



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2007-0105937
(43) 공개일자 2007년10월31일

(51) Int. Cl.

G01N 3/34 (2006.01) G01M 7/00 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2007-0076535(분할)
(22) 출원일자 2007년07월30일
심사청구일자 2007년07월30일
(62) 원출원 특허 10-2006-0037728
원출원일자 2006년04월26일
심사청구일자 2006년04월26일

(71) 출원인

울산대학교 산학협력단

울산 남구 무거동 산29

(72) 발명자

이재신

울산 남구 무거2동 삼익아파트 806호

김영혁

울산 울주군 온양읍 고산리 766번지

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

장한특허법인

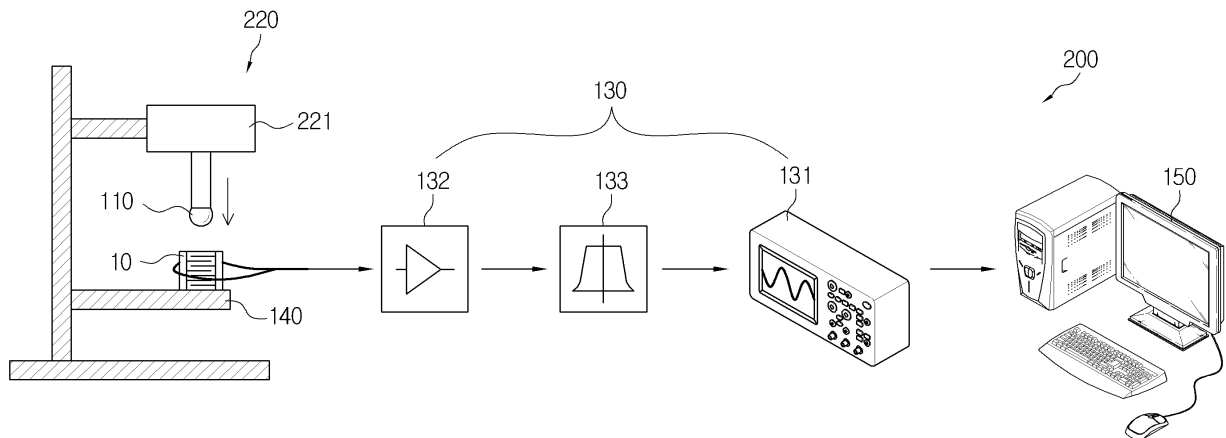
전체 청구항 수 : 총 6 항

(54) 적층형 압전 액추에이터의 비파괴 검사 장치

(57) 요약

본 발명에 따르면, 내부전극이 포함된 세라믹 시트가 복수개로 적층된 상태로 외부전극을 가지는 적층형 압전 액추에이터의 결함을 측정하는 비파괴 검사 장치에 있어서, 적층형 압전 액추에이터의 표면에 충돌되면서 충격에너지를 전달시키는 충격볼; 충격볼이 시편고정대에 고정되어 있는 적층형 압전액추에이터에 충돌되도록 충격볼의 이송방향을 유도하며, 시편고정대의 상방에 설치되며 충격볼에 상하 피스톤 운동에 의한 운동에너지를 공급하여 충격볼을 적층형 압전 액추에이터 표면에 충돌시키는 피스톤운동체를 포함하는 불유도수단; 및 적층형 압전 액추에이터의 외부전극과 전기적으로 연결되어, 충격볼의 충격에너지로 인해 적층형 압전 액추에이터에서 발생된 전기신호가 수신되면, 수신된 전기신호를 주파수 특성으로 변환 출력하는 계측수단을 포함하는 적층형 압전 액추에이터의 비파괴 검사 장치가 제공된다. 본 발명에 따른 적층형 압전 액추에이터의 비파괴 검사 장치에 따르면, 적층형 압전 액추에이터를 파괴시키지 않고 내부결함의 측정이 가능함은 물론이며, 그 구조가 간단하고 측정이 간편하며 제작비 및 유지비용이 절감되는 효과를 제공한다.

대표도 - 도2



(72) 발명자

조성열

울산 울주군 웅촌면 장백아파트 708동 1701호

김성훈

울산 중구 학산동 7-35번지 2층

김영선

부산 해운대구 좌동 대림아파트 101-119 115동
801호

권정호

울산 중구 성안동 경동햇빛마을 아파트 201동 60
5호

특허청구의 범위

청구항 1

내부전극이 포함된 세라믹 시트가 복수개로 적층된 상태로 외부전극을 가지는 적층형 압전 액추에이터의 결함을 측정하는 비파괴 검사 장치에 있어서,

상기 적층형 압전 액추에이터의 표면에 충돌되면서 충격에너지를 전달시키는 충격볼;

상기 충격볼이 시편고정대에 고정되어 있는 상기 적층형 압전액추에이터에 충돌되도록 상기 충격볼의 이송방향을 유도하며, 상기 시편고정대의 상방에 설치되며 상기 충격볼에 상하 피스톤 운동에 의한 운동에너지를 공급하여 상기 충격볼을 상기 적층형 압전 액추에이터 표면에 충돌시키는 피스톤운동체를 포함하는 불유도수단; 및

상기 적층형 압전 액추에이터의 외부전극과 전기적으로 연결되어, 상기 충격볼의 충격에너지로 인해 상기 적층형 압전 액추에이터에서 발생된 전기신호가 수신되면, 수신된 전기신호를 주파수 특성으로 변환 출력하는 계측수단을 포함하는 적층형 압전 액추에이터의 비파괴 검사 장치.

청구항 2

제 1항에 있어서, 상기 계측수단은,

오실로스코프인 것을 특징으로 하는 적층형 압전 액추에이터의 비파괴 검사 장치.

청구항 3

제 1항에 있어서, 상기 계측수단은,

상기 적층형 압전 액추에이터의 외부전극과 전기적으로 연결되어, 상기 충격볼의 충격에너지로 인해 상기 적층형 압전 액추에이터에서 발생된 전기신호가 수신되면, 수신된 전기신호를 증폭하여 출력시키는 증폭기;

상기 증폭기에서 출력된 전기신호가 수신되면 수신된 전기신호에 포함된 노이즈 성분을 제거하여 출력시키는 필터; 및

상기 필터에서 출력된 전기신호를 주파수 특성으로 변환하여 출력하는 오실로스코프를 포함하는 것을 특징으로 하는 적층형 압전 액추에이터의 비파괴 검사 장치.

청구항 4

제 1항 내지 제 3항 중 어느 한 항에 있어서,

상기 계측수단에서 주파수 특성으로 변환 출력된 전기신호를 전송받아 측정데이터로 저장시키는 컴퓨터를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 적층형 압전 액추에이터의 비파괴 검사 장치.

