2도전성 라인
 310: 진단 대상물
 320: 중앙 제어 부
 331: 제1저항측정 모듈
 332: 제2저항측정 모듈
 333: 제3저항측정 모듈
 340: 드론

도면

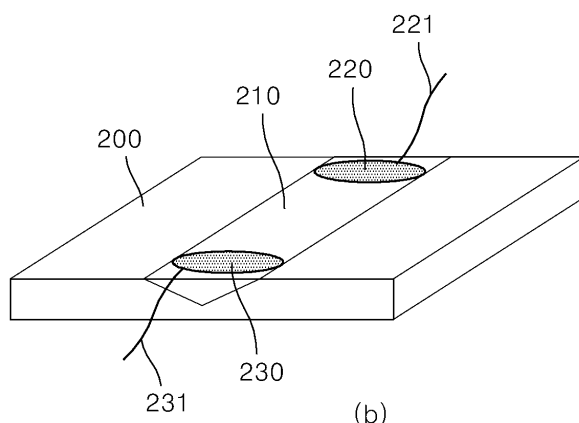
도면1



도면2

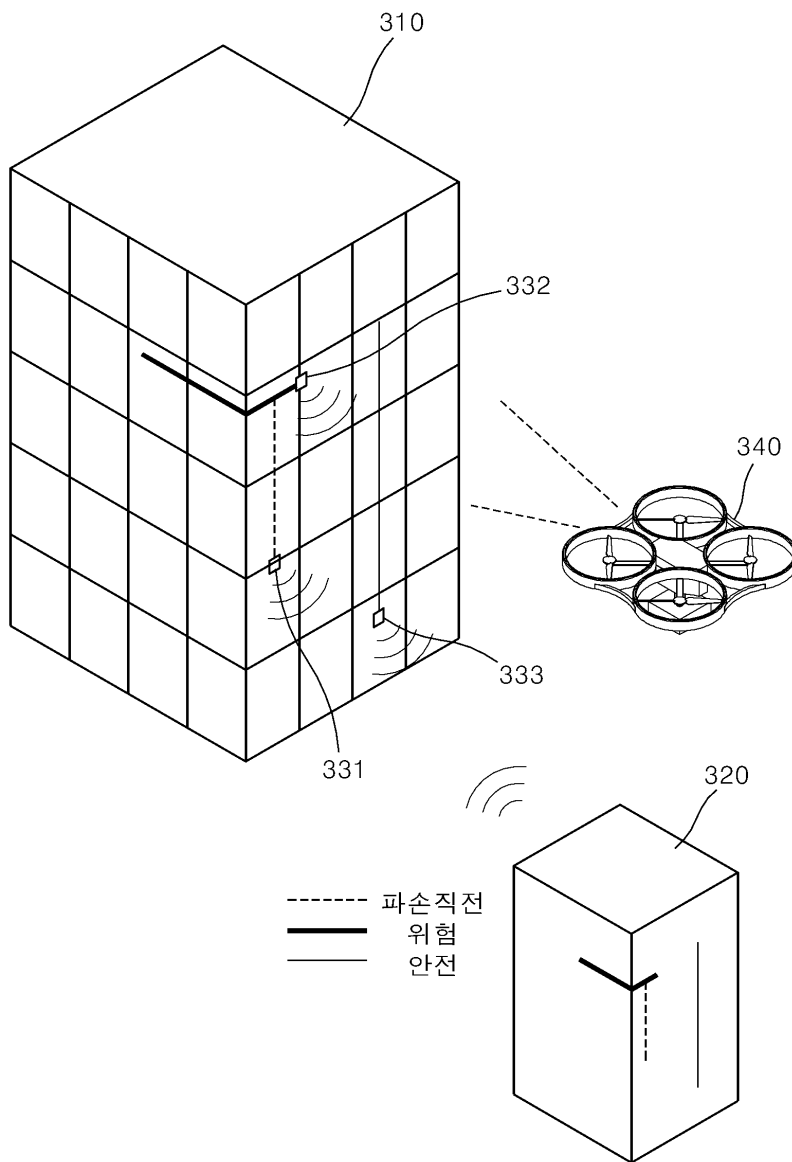


(a)



(b)

도면3



도면4

