



(19) 대한민국특허청(KR)

(12) 등록특허공보(B1)

(45) 공고일자 2014년12월22일

(11) 등록번호 10-1475541

(24) 등록일자 2014년12월16일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

*B06B 3/00* (2006.01) *B06B 1/06* (2006.01)  
*HO4R 17/00* (2006.01) *HO4R 1/30* (2006.01)

(21) 출원번호 10-2009-7020554

(22) 출원일자(국제) 2008년03월20일

심사청구일자 2013년03월13일

(85) 번역문제출일자 2009년09월30일

(65) 공개번호 10-2010-0014729

(43) 공개일자 2010년02월10일

(86) 국제출원번호 PCT/EP2008/053359

(87) 국제공개번호 WO 2008/122499

국제공개일자 2008년10월16일

(30) 우선권주장

583/07 2007년04월04일 스위스(CH)

(56) 선행기술조사문헌

JP2001179179 A

KR1020020072928 A

KR200249520 Y1

US06135339 A

전체 청구항 수 : 총 5 항

심사관 : 최정원

(54) 발명의 명칭 긴 혼을 포함하는 초음파 변환기

**(57) 요 약**

본 발명은, 긴 혼(2), 상대 부재(3), 2개의 압전 구동장치(4, 5), 및 스크루(6)를 포함하는 초음파 변환기(1)에 관한 것이다. 상대 부재는 스크루에 의해서 혼에 고정되며, 따라서 초음파 변환기의 종방향 축(7)의 각 측부에 배치되는 압전 구동 장치를 혼과 상대 부재 사이에 클램핑한다. 초음파 변환기는 혼에 클램핑된 모세관의 첨단이 2개의 상이한 방향으로 진동할 수 있도록 설계된다.

대표도 : 도 1 내지 도 5

## 특허청구의 범위

### 청구항 1

초음파 변환기로서,

긴 혼(elongate horn)(2),

상대 부재(counterpiece)(3),

2개의 압전 구동장치(piezoelectric drive)(4, 5), 및

스크루(screw)(6)를 포함하며, 상대 부재(3)는 스크루(6)에 의해서 혼(2)에 고정되며, 압전 구동장치(4, 5)는 변환기의 종방향 축(7)의 각 축부에 배치되고 혼(2)과 상대 부재(3)의 사이에 클램핑되며, 혼(2)은 변환기를 와이어 본더의 본딩 헤드에 고정하기 위한 최소한 하나의 제 1 홀(9)을 포함하는 플랜지(8)를 구비하며, 여기서,

제1 동위상 교류 전압이 2개의 압전 구동장치(4, 5)에 인가될 때, 변환기의 종방향 축(7)에 평행하는 방향의 제 1 초음파 진동이 변환기에 형성되고,

제2 역위상 교류 전압이 2개의 압전 구동장치(4, 5)에 인가될 때, 변환기의 종방향 축(7)에 횡방향으로 향하는 제2 초음파 진동이 변환기에 형성되며, 그리고 여기서

압전 구동장치(4, 5)는 제1 초음파 진동의 제1 절점(node)(13)에 위치하며,

압전 구동장치(4, 5)는 제2 초음파 진동의 제1 파복(antinode)(14)에 위치하며,

플랜지(8)는 제1 초음파 진동의 제2 절점(15)에 위치하며,

플랜지(8)는 제2 초음파 진동의 제2 파복(16)에 위치하며, 그리고

플랜지(8)의 최소한 하나의 제 1 홀(9)이 제2 초음파 진동의 또 다른 절점(17)에 위치하는 것을 특징으로 하는 초음파 변환기.

### 청구항 2

제1항에 있어서,

상기 혼은 모세관을 수용하기 위한 제 2 홀(12)을 구비하고, 이러한 제 2 홀(12)은, 혼의 첨단으로부터 측정했을 때 제2 파복(18)인, 제2 초음파 진동의 파복(18)에 형성되는 것을 특징으로 하는 초음파 변환기.

### 청구항 3

제1항 또는 제2항에 있어서,

제2 초음파 진동은, 스크루의 헤드와 압전 구동장치(4, 5)의 사이에 위치하는 최소한 하나의 절점(19)을 구비하는 것을 특징으로 하는 초음파 변환기.

### 청구항 4

제1항 또는 제2항에 있어서,

제2 초음파 진동은, 상대 부재(3)의 가장자리에 인접하여 위치되는 절점(20)을 상대 부재(3)에 갖는 것을 특징으로 하는 초음파 변환기.

### 청구항 5

제1항 또는 제2항에 있어서,

상대 부재(3)의 폭( $B_1$ )이, 변환기의 종방향 축(7)으로부터 압전 구동장치(4, 5)의 외측 가장자리의 거리( $D_1$ )보다 큰 것을 특징으로 하는 초음파 변환기.

## 명세서

## 기술 분야

[0001] 본 발명은, 초음파 변환기에 관한 것이다.

