(19)대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(51) 。Int. Cl.
F16F 15/00 (2006.01)
E04B 1/84 (2006.01)

(11) 공개번호 10-2007-0044478
(43) 공개일자 2007년04월27일

(21) 출원번호 10-2007-7005075
(22) 출원일자 2007년03월02일
심사청구일자 없음
번역문 제출일자 2007년03월02일
(86) 국제출원번호 PCT/US2005/026817
국제출원일자 2005년07월29일
(87) 국제공개번호 WO 2006/020416
국제공개일자 2006년02월23일

(30) 우선권주장 60/592,406 2004년08월02일 미국(US)

(71) 출원인 버지니아 테크 인터렉추얼 프라퍼티스, 인크.
미국, 버지니아 24060, 블랙스버그, 스위트 1050, 크라프트 드라이브 2200

(72) 발명자 풀러, 크리스토퍼, 알.
미국, 버지니아 23455, 버지니아 비취, 쉬픈 코트 4821
콘디라스, 캐쓰린
미국, 마이애미 01950, 뉴베리포트, 벡 스트리트 15

(74) 대리인 백남훈

전체 청구항 수 : 총 55 항

(54) 진동 및 소음 방출 조절을 위한 능동/수동 분포 흡수체

(57) 요약

확장된 진동 및 소음 방출 조절을 위한 능동/수동 흡수체는 주로 2개의 층을 포함한다. 제 1의 층은 단위면적당 낮은 강성도(stiffness)를 가지며, 주 평면에 대하여 수직한 방향으로 움직일 수 있다. 제 2의 층은 매스 층(mass layer)이다. 이러한 2개의 결합된 층들은 주 구조물의 하나에 근접하는 공진 주파수를 갖는다. 결합된 장치의 동적 거동은 능동/수동 흡수체를 수동 흡수체로 만든다. 그러나, 제 1의 층은 주 평면에 대하여 수직한 방향으로 운동을 유도하도록 전기적으로 활성화될 수 있다. 이러한 추가적인 특성은 매스 층의 운동을 유도 및/또는 변화시켜서 능동/수동 장치의 동적 특성을 개선한다. 능동/수동 흡수체는 하나가 다른 하나의 상부에 적층된 다수의 매스 층들 및 다수의 탄성 층들을 구비할 수 있다. 또한, 매스 층들은 연속적으로 혹은 불연속적으로 형성될 수 있고, 매스 층에 있는 구간들 및/또는 세그멘트들에 대하여 가변 두께와 형상을 갖는다.

대표도

도 22b

특허청구의 범위

청구항 1.

진동 구조물의 확장된 영역에 걸쳐서 진동과 소음 방출을 조절하기 위한 진동 흡수체로서,

적어도 2개의 매스들(masses)로 이루어진 매트릭스를 포함하며, 상기 적어도 2개의 매스들 중 하나의 매스는 상기 진동 구조물의 영역을 따라서 위치한 분포된 탄성 요소와 연관되고, 각각의 상기 분포된 탄성 요소와 연관된 각각의 매스는 상기 진동 구조물로부터 이격된 것을 특징으로 하는 진동 흡수체.

청구항 2.

제 1 항에 있어서, 탄성 재료를 더 포함하며, 상기 분포된 탄성 요소는 상기 탄성 재료 내에 삽입된 것을 특징으로 하는 진동 흡수체.

청구항 3.

제 2 항에 있어서, 상기 탄성 재료는 소음 발포체, 소음 섬유유리, 섬유유리 탄 솜(fiberglass batting), 분포된 스프링 재료, 우레탄 및 고무로 이루어진 그룹으로부터 선택되는 것을 특징으로 하는 진동 흡수체.

청구항 4.

제 1 항에 있어서, 상기 분포된 탄성 재료는 플루오르화 폴리비닐리덴, 압전 세라믹, 금속, 중합체 및 전기기계적 장치로 이루어진 그룹으로부터 선택된 것을 특징으로 하는 진동 흡수체.

청구항 5.

제 2 항에 있어서, 상기 탄성 재료는 고무이고, 상기 분포된 탄성 재료는 플루오르화 폴리비닐리덴인 것을 특징으로 하는 진동 흡수체.

청구항 6.

제 2 항에 있어서, 상기 탄성 재료는 고체 우레탄이고, 상기 분포된 탄성 재료는 플루오르화 폴리비닐리덴인 것을 특징으로 하는 진동 흡수체.

청구항 7.

제 2 항에 있어서, 상기 탄성 재료는 발포체이고, 상기 분포된 탄성 재료는 플루오르화 폴리비닐리덴인 것을 특징으로 하는 진동 흡수체.

청구항 8.

제 1 항에 있어서, 상기 분포된 탄성 재료는 적어도 하나의 차원을 따르는 물결모양을 갖는 것을 특징으로 하는 진동 흡수체.

청구항 9.

제 1 항에 있어서, 상기 매스는 상기 분포된 탄성 요소의 표면에 고착되는 것을 특징으로 하는 진동 흡수체.

청구항 10.

제 1 항에 있어서, 상기 매스는 분포된 불균일 매스 구간들로 이루어진 것을 특징으로 하는 진동 흡수체.

청구항 11.

제 10 항에 있어서, 상기 불균일 매스 구간들 중 적어도 2개는 서로에 대하여, 각기 다른 크기, 각기 다른 형상 및 각기 다른 두께 중 적어도 하나인 관계를 갖는 것을 특징으로 하는 진동 흡수체.

청구항 12.

제 10 항에 있어서, 상기 불균일 매스 구간들은 상기 탄성 재료 내에 삽입되는 것을 특징으로 하는 진동 흡수체.

청구항 13.

제 10 항에 있어서, 상기 불균일 매스 구간들은 적어도 2개의 각기 다른 평면에서 상기 탄성 재료 내에 삽입되는 것을 특징으로 하는 진동 흡수체.

청구항 14.

제 10 항에 있어서, 상기 불균일 매스 구간들은 상기 탄성 재료의 표면상에 제공된 적어도 하나의 매스 구간 및 상기 탄성 재료 내에 삽입된 다른 매스 구간을 포함하는 것을 특징으로 하는 진동 흡수체.

청구항 15.

제 11 항에 있어서, 상기 2개의 불균일 매스 구간들은 각기 다른 평면에서 상기 탄성 재료 내에 삽입되는 것을 특징으로 하는 진동 흡수체.

청구항 16.

제 11 항에 있어서, 상기 2개의 불균일 매스 구간들 중 제 1의 불균일 매스 구간은 상기 탄성 재료의 표면에 존재하고, 제 2의 불균일 매스 구간은 상기 탄성 재료 내에 삽입되는 것을 특징으로 하는 진동 흡수체.

청구항 17.

제 1 항에 있어서, 상기 분포된 탄성 요소는 하나 또는 그 이상의 관형 요소를 포함하는 것을 특징으로 하는 진동 흡수체.

청구항 18.

제 17 항에 있어서, 상기 하나 또는 그 이상의 관형 요소는 플루오르화 폴리비닐리덴(PVDF)로 이루어진 것을 특징으로 하는 진동 흡수체.

청구항 19.

제 17 항에 있어서, 상기 하나 또는 그 이상의 관형 요소는 금속과 플라스틱으로 이루어진 그룹으로부터 선택되는 재료로 구성된 것을 특징으로 하는 진동 흡수체.

청구항 20.

제 1 항에 있어서, 상기 매스가 관통된 것을 특징으로 하는 진동 흡수체.

청구항 21.

제 20 항에 있어서, 상기 매스가 금속으로 이루어진 것을 특징으로 하는 진동 흡수체.

청구항 22.

제 21 항에 있어서, 상기 매스는 납과 강으로 이루어진 그룹으로부터 선택되는 것을 특징으로 하는 진동 흡수체.

청구항 23.

제 20 항에 있어서, 상기 매스에 있는 일정량의 구멍들은 상기 매스 층의 상부로부터 발생하는 소음 진동을 줄이거나 감소시키기에 충분한 것을 특징으로 하는 진동 흡수체.

청구항 24.

제 20 항에 있어서, 상기 매스에 있는 일정량의 구멍들은 주위 환경의 소음이 상기 매스 층을 통해서 상기 분포된 탄성 요소 내로 침투하기에 충분한 것을 특징으로 하는 진동 흡수체.

청구항 25.

제 1 항에 있어서, 다수의 매스들로 이루어진 매트릭스를 포함하는 것을 특징으로 하는 진동 흡수체.

청구항 26.

제 25 항에 있어서, 상기 매트릭스는 하나 또는 그 이상의 기하학적으로 규칙적인 형상들의 매스들을 포함하는 것을 특징으로 하는 진동 흡수체.

청구항 27.

제 25 항에 있어서, 상기 매트릭스는 하나 또는 그 이상의 불규칙적인 형상들의 매스들을 포함하는 것을 특징으로 하는 진동 흡수체.

청구항 28.

제 25 항에 있어서, 상기 매트릭스는 각기 다른 깊이의 매스 위치 및/또는 각기 다른 매스 대 매스 공간을 포함하는 것을 특징으로 하는 진동 흡수체.

청구항 29.

제 1 항에 있어서, 상기 매스는 금속, 플라스틱, 세라믹, 유리, 섬유 및 탄소로 이루어진 그룹으로부터 선택되는 것을 특징으로 하는 진동 흡수체.

청구항 30.

제 25 항에 있어서, 상기 매스는 금속, 플라스틱, 세라믹, 유리, 섬유 및 탄소로 이루어진 그룹으로부터 선택되고, 상기 매스는 동일하거나 다른 것을 특징으로 하는 진동 흡수체.

청구항 31.

제 1 항에 있어서, 상기 매스는 고체, 겔 또는 섬유로 이루어진 그룹으로부터 선택되는 것을 특징으로 하는 진동 흡수체.

청구항 32.

제 25 항에 있어서, 상기 매스는 고체, 겔 또는 섬유로 이루어진 그룹으로부터 선택되고, 상기 매스는 동일하거나 다른 것을 특징으로 하는 진동 흡수체.

청구항 33.

진동 흡수체의 제조방법으로서,

상기 진동 흡수체가 진동을 흡수하는데 사용되는 경우에 어드레스될 주파수를 식별하는 단계(a); 그리고

블랭킷 흡수체를 상기 단계(a)에서 식별된 주파수로 조율하기 위해서 블랭킷(blanket)에 다수의 매스들을 균등하지 않은 깊이 및/또는 불균등 매스 대 매스 공간으로 위치시키는 단계(b);를 포함하는 진동 흡수체.

청구항 34.

제 33 항에 있어서, 상기 블랭킷은 고체 재료로부터 제조되는 것을 특징으로 하는 진동 흡수체의 제조방법.

청구항 35.

제 33 항에 있어서, 상기 블랭킷은 층들 내에 형성되고, 하나의 층에서 특정 위치에 적어도 하나의 매스를 구비하는 것을 특징으로 하는 진동 흡수체의 제조방법.

청구항 36.

제 35 항에 있어서, 층 두께 및/또는 층 형상을 변화시키는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는 진동 흡수체의 제조방법.

청구항 37.

제 33 항에 있어서, 상기 매스들은 결합제를 사용하여 상기 블랭킷 내로 삽입되는 것을 특징으로 하는 진동 흡수체의 제조방법.

청구항 38.

제 33 항에 있어서, 상기 매스들은 상기 블랭킷 내로 기계적으로 삽입되는 것을 특징으로 하는 진동 흡수체의 제조방법.

청구항 39.

제 33 항에 있어서, 상기 매스들은 약 6~9g 범위의 중량을 갖는 것을 특징으로 하는 진동 흡수체의 제조방법.

청구항 40.

제 33 항에 있어서, 상기 매스들을 포함하는 진동 흡수체의 중량은 $16ft^2$ 당 약 300~400g의 범위인 것을 특징으로 하는 진동 흡수체의 제조방법.

청구항 41.

제 33 항에 있어서, 다양한 크기와 다양한 중량의 매스들이 상기 블랭킷 내에 포함되는 것을 특징으로 하는 진동 흡수체의 제조방법.

청구항 42.

진동 흡수체로서,

(i) 3차원 발포 재료; 및

(ii) 상기 3차원 발포 재료의 x-y 차원에 걸쳐서 특정 위치들에 분포하고, 상기 3차원 발포 재료의 z 차원에서 특정 깊이로 위치한 다수의 매스들로, 이때 상기 특정 위치들 및 상기 특정 깊이들과 상기 발포 재료의 물리적 혹은 화학적 특성들은 특정 주파수들에서 진동들의 완화를 가능하게 하는, 다수의 매스들;을 포함하는 진동 흡수체.

청구항 43.

제 42 항에 있어서, 상기 3차원 발포 재료는 다수의 발포 층들로부터 구성되는 것을 특징으로 하는 진동 흡수체.

청구항 44.

제 42 항에 있어서, 상기 다수의 매스들 중 각각의 매스는 상기 3차원 발포 재료에 형성된 개구부 내에 삽입되는 것을 특징으로 하는 진동 흡수체.

청구항 45.

제 44 항에 있어서, 각각의 개구부에서 각각의 매스에 걸쳐서 위치한 발포체 커버를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 진동 흡수체.

청구항 46.

제 42 항에 있어서, 상기 다수의 매스들 중 적어도 몇몇은 금속인 것을 특징으로 하는 진동 흡수체.

청구항 47.

제 42 항에 있어서, 상기 다수의 매스들 중 적어도 몇몇은 겔, 액체 또는 섬유인 것을 특징으로 하는 진동 흡수체.

청구항 48.

진동 혹은 소음 완화를 위한 외래 재료로서,

발포 재료;

상기 발포 재료 내에 삽입된 연속적인 혹은 반 연속적인 매스 층; 및

상기 발포 재료 내에서 길이 방향이나 폭 방향을 따라서 위치들을 변화시키고

상기 발포 재료 내에 위치한 하나 또는 그 이상의 삽입된 매스;를 포함하는 외래 재료.

