



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2020년01월20일

(11) 등록번호 10-2068270

(24) 등록일자 2020년01월14일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)  
*B06B 1/06* (2006.01) *G10K 11/00* (2006.01)  
*G10K 11/02* (2006.01) *H04R 17/00* (2006.01)  
(21) 출원번호 10-2014-7032763  
(22) 출원일자(국제) 2013년04월23일  
심사청구일자 2018년03월20일  
(85) 번역문제출일자 2014년11월21일  
(65) 공개번호 10-2015-0048666  
(43) 공개일자 2015년05월07일  
(86) 국제출원번호 PCT/GB2013/051028  
(87) 국제공개번호 WO 2013/160669  
국제공개일자 2013년10월31일  
(30) 우선권주장  
1207045.4 2012년04월23일 영국(GB)  
(56) 선행기술조사문헌  
JP2007505540 A\*  
JP2008061081 A\*  
JP2010528547 A\*  
\*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자  
구글 엘엘씨  
미국 캘리포니아 마운틴 뷰 엠피시어터 파크웨이  
1600 (우:94043)  
(72) 발명자  
이스트 제임스  
영국 케임브리지셔 파이29 6엑스에이 케임브리지  
헌팅던 피크스 코트 16  
해리스 네일 존  
영국 케임브리지셔 씨비22 4엔엘 케임브리지 휘틀  
스포트 스테이션 로드 웨스트 2  
(74) 대리인  
박장원

전체 청구항 수 : 총 20 항

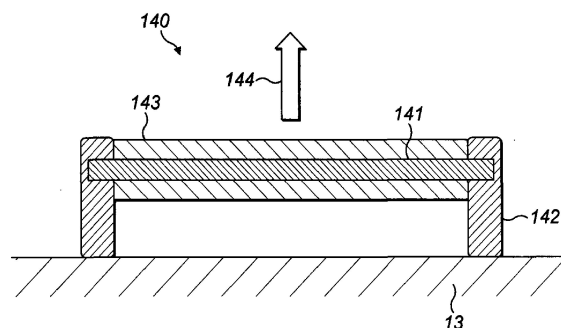
심사관 : 김종천

(54) 발명의 명칭 임피던스 정합이 개선된 변환기

## (57) 요약

작동 주파수 범위에 걸친 기계적 임피던스를 가지며 작동 주파수 범위에 걸친 부하로의 원하는 파워 커플링(145)을 가지는 변환기(140)는 작동 주파수 범위에서 모드의 주파수 분포를 가지는 압전 디바이스(141) 및 오버몰드(143)를 포함한다. 오버몰드(143)는 압전 디바이스(141)의 적어도 일 부분을 둘러싸도록 배열되고, 상기 오버몰드(143)의 파라미터는 변환기(140)의 기계적 임피던스와 상기 부하의 기계적 임피던스 사이의 요구되는 임피던스 정합을 제공하도록 선택된다. 대안적인 변환기는 압전 디바이스의 주변의 적어도 일 부분의 개별 부분을 유지하기 위한 장착 수단을 포함하며 장착 수단의 파라미터는 압전 디바이스의 주변에 대해 요구되는 경계 조건을 제공하도록 선택되고 이에 의해 변환기와 부하 사이의 원하는 파워 커플링이 제공된다.

## 대표도



## 명세서

### 청구범위

#### 청구항 1

디바이스로서,

터치 스크린; 및

상기 터치 스크린에 결합되는 변환기를 포함하고, 상기 변환기는,

30 미만의 쇼어 A 경도를 갖는 폴리머의 적어도 하나의 주요 표면 상에서 지지되는 압전 빔 (piezoelectric beam);

기계적 그라운드; 및

상기 압전 빔의 대향하는 측방향 단부들에서 상기 기계적 그라운드와 상기 압전 빔을 결합하는 적어도 2개의 지지부들을 포함하고, 상기 지지부들은 상기 지지부들에 대한 상기 압전 빔의 피벗 운동(pivot movement)을 허용하고 상기 지지부들에 대한 병진 운동(translational movement)을 감소시키는 배치에서 상기 기계적 그라운드와 상기 압전 빔을 결합하며,

각각의 지지부는 40 초과의 쇼어 A 경도와 100 미만의 쇼어 D 경도를 갖는 탄성중합체(elastomer)를 포함하고,

상기 압전 빔과 상기 터치 스크린은 상기 적어도 하나의 주요 표면 중 하나에서 결합되는 것을 특징으로 하는 디바이스.

#### 청구항 2

제1항에 있어서,

상기 30 미만의 쇼어 A 경도를 갖는 폴리머는 탄성중합체 또는 고무(rubber)인 것을 특징으로 하는 디바이스.

#### 청구항 3

제1항에 있어서,

상기 30 미만의 쇼어 A 경도를 갖는 폴리머가 상기 압전 빔을 둘러싸는 것을 특징으로 하는 디바이스.

#### 청구항 4

제1항에 있어서,

상기 지지부들 각각은 1 mm 이상의 두께를 갖는 것을 특징으로 하는 디바이스.

#### 청구항 5

제1항에 있어서,

상기 지지부들 각각은 1 mm 미만의 두께를 갖는 것을 특징으로 하는 디바이스.

#### 청구항 6

제1항에 있어서,

상기 30 미만의 쇼어 A 경도를 갖는 폴리머는 상기 압전 빔에 의해 정의되는 평면에 대해 수직인 방향으로 0.5mm 이상의 두께를 갖는 것을 특징으로 하는 디바이스.

#### 청구항 7

제1항에 있어서,

상기 30 미만의 쇼어 A 경도를 갖는 폴리머는 상기 압전 빔에 의해 정의되는 평면에 대해 수직인 방향으로

0.5mm 미만의 두께를 갖는 것을 특징으로 하는 디바이스.

#### 청구항 8

제1항에 있어서,

상기 압전 빔은 유니-모프(uni-morph)를 포함하는 것을 특징으로 하는 디바이스.

#### 청구항 9

제1항에 있어서,

상기 압전 빔은 바이-모프(bi-morph)를 포함하는 것을 특징으로 하는 디바이스.

#### 청구항 10

제1항에 있어서,

상기 압전 빔의 측방향 단부들은 적어도 2개의 지지부들 각각의 내부로 부분적으로 연장되는 것을 특징으로 하는 디바이스.

#### 청구항 11

제1항에 있어서,

각각의 지지부는 각 지지부의 전체 표면들을 둘러싸는 제한층(restraining layer)을 가지며, 각각의 제한층은 각각의 지지부의 용적 변경(change in volume)을 방지하는 것 특징으로 하는 디바이스.

#### 청구항 12

디바이스로서,

터치스크린; 및

상기 터치스크린에 결합된 변환기를 포함하며, 상기 변환기는,

30 미만의 쇼어 A 경도를 갖는 폴리머의 적어도 하나의 주요 표면 상에서 지지되는 압전 빔; 및

상기 압전 빔과 상기 터치스크린을 결합하는 커플러를 포함하고, 상기 커플러는 40 초과의 쇼어 A 정도와 100 미만의 쇼어 D 경도를 갖는 탄성중합체를 포함하는 것을 특징으로 하는 디바이스.

#### 청구항 13

제12항에 있어서,

상기 커플러는 상기 압전 빔의 중앙에 위치하는 것을 특징으로 하는 디바이스.

#### 청구항 14

제12항에 있어서,

상기 커플러는 상기 압전 빔의 측방향 단부들 중 하나에 위치하는 것을 특징으로 하는 디바이스.

#### 청구항 15

제12항에 있어서,

상기 30 미만의 쇼어 A 경도를 갖는 폴리머는 탄성중합체 또는 고무(rubber)인 것을 특징으로 하는 디바이스.

#### 청구항 16

제12항에 있어서,

상기 30 미만의 쇼어 A 경도를 갖는 폴리머가 상기 압전 빔을 둘러싸는 것을 특징으로 하는 디바이스.

#### 청구항 17

제12항에 있어서,

상기 30 미만의 쇼어 A 경도를 갖는 폴리머는 상기 압전 빔에 의해 정의되는 평면에 대해 수직인 방향으로 0.5mm 이상의 두께를 갖는 것을 특징으로 하는 디바이스.

#### 청구항 18

제12항에 있어서,

상기 30 미만의 쇼어 A 경도를 갖는 폴리머는 상기 압전 빔에 의해 정의되는 평면에 대해 수직인 방향으로 0.5mm 미만의 두께를 갖는 것을 특징으로 하는 디바이스.

#### 청구항 19

제12항에 있어서,

상기 압전 빔은 유니-모프(uni-morph) 또는 바이-모프(bi-morph)를 포함하는 것을 특징으로 하는 디바이스.

#### 청구항 20

제12항에 있어서,

상기 압전 빔과 상기 터치스크린을 결합하는 하나 이상의 지지부들을 더 포함하고, 상기 하나 이상의 지지부들은 30 미만의 쇼어 A 경도를 갖는 폴리머를 포함하는 것을 특징으로 하는 디바이스.

#### 청구항 21

삭제

#### 청구항 22

삭제

#### 청구항 23

삭제

#### 청구항 24

삭제

#### 청구항 25

삭제

#### 청구항 26

삭제

#### 청구항 27

삭제

#### 청구항 28

삭제

#### 청구항 29

삭제

#### 청구항 30

삭제

청구항 31

삭제

청구항 32

삭제

청구항 33

삭제

청구항 34

삭제

청구항 35

삭제

청구항 36

삭제

청구항 37

삭제

청구항 38

삭제

청구항 39

삭제

청구항 40

삭제

청구항 41

삭제

청구항 42

삭제

청구항 43

삭제

청구항 44

삭제

청구항 45

삭제

청구항 46

삭제

청구항 47

삭제

청구항 48

삭제

청구항 49

삭제

청구항 50

삭제

청구항 51

삭제

청구항 52

삭제

청구항 53

삭제

청구항 54

삭제

청구항 55

삭제

청구항 56

삭제

청구항 57

삭제

청구항 58

삭제

청구항 59

삭제

청구항 60

삭제

청구항 61

삭제

청구항 62

삭제

청구항 63

삭제

청구항 64

삭제

청구항 65

삭제

청구항 66

삭제

청구항 67

삭제

청구항 68

삭제

청구항 69

삭제

청구항 70

삭제

청구항 71

삭제

청구항 72

삭제

청구항 73

삭제

## 발명의 설명

## 기술 분야

[0001] 후술되는 것은 또한 액추에이터로서 불리는 변환기에 대한 개선에 관한 것이다.

## 배경 기술

[0002] 도 1은 이상적인 단순 지지 분포 모드 액추에이터(압전 액추에이터)(10)의 도해를 도시하며; 이는 또한 변환기로서 불린다. 압전 공진 요소(11)는 이상적인 단순 지지 마운트(mount; 12)에 유지된다. 마운트(12)는 임의의 방향으로의 요소(11)의 임의의 병진 운동 움직임을 방지하며, 반면 빔의 단부에서 회전 지점을 중심으로한 회전 움직임을 허용한다. 이는 이상적인 단순 지지를 구성한다. 기계적 그라운드(mechanical ground; 13)에 장착된 변환기가 도시되고 파워 또는 힘 또는 속도(14)를 도시되지 않은 부하로 커플링한다.

[0003] 도 2는 관성 압전 액추에이터(20)의 도해를 도시하며; 이는 또한 변환기로서 불린다. 압전 공진 요소(21)는 커플러(coupler; 22) 상에 장착된다. 커플러(22)는 자체적으로 구동될 부하(23)에 장착된다. 커플러(22)는 파워 또는 힘 또는 속도(24)를 부하(23)로 커플링한다.

[0004] 도 3은 부하 임피던스(load impedance)의 함수로서 도 1 또는 도 2 중 어느 하나에 도시된 바와 같은 대표적인

변환기의 속도 및 힘의 표현을 도시하며 결과적인 파워가 또한 도시된다. 부하 임피던스는 0으로부터 최대(무한대)까지 변화하지만 여기서 1로서 표시된다.