## 배경 기술

[0002] 이러한 유형의 초음파 변환기는 볼 와이어 본더(ball wire bonder)로서 알려진 것에 사용된다. 와이어 본더는, 반도체 칩을 기판에 피팅(fitting)한 후에 반도체 칩을 배선하는데 사용되는 머신이다. 볼 와이어 본더는, 와이어가 모세관(capillary) 내의 종방향 홀(hole)을 통해서 안내되고, 모세관에 의해서 연결 지점에 고정되는 와이어 본더이며, 반면에 웨지 와이어 본더(wedge wire bonder)로서 알려진 경우에는, 상기 모세관이 소노트로우드(sonotrode)로 알려진 특정 웨지 기구(wedge tool)로 대체된다. 상기 초음파 변환기는 혼(horn)과 상기 혼 내의 초음파 진동을 여기하기 위한 압전 구동장치(piezoelectric drive)를 포함한다. 상기 모세관은 혼의 첨단에 클램핑된다. 반도체 칩의 연결 지점과 기판의 연결 지점 사이의 배선된 연결부를 제조하는 동안, 모세관으로부터 돌출한 와이어의 단부가 처음에는 볼(ball)을 형성하기 위해서 용융된다. 이어서, 전문가들에게는 간단히 볼(ball)로서 언급되는, 와이어 볼은 압력 및 초음파에 의해서 반도체 칩의 연결 지점에 고정된다, 이것은 와이어 볼을 파쇄(crushing)하는 것을 수반한다. 이러한 공정은 볼-본딩(ball-bonding)으로서 언급된다. 이어서 와이어는 필요한 와이어 길이로 인발되며, 와이어 루프(wire loop)로 형성되고, 기판의 연결 지점에 용접된다. 공정의 후반부는 웨지-본딩(wedge-bonding)으로서 언급된다. 일단 와이어가 기판의 연결 지점에 고정되면, 와이어는 벗겨지고, 그 다음의 본딩 사이클이 시작될 수 있다. 볼-본딩 및 웨지-본딩에서는, 초음파가 압전 구동장치의 혼에 인가된다.

[0003] 초음파 변환기는, 예를 들면 미국 특허 US 5603445, US 5595328, US 5364005, US 5180093, US 5368216, US 5469011, US 5578888, US 5699953 및 US 6135339에 공지되어 있다.

[0004] 상기 공지된 초음파 변환기는, 연속적인 초음파 파동이 혼에 형성되고, 그것의 진동이 혼의 종방향으로 향하도록 설계된다. 이러한 유형의 초음파 파동은 또한 종파(longitudinal wave)로서 언급된다. 볼 와이어 본더의 본딩 헤드(bonding head)는 모세관의 첨단이 3개의 공간 방향으로 움직이게 하고, 따라서 본딩 헤드는 단지 3개의 자유도(degree of freedom)를 갖는다. 따라서, 미국 특허 공보 US 5114302, 미국 특허 공보 US 6460751 및 국제 공개 공보 WO 2006036669 등으로부터 알려진 바와 같은, XY 테이블에 장착되는 종래의 본딩 헤드와 회전 본딩 헤드(rotative bonding head) 양자에서는, 혼은 대체로 소정의 방향을 따라서 배향되는 반면에, 상기 배선된 연결부는 모든 방향으로 연장될 수 있다. 이것은, 한편으로는 기판의 연결 지점에 대한 와이어의 접착(adhesion)이 모든 배선된 연결부에서 균일한 강도를 갖지 않는 것과, 다른 한편으로는 파쇄된 볼(crushed ball)의 형상의 변동(variation)으로 이어진다.

## 발명의 상세한 설명

[0005] 본 발명의 목적은, 기판의 접속 지점에 대한 와이어의 개선된 접착 및 파쇄된 볼의 더욱 균일한 형상을 달성하는 것이다.

[0006] 본 발명에 따르면, 전술한 목적은 청구항 1항의 특징들에 의해서 달성된다. 유리한 태양이 종속항들로부터 도출된다.

[0007] 본 발명에 따른 초음파 변환기는 긴 혼(elongate horn), 상대 부재(counterpiece), 2개의 압전 구동장치(piezoelectric drive), 및 스크루(screw)를 포함한다. 상기 상대 부재는 스크루에 의해서 혼에 고정되고, 따라서 초음파 변환기의 종방향 축의 각 측면에 배치되는 압전 구동장치를 혼과 상대 부재 사이에 클램핑한다. 상기 혼은, 초음파 변환기를 와이어 본더의 본딩 헤드에 고정하기 위한 최소한 하나의 홀을 포함하는 플랜지(flang e)를 구비한다. 제1 동위상(in-phase) 교류 전압이 2개의 압전 구동장치에 인가되면, 변환기의 종방향 축에 평행한 방향의 제1 초음파 진동이 변환기에 형성되고, 제2 역위상(inversely phased) 교류 전압이 2개의 압전 구동장치에 인가되면, 변환기의 종방향 축에 횡단 방향의 제2 초음파 진동이 변환기에 형성된다. 상기 초음파 변환기는 다음과 같이 설계된다:

- 상기 압전 구동장치가 제1 초음파 진동의 제1 절점(node)에 위치하고,
- 상기 압전 구동장치가 제2 초음파 진동의 제1 파복(antinode)에 위치하며,
- 상기 플랜지는 제1 초음파 진동의 제2 절점에 위치하고,

- [0011] - 상기 플랜지는 제2 초음파 진동의 제2 파복에 위치하며, 그리고,
- [0012] - 플랜지의 최소한 하나의 홀이 제2 초음파 진동의 또 다른 절점에 위치한다.
- [0013] 2개의 교류 전압은, 그들이 동일한 진동수와 동일한 위상을 가지면, 동위상이다. 2개의 교류 전압은, 그들이 동일한 진동수와 상이한 신호를 가져서 그들의 상이  $\pi$ 만큼 지연되면 역위상이다.
- [0014] 상기 혼은 모세관을 수용하기 위한 홀을 구비한다. 바람직하게는, 이러한 홀은, 혼의 첨단으로부터 측정했을 때 제2 초음파 진동의 제2 파복(antinode)에 형성된다.
- [0015] 바람직하게는, 제2 초음파 진동은, 상기 스크루의 헤드와 상기 압전 구동장치의 사이에 위치하는 최소한 하나의 절점(node)을 갖는다.
- [0016] 바람직하게는, 제2 초음파 진동은 상기 상대 부재에, 상대 부재의 가장자리에 인접하여 위치되는 절점을 갖는다.
- [0017] 바람직하게는, 상기 상대 부재의 폭은 초음파 변환기의 종방향 축으로부터 압전 구동 장치의 외측 가장자리의 거리보다 크다.