청구항 5

제 1항에 있어서, 상기 피스톤운동체의 피스톤 운동 방식은,

공기 압력에 따른 공압식 피스톤 운동, 오일의 압력에 따른 유압식 피스톤 운동, 또는 코일에 인가되는 전계방향에 따른 솔레노이드 밸브식 피스톤 운동 중 선택된 하나의 운동 방식인 것을 특징으로 하는 적층형 압전 액추에이터의 비파괴 검사 장치.

청구항 6

제 1항에 있어서, 상기 시편고정대에는,

상기 적층형 압전 액추에이터가 고정되는 고정홈이 형성되며,

상기 고정홈 내측으로는 상기 고정홈의 내벽과 스프링으로 연결되는 보조지지체가 구비되어 스프링의 탄성에 의한 흡복의 수축 및 이완이 가능하고 상기 적층형 압전 액추에이터가 상기 고정홈 내부에 탄력적으로 고정되는 것을 특징으로 하는 적층형 압전 액추에이터의 비파괴 검사 장치.

명세서

발명의 상세한 설명

기술 분야

- <1> 본 발명은 적층형 압전 액추에이터의 비파괴 검사 장치에 관한 것으로서, 보다 상세하게는 내부전극이 포함된 세라믹 시트가 복수개로 적층된 상태로 외부전극을 가지는 적층형 압전 액추에이터에 대한 결함을 비파괴 방식으로 검사하는 장치에 관한 것이다.

배경 기술

- <2> 일반적으로 상기 적층형 압전 액추에이터는 입력되는 전계에 따라 변위가 발생하는 액추에이터로서, 적층형 압전 액추에이터를 구성하고 있는 각각의 세라믹 시트에 전기에너지가 인계되면 수축 또는 이완동작에 따라 변위가 발생될 수 있으며, 세라믹 시트의 적층수와 변위량은 서로 비례하게 된다.
- <3> 이러한 적층형 압전 액추에이터에 따르면, 미세변위의 정밀 제어가 가능하며 변위 발생력이 크고 응답성이 우수한 장점으로, 우주망원경, 고성능 카메라의 위치제어 소자, 잉크젯 프린터 헤드, 카메라폰, 스윙동작형 LCD 이미지 센서, 압전팬, 지능형 자동차 부품, 지능형 로봇 등의 다방면에 응용되고 있다.
- <4> 이상과 같은 상기 적층형 압전 액추에이터는 컷 본드(Cut-bond) 방법 또는 테이프 캐스팅(Tape-casting) 방법에 따라 제작될 수 있으나, 일반적으로 세라믹 시트에 금속전극재료를 인쇄한 후 상기 세라믹 시트를 복수개로 압착하여 내부전극을 형성시키는 테이프 캐스팅(Tape-casting) 방법에 의하여 제작된다.
- <5> 이러한 적층형 압전 액추에이터는 제조 과정상 또는 작동 중에 결함이 발생되면서 변위 특성, 신뢰성 및 수명이 저하될 수 있는데, 상기 결함에 따른 불량 유무를 판단하는 방법으로서, 임피던스 해석기를 이용하여 임피던스를 측정하는 방식, 적층형 압전 액추에이터를 파괴시켜 내부를 직접적으로 관찰하는 방식 및 적층형 압전 액추에이터에 대한 변위를 측정하는 방식이 제시되고 있다.
- <6> 상기 임피던스 해석기에 따르면, 장비가 고가일 뿐만 아니라 적층형 압전 액추에이터의 물리적인 결함은 검출될 수 있는 반면 상기 액추에이터의 변위에 절대적인 영향을 미치는 내부결함은 판단되기 어려운 단점이 있다.
- <7> 또한, 상기 직접적인 파괴 방식 및 변위 측정 방식에 따르면, 결함 유무의 판단을 위해 적층형 압전 액추에이터를 일일이 파괴시켜 검사하거나 일일이 변위를 측정해야 하는 번거로움이 있으며 측정 과정 중에 정상 액추에이터도 파괴되거나 손상될 수 있다는 점에서 비효율적인 면이 적지 않은 문제점이 있다.

발명의 내용

해결 하고자하는 과제

- <8> 본 발명은 상술한 문제점을 해결하기 위하여 창출된 것으로서, 상기 적층형 압전 액추에이터가 파괴되지 않는 상태에서 내부결함의 측정이 가능함을 물론이며 제작비 및 유지비가 절감되는 적층형 압전 액추에이터의 비파괴 검사 장치를 제공하는 데에 그 목적이 있다.

과제 해결수단

- <9> 상기와 같은 목적을 달성하기 위한 본 발명의 적층형 압전 액추에이터의 비파괴 검사 장치는, 내부전극이 포함된 세라믹 시트가 복수개로 적층된 상태로 외부전극을 가지는 적층형 압전 액추에이터의 결함을 측정하는 비파괴 검사 장치에 있어서, 상기 적층형 압전 액추에이터의 표면에 충돌되면서 충격에너지를 전달시키는 충격볼; 상기 충격볼이 시편고정대에 고정되어 있는 상기 적층형 압전액추에이터에 충돌되도록 상기 충격볼의 이동방향을 유도하며, 상기 시편고정대의 상방에 설치되며 상기 충격볼에 상하 피스톤 운동에 의한 운동에너지를 공급하여 상기 충격볼을 상기 적층형 압전 액추에이터 표면에 충돌시키는 피스톤운동체를 포함하는 볼유도수단; 및 상기 적층형 압전 액추에이터의 외부전극과 전기적으로 연결되어, 상기 충격볼의 충격에너지로 인해 상기 적층형 압전 액추에이터에서 발생된 전기신호가 수신되면, 수신된 전기신호를 주파수 특성으로 변환 출력하는 계측수단을 포함한다.
- <10> 또한, 상기 계측수단은, 오실로스코프일 수 있다.
- <11> 또한, 상기 계측수단은, 상기 적층형 압전 액추에이터의 외부전극과 전기적으로 연결되어, 상기 충격볼의 충격에너지로 인해 상기 적층형 압전 액추에이터에서 발생된 전기신호가 수신되면, 수신된 전기신호를 증폭하여 출

력시키는 증폭기; 상기 증폭기에서 출력된 전기신호가 수신되면 수신된 전기신호에 포함된 노이즈 성분을 제거하여 출력시키는 필터; 및 상기 필터에서 출력된 전기신호를 주파수 특성으로 변환하여 출력하는 오실로스코프를 포함할 수 있다.

<12> 그리고, 본 발명은 상기 계측수단에서 주파수 특성으로 변환 출력된 전기신호를 전송받아 측정데이터로 저장시키는 컴퓨터를 더 포함할 수 있다.

<13> 한편, 상기 피스톤운동체의 피스톤 운동 방식은, 공기 압력에 따른 공압식 피스톤 운동, 오일의 압력에 따른 유압식 피스톤 운동, 또는 코일에 인가되는 전계방향에 따른 솔레노이드 밸브식 피스톤 운동 중 선택된 하나의 운동 방식일 수 있다.