- [0005] 대표적인 변환기의 공진 요소의 속도가 도시된다. 이 속도는 0의 부하 임피던스에서 최대치를 가지며 자유 속도와 칭한다. 상기 속도는 최대 또는 무한 부하 임피던스에서 최소치를 갖는다.
- [0006] 변환기의 공진 요소에 의해 부하에 제공되는 힘이 또한 도시된다. 이는 0의 부하 임피던스에서 최소치를 가지며 최대 또는 무한 부하 임피던스에서 최대치까지 상승한다.
- [0007] 변환기로부터 부하로 커플링되도록 이용가능한 파워가 도시되며, 여기서 파워는 힘 x 속도의 결과물이다.
- [0008] 이상적으로 소망하는 힘, 속도 및 파워는 50,000Hz로부터 아래로 효과적으로 0Hz 까지(이는 가청 주파수 범위를 포함하지만, 이에 제한되지 않음) 확장할 수 있는 변환기의 작동 주파수 범위에 걸쳐 변환기로부터 부하 임피던스까지 커플링될 것이 요구된다. 변환기로부터 부하 임피던스까지 커플링될 수 있는 파워는 변환기에 대한 장점의 상징으로서 생각될 수 있으며 변환기를 부하로의 커플링과 관련된 문제점은 파워를 고려할 때 용이하게 이해될 수 있다.
- [0009] 일부 변환기 적용들에서, 최대 속도를 부하에 커플링하는 것이 바람직하며, 반면에 일부 변환기 적용들에서 최대 힘을 부하에 커플링하는 것이 바람직하다. 이러한 상황들 중 어느 하나 또는 모두에서 최대 가능 파워를 특별한 변환기 설계에 이용가능한 부하에 커플링하는 것이 바람직할 수 있어 특별한 적용을 위해 변환기의 요구되는 크기를 최소화한다.
- [0010] 원하는 파워를 변환기로부터 부하에 효과적으로 커플링하도록, 변환기의 기계적 임피던스는 관심 주파수 범위에 걸쳐 부하의 임피던스에 정합하여야 하며, 이는 또한 주파수에 의한 파워, 힘 및 속도에서의 비교적 매끄러운 변화를 초래한다.
- [0011] 도 4에서 부하와 변환기 사이의 임피던스 정합의 표시가 도시되며, 변환기로부터 부하에 커플링된 결과적인 파워가 또한 도시된다. 이상적인 상황에서 경사진 실선으로 표시된 바와 같이, 부하 및 변환기 임피던스들이 정합되어 1로서 임의로 표시된 파워 전달 레벨에서 수평 실선으로 표시된 이용가능한 파워의 함수로서 최대 파워 전달을 초래한다. 이는 이상적 상황에서 임피던스들이 정합될 때 최대 양의 이용가능한 파워가 변환기로부터 부하로 전달될 수 있다. 그러나, 변환기 및 부하 임피던스들이 정합되지 않으면, 예를 들면 변환기 임피던스는 부하 임피던스 보다 더 크거나 더 작으면, 파워 전달은 예를 들면 10배(an order of magnitude) 만큼 상당히 감소될 수 있다. 이는 이러한 상황에서 임피던스가 정합되지 않을 때 최대치 미만의 양의 이용가능한 파워가 변환기로부터 부하로 전달될 수 있으며 이는 도 4에 나타나며, 도 4에서 기울어진 점선은 수평 점선에 의해 표시된 바와 같이, 부하와 변환기 사이에 임피던스 부정합이 있으며 이는 더 많이 감소된 파워 전달을 초래하는 것을 표시한다.
- [0012] 변환기 및 부하 임피던스는 주파수 작동 범위에 걸쳐 빈번히 정합되지 않아 감소한 파워 전달, 속도 또는 힘 및 주파수에 따라 매끄럽게 변화하지 않는 파워, 힘 또는 속도의 변화를 초래한다.
- [0013] 본 발명은 이러한 문제점들을 해결하기 위한 시도로 이루어졌다.

## 발명의 내용

## 해결하려는 과제

## 과제의 해결 수단

- [0014] 하나의 양태에서 아래에 작동 주파수 범위에 걸쳐 기계적 임피던스를 가지고 작동 주파수 범위에 걸쳐 부하에 커플링되는 원하는 파워를 가지는 변환기가 제공되며, 상기 변환기는;
- [0015] 작동 주파수 범위에서 모드들의 주파수 분포를 가지는 압전 디바이스; 및
- [0016] 오버몰드(overmould)를 포함하며,
- [0017] 상기 오버몰드는 압전 디바이스의 적어도 일 부분을 둘러싸도록 배열되며; 오버몰드의 파라미터(parameter)가 변환기의 기계적 임피던스와 부하의 기계적 임피던스 사이의 요구되는 임피던스 정합을 제공하도록 선택되고,



이에 의해.

- [0018] 변환기와 부하 사이의 원하는 파워 커플링이 제공된다.
- [0019] 다른 양태에서 작동 주파수 범위를 가지고 작동 주파수 범위에 걸쳐 부하에 커플링되는 원하는 파워를 가지는 변환기가 제공되며, 상기 변환기는;
- [0020] 작동 주파수 범위에서 모드의 주파수 분포를 가지는 압전 디바이스;
- [0021] 압전 디바이스의 주변의 적어도 일 부분의 개별의 부분을 유지하기 위한 장착 수단을 포함하며,
- [0022] 상기 장착 수단의 파라미터는 압전 디바이스의 주변에 대해 요구되는 경계 조건을 제공하도록 선택되며, 이에 의해,
- [0023] 변환기와 부하 사이의 원하는 파워 커플링이 제공된다.
- [0024] 다른 양태에서, 작동 주파수 범위에 걸쳐 기계적 임피던스를 가지고 작동 주파수 범위에 걸쳐 부하에 원하는 파워 커플링을 가지는 변환기를 제공하며, 상기 변환기는:
- [0025] 작동 주파수 범위에서 모드의 주파수 분포를 가지는 압전 디바이스; 및
- [0026] 압전 디바이스를 적어도 부분적으로 둘러싸는 임피던스 정합 수단을 포함하며;
- [0027] 임피던스 정합 수단의 파라미터는 변환기의 기계적 임피던스와 부하의 기계적 임피던스 사이의 요구되는 임피던스 정합을 제공하도록 선택되고, 이에 의해,
- [0028] 변환기와 부하 사이의 원하는 파워 커플링이 제공된다.
- [0029] 다른 양태에서 작동 주파수 범위에 걸쳐 기계적 임피던스를 가지고 작동 주파수 범위에 걸쳐 부하로의 원하는 파워 커플링을 가지는 변환기를 제조하는 방법이 제공되며, 상기 방법은:
- [0030] 작동 주파수 범위에서 모드의 주파수 분포를 가지는 압전 디바이스를 제공하는 단계; 및
- [0031] 압전 디바이스를 적어도 부분적으로 둘러싸도록 상기 장치 상으로 임피던스 정합 수단을 오버몰딩하는 단계 (overmoulding)를 포함하며;
- [0032] 임피던스 정합 수단의 파라미터는 변환기의 기계적 임피던스와 부하의 기계적 임피던스 사이의 요구되는 임피던스 정합을 제공하도록 선택되며, 이에 의해,
- [0033] 변환기와 부하 사이의 원하는 파워 커플링이 제공된다.
- [0034] 다른 양태에서 변환기가 제공되며, 변환기는;
- [0035] 패널 형태의 압전 디바이스; 및
- [0036] 지지부를 포함하며,
- [0037] 상기 지지부는 탄성중합체 요소 및 기계적 그라운드를 포함하며, 상기 탄성중합체 요소는 상기 장치를 지지하며 상기 장치의 적어도 일 부분 및 상기 장치 주변의 적어도 일 부분이 탄성 중합체 요소를 통하여 기계적 그라운드 내의 리세스(recess) 내로 연장한다.
- [0038] 위에서 설명된 변환기들 및 방법의 실시예들은 지금부터 첨부된 도면을 참조하여 단지 예로서 설명될 것이다. 압전 액추에이터가 참조되며, 여기서 압전 액추에이터는 모달 액추에이터(modal actuator), 분포 모드 액추에이터(Distributed Mode Actuators; DMAs) 및 다른 타입의 액추에이터 및 변환기와 같은 액추에이터 또는 변환기를 포함한다.

### 도면의 간단한 설명

- [0039] 도 1은 이상적인 단순 지지 압전 액추에이터의 개략도를 도시한다.
- 도 2는 이상적인 관성 압전 액추에이터의 개략도를 도시한다.
- 도 3은 부하 임피던스의 함수로서 도 1 또는 도 2 중 어느 하나에 도시된 바와 같은 대표적인 변환기의 속도 및 힘의 표시를 도시하며 결과적인 파워가 또한 도시된다.

도 4는 변환기 임피던스를 특징으로 하는 변환기와 부하 임피던스를 특징으로 하는 부하 사이의 파워 전달의 표시를 도시하며, 부하 임피던스 및 변환기 임피던스 오정합의 표시를 도시한다.

도 5는 이상적인 단순 지지 압전 액추에이터에 대한 함수 주파수로서 자유 속도(부하 임피던스 없음) 및 차단력(무한 부하 임피던스를 가짐)을 도시한다.

도 6은 관성 압전 액추에이터에 대한 함수 주파수로서 자유 속도(부하 임피던스 없음) 및 차단력(무한 부하 임피던스를 가짐)을 도시한다.

도 7은 각각의 경우 5Ns/m의 부하 임피던스를 구동할 때 비 수정형(unmodified) 단순 지지 및 비 수정형 관성 압전 액추에이터 양자 모두에 대한 주파수의 함수로서 속도를 도시한다.

도 8은 임피던스 정합 수단이 수정된 단순 지지 압전 액추에이터의 개략도를 도시한다.

도 9는 임피던스 정합 수단이 수정된 관성 압전 액추에이터의 개략도를 도시한다.

도 10은 각각의 경우 5Ns/m의 부하 임피던스를 구동하는 도 7에 도시된 바와 같은 단순 지지 압전 액추에이터 및 비-최적 수정형 단순 지지 압전 액추에이터 양자 모두에 대한 주파수의 함수로서 속도를 도시한다.

도 11은 각각의 경우 5Ns/m의 부하 임피던스를 구동하는 도 7에 도시된 바와 같은 관성 압전 액추에이터 및 비-최적 수정형(non-optimised modified) 관성 압전 액추에이터 양자 모두에 대한 주파수의 함수로서 속도를 도시한다.

도 12는 소프트(soft) 및 하드(hard) 탄성 중합체/폴리머 임피던스 정합 수단을 구비한 최적 수정형 단순 지지 압전 액추에이터의 개략도를 도시한다.

도 13은 소프트 및 하드 탄성 중합체/폴리머 임피던스 정합 수단을 구비한 최적 수정형 관성 압전 액추에이터의 개략도를 도시한다.

도 14는 각각의 경우 5Ns/m의 부하 임피던스를 구동하는, 도 7에 도시된 바와 같은 단순 지지 압전 액추에이터 및 도 12에 도시된 최적 수정형 단순 지지 압전 액추에이터 양자 모두에 대한 주파수의 함수로서 속도를 도시한다.

도 15는 각각의 경우 5Ns/m의 정합된 부하 임피던스를 구동하는 도 7에 도시된 바와 같은 관성 압전 액추에이터 및 도 13에 도시된 최적 수정형 관성 압전 액추에이터 양자 모두에 대한 주파수의 함수로서 속도를 도시한다.

도 16은 도 12에 도시된 단순 지지 압전 액추에이터를 위한 단부 장착부의 일 예의 개략도를 도시한다.

도 17은 도 12에 도시된 단순 지지 압전 액추에이터를 위한 단부 장착부의 추가 예의 개략도를 도시한다.