### 실시예

- [0023] 도 1은, 본 발명에 따른 초음파 변환기(1)의 평면도이다. 카테시안(Cartesian) 좌표계의 축은 x 및 y로 표시된다. 초음파 변환기(1)는 긴 혼(elongate horn)(2), 상대 부재(counterpiece)(3), 2개의 압전 구동장치(piezoelectric drives)(4, 5), 및 스크루(screw)(6)로 구성된다. 상기 상대 부재(3)는 스크루(6)에 의해서 혼(2)에 고정되고, 압전 구동장치(4, 5)는 혼(2)과 상대 부재(3) 사이에 클램핑된다. 따라서 상대 부재(3)는, 압전 구동장치(4, 5)를 기계적으로 프리텐션(pretension)하기 위한 프리텐셔닝 빔(tensioning beam)으로서 기능한다. 혼(2)은 그것의 종방향 축(7)에 대해서 대칭적으로 구성된다. 혼(2)은, 도면에 단지 표시만 되어 있는, 와이어 본더의 본딩 해드(10)에 초음파 변환기(1)를 고정하기 위해서, 종방향 축(7)의 각 측면에 연장되고 제1 홀(9)을 갖는 플랜지(8)를 구비한다. 상기 혼(2)은, 혼의 첨단(11)의 근처에, 도면의 평면에 수직으로 연장되고 모세관이 그에 고정될 수 있는 제2 홀(12)을 추가적으로 구비한다. 변환기(1)의 전체 길이는, 참조 기호 L에 의해서 표시되고, 스크루(6)의 헤드의 단부에서 혼(2)의 대향 첨단(11)까지 도달한다. 변환기(1)의 혼(2)의 폭 B(y) 및 또한 두께 D(y) 및 따라서 질량의 분포는 Y방향으로 상이하다. 예를 들면, 혼(2)의 정면부는, 그것의 구성에서 원뿔형이다.
- [0024] 초음파 변환기(1)는, 혼(2)에 클램핑되는 모세관의 첨단이 초음파적으로(ultrasonically) 진동하는 것을 야기하도록 기능한다. 초음파 변환기(1)는, 혼(2)뿐만 아니라 모든 부품이 진동하는 진동 시스템이다. 본 발명에 따른 초음파 변환기(1)는, 2개의 압전 구동장치가 상기 혼(2)을 제1 작동 모드로 여기하여, 혼(2)의 종방향을 향하는 초음파 진동, 즉 연속적인 초음파 파동을 수행하도록 설계되고, 이어서 모세관의 첨단은 또한 혼(2)의 종방향 축(7)에 평행하는 방향의 진동을 수행한다. 이러한 유형의 초음파 진동은 세로 진동(longitudinal oscillation) 또는 연속적인 종파(continuous longitudinal wave)로 언급된다. 모세관의 첨단의 진동이 Y방향으로 연장되기 때문에, 이러한 모드는 이하에서 Y 모드(Y mode)로서 언급될 것이다. 또한, 본 발명에 따른 초음파 변환기(1)는, 2개의 압전 구동장치가, 상기 혼(2)을 제2 작동 모드로 여기하여, 혼(2)의 종방향 축에 횡단하는 방향의 초음파 진동(즉, 다시, 연속적인 초음파 파동)을 수행하도록 설계되고, 이어서 모세관의 첨단은 또한 혼(2)의 종방향 축(7)에 횡단하는 방향의 진동을 수행한다. 이러한 유형의 초음파 진동은 변형 진동(flexural oscillation)으로서 언급된다. 이러한 경우에, 모세관의 첨단의 진동이 X 방향으로 연장되기 때문에, 이러한 모드는 이하에서 X 모드(X mode)로서 언급될 것이다.

[0025] Y 모드에서, 동위상 교류 전압이 2개의 압전 구동장치(4, 5)에 인가되고, 따라서 그들은 Y 방향으로 항상 연장되고 동시에 수축된다. X 모드에서, 2개의 압전 구동장치(4, 5)가 역위상 교류 전압으로 여기되고, 따라서 제2 압전 구동장치(5)가 Y 방향으로 수축될 때 제1 압전 구동장치(4)는 Y 방향으로 연장된다.

[0026] 이하에서는, 모세관의 첨단의 진동의 진폭이, 변환기(1)의 Y 모드 및 X 모드 양자에서 와이어 본딩을 위해서 사용될 수 있는 크기를 달성할 수 있도록 하는, 변환기(1)가 반드시 또는 바람직하게 갖는 다양한 특성들이 기술될 것이다.

[0027] 도 2는, Y 모드에서 결과하는, 변환기(1)의 종방향 축(7)을 따르는 연속적인 초음파 파동의 진폭  $A_1$  을 도시한다. 도 3은, X 모드에서 결과하는, 변환기(1)의 종방향 축(7)을 따르는 연속적인 초음파 파동의 진폭  $A_2$  를 도

시한다. 도 4는, 플랜지(8)의 X 축을 따르는, X 모드의 연속적인 초음파 파동의 진폭  $A_3$  을 도시한다. 이들 초음파 파동들은 X 방향을 향한다. 도 5는 상대 부재(3)의 X 축을 따르는, X 모드의 연속적인 초음파 파동의 진폭  $A_4$  를 도시한다. 변환기(1)의 종방향 단부, 및 또한 상대 부재(3) 및 플랜지(8)의 측면 단부들에는, 파복(antinode)이 명확하게 존재한다. 실시예에서, 변환기(1)는, Y 모드의 초음파 파동이 변환기(1)의 종방향 축(7)에  $n_1 = 5$  nodes(절점)을 갖도록 설계된다. 그러나, 절점의 수  $n_1$  은 또한 상이한 것일 수 있다. 또한, 본 발명에 따르면, 변환기(1)는, 다음과 같이 설계된다:

[0028] A) 압전 구동장치(4) 및 압전 구동장치(5)가 Y 모드의 제1 절점(13)(도 2)에 위치한다. 바람직하게는, 압전 구동장치(4, 5)의 중심부, 또는 상기 중심부에 근접한 지점이 제1 절점(13)에 위치한다.