청구항 49.

제 48 항에 있어서, 상기 발포 재료는 다층 구조물인 것을 특징으로 하는 외래 재료.

청구항 50.

상기 연속적이거나 반 연속적인 매스 층이 길이를 따라서 분할된 것을 특징으로 하는 외래 재료.

청구항 51.

제 50 항에 있어서, 분할의 사이트들은 굽힘을 가능하게 하는 것을 특징으로 하는 외래 재료.

청구항 52.

제 48 항에 있어서, 상기 하나 또는 그 이상의 삽입된 매스들은 상기 연속적이거나 반 연속적인 매스 층의 마주보는 쪽들에 위치하는 것을 특징으로 하는 외래 재료.

청구항 53.

제 48 항에 있어서, 상기 하나 또는 그 이상의 삽입된 매스들은 상기 연속적이거나 반 연속적인 매스 층의 동일한 쪽들에 위치하는 것을 특징으로 하는 외래 재료.

청구항 54.

제 48 항에 있어서, 상기 연속적이거나 반 연속적인 매스 층은 금속인 것을 특징으로 하는 외래 재료.

청구항 55.

제 41 항에 있어서, 상기 삽입된 매스들은 각기 다른 크기와 형상을 갖는 것을 특징으로 하는 외래 재료.

명세서

기술분야

본 발명은 진동 흡수체에 관한 것이며, 특히 진동 및 소음 방출을 조절하기 위한 능동/수동 분포된 진동 흡수체에 관한 것이다.

배경기술

능동 수동 소음 감소 조절기술은 널리 알려져 있으며, 비행기와 같은 진동 물체에서 진동 및 그에 부수적인 소음 방출을 감소 및/또는 조절하는데 사용된다. 많은 경우에 있어서, 능동 소음 감소기술은 진동과 소음을 적당하게 감소시키지만, 비용이 많이 들고 제어장치가 복잡하다. 마찬가지로, 수동 소음 감소기술은 진동과 소음을 감소시키는 기술로서 알려져 있지만, 부피와 중량이 크고, 낮은 진동 주파수에서는 효과적이지 못하다.

기본적으로, 능동 진동 제어장치들은 진동하는 물체로부터 발생하는 진동이나 소음을 탐지하는 센서를 사용한다. 이 센서는 진동이나 소음을 신호로 변환시키고, 그 반대로도 변환시킬 수 있고, 신호를 증폭한다.

반전된 신호는 액튜에이터(혹은 확성기)로 다시 전송되고, 액튜에이터 혹은 확성기는 이 신호를 진동 몸체로 제공하며, 이에 의해 진동이나 소음이 줄어들게 된다. 능동 제어장치들은 1,000Hz 이하와 같이 낮은 주파수에 대해서 효과적이다.

능동 제어장치의 장점을 적절하게 취하기 위해, 적당한 센서들이나 액튜에이터들을 선택하는 것은 능동 제어장치의 기능성을 결정하는 임계적인 요소이다. 즉, 만일 부적당한 센서나 액튜에이터가 선택되면, 능동 제어장치는 신호를 적당히 반전시켜서 증폭할 수 없으며, 이에 의해 진동 몸체의 진동과 소음은 원하는 수준으로 줄어들지 않게 된다. 진동 몸체에서 센서와 액튜에이터를 서로에 대하여 그리고 진동 구조물과 연관된 진동에 대하여 적당하게 위치 선정하는 것은, 능동 진동 제어장치의 기능성을 결정하는데 있어서 또한 임계적인 요소이다. 예를 들면, 만일 센서와 액튜에이터가 적당하게 위치하지 않으면, 반전된 신호는 진동 몸체에서 발생하는 진동을 취소시키기 위해 적당히 증폭되지 않을 것이다. 또한, 그러한 회로는 진동 제어의 유효성 및 그 주파수 범위를 결정하므로, 신호를 반전시킬 수 있는 올바른 피드백 회로를 구비하는 것이 매우 중요하다.

능동 제어장치와 비교하여, 수동 완충장치들은 보다 덜 복잡하고 비용이 적게 든다. 그러나, 그러한 완충장치들은 부피가 크고, 500Hz 보다 큰 주파수 범위에서만 효과적이다. 이러한 큰 주파수 범위에서 수동 완충 장치들의 치수들은 진동 몸체의 진동의 파장과 양립할 수 있다.

진동 제어장치에서 능동 및 수동 진동장치를 결합시키는 것이 일반적이다. 그런데, 그러한 혼성 능동/수동 동적 진동 제어 장치들은 제어력을 통해 장치에 추가된 에너지 소비의 결과로서 수동장치에 의해서 달성되는 개선된 감쇠 특성을 제공한다.

포인트 튜닝된 진동 흡수체들은 진동 몸체의 진동을 완충시키는 방법이다. 그런데, 포인트 흡수체는 단지 한 지점에서 하나의 주파수를 조절하며, 그에 따라 그 기능은 진동 몸체의 큰 영역에 걸쳐서 진동을 조절하는 것으로 제한된다.

발명의 상세한 설명

본 발명의 목적은 분포된 능동 진동 흡수체 및 분포된 수동 진동 흡수체를 제공하는 것이다.

본 발명의 다른 목적은 진동을 감지하기 위한 센서, 제어 신호를 유도하기 위한 기구, 및 제어 신호를 사용하여 진동 흡수체의 피드포워드 및/또는 피드백 제어를 달성하기 위한 기구를 포함하는 분포된 능동 진동 흡수체를 제공하는 것이다.

본 발명에 따르면, 다수의 공진 층들을 갖는 분포된 능동 진동 흡수체가 제공된다. 본 발명의 실시 예들 중 하나에 있어서, 제 1 층은 바람직하게는 단위 면적당 낮은 강성도(stiffness)를 갖는 능동 탄성 층을 포함한다. 제 2 층은 매스 층(mass layer)이며, 능동 탄성 층의 각각의 물결모양 부분의 최상부에 고착된다. 공진 층은 능동 탄성 층과 매스 층의 조합을 포함한다. 다수의 공진층들은 서로의 상부에 위치할 수 있고, 이러한 공진층들은 동일하거나 가변적인 크기와 형상(즉, 볼 베어링, 얇은 평평한 직사각형 등)의 매스들(연결되지 않고 내부 "층"을 형성하지 않는 매스)을 구비할 수 있다. 본 발명의 다른 실시 예에 있어서, 능동 혹은 수동 진동 층은 발포체, 유리섬유, 우레탄, 고무 또는 유사한 재료와 같은 탄성 재료를 포함하며, 매스 층은 탄성 재료 내에 분포하거나 혹은 탄성 재료의 표면에 부착된다. 매스 층은 각기 다른 크기, 두께 혹은 형상의 재량의 매스 구간들로 구성된다. 또한, 플루오르화 폴리비닐리덴(PVDF)과 같은 액튜에이터, 압전 세라믹 혹은 다른 전기 기계적 장치가 탄성 재료 내에 삽입될 수 있다.

능동 탄성 층은 주 평면에 대하여 수직한 방향으로 이동할 수 있도록 낮은 강성도를 갖는다. 능동 탄성 층은 주 평면에 대하여 수직한 방향으로의 움직임을 유도하도록 전기적으로 활성화될 수 있다. 이러한 추가적인 특성은 컨트롤러로 하여금 매스 층의 움직임을 유도 및/또는 변화시키게 할 수 있고, 그 결과 전체 장치의 동적 특성들이 개선된다. 이러한 2개의 결합된 층들은 주 구조물과 강성도에 따라서 선택된 공진 주파수, 바람직하게는 주 구조물의 하나에 근접하는 공진 주파수를 갖는다.

능동 탄성 층은 만곡된 플루오르화 폴리비닐리덴(PVDF) 층이지만, 압전 세라믹, 압전 고무, 전기기계적 장치 등이 될 수도 있다. 또한, 능동 탄성 층은 완벽하게 만곡된 플루오르화 폴리비닐리덴(PVDF)으로 이루어질 수 있고, 그래서 물결 주름은 매스 층을 완벽하게 감싸며, 매스 층을 지지하는 관형 구조물이 된다. 능동 탄성 층은 그 표면상에 전극을 포함하며, 능동 탄성 층은 제 1 전극과 제 2 전극 사이에 전압이 인가되는 경우에 전기적으로 활성화된다. 이러한 전기적인 활성화는 전기장을 조성한다. 능동 탄성 층은 전기장의 영향력하에서 기계적으로 수축 및 팽창할 수 있는 압전재료가 될 수 있다. 이를 달성하기 위해서, 전기장의 영향력하에서 능동 탄성 층이 기계적으로 수축 및 팽창하는 경우에, 매스 층의 양측에서 2개의 평면들 사이의 거리가 변한다.

매스 층의 무게는 진동 구조물의 전체 질량의 약 10%를 넘지않는 것이 바람직하며, 매스 층의 두께는 진동 구조물의 단위 면적당 무게에 비례한다. 그러나, 매스 층은 진동 구조물의 전체 질량의 10% 이상이 되는 것을 이해할 수 있을 것이다. 본 발명에 따르면, 진동 구조물이 작은 진폭의 형식상 분포를 갖는 곳에 비해서 크게 증폭된 형식상 분포를 갖는 곳에서 큰 영역에 걸쳐서 매스 층을 구비하게 된다.

매스 층은 일정한 두께를 갖는 일정한 매스 또는 진동 몸체의 형식상 분포에 따른 가변적인 두께를 갖는 일정한 매스를 구비한다. 매스 층은 특히 매스 층의 두께가 변하는 경우에 진동 구조물의 가변 응답특성에 국부적으로 부합하는 것이 바람직하다.

매스 층은 진동 구조물의 가변 응답의 매칭을 용이하게 하기 위하여 장치의 죽방향으로 불균일하게 형성된다.

본 발명의 다른 실시 예들에 있어서, 능동 탄성 층은 능동 탄성 층의 축방향 움직임을 방지하기 위해서 각각의 측면에 고착된 플라스틱 시이트를 포함한다.

따라서, DAVA는 원하지 않는 진동 및/또는 소음을 줄이기 위해서 기계적으로 혹은 전기적으로 조율된다. 제 1 층은 낮은 강성도도(stiffness)를 갖는 능동 재료로 제조되고, 조밀한 재료로 이루어진 제 2 층의 움직임을 가능하게 한다. 층들은 다수의 공진 주파수를 갖는 다수의 층이거나, 혹은 운동 에너지의 전지구적 분포를 변형하도록 설계된다. 또한, 본 발명의 DAVA는 다수의 주파수에 걸쳐서 진동 구조물의 전체 혹은 큰 영역에 걸쳐서 진동을 조절하고, 전기적으로 활성화될 수 있다.

본 발명의 다른 바람직한 실시 예에 있어서, 본 발명은 진동 구조물의 확장된 영역에 걸쳐서 진동과 소음 복사를 조절하기 위한 진동 흡수체를 제공하며, 이러한 진동 흡수체는 적어도 2개의 매스들로 이루어진 매트릭스를 포함하며, 상기 적어도 2개의 매스들 중 하나의 매스는 분포된 탄성 요소(플루오르화 폴리비닐리덴, 압전 세라믹, 금속, 중합체 및 전기 기계장치 등)와 연관되고, 상기 분포된 탄성 요소는 상기 진동 구조물의 영역을 따라서 각각 분포하고, 각각의 상기 분포된 탄성 요소와 연관된 각각의 매스는 상기 진동 구조물로부터 이격된다.

본 발명의 다른 바람직한 실시 예에 있어서, 본 발명은 진동 흡수체의 제조방법을 제공하는데, 이 방법은, 상기 진동 흡수체가 진동을 흡수하는데 사용되는 경우에 어드레스될 주파수를 구별하는 단계(a); 그리고 블랭킷(blanket)(고체 재료로 제조된 블랭킷, 특정 위치에서 하나의 층에 위치된 적어도 하나의 매스를 갖는 층들에 만들어진 블랭킷 등)에 다수의 매스들을 균등하지 않은 깊이 및/또는 상기 포괄적 흡수체를 상기 단계(a)의 구별된 주파수로 맞추도록 비균등 매스 대 매스 공간으로 위치시키는 단계(b)를 포함한다. 임의적으로, 본 발명에 따른 진동 흡수체의 제조방법은 두께 및/또는 층 구성을 변화시키는 단계를 포함한다. 임의적으로, 매스들은 결합제를 사용하여 상기 블랭킷 내로 삽입된다. 본 발명에 따른 진동 흡수체의 제조방법의 바람직한 예에 있어서, 매스들을 포함하는 형성된 진동 흡수체의 중량은 16ft^2 당 약 300~400g의 범위이다. 진동 흡수체의 제조에 있어서, 가변 크기, 가변 중량의 매스들이 블랭킷 내에 포함된다.

본 발명의 다른 바람직한 실시 예에 있어서, 진동 흡수체는 3차원 발포 재료로 제조되고, 상기 3차원 발포 재료의 x-y 차원에 걸쳐서 특정 위치들에 분포하고, 상기 3차원 발포 재료의 z 차원에서 특정 깊이로 위치한 다수의 매스들을 포함한다. 상기 특정 위치들 및 상기 특정 깊이들과 상기 발포 재료의 물리적 혹은 화학적 특성들은 특정 주파수들에서 진동들을 완화시킨다. 3차원 발포 재료는 다수의 발포 층으로 구성될 수 있다.

매스들은 각기 다른 층들상에 분포할 수 있다(이것은 z 차원에서 각기 다른 특정 깊이로 위치된다). 매스들은 3차원 발포 재료에 형성된 개구부 내에 삽입될 수 있고, 추후에 덮개 재료로 덮히게 된다. 이와는 달리, 만일 3차원 발포체 재료에 있는 개구부들이 슬릿의 형태를 이루면, 이 슬릿들은 추가적인 커버링없이(어느 경우에 있어서도, 매스를 덮는 덮개가 필요하지 않고 설계상의 문제인 것으로 이해함) 매스들의 상부를 간단하게 폐쇄할 수 있다. 하기에서 설명하는 바와 같이, 발포체 재료의 한쪽에 형성된 개구부들은 발포체 재료의 반대쪽에서 형성될 수 있다. 매스의 선택은 금속(납, 강 등) 및 비금속 재료(겔, 액체 또는 섬유 등)을 포함하는 넓은 범위에 걸쳐서 이루어질 수 있다.