도 18은 각각의 경우 5Ns/m의 부하 임피던스를 구동하는 도 7에 도시된 바와 같은 단순 지지 압전 액추에이터 및 도 16 및 도 17에 도시된 최적 수정형 단순 지지 압전 액추에이터를 위한 주파수의 함수로서 속도를 도시한다.

도 19는 각각의 경우 5Ns/m의 정합 부하 임피던스를 구동하는 도 7에 도시된 바와 같은 단순 지지 및 관성 압전 액추에이터 및 도 17에 도시된 최적 수정형 단순 지지 압전 액추에이터를 위한 주파수의 함수로서 속도를 도시한다.

도 20은 도 12에 도시된 단순 지지 압전 액추에이터를 위한 단부 장착부의 추가 예의 개략도를 도시한다.

### 발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0040] 아래에서 일반적으로 원하는 파워를 부하에 커플링하기 위해 사용될 수 있는 변환기가 개시된다.

[0041] 변환기로부터 부하로 커플링하는 원하는 파워를 제공하는 것과 관련하여, 단순 지지 및 관성 변환기들 양자 모두 설명된다. 원하는 힘 및/또는 속도의 커플링은 또한 이 같은 변환기에 대해 고려될 수 있으며 아래에서 설명된 변환기의 양태들은 또한 이러한 파라미터에 적용된다.

[0042] 관성 변환기는 프레임 또는 다른 지지부에 접지되지 않고 이의 장착부 외부 구역과 같은 연장된 구역에 걸쳐 자유롭게 진동하는 변환기이다. 공진 요소에 대해, 공진 요소는 자유롭게 굽혀지고 이에 따라 진동 동안 자체 질량의 가속 및 감속과 관련된 관성을 통한 힘을 발생한다. 관성 변환기는 대칭형 또는 비대칭형일 수 있어 여기서 대칭형 변환기는 중앙 커플러 또는 지지부 상에 대칭으로 지지된 압전 요소에 의해 형성될 수 있으며 비대칭

형 변환기는 예를 들면 외팔보 타입의 배열체에 지지될 수 있다.

- [0043] 더욱이, 변환기의 압전 요소의 공진 요소는 3개의 구별가능한 경계 조건들을 가질 수 있으며, 즉 자유롭게 클램핑되고(또는 고정되고) 단순 지지된다(또는 핀 고정된다). 단순 지지된 경우에 대해, 임의의 축선에서의 변위는 방지되지만 회전이 허용된다. 이에 따라 단순 지지는 공진 플레이트 또는 빔의 경계 조건을 규정하도록 음향 엔지니어링의 기술적 용어로서 이해된다. 변환기의 플레이트는 지지부를 중심으로 한 피벗 움직임을 허용하도록 그러나 지지부에 대한 병진 운동 움직임을 방지하도록 지지된다. 이에 따라 단순 지지는 플레이트가 이의 에지에서 클램핑되거나 플레이트가 이의 에지에서 자유로운 다른 경계 조건과 구별된다.
- [0044] 압전 액추에이터 또는 변환기의 성능을 최적화하기 위하여, 어떤 기준 성능이 이 같은 시스템에 대한 것인지를 이해할 가치가 있다.
- [0045] 단순 지지되거나 또는 지지된 비임 변환기에 대한 기준 성능이 도 5에 도시된다. 주파수 작동 범위는 100Hz 내지 10,000Hz의 변화를 보여준다. 자유 속도(0의 부하 임피던스를 구비함)는 주파수의 함수로서 좌측 수직 축선 상에 도시되며 차단력(무한 부하 임피던스를 구비함)은 주파수의 함수로서 우측 수직 축선 상에 도시된다. 자유 속도는 대략 500Hz 및 4500Hz에서 정점(peak)을 보여주고 차단력은 대략 3000Hz에서 정점을 보여준다. 모달(modal) 및 분포된 모달 거동이 도시된다.
- [0046] 관성, 또는 자유 빔, 변환기용 기준 성능이 도 6에 도시된다. 작동 주파수 범위는 100Hz 내지 10,000Hz의 변화를 보여준다. 자유 속도 및 차단력은 다시 주파수의 함수로서 도시된다. 모달 및 분포된 모달 거동이 도시된다.
- [0047] 관성 변환기는 저 주파수에서 주파수가 떨어지는 것이 알려졌다. 단순 지지 변환기에 비해 관성 변환기는 저 주파수에서 감소된 자유 속도 및 차단력을 보여주지만, 더 높은 주파수에서 증가된 자유 속도 및 차단력을 보여준다.
- [0048] 일부 상황에서 저 주파수의 단순 지지 모드에서 효과적으로 그리고 고 주파수의 관성 모드에서 효과적으로 작동하는 변환기를 가지는 것이 이상적인 것이다. 본 발명의 하나의 양태는 아래에서 논의된 바와 같이, 이러한 기능성으로 작동한다.
- [0049] 도 5 및 도 6은 단순 지지 및 관성 변환기에 대해 기준 성능을 나타내지만, 작동 변환기에서 0 또는 무한 임피던스가 아닌, 유한 부하 임피던스를 구동하기 위해 사용된다.
- [0050] 유한 임피던스를 구동하는 변환기는 도 7에 도시되며, 도 7에서 비 수정형 관성 변환기 및 비 수정형 단순 지지 변환기가 5Ns/m의 부하 임피던스를 구동하며 도 7에서 변환기의 공진 요소의 속도가 주파수의 함수로서 도시된다. 이는 단순 지지 변환기가 저 주파수에서 관성 변환기에 대한 출력에 비해 강화된 출력을 갖는 것을 명확하게 보여주며, 고 주파수에서 반대로 적용된다.
- [0051] 도 7에서 비 수정형 단순 지지 및 비 수정형 관성 변환기 양자 모두에 대한 압전 요소는 바이모프 공진 요소(bimorph resonant element)이며, 압전 공진 요소가 2개의 압전 재료 레이어로부터 형성되고 반대 방향으로 굽혀질 수 있는 것을 의미한다.
- [0052] 도 8은 본 발명의 양태에 따라 수정형 단순 지지 압전 액추에이터 또는 변환기(80)의 표시를 도시한다. 비 수정형 단순 지지 압전 액추에이터(60)는 임피던스 정합 수단(81)의 사용을 통하여 수정되었다. 임피던스 정합 수단(81)의 사용은 단순 지지 압전 액추에이터(60)에 부가 구성요소 또는 구성요소들의 적용일 수 있다. 임피던스 정합 수단(81)의 사용은 단순 지지 압전 액추에이터(60)의 구성요소 부품 또는 부품들을 다른 구성요소 부품들로의 대체일 수 있다.
- [0053] 도 9는 본 발명의 양태에 따라 수정형 관성 압전 액추에이터 또는 변환기(90)의 표시를 도시한다. 비 수정형 관성 압전 액추에이터(70)는 임피던스 정합 수단(91)의 사용을 통하여 수정되었다. 임피던스 정합 수단(91)의 사용은 관성 압전 액추에이터(70)의 부가 구성요소 또는 구성요소들의 인가일 수 있다. 임피던스 정합 수단(91)의 사용은 관성 압전 액추에이터(70)의 구성요소 부품 또는 부품들을 다른 구성요소 부품들로의 대체일 수 있다.
- [0054] 위에서 논의된 바와 같이 부하를 구동하기 위하여 변환기의 사용과 관련된 문제점이 있으며, 이는 변환기 및 부하 임피던스가 변환기의 감소된 파워 전달, 속도 또는 힘 특성을 초래하는 관심 주파수 범위에 걸친 오정합을 보여줄 수 있기 때문이다. 이는 관심 주파수 범위에 걸친 변환기의 임피던스가 관심 주파수 범위에 걸친 부하의 임피던스와 상이할 수 있고 상이할 가능성이 있기 때문이다. 이러한 상황은 예를 들면 변환기가 사람의 귀의 귓바퀴에 커플링되었고 헤드폰 실시예에서 귀에 소리를 커플링하도록 귓바퀴 내에 음향 진동을 자극하기 위해 사용되었기 때문에, 필연적으로 발생할 수 있다. 더욱이, 변환기는 작동 주파수 범위에 걸친 특정 임피던스

(certain impedance) 또는 임피던스의 범위를 가지는 변환기를 초래하는 특정 특성들을 보여주기 위해 필요할 수 있다. 이때 이러한 두 개의 양태들은 변환기로부터 부하에 파워 전달, 속도 또는 힘 커플링에서의 감소를 초래하는 부하와 변환기 사이의 임피던스 부정합이 있다는 것을 의미한다.

- [0055] 따라서, 본 발명의 양태에 따라 임피던스 정합 수단이 제공된다. 임피던스 정합은 변환기의 임피던스 및 부하의 임피던스가 작동 주파수 범위에 걸쳐 동일하게 되거나 실제로 작동 주파수 범위에 걸쳐 임의의 주파수 동안 동일하게 되는 것을 의미하지 않는다. 임피던스 정합은 작동 주파수 범위에 걸친 임피던스 오정합 미만이라는 것을 통하여, 작동 주파수 범위에 걸친 변환기의 작동이 개선되도록, 임피던스 정합은 변환기의 임피던스의 수정이라 불린다.
- [0056] 임피던스 정합 수단은 변환기로부터 부하로 파워, 힘 또는 속도의 커플링을 개선하기 위하여, 변환기의 임피던스를 수정하는 수단이다.
- [0057] 본 발명의 양태를 따른 임피던스 정합 수단의 사용은 비 수정형 변환기의 기계적 임피던스 및 부하의 기계적 임피던스를 포함하는 기계적 임피던스 공간 내의 다른 자유도의 제공으로서 생각될 수 있어 부하를 구동하기 위하여 변환기의 설계자/엔지니어가 부하 구동 시스템에 대한 더욱 최적의 또는 최적 변환기를 설계하는 것을 허용한다.
- [0058] 본 발명의 양태에 따른 임피던스 정합 수단은 예를 들면 변환기의 압전 디바이스의 적어도 일 부분을 둘러싸도록 배열된 레이어의 형태의 오버몰드를 포함한다.
- [0059] 본 발명의 양태에 따른 임피던스 정합 수단은 압전 디바이스의 적어도 일 부분을 덮는 소프트 탄성중합체를 포함한다. 소프트 탄성중합체는 최고 60의 쇼어 A 경도(Shore A hardness)를 특징으로 할 수 있다.
- [0060] 본 발명의 양태에 따른 임피던스 정합 수단은 압전 디바이스의 적어도 일 부분을 덮는 하드 탄성중합체를 포함한다. 하드 탄성중합체는 최고 90의 쇼어 A 경도를 특징으로 할 수 있다.
- [0061] 본 발명의 양태에 따른 임피던스 정합 수단은 압전 디바이스의 적어도 일 부분을 덮는 하드 폴리머를 포함한다. 하드 폴리머는 최고 100의 쇼어 A 경도를 특징으로 할 수 있지만 전형적으로 쇼어 A 경도는 최대 90까지 적용되며 따라서 하드 폴리머는 최고 150의 등가의 쇼어 D 경도(Shore D hardness)를 특징으로 할 수 있지만 전형적으로 최고 100일 수 있다.
- [0062] 출원인은 변환기의 작동이 불리하게 작용할 수 있기 때문에, 임피던스 정합 오버몰드의 적용시 주의가 요구되는 것이 설정되는 연구를 수행하였다.
- [0063] 이는 비 수정형 단순 지지 압전 액추에이터의 공진 요소 및 부정확하게 수정된 단순 지지 압전 액추에이터의 속도가 5Ns/m의 부하 임피던스를 구동할 때 주파수의 함수로서 도시되는 도 10에서 그리고 비 수정형 관성 압전 액추에이터의 공진 요소 및 부정확하게 수정된 관성 압전 액추에이터의 속도가 5Ns/m의 부하 임피던스를 구동할 때 주파수의 함수로서 도시되는 도 11에서 도시된다.
- [0064] 도 10 및 도 11에 도시된 비 수정형 임플라이(implicitly) 지지 압전 액추에이터 및 비 수정형 관성 압전 액추에이터는 도 7에 도시된 바와 같은 비 수정형 변환기의 속도 특성을 갖는다. 부정확한 수정은 오버몰드 레이어가 부정확하게 적용되는 것을 의미하며, 단순 지지 압전 액추에이터 및 관성 압전 액추에이터에 대해 도시된 경우에서 오버몰드 레이어를 대표하며 이 오버몰드 레이어는 임피던스 정합 목적들을 위해 오버몰드를 최적화하지 않으면서 액추에이터가 단순히 더 튼튼하게 되고, 예를 들면 진동을 더 많이 견딜 수 있거나 저하되는 경우 인가될 수 있다.
- [0065] 도 10에서 단순 지지 압전 액추에이터의 작동이 도시되며 여기서 비 최적 소프트 탄성중합체 레이어를 포함하는 오버몰드 레이어가 압전 디바이스의 공진 요소 주위에 도포되었으며, 비-최적 하드 탄성중합체를 포함하는 오버몰드 레이어는 단순한 지지를 형성하도록 공진 압전기에 적용되었다. 비-최적 경우는 나이브 적용(naive application)으로서 불릴 수 있고, 도시된 바와 같이 압전 액추에이터의 성능이 심각한 영향을 받는다.
- [0066] 도 11에서 관성 압전 액추에이터의 작동이 도시되며 여기에서 비 최적 소프트 탄성중합체 레이어를 포함하는 오버몰드 레이어는 압전 디바이스의 공진 요소 주위에 도포되었고 비-최적 하드 폴리머를 포함하는 오버몰드 레이어는 압전 요소와 부하 사이에 커플러를 형성하도록 공진 압전기 주위에 도포되었다. 비-최적화 경우는 다시 나이브 적용으로서 불리고 도시된 바와 같이 압전 액추에이터의 성능은 심각하게 영향을 받는다.
- [0067] 본 발명의 일 양태에 따라 출원인의 연구는 압전 디바이스의 적어도 일 부분을 둘러싸도록 배열된 오버몰드 레