<14> 또한, 상기 시편고정대에는, 상기 적층형 압전 액추에이터가 고정되는 고정홈이 형성되며, 상기 고정홈 내측으로는 상기 고정홈의 내벽과 스프링으로 연결되는 보조지지체가 구비되어 스프링의 탄성에 의한 홈폭의 수축 및 이완이 가능하고 상기 적층형 압전 액추에이터가 상기 고정홈 내부에 탄력적으로 고정될 수 있다.

효 과

<15> 본 발명에 따른 적층형 압전 액추에이터의 비파괴 검사 장치에 따르면, 다음과 같은 효과를 제공한다.

<16> 첫째, 적층형 압전 액추에이터에 충격볼이 낙하 및 충돌되는 방식을 이용하여 상기 적층형 압전 액추에이터가 파괴되지 않는 상태에서의 내부결함 측정이 가능한 장점이 있다.

<17> 둘째, 적층형 압전 액추에이터에 충격볼이 충돌되는 방식으로서, 자유낙하, 피스톤 운동, 도르래의 회전 및 자동 승강된 충격볼의 경사 낙하 방식을 포함한 수동형 또는 자동형의 다양한 방식이 적용될 수 있음은 물론이며, 그 구조가 간단하고 측정이 간편하고 제작이 용이할 뿐 아니라 제작비 및 유지비가 절감될 수 있다.

<18> 셋째, 충격볼의 충돌에 따라 적층형 압전 액추에이터에 전달되는 충격에너지로부터 발생된 전기신호를 주파수 특성으로 변환함으로써 적층형 압전 액추에이터의 결함 측정이 가능하며, 미약한 전기신호의 증폭과 노이즈 성분이 제거됨으로써 수신된 신호의 명확한 해석이 가능하다는 장점이 있다.

<19> 넷째, 검출된 데이터는 별도의 컴퓨터에 저장됨으로써 측정된 데이터의 보관, 분석 및 비교가 가능하다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

<20> 이하 첨부된 도면을 참조로 본 발명의 바람직한 실시예들을 상세히 설명하기로 한다.

<21> 이에 앞서, 본 명세서 및 청구범위에 사용된 용어나 단어는 통상적이거나 사전적인 의미로 한정해서 해석되어서는 아니되며, 발명자는 그 자신의 발명을 가장 최선의 방법으로 설명하기 위해 용어의 개념을 적절하게 정의할 수 있다는 원칙에 입각하여 본 발명의 기술적인 사상에 부합하는 의미와 개념으로 해석되어야만 한다.

<22> 따라서, 본 명세서에 기재된 실시예와 도면에 도시된 구성은 본 발명의 가장 바람직한 일 실시예에 불과할 뿐이고 본 발명의 기술적 사상을 모두 대변하는 것은 아니므로, 본 출원시점에 있어서 이들을 대체할 수 있는 다양한 균등물과 변형예들이 있을 수 있음을 이해하여야 한다.

<23> 본 발명은 도 6에 도시된 바와 같이 내부전극(12)이 포함된 세라믹 시트(11)가 복수개로 적층된 상태에서 양전극 및 음전극이 인가되는 두 개의 외부전극(13)을 가지는 적층형 압전 액추에이터(10)에 대한 내부 결함을 측정하는 비파괴 검사 장치에 관한 것이다.

<24> 도 1a 내지 도 1b는 이러한 본 발명의 제 1실시예에 따른 적층형 압전 액추에이터의 비파괴 검사 장치의 개략도이며, 도 2 내지 도 4는 본 발명의 제 2실시예 내지 제 4실시예에 따른 비파괴 검사 장치의 개략도이다.

<25> 본 발명의 적층형 압전 액추에이터의 비파괴 검사 장치(100,200,300,400)에 따르면, 충격볼(110), 볼유도수단(120) 및 계측수단(130)을 포함한다.

<26> 상기 충격볼(110)은 상기 적층형 압전 액추에이터(10)의 표면에 충돌되면서 충격에너지를 전달시키는 공으로서, 상기 적층형 압전 액추에이터(10)에 대한 비탄성 충돌이 이루어지도록 견고한 재질로 구성되는 것이 바람직하다.

<27> 상기 볼유도수단(120,220,320,420)은 시편고정대(140)에 고정되어 있는 상기 적층형 압전 액추에이터(10)에 상기 충격볼(110)이 충돌되도록 상기 충격볼(110)의 이송방향을 유도하는 부분으로서, 도 1a 내지 도 4에 도시된

다양한 실시예로 구성될 수 있다.

