



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2011년09월23일
(11) 등록번호 10-1067316
(24) 등록일자 2011년09월19일

(51) Int. Cl.
H02N 2/00 (2006.01) H02N 2/04 (2006.01)
(21) 출원번호 10-2009-0055687
(22) 출원일자 2009년06월22일
심사청구일자 2009년06월22일
(65) 공개번호 10-2010-0137321
(43) 공개일자 2010년12월30일
(56) 선행기술조사문헌
KR100768513 B1*
JP2006325387 A
JP05191988 A
KR1020060118927 A
*는 심사관에 의하여 인용된 문헌

(73) 특허권자
주식회사 아이노바
충청북도 진천군 진천읍 송두리 450
윤만순
충북 청주시 상당구 용정동 903번지
(72) 발명자
윤만순
충북 청주시 상당구 용정동 903번지
(74) 대리인
특허법인 대아

전체 청구항 수 : 총 9 항

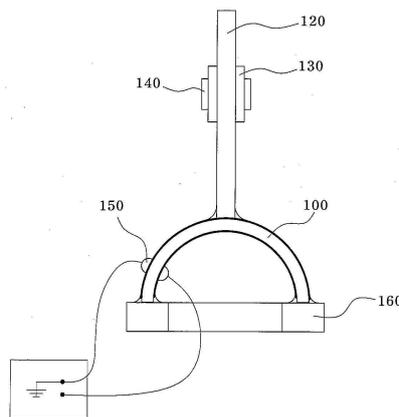
심사관 : 이규재

(54) 돔 형상의 선형 압전 모터

(57) 요약

본 발명은 돔 형상의 선형 압전 모터에 관한 것으로, 돔 형상의 압전 세라믹을 통해 향상된 변위를 제공하는 선형 압전 모터가 제공하는데 있어서, 돔 형상의 선형 압전 모터(DSPLM)는 양면에 서로 다른 전극이 인가되도록 처리된 돔 형상의 압전 세라믹 액추에이터와, 상기 돔 형상의 상부 정점에 수직으로 고정되는 막대형 진동축과, 원통형상으로 상기 진동축에 끼워지며, 상기 진동축을 따라서 선형운동을 하도록 이루어지는 이동체 및 상기 돔 형상의 압전 세라믹 액추에이터 하측 에지부에 고정되는 세라믹 구속체를 포함하도록 함으로써, 평면형의 압전 세라믹에 의한 두께 방향에 대한 진동변위 보다 진동축 방향에 대한 진동변위가 더 향상될 수 있도록 하는 발명에 관한 것이다.

대표도 - 도2b



특허청구의 범위

청구항 1

양면에 서로 다른 전극이 인가되도록 처리된 돔 형상의 압전 세라믹 액추에이터;

상기 돔 형상의 상부 정점에 수직으로 고정되는 막대형 진동축;

원통형상으로 상기 진동축에 끼워지며, 상기 진동축을 따라서 선형운동을 하도록 이루어지는 이동체; 및

상기 돔 형상의 압전 세라믹 액추에이터 하측 에지부에 고정되는 세라믹 구속체를 포함하되,

상기 세라믹 구속체는 상기 압전 세라믹 액추에이터의 경 방향 진동을 속박할 수 있는 강성을 갖으며, 상기 압전 세라믹과 열팽창계수가 유사한 물질로 형성되는 것을 특징으로 하는 돔 형상의 선형 압전 모터(DSPLM).

청구항 2

제 1 항에 있어서,

상기 이동체의 표면에 형성되어 상기 이동체와 상기 진동축과의 접촉부위에 일정한 마찰력이 유지되도록 하는 가압 부재를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 돔 형상의 선형 압전 모터.

청구항 3

제 2 항에 있어서,

상기 가압 부재는 스프링, 볼트 및 실리콘 고무 중 선택된 어느 하나로 이루어지는 것을 특징으로 하는 돔 형상의 선형 압전 모터.

청구항 4

제 1 항에 있어서,

상기 세라믹 구속체는 상기 압전 세라믹 액추에이터와 일체형으로 형성되는 것을 특징으로 하는 돔 형상의 선형 압전 모터.

청구항 5

삭제

청구항 6

제 1 항에 있어서,

상기 세라믹 구속체는 디스크 형상 또는 링 형상으로 형성되는 것을 특징으로 하는 돔 형상의 선형 압전 모터.

청구항 7

제 1 항에 있어서,

상기 세라믹 구속체는 상기 압전 세라믹 액추에이터에 열경화성 접착제에 의해 결합되는 것을 특징으로 하는 돔 형상의 선형 압전 모터.

청구항 8

제 1 항에 있어서,

상기 압전 세라믹 액추에이터에 전계 인가를 위한 전원, 상기 전원과 상기 압전 세라믹 액추에이터의 양면을 각각 연결하는 전선 및 상기 전선을 상기 압전 세라믹 액추에이터의 양면에 각각 고정시키는 솔더를 더 포함하는 것을 특징으로 하는 돔 형상의 선형 압전 모터.

청구항 9

제 1 항에 있어서,

상기 압전 세라믹 액추에이터는 $0.04\text{Pb}(\text{Sb}_{0.5}\text{Nb}_{0.5})\text{O}_3-0.46\text{PbTiO}_3-0.5\text{PbZrO}_3$ 조성물을 이용하여 제조되는 것을 특징으로 하는 돔 형상의 선형 압전 모터.

청구항 10

제 1 항에 있어서,

상기 압전 세라믹 액추에이터는 PIM(Powder Injection Molding) 공정을 이용하여 제조되는 것을 특징으로 하는 돔 형상의 선형 압전 모터.

명세서

발명의 상세한 설명

기술분야

[0001] 본 발명은 돔 형상의 압전 세라믹 액추에이터를 채용하여 종래에 평면형의 압전 세라믹에 의한 진동변위 보다 향상된 진동변위를 제공하도록 하는 선형 압전 모터에 관한 것이다.

배경기술

[0002] 압전 모터(Piezoelectric motor)는 인가된 전계의 변화에 따라 진동을 일으키는 압전 세라믹 액추에이터의 압전 효과를 이용한 차세대 모터로서, 인간의 귀로 감지할 수 없는 20kHz 이상의 초음파 영역의 구동 주파수를 가지는 무소음의 모터를 가리키며 일명 초음파 모터라고도 한다. 압전 모터는 통상의 전자기식 모터와 비교하여 발생력이 3kg·cm, 반응속도가 0.1ms 이하이고 크기가 10배 이상 작으며 그 정밀도가 0.1μm 이하이므로, 디지털 카메라의 줌, 오토 포커싱 및 손떨림 방지 기능의 구현이나 CD/DVD-ROM 드라이브의 픽업 렌즈 구동 등과 같이 고레벨의 토크와 저속을 필요로 하는 응용 부분에 광범위하게 이용되고 있다.

[0003] 일반적으로 압전 모터는 진행파 방식(flexural wave type) 또는 정재파 방식(standing wave type) 등의 진동 전달방식으로 구현될 수 있으나, 이러한 진동전달방식은 연속적으로 구동되는 경우 접촉부분의 마모로 인해 일정한 진폭을 확보하기 어려운 단점이 있었다.

[0004] 이러한 단점을 극복하기 위한 대안으로 금속탄성체 양면에 압전 후막을 접착체로 접착한 후 병렬로 연결하여 굴곡 운동을 구동원으로 하여, 이동축에 탑재된 이동체를 선형으로 이동시키는 것을 특징으로 하는 선형 압전 모터가 제안되었다.

[0005] 상기 압전 모터는 종래에 비해 작은 크기에 비교적 제조 공정이 단순하고 빠른 동작 속도를 제공하는 장점이 있었으나, 압전 세라믹 액추에이터가 변위를 향상시키기 위하여 별도의 금속탄성판을 접합시켜야 했다. 따라서, 제작 단가가 상승하고 제조 공정이 복잡해지는 문제가 있었다. 또한 100μm의 압전 후막을 이용하는 관계로 충격에 약하고, 발생력이 작은 문제와 압전 후막의 진동에 의하여 금속탄성판과 압전 후막이 박리되는 문제를 가지고 있다.