이어의 파라미터가 변환기와 부하 사이의 요구되는 임피던스 정합을 제공하기 위해 선택되는 것이 요구되어 변환기와 부하 사이 또는 변환기로부터 부하로의 원하는 파워, 속도 및/또는 힘 커플링을 제공하는 것이 설정되었다.

[0068] 선택될 오버몰드의 파라미터는: 소프트 또는 하드 탄성중합체, 고무 재료, 폴리머 재료 또는 임의의 다른 적합한 재료일 수 있는 재료; 경도, 강도, 영률 또는 전단 모듈 또는 오버몰드 레이어를 형성하는 재료의 다른 재료 특성; 특히 압전 레이어 주위의 상이한 위치에서 두께에서 변화될 수 있는 오버몰드가 레이어의 형태인 경우 오버몰드의 두께; 및 오버몰드의 형태를 포함한다. 오버몰드 레이어의 형태는: 압전 디바이스 또는 압전 디바이스의 부품을 둘러싸는 소프트 탄성중합체; 압전 디바이스 또는 압전 디바이스의 부품을 둘러싸고 단순 지지 수단 또는 관성 지지 수단 또는 압전 디바이스와 부하 사이의 커플링 수단을 제공할 수 있는 하드 탄성중합체, 압전 디바이스 또는 압전 디바이스의 부품을 둘러싸고 단순 지지 수단 또는 관성 지지 수단 또는 압전 디바이스와 부하 사이의 커플링 수단을 제공할 수 있는 소프트 또는 하드 폴리머를 지칭한다. 전술된 것은 원하는 임피던스 정합을 달성하도록 선택될 수 있는 파라미터의 완전한 목록이 아니다.

[0069] 전술된 것에서 그리고 후술된 것에서 임피던스 정합 수단은 성형, 예를 들면 사출 성형에 의해 형성되는 것이 특히 편리하기 때문에 "오버몰드(overmould)"로서 불린다. 그러나 선택하는 적합한 설계 파라미터의 일반적인 원리는 성형된(moulded) 임피던스 정합 수단에 제한되지 않으며 이러한 개시물은 성형 임피던스 정합 수단으로 제한되는 것으로서 해석되지 않아야 한다.

[0070] 오버 몰드를 사용하여 변환기로부터 부하에 원하는 파워, 힘 및/또는 속도 커플링을 제공하기 위하여, 예를 들면 임피던스 정합을 제공하기 위하여 오버몰드 레이어는 오버몰드 임피던스 정합 수단 없이 변환기에 대한 상이한 압전 공진기, 상이한 장착 구성 또는 다른 상이한 물리적 양태들을 포함하는 최적 설계를 초래할 수 있다. 임피던스 정합을 제공하는 것에 부가하여 오버몰드 임피던스 정합 수단은 압전 요소 또는 공진기에 대한 지지 또는 탄성을 제공할 수 있으며, 이는 오버몰드를 구비한 최적 변환기 설계는 오버몰드가 제거되고 압전 공진기 설계가 변경되지 않은 경우 작동가능하지 않을 수 있다는 것을 의미한다. 오버몰드의 사용은 취약하게 되는 압전 공진기의 최적화된 설계의 사용을 허용하거나, 그렇지 않으면 오버몰드가 제거된 경우 조작할 수 없거나 고장나기 쉽다.

[0071] 도 12에서 본 발명의 양태에 따른 최적 단순 지지 압전 액추에이터(140)의 예가 횡단면으로 도시되며 오버몰드 임피던스 정합 수단을 구비한다. 빔의 형태의 일반적인 직사각형 압전 바이모프(bimorph)(141)에는 이의 주 표면 각각 상에 소프트 탄성중합체(143)의 레이어의 형태의 임피던스 정합 수단이 제공된다. 일 예에서 탄성중합체는 A30의 쇼어 경도를 가질 수 있다. 소프트 탄성중합체(143)에 대한 적절한 두께는 0.5mm이다. 압전 바이모프(141)에는 탄성중합체 지지부(142)의 형태의 부가 임피던스 정합 수단이 제공된다. 각각의 지지부는 예를 들면 쇼어 경도 A70의 하드 탄성중합체를 포함할 수 있다. 두 개의 지지부가 제공되고 압전 바이모프 또는 공진 요소(141)의 어느 한 단부에 위치되어, 압전 액추에이터를 위한 단순 지지부 또는 받침대(feet)를 형성한다. 예시된 예에서, 탄성중합체(143)의 레이어들은 지지부(142)까지 바이모프의 전체 표면 위로 연장하는 것에 주목할 것이다. 단순 지지 압전 액추에이터(140)는 1mm의 두께를 가질 수 있는, 하드 탄성중합체 지지부 또는 받침대(142)를 통하여 기계적 그라운드(13)에 장착된다. 압전 요소(141)의 단부 또는 주변은 하드 탄성중합체 받침대(142) 내에서 종료된다. 받침대(142)는 압전 요소(141)의 주변의 일 부분을 파지하도록 구성될 수 있다. 받침대는 요소(141)의 전체 폭을 따라 연장할 수 있다. 파워(144)는 소프트 탄성중합체 레이어를 통하여 부하로 커플링되는데, 도시되지 않지만 부하는 예를 들면 귀의 귓바퀴 또는 확성기의 패널일 수 있다. 소프트 탄성중합체(143)의 레이어 및 하드 탄성중합체 받침대(142)는 함께 오버몰드 임피던스 정합 수단을 형성한다.

[0072] 도 13에서 본 발명의 양태에 따른 최적 관성 압전 액추에이터(150)의 일 예가 도시되며, 대안적인 오버몰드 임피던스 정합 수단을 구비한다. 빔의 형태의 일반적인 평면형 압전 바이모프(151)는 바이모프(151)를 완전히 감싸는 소프트 탄성중합체(153)의 레이어의 형태로 오버몰드 임피던스 정합 수단에 의해 둘러싸인다. 탄성중합체에 대한 적합한 쇼어 경도는 A20이다. 소프트 탄성중합체(153)의 적합한 두께는 0.5mm이다. 압전 바이모프(151)에는 또한 압전 바이모프 또는 공진 요소(151)의 중앙에 위치한 임피던스 정합 수단이 제공되어 변환기로부터 압전 액추에이터를 위한 부하(23)로 커플러(152)를 형성한다. 커플러(152)는 적합한 쇼어 경도가 A 또는 D 100인 하드 폴리머 커플러(152)의 형태일 수 있다. 커플러(152)는 바이모프(151)의 중앙 부분을 둘러싸도록 형성될 수 있다. 관성 압전 액추에이터(150)는 커플러(152)를 통하여 구동될 부하(23)에 장착된다. 레이어(153)의 소프트 탄성중합체는 압전 바이모프(151)와 부하(23) 사이로 연장하는 받침대(155) 내로 형성된다. 예시된 예에서 두 개의 받침대가 예를 들면 압전 바이모프(151)의 단부로부터 1/3의 거리(way)에 위치한 바이모프의 각각의 단부에 제공된다. 받침대(155)는 '캐처(catcher)'로서 작용하고 소프트 탄성중합체 레이어(153)를 구비한 압전 공

진기를 지지하도록 작용한다. 받침대(155)는 설계에 의해 가요성을 보여주는 기하학적 형상을 가지도록 설계되어 압전 요소(151)가 구속하거나 불필요하게 구속하지 않으면서 진동하는 것을 허용한다. 이는 위에서 논의된 바와 같이 최적화된 설계가 작동하는 것을 허용한다. 압전 요소의 단부로부터 1/3 위치는 시스템의 각도 운동량의 분석으로부터 당업자에 의해 적절하게 되는 바와 같이 받침대(155)용 최적 위치이다. 파워(154)는 하드 폴러머 커플러(152)를 통하여 예를 들면 확성기의 패널일 수 있는, 부하(23)로 커플링된다.

[0073] 도 12 및 도 13의 예에서 압전 요소는 일반적으로 직사각형이지만 압전 요소는 이 같은 형상으로 제한되지 않는다.

[0074] 도 14에서 오버몰드 레이어를 구비한 도 12의 최적 단순 지지 압전 액추에이터의 주파수의 함수로서 속도가 도 7에 도시된 바와 같은 비 수정형 압전 액추에이터 속도 특성과 함께 도시된다. 최적 압전 액추에이터의 성능은 도 10에 도시된 바와 같은 비-최적 압전 액추에이터보다 상당히 더 우수하며, 비 수정형 압전 액추에이터의 성능을 향하는 경향이 있다. 속도 특성이 도시되며 비 수정형에 대한 속도 특성을 향하는 경향이 있으며 소정의 주파수에서 비 수정형의 속도 특성이 개선되지만 위에서 설명된 바와 같이 임피던스 정합 수단의 파라미터는 변환기와 부하 사이의 요구되는 임피던스 정합을 제공하도록 선택되었으며 따라서 변화기로부터 부하로의 파워의 커플링은 지금부터 원하거나 요구되는 커플링을 향하는 경향이 있을 것이다.

[0075] 도 15에서 오버몰드 레이어를 구비한 도 13의 최적 관성 압전 액추에이터의 주파수의 함수로서 속도는 도 7에 도시된 비 수정형 압전 액추에이터 속도 특성과 함께 도시된다. 최적 압전 액추에이터의 성능은 도 11에 도시된 바와 같은 비-최적 압전 액추에이터보다 상당히 더 우수하며, 비 수정형 압전 액추에이터의 성능을 향하는 경향이 있으며 실제로 특정 주파수에서 비 수정형 압전 액추에이터를 개선한다. 속도 특성이 도시되며 비 수정형 압전 액추에이터에 대한 속도 특성을 향하는 경향이 있으며 실제로 특정 주파수에서 비 수정형 압전 액추에이터의 특정 주파수가 개선되지만 위에서 논의된 바와 같이 임피던스 정합 수단의 파라미터가 변환기와 부하 사이의 요구되는 임피던스 정합을 제공하도록 선택되었고 이에 따라서 변화기로부터 부하로의 파워의 커플링은 소망하거나 요구되는 커플링을 향하는 경향이 있을 것이다.