[0029] B) 압전 구동장치(4) 및 압전 구동장치(5)가 X 모드의 제1 파복(14)(도 3)에 위치한다. 바람직하게는, 압전 구동장치(4, 5)의 중심부, 또는 상기 중심부에 근접한 지점이 제1 파복(14)에 위치한다.

[0030] C) 플랜지(8)는 Y 모드의 제2 절점(15)(도 2)에 위치한다.

[0031] D) 플랜지(8)는 X 모드의 제2 파복(16)(도 3)에 위치한다.

[0032] E) 플랜지(8)의 2개의 제 1 훨(9)은 X 모드의 측면 절점(lateral node)(17)(도 4)에 위치한다.

[0033] 특성 A 내지 D는 다음의 방법에 의해서 달성될 수 있다.:

[0034] - Y 모드의 초음파 진동의 목표 진동수  $f_Y$  가 정의된다. 이것은 일반적으로 약 125 kHz 이다.

[0035] - 변환기(1)의 길이 L은 Y 모드에서  $n_1$  의 절점이 발생하도록 정의된다. 길이 L은 진동수  $f_Y$ , 및 혼(2)과 상대 부재(3)가 제조되는 재료의 음향 속도(acoustic velocity)에 실질적으로 의존한다. 바람직하게는, 혼(2) 및 상대 부재(3)는 티타늄(titanium)으로 제조된다.

[0036] - 혼(2)의 폭 B(y) 및 선택적으로는 두께 D(y)도 또한, 적합한 변형 진동을 찾을 때까지 국부적으로 변화하며, 그것의 고유 진동수(eigenfrequency)  $f_x$  는 진동수  $f_Y$  (즉,  $|f_x-f_Y| \ll f_Y$ )에 근접하고, 그것은 압전 구동장치(4, 5)의 중심 영역에 파복을 갖고, Y 모드의 절점의 영역에 파복을 갖는다. 이러한 변형 진동은 X 모드로서 선택된다. 이 실시예에서, 특성 B 및 D 및 조건  $|f_x-f_Y| \ll f_Y$  는 충분한 질량에서 달성될 수 있다.

[0037] 연속적인 초음파 파동이 또한 플랜지(8)에 형성되고, 파복이 플랜지(8)의 단부에 발생한다. 측면의 절점으로서 언급되는 절점의 X 위치 및 수는 플랜지(8)의 길이 K에 의존한다. 상기 길이 K는, 최소한 하나의 측면의 절점, 즉 이 실시예에서는 절점(17)(도 4)이 X 모드에서 발생하도록 선택된다. 따라서 특성 E는 플랜지(8)의 길이 K의 적절한 선택에 의해서 달성된다.

[0038] 또한, 변환기(1)는 유리하게는 다음과 같이 설계된다:

[0039] F) 모세관을 위한 제 2 훨(12)이, X 모드에서 설정되고 도면 번호(18)에 의해서 현재 서면에 표시되는 [혼(2)의 첨단(11)으로부터 측정되는] 제2 파복에 배치된다.

[0040] G) 최소한 하나의 절점, 이 실시예에서는 절점(19)(도 2)이 Y 모드에서 스크루(6)의 헤드와 압전 구동장치(4, 5)의 사이에 발생하며,

[0041] H) X 모드에서, 상대 부재(3)의 중심부 및 가장자리의 인접부에, 측면의 절점(20)(도 5)이 발생하여서, 상대 부재(3)를 향하는 압전 구동장치(4, 5)의 전체 표면이 동일한 Y 방향으로 진동하고, 따라서 신장 또는 압축 하중에 (진동수  $f_x$  에 따라) 교차적으로 노출된다. 이것은 표면의 일 부분이 양의 Y 방향으로 이동하는 것을 방지하는 반면에, 동시에 표면의 다른 부분은 음의 Y 방향으로 움직인다.

[0042] 특성 G는, 상대 부재(3)의 길이  $L_e$  및 상대 부재(3)의 밖으로 돌출하는 스크루(6)의 퍼스(piece)의 길이  $L_s$  의 적절한 선택에 의해서 달성될 수 있다. 특성 H는, 상대 부재(3)의 기하학적 형상 및 따라서 질량의 분포를 최적화시킴에 의해서 달성될 수 있다. 이 실시예에서는, 상대 부재(3)는 플레이트이며, 도 1에 도시된 바와 같이 그 것의 단부는, 변환기(1)의 종방향 축(7)으로부터 더 멀리 떨어진 단부가 이러한 이유로 확장된다. 바람직하게는, 상대 부재(3)의 폭  $B_1$  은, 초음파 변환기(1)의 종방향 축(7)으로부터 압전 구동장치(4 또는 5)의 외측 가장자리의 거리  $D_1$  보다 더욱 커서, 상대 부재(3)는 압전 구동장치(4, 5)를 넘어서 측방향으로 돌출된다.