[0006] 또한, 종래기술에 의하면 이동축 및 이동체의 진동변위가 일정 크기로 제한되므로 해당 모터가 응용될 수 있는 제품의 범위가 그만큼 한정되는 문제점이 있었다.

발명의 내용

해결 하고자하는 과제

[0007] 본 발명은 상기와 같은 문제점을 해결하기 위해 제안된 것으로서, 압전 세라믹 액추에이터에 별도의 탄성판을 접합하지 않고서도 진동변위를 확보할 수 있도록 하고, 평면형 압전 세라믹 액추에이터에 비해 향상된 선형 진동변위를 제공함으로써, 선형 압전 모터의 가동 효율을 높이는 한편 그 응용 범위를 한층 더 확대시킬 수 있도록 하는 돔 형상의 선형 압전 모터를 제공하는 것을 그 목적이 있다.

과제 해결수단

[0008] 본 발명에 따른 돔 형상의 선형 압전 모터(DSPLM)는 양면에 서로 다른 전극이 인가되도록 처리된 돔 형상의 압전 세라믹 액추에이터와, 상기 돔 형상의 상부 정점에 수직으로 고정되는 막대형 진동축과, 원통형상으로 상기 진동축에 끼워지며, 상기 진동축을 따라서 선형운동을 하도록 이루어지는 이동체 및 상기 돔 형상의 압전 세라믹 액추에이터 하측 예지부에 고정되는 세라믹 구속체를 포함하는 것을 특징으로 한다.

[0009] 여기서, 상기 이동체의 표면에 형성되어 상기 이동체와 상기 진동축과의 접촉부위에 일정한 마찰력이 유지되도록 하는 가압 부재를 더 포함하는 것을 특징으로 하고, 상기 세라믹 구속체는 상기 압전 세라믹 액추에이터와 일체형으로 형성되는 것을 특징으로 하고, 상기 세라믹 구속체는 상기 압전 세라믹 액추에이터의 경 방향 진동을 속박할 수 있는 강성을 갖으며, 상기 압전 세라믹과 열팽창계수가 유사한 물질로 형성되는 것을 특징으로 하고, 상기 세라믹 구속체는 디스크 형상 또는 링 형상으로 형성되는 것을 특징으로 하고, 상기 세라믹 구속체는 상기 압전 세라믹 액추에이터에 열경화성 접착제에 의해 결합되는 것을 특징으로 한다.

효 과

[0010] 본 발명은 진동변위를 얻기 위해 별도의 탄성판을 구비할 필요 없이 압전 세라믹을 돔형으로 구성할 뿐이므로 탄성체 부가로 인한 제작 공정이 단축되고, 제작 단가가 낮아지는 장점이 있고, 종래의 평면형 압전 세라믹을 채용할 경우에 비해 선형 압전 모터의 진동변위, 작동 범위 및 발생력을 향상시킬 수 있으므로 해당 모터가 적용되는 제품의 활용범위를 증가시킬 수 있는 효과를 제공한다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

[0011] 본 발명에 따른 돔 형상의 선형 압전 모터(DSPLM)는 양면에 서로 다른 전극이 인가되도록 처리된 돔 형상의 압전 세라믹 액추에이터와, 상기 돔 형상의 상부 정점에 수직으로 고정되는 막대형 진동축과, 원통형상으로 상기 진동축에 끼워지며, 상기 진동축을 따라서 선형운동을 하도록 이루어지는 이동체 및 상기 돔 형상의 압전 세라믹 액추에이터 하측 예지부에 고정되는 세라믹 구속체를 포함한다.

[0012] 여기서, 이동체는 상기 진동축이 이동할 때 상기 이동체의 관성력이 상기 진동축과의 마찰력보다 작은 경우에 상기 진동축의 운동방향에 따라 이동하게 된다.

[0013] 또한, 이동체와 진동축과의 접촉부위에는 소정의 가압부재를 통해 일정한 마찰력이 유지되도록 하되, 세라믹 구속체에 돔 형상의 압전 세라믹 액추에이터 변위를 극대화시킬 수 있도록 할 수 있다.

[0014] 이하, 본 발명의 바람직한 실시예에 대하여 첨부도면을 참조하여 상세히 설명하기로 하되, 각 도면의 구성요소들에 대해 참조부호를 부가함에 있어서 동일한 구성요소들에 한해서는 비록 다른 도면상에 표시되더라도 가능한 한 동일한 부호로 표기되었음에 유의하여야 한다.

[0015] 본 발명에서 돔 형상의 압전 세라믹 액추에이터를 형성하는 것은 압전 세라믹 액추에이터의 변위를 향상시키기 위한 것이다. 이와 같은 형태의 압전 모터를 돔 형상의 선형 압전 모터(Dome Shaped Piezoelectric Linear Motor; DSPLM)라 하며, 개략적 형태는 아래의 사진을 참조하여 설명하면 다음과 같다.

- [0016] 도 1은 돔 형상의 선형 압전 모터(DSPLM)를 개략적으로 나타낸 사진이다.
- [0017] 도 1을 참조하면, 돔 형상의 압전 세라믹 액추에이터(Dome Shaped Piezoelectric Actuator, 10)가 구비되고, 돔 형상의 상부 정점에 샤프트(Shaft) 형태의 진동축(20)이 형성된다. 이때, 진동축(20)은 에폭시 본드에 의해서 고정될 수 있다.
- [0018] 다음으로, 진동축(20)의 중심부에는 이동체(30)가 형성되고, 이동체(30)의 외부에는 가압 부재로서 실리콘고무(40)가 구비된다.
- [0019] 그 다음으로, 돔 형상의 압전 세라믹 액추에이터 표면에는 전계 인가를 위한 전선이 연결되는 솔더(50)가 형성된다.
- [0020] 상술한 압전 세라믹 액추에이터(10)의 상판면 및 하판면에 전극이 인가되도록 전계(U)를 인가하면 역압전 효과에 의해 해당 압전 세라믹 액추에이터(10)에 압축력 또는 신장력이 인가된다.
- [0021] 즉, 본 발명에 따른 압전 세라믹 액추에이터(10)는 양면에 서로 다른 전극이 인가되도록 처리된 돔 형상으로 구성되며, 해당 압전 세라믹 액추에이터(10)의 양쪽면에 인가되는 전압의 극성 변화에 따라 진동축(20) 방향으로 돌출 또는 만입되는 방식으로 진동한다.
- [0022] 여기서, 본 발명에서는 돔 형상의 에지부에 세라믹 구속체를 도입함으로써, 돔 형상의 정점부에서 진동이 발생하는 효과를 극대화시키는 원리를 도입하고 있다.
- [0023] 도 2a 및 도 2b는 본 발명에 따른 돔 형상의 선형 압전 모터(DSPLM)를 개략적으로 나타낸 사진 및 단면도이다.
- [0024] 도 2a 및 도 2b를 참조하면, 양면에 서로 다른 전극이 인가되도록 처리된 돔 형상의 압전 세라믹 액추에이터(100)가 구비되고, 돔 형상의 상부 정점에 수직으로 고정되는 막대형 또는 샤프트형 진동축(120)이 구비된다.
- [0025] 그리고, 이동체(130)는 원통형상으로 진동축(120)에 끼워지며, 이동체(130)의 표면에는 진동축(120)과의 접촉부위에 일정한 마찰력이 유지되도록 하는 가압 부재로 실리콘 고무(140)가 구비된다.
- [0026] 다음으로, 압전 세라믹 액추에이터(100)에 전계 인가를 위한 전원, 상기 전원과 압전 세라믹 액추에이터(100)의 양면을 각각 연결하는 전선 및 상기 전선을 압전 세라믹 액추에이터(100)의 양면에 각각 고정시키는 솔더(150)가 구비된다.
- [0027] 그 다음으로, 본 발명에 대한 주요 특징으로서 돔 형상의 하측 에지부에 세라믹 구속체(160)가 구비된다.
- [0028] 여기서, 세라믹 구속체(160)는 열경화성 접착제에 의해 결합되도록 함으로써, 압전 세라믹 액추에이터(100)와 일체형으로 형성되도록 하고, 단면 형상에서 알 수 있는 바와 같이 디스크 형상 또는 링 형상으로 형성되도록 하는 것이 바람직하다. 본 발명에서는 상기와 같이 세라믹 구속체(160)를 형성함으로써, 돔 형상의 정점 부근에서 변화되는 변위가 극대화 될 수 있도록 한다.
- [0029] 아울러, 세라믹 구속체(160)는 압전 세라믹 액추에이터(100)의 경 방향 진동을 속박할 수 있는 강성을 갖으며, 압전 세라믹과 열팽창계수가 유사한 물질로 형성되도록 하는 것이 바람직하다. 또한, 세라믹 구속체(160)는 에폭시 본드와 같은 열경화성 접착제에 의해 일체형으로 결합되는데, 이 경우 열경화 과정에서 세라믹 구속체(160)가 파괴되지 않을 수 있는 물질을 사용하는 것이 바람직하다.
- [0030] 이하에서는, 돔 형상의 압전 세라믹 액추에이터에서 진동이 발생하는 원리(또는 진동변위가 발생하는 원리) 및 본 발명에 따른 세라믹 구속체의 효과를 도면을 참조하여 좀 더 상세하게 알아보는 것으로 한다.
- [0031] 도 3은 본 발명에 따른 돔 형상의 압전 액추에이터에 대한 분석을 위한 삼차원 구조도이고, 도 4는 본 발명에 따른 돔 형상의 압전 액추에이터에 대한 유한요소분석(Finite Element meshes; FEM)을 위한 구조도이다.
- [0032] 도 3 및 도 4를 참조하면, 돔 형상의 압전 세라믹에 미치는 힘의 방향을 개략적으로 알 수 있다. 즉, 압전 세라믹을 구성하는 압전 세라믹 액추에이터의 정점 부분이 진동축방향으로 수축하고, 가장자리 방향으로 팽창하여 돔의 두께가 얇아지는 경우, 축을 중심으로 하는 미소요소는 인접한 미소요소에 의해 압축력을 받고 이 압축력의 합력은 축의 돌출 방향으로 작용하므로 결과적으로 압전 세라믹 액추에이터의 중심 정점 부분이 돌출하게 된다. 이때, 미소요소는 축의 중심을 향하여 환형으로 배치되는 것을 알 수 있다.