실시예

본 발명의 바람직한 분포된 능동 진동 흡수체(DAVA)는 진동하에 있는 구조물을 완충시키도록 사용될 수 있는 매스로 바람직하게 한정된다. 통상적으로, 본 발명의 DAVA 무게는 구조물 전체 질량의 10%를 넘지않으나, 응용시에는 구조물 전체 질량의 10%를 넘는 무게를 가질 수 있다. 대부분의 운동이 이루어지고 잠재적으로 큰 형식상의 분포가 이루어지는 영역에 있어서, DAVA의 질량은 작은 운동이 이루어지는 영역에 비해서 클 것으로 기대된다. 또한, DAVA의 효율은 이러한 영역에서 분포된 흡수체의 국부적인 공진이 교란의 여기 주파수에 근접하는 경우에 크다. 다른 영역에 대하여, 공진 주파수는 이러한 여기보다 높거나 낮다. 국부적으로, DAVA는 공지된 포인트 흡수체와 대략적으로 동일한 공진 주파수를 가지며, 이에 따라 국부적으로 할당된 매스는 전체 매스의 일부분이고 이러한 이유로 인하여 국부적인 강성도는 지구적인 강성도의 일부가 된다. 본 발명의 DAVA는 분포된 장치이고, 이 장치는 다수의 주파수에 걸쳐서 진동 구조물의 전체 혹은 큰 영역에 걸쳐서 진동을 조절하고, 몇몇 응용에서는 전기적으로 활성화될 수 있다.

도 1은 본 발명의 제 1 실시 예의 분포된 능동 진동 흡수체(DAVA)의 개략도이다. 바람직한 실시 예에 있어서, 본 발명은 2개 층의 설계를 취한다. 제 1 층(14)은 전기적으로 활성화될 수 있는 영역당 낮은 강성도를 갖는 능동 탄성 층이고, 바람직하게는 10㎛의 두께를 갖는 플루오르화 폴리비닐리덴(PVDF)이다. 제 1 층(14)은 압전 세라믹, 압전 고무, 금속, 전기기계적 장치 등이다. 능동 탄성 층(14)은 삽입된 전기 액튜에이터를 가지며 점선(15)(즉, 발포체)으로 한정되는 탄성 재료이다. 거의 모든 재료, 즉 방음 발포체, 고무, 우레탄, 방음 섬유유리가 될 수 있으며, 전기적인 액튜에이터들은 PVDF, PZT 고무, 금속(스프링 강과 같은 질의 스프링과 같은 재료들), 중합체들(플라스틱과 같은 질의 탄성 혹은 스프링과 같은 재료), 압전세라믹 혹은 다른 전기기계적인 장치들이 될 수 있다.

능동 탄성 층(14)은 하기에서 설명을 위해 사용된다. 그러나, 상기한 재료들이나 다른 재료들 혹은 진동 제어 기술분야에서 널리 알려진 재료들의 다수 층들이 본 발명에 따라서 동등하게 실행될 수 있다. 또한, 명확한 설명을 위해서, 유사한 참조부호들은 명세서의 나머지 부분을 통해서 유사한 요소들을 나타내는데 사용된다.

도 1을 참조하면, 능동 탄성 층(14)은 운동의 진폭을 증가시키고 장치의 강성도를 감소시키도록 바람직하게 만곡된다(즉, 파도모양의 표면). 본 발명의 바람직한 실시 예들에 있어서, 능동 탄성 층(14)은 경량이며, 굽힘에 대한 저항성을 가지며, 주름진 판지와 같은 동일한 설계 특성들을 갖는다. 제 2 층(16)은 분포된 질량 층(즉, 흡수체 층)으로, 일정한 두께를 가지며, 납의 얇은 시이트로 이루어진다. 그러나, 매스 층(16)의 질량 분포는 구조물(12)의 전체 혹은 큰 영역에 따라서 매스 층(16) 내에서 일반적인 형상의 가변 질량 혹은 불균일한 질량을 포함한다. 그리고, 본 발명을 실행하는 경우에, 강, 알루미늄, 납, 복합 섬유유리 재료 등과 같은 다른 적당한 얇은 시이트 재료가 사용된다. 가변 질량 분포를 사용하는 본 발명의 바람직한 실시 예들에 있어서, 가변 질량 분포는 기초 구조물의 특성에 대하여 국부적으로 변하는 반응을 이상적으로 부합시키도록 DAVA의 국부적인 특성을 변경시키게 된다. DAVA는 능동 탄성 층과 매스 층의 2개의 층 장치로 한정되지 않으며, 여기에서 설명하는 본 발명의 개념을 사용하여 다수의 층 장치, 예를 들어 적어도 하나의 능동 탄성 층과 적어도 하나의 매스 층을 갖는 3개 또는 그 이상의 장치가 될 수 있다.

매스 층(16)은 구조물(12) 중량의 10%에 달하도록 설계되고, 매스 층(16)의 두께는 구조물(12)의 단위 면적당 중량에 직접적으로 의존한다. 예를 들면, 강 빔이나 판에 대하여, 불균등한 납 층의 최대 두께는 능동 탄성 층(14)의 중량을 무시하고 다음의 식에 따라서 간단하게 계산할 수 있다.

$$h_m/h_p=(\rho_b/\rho_m)*10\%=78000/11300*10\%=7\%$$

그러므로, 6.35mm의 강 비임에 대하여, 본 발명에 따른 DAVA의 매스 층(16)의 최대 두께는 0.44mm이다. 이것은 DAVA가 구조물(12)(즉, 비임)의 표면 전체 혹은 넓은 영역을 커버하는 것으로 추정한다. 이러한 중량의 한계로 인하여, 만곡된 PVDF 층과 같은 능동 탄성 층(14)은 매우 낮은 강성도를 구비하여야 한다. 이것은 낮은 주파수의 조절에 대하여 특히 실제적이다. 예를 들면, 1mm 두께의 매스 층(16)(납으로 제조)에서, 2mm 두께의 능동 탄성 층(14)의 강성도는 1000Hz의 설계 공진주파수를 얻기 위해서 9e+5N/m이다. 그러나, 앞서 설명한 바와 같이, DAVA는 다중 주파수에 걸쳐서 진동 구조물의 전체 영역 혹은 큰 영역에 걸쳐서 진동을 조절할 수 있다.

앞서 설명한 바와 같이, 본 발명의 추가적인 실시 예들은 능동 탄성 층(14)과 매스 층(16)으로 이루어진 다중 층들을 포함할 것이다. 예를 들면, 적어도 2개의 능동 탄성 층(14)이 적어도 2개의 매스 층(16)과 함께 교대로 적층될 것이다. 본 발명의 추가적인 실시 예들에 있어서, 각각의 능동 탄성 층(14)은 별도로 튜닝되고, 각각의 매스 층(16)은 진동 구조물의 각기 다른 주파수를 조절하기 위해서 각기 다른 질량을 갖는다. 물론, 본 발명의 실시 예들은 상기한 예로서 제한되지는 않으며, 다소간의 능동 탄성 층(14)(각기 다른 주파수로 조율됨)을 동등하게 포함하고, 다소간의 매스 층(16)(각기 다른 질량을 가짐)을 포함한다.

바람직하게는, 액튜에이터의 각 측, 즉 능동 탄성 층(14)의 양측에는 전극(15)으로서 작용하는 은의 2개의 얇은 층들이 존재한다. 이러한 2개의 전극들(17)(능동 탄성 층의 모든 위치, 바람직하게는 대향하는 측면들에 위치할 수 있음) 사이에 전압이 인가되는 경우에, 전기장은 능동 탄성 층(14) 내에 조성된다. 능동 탄성 층(14)은 전기장의 영향하에서 기계적으로 수축 및 팽창할 수 있는 압전재료이다.

도 2는 전기적인 여기하에서 능동 탄성 층(14)의 움직임을 나타낸 도면이다. 도 2는 도 1에 도시된 능동 탄성 층(14)이 플라스틱(18)의 2개의 얇은 시이트에 에폭시로 접착되는 것과, 구조물(12)과 매스 층(16)과 접촉하는 것을 나타낸 것이다. 능동 탄성 층(14)의 양측에서 2개 시이트의 플라스틱(18)은 축방향 운동을 방지한다. 라인(30)은 능동 탄성 층(14)이 휴지기에 있는 것을 나타내며, 라인(32)은 전압 -V가 인가된 경우의 능동 탄성 층(14)을 나타낸 것이다. 또한, 라인(34)은 전압 +V가 인가된 경우의 능동 탄성 층(14)을 나타낸 것이다. 도 2를 통해서 명백하게 알 수 있는 바와 같이, 능동 탄성 층(14)의 길이는 전압 V가 능동 탄성 층(14)에 인가된 경우에 변하며, 그 결과로서 매스 층(16)의 각 측에서 2개의 평면들 사이의 거리가 변한다. DAVA의 설계는 능동 탄성 층(14)의 평면 운동을 능동 탄성 층(14)의 평면밖 운동으로 변환한다. 도 2는 각기 다른 응력 구성하에서 능동 탄성 층(14)의 형상이 만곡되는 방식을 과장하여 나타낸 것으로, 실제로 능동 탄성 층(14)의 운동은 작고, 그리하여 선형으로 이루어진다.

분석에서의 단순화를 위하여, 주름진 부재, 즉 능동 탄성 층(14)(도 1 참조)이 다수의 스프링을 구성하는 것으로 이해하여야 한다. 매스 층(16) 없이 용이하게 압축되지만, 매스 층(16)이 일단 적용되면, 이들은 용이하게 압축되지 않는다. 또한, 매스 층(16)은 일단 적용되면, 다수의 스프링들에 걸쳐서 분포한다.

도 3은 기계적인 여기하에서 능동 탄성 층(14)의 운동을 나타낸 도면이다. 특히, 라인(40)은 능동 탄성 층(14)이 휴지기에 있는 것을 나타내며, 라인(42)은 음의 부하가 인가된 경우의 능동 탄성 층(14)을 나타낸 것이다. 또한, 라인(44)은 양의 부하가 인가된 경우의 능동 탄성 층(14)을 나타낸 것이다. DAVA가 기계적인 힘에 의해서 제한되면, 능동 탄성 층(14)의 길이는 변하지 않지만, 능동 탄성 층(14)의 형상은 변형된다. 매스 층(16)의 굽힘 강성도는 매스 층(16)의 전단응력을 무시하였기 때문에 모의실험에서 고려하지 않았다.

단위면적당 강성도는 낮지만, 진동 구조물의 확장 영역에 걸쳐서 분포된 전체 DAVA의 강성도는 높다. DAVA의 강성도(및 질량) 및 공진 주파수는 DAVA의 특정한 적용에 따라서 조정되지만, 굽힘 강성도는 능동 탄성 층(14)의 주름진 부분의 공간 파장 및 진폭에 의존하여, 큰 파장은 정상적인 방향으로 굽힘 강성도를 감소시킨다. 수직 방향으로의 DAVA의 굽힘 강성도는 극단적으로 높고, 벌집형 구조물과 유사하다. 또한, DAVA의 횡단 강성도는 국부적으로 작고, DAVA는 유사한 질량을 갖는 포인트 흡수체와 동일한 강성도를 갖는다. 그러므로, 비록 능동 탄성 층(14)의 개별적인 시이트는 매우 유연하지만, DAVA는 충돌에 대하여 매우 저항성이 높다.

능동 탄성 층(14)의 횡단 강성도 및 공진 주파수는 능동 탄성 층(14)의 높이, 주름진 능동 탄성 층(14)의 파장, 능동 탄성 층(14)의 두께, 능동 탄성 층(14)의 전극들 사이의 전기적 분로에 의해서 조정될 수 있다. 특히, 능동 탄성 층(14)의 두께가 증가하면, DAVA의 횡단 강성도가 감소한다. 진동 구조물(본 발명에서와 같이)의 확장 영역에 대하여 등각을 이루는 장치를 구비하기 위해서, 이 두께는 매우 크게 증가할 수 없다. 변경될 수 있는 제 2 매개변수는 능동 탄성 층(14)의 파장이다. 큰 파장은 능동 탄성 층(14)의 횡단 강성도를 감소시킨다. 파장이 장애의 파장과 비교해서 작기 때문에 이러한 매개변수는 제한된다. 다른 한편으로는 DAVA가 분포된 성질을 느슨하게 한다.

능동 탄성 층(14)의 두께는 DAVA의 강성도에 영향을 끼치기 위해서 조정될 수 있는 매개변수이다. 예를 들면, 얇은 능동 탄성 층(14)은 능동 탄성 층(14)의 강성도를 낮춘다. 능동 탄성 층(14)의 횡단 강성도를 변경하기 위한 마지막 해법은 능동 탄성 층(14)의 압전특성을 이용하는 것이다. 예를 들면,전지적 분로들은 능동 탄성 층(14)의 강성도에서 약간의 변화를 제공할 수 있다. 그러므로, 능동 입력이 능동 탄성 층(14)에 제공되는 경우에, 능동 탄성 층(14)은 기계적인 강성도가 작거나 큰 것처럼 거동하도록 조절된다.