[0043] 본 발명에 따른 변환기(1)는 3가지 모드, 즉 단지 Y 모드, 단지 X 모드 또는 X 모드와 Y 모드의 양자가 동시에 여기되는 XY 모드에서 작동될 수 있다. Y 모드는 Y 방향으로 연장하는 와이어 루프(wire loop)를 본딩하는데 특히 적합하고, X 모드는 X 방향으로 연장하는 와이어 루프를 본딩하는데 특히 적합하다. XY 모드는 X 모드와 Y 모드의 양자가 동시에 및 서로 독립적으로 여기되나, 그럼에도 불구하고 X 방향 및 Y 방향의 모세관의 첨단의 진폭이 합리적인 크기; 바람직하게는, 그들은 대략 동일한 크기를 갖는 완전히 새로운 모드이다. X 방향 및 Y 방향으로의 모세관의 첨단의 진동은 서로 무관하고, 그 결과 모세관의 첨단은 리사쥬 형상(Lissajous figure)을 형성한다. 따라서 모세관의 첨단은, 직사각형에 의해 한정되는 리사쥬 경로(Lissajous path)를 따른다. 리사쥬 경로의 예가 도 6에 도시된다.

[0044] 도 7은, 초음파 변환기(1)가 상기 언급된 3가지의 모드에서 작동하도록 하는 제어 회로(control circuit)를 도시한다. 압전 구동장치(4, 5)는 그들의 구조에서 동일하다. 각각의 압전 구동장치(4, 5)는, 교대의 분극 방향으로 서로 나란히 적층되는, 도시된 바와 같이 일반적으로 4개 또는 6개 이상의, 다수의 피에조 부재들(piezo elements)로 이루어진 적층(stack)으로서 형성되며, 전기 전도성 플레이트(22)는 항상 피에조 부재들(21) 사이에 클램핑된다. 피에조 부재들(21)의 분극 방향은 "+" 및 "-" 기호들의 시이퀀스에 의해서 특징지워진다. 제어 회로는 Y 모드의 여기를 위한 제1 제네레이터(23), X 모드의 여기를 위한 제2 제네레이터(24), 및 제1 권선부(primary winding)(26)와 제2 권선부(secondary winding)(27)를 포함하는 변압기(25)를 포함한다. 상기 제2 권선부(27)는, 공동 입력 단말부(30) 및 각각의 출력 단말부(31 또는 32)를 구비하는 2개의 개별 권선부(28, 29)로 구성된다. 제1 제네레이터(23)의 출력부는, 제2 권선부(27)의 공동 입력 단말부(30)에 연결된다. 제2 제네레이터(24)의 출력부는, 제1 권선부(26)의 제1 단말부에 연결되며, 반면에 제1 권선부(26)의 제2 단말부는 전기적으로 접지된다. 권선부(28)의 출력 단말부(31)는 제1 압전 구동장치(4)의 피에조 부재(21)의 음극 단말부(negative terminal)에 연결된다. 권선부(29)의 출력 단말부(32)는 제2 압전 구동장치(5)의 피에조 부재(21)의 음극 단말부에 연결된다. 2개의 압전 구동장치(4, 5)의 피에조 부재(21)의 양극 단말들은 전기적으로 접지된다.

[0045] 제1 제네레이터(23)는 교류 전압  $U_1 = U_Y \cos(2\pi f_Y t + \varphi_Y)$  을 공급하고, 여기서  $t$ 는 시간을 표시하며,  $\varphi_Y$ 는 위상 위치를 표시한다. 제2 제네레이터(24)는 교류 전압  $U_2 = U_X \cos(2\pi f_X t + \varphi_X)$  을 공급하고, 여기서  $\varphi_X$ 는 위상 위치를 표시한다. 다음 표는 어떠한 교류 전압이 전술한 3가지의 모드에서 압전 장치(4, 5)에 인가되는 지를 표시한다.:

	압전 장치(4)	압전 장치(5)
Y 모드	$U_1$	$U_1$
X 모드	$U_2$	$-U_2$
XY 모드	$U_1+U_2$	$U_1-U_2$

### 도면의 간단한 설명

[0018] 본 발명은, 이하에서 예시적인 실시예에 기초하여 도면을 참조로 더욱 상세히 설명될 것이다. 도면은 실측이 아니다.

[0019] 도 1은, 본 발명에 따른 초음파 변환기의 평면도이다.

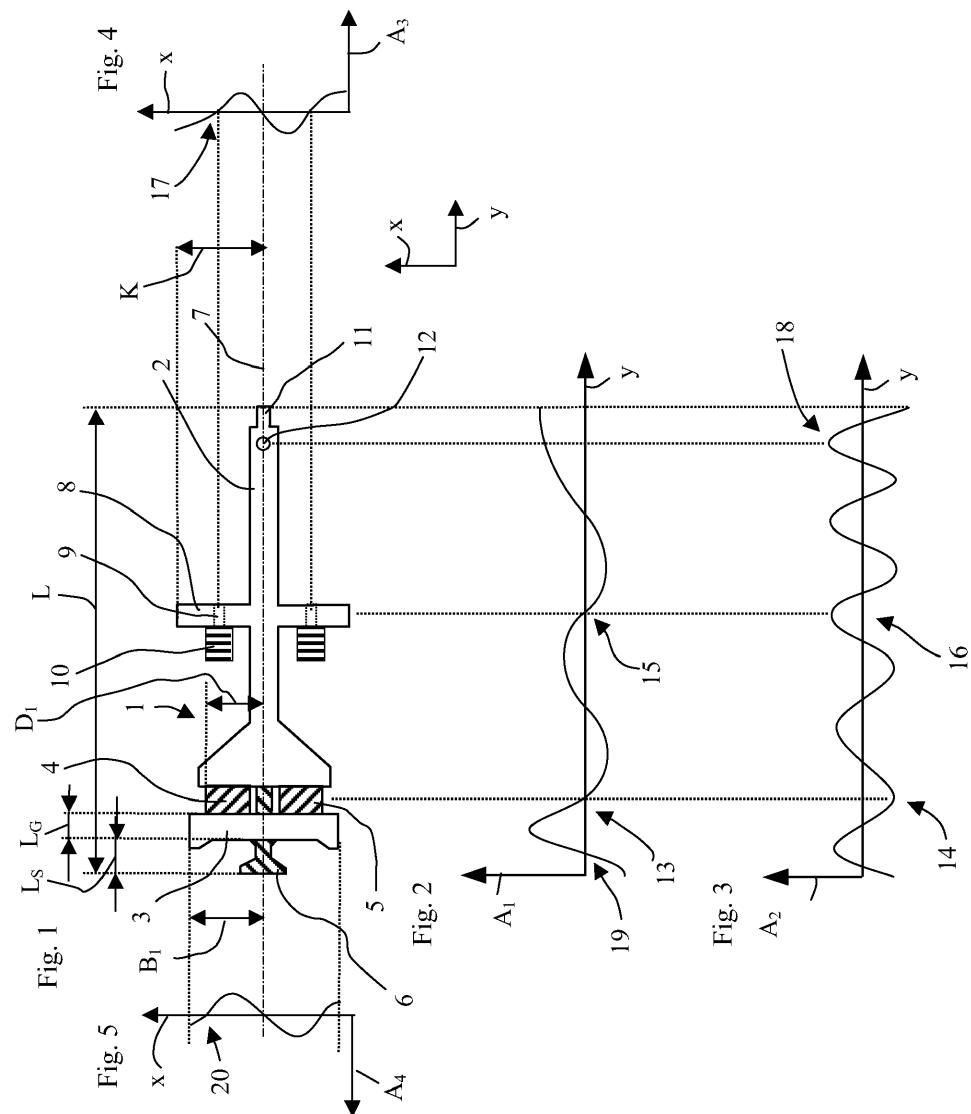
[0020] 도 2 내지 5는, 적절한 교류 전압이 인가될 때, 초음파 변환기에 형성되는 다양한 초음파 진동의 진폭을 도시한다.

