(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 등록특허공보(B1)

(51) 。Int. Cl. [6]
H01L 41/09

(45) 공고일자 2001년12월15일
(11) 등록번호 10-0309084
(24) 등록일자 2001년09월04일

(21) 출원번호 10-1994-0024421
(22) 출원일자 1994년09월28일

(65) 공개번호 특1995-0010148
(43) 공개일자 1995년04월26일

(30) 우선권주장 P 43 32 966.7 1993년09월28일 독일(DE)

(73) 특허권자 코닌클리케 필립스 일렉트로닉스 엔.브이.
요트.게.아. 롤페즈
네델란드왕국, 아인드호펜, 그로네보드스베그 1

(72) 발명자 우베디베른
독일,22559함부르크,하이데비쉬17
조셉판케르트
독일,52074아헨,노이엔호페르베그25

(74) 대리인 이병호

심사관 : 김동엽

(54) 비틀림액추에이터및그제조방법

요약

다층 구조를 형성하도록 배치된 모놀리식 압전 세라믹의 비틀림 액추에이터(10)는 층(20)사이에 위치된 전극(22, 23, 24)을 포함하며, 상기 액추에이터(10)가 그 길이 방향 축(16)에 대해 비틀리도록 외부로부터 접근 가능하며 전극(22, 23, 24)에 제어 전압을 공급하는 역할을 하는 헤드 접점(30 내지 34)을 포함하며, 전극(22, 23, 24)은 서로 평행하게 연장되어 평행한 압전 층(20)의 에지로부터 이격되어 종료하며, 상기 전극은 길이 방향 축(16)을 따라 차단되어 있고 각 집단의 전극을 위한 접속 표면을 포함하며, 상기 표면은 압전 층(20)의 에지까지 연장되며, 인접한 층(20)이 전극(22)에 대해 직교하며 단일 방향으로 분극화될 때, 단부면의 중심선(18, 39)에 대해서 제 1 및 제 4 사분체 또는 제 2 및 제 3 사분체에 있는 제 1 인접 전극이 양전위에 있고 다른 전극은 중심 전극(22)의 기준 전압에 대하여 음전위에 있도록 측방향 헤드 접점(30 내지 34)이 구비되어 있다.

대표도

도 1

명세서

[발명의 명칭]

비틀림 액추에이터 및 그 제조 방법

[도면의 간단한 설명]

제 1 도는 본 발명에 따른 비틀림 액추에이터의 사시도.

제 2 도는 제 1 도의 비틀림 액추에이터의 두 개의 중심 층을 축 X_2와 X_3에 대(對)하는 단면에 도시한 상세도.

제 3 도는 본 발명의 비틀림 액추에이터의 전기적 접촉을 제 2 도에 따라 도시한 개략 단면도.

제 4 도는 다수의 내부 전극을 포함하고 있는 본 발명의 비틀림 액추에이터를 부분적으로 절단하고 부분적으로 단면으로 도시한 사시도.

제 5 도는 본 발명에 따른 비틀림 액추에이터 제조를 위한 제 1 마스크 배치의 도면.

제 6 도는 본 발명에 따른 비틀림 액추에이터 제조를 위한 제 2 마스크 배치의 도면.

제 7 도는 다른 실시예에 따른 비틀림 액추에이터의 평면도.

< 도면의 주요 부분에 대한 부호의 설명 >

10 : 비틀림 액추에이터 11 : 길이

13 : 폭 16 : 길이 방향 축

17 : 비틀림각 18 : 단부면

19, 39 : 중심선 20 : 압전층

22, 23, 24 : 전극 25, 26, 27 : 마스크

28 : 분할선 29 : 기부

30 내지 34 : 헤드 접점 35, 36 : 마스크

37 : 상부 표면 38 : 하부 표면

[발명의 상세한 설명]

본 발명은 청구항 제1 항 의 전제부에 기술된 바와 같은 비틀림 액추에이터(torsional actuator)에 관한 것이며, 청구항 제11 항의 전제부에 기술된 바와 같은 상기 액추에이터 제조 방법에 관한 것이다.