[0033] 다음으로, 압전 세라믹 액추에이터를 구성하는 압전 세라믹이 진동축 방향으로 팽창하고 가장자리 방향으로 수축하여 돔의 두께가 두꺼워지는 경우, 진동축을 중심으로 하는 미소요소는 상기 경우와 반대 방향의 힘을 받고 이러한 힘들의 합력은 진동축의 돌출 방향이 반대 방향으로 작용하므로, 결과적으로 압전 세라믹 액추에이터의 중심 정점 부분이 만입하게 된다.

[0034] 여기서, 돔형 압전 세라믹 액추에이터의 지름을 9.86mm로 하고, 곡률 4.6mm, 두께 0.4mm로 하고, PZT 5A의 압전 소재를 사용하였으며, FEM 모델링을 수행할 경우 하기 [표 1]의 압전, 유전 및 탄성 상수를 사용하여 결과를 얻을 수 있다.

[표 1]

s_{11}^E	s_{12}^E	s_{13}^E	s_{33}^E	s_{44}^E
$16.4 \times 10^{-12} \text{ m}^2/\text{N}$	$-5.74 \times 10^{-12} \text{ m}^2/\text{N}$	$-7.22 \times 10^{-12} \text{ m}^2/\text{N}$	$18.8 \times 10^{-12} \text{ m}^2/\text{N}$	$47.5 \times 10^{-12} \text{ m}^2/\text{N}$
d_{15}	d_{31}	d_{33}	$\epsilon_{11}^T / \epsilon^0$	$\epsilon_{11}^T / \epsilon^0$
$584 \times 10^{-12} \text{ C/N}$	$-171 \times 10^{-12} \text{ C/N}$	$374 \times 10^{-12} \text{ C/N}$	1730	1700

[0037]

[0038] 도 5는 본 발명의 비교예에 따른 돔 형상의 선형 압전 모터(DSPLM)에 대한 시뮬레이션된 임피던스 대 주파수 곡선을 나타낸 그래프이고, 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 돔 형상의 선형 압전 모터(DSPLM)에 대한 시뮬레이션된 임피던스 대 주파수 곡선을 나타낸 그래프이다.

[0039] 도 7은 본 발명의 비교예에 따른 돔 형상의 선형 압전 모터(DSPLM)에 공명주파수를 적용하는 것에 따른 ATILA 3차원 시뮬레이션 결과이고, 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 돔 형상의 선형 압전 모터(DSPLM)에 공명주파수를 적용하는 것에 따른 ATILA 3차원 시뮬레이션 결과이다.

[0040] 상기와 같은 경우 압전 세라믹 액추에이터에 별도의 구속 조건이 없다는 가정 하에 시뮬레이션을 수행한 결과는 하기 도 5 및 도 7에서 확인할 수 있으며, 세라믹 구속체를 장착한 후 시뮬레이션을 수행한 결과는 하기 도 6 및 도 8에서 확인할 수 있다.

[0041] 도 5는 진동축(Shaft)의 길이를 15mm, 20mm, 30mm로 하여 측정된 임피던스 대 주파수 곡선을 나타낸 것으로, 임피던스의 변화가 나타나는 부분은 대략적으로 2 부분으로 나타낼 수 있는데, 첫 번째 84.0 ~ 87.6kHz를 나타내는 부분이 있고, 205.5 ~ 206.8kHz를 나타내는 부분이 있다. 이때 도 7을 참조하면, 첫 번째 부분은 Z-축에 대한 진동모드임을 알 수 있고, 두 번째 부분은 경 방향 진동모드에 의한 진동변위임을 알 수 있다.

[0042] $70V_{p-p}$ 의 전계가 인가된다고 할 때 Z-축에 대한 진동변위가 $\pm 0.657\mu\text{m}$ 이고, 반지름에 대한 진동변위가 $\pm 3.576\mu\text{m}$ 인 것을 알 수 있다. 즉, 돔 형 압전 세라믹 액추에이터의 에지부에 구속체가 없는 경우 진동축 방향에 의한 진동변위 보다는 경 방향 진동모드 의한 진동변위가 더 크게 나타나는 것이다.

[0043] 반면에 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 도 6 및 도 8의 경우, 하부에 세라믹 구속체를 포함함으로써, Z-축 진동모드에 의한 진동변위가 $\pm 6.72\mu\text{m}$ 로 우수한 진동변위 확대 효과를 얻을 수 있도록 한다. 아울러, 상기 경우의 경 방향 진동모드 의한 진동변위는 $\pm 2.499\mu\text{m}$ 로 나타나고 있는데, 이는 상기 도 5의 경우에서 Z-축에 대한 진동변위와 크기가 유사하므로, 본 발명에 따른 세라믹 구속체를 포함하는 돔 형상의 선형 압전 모터는 전반적인 진동변위(진동축 방향 진동변위, 경 방향 진동변위)가 동일인가전압에서 상승하는 것을 알 수 있다.

[0044] 도 9는 본 발명의 일 실시예에 따른 돔 형상의 선형 압전 모터(DSPLM)에 대한 최대 진동 및 적용전압을 나타낸 그래프이다.