[0021] 도 6은, 리사쥬 파형(Lissajous figure)을 형성하는, 모세관의 첨단의 경로를 도시하며, 그리고

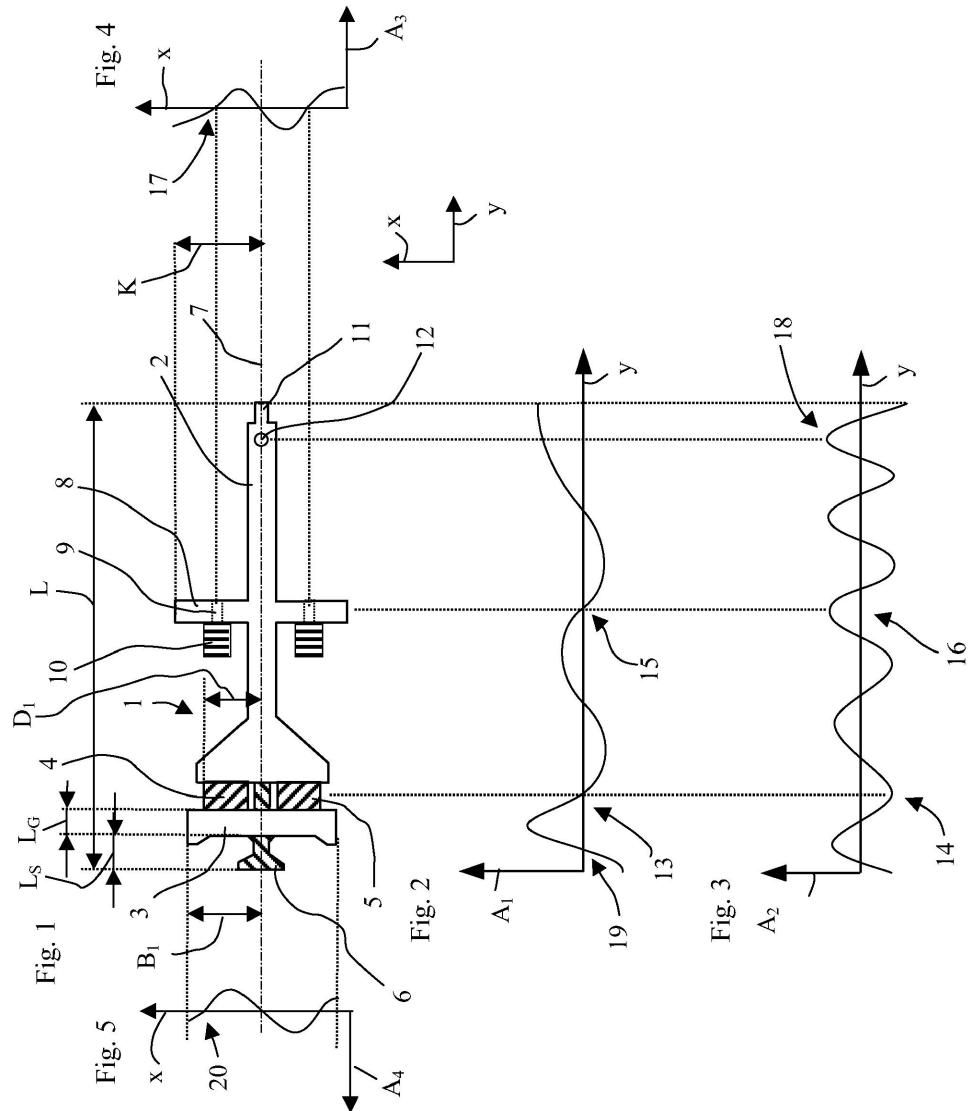
[0022] 도 7은, 초음파 변환기를 위한 제어 유닛(control unit)을 도시한다.