- <28> 상기 계측수단(130)은 상기 적층형 압전 액추에이터(10)의 외부전극(13)과 전기적으로 연결되어, 상기 충격볼(110)의 충격에너지로 인해 상기 적층형 압전 액추에이터(10)에서 발생된 전기신호가 수신되면, 수신된 전기신호를 주파수 특성으로 변환하여 출력하는 부분이다.
- <29> 상기와 같이 본 발명에 따르면, 상기 적층형 압전 액추에이터(10)에 전달되는 충격에너지에 의해 상기 외부전극(13)에서 전류 및 전압의 시간적 변화에 따른 전기신호가 발생되면, 발생된 전기신호가 주파수 특성으로 변환됨으로써 상기 적층형 압전 액추에이터(10)의 결함 측정이 가능하다.
- <30> 이러한 상기 계측수단(130)은 도 1a 내지 도 1b에 도시된 바와 같이 오실로스코프(131)일 수 있으며, 도 2 내지 도 4에 도시된 바와 같이 증폭기(132), 필터(133) 및 오실로스코프(131)를 포함할 수 있다.
- <31> 상기 증폭기(132)는 상기 적층형 압전 액추에이터(10)의 외부전극(13)과 전기적으로 연결되어, 상기 충격볼(110)의 충격에너지로 인해 상기 적층형 압전 액추에이터(10)에서 발생된 전기신호가 수신되면, 수신된 전기신호를 증폭하여 출력시키는 부분이다.
- <32> 상기 필터(133)는 상기 증폭기(132)에서 출력된 전기신호가 수신되면 수신된 전기신호에 포함된 노이즈 성분을 제거하여 출력시킬 수 있다.
- <33> 한편, 상기 오실로스코프(131)는 상기 필터(133)에서 출력된 전기신호를 주파수 특성으로 변환하여 출력할 수 있다.
- <34> 이상과 같이, 상기 계측수단(130)에 상기 필터(133)와 증폭기(132)가 포함됨에 따라, 미약하게 수신된 전기신호의 증폭이 가능함은 물론이며 노이즈 성분이 제거됨으로써 수신된 신호의 명확한 해석이 가능하다는 장점이 있다.
- <35> 여기서, 도 1a 내지 도 1b에 도시된 계측수단(130)의 구성은 도 2 내지 도 4의 계측수단(130)에 적용될 수 있으며, 반대로 도 2 내지 도 4에 도시된 계측수단(130)의 구성 또한 도 1a 내지 도 1b의 계측수단(130)에 적용 가능하다.
- <36> 한편, 본 발명에 따른 적층형 압전 액추에이터의 비파괴 검사 장치(100,200,300,400)에는 상기 계측수단(130)과 연결되는 컴퓨터(150)가 더 포함될 수 있는데, 이러한 상기 컴퓨터(150)에 의하면 상기 계측수단(130)에서 주파수 특성으로 변환 출력된 전기신호를 전송받아 데이터로 저장시킴으로써 측정된 데이터의 보관, 분석 및 비교가 가능하다는 장점이 있다.
- <37> 한편, 도 1a 내지 도 4에 도시된 바와 같이 본 발명은 상기 불유도수단(120)의 구조에 따라 제 1실시에 내지 제 4실시예의 다양한 변형이 가능하다.
- <38> 먼저, 도 1a 내지 도 1b에 도시된 본 발명의 제 1실시에 따른 적층형 압전 액추에이터의 비파괴 검사 장치(100)에 따르면, 상기 불유도수단(120)은 상기 충격볼(110)이 통과되는 관통로가 형성된 상태로 상기 시편고정대(140)의 상방에 수직 설치됨으로써 상기 충격볼(110)의 자유낙하를 유도하는 불유도관(121)을 포함한다.
- <39> 이러한 상기 불유도관(121)은 도 1b와 같이 시편고정대(140)의 상방에 수직설치되면서 적어도 3개 이상의 기둥에 의해 외주가 둘러싸인 형태로 제작됨에 따라, 도 1a의 불유도관(121)에 비하여 충격볼(110)이 낙하되는 동안 불유도관(121)의 내벽과 접촉되는 면적이 축소되고 낙하시의 마찰저항이 감소될 수 있다.
- <40> 한편, 도 2에 도시된 본 발명의 제 2실시에 따른 적층형 압전 액추에이터의 비파괴 검사 장치(200)에 따르면, 상기 불유도수단(220)은 상기 시편고정대(140)의 상방에 설치되며, 상기 충격볼(110)에 상하 피스톤 운동에 의한 운동에너지를 공급하여 상기 충격볼(110)을 상기 적층형 압전 액추에이터(10)의 표면에 충돌시키는 피스톤운동체(221)를 포함한다.
- <41> 이러한 상기 피스톤운동체(221)의 피스톤 운동방식으로는 공기 압력에 따른 공압식 피스톤 운동, 오일의 압력에 따른 유압식 피스톤 운동, 또는 코일에 인가되는 전계방향에 따른 솔레노이드 밸브식 피스톤 운동 중 선택된 하나의 운동 방식이 적용될 수 있다.
- <42> 한편, 도 3에 도시된 본 발명의 제 3실시에 따른 적층형 압전 액추에이터의 비파괴 검사 장치(300)에 따르면, 상기 불유도수단(320)은 도르래(321), 도르래벨트(322) 및 구동부(323)를 포함할 수 있다.
- <43> 상기 도르래(321)는 원주방향의 정회전 및 역회전이 가능하며, 상기 시편고정대(140)의 상방에 적어도 하나 이

상 설치될 수 있다.

- <44> 상기 도르래벨트(322)는 일단부에 상기 충격볼(110)이 고정되며, 상기 도르래(321)의 원주를 따라 설치된다.
- <45> 상기 구동부(323)는 상기 도르래벨트(322)의 타단부가 연결된 상태에서 정회전 또는 역회전되면서 상기 도르래벨트(322)의 일단부에 고정된 충격볼(110)을 상기 적층형 압전 액추에이터(10)의 표면으로 낙하 및 충돌시킬 수 있다.
- <46> 여기서, 상기 구동부(323)는 상기 충격볼(110)이 낙하되는 방향과 반대되는 방향의 회전동작에 의해 상기 충격볼(110)을 충돌 대기상태로 복귀시킬 수 있다.
- <47> 한편, 상기 구동부(323)는 정회전 또는 역회전되는 속도의 조절이 가능함으로써 상기 충격볼(110)의 낙하 속도에 따라 상기 적층형 압전 액추에이터(10)에 전달되는 충격에너지의 크기가 조절될 수 있으며, 이러한 상기 구동부(323)의 회전속도는 상기 적층형 압전 액추에이터(10)가 파괴되지 않는 한도내에서 조절되는 것이 바람직하다.
- <48> 상기 구동부(323)는 구동모터에 의해 구동될 수 있으나 구동수단이 이에 한정되지는 않으며, 정회전 또는 역회전이 가능한 타수단으로의 다양한 변형이 가능함은 물론이다.
- <49> 이상과 같은 본 발명의 제 3실시예에 따르면, 제 1실시예와 같은 수동형 충돌 방식이 아닌 상기 구동부(323)에 의한 자동형 충돌 방식이 적용됨으로써 결합 검출의 편리성이 향상됨은 물론이며, 상기 구동부(323)의 회전속도 조절에 따른 충격볼(110)의 낙하 속도 및 충돌에너지의 조절이 가능한 장점이 있다.
- <50> 다음으로, 도 4에 도시된 본 발명의 제 4실시예에 따른 적층형 압전 액추에이터의 비파괴 검사 장치(400)에 대해 상세히 설명하고자 한다.
- <51> 본 발명의 제 4실시예에 따른 상기 불유도수단(420)은 불승강체(421) 및 경사라인(428)을 포함할 수 있는데, 이때 상기 적층형 압전 액추에이터(10)가 고정된 시편고정대(140)의 표면은 소정 경사각으로 낙하되는 충격볼(110)의 이동방향과 대략 90° 가 되도록 수평면을 기준으로 소정 각도 경사를 이루는 것이 바람직하다.
- <52> 한편, 상기 불유도수단(420)에 포함된 상기 불승강체(421)는 본체(422), 불이송라인(423) 및 회전판(424)을 구비할 수 있다.
- <53> 여기서, 상기 본체(422)는 상부 및 하부 일측에 상기 충격볼(110)이 출입되는 출구(426)와 입구(427)가 형성된 원통형의 몸체이다.
- <54> 상기 불이송라인(423)은 상기 본체(422) 내벽을 따라 상기 입구(427)에서 상기 출구(426) 방향으로 나선형으로 연장 설치되며 상기 충격볼(110)이 이송되는 부분이다.
- <55> 또한, 상기 회전판(424)은 상기 본체(422)의 불이송라인(423) 내측에 수직으로 설치된 상태로 모터(425)의 구동에 의해 회전되면서 상기 충격볼(110)을 상기 불이송라인(423)을 따라 상향 이송시키는 구동력을 가지는 부분이다.
- <56> 이러한 상기 회전판(424)은 상기 충격볼(110)이 상기 불이송라인(423)에서 이탈되어 추락되는 일이 없도록 일면에 상기 충격볼(110)이 지지되는 돌출부(424a)가 형성되는 것이 바람직하다.
- <57> 상기 경사라인(428)은 상기 불승강체(421)와 상기 시편고정대(140) 사이에서 소정 경사각을 가지는 상태로 설치되어, 상기 불승강체(421)의 출구(426)로부터 이탈된 충격볼(110)을 상기 시편고정대(140)에 고정된 적층형 압전 액추에이터(10)로 하향 이송되도록 유도하는 부분이다.
- <58> 한편, 본 발명의 제 4실시예에 적용되는 불유도수단(400)에는 경사조절체(429) 및 불복귀라인(430)이 더 포함될 수 있다.
- <59> 상기 경사조절체(429)는 상기 충격볼(110)의 낙하속도 및 충격에너지의 크기가 조절되도록 시편고정대(140)의 상기 소정 각도와 경사라인(428)의 상기 소정 경사각을 각각 조절하는 부분으로써, 상기 충격볼(110)이 상기 적층형 압전 액추에이터(10)의 표면에 대략 수직으로 충돌되도록 상기 시편고정대(140)의 표면과 상기 경사라인(428)의 길이방향이 대략 90° 의 각도가 유지되도록 조절되는 것이 바람직하다.
- <60> 이러한 상기 경사조절체(429)는 수동 조절 또는 별도 제어부의 구동에 따른 자동 조절 방식 등이 적용될 수 있으나 경사조절 방식은 이에 한정되지 않으며 경사각이 조절되는 다양한 실시예로의 변형이 가능함은 물론이다.