비틀림 액추에이터 그 자체는 공지되어 있다. 비틀림 액추에이터는 전기장의 영향하에 작은 각도로 비틀리는 단부를 갖고 있는 압전 액추에이터이다. 이러한 비틀림 액추에이터는 확고하게 고정되는 직사각형 후방면을 가진 입방체 형태일 수 있고 그 치수는 비틀림 액추에이터가 판 형상이 되도록 선택된다. 이 비틀림 액추에이터가 작동되면, 확고히 고정된 면에 대향되는 면은 최대 비틀림 각도로 그 길이 방향 축에 대해 비틀림된다.

원칙적으로, 비틀림 액추에이터는 상호 접속되며 전극을 포함하는 두 개의 인접한 압전 벤딩 액추에이터의 조합으로 간주될 수 있다. 비틀림은 벤딩 액추에이터 중 하나가 상향으로 만곡되며 다른 벤딩 액추에이터는 하향으로 만곡될 때 발생한다.

이러한 기본적인 구조는 단순한, 입방형의 단일 및 겹층 바이모르프식(bimorphous) 배치가 기재된 미국 특허 제 4,233,637 호에 공지되어 있으며, 이는 벤딩 액추에이터로서 뿐만 아니라 비틀림 액추에이터로서도 사용될 수 있다. 이러한 단순한 바이모로프식 비틀림 액추에이터는 두꺼운 층 두께로 인하여 매우 높은 제어 전압을 필요로 한다는 단점을 갖는다.

다른 액추에이터가 국제 공개 번호 W089/02658 인 PCT 특허 출원에 기재되어 있으며, 탄성 및 압전 특성을 가진 압전 폴리머 박편(foil)으로 제작된 상기 액추에이터는 액추에이터로서의 그 용도가 일정 제약을 받는데, 이는 발생될 수 있는 힘 또는 토크가 매우 작기 때문이다. 또한 이 폴리머 박편은 그 층의 평면에 적합한 방향을 가지며, 이 적합한 방향은 단순한 비분할식 전극을 갖는 복잡한 변형을 얻는데 사용된다. 그러나, 단지 재료의 일부분 또는 재료의 전체 중 단지 몇몇 층만 능동적일 수 있어서, 특정 부피로 발생될 수 있는 힘이 비교적 작다.

본 발명의 목적은 작은 제어 전압에서 큰 비틀림 각을 나타내고, 공작 기계 분야 및/또는 비디오 헤드를 제어하는데 적절히 사용될 수 있으며, 단순한 제조 공정하에 저비용으로 제조할 수 있는 단순한 구조의 비틀림 액추에이터를 제공하는 것이다.

비틀림 액추에이터 자체에 관한 상기 목적은 본 발명에 따른 청구항 제 1 항의 특징부에 의해 달성되며, 상기 비틀림 액추에이터를 제조하는 방법에 관한 상기 목적은 청구항 제11 항의 특징부에 의해 달성된다.

본 발명의 적합한 실시예는 종속항에 기술되어 있다.

본 발명에 따른 판 형상 비틀림 액추에이터는 기본적으로 압전 세라믹으로 된 모놀리식(monolithic) 블럭으로 제조되며, 제어 전압이 인가되는 외부 헤드 접점과 내부 전극이 구비되어 있다.

본 발명의 비틀림 액추에이터가 다층 액추에이터로서 구성되어 있다는 점에 의해, 작은 전압으로 큰 비틀림 각이 발생될 수 있고, 공작 기계 분야에서의 위치 결정 요소로서 또는 비디오 헤드(트랙 추적 시스템)를 제어하는데 사용될 수 있다는 장점을 갖는다. 상기 언급된 특허 출원 WO-89/02658 과 비교할 때, 본 발명에 따른 비틀림 액추에이터는 예컨대 비교적 큰 힘 또는 토크를 발생한다.