[0076] 도 16에서 본 발명의 양태에 따른 단순 지지 압전 액추에이터(180)에 대한 단부 장착의 일 예의 개략도가 도시되며, 이는 도 12에 도시된 바와 같이 압전 액추에이터의 단순 지지의 일 단부를 도시한다. 단순 지지 수단은 하드 탄성 중합체 받침대(142)를 포함하며 이 받침대 내에 압전 공진 요소(141)의 단부 또는 주변에 장착된다. 받침대(142)에 대한 적절한 쇼어 경도는 70이다. 요소(141)에 대한 병진 운동 강도(k) 및 회전 강도(kr)가 표시된다. 위에서 논의되고 도 1에 도시된 단순 지지 압전 액추에이터에서, 병진 운동이 제한되는 압전 요소(141), 즉 도 16에 도시된 바와 같은 압전 요소(141)의 단부에 대한 이상적 상황은 도시된 바와 같이 받침대의 크기의 방향으로 이동하는 것이 제한되어야 한다. 그러나, 압전 빔은 빔 또는 요소(141)의 단부 또는 주변에 위치한 지점을 중심으로 자유롭게 회전하여야 한다.

[0077] 이는 병진 운동 강도(k)가 매우 높아야 하고, 회전 강도(kr)가 매우 낮아야 하는 것을 의미한다. k의 값이 매우 높은 수준으로부터 감소될 때 압전 빔(141)의 단부가 병진 운동할 수 있고 이는 장착부가 이상적 단순 지지로부터 벗어나는 경향이 있는 것을 의미한다. kr의 값이 낮은 수준으로부터 증가할 때, 압전 액추에이터로부터의 힘 출력은 받침대(142)에 의해 유효하게 짧게 순회하게 되고 힘 출력은 받침대를 통하여 커플링된다. 이는 도 16에 도시되고 도 12에 도시된 단순 지지 예에 대해 힘이 받침대(142)를 통하여 기계적 그라운드(13)에 커플링되는 것을 의미한다. 실제 재료들에 대해 k는 무한한지 않고 kr은 0이 아니며, 이는 도 16에 도시된 바와 같은 최적 단순 지지 단부 종료의 예는 이상적 단순 지지 마운트가 아니라는 것을 의미한다. 이는 압전 요소(141)의 단부가 병진 운동할 수 있고 이상적인 단순 지지 구성에 대해 자유롭게 회전할 수 없는 것을 의미하고 이의 결과는 압전 요소(141)가 중심으로 회전할 수 있는 위치가 요소의 단부로부터 안쪽으로 이동하는 것이며 여기서 회전 위치는 위치(183)로서 도 16에 표시된다. 부가적으로, 하드 탄성중합체 받침대(142) 내의 압전 공진 요소(141)의 단부 부분 또는 주변의 유한 길이인, "받침대(foot)"의 유한 길이는 빔의 단부로부터 받침대의 중간점까지 회전 지점을 유효하게 이동한다. 이는 개선된 임피던스 정합에 대해 변화될 수 있는 파라미터이다.

[0078] 전형적으로, 단순 재료에 대해, k 및 kr은 불가분하게 링크되며, 이에 따라 이상적 단순 지지 장착 구성을 달성하는 것이 가능하지 않다. 단순 지지 마운트(12)가 이상적 단순 지지를 주기 위하여 제공되는 이상적인 단순 지지된 경우에 대해 도 1에 도시된, 단부 장착 구성, 또는 도 12 및 도 16에 도시된 바와 같은 최적 단순 지지 케이스의 일 예를 제공하는 단부 장착 수단은 압전 디바이스의 주변 또는 단부에 대해 경계 조건을 형성하도록 고려될 수 있다. 장착 수단의 파라미터는 이어서 압전 디바이스의 주변(들) 또는 단부(들)에 대해 요구되는 경계 조건을 제공하도록 선택될 수 있으며 이에 의해 변환기와 부하 사이의 원하는 파워, 힘 또는 속도 커플링이 제

공된다.

[0079] 선택될 장착 수단의 파라미터는: 소프트 또는 하드 탄성중합체, 고무 재료, 폴리머 재료 또는 임의의 다른 적합한 재료일 수 있는 재료; 경도, 강도, 영률, 전단 모듈 또는 장착 수단을 형성하는 재료의 다른 재료 특성; 장착 수단의 두께 및 기하학적 형상, 및 이의 재료 특성을 유효하게 변경하도록 장착 수단을 형성하는 재료를 인공적으로 구속하기 위한 임의의 수단을 포함한다. 전술된 것은 원하는 임피던스 정합을 달성하도록 선택될 수 있는 파라미터의 완전한 목록이 아니다.

[0080] 그러나, 무한이 아닌 병진 운동 강도 및 영이 아닌 회전 강도를 구비한 실제 재료의 부정적인 부작용을 개선하기 위해 엔지니어링 및 재료 과학을 조합하는 것이 가능하다. 예를 들면 고무는 저 전단 강도에 의해 그러나 높은 체적 탄성률(이들이 거의 비 압축성임)을 특징으로 하며-전형적인 값들이 아래에서 표로 만들어진다. 각각의 경우, 포아송 비는 거의 1/2이고, 따라서 영률은 전단 모듈의 거의 3배이며, 체적 탄성률은 전형적으로 전단 모듈의 1000배를 초과한다.

표 1

| 재료 'SH-A' | 전단 모듈(G)/MPa | 체적 탄성률(K)/GPa | 영률(E)/MPa |
|-----------|--------------|---------------|-----------|
| 20        | 0.25         | 0.98          | 0.75      |
| 30        | 0.30         | 1.0           | 0.90      |
| 40        | 0.47         | 1.0           | 1.41      |
| 50        | 0.67         | 1.05          | 2.01      |
| 60        | 1.25         | 1.15          | 3.75      |
| 70        | 2.05         | 1.25          | 6.15      |

[0082] 따라서 본 발명의 추가 양태는 도 17에 도시되며, 단순 지지 압전 액추에이터의 단부 종료의 일 예를 보여주며 단순 지지 경계 조건을 형성한다. 도 17에서 압전 요소(141)는 하드 탄성중합체 받침대(192) 내로 부분적으로 연장하도록 장착된다. 하드 탄성중합체 받침대(192)에는 제한 또는 구속 수단(191)이 제공된다. 제한 수단(191)은 받침대(192)의 외주변 주위의 기계적 구속을 형성하고 받침대(192)가 이의 용적을 변경하는 것을 방지한다. 제한 수단은 받침대(192)의 자유 표면의 실질적으로 모두를 둘러싸는 비순응 레이어 또는 애플리케(applique)로 형성된다. 비순응 제한 수단(191)은 하드 폴리머 또는 다른 적절한 재료로 형성된다. 바람직하게는 제한 수단 또는 케이싱의 탄성은 받침대(192) 또는 다른 마운트의 탄성보다 낮다.

[0083] "박스-인(boxing-in)" 또는 제한에 의해, 측부 상 및 또는 상부 상의 하드 탄성중합체 받침대(192)(고무로 제조될 수 있음) - 이 재료는 이의 용적이 변경하는 것이 방지되며; 도면에 도시된 높은 K 값은 k에 대해 높은 값을 생성한다. 압전 빔(141)의 단부의 비 용적 변경 요동 운동은 낮은 전단 모듈 값들을 작동시켜 회전 강도(kr)에 대한 낮은 값을 생성한다. 이는 하드 탄성중합체(192)의 박스-인에 의해, 받침대의 쇼어 경도는 구속된 받침대에 대한 쇼어 경도로부터 감소될 수 있다는 것을 의미한다. 도 17에서, 지금부터 하드 탄성중합체 받침대는 제한되지 않은 받침대에 대한 70의 쇼어 A 경도와 대조적으로 40의 쇼어 A 경도를 갖는다. 이는 위치를 이동시키는데, 이 위치 주위에 압전 요소(141)의 단부는 위치(183)로부터 위치(193)까지 회전하며, 이는 회전 위치가 압전 요소의 단부를 향하여 이동하는 것을 의미한다. 단순 지지 경계 조건은 이상적 단순 지지 배열체와 더 유사하게 된다.

[0084] 도 17에 도시된 바와 같이 하드 탄성중합체 받침대를 제한하는 결과는 도 18에서 도시되며 도 18에서 최적으로 구속된 탄성중합체 받침대를 구비한 단순 지지 압전 액추에이터에 대해, 그리고 비 수정형 단순 지지 압전 액추에이터에 대해 최적 수정형 비제한 하드 탄성중합체 받침대를 구비한 단순 지지 압전 액추에이터에 대한 주파수의 함수로서 속도가 도시된다. 쇼어 경도 A70 내지 40의 하드 탄성중합체 받침대의 재료를 변경하고, 측부를 박스-인함으로써, 응답 수준에서의 0.1 내지 0.9dB의 개선은 개선이 이보다 더 크거나 작을 수 있는 이러한 예에서 얻어진다. 마운트 또는 받침대의 박스-인 또는 구속은 측부 주위일 수 있지만 단지 바람직하게는 또한, 도시된 바와 같이 상부를 덮는다.

[0085] 본 발명의 추가 양태에 따라, 장착 수단의 파라미터는 단순 지지 변환기의 작동이 저 주파수에서 단순 지지 모드로 그리고 효과적으로 고 주파수에서 관성 모드로 작동하는 것을 허용한다. 이는 최적 수정형 제한 하드 탄성중합체 받침대를 구비한 단순 지지 압전 액추에이터에 대해, 비 수정형 단순 지지 압전 액추에이터에 대해 그리고 비 수정형 관성 압전 액추에이터에 대해 주파수의 함수로서 속도를 도시하는 도 19에서 도시된다. 속도 프로파일에서 도시된 바와 같이 최적 수정형 제한 받침대를 구비한 단순 지지 압전 액추에이터는 저 주파수에서 단

순 지지 모드에서와 같이 작동하고, 이러한 예에서 2-3000Hz 초과 주파수에서 도시된 바와 같이, 관성 모드에서 작동하기 시작한다. 이는 고 주파수에서 관성 압전 액추에이터의 모달 거동(modal behaviour)과 유사한 모달 거동을 나타내는 제한 받침대를 구비한 압전 액추에이터에 의해 도시되고; 최적 제한 받침대를 구비한 단순 지지된 압전 액추에이터 및 비 수정형 관성 압전 액추에이터는 ~6000Hz에서의 모드를 갖는다.

[0086] 이는 본 발명의 추가 양태에 따라 강도 k의 신중한 선택에 의해, 특별한 주파수 구역 주위의 성능을 증대시키기 위해 부가 공진을 조정할 수 있다. 이러한 조정의 관심있는 부 작용은 이러한 새로운 공진 위의 주파수에서, 빔의 단부가 효과적으로 자유롭게 되어 작동이 더 높은 주파수에서 관성 압전 액추에이터의 부작용과 더 유사하게 되어야 한다.

[0087] 도 16에 도시된 바와 같은 하드 탄성중합체 받침대(142)는 70의 쇼어 A 경도를 가질 수 있지만, 이는 90까지 될 수 있다. 위 표에서 보여진 바와 같이, 고무에 대한 일 예에서, 하드 탄성중합체용 전단 모듈은 2.05MPa일 수 있다.

[0088] 위에서 논의된 바와 같이, 하드 탄성중합체 받침대 내에 압전 요소의 장착은 요소의 단부 또는 주변으로부터 안쪽으로의 단순 지지 요소의 효과적인 회전 축선의 움직임을 초래한다. 회전 지점을 내측으로 이동함으로써 빔의 유효하게 짧게하는 부작용을 설명하기 위하여, 압전 바이모프는 공진 요소로부터 밖으로 연장하는 금속 중앙 베인(vane)을 포함할 수 있고 하드 탄성중합체 받침대는 베인 주위에 성형될 수 있다. 그러나 압전 요소의 단부의 회전이 구속되지 않는 것을 보장하도록 주의하여야 한다. 이는 장착 수단의 특성/파라미터가 요구되는 경계 조건을 제공하도록 선택될 수 있어, 변환기로부터 부하로 파워의 요구되는 또는 원하는 커플링을 제공한다. 중앙 베인은 일부 예에서 금속이 아닌 재료로 형성될 수 있다.