- <61> 한편, 상기 볼록귀라인(430)은 상기 볼승강체(421)의 입구(427)와 상기 시편고정대(140) 사이에 설치되어, 상기 적층형 압전 액추에이터(10)에 충돌 후 낙하된 상기 충격볼(110)이 상기 볼승강체(421)의 입구(427)로 다시 유입되도록 유도하는 부분으로서, 도 4에 도시된 바와 같이 경사진 이송라인 형태 또는 컨베이어에 의한 이동방식이 적용될 수 있다.
- <62> 또한, 본 발명에서는 낙하된 충격볼(110)의 일정영역 이상의 이탈을 방지하기 위하여, 수직방향으로 소정의 높이를 가지는 가이드가 포함된 이탈방지수단(미도시)이 상기 시편고정대(140) 주변에 설치되는 것이 바람직하다.
- <63> 상기와 같은 본 발명의 제 4실시예에 따른 과정의 순서를 상세히 설명하면 다음과 같다.
- <64> 첫째, 상기 충격볼(110)이 상기 회전판(424)의 회전을 통해 볼이송라인(423)을 따라 상기 출구(426)까지 자동 이송된다.
- <65> 둘째, 출구(426)까지 이송된 상기 충격볼(110)은 상기 출구(426)를 통해 이탈된 후 상기 경사라인(428)을 타고 하향 이송되면서 상기 시편고정대(140)에 위치하고 있는 적층형 압전 액추에이터(10)의 표면에 충돌되게 된다.
- <66> 셋째, 충돌된 충격볼(110)은 볼록귀라인(430)을 통해 상기 볼승강체(421)의 입구(427)로 다시 유입된다.
- <67> 상기의 과정을 통하여 다시 유입된 충격볼(110)은 대기상태로 전환됨으로써 전 측정과정이 자동화될 수 있다.
- <68> 상기의 과정을 통하여 피실험체인 적층형 압전 액추에이터(10)가 실험되는 주기에 따라 상기 제 4실시예의 구성수단 중 회전판(424)의 구동주기를 제어함으로써 본 발명에 의한 실험은 중단없는 연속선상의 실험을 유지할 수 있는 구성을 실현할 수 있다.
- <69> 물론, 상기의 주기에 대응하여 본 발명에 의한 측정결과를 컴퓨터(150) 등의 저장단말에 저장할 수 있도록 구성될 수 있음은 자명하다.
- <70> 이상과 같은 본 발명의 제 1실시예 내지 제 4실시예에 따르면, 상기 적층형 압전 액추에이터를 파괴시키지 않고 내부결함의 측정이 가능함은 물론이며, 그 구조가 간단하여 제작이 용이할 뿐 아니라 측정이 간편하고 제작비 및 유지비용이 절감될 수 있다.
- <71> 한편, 도 5에는 본 발명의 시편고정대를 나타내는 단면도가 도시되어 있다.
- <72> 도시된 바와 같이, 본 발명의 제 1실시예 내지 제 4실시예에 적용되는 시편고정대(140)는 상기 적층형 압전 액추에이터가 고정되는 고정홈(141)이 형성될 수 있다.
- <73> 여기서, 상기 시편고정대(140)의 고정홈(141) 내측으로는 상기 고정홈(141)의 내벽과 스프링(143)으로 연결되는 보조지지체(142)가 구비될 수 있는데, 상기 스프링(143)의 탄성에 의한 홈폭의 수축 및 이완이 가능함에 따라 상기 적층형 압전 액추에이터(10)가 상기 고정홈(141) 내부에 탄력적으로 고정될 수 있다.
- <74> 여기서, 상기 홈폭은 적층형 압전 액추에이터(10)가 결합되는 부분의 폭을 의미하는 것이며, 또한, 상기 보조지지체(142)는 상기 고정홈(141)의 내벽과 탄성지지되므로 상기 적층형 압전 액추에이터(10)는 상기 고정홈(141)에 탄성지지되면서 결합되게 된다.
- <75> 상기 구성에서 언급된 스프링(143)은 상기 보조지지체(142)가 탄성력을 가지면서 이완, 수축되도록 하는 기능을 수행하는 구성수단이므로, 상기와 같은 기능을 수행할 수 있는 소정의 탄성력을 가지고 있는 어떠한 수단도 대체 가능함은 자명하다고 할 수 있으므로, 본 발명의 청구범위에서 권리로 요구하는 구성은 상기 스프링(143)에 국한될 수 없음은 자명하다.
- <76> 이하에서는 본 발명의 제 1실시예에 따른 적층형 압전 액추에이터의 비파괴 검사 장치(100)를 이용한 결함 검출 결과의 예시를 나타내고자 한다.
- <77> 본 검사에 있어서 사용된 충격볼(110)의 중량은 0.44g, 자유낙하되는 높이는 10cm이며, 이 때 상기 충격볼(110)이 가지는 충격에너지는 $0.4 \times 10^{-3} \text{J}$ 이다.
- <78> 도 6은 내부결함이 없는 일반적인 적층형 압전 액추에이터의 개략도이며, 도 7은 내부결함이 있는 적층형 압전 액추에이터의 개략도이다. 또한, 도 8과 도 9는 도 6과 도 7에 대한 각 액추에이터의 비파괴 검사에 따른 시간적 특성 그래프이며, 도 10과 도 11은 도 8과 도 9에 대한 각각의 주파수 특성 그래프이다.
- <79> 도 7에 도시된 바와 같이, 상기 적층형 압전 액추에이터(10)의 변위 특성, 신뢰성 및 수명 저하를 초래하는 내부 결함의 종류로는, 내부전극의 끊어짐(A), 세라믹 시트의 기공발생(B), 내부전극의 균열발생(C) 등일 수

있다.