[0045] 도 9는 소프트 PZT 및 $0.04\text{Pb}(\text{Sb}_{0.5}\text{Nb}_{0.5})\text{O}_3-0.46\text{PbTiO}_3-0.5\text{PbZrO}_3$ 조성물을 이용하고, PIM 공정을 이용하여 돔 형상의 압전 세라믹 액추에이터를 제조한 실시예에 대한 실험 결과를 나타낸 것이다. 이때, 실온에서의 유전 특성은 $d_{33} \sim 550\text{pC/N}$, 압전 특성은 $k_{33}^T \sim 1450$, $k_p = 0.7$ 로 하고, 큐리 온도는 $T_c = 320$ 으로 하고, 돔형 압전 세라믹 액추

에이터의 지름을 9.86mm로 하고, 곡률 4.53mm, 두께 0.4mm로 하였다.

- [0046] 먼저, 전기화학적 특성 측정을 위해서 650℃에서 30분간 소결된 은 페이스트(Metech Inc. #3288)를 연마하고 전극화하여 소결 표본을 형성하였다. 다음에는, 150℃의 오일 욕조에 소결 표본을 떨어뜨린 후 2.5kV/mm의 직류 전계를 40분동안 적용하여 측정하였다. 그 다음에, 진동축을 돔 형상의 압전 세라믹 액추에이터 상부 정점 부분에 접촉시킨다.
- [0047] 다음으로 상기 실험 데이터와 상기 도 5 내지 도 8의 시뮬레이션 결과를 비교하기 위해서, 첫 번째 진동변위가 나타나는 부분을 0.08nm의 분해능을 가지는 마이크로 레이저 간섭계(Micro Laser Interferometer(Cannon, DS-80A))를 이용하여 본 발명에 따른 압전 세라믹 액추에이터의 전기화학적 변위 특성을 측정하였다. 측정결과 사각 파형 전기장이 샘플에 적용되고 있으며, 50kHz에서 양극 파형의 전압이 적용되고 있는 것을 알 수 있다.
- [0048] 상술한 바와 같이, PIM 공정에 의해 제작된 본 발명의 돔형 압전 세라믹 액추에이터는 작은 크기임에도 불구하고 7.84 μ m와 같은 큰 팁 진동변위를 나타낸다. 이때의 낮은 전기장은 87.5V_{op}/mm이고, FEM 분석에 의한 결과이다. 따라서, PIM 공정에 의해 제조된 본 발명의 돔형상의 선형 압전 모터는 저 전압하에서도 우수한 진동변위를 나타내고 있다.
- [0049] 도 10은 본 발명의 다른 실시예에 따른 돔 형상의 선형 압전 모터(DSPLM)에 대한 시뮬레이션된 임피던스 대 주파수 곡선을 나타낸 그래프이다.
- [0050] 도 10을 참조하면, 임피던스 대 주파수 곡선을 나타내기 위하여 HP4194A를 이용하여 시뮬레이션 분석한 것으로, 이 시뮬레이션 결과와 실험 데이터를 비교하면 도시된 바와 같이 50 ~ 100kHz 사이의 두 부분에서 Z-축에 대한 진동변위가 나타나는 것을 알 수 있다.
- [0051] 여기서, 첫 번째 공진 주파수 범위는 일반적인 시뮬레이션 결과와 유사하지만, 본 발명에서는 세라믹 구속체에 의해서 다양한 형태의 공진 주파수 곡선을 나타낸다. 이와 같은 경우 Z-축에 대한 다양한 진동모드의 변위를 얻을 수 있고, 그 효율을 더 향상시킬 수 있다.
- [0052] 상기와 같이 우수한 진동변위를 제공하는 본 발명의 돔형의 선형 압전 모터는 안정적인 이동체의 변위도 제공한다. 이하에서는 이와 같은 진동축 및 이동체의 연동에 의한 선형 압전 모터의 작동 원리를 좀 더 상세히 살펴보기로 한다.
- [0053] 도 11은 본 발명의 일 실시예에 따른 돔 형상의 선형 압전 모터(DSPLM)의 관성원리에 따른 이동체의 변위를 나타낸 그래프이고, 도 12는 상기 도 11의 변위에 따른 전기적 포텐셜을 나타낸 그래프이다.
- [0054] 상기 도 2b를 참조하면 알 수 있는 바와 같이 진동축은 압전 세라믹 액추에이터의 변위에 연동되도록 그 일면에 고정된다. 통상 압전 세라믹 액추에이터의 일면은 모터의 프레임 또는 하우징에 대면하게 되므로 진동축은 그와 반대되는 일면에 고정된다.
- [0055] 이때, 이동체(Mobile element)는 진동축(Shaft)에 접촉되어 있으면서 진동축과의 마찰에 의해 선형으로 구동되는데, 이동체와 진동축과의 접촉부위에는 스프링, 볼트 및 실리콘 고무 등과 같은 소정의 가압부재를 이용하여 일정한 마찰력이 유지되도록 하는 것이 바람직하다.
- [0056] 이러한 이동체는 압전 세라믹 액추에이터의 진동에 의해 그와 연결된 진동축이 이동하게 될 때, 이동체의 관성력이 진동축과의 마찰력보다 작은 경우에 상기 진동축의 이동방향에 따라 이동하고, 그렇지 않은 경우라면 이동체는 그대로 있고 진동축만이 이동하게 된다.
- [0057] 여기서, 본 발명의 선형 압전 모터에는 도 12에서와 같은 톱니파 형상의 구동 전압이 인가된다.
- [0058] 압전 세라믹 액추에이터에 톱니파 전압을 인가하는 경우, 전압이 느리게 변화하는 구간(a->b, c->d, e->f)(구간 A라함)에서는 압전 세라믹 액추에이터의 진동축이 돌출 방향으로 이동하되 상대적으로 천천히 움직이게 되므로, 진동축과 이동체 간의 마찰력이 이동체의 관성력보다 커져 결과적으로는 진동축과 이동체가 함께 이동(1_a->1_b)하게 된다.
- [0059] 반대로, 전압이 빠르게 변화하는 구간(b->c, d->e)(구간 B라 함)에서는 압전 세라믹 액추에이터의 진동축이 돌출 방향의 반대 방향으로 이동하되 상대적으로 빠르게 움직이게 되므로, 이동체의 관성력이 진동축과 이동체 간

의 마찰력보다 커져 결과적으로는 이동체가 진동축 상에서 미끄러지면서 진동축만이 이동(1_b)하게 된다.

[0060] 결국, 상기 구간 A와 구간 B가 반복됨에 따라 이동체의 진동변위가 누적되어 돌출 방향으로 이동하게 되는 것이다. 만약, 도 12의 틱니파와 180° 의 위상차가 나는 전압이 인가된다면 이동체의 진동변위는 돌출방향의 반대방향으로 누적될 것이므로 결국 돌출방향의 반대방향으로 이동하게 된다.

[0061] 한편, 본 발명의 선형 압전 모터에는 압전 세라믹 액추에이터를 지지하기 위한 세라믹 구속체가 더 포함되므로, 압전 세라믹 액추에이터의 가장자리 방향으로의 변위를 소정의 크기로 제한하는 역할도 함께 담당하는데 이로써, 압전 세라믹 액추에이터의 중심부에 있어 축방향의 변위는 더욱 증폭될 수 있다.

[0062] 도 13은 본 발명의 일 실시예에 따른 돔 형상의 선형 압전 모터(DSPLM)에 대한 지속적인 변위를 측정하기 위한 장치이다.

[0063] 도 13을 참조하면, 0.08nm의 분해능을 가지는 마이크로 레이저 간섭계(Micro Laser Interferometer(Cannon, DS-80A), 200) 하부에 본 발명에 따른 돔형상의 선형 압전 모터(DSPLM, 210)를 위치시키고, 이동체(Mobile element, 220)에 레이저빔(Laser beam) 반사부 및 로드(Load)를 장착한다.

[0064] 아울러, 본 발명에 따른 압전 세라믹 액추에이터에는 전원 프로브(Voltage probe, 230)와 연결시키고, 전원 프로브는 전계 인가를 위한 전류 컨트롤 장치(Driving circuit or I.C., 240)와 연결시킨다.