[0089] 이는 중앙 베인 주위의 하드 탄성중합체를 구비하고 그리고 압전 요소 위에 소프트 탄성중합체 오버몰드를 구비한 연장된 베인을 구비한 단순 지지 압전 액추에이터의 단부 종단부를 도시하는 도 20에서 보여진다. 도 20에서 단순 지지 압전 액추에이터의 일 단부의 단부 종단부(210)가 도시된다. 압전 바이모프(211)는 베인의 어느 한 측부에 본딩되거나 부착된 압전 재료로부터 밖으로 연장하는 중앙 베인(214)을 갖는다. 베인(214)은 최고 90일 수 있는 적절한 쇼어 A 경도의 하드 탄성중합체 받침대(212)를 통하여 완전히 연장한다. 하드 탄성중합체 받침대는 기계적 그라운드에 장착될 수 있는 지지 마운트(215)에 장착된다. 지지 마운트(215)는 베인(214)이 내측으로 연장하는 하드 탄성중합체 받침대에 부착된 부품 내의 자유 공간(216) 또는 리세스를 갖는다. 공간(216)은 하드 탄성중합체 받침대의 특성을 수정할 것이고 위에서 논의된 바와 같이 장착부에 대해 요구되는 파라미터를 선택할 때 고려될 것이 요구되는 파라미터들 중 하나를 형성한다. 또한, 소프트 탄성중합체 오버몰드 레이어(213)를 구비한 압전 요소가 또한 도시된다.

[0090] 변환기의 다른 예에서 주파수 작동 범위는 100Hz 미만으로 연장하고, 0Hz를 향하는 경향이 있으며 10,000Hz 위로 20,000Hz, 30,000Hz, 50,000Hz 그리고 그 초과까지 연장할 수 있다.

[0091] 다른 예들에서 압전 공진 요소는 중앙 베인을 구비한 유니모프(unimorph), 또는 바이모프일 수 있다.

[0092] 다른 예들에서 변환기는 확성기의 부분을 형성하는 패널에 커플링될 수 있다.

[0093] 설명된 예에서 그리고 다른 예에서 음향 진동은 기술분야에서 공지된 피스톤 모드 진동, 굴곡과 진동, 공진 굴곡과 진동, 및 다른 음 또는 음향 진동과 같은 진동을 포함한다.

[0094] 다른 예에서, 임피던스 정합 수단은 주파수 작동 범위에 걸쳐 일부 주파수에서 성능에서의 감소를 초래할 수 있다.

[0095] 비록 임피던스 정합 수단이 변환기의 임피던스를 수정하기 위하여 변환기에 적용되지만, 전체로서 고려된 변환기/부하 시스템은 자체의 수정된 임피던스를 가지고 이에 따라 본 발명은 이러한 전체 시스템의 임피던스의 수정을 커버하도록 고려된다.

[0096] 다른 예에서 오버몰드 레이어는 압전 디바이스의 실질적으로 모두를 커버한다.

[0097] 다른 예에서 오버몰드 레이어는 압전 디바이스 모두를 커버한다.

[0098] 다른 예에서 오버몰드 레이어는 압전 디바이스의 공진 요소 또는 요소들의 상부 및/또는 하부 표면의 실질적으로 모두를 커버한다.

[0099] 다른 예에서 오버몰드 레이어는 압전 디바이스의 공진 요소의 상부 및 하부 표면들 모두를 커버한다.



- [0100] 다른 예에서 오버몰드 레이어는 변환기로부터 부하로 요구되는 또는 원하는 파워 커플링 또는 힘 커플링 또는 속도 커플링을 제공하도록 부하의 기계적 임피던스와 변환기의 기계적 임피던스 사이의 요구되는 임피던스 정합을 제공하는 장점에 대한 그리고 이 장점 위에 추가된 장점을 갖는다.
- [0101] 도 12에 도시된 바와 같은 최적 단순 지지 압전 액추에이터의 다른 예에서, 소프트 탄성중합체(143)의 레이어는 홀로 임피던스 정합 수단을 제공하도록 오버몰드 레이어를 형성한다.
- [0102] 도 12에 도시된 바와 같은 최적 단순 지지 압전 액추에이터의 다른 예에서, 하드 탄성중합체 받침대(142) 홀로 임피던스 정합 수단을 제공하도록 오버몰드 레이어를 형성한다.
- [0103] 도 12에 도시된 바와 같은 최적 단순 지지 압전 액추에이터의 다른 예에서, 하드 탄성중합체 받침대(142)는 상이한 쇼어 A 경도를 갖는다.
- [0104] 도 12에 도시된 바와 같은 최적 단순 지지 압전 액추에이터의 다른 예에서, 스템브(stub) 또는 커플러는 기계적 그라운드 맞은 편의 압전 요소(141)의 측부 상에 압전 공진 요소(141)에 장착될 수 있다. 이러한 스템브 또는 커플러는 확성기의 패널과 같이, 구동될 부하에 커플링하기 위해 사용될 수 있다. 또는 스템브 또는 커플러는 적층된 압전 변환기 내의 압전 요소(141)에 실질적으로 평행하게 위치한 제 2 압전 요소에 커플링하기 위해 사용될 수 있다. 이러한 방식으로 압전 액추에이터 변환기를 구성하는 둘 이상의 부가 공진 요소일 수 있으며, 오버몰드 레이어는 이러한 압전 디바이스 모두 또는 일부를 둘러싸도록 배열된다. 스템브 또는 커플러는 도 12에 도시되지 않은데, 이는 도 12에 도시된 전형적인 변환기는 레이어(143)를 통한 부하에 커플링되기 때문이다.
- [0105] 도 12에 도시된 바와 같은 최적 단순 지지 압전 액추에이터의 다른 예에서, 하드 탄성중합체 받침대(142)는 기계적 그라운드보다 오히려 구동될 부하에 커플링될 수 있다.
- [0106] 도 12에 도시된 바와 같은 최적 단순 지지 압전 액추에이터의 다른 예에서, 속도 또는 힘이 부하, 또는 속도에 커플링될 수 있고 힘은 부하, 또는 파워에 커플링될 수 있고 속도 및 힘이 부하에 커플링될 수 있다.
- [0107] 도 12에 도시된 바와 같은 최적 단순 지지 압전 액추에이터의 다른 예에서, 소프트 탄성중합체(143)의 두께는 0.5mm 미만 또는 초과이고 다른 예에서 소프트 탄성중합체(143)는 30 미만 또는 그 초과인 쇼어 A 경도를 갖는다.
- [0108] 도 12에 도시된 바와 같은 최적 단순 지지 압전 액추에이터의 다른 예에서, 소프트 탄성중합체(143)의 두께는 압전 바이모프(141)를 가로질러 변화한다. 두께는 단부에서 보다 공진기(141)의 중앙에서 적을 수 있거나 두께는 단부 보다 중앙에서 더 클 수 있다.
- [0109] 도 12에 도시된 바와 같은 최적 단순 지지 압전 액추에이터의 다른 예에서, 소프트 탄성중합체(143)는 단지 압전 바이모프(141)의 하나의 측부에 적용될 수 있다.
- [0110] 도 12에 도시된 바와 같은 최적 단순 지지 압전 액추에이터의 다른 예에서, 하드 탄성중합체 받침대(142)는 70 미만 또는 초과인 쇼어 A 경도를 가지며, 1mm 미만 또는 초과인 두께를 가질 수 있다.
- [0111] 도 12에 도시된 바와 같은 최적 단순 지지 압전 액추에이터의 다른 예에서, 압전 요소(141)는 하드 탄성중합체 받침대(142)를 통한 거리의 1/4 연장할 수 있거나 하드 탄성중합체 받침대(142)를 통한 거리의 1/2 또는 3/4 연장한다. 다른 종단 위치도 가능하다.
- [0112] 도 12에 도시된 바와 같은 최적 단순 지지 압전 액추에이터의 다른 예에서, 압전 요소(141)는 하드 탄성중합체 받침대(142)를 통한 거리 모두로 연장하고, 압전 요소의 단부는 하드 탄성중합체 받침대(142)의 외부 크기와 일치할 수 있다. 압전 바이모프(141)는 하드 탄성중합체 받침대를 통한 거리 모두를 연장할 수 있고 하드 탄성중합체 받침대(142)의 다른 측부로부터 1mm, 2mm 또는 4mm 연장한다. 다른 연장 거리가 가능하다.
- [0113] 도 13에 도시된 바와 같은 최적 관성 압전 액추에이터의 다른 예에서, 소프트 탄성중합체(153)의 레이어는 홀로 임피던스 정합 수단을 제공하도록 오버몰드 레이어를 형성한다.
- [0114] 도 13에 도시된 바와 같은 최적 관성 압전 액추에이터의 다른 예에서, 소프트 탄성중합체 받침대(155)는 홀로 임피던스 정합 수단을 제공하도록 오버몰드 레이어를 형성한다.
- [0115] 도 13에 도시된 바와 같은 최적 관성 압전 액추에이터의 다른 예에서, 하드 폴리머 커플러(152)는 홀로 임피던스 정합 수단을 제공하도록 오버몰드 레이어를 형성한다.
- [0116] 도 13에 도시된 바와 같은 최적 관성 압전 액추에이터의 다른 예에서, 커플러(152)는 적층된 압전 변환기에서

압전 요소(151)에 실질적으로 평행하게 위치된 제 2 압전 요소에 커플링하기 위해 사용될 수 있다. 이러한 방식으로 압전 액추에이터 변환기를 구성하는 둘 이상의 부가 공진 요소가 있을 수 있으며 오버몰드 레이어가 이러한 압전 장치 모두 또는 일부가 둘러싸이도록 배열된다.