- <80> 먼저, 도 6의 내부결합이 없는 적층형 압전 액추에이터(10)에 대한 비파괴 검사 결과를 살펴보면, 도 8에 도시된 바와 같이 수신된 전기신호의 진폭이 시간에 따라 서서히 감소되는 정상적인 곡선을 보이는 동시에, 상기 시간적 특성이 주파수 특성으로 변환된 도 10에서는 특정 주파수에서 소정 크기의 진폭이 뚜렷이 존재하는 정상적인 주파수 특성을 나타낸다.
- <81> 그러나, 도 7의 내부결합이 있는 적층형 압전 액추에이터(10)에 대한 비파괴 검사 결과를 살펴보면, 도 9에 도시된 바와 같이 수신된 전기신호의 진폭이 시간에 따라 불안정되게 감소될 뿐 아니라 이러한 시간적 특성이 주파수 특성으로 변환된 도 11을 참고하면, 미약한 진폭을 갖는 비정상적인 주파수 특성을 갖는 신호가 출력되어 내부결합이 없는 정상적인 경우의 도 10과 비교시 대별되는 특징을 보인다.
- <82> 이상과 같이 본 발명에 따르면 상기 충격볼(110)의 충돌에 따라 적층형 압전 액추에이터(10)에서 전달되는 충격 에너지로부터 발생된 전기신호를 주파수 특성으로 변환함으로써 본 발명의 구성에 의하여 적층형 압전 액추에이터(10)에서 발생될 수 있는 결함의 유무에 따른 주파수 특성을 정형화할 수 있게 된다.
- <83> 상기 정형화된 결함 데이터를 기준으로 적층형 압전 액추에이터(10)의 본 발명에 의한 실험을 수행함으로써 피 실험체의 결함 유무 및 결함 유형에 대한 데이터를 자동으로 연산처리할 수 있어 결함에 관한 처리 속도 및 정확성이 더욱 향상될 수 있다.
- <84> 이상과 같이 본 발명은 비록 한정된 실시예와 도면에 의해 설명되었으나, 본 발명은 이것에 의해 한정되지 않으며 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의해 본 발명의 기술 사상과 아래에 기재될 특허청구범위의 균등범위 내에서 다양한 수정 및 변형이 가능함은 물론이다.

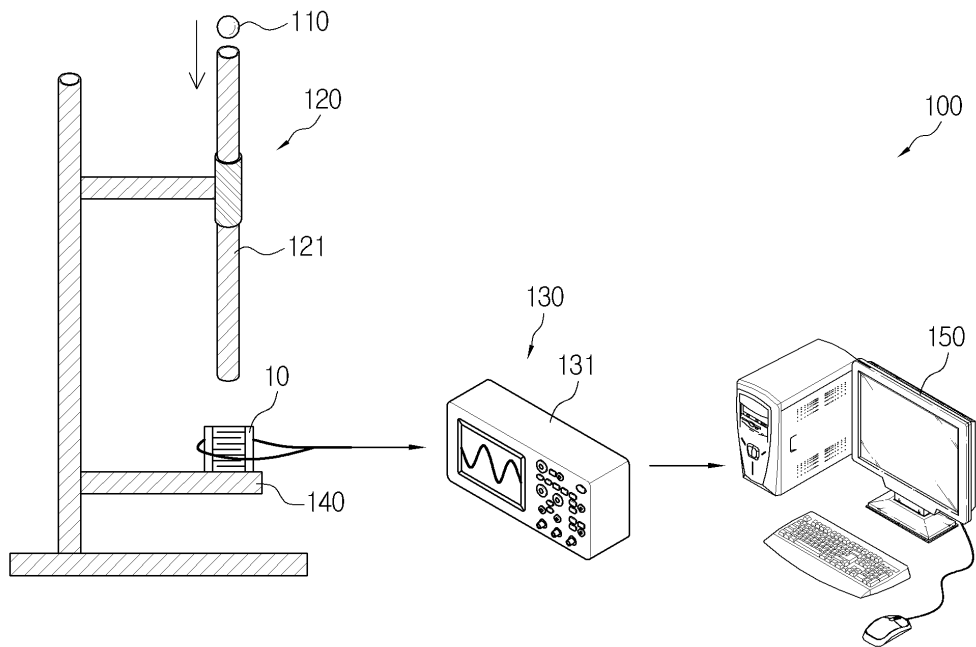
도면의 간단한 설명

- <85> 도 1a 내지 도 1b는 본 발명의 제 1실시예에 따른 적층형 압전 액추에이터의 비파괴 검사 장치의 개략도,
- <86> 도 2는 본 발명의 제 2실시예에 따른 비파괴 검사 장치의 개략도,
- <87> 도 3은 본 발명의 제 3실시예에 따른 비파괴 검사 장치의 개략도,
- <88> 도 4는 본 발명의 제 4실시예에 따른 비파괴 검사 장치의 개략도,
- <89> 도 5는 본 발명의 시편고정대를 나타내는 단면도,
- <90> 도 6은 내부결합이 없는 일반적인 적층형 압전 액추에이터의 개략도,
- <91> 도 7은 내부결합이 있는 적층형 압전 액추에이터의 개략도,
- <92> 도 8은 도 6의 액추에이터의 비파괴 검사에 따른 시간적 특성 그래프,
- <93> 도 9는 도 7의 액추에이터의 비파괴 검사에 따른 시간적 특성 그래프,
- <94> 도 10은 도 8의 주파수 특성 그래프,
- <95> 도 11은 도 9의 주파수 특성 그래프이다.
- <96> <도면의 주요 부분에 대한 부호의 설명>
- <97> 10...적층형 압전 액추에이터 11...세라믹 시트
- <98> 12...내부전극 13...외부전극
- <99> 100,200,300,400...적층형 압전 액추에이터의 비파괴 검사 장치
- <100> 110...충격볼 120,220,320,420...볼유도수단
- <101> 121...볼유도관 130...계측수단
- <102> 131...오실로스코프 132...증폭기
- <103> 133...필터 140...시편고정대
- <104> 141...고정홈 142...보조지지체