[0065] 여기서, 로드(Load)는 10g 이하의 추를 적용하고, 50kHz의 공명 주파수 범위 내에서 $60V_{p-p}$ 의 전계가 인가될 수 있도록 하고, 변위 측정은 5 펄스를 적용한다.

[0066] 도 14는 본 발명의 일 실시예에 따른 돔 형상의 선형 압전 모터(DSPLM)에 공명주파수를 적용하는 것에 따른 총 변위를 나타낸 그래프이다.

[0067] 도 14를 참조하면, 상기 도 13의 장치에 의해서 측정되는 지속적인 총 변위는 $15.6\mu m$ 로 나타나고 있다. 이때, 상기 장치는 5 펄스에 대해 적용한 것이므로 본 발명에 따른 돔 형상의 선형 압전 모터가 나타내는 제어 가능 변위는 $3.12\mu m$ 가 된다.

[0068] 상술한 바와 같이, 세라믹 구속체를 구비한 돔형 압전 세라믹 압전 액추에이터를 채용한 본 발명의 선형 압축 모터는 전계(Electric Field)의 크기가 커짐에 따라 돔형(dome shape)의 최대이동변위(Maximum Tip Displacement)로서 $7.48\mu m$ 까지 나타낼 수 있으며, 지속적인 평균 변위도 $3.12\mu m$ 로서 평면형(disk shape)의 선형 압전 모터 보다 현저하게 우수한 특성을 갖는 다는 것을 확인할 수 있다.

[0069] 이상, 본 발명의 상세한 설명에서는 구체적인 실시예에 관해 설명하였으나, 본 발명의 범위에서 벗어나지 않는 한도 내에서 여러 가지 변형이 가능함은 물론이다. 그러므로 본 발명의 범위는 설명된 실시예에 국한되지 않으며, 후술 되는 특허청구의 범위뿐만 아니라 이 특허청구의 범위와 균등한 것들에 의해 정해져야 할 것이다.

도면의 간단한 설명

[0070] 도 1은 돔 형상의 선형 압전 모터(DSPLM)를 개략적으로 나타낸 사진.

[0071] 도 2a 및 도 2b는 본 발명에 따른 돔 형상의 선형 압전 모터(DSPLM)를 개략적으로 나타낸 사진 및 단면도.

[0072] 도 3은 본 발명에 따른 돔 형상의 압전 액추에이터에 대한 분석을 위한 삼차원 구조도.

[0073] 도 4는 본 발명에 따른 돔 형상의 압전 액추에이터에 대한 유한요소분석을 위한 구조도.

[0074] 도 5는 본 발명의 비교예에 따른 돔 형상의 선형 압전 모터(DSPLM)에 대한 시뮬레이션된 임피던스 대 주파수 곡선을 나타낸 그래프.

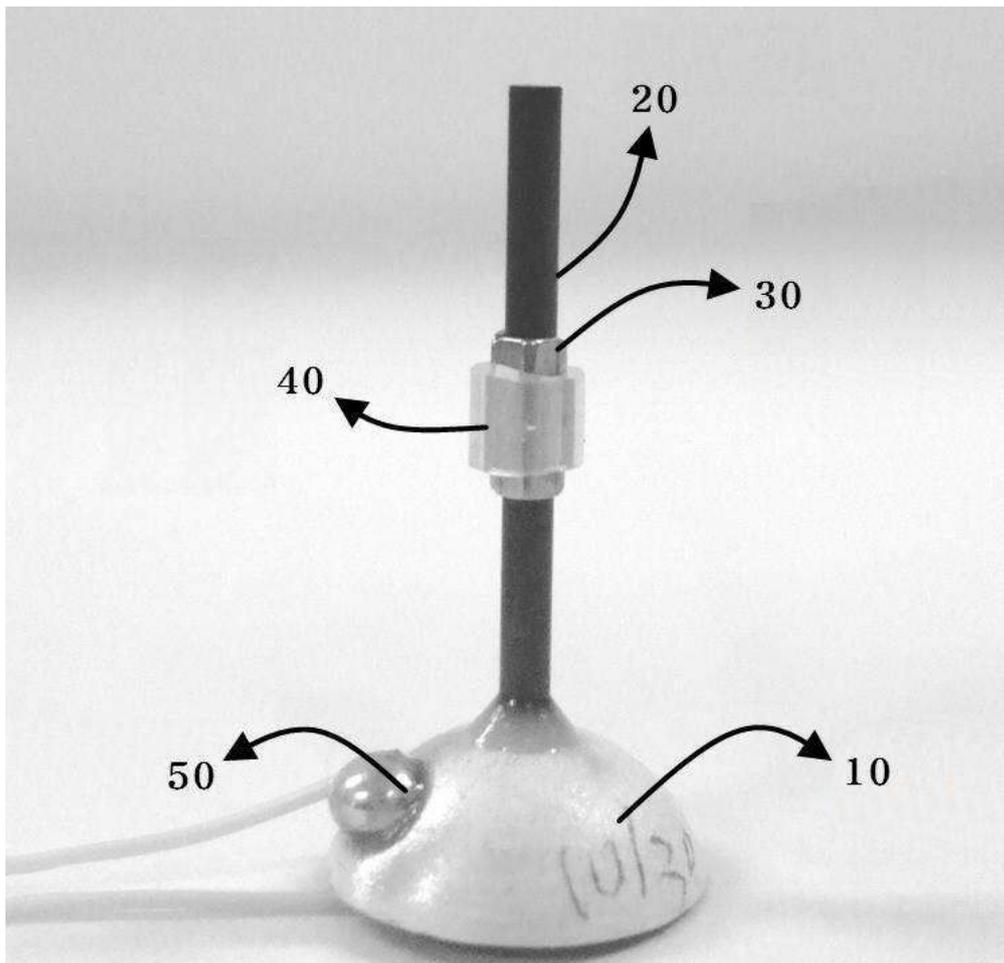
[0075] 도 6은 본 발명의 일 실시예에 따른 돔 형상의 선형 압전 모터(DSPLM)에 대한 시뮬레이션된 임피던스 대 주파수 곡선을 나타낸 그래프.

[0076] 도 7은 본 발명의 비교예에 따른 돔 형상의 선형 압전 모터(DSPLM)에 공명주파수를 적용하는 것에 따른 ATILA 3 차원 시뮬레이션 결과.

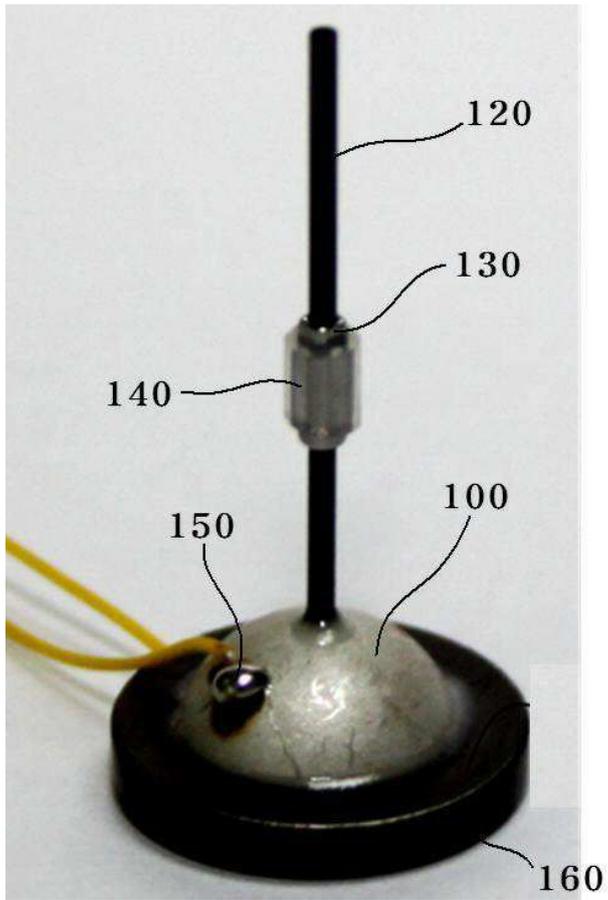
- [0077] 도 8은 본 발명의 일 실시예에 따른 돔 형상의 선형 압전 모터(DSPLM)에 공명주파수를 적용하는 것에 따른 ATILA 3차원 시뮬레이션 결과.
- [0078] 도 9는 본 발명의 일 실시예에 따른 돔 형상의 선형 압전 모터(DSPLM)에 대한 최대 진동 및 적용전압을 나타낸 그래프.
- [0079] 도 10은 본 발명의 다른 실시예에 따른 돔 형상의 선형 압전 모터(DSPLM)에 대한 시뮬레이트된 임피던스 대 주파수 곡선을 나타낸 그래프.
- [0080] 도 11은 본 발명의 일 실시예에 따른 돔 형상의 선형 압전 모터(DSPLM)의 관성원리에 따른 이동체의 변위를 나타낸 그래프.
- [0081] 도 12는 상기 도 11의 변위에 따른 전기적 포텐셜을 나타낸 그래프.
- [0082] 도 13은 본 발명의 일 실시예에 따른 돔 형상의 선형 압전 모터(DSPLM)에 대한 지속적인 변위를 측정하기 위한 장치.
- [0083] 도 14는 본 발명의 일 실시예에 따른 돔 형상의 선형 압전 모터(DSPLM)에 공명주파수를 적용하는 것에 따른 총 변위를 나타낸 그래프.