도면

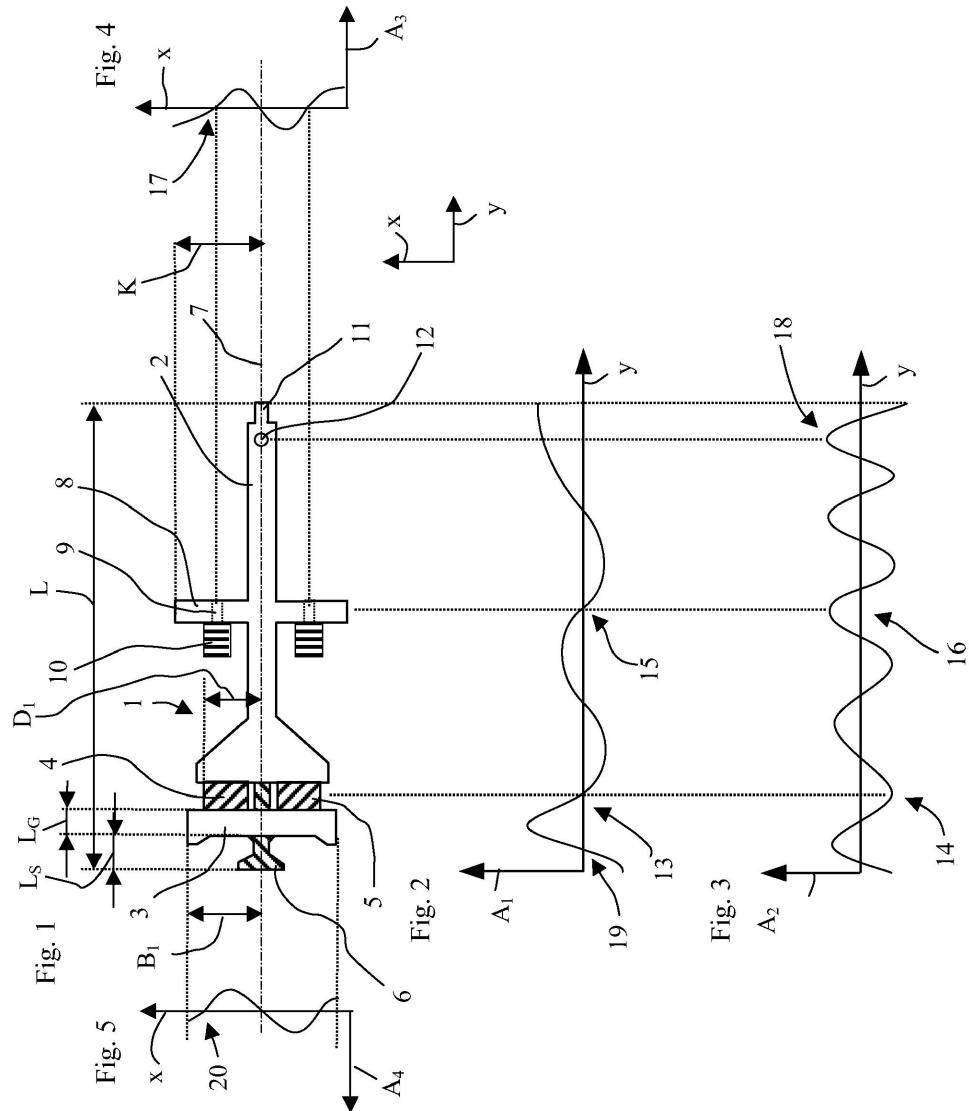
도면1



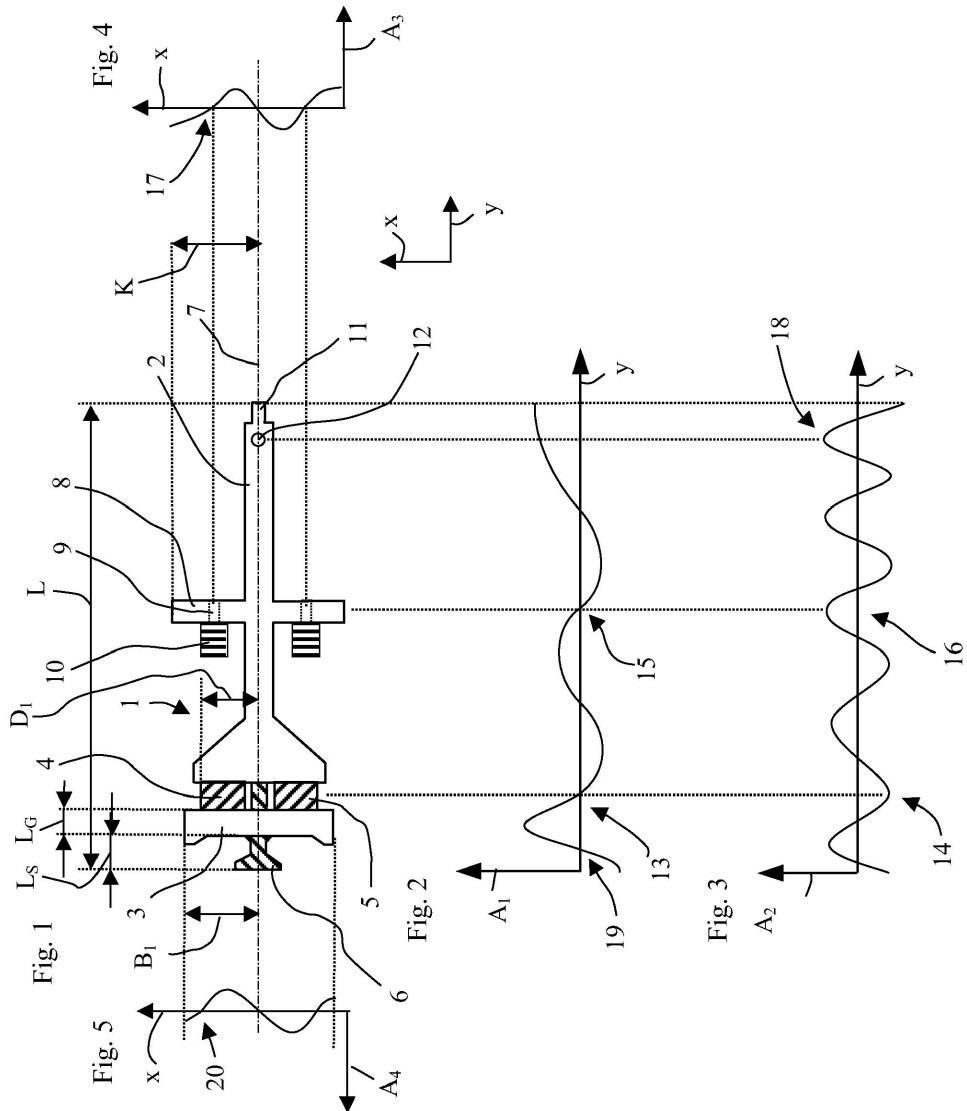
도면2