DAVA는 주 방향을 따라서 PVDF 시이트 또는 앞서 설명한 바와 같은 다른 유사한 시이트를 절단함으로써 준비될 수 있다(PVDF는 능동 여기하에서 변형이 커지는 방향을 가지며, 이 방향은 흡수체와 기초 구조물의 주 진동방향이다). 은 전극의 1 내지 2mm는 PVDF 시이트의 테두리에서 제거된다. 바람직한 실시 예들에 있어서, 아세톤은 은 전극들(17)을 제거하기 위한 매우 훌륭한 용매이다. 제 3 단계는 각각의 전극(17)에 연결된 커넥터를 설치하는 것이다. 도 4는 DAVA의 전극에 대한 연결부를 개략적으로 나타낸 도면이다. 특히, 능동 탄성 층(14)의 일단부에 있는 2개의 영역은 리벳(20)을 지지하도록 선택된다. 이러한 영역들은 단지 일측에서 전극(17)을 구비한다. 전극(17)이 각각의 영역으로부터 제거되면, 리벳(20)은 단지 하나의 전극(17)과 접촉하게 된다. 리벳(20)의 직경보다 약간 작은 구멍이 이러한 영역에 절단 형성되고, 각각의 리벳(20)의 상부는 와이어(22)에 납땜되고, 그래서 리벳팅 펜치를 사용하여 적당하게 위치할 수 있다. 바람직한 실시 예에 있어서, 플라스틱(24)의 추가적인 조각은 보다 강건한 연결을 제공하기 위해서 능동 탄성 층(14)의 후면에 위치할 수 있다. 리벳(20)은 해당 기술분야에 공지된 리벳팅 펜치를 사용하여 리벳 구멍들내에위치한다. 추가적인 와이어(도시되지 않음)는 다른 전극에 연결되고, 2개의 와이어들이 전기적인 커넥터에 납땜된다. 매우 높은 전압이 DAVA의 PVDF 능동 부분을 유도할 수 있으므로, 이러한 연결부가 형성되는 것의 정확도가 중요하다. 해당 기술분야의 숙련된 당업자는 전기적인 연결부의 많은 다른 형태들이 본 발명의 영역 내에서 사용될 수 있음을 이해할 수 있을 것이다.

능동 탄성 층은 진동들이 완충되는 구조물을 제공하도록 주름지게 형성될 수 있다. 이것은 여러 가지 방식으로 달성될 수 있다. 한가지 바람직한 방법은 보정된 강 핀들의 세트 사이에 PVDF를 셋팅하고 일정 기간동안 제 위치에 고정시키는 것을 고려하였다. 플라스틱 시이트들(도시되지 않음)은 진동이 완충되는 구조물에 PVDF를 용이하게 고착시키기 위해서 PVDFDML 각 측(상부와 하부)에 고정되고, 매스를 PVDF에 고착시키는데 있어서 사용된다(즉, 플라스틱 시이트가 주름진 구조물에 부착된 후에 아교나 다른 적당한 결합 재료가 플라스틱 시이트에 균등하게 적용될 수 있다). 또한, 플라스틱 시이트들은 진동 구조물 및/또는 인가된 매스로부터 PVDF를 전기적으로 절연시키는 기능을 수행한다. 또한, 주름진 PVDF는 발포체 혹은 다른 탄성 재료 내에 위치한다. 이것은 PVDF의 표면에 탄성재료를 증착시키거나 혹은 PVDF를 탄성 재료 내로 삽입하는 것으로 달성될 수 있다. 상기한 바와 같이, 대안적인 액튜에이터 재료(즉, 금속, 압전 세라믹 등)가

PVDF 대신에 채용될 것이다. PVDF는 완벽하게 만곡되고, 그래서 주름부들은 매스를 지지하는 관형 구조물을 형성하기 위해서 이들을 에워싼다. 몇몇 수동 응용에 있어서, 플라스틱이나 스프링 강과 같은 다른 재료가 주름진 스프링 층에서 튜브를 구성하도록 사용될 수 있다.

도 5는 포인트 흡수체에 비교한 DAVA의 성능을 측정하도록 사용되는 실험적인 설비를 나타낸 도면이다. 이러한 실험은 모의실험에서 조율과 입증을 목적으로 한다. 소음 발생기(40)는 0 내지 1600Hz 주파수 대역의 화이트 노이즈를 제공한다. 이 신호는 증폭기(42)에서 증폭되고, 전압 설정 변환기(44)를 통과한다. 변환기(44)의 출력은 지지된 비임을 작동하는 PZT를 구동한다. 레이저 속도계(46)는 빔을 따라서 정상적인 속도를 측정하고, 그 출력은 데이터 획득장치(48)(즉, 개인용 컴퓨터, 획득 카드 및 연관된 소프트웨어)에 의해서 얻어진다. 개인용 컴퓨터(50)는 데이터를 처리하도록 사용된다.

도 6은 빔의 평균 제곱 속도를 나타낸다. 이 데이터는 빔의 평균 운동 에너지와 연관될 수 있고, 이는 매 지점의 속도 제곱을 합하고 다수의 지점들(즉, 23)로 나누어서 계산된다. 평균 제곱 속도는 여기의 전압당 표준화되고, 100Hz 내지 1600Hz의 범위로 나타난다. 이 주파수 대역은 빔의 첫번째 모드를 포함하지 않으며, 40Hz이다. 라인(50)을 제외하고 도 6의 모든 라인들은 동일한 질량을 갖는(즉, 국부적 및 분포된 진동 흡수체들이 100g을 가짐) 진동 제어장치를 나타낸다. 라인(50)은 빔의 제 2 모드 내지 제 6 모드가 순서대로 관찰될 수 있도록 빔의 측정을 나타낸다. 라인(52)은 100g 포인트 흡수체를 이용한 빔의 거동을 나타낸다. 이러한 흡수체의 공진 주파수는 850Hz이고, 제 5 모드에서 영향을 받는다. 이러한 모드는 작은 피크 값으로 2개의 공진으로 분할된다. 포인트 흡수체는 부착 지점에서 진동을 감소시키는 반면, 빔의 평균 제곱 속도를 실제적으로 증가시킨다. 양호한 튜닝(1000Hz에서 흡수체의 공진 주파수)을 통해서, 이러한 피크 값들은 축의 우측으로 약간 이동하고 1000Hz 주위로 집중된다. 라인(54)은 DAVA를 이용한 빔의 거동을 나타낸다. 이러한 실험에 있어서, DAVA는 수동 장치로서 사용된다. DAVA에 의해서 제공되는 감쇠는 포인트 흡수체와는 다른 것으로 관찰된다. 모든 주파수 근처에서, DAVA는 특히 형식상의 공진 피크에서 포인트 흡수체보다 양호한 빔 진동의 감쇠를 제공한다. 유사한 결과들이 도 7의 모의 설정에 나타나 있다. 도 6의 라인(50,52,54)은 도 7의 라인(50,52,54)과 동일하다. 상당한 감소가 제 3, 제 4 및 제 6 모드에서 달성된다. 포인트 흡수체는 비교에서 매우 작은 감소를 달성한다. 도 6에서 라인 55 및 도 7에서 라인 55로 나타낸 추가 질량은 공진 주파수에서 약간의 변화를 나타내고 작은 완충을 나타낸다. 동일한 중량의 분포된 매스는 DAVA로서 진동 감쇠만큼 제공하지 못한다. 도시된 바와 같이, DAVA는 분포된 영역에서 포인트 흡수체에 대하여 개념적으로 유사한 빔 진동을 조절하도록 동적 효과를 사용하여 작용하고, 이에 의해 성능이 개선된다.

도 6과 7의 모의실험은 2가지 타입의 흡수체들, 즉 본 발명의 포인트 흡수체와 DAVA 사이에서의 차이를 명확하게 나타낸다. 예를 들면, 포인트 흡수체는 진동 구조물에서 단일 주파수와 단일 지점에서 반응성을 감소시키는데 있어서 효과적이다. 에너지가 각기 다른 주파수 대역으로 이동하고, 2개의 새로운 공진이 조성된다. 그러나, DAVA는 이러한 결점을 가지지 않으며, 빔의 평균 제곱 진동 에너지는 빔의 모든 공진 주파수에 대하여 감소되고, 새로운 공진의 외양이 존재하지 않는다. 그러므로, DAVA는 각기 다른 주파수로 한번에 여러 모드들을 조절할 수 있다. 이러한 특성은 판과 같은 조밀한 구조물의 완충에 대하여 매우 유용하다.

도 8은 본 발명의 바람직한 DAVA를 사용하여 수행되는 능동 제어 실험을 나타낸다. 제어 장치는 에러 센서들로서 3개의 가속도계(60), 패스 밴드 필터(64) 및 피트포워드 LMS 컨트롤러(62)(C40 DSP 보드에서 실행됨)를 채용한다. 레이저 속도계(46)를 사용하여 진동 측정이 다시 수행되었다. 장애는 컨트롤러(62)를 실행하도록 사용된 동일한 DSP에 의해서 발생된 화이트 노이즈이다. 컨트롤러(62)는 DAVA의 능동 부분을 통해서 빔을 조절함으로써 에러 센서 신호들을 최소화하도록 시도한다. 모든 컨트롤러의 입력과 출력은 밴드 패스 필터(64)를 통해서 여과된다. 제어 알고리즘은 진동 조절 분야에 잘 알려지고 입력 설정치를 아는 에러 신호를 최소화하기 위해서 N 채택 필터를 최적화하는 LMS 알고리즘이다. 알고리즘은 선형장치를 표준화하도록 사용될 수 있다. 구배 방법은 장치 입력의 N 패스트 값과 연관되는 최적 중량을 찾아내도록 사용된다. 구배 서치에 사용되는 에러 신호는 장치의 실제 출력과 채택 필터의 출력 사이의 차이이다.

도 9는 DAVA의 성능을 테스트하도록 컨트로러와 테스트 리그의 레이아웃을 나타낸 것이다. 이 실시 예에 있어서, 장애 신호는 참조 신호로서 사용되고, 도 8의 DAVA와 각각의 에러 센서(가속도계)(60) 사이의 전달 기능을 측정하여 여과된다. 이러한 전달 기능은 LMS 알고리즘을 사용하는 장치 구별에 의해서 얻어지고, 컨트롤러 소프트웨어는 DAVA에 대한 능동 입력을 사용하여 에러 신호 위치에서의 진동을 최소화한다. 이러한 능동 조절 실험에 대한 각기 다른 매개변수들이 하기 표 1에 나타나 있다.

표 1: 능동 제어에 대한 매개변수들

에러 센서들	3
능동 흡수체들	1
장애들	PZT 패치

참조	내부
샘플링 주파수	5000Hz
장치 ID 필터 계수	120
제어 경로 필터 계수	180

에러 센서들(60)은 빔의 중심으로부터 -7.5", -1.5" 및 5.5"에 각각 위치하였다. 진동 측정치들은 빔의 각 인치에서 레이저 속도계를 사용하여 수행하였다(즉, 전체적으로 23 포인트).

평균 제곱 속도는 각각의 포인트에서 공진의 속도 진폭의 제곱을 합하여 계산되고 그 평균을 취한다. 평균 제곱 속도는 빔에서 진동의 전체 에너지에 비례하고, 도 10에 나타나 있다. 특히, 도 10은 본 발명의 DAVA(일정한 질량 분포)를 통해서 능동 제어 실험을 나타낸다. 라인(70)은 장치들이 부착되지 않은 빔의 거동을 나타내고, 그래서 비교를 위한 베이스 라인을 나타낸다. 라인(72)은 부착된 DAVA를 통한 빔의 거동을 나타내고, 능동 장치로서 작용한다(즉, 제어 신호가 인가되지 않음). 수동 DAVA에 대한 결과들은 모든 공진 주파수들에서 전체 빔 에너지의 양호한 감쇠를 나타낸다. 이러한 수동 구성에서 얻은 평균 제곱 속도에서의 감소는 100 내지 1600Hz의 주파수 대역에 대하여 10dB이다. 그러므로, 결과들은 DAVA의 2가지 핵심적인 수동 특징을 나타낸다. 즉, 완전한 빔을 통한 진동의 제어와 다중 주파수에서의 동시적인 제어를 나타낸다. 이것은 종래의 점 진동 흡수체와 비교되는데, 이는 통상적으로 하나의 지점에서 단일 주파수로 진동을 조절한다. 평균 제곱 속도에서 추가적인 3dB 감쇠에서 능동 제어가 얻어진다. DAVA에 의해서 능동적으로 조절되는 빔의 거동은 라인(74)에 의해서 나타난다. 능동 장치의 성능은 공진 피크의 감소에 있어서 매우 양호하다. 예를 들면, 제어 전에 가장 중요한 피크인 600Hz에서 20dB 감소가 얻어진다. 공진들 사이에서, 능동 제어는 진동을 증가시키고(제어 스필오버로서 언급됨), 양호한 컨트롤러와 에러 센서들을 사용하여 용이하게 보정될 수 있다. 능동 제어에서, 구조물은 비 공진 거동을 가지며, DAVA는 장치에 상당한 완충을 추가한다. PVDF의 반응과 흡수체 자체의 반응으로 인하여 400Hz 이하에서는 능동 제어가 얻어지지 않는다. 전자기계적인 액튜에이터와 같은 다른 능동 요소들은 이러한 작동 능동 주파수를 낮춘다.

DAVA의 효율을 증가시키기 위해서, 질량 분포가 최적화된다. 즉, 증가된 감쇠를 제공하기 위해서, 매스 층(16)은 빔의 전체 영역 혹은 큰 영역의 길이에 따라서 바람직하게 변한다. 가변 질량 분포는 기초 구조물의 국부적으로 변하는 반응 특성을 이상적으로 매치시키도록 DAVA의 국부적인 특성을 변화시킨다. 그러나, 빔/DAVA 반응이 빔을 따라서 복잡하기 때문에, 때때로 질량 분포를 선택하기 위한 최적의 공정이 유도된다.

도 11은 임의로 변하는 질량 분포를 통해서 DAVA를 나타낸 도면이다. DAVA의 각각의 부분의 상부에서의 사인은 압전 드라이브 패치(장애)에 대하여 탄성의 PVDF 시이트(14)의 극성을 언급한다. 최적의 절차에서 사용된 빔 반응은 장애 위치에 강하게 의존하고, DAVA의 최대 반응성 동적 효과는 장애에 대하여 반대 방향으로 발생한다. 매스 층(16)의 두께는 가변적이고, 매스는 일정하게 유지된다. 매스 변화는 도 11에 나타낸 바와 같이 연속적인 요소로서 존재하거나 불균일 구간에 존재한다.