도면

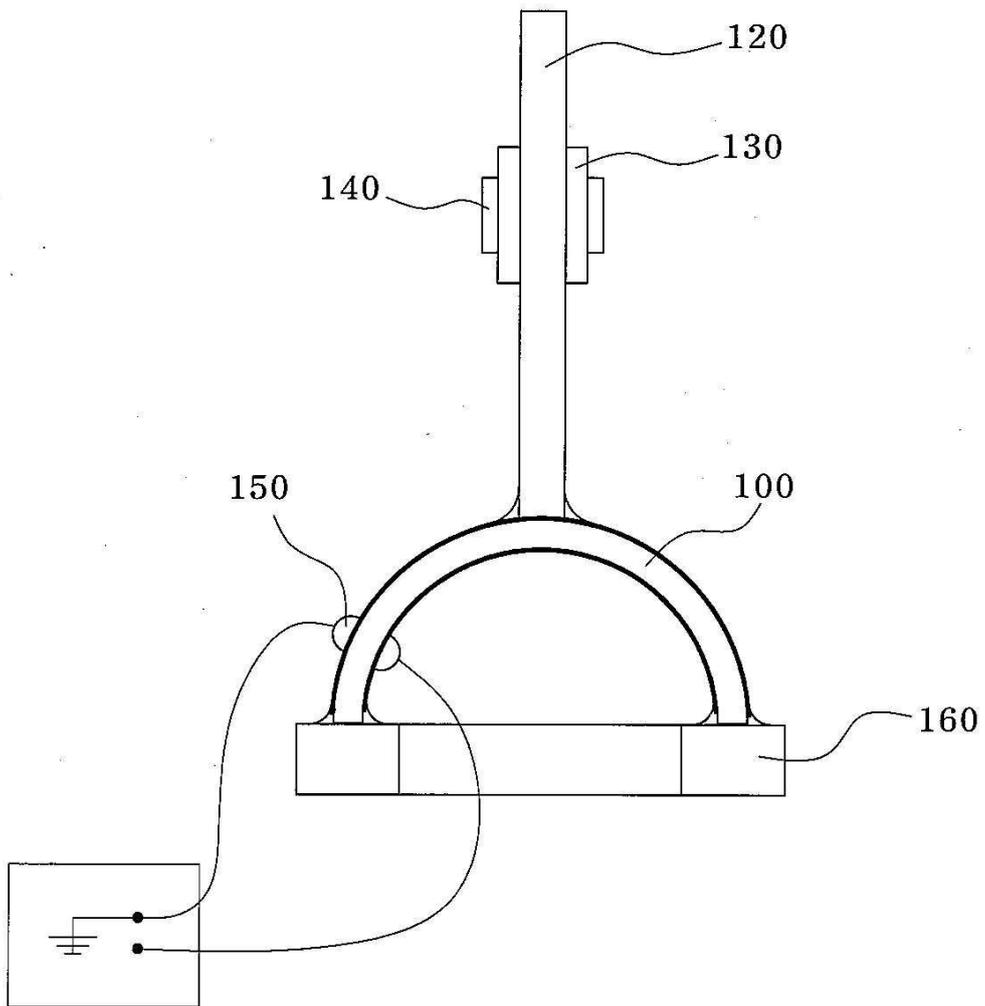
도면1



도면2a



도면2b



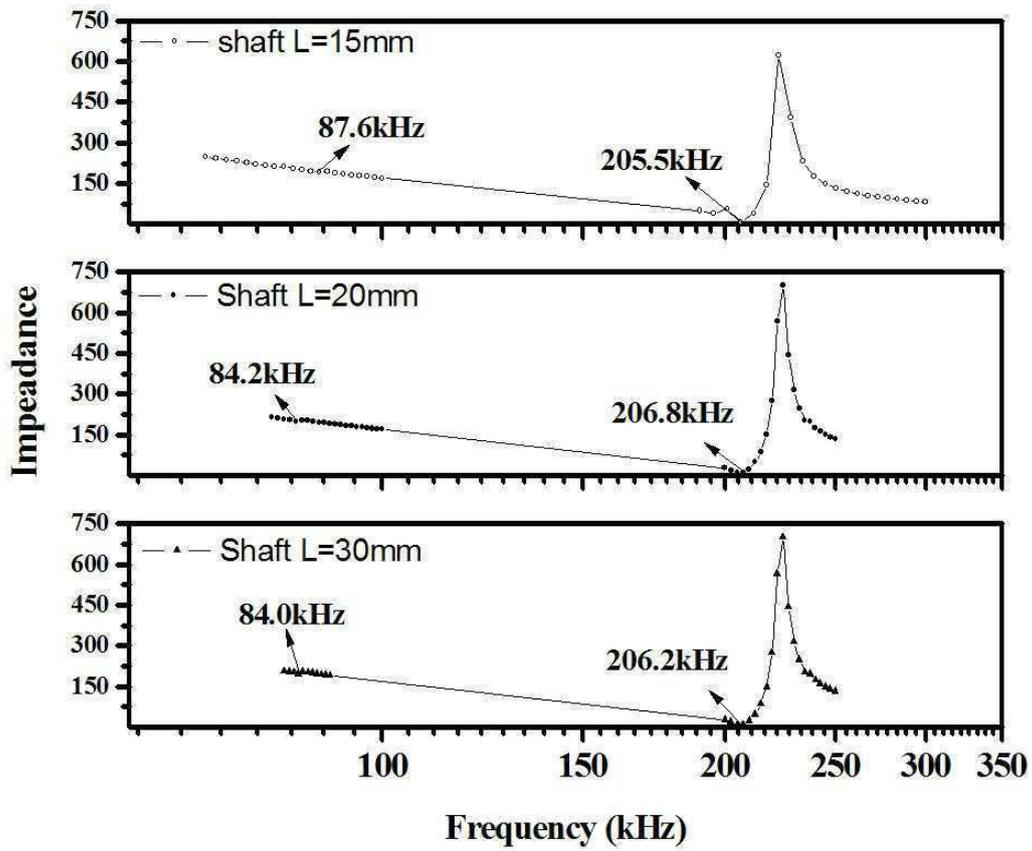
도면3



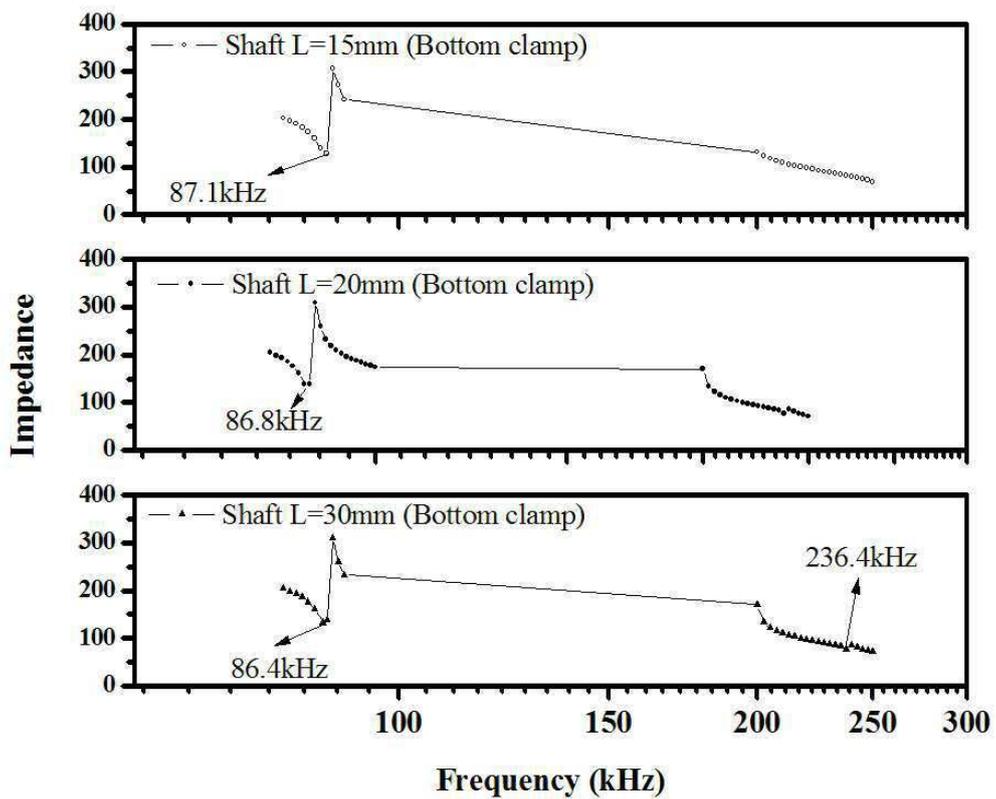
도면4



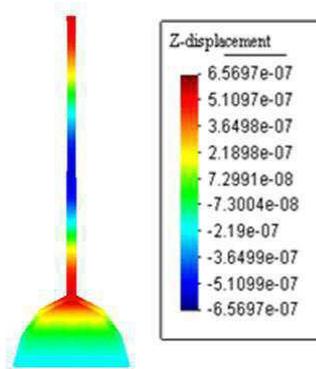
도면5



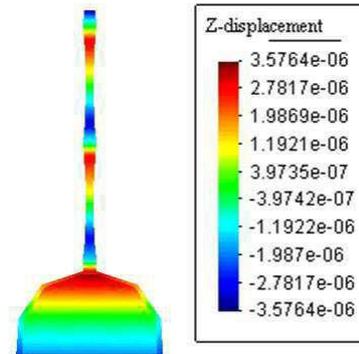
도면6



도면7

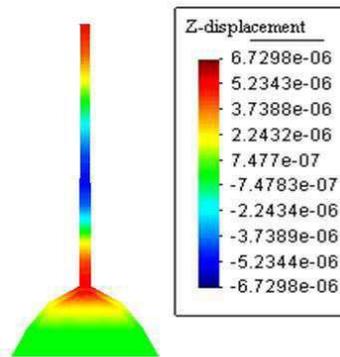


step 2
Contour Fill of Displacement, Z-displacement.