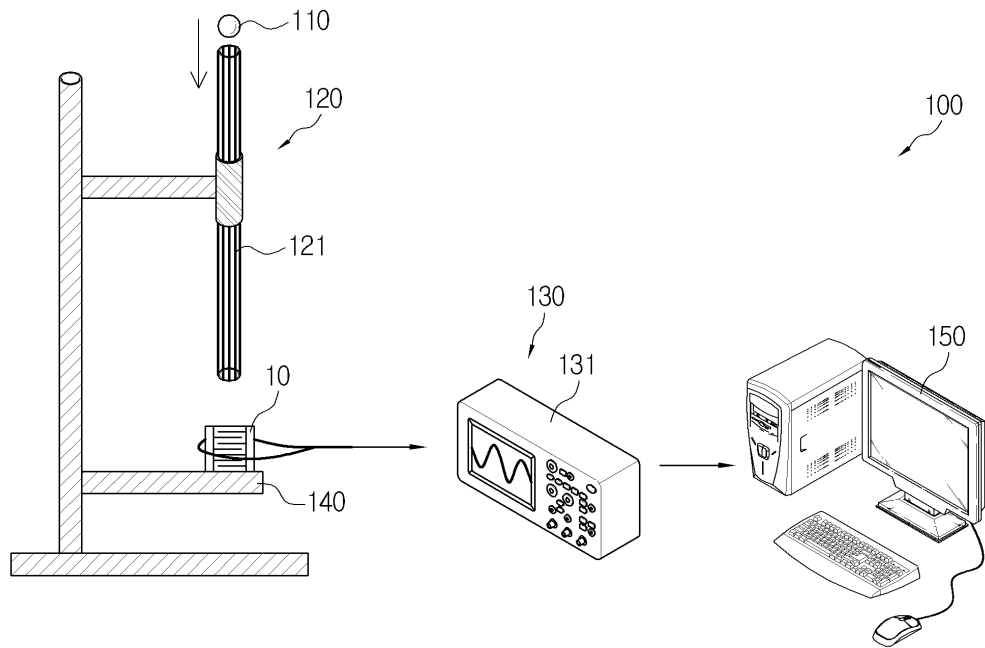
<105>	143...스프링	221...피스톤운동체
<106>	321...도르래	322...도르래벨트
<107>	323...구동부	421...볼승강체
<108>	422...본체	423...볼이송라인
<109>	424...회전판	425...모터
<110>	426...출구	427...입구
<111>	428...경사라인	429...경사조절체
<112>	430...볼복귀라인	150...컴퓨터