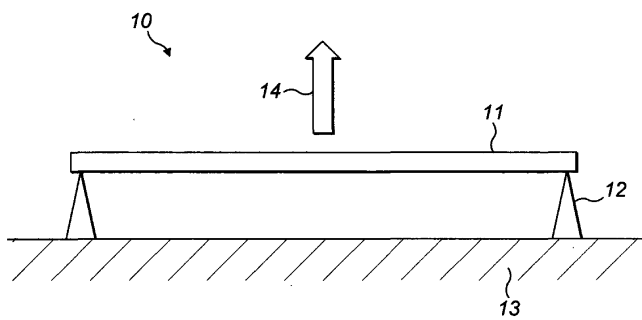
- [0117] 도 13에 도시된 바와 같은 최적 관성 압전 액추에이터의 다른 예에서, 커플러(152)는 100 초과 또는 100 미만의 쇼어 A 또는 쇼어 D 경도를 가질 수 있다. 쇼어 A 또는 쇼어 D 경도는 최고 150일 수 있다.
- [0118] 도 13에 도시된 바와 같이 최적 관성 압전 액추에이터의 다른 예에서, 속도 또는 힘은 부하에 커플링될 수 있거나, 속도 및 힘은 부하에 커플링될 수 있거나, 파워, 속도 및 힘은 부하에 커플링될 수 있다.
- [0119] 도 13에 도시된 바와 같은 최적 관성 압전 액추에이터의 다른 예에서, 소프트 탄성중합체(153)의 두께는 0.5mm 미만이거나 초과할 수 있으며, 다른 예에서 소프트 탄성중합체(153)는 20 미만 또는 초과 쇼어 A 경도를 갖는다.
- [0120] 도 13에 도시된 바와 같은 최적 관성 압전 액추에이터의 다른 예에서, 소프트 탄성중합체(153)의 두께는 압전 바이모프(151)에 걸쳐 변화한다. 두께는 단부에서 보다 공진기(151)의 중심에서 더 작을 수 있거나 두께는 단부보다 중심에서 더 클 수 있다.
- [0121] 도 13에 도시된 바와 같은 최적 단순 지지 압전 액추에이터의 다른 예에서, 소프트 탄성중합체(153)는 단지 압전 바이모프(151)의 하나의 측부에 적용된다.
- [0122] 도 13에 도시된 바와 같은 최적 단순 지지 압전 액추에이터의 다른 예에서, 소프트 탄성중합체 받침대(155)는 중간 지점에서 또는 임의의 다른 적합한 위치에서와 같이, 압전 바이모프(151)의 단부로부터 1/3 거리가 아닌 위치에 있을 수 있다.
- [0123] 도 13에 도시된 바와 같이 최적 단순 지지된 압전 액추에이터의 다른 예에서, 소프트 탄성중합체 받침대가 당업자에 의해 인정될 수 있는 바와 같이 '캐처(catcher)'로서 계속적으로 기능하는 경우, 소프트 탄성중합체 받침대(155)는 도 13에 도시된 바와 같은 기하학적 형상과 상이한 기하학적 형상일 수 있다.
- [0124] 도 13에 도시된 바와 같이 최적 단순 지지된 압전 액추에이터의 다른 예에서, 압전 요소(151)의 어느 한 측부를 따라 한 개 이상의 소프트 탄성중합체 받침대(155)가 있을 수 있다.
- [0125] 도 13에 도시된 바와 같은 최적 단순 지지 압전 액추에이터의 다른 예에서, 압전 요소(151)는 단지 지지부(152)로부터 측방향으로 연장하는 하나의 부분을 가질 수 있다. 이는 예를 들면 커플러(152)의 우측 상의 압전 빔이 생략될 수 있고 이때 변환기는 대칭이 아니라는 것을 의미한다.
- [0126] 이는 도 13에 도시된 바와 같은 최적 단순 지지 압전 액추에이터의 다른 예가 대칭이거나 비대칭(외팔보 타입 배열)일 수 있다는 것을 의미한다. 외팔보 타입 배열의 일 예에서 도 13에 도시된 대칭 예는 본질적으로 절반으로 절단될 수 있다(압전 요소가 단지 지지부의 일 측부에서만 연장함). 이 같은 비대칭 경우에서 주파수 응답은 대칭 배열에 대해 예상되는 바와 같이 발생된 차단된 힘의 단지 절반이 있을 수 있는 것을 제외하고 도 13에 도시된 대칭 예에 대해 도시된 주파수 응답과 동일하거나 유사하게 보일 수 있다.
- [0127] 도 13에 도시된 바와 같은 최적 단순 지지 압전 액추에이터의 다른 예에서, 소프트 탄성중합체 받침대(155)가 생략될 수 있다.
- [0128] 상기 도면들에서 도시된 최적 단순 지지 구성의 다른 예에서, 단순 지지를 위한 요구되는 또는 원하는 경계 조건을 제공하는 최적 단순 지지 구성을 향하는 경향이 있는 이 같은 단순 지지 구성은 변환기의 장착 또는 커플링에 대한 경계 조건과 다른 상황에 적용될 수 있다. 예를 들면, 단순 지지는 터치스크린 패널, 및/또는 확성기 패널을 장착하기 위해 사용될 수 있다. 위에서 설명된 바와 같은 이 같은 단순 지지는 터치 스크린 또는 확성기 패널의 에지 또는 주변 주위에 장착하기 위해 사용될 수 있다.

## 부호의 설명

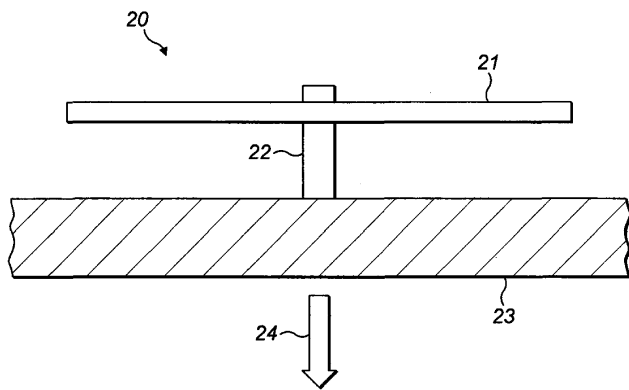
- [0129] 60 비 수정형 단순 지지 압전 액추에이터
- 70 비 수정형 관성 압전 액추에이터
- 80 수정형 단순 지지 압전 액추에이터 또는 변환기
- 90 수정형 관성 압전 액추에이터 또는 변환기