본 발명의 특정 실시예에 따르면, 내부 전극에 더하여 하부 또는 상부의 외부 저극이 구비될 수 있으며, 상기 외부 전극은 관련 압전층의 외부 에지에서 이격되어 배치되어 있다. 상기 외부 전극을 접촉시키기 위하여, 압전층의 외부 에지까지 연장되는 단면이 구비되어 있고 상기 단면에서는 상기 전극을 다른 전극과 특정 방식으로 집단 접촉시킬 수 있다. 본 발명에 따르면, 비틀림 액추에이터 상에 측방향으로 배치되며, 비틀림 액추에이터의 비틀림이 그 길이 방향 축에 대해 일어나도록 접촉시킬 수 있는 헤드 접점을 경유하여 상기 접촉이 확립된다. 대안적으로, 외부 전극이 층을 모두 뒤덮게 하는 것이 가능하다. 이러한 적합한 실시예에 있어서, 접촉 표면은 오목부에 의해 에지의 나머지 부분으로부터 전기적으로 분리될 수 있다.

가상 중심선에 의해, 입방형 비틀림 액추에이터의 단부면은 직교 좌표계(cartesian system of coordinates)에 의해 네 개의 사분체(quadrants)로 분할된다. 본 발명에 따르면, 제1 사분체와 제4 사분체의 제 1 전극의 전압이 동일하며 양부호일 때, 그리고 제2 사분체와 제3 사분체의 전압이 동일하며 가상 수평 중심선 내의 하나 이상의 전극에 의해 제공되는 기준 전압에 대해 음부호일 때, 비틀림이 발생한다. 인접 압전층의 분극(polarization)은 중심 전극에 직교하며 유사하게 지향되어 있다. 선택적으로 모든 부호를 반전시키는 것이 가능함은 자명하다. 선택적으로, 전극 상의 전압은

층의 분극이 변경될 때 상이하도록 선택될 수 있다. 이 경우, 본 발명에 따른 다층 비틀림 액추에이터에는 상기 중심 전극에 대해 선택적으로 상향 및 하향되는 전극이 구비되며, 또한 기준 전압은 상기 전극에 인가되며, 그 사이에 배치된 전극에 인가된 전압은 관련 사분체에 요구되는 전압에 대응된다

전극은 비틀림 액추에이터의 길이 방향 축에 의해 두 부분으로 전기적으로 분할되어 있다. 모든 전극이 전기적으로 두 부분으로 분할될 수 있지만, 기준 전압이 인가되는 전극은 비분할 구조로 달리 구성되는 것이 가능하다. 이는 본 발명의 특정 실시예를 나타낸다.

상기 언급한 바와 같이, 본 발명의 특정 실시예에 따르면, 전극이 기준 전압에 있도록 제공된 전기 실드(electric shield)로서 역할을 하며, 기초 압전 세라믹층을 활성화시키는 전극을 가진 하부 및 상부의 외부 표면을 선택적으로 제공하는 것도 역시 가능하다.

또한, 수행된 실험에 매우 정확하게 대응하는 이론적 계산법이 발견되어, 본질적으로 입방형인 비틀림 액추에이터의 기하학적 형상을 매우 유리한 방식으로 최적화할 수 있다. 예컨대, 소정의 전하 상수에서 개시할 때 얻을 수 있는 비틀림 각은 두께 또는 높이가 감소함에 따라 증가한다. 그러나, 이는 안정성에 따른 제약이 있다. 또한, 비틀림 액추에이터의 절반 폭에 대한 최대 길이의 비율이 1 내지 3 의 범위에 있어야 함이 적합하다는 것을 알았다. 그러나, 액추에이터가 사용되는 영역에 대한 구조적 데이타에 근거하여 비틀림 액추에이터의 최대 길이가 제한되는 반면에 그 폭이 자유롭게 선택될 수 있다면, 비틀림 각은 절반 폭에 대한 길이의 비율을 대략 0.9로 선택함으로써 최대화될 수 있다.

본 발명의 특정 실시예에 따르면, 비틀림 액추에이터의 기본적인 직사각형 형상을 변형시킴으로써 비틀림 각을 향상시키는 것이 역시 가능하다. 이를 위하여 사다리꼴 기부가 선택되는데, 그것의 더 넓은 단부면이 이동될 수 있고 그 폭은 지지체로서 역할을 하는 대향 측면의 폭의 두 배이다. 이로 인하여 비틀림 각은 직사각형 기부를 갖는 비틀림 액추에이터에 비하여 대략 33% 정도 증가될 수 있다.