Deformation ($\times 1e+06$): Displacement of Harmonic-Magnitude, step 2.

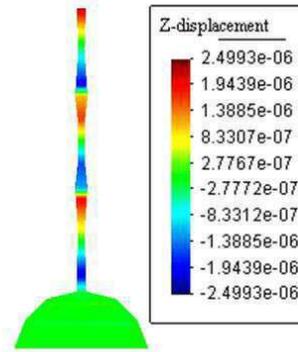


step 9
Contour Fill of Displacement, Z-displacement.
Deformation ($\times 300000$): Displacement of Harmonic-Magnitude, step 9.

도면8

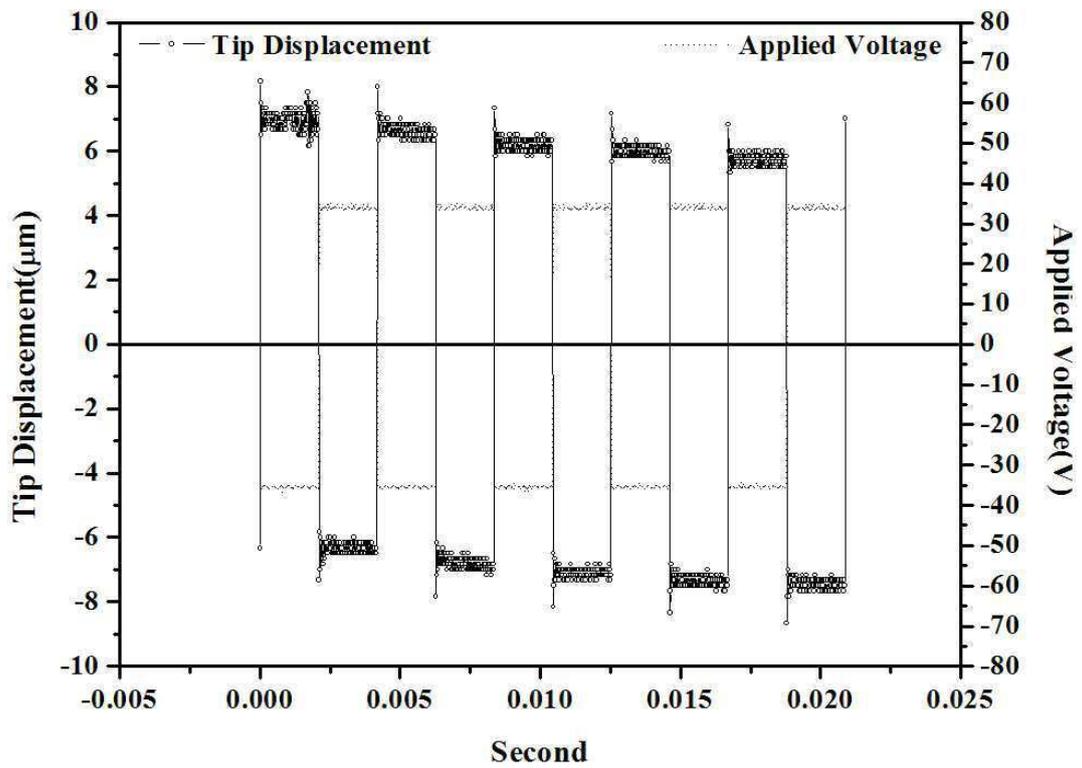


step 14
Contour Fill of Displacement, Z-displacement.
Deformation ($\times 200000$): Displacement of Harmonic-Magnitude, step 14.