도면

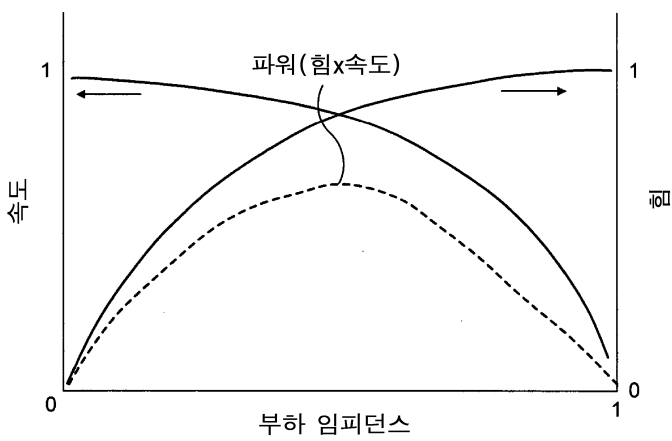
도면1



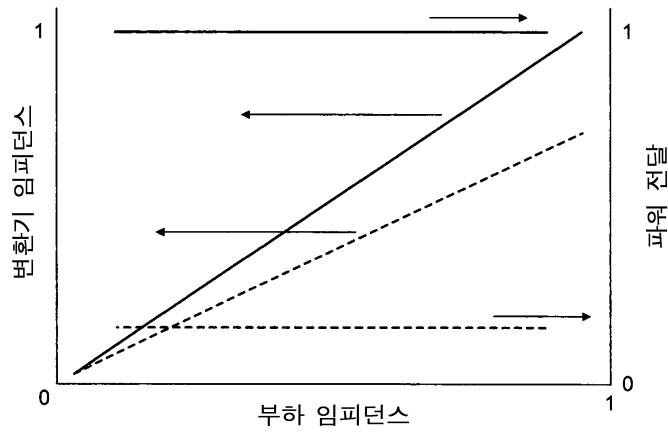
도면2



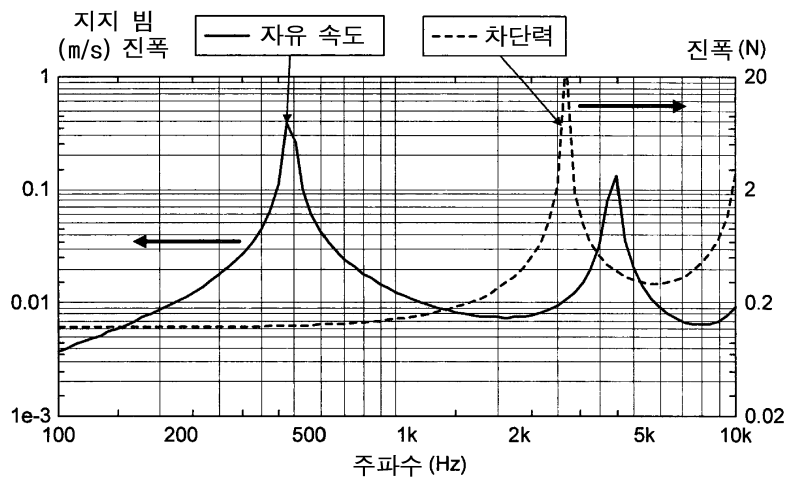
도면3



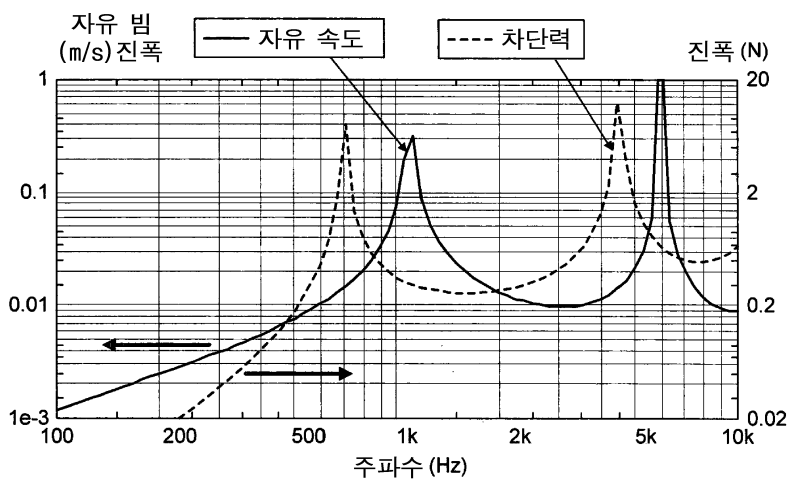
도면4



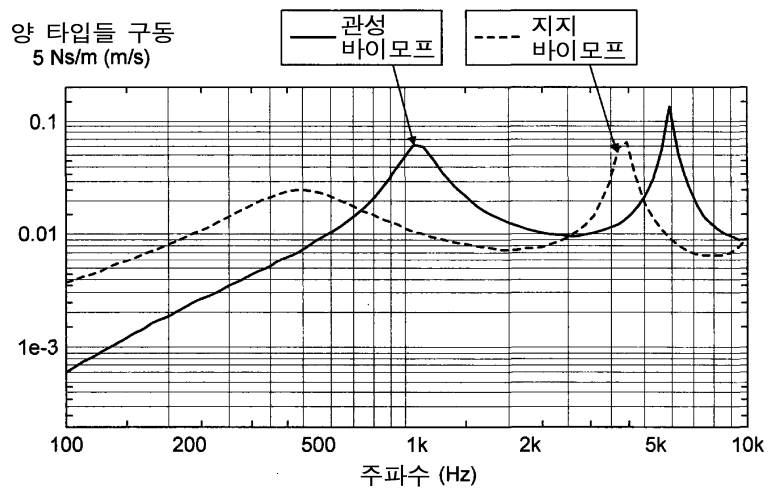
도면5



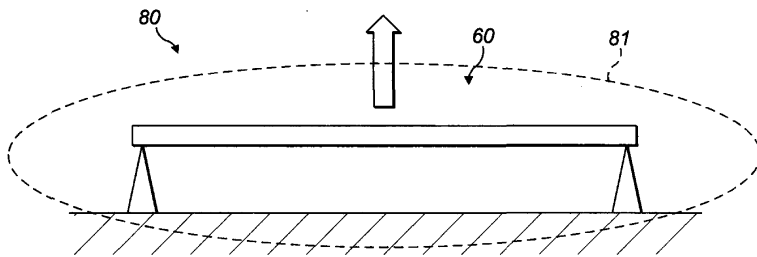
도면6



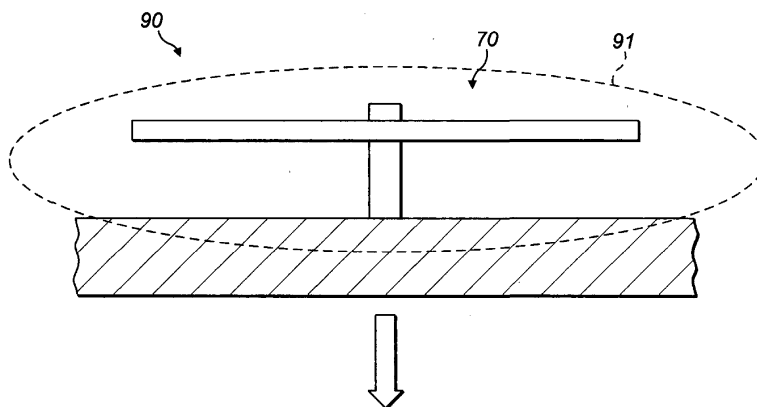
도면7



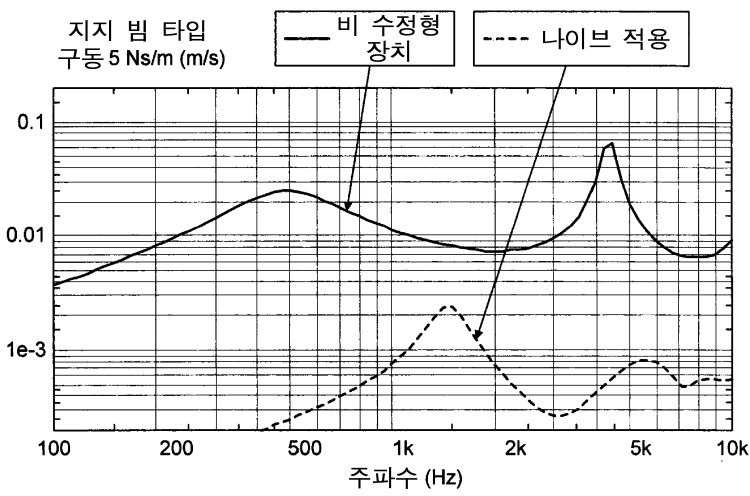
도면8



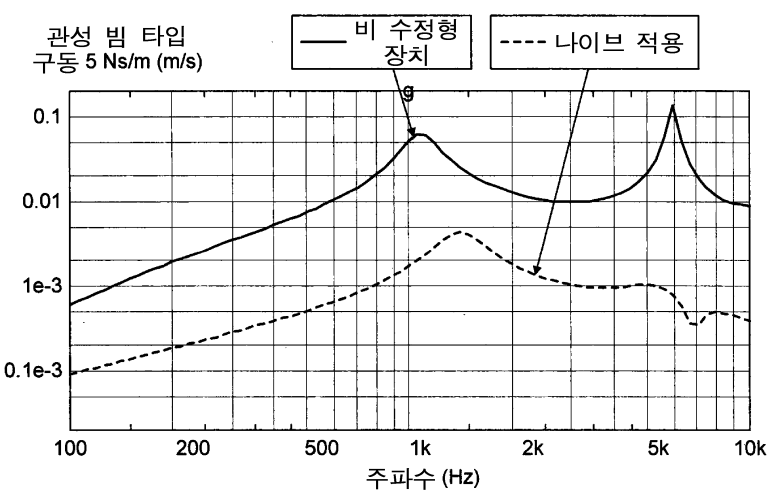
도면9



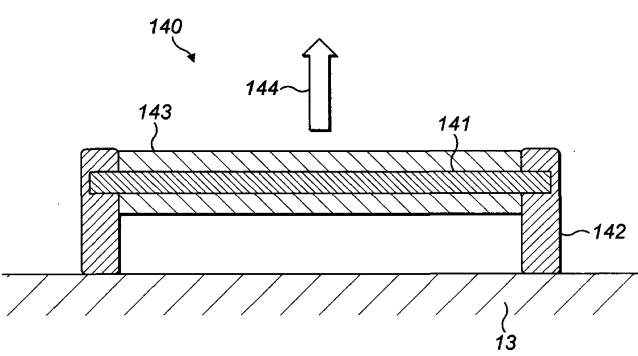
도면10



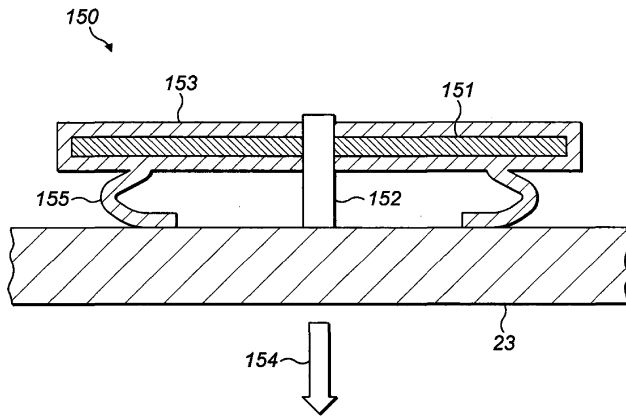
도면11



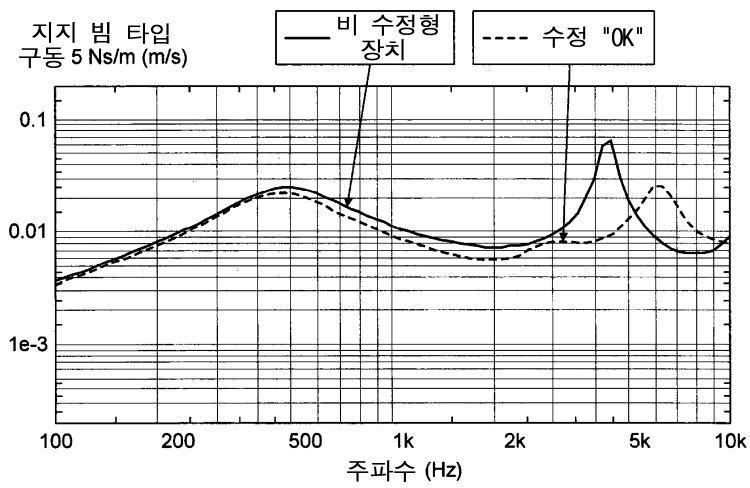
도면12



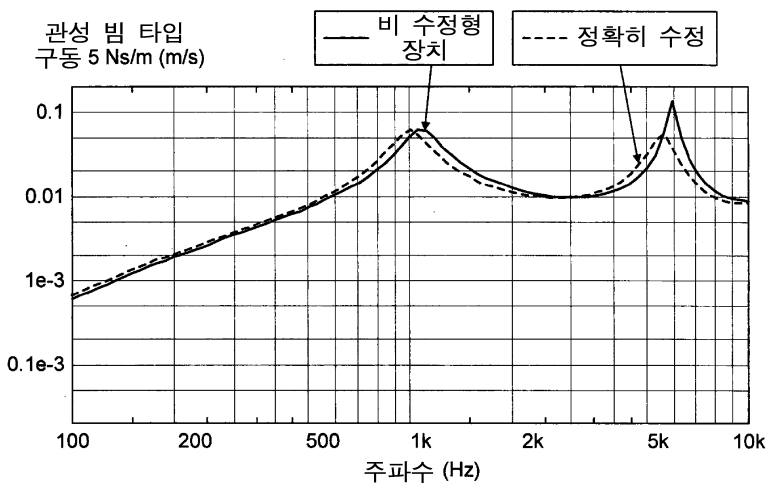
도면13



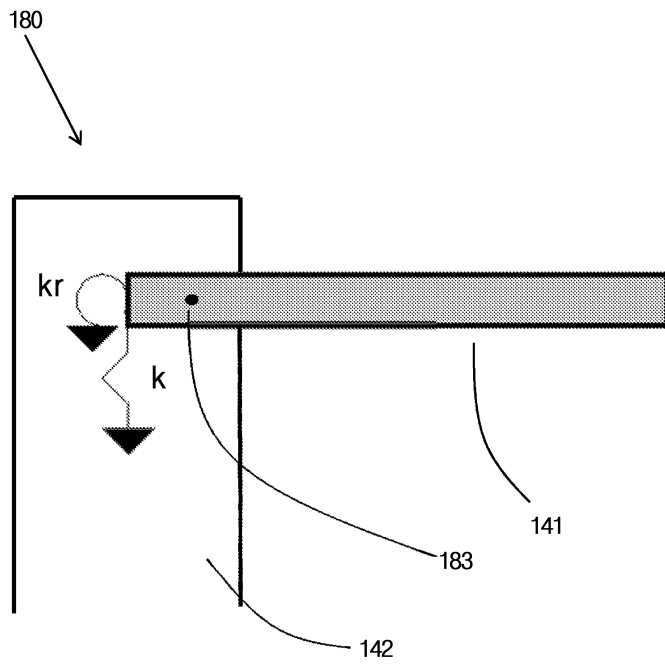
도면14



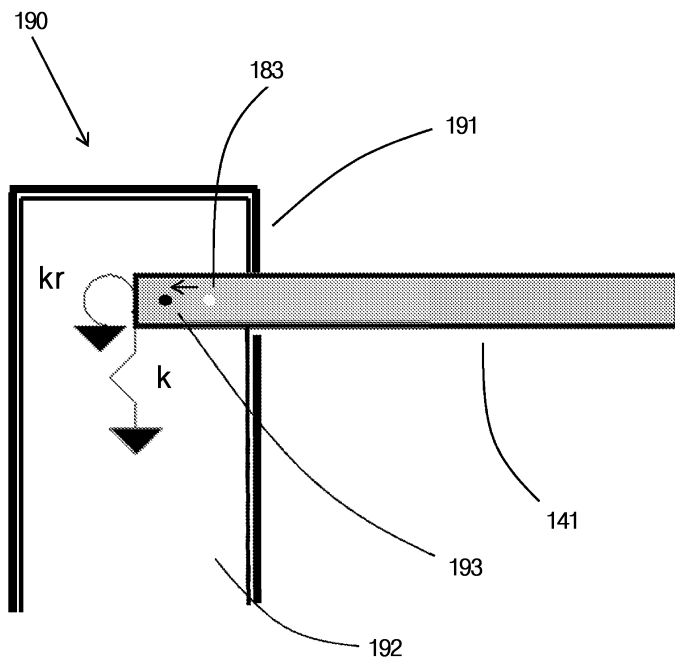
도면15



도면16

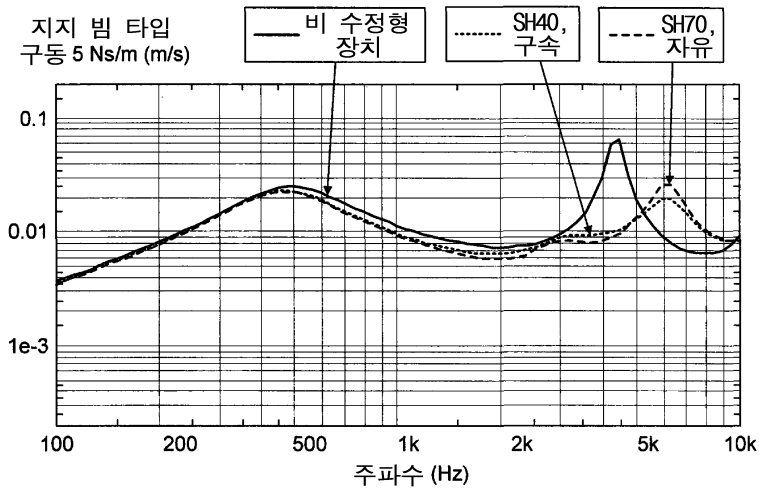


도면17

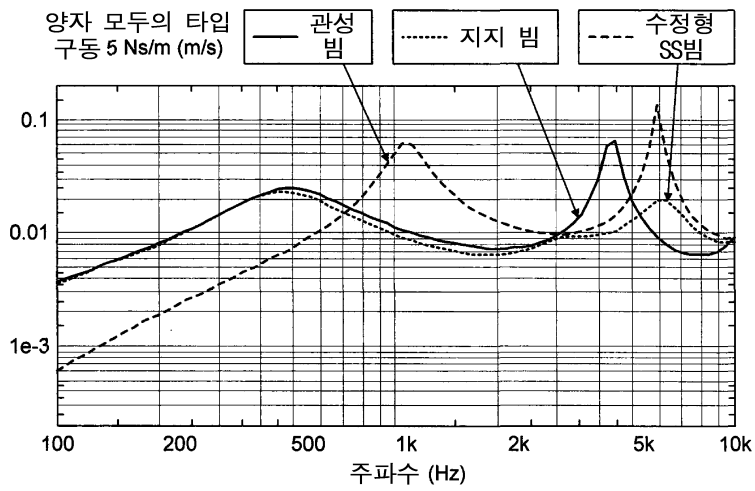




도면18



도면19



도면20