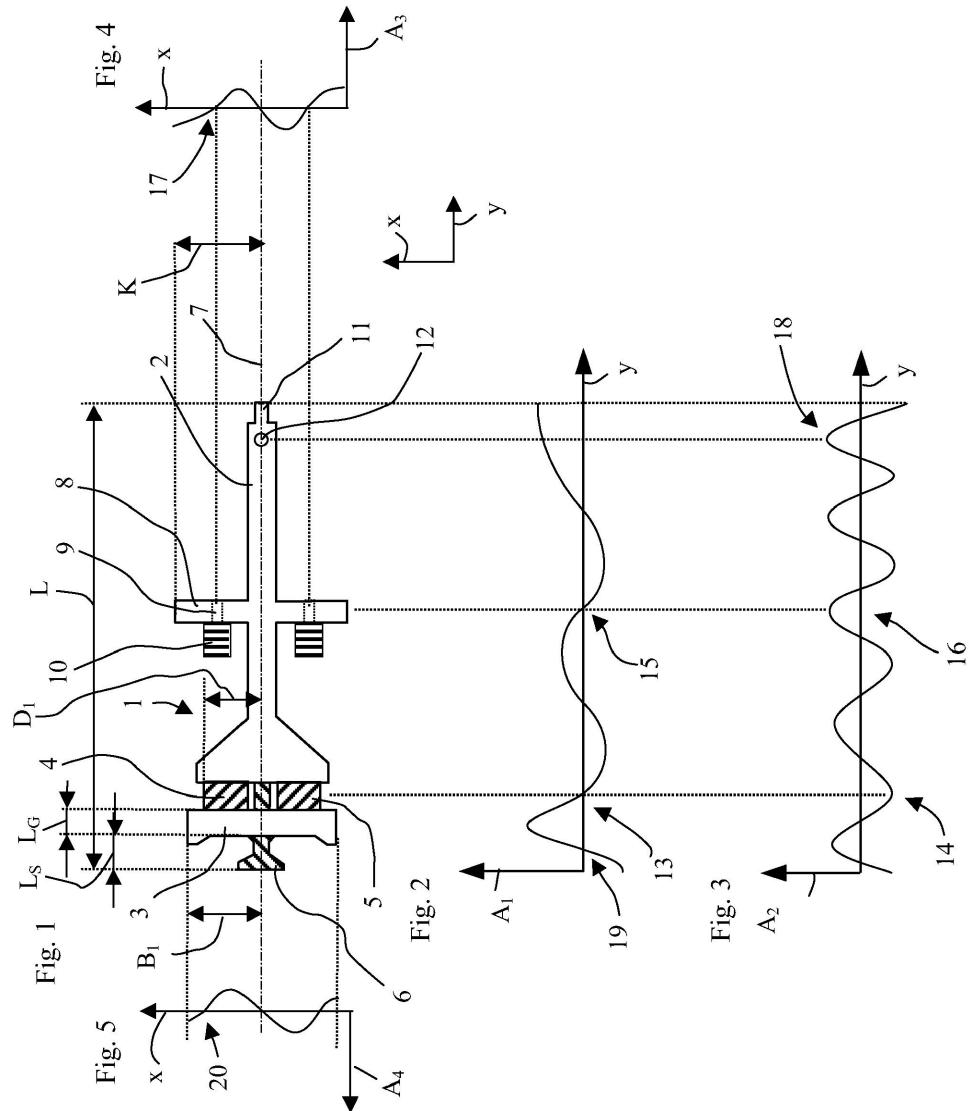
## 도면3



도면4

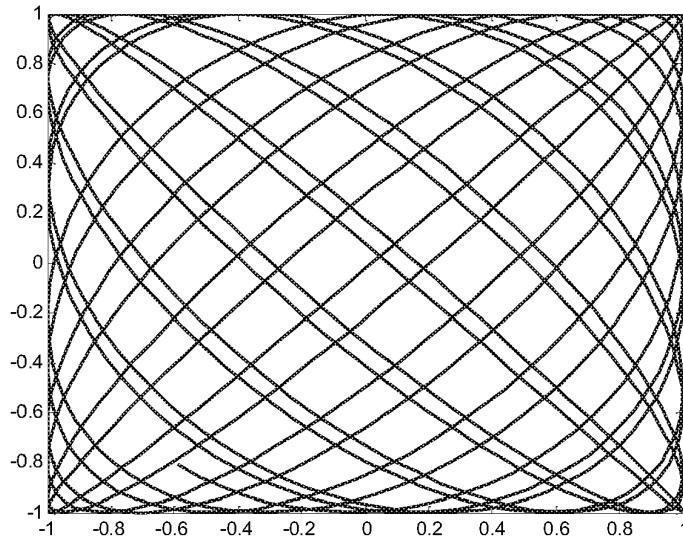


## 도면5



도면6

Fig. 6



도면7

Fig. 7