다른 구성에 있어서, 가변 매스 층 특성을 갖는 다중 매스 공진 층들이 사용될 수 있다. 도 12는 스프링 재료(154)로서 발포체에 삽입된 2개의 공진 매스 층(150,152)을 구비한 장치의 한 배열이 나타나 있다. 매스 층은 연속적인 구간 혹은 불연속 구간들이 될 수 있다. 장치는 2개의 공진의 장점을 가지며, 그리하여 진동 제어의 넓은 주파수 범위를 갖는다. 도 12는 매스 층(152)이 상대적으로 얇은 위치들에서 큰 두께를 갖는 매스 층(150)을 나타낸다. 매스 층(150,152)의 두께를 변화시키면, 진동 흡수체에 각기 다른 공진 특성을 제공하게 되고, Z축에서 동일한 상대 위치에서 서로에 대하여 매스 층(150,152)의 두께를 변하시키면 2개의 각기 다른 공진들이 동시에 어드레스되도록 할 수 있다.

도 13에 도시된 다른 구성에 있어서, 매스 층(160,162,164)은 분할되고, 발포체와 같은 스프링 재료(166)에서 각기 다른 깊이로 위치한다. 각기 다른 깊이는 각각의 매스를 지지하는 스프링 재료의 강성도를 변경시킨다. 그러한 배열은 매스들이 삽입되는 다중 깊이와 스프링 비율로 인하여 장치의 다중 공진 주파수를 유도한다. 다중 공진 주파수들은 장치가 효과적인 매우 광대역의 주파수를 유도한다. 삽입된 불균일한 매스들은 일반적인 형상을 취할 수 있다. 또한, 상기한 각기 다른 재료가 스프링 장치(고무, 섬유유리 탄 솜, 스프링 금속, 우레탄 등)에 대하여 사용될 수 있다. 매스 층들은 각기 다른 두께를 갖는 세그멘트들을 구비할 수 있다. 이러한 층들(160,162,164)은 특정한 위치에서 특정한 주파수로 튜닝하기 위한 조절된 방식으로 형성될 수 있으며, 보다 바람직하게는 다중의 공진 주파수에 대하여 적당한 진동 흡수장치를 달성하기 위해서 임의의 방식으로 적용될 수 있다. 또한, 도 13에 도시된 장치는 하기에서 설명하는 바와 같이 능동 및 수동 진동 제어장치에서 모두 사용될 수 있다.

도 12 및 도 13에 도시된 실시 예들에 있어서의 변형에서, 만곡된 압전 중합체들 및 세라믹들과 같은 능동 요소들 뿐만아니라 전기계적인 액튜에이터들은 매스 요소들의 운동을 변화시키도록 능동 힘을 작용하도록 스프링 재료에 삽입될 수 있

다. 그러한 장치는 앞서 설명한 바와 같이 전기적 조절 방법을 사용하여 사용되는 경우에 개선된 성능을 갖게 된다. 특히, 탄성 층들 내에서 하나 또는 그 이상의 높이로 위치하는 가변 매스들과 연결된 능동 제어는 많은 응용에 있어서 개선된 진동 완충을 가능하게 할 것이다.

도 14는 매스 층(170)이 관통된 재료(즉, 관통된 납이나 강 등)로 구성되는 장치의 다른 실시 예를 나타낸 도면이다. 그러한 배열에 있어서, 진동 흡수체는 그 표면에 입사하여 관통공들(172)을 통해서 전파되는 음향 파들을 흡수할 수 있을 뿐만 아니라, 전기적인 재료(174)하의 기초 구조물의 진동을 제어할 수 있다. 이 실시 예는 매스 층(170)이 음향원으로서 작용하는 것을 방지한다(즉, 몇몇 응용에 있어서, 매스에 대한 일체형 "층"은 탄성 재료를 통해서 방출된 완충 구조물로부터 나오는 음향신호를 주위 환경으로 전달한다). 또한, 주위 환경으로부터 나오는 진동이나 음향 신호들은 관통공들을 통과하고, 진동 흡수체에 의해서 완충되는 구조물(아래에 놓인 탄성 층(174))로부터 나오는 진동에 추가하여 진동 흡수체에 의해서 완충된다. 도 12 및 13을 참조하여 설명한 바와 같이, 도 14의 구성은 능동 및 수동 장치들을 사용할 수 있다(능동 장치들은 인가된 전압하에서 팽창이나 수축할 수 있는 삽입된 PVDF 혹은 압전 세라믹 혹은 다른 재료들을 포함하며, 수동 장치들은 매스 층(172)과 탄성 재료(174)를 포함한다(그러나, 금속과 같은 스프링 재료를 구비할 수 있다)). 또한, 도 14의 구성은 도 13 및 도 15에 도시된 바와 같이 탄성 재료 내에서 하나 또는 그 이상의 평면에서 크기, 형상 및 중량이 변하는 불균일한 매스들과 조합하여 사용된다.

도 15는 탄성 재료(184)에서 삽입된 불균일한 매스 층(180,182)를 구비한 진동 흡수체가 도시되어 있다. 도 15는 각기 다른 크기와 형상을 갖는 매스들의 사용을 나타낸 도면이다. 이들은 넓은 범위의 공진 주파수의 완충을 달성하기 위해서 임의로 분포되거나, 혹은 특정 주파수에 대한 진동 흡수체에 있어서 특정한 위치에서 주파수 반응을 조율하도록 소정의 패턴으로 적용될 수 있다. 몇몇의 매스들은 볼베어링 타입의 구들이며, 다른 것들은 평평한 얇은 직사각형이다. 매스의 형상은 제조자가 원하는 바와 같이 조절가능한 각기 다른 방식으로 각기 다른 진동 주파수에 대한 반응에 영향을 끼치게 될 것이다.

도 12 내지 도 15에 도시된 진동 흡수체들은 다양한 기술에 의해서 제조되고, 발포체 층의 적용, 일체형 혹은 불균일한 매스들의 층의 증착, 그리고 발포체와 매스 층 공정의 수회 반복이 이루어진다. 이와는 달리, 매스 층들은 탄성재료의 제조과정 동안에 탄성 재료 내에 삽입된다. 이와는 달리, 탄성 재료는 선택된 위치에서 절단괴고, 매스 구간들은 절단부를 거쳐서 탄성 재료 내로 삽입된다. 일단 삽입되면, 재료의 탄성은 매스를 제위치에 고정시키고 절단부를 폐쇄한다.

도 16은 능동 혹은 수동 응용에 따라서 능동 스프링 층이 PVDF 혹은 플라스틱류의 재료로 이루어진 튜브(190)로 구성된 DAVA 또는 진동 흡수체를 나타낸 도면이다. 관형상은 만곡된 주름형상의 완전한 연장이고 흡수체의 평면을 따라서 만곡을 보유하므로, 전기적인 활성화는 정상적인 능동 입력을 매스에 제공한다. 그러나, 관형 구조물에 있어서, 튜브의 직경은 튜브의 내외에서 펌핑되는 유체의 점성 손실로 인하여 DAVA 혹은 진동 흡수체의 완충을 제공하도록 쉽게 조정될 것이다. 본 발명의 진동 흡수체(적어도 2개의 매스로 이루어진 매트릭스를 포함하며, 상기 적어도 2개의 매스 중 매스는 상기 진동 구조물의 영역을 따라서 위치한 분포된 탄성 요소와 연관되고, 각각의 상기 분포된 탄성 요소와 연관된 각각의 매스는 상기 진동 구조물로부터 이격된 것을 특징으로 하는 진동 흡수체와 같은)는 상기 탄성 재료 내에 삽입된 분포된 탄성 재료를 구비한 전기적인 재료(즉, 음향 발포체, 음향 유리섬유, 섬유유리 탄 솜, 분포된 스프링 재료, 우레탄, 고무 등)를 임의로 포함한다. 본 발명에 따른 진동 흡수체들의 예들, 즉 고무인 탄성 재료와 플루오르화 폴리비닐리덴인 분포된 탄성 요소를 포함하는 진동 흡수체이고, 여기에서 상기 탄성 요소는 고체 우레탄이고, 상기 분포된 탄성 요소는 플루오르화 폴리비닐리덴이다. 본 발명에 따른 진동 흡수체들은 적어도 일차원을 따르는 물결모양을 갖는 분포된 탄성 요소로 이루어진다.

본 발명에 따른 진동 흡수체들에 있어서, 매스들은 진동 흡수체에서 사용된 분포된 탄성 요소의 표면에 고착된다. 본 발명에 따른 진동 흡수체들에 사용된 매스는 분포된 불균일 매스 구간들로 이루어진다. 진동 흡수체에서 2개의 불균일한 매스 구간들이 사용되는 곳에서, 상기 불균일한 매스 구간들중 적어도 2구간은 서로에 대하여 각기 다른 크기, 각기 다른 형상 및 각기 다른 두께 중 적어도 하나만큼 차이를 나타낸다. 불균일한 매스 구간들과 탄성재료가 사용되는 진동 흡수체에서, 불균일한 매스 구간들이 탄성 재료 내에 삽입된다. 불균일한 매스 구간들과 탄성재료가 사용되는 진동 흡수체에서, 불균일한 매스 구간들은 탄성 재료의 표면에서 적어도 하나의 매스 구간과 탄성 재료 내에 삽입된 다른 매스 구간을 포함한다. 2개의 불균일한 매스 구간들과 탄성재료가 사용되는 진동 흡수체에서, 2개의 불균일한 매스 구간들이 각기 다른 평면에서 탄성 재료 내에 삽입된다. 2개의 불균일한 매스 구간들과 탄성재료가 사용되는 진동 흡수체에서, 제 1의 불균일한 매스 구간이 탄성 재료의 표면에 존재하고, 제 2의 불균일한 매스 구간이 탄성 재료 내에 삽입된다.

진동 흡수체에서 사용된 분포된 탄성 요소는 하나 또는 그 이상의 관형 요소를 포함한다. 관형 요소는 플루오르화 폴리비닐리덴(PVDF), 금속, 플라스틱 등으로 이루어진다.

진동 흡수체에서 사용된 매스는 관통된다. 예를 들면, 상기 매스 층의 상부로부터 나오는 음향 진동을 감소시키거나 제거하기에 충분하고 음향이 주위 환경으로부터 상기 매스 층을 통해서 상기 분포된 탄성 요소 내로 침투하기에 충분한 일정량의 관통공들이 매스에 포함된다.

진동 흡수체에서 사용된 매스는 금속(납, 강 등과 같은), 플라스틱, 세라믹, 유리, 섬유, 탄소, 고체, 겔, 섬유 등으로 이루어진다. 매트릭스에 사용된 둘 또는 그 이상의 매스들과 같이 하나 이상의 매스가 사용되는 경우에, 매스들은 동일하거나 다르다.

본 발명에 따른 진동 흡수체를 위한 바람직한 구조물은 다수의 매스들로 이루어진 매트릭스, 즉 하나 또는 그 이상의 기하학으로 규칙적인 형상을 갖는 매스들을 포함하는 매트릭스, 하나 또는 그 이상의 불규칙적인 형상을 갖는 매스들을 포함하는 매트릭스, 각기 다른 깊이의 매스 위치들 및/또는 각기 다른 매스 대 매스 공간을 포함하는 매트릭스를 포함하는 구조물이다.

추가적인 예들은 본 발명의 보다 양호한 이해를 목적으로 설명하는 것이며, 본 발명은 하기의 예로서 제한되지 않는다.

하기의 예들을 참고하면, 진동과 음향 조절을 위한 본 발명의 이종 블랭킷들이 설명된다.

예 Ⅰ～Ⅴ의 본 발명에 따른 블랭킷들은 음향 완충 및 진동 완충 재료가 사용되는 모든 응용에서 사용될 수 있다. 본 발명에 따른 블랭킷은 소음 조절에서 상업적으로 산업적으로 사용되는(종래의 음향 발포체들은 반사와 반향을 줄이기 위해서 흡수재료로서 유일하게 사용된다) 멜라민/폴리우레탄 발포체의 존재하에서 사용된다. 바람직하게는, 본 발명에 따른 블랭킷들은 구조물 자체 진동을 줄이고 전달 손실을 제공하고 반향을 감소시키는 것과 같은 여러 가지 목적으로 기능한다. 본 발명에 따른 블랭킷의 추가적인 실시 예에 있어서, HG 블랭킷은 적어도 2개의 매스들이 다양한 위치와 깊이로 삽입되고 하나 또는 그 이상의 얇은 재료 층이 탄성 재료에서 여러 가지 깊이로 삽입된 탄성 재료로 구성된다. 연속적인 층의 재료는 림프 매스 장벽, 얇은 탄성 금속판, 얇은 중합체 판이나 이들의 조합과 같은 재료 장치들 중 하나로부터 선택될 수 있다. 얇은 연속적인 층은 주기적인 길이로 분화되나, 이러한 길이는 연속적인 층의 두께보다 훨씬 길다. 이러한 실시 예에 있어서, 하나는 지지 구조물없이 공간에서 현수될 수 있는 자유롭게 현수되는 HG 블랭킷을 구성할 수 있다. 삽입된 매스들은 음향 전달 손실을 개선하도록 삽입된 얇은 층에 작용한다. 그러한 배열에 대하여 양호한 테스트 결과를 얻었다. 앞서 설명한 음향 또는 진동 완충 구성이 구조물비행기 동체와 같은)에 부착된다. 이러한 실시 예에서 자유로운 표준 버전은 이러한 구조물 내로 통합된다.