도면

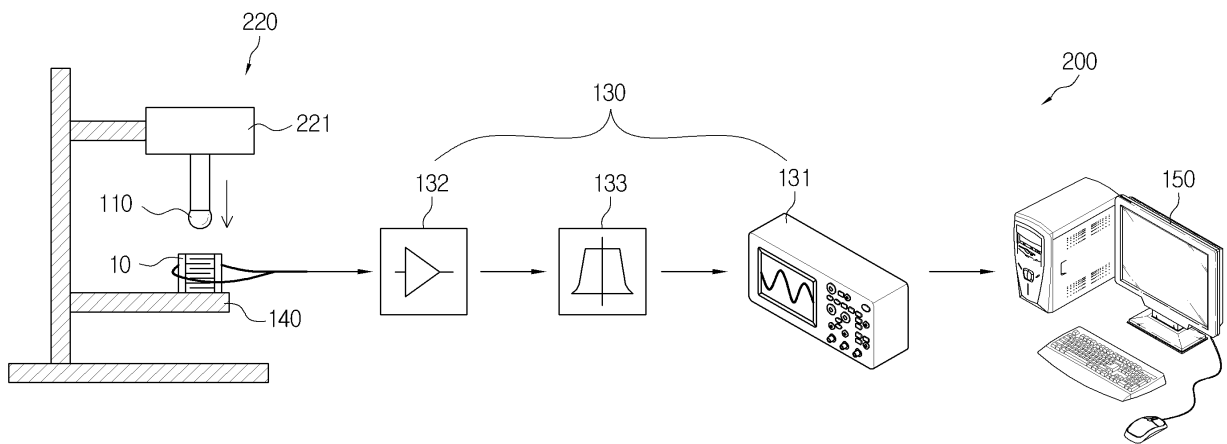
도면1a



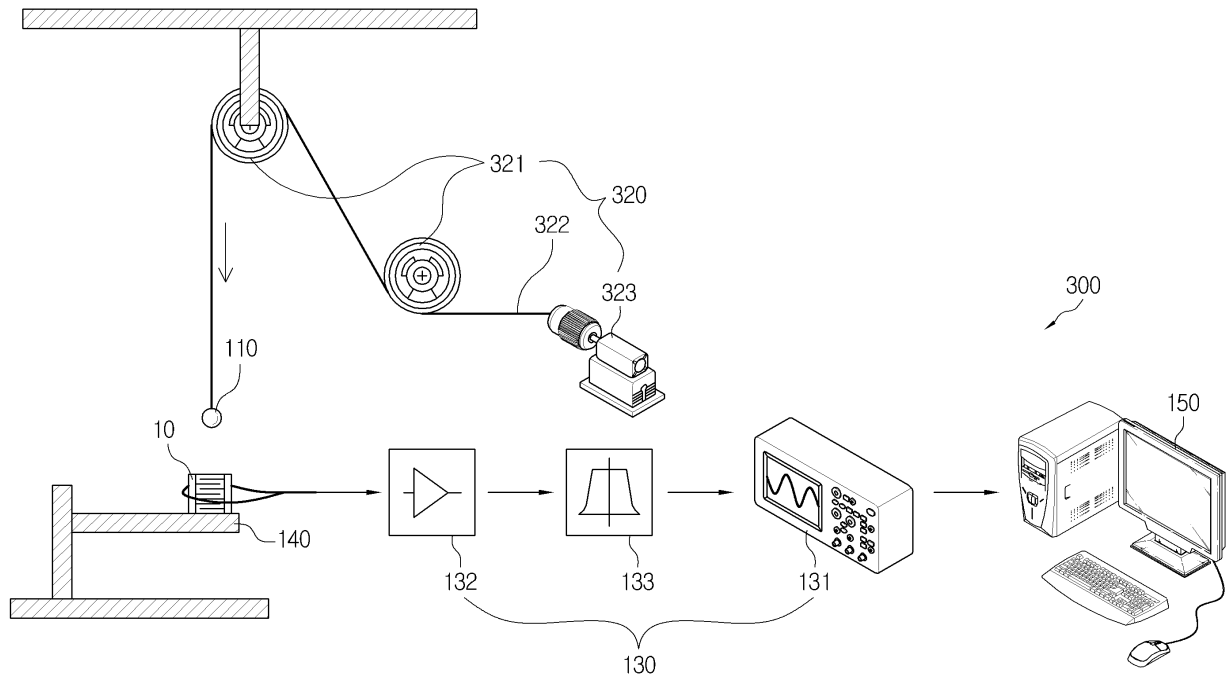
도면1b



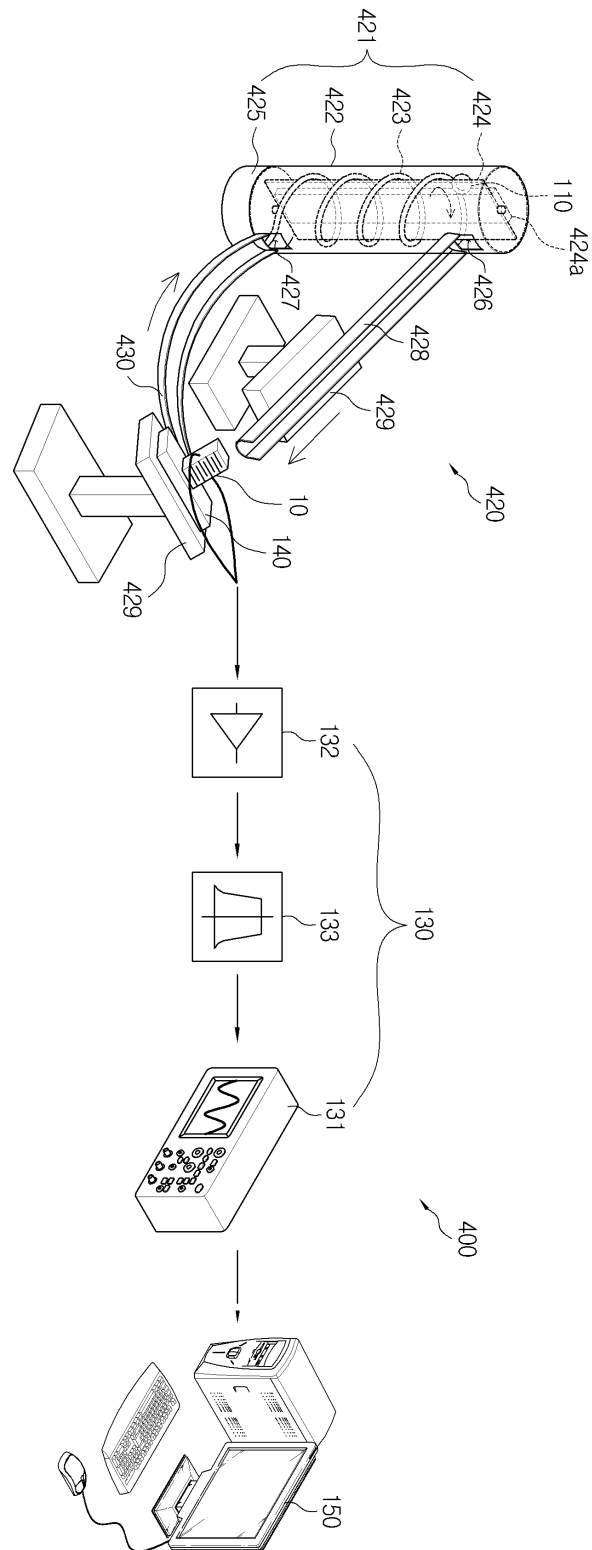
도면2



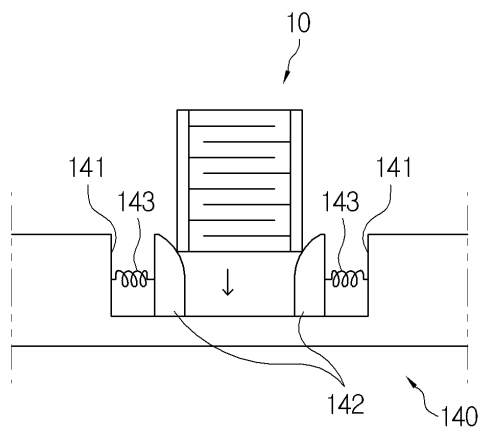
도면3



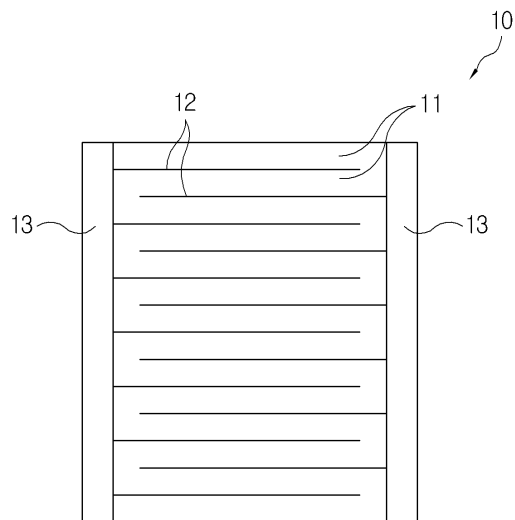
도면4



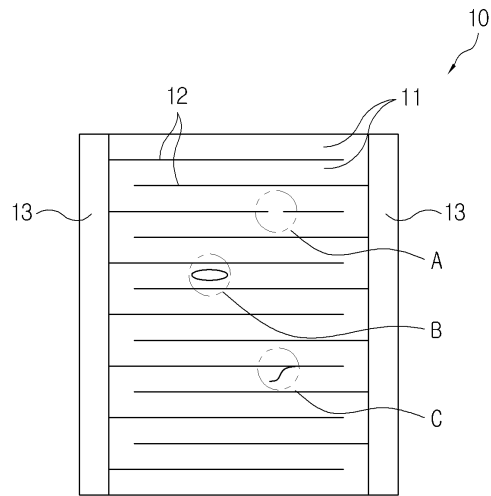
도면5



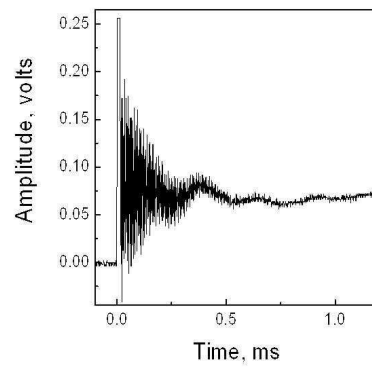
도면6



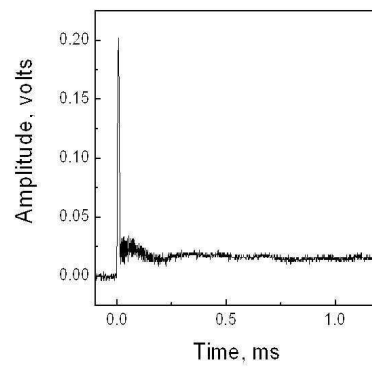
도면7



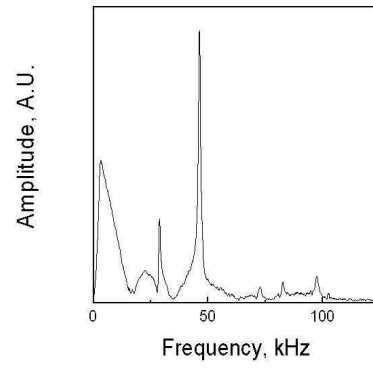
도면8



도면9



도면10



도면11