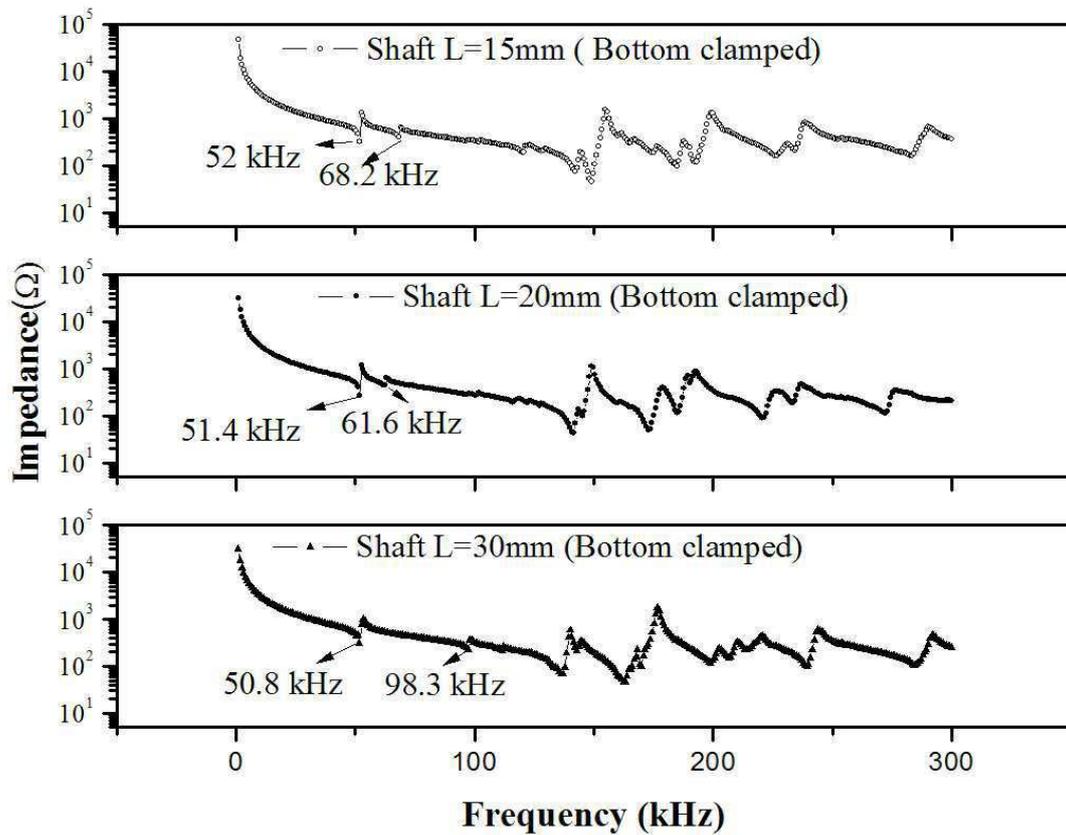


step 17
Contour Fill of Displacement, Z-displacement.
Deformation ($\times 400000$): Displacement of Harmonic-Magnitude, step 17.

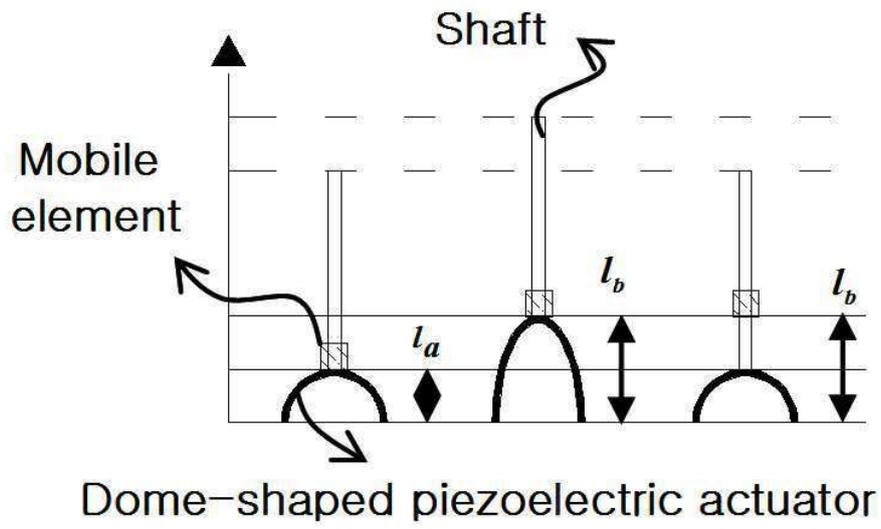
도면9



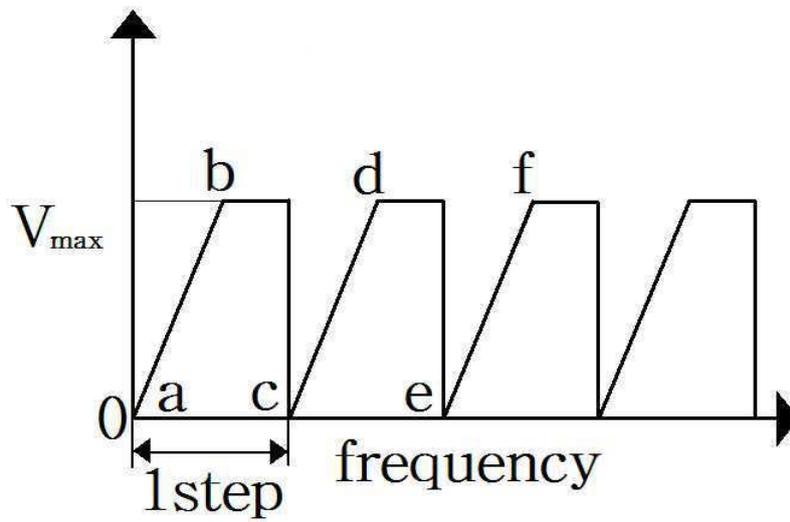
도면10



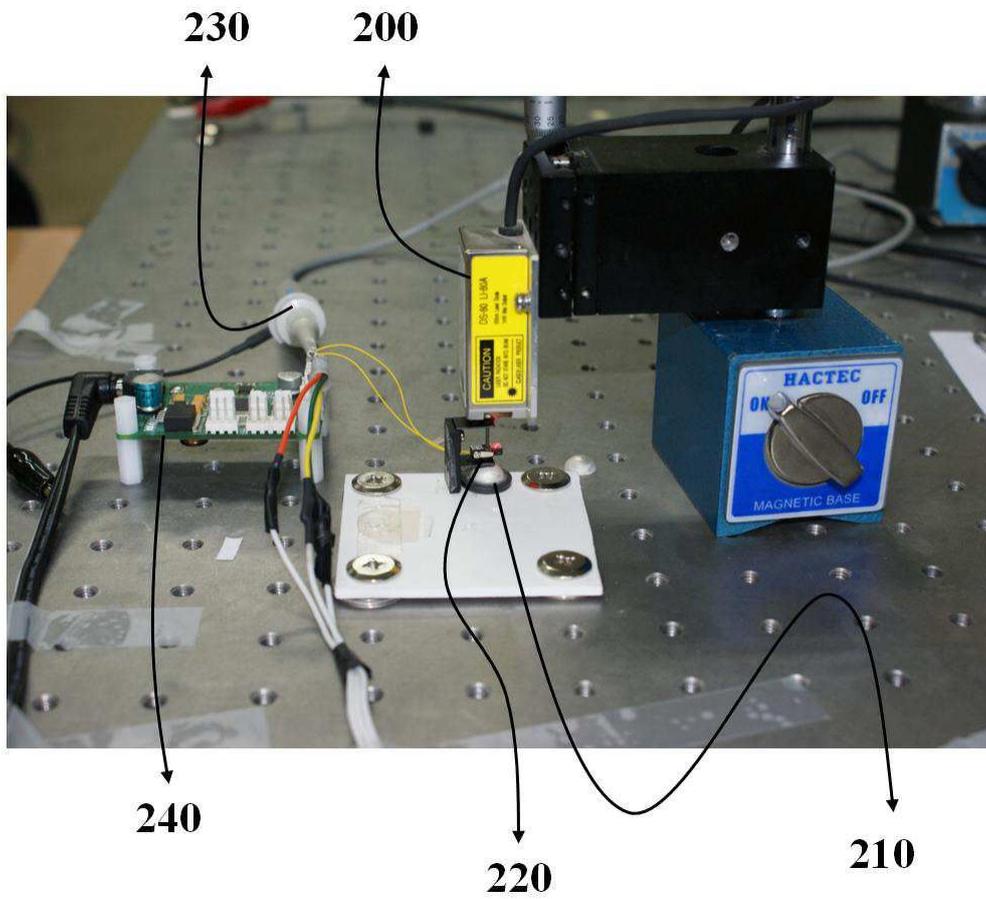
도면11



도면12



도면13



도면14