실시 예 Ⅰ

도 17 및 17A를 참조하면, 이러한 실시 예 Ⅰ의 HG 블랭킷은 각각의 층의 하나 또는 그 이상의 상부에 매스(179)가 위치되고 발포체로 이루어진 층들(171,172,173,174)을 포함한다. (4개 층의 블랭킷이 도 17 및 17A에 도시되었지만, 4개 층들보다 크거나 작은 수의 층들이 본 발명에 따른 블랭킷에 사용될 수 있다). 층들(171,172,173,174)은 아교접합, 발포체 등과 같은 결합방법이나 결합제에 의해서 서로 부착된다. 층들(171,172,173,174)은 동일하거나 각기 다른 두께를 갖는다. 층 들(171,172,173,174)은 매스들(179)의 깊이와 관련된 두께와 수를 갖는다. 동일하거나 각기 다른 발포체 재료가 각각의 층(171,172,173,174)에 사용될 수 있다. 유리섬유 탄 솜과 같은 각기 다른 음향 재료들이 하나 또는 그 이상의 층(171,172,173,174)에서 발포체에 사용될 수 있다.

층들(172와 171) 사이에서 계면 결합제(178)와 같은 계면 결합체가 사용된다. 지점 177에 있는 발포체를 참고하면, 발포체는 전체 표면에 걸쳐서 매스(179)와 완전히 접촉하거나 부분적으로 접촉한다.

실시 예 Ⅱ

도 18을 참조하면, HG 블랭킷은 특정 깊이와 위치들에 위치한 매스(189)를 포함한다. 매스(189)를 위치시키는 깊이는 재료(181)(발포체, 섬유유리 탄 솜 등과 같은)의 강성도 및 매스(189)의 중량을 고려하여 목표 주파수에서 공진하도록 삽입 매스들(189)을 설계함으로써 결정된다. 매스(189)를 위치시키는 위치는 목표 모드 형상을 기초로 하여 결정된다. 재료(181)의 강성도(발포체 강성도과 같은)가 측정되거나 계산된다.

매스(189)의 깊이는 매스(189)의 공진 주파수를 결정한다. 위치는 조절될 구조물의 형상을 결정한다. 설계된 블랭킷을 위해서, 위치들과 깊이의 세트는 다수의 삽입된 매스들(189)에 대하여 특정된다.

실시 예 Ⅲ

도 19 및 19A를 참조하면, 본 발명의 HG 블랭킷(blanket)은 발포체로 이루어진 코어의 형태로 구멍(192)내에 위치한 매스(189)를 구비하고 음량 재료(191)(발포체, 섬유유리 탄 솜 등과 같은)로 이루어진 층을 포함한다. 매스들(199)을 제 위치에 고정하기 위해서 음량 재료(191)(발포체, 섬유유리 탄 솜 등과 같은)로 이루어진 플러그(193)가 코어내에 위치한다. 아교접합, 발포체 등과 같은 결합방법이 코어를 제 위치에 고정하도록 사용된다. 도 19A는 구멍(192)을 형성하고 매스(199)를 삽입하고 플러그(193)를 삽입하며 플러그(193)를 제 위치에 고정시킴으로써 형성되는 HG 블랭킷(1999)을 나타낸다. 도 19는 도 19A의 완벽한 블랭킷(1999)의 제조에 있어서 초기 단계를 나타낸다.

다른 방식에 있어서, 음량 재료(191)(발포체, 섬유유리 탄 솜 등과 같은)가 슬릿으로 절단되고, 매스가 요구된 깊이(즉, 플러그가 필요없는)로 슬릿내에 삽입된다. 아교접합, 발포체 등과 같은 결합방법이 슬릿을 폐쇄하고 매스를 제 위치에 고정하도록 사용된다.

실시 예 Ⅳ

도 20을 참조하면, 본 발명의 HG 블랭킷은, 하기의 예로서 한정되는 것은 아니지만, 원형, 만곡된 구간들, 직사각형 및 박스형 HG블랭킷으로 이루어진다. 원형 HG 블랭킷(200C)은 삽입된 매스(209)와 음향 재료(201)(즉, 발포체 등과 같은)를 포함한다. 만곡된 구간 HG 블랭킷(200V)은 매스(209) 및 음향 재료(201)를 포함한다. 직사각형 HG 블랭킷(200R)은 매스(209) 및 음향 재료(201)를 포함한다. L-구간 HG 블랭킷(200L)은 매스(209) 및 음향 재료(201)를 포함한다. 박스 구간 HG 블랭킷(200B)은 매스(209) 및 음향 재료(201)를 포함한다.

실시 예 Ⅴ

도 21을 참조하면, 삽입된 매스(209)와 음향 재료(201)(즉, 발포체 등과 같은)를 포함하는 본 발명의 HG 블랭킷은, 리지들, 곡선들, 물결모양 선들 및 피크들(즉, 단일 피크나 다중 피크들)와 같은 각기 다른 형상의 표면을 구비한다. HG 블랭킷은 실시 예 Ⅰ 내지 실시 예 Ⅳ를 포함하고 이들과 결합한다. 만곡되거나 물결모양의 표면의 예는 표면(212)이다. 톱니모양의 표면의 예는 표면(213)이다. 쐐기의 예는 단일 쐐기(214)이다.

실시 예 Ⅰ 내지 실시 예 Ⅳ는 제한되지 않는 예들이다. 음향 재료와 삽입된 매스들을 포함하는 다양한 매트릭스들이 설계되고 구성될 수 있다. 진동 흡수 효과를 갖게되는 음향 재료와 매스들을 포함하느 매트릭스를 구성하는데 있어서, 예를 들면, 볼, 디스크, 판 혹은 다른 기하학적으로 규칙적이거나 불규칙한 형상과 같은 다양한 형상이 매스들에 대하여 사용될 것이다. 매스들은 동일하거나 다른 형상이다. 매스들은 동일하거나 다른 크기를 가지며, 동일하거나 다른 중량을 갖는다. 매스들을 구성하는 재료들의 예는 금속, 플라스틱, 세라믹, 유리섬유, 탄소 등, 고체들, 겔들, 섬유 등이다. 매스들은 음향 재료에서 여러 가지 깊이와 가변 매스 대 매스 공간에 따라 위치한다.

매스와 그 하중, 크기 및 위치의 선택은 진동 흡수체가 사용되는 경우에 어드레스될 우세한 주파수에 의해서 결정된다. (HG 블랭킷과 같은) 진동 흡수체는 큰 전달 손실 및/또는 특정 주파수 혹은 주파수들의 세트에서 흡수를 나타내도록 조율될 수 있다. 매스의 크기, 형상 및 하중은 음향과 진동 반응에 영향을 끼친다. 매스의 다소간의 세트를 특정 깊이로 위치시키는 것은 블랭킷을 "조율(tunes)"하기 때문에, 매스의 위치는 특별히 주목할만하다. HG 블랭킷은 매스를 매트릭스 재료(즉, 음향 재료)의 테두리에 근접시킴으로써 특정 용도에서 성능을 향상시킬 수 있다.

진동 흡수체(즉, HG 블랭킷)는 각각의 층에서 특정 위치들에 위치하는 고체 재료나 층들로부터 제조될 수 있다. 층들은 원하는 상업적 용도의 기하학적 요구사항을 충족시키도록 두께와 형상(즉, 사각형, 원형, 타원형, 직사각형 등)을 변화시킬 수 있다. 특정한 HG 블랭킷에서 층들의 수는 전체의 허용 두께와 공진 주파수들에 의존한다. 층들이나 고체들에서 HG 블랭킷의 가변적인 형상들은 원형, 만곡형상, 직사각형, L 구간, 박스 등이다. HG 블랭킷에서 층들의 수는 응용분야, 두께, 중량, 주파수 및/또는 삽입될 매스의 수에 의해서 결정된다. HG 블랭킷에 포함된 층들은 조율 과정에서 요구에 따라 균등한 두께나 가변 두께가 될 수 있다. 매스들이 층이나 고체 내료 내에 결합제와 함께 삽입되거나 기계적으로 삽입될 수 있다.

HG 블랭킷은 기계적인 클램프나 스크루들의 사용, 아교나 다른 접착제들의 사용을 포함한 적당한 수단에 의해서 진동 제어를 위한 구조물이나 장치에 적용되거나 부착될 수 있다.

튜닝은 상기한 바와 같은 기술에 따라서 달성될 수 있거나, 혹은 HG 블랭킷을 구조물이나 장치에 부착하고 HG 블랭킷 내에서 매스들(즉, 납이나 금속추, 점성 함유 물체 등)을 개구부나 슬릿들 내로 각기 다른 위치 및/또는 각기 다른 높이(장치나 구조물에 근접하나 멀게)에 삽입함으로써 달성될 수 있다.

실시 예 Ⅷ

도 22a 및 22b는 발포체 재료(402)에 위치된 연속적이거나 얇은 반 연속적인(즉, 분절화된) 얇은 매스 층(400, 400')을 나타낸 도면이다. 발포체 재료(402)는 모놀리식(두께 단일 층)으로 형성되거나, 위에서 설명한 바와 같이 다중 층으로 형성될 수 있다. 얇은 매스 층(400,400')은 금속, 플라스틱, 얇은 탄성 매스등을 포함하는 여러 가지 다른 재료들로 이루어질 수 있다. 얇은 매스 층들의 주요 기능은 예를 들면 X-Y 차원으로 발포체 재료의 길이와 폭을 유지하고 어느 정도의 단단함을 제공하는 것이다. 발포체에 삽입된 림프 매스를 포함하는 림프 매스 장벽들은 저주파 음향 신호와 소음을 흡수하기 위해서 사용된다. 그러나, 본 발명은 X-Y 평면에 분포되고 Z축 방향으로 발포 재료(402)에서 표면 위로 배치된 다수의 삽입된 매스들(404)을 포함함으로써, 그러한 장치를 개선한다. 위에서 상세하게 설명한 바와 같이, 주파수를 조정하기 위한 다수의 삽입된 매스들(404)은 도 22a와 22b에 도시된 장치에 의해서 완충될 수 있는 주파수를 조정하기 위해서 제공된다. 이것은 진동들(즉, 음향 신호들과 소음들)을 완충하도록 연속적이거나 얇은 반 연속적인 얇은 매스 층(400, 400')과 접촉함으로써 이루어진다. 도면을 통해서, 삽입된 매스들(402)은 연속적이거나 얇은 반 연속적인 얇은 매스 층(400, 400')의 대향하는 측면들 상에 위치하는데, 삽입된 매스들은 한쪽 혹은 양쪽 모두에 위치할 수 있음을 이해할 수 있을 것이다. 상기한 이유로 인하여, 도 22a와 22b에 도시된 림프 매스 장벽들은 이전 기술보다 상당히 경량일 것으로 판단되며, 본 발명의 장점으로서 매스 층(400, 400')에 대한 삽입된 매스(404)의 스프링/매스 관계로 인하여 완충효과가 얻어지고, 이것은 연속적이거나 얇은 반 연속적인 얇은 매스 층(400, 400')을 보다 경량화할 수 있게 한다. 공간(405)에서의 분절화는 도 22b에 도시된 재료로 하여금 사용자가 용도에 부합하여 다양한 형상으로 구부러질 수 있게 한다.

도 22a와 22b에 도시된 블랭킷 타입의 장치들과 같은 재료들은 비행기 동체와 같은 진동 구조물에 직접적으로 적용되는 것에 따라서 자유로이 직립 또는 현수될 수 있는 능력을 갖는다. 예를 들면, 도 22a와 22b에 도시된 재료는 조용하거나 매우 조용한 텐트를 가능하도록 사용될 수 있으며, 이에 의해 텐트의 내 외부에서 발행한 음향이나 소음이 진동 에너지를 흡수하는 림프 매스 층(400,400')으로 인하여 재료를 통해서 전달되는 것을 방지하고, 상기한 바와 같은 방식으로 삽입 매스(404)에 의해서 완충 된다. 자동차나 다른 차량의 도어 내부에 재료를 위치시키는 것과 같은 많은 다른 용도에 있어서, 원하지 않는 음파를 완충시키기 위해 룸(즉, 벽, 천정으로부터 매달린 것 등) 내부에 재료를 위치시킬 수 있다. 이때, 상기에서 언급한 많은 다른 용도들은 해당 기술분야의 숙련된 당업자에 의해서 용이하게 이해될 것이다.

실시 예 Ⅶ(견본)

매스들(함유물)을 위한 여러 가지 형상들, 중량들, 공간 및 깊이를 채용하여 견본을 제조하였다. 견본을 테스트하였다. 대부분의 테스트는 6~8g의 중량을 포함하여 재료의 $16ft^2$ 당 약 300~400g 사이의 전체 중량을 증가시켰다. 테스트 결과, 모든 주파수, 특히 낮은 주파수와 1,000Hz 이상의 주파수에서 개선된 감쇠 성능을 보였다. 각기 다른 크기, 위치 및 중량을 포함한 위치 변화로 인하여 실제적인 튜닝이 이루어졌다. 특정 주파수에서 음향 성능을 향상시키도록 다수의 크기, 중량 및 위치 변화를 HG 블랭킷에 테스트를 수행하였다. 그러므로, 함유물들(매스들)은 균등한 형상을 이루며 임의로 혹은 단일 패턴으로 위치된 하중을 가지며, 이와는 달리 다수의 형상을 이루며 임의로 혹은 단일 패턴으로 위치된 하중을 갖는다.

삽입된 매스들의 매트릭스를 포함하는 HG 블랭킷의 목적과 용도는 다음에 열거하는 것 중 하나 혹은 그 이상이다. 즉, 구조물 자체 진동을 감소시키는 것, 매트릭스(음향) 재료 단독에 비해서 상당히 증가된 전달 손실(TL)을 제공하는 것, 그리고 반향을 감소시키는 것이다. 함유물은 재료의 전체 중량을 상당히 증가시키는 것 없이 통상적인 비충전 흡수재료의 음향 성능을 향상시킨다. 비교 시험을 통해서, 함유물없이 함께 결합된 재료들은 함유물과 함께 결합된 재료의 향상된 성능을 제공하지 못한다는 사실을 알 수 있었다.

산업상 이용 가능성

상기에서는 본 발명의 바람직한 실시 예를 참조하여 설명하였지만, 해당기술분야의 숙련된 당업자는 하기의 특허청구범위에 기재된 본 발명의 사상 및 영역으로부터 벗어나지 않는 범위 내에서 본 발명을 다양하게 수정 및 변경시킬 수 있음을 이해할 수 있을 것이다.

도면의 간단한 설명

상기한 목적과 다른 목적들, 특징 및 장점들은 첨부도면을 참조한 하기의 바람직한 실시 예의 상세한 설명을 통해서 보다 양호하게 이해될 것이다, 첨부 도면에서:

도 1은 본 발명의 바람직한 제 1 실시 예의 분포된 능동 진동 흡수체(DAVA)의 개략도;

도 2는 전기적인 여기하에서 DAVA의 능동 탄성 층의 움직임을 나타낸 도면;

도 3은 기계적인 여기하에서 DAVA의 능동 탄성 층의 움직임을 나타낸 도면;

도 4는 DAVA의 전극에 대한 연결부를 개략적으로 나타낸 도면;

도 5는 포인트 흡수체와 비교한 DAVA의 성능을 측정하도록 사용된 실험적인 구성을 나타낸 도면;

도 6은 100g의 6" 분포 흡수체(활성화되지 않음), 100g의 포인트 흡수체, 및 100g의 분포된 매스 층에 대한 도 5에 도시된 테스트 리그의 결과 그래프;

도 7은 도 5의 실험적인 구성의 결과들을 개별적으로 나타낸 그래프;

도 8은 본 발명의 DAVA를 사용하여 수행된 능동 제어 실험을 나타낸 도면;

도 9는 본 발명에 따라서 사용된 컨트롤러와 테스트 리그의 레이아웃을 나타낸 도면;

도 10은 일정한 매스 분포 DAVA에 대한 능동 제어 실험의 결과 그래프;

도 11은 임의로 변하는 매스 분포에 대한 DAVA를 나타낸 도면;

도 12는 가변 두께의 매스들을 갖는 매스 층을 구비한 진동 흡수체의 단면도;

도 13은 불균일한 매스의 매스 층들(도 12에 도시된 바와 같이 일체화하지 않은)을 가지며 각기 다른 위치에서 각기 다른 두께를 갖는 진동 흡수체의 단면도;

도 14는 완충 하에 있는 구조물에 대향하는 DAVA의 일측에서 발생한 진동 소음 혹은 다른 진동 입력이 진동 층 내로 침투할 수 있게 하고, 탄성 층과 매스 층의 조합을 사용하여 완충되는 관통 매스 층을 구비한 DAVA를 나타낸 도면으로서, 상부 매스 층으로부터 원하지 않는 소음 방출을 줄이도록 사용할 수 있는 구조물을 나타낸 도면;

도 15는 각기 다른 매스 층들에서 각기 다른 크기와 형상들의 불균일한 매스들을 갖는 진동 흡수체의 단면도;

도 16은 튜브들에 배열된 PVDF 혹은 탄성 재료를 포함하는 능동 혹은 수동 스프링 층에 의해서 지지되는 매스 층을 나타낸 도면;

도 17은 본 발명에 따른(하기 예 Ⅰ 참조) 예시적인 이종 블랭킷의 단면도;

도 17A는 도 17의 일부분의 확대도;

도 18은 본 발명에 따른(하기 예 Ⅱ 참조) 블랭킷의 단면도;

도 19 및 도 19A는 본 발명에 따른(하기 예 Ⅲ 참조) 블랭킷의 단면도;

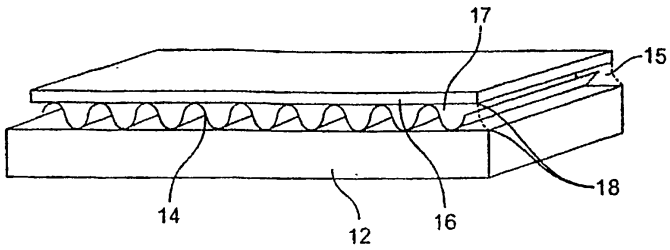
도 20은 본 발명에 따른 HG 블랭킷(하기 예 Ⅳ 참조)의 여러가지 예들을 나타낸 도면;

도 21a～c는 매스가 삽입된 예시적인 재료의 측면도로서, 물결모양, 등고선 모양 혹은 들쑥날쑥한 적어도 하나의 표면을 갖는 재료의 측면도; 그리고

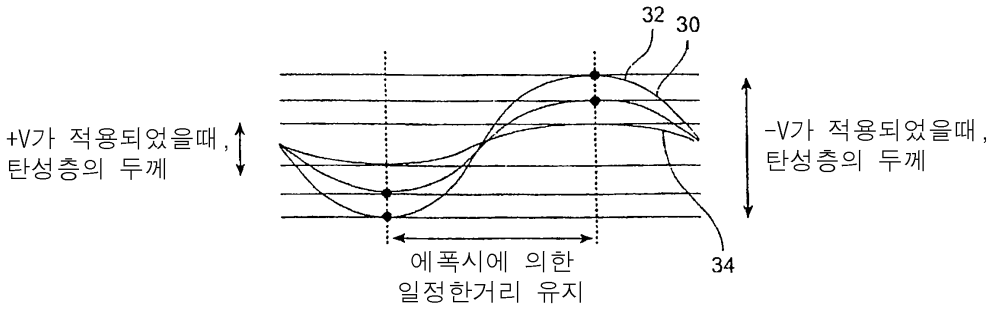
도 22a 및 22b는 삽입된 얇은 매스 층과 삽입된 HG 매스를 포함하는 HG 블랭킷의 단면도.

도면

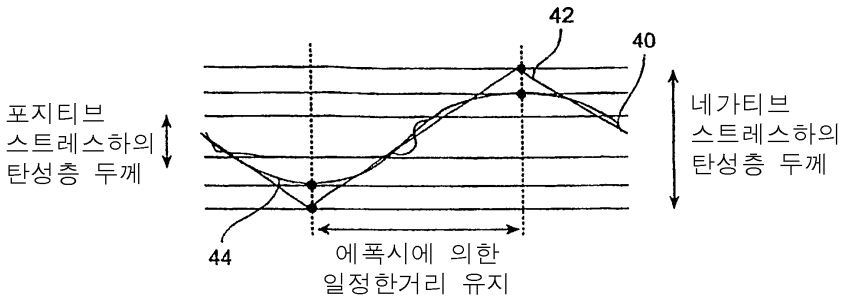
도면1



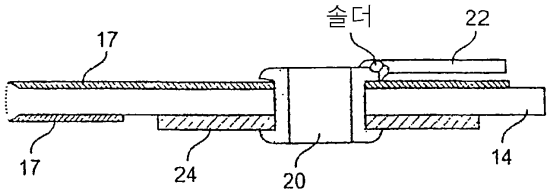
도면2



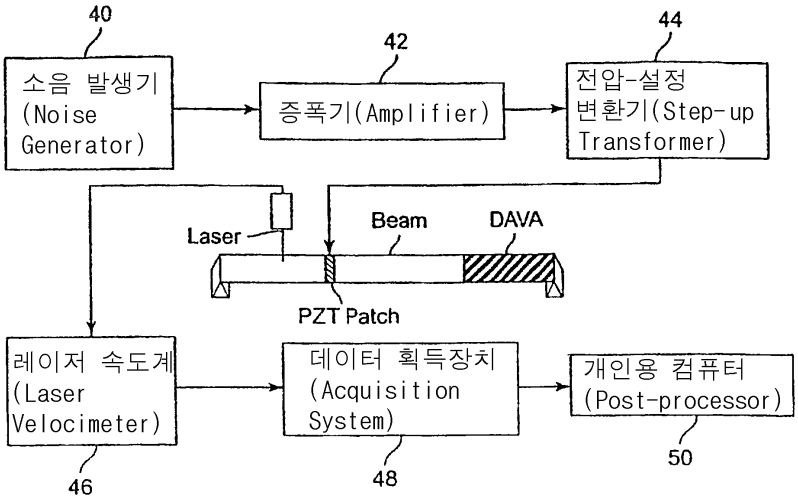
도면3



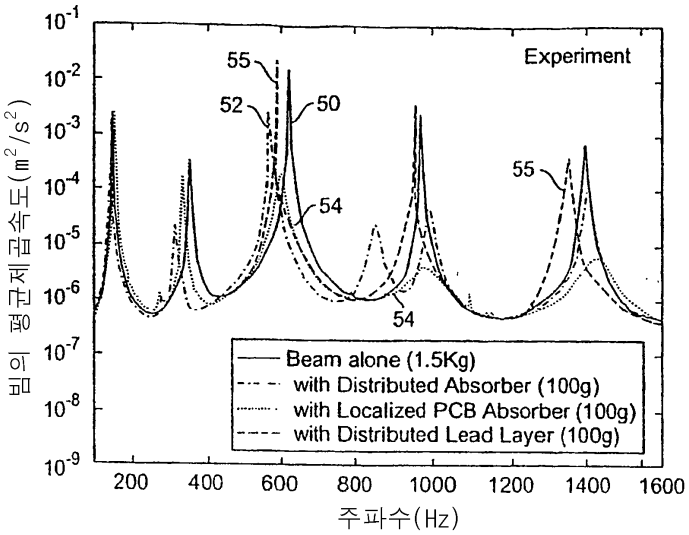
도면4



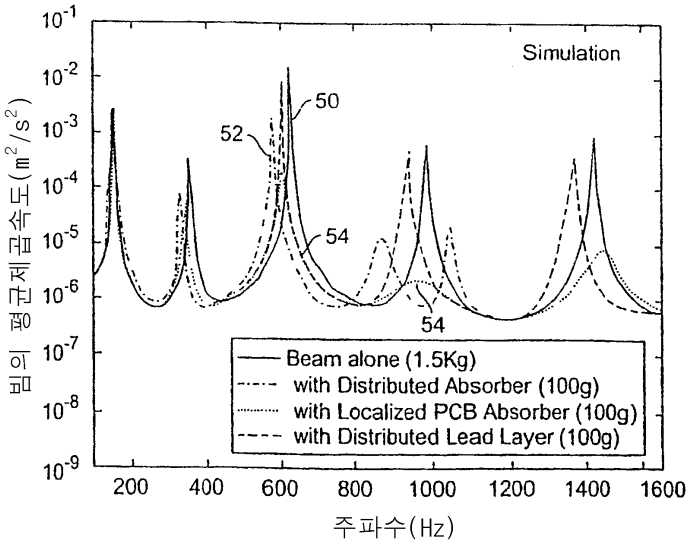
도면5


40
소음 발생기 (Noise Generator)
42
증폭기(Amplifier)
44
전압-설정 변환기(Step-up Transformer)
Laser
Beam
DAVA
PZT Patch
레이저 속도계 (Laser Velocimeter)
46
데이터 획득장치 (Acquisition System)
48
개인용 컴퓨터 (Post-processor)
50

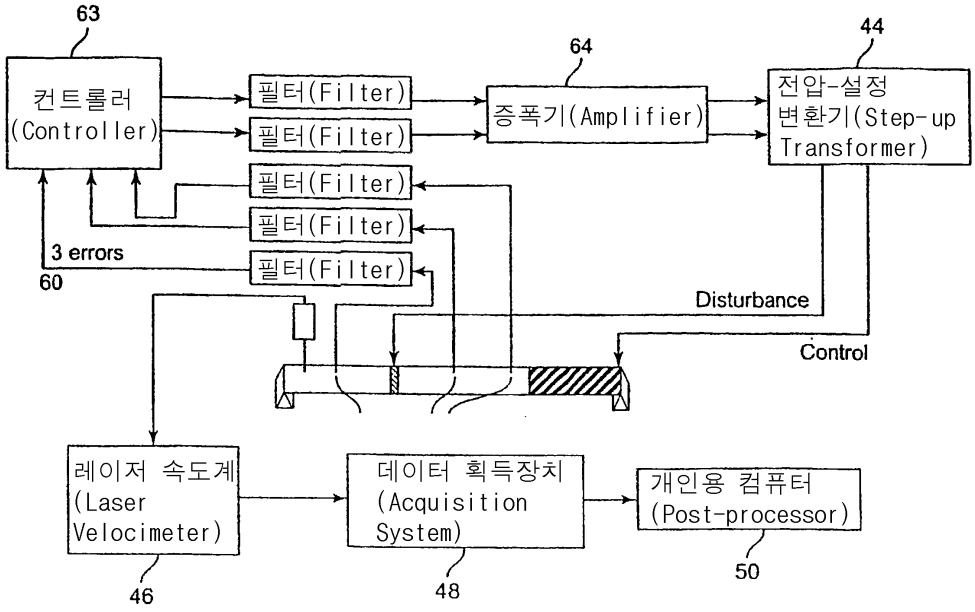
도면6


Experiment
55
52
50
54
54
55
Beam alone (1.5Kg)
with Distributed Absorber (100g)
with Localized PCB Absorber (100g)
with Distributed Lead Layer (100g)
빔의 평균제곱속도(m²/s²)
주파수(Hz)

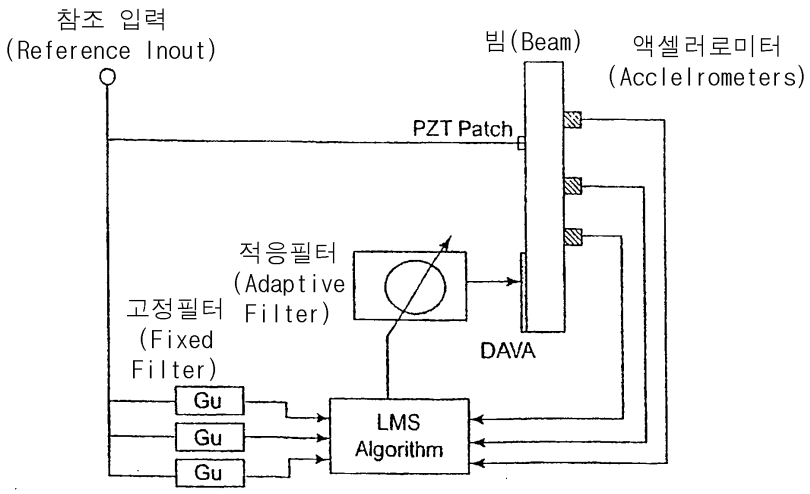
도면7


Simulation
50
52
54
54
Beam alone (1.5Kg)
with Distributed Absorber (100g)
with Localized PCB Absorber (100g)
with Distributed Lead Layer (100g)
빔의 평균제곱속도(m²/s²)
주파수(Hz)

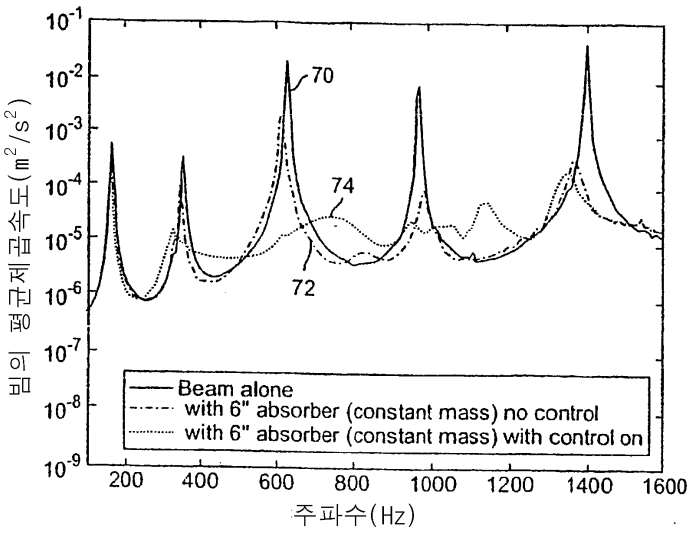
도면8


63
컨트롤러
(Controller)
필터(Filter)
필터(Filter)
64
증폭기(Amplifier)
44
전압-설정
변환기(Step-up
Transformer)
필터(Filter)
필터(Filter)
필터(Filter)
3 errors
60
Disturbance
Control
레이저 속도계
(Laser
Velocimeter)
46
데이터 획득장치
(Acquisition
System)
48
개인용 컴퓨터
(Post-processor)
50

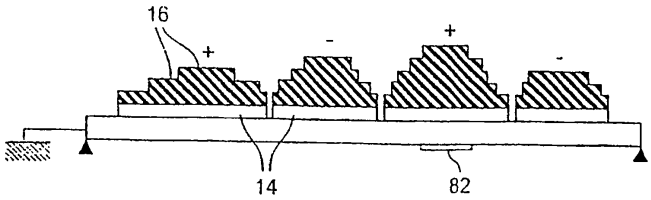
도면9


참조 입력
(Reference Inout)
빔(Beam)
액셀러로미터
(Acclelrometers)
PZT Patch
적응필터
(Adaptive
Filter)
고정필터
(Fixed
Filter)
DAVA
Gu
Gu
Gu
LMS
Algorithm

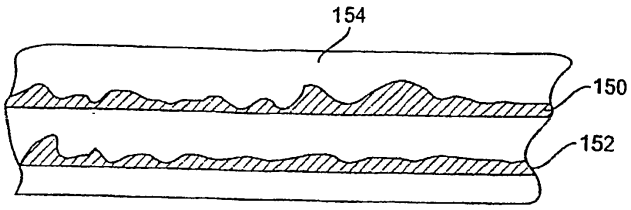
도면10


빔의 평균제곱속도(m²/s²)
10⁻¹
10⁻²
10⁻³
10⁻⁴
10⁻⁵
10⁻⁶
10⁻⁷
10⁻⁸
10⁻⁹
70
74
72
Beam alone
with 6" absorber (constant mass) no control
with 6" absorber (constant mass) with control on
200
400
600
800
1000
1200
1400
1600
주파수(Hz)

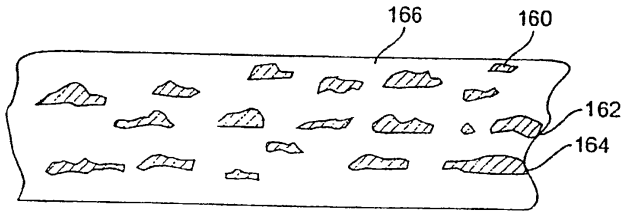
도면11



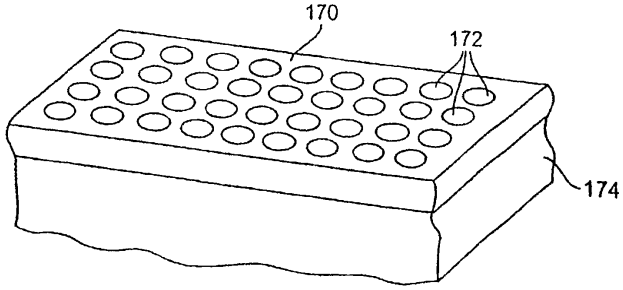
도면12



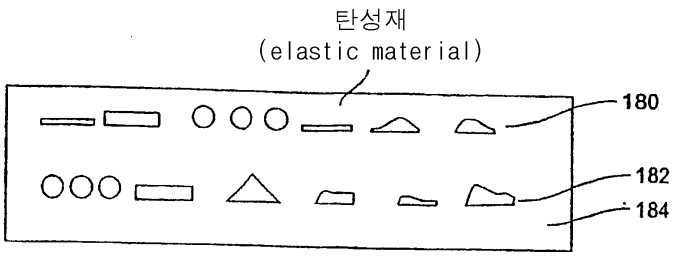
도면13



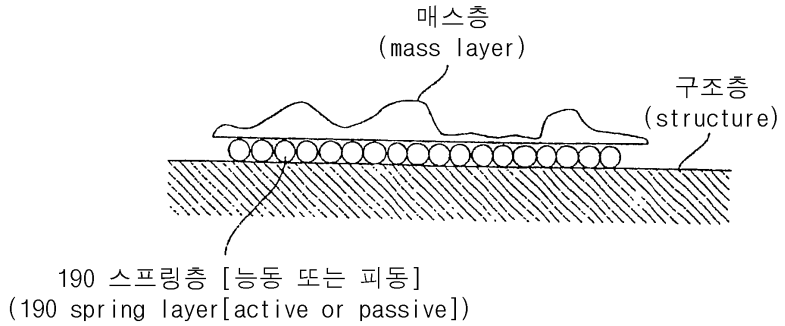
도면14



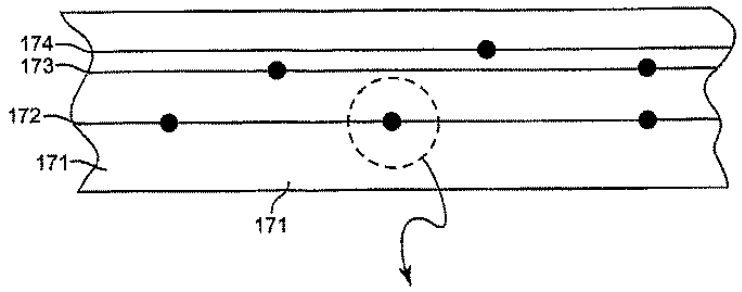
도면15



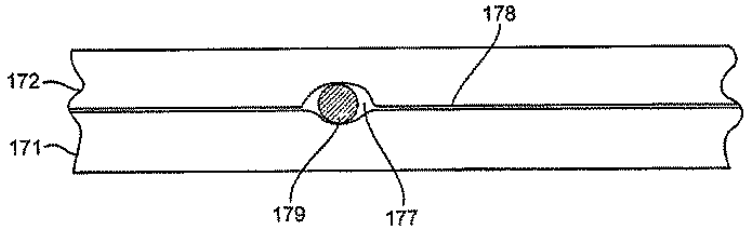
도면16



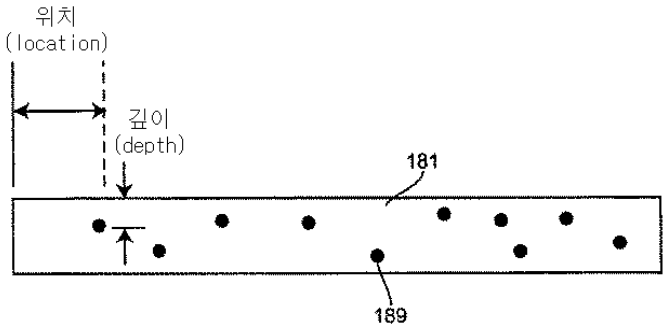
도면17



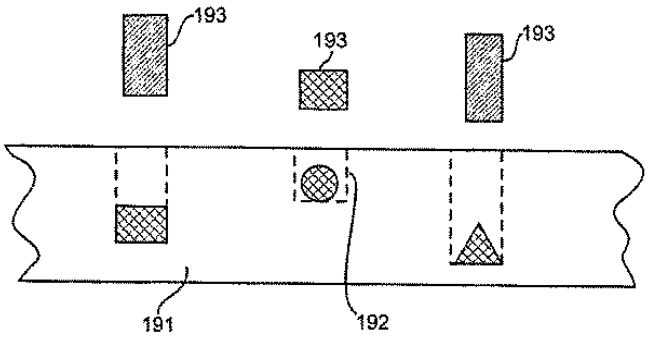
도면17a



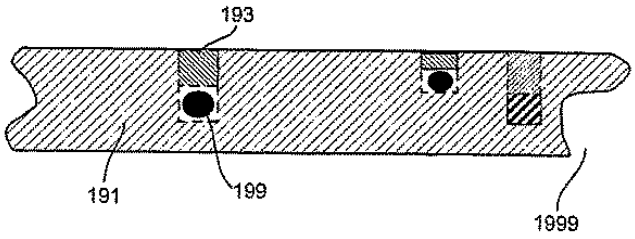
도면18



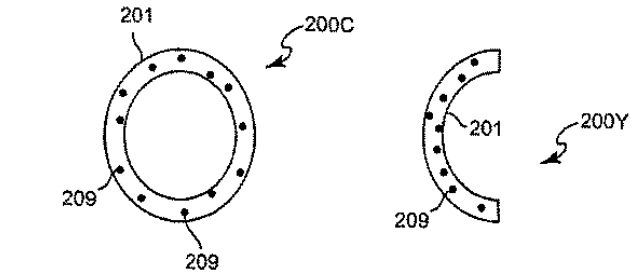
도면19

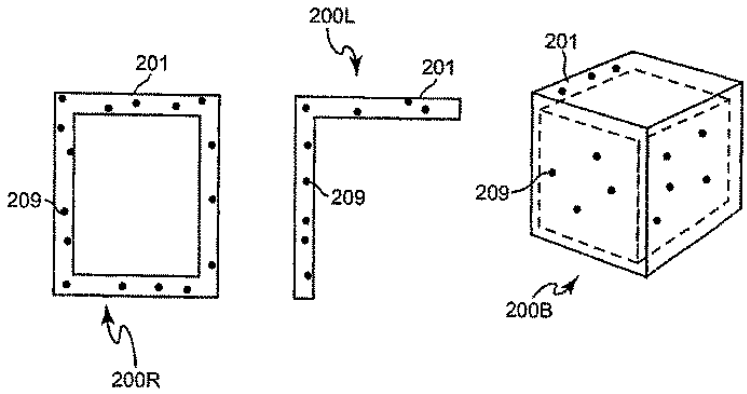


도면19a



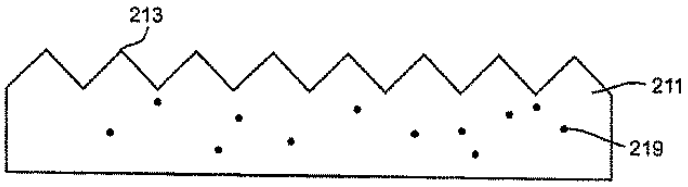
도면20



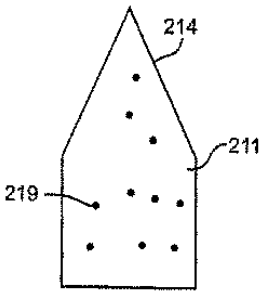


도면21a

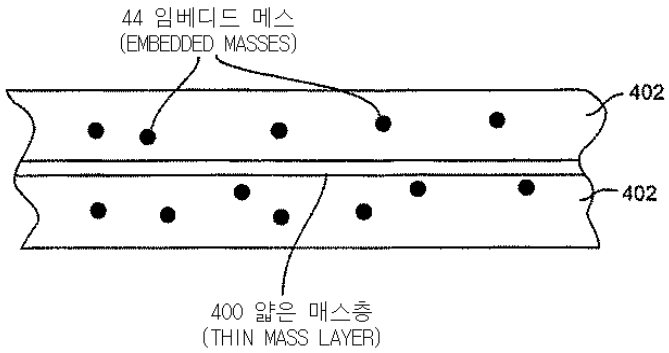
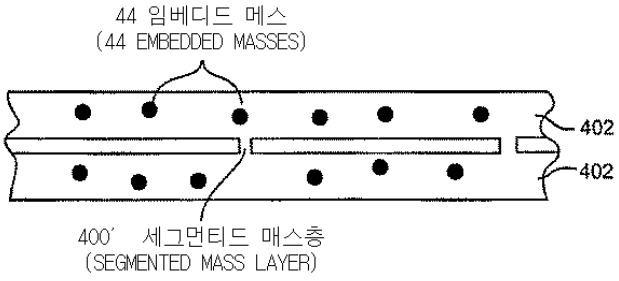
도면21b



도면21c



도면22a



도면22b