비틀림 액추에이터는, $U_1 = U_2$ 및 $U_3 = U_4$ 와 같이 상이한 전압을 선택함으로써 굽힘될 수 있으므로 그 길이 방향 축의 위치에 영향을 줄 수 있으며, 이는 비디오-헤드 제어에 특히 유리하다.

네 개의 사분체에 필요한 전압을 발생하기 위하여, 내부 전극은 세 개 이상의 상이한 스크린 인쇄용 마스크(screen-printing mask)를 필요로 한다.

본 발명에 따르면, 스크린 인쇄용 마스크가 적게 소요되는 방법이 제공되며, 이는 인접 제작된 다수의 비틀림 액추에이터를 분리하자마자 요구되는 접촉 또는 접속 표면을, 하나가 다른 것의 정상에 있게 하는 식으로 집단으로 관련 헤드 접점이 구비되는 비틀림 액추에이터의 측면에 준-자동적(quasi-automatically)으로 제공하는 것을 가능하게 한다. 제 1 마스크 배치에 따르면, 상이한 배치(layout)의 세 개의 상이한 마스크가 사용된다. 인쇄 작업 후에는 매번 상기 마스크를 교환해야 한다.

본 발명에 따른 방법의 다른 실시예에 따르면, 상기 마스크는 예컨대 수평열에서 세 번 반복된다. 선택적으로 수직 방향으로 마스크를 반복하는 것이 가능하다. 마스크 구조 그 자체는 예컨대 회전 또는 밀러링(mirroring)에 의해 약간 변경될 수도 있다. 다수의 비틀림 액추에이터를 제조한 후, 개개의 액추에이터로 분할라는 것은 예컨대 소정의 분할선을 따라 절단함으로써 수행될 수 있다. 이 공정에서, 분할 표면상에 외부 헤드 접점용 접속 표면이 노출된다.

상기 제 1 마스크 배치의 시간 낭비적인 마스크-교환 작업의 수(세 번)를 줄이기 위하여, 본 발명에 따른 방법의 다른 실시예는 두 곳의 상이한 위치에 각각 사용되는 단지 두 개의 마스크가 사용되는 배치를 제공한다. 두 위치는 각각의 인쇄 공정 후 마스크를 액추에이터의 폭 치수 절반에 걸쳐 이동시킴으로써 얻어진다. 또한 이 경우에, 동시 제조된 다수의

액추에이터는 소정의 분할선을 따라 서로 연속적으로 분리되지만, 상기 공정은 단 한번의 마스크 교환 작업만을 필요로 한다. 상기 제 2 마스크 배치의 단점은 변위에 기인하여 절반 마스크 표면이 마스크 열의 좌측 또는 우측으로 손실된다는 점이다.

적합하게 배치된 접속 영역은 헤드 접점과의 접촉이 확립되게 한다. 그러나, 기준 접속 영역이 두 배 존재하므로, 상호 접속되어야 하는 두 개의 헤드 접점을 필요로 한다.

이하, 예시적인 실시예와 첨부 도면을 참조하여 본 발명을 보다 상세히 설명한다.

제 1 도는 식에서 L로 나타낸 길이(11), 식에서 2w로 나타낸 높이 또는 두께(12), 및 식에서 2W로 나타낸 폭(13)을 갖는 본 발명에 따른 비틀림 액추에이터(10)를 도시한다. 비틀림 액추에이터(10)의 후방 측면(14)의 중심점(15)은 또한 축 X_1, X_2 및 X_3 을 갖는 직교 좌표계의 원점을 구성하며, 여기에서 X_1 및 X_2 는 수평 방향으로 연장되는 축이고 X_3 는 수직 방향으로 연장되는 축이다. 또한 축 X_1 은 비틀림 액추에이터(10)의 중심 길이 방향 축 또는 비틀림 축(16)을 구성한다. 처짐 방향으로의 최대 비틀림 각은 측면(14)에 대향되는 측면(18)상에 도면 부호 17로 나타내며, 상기 비틀림 각은 식에서 Tw_r로 나타낸다. 상기 각도는 작은 각도일 것이다. 제 1 도에 도시된 비틀림 각(17)의 궤적은 실선으로 나타낸 비틀림 액추에이터(10)의 수평 중심선(19)과 2점 쇄선으로 나타낸 비틀린 비틀림 액추에이터(10)의 수평 중심선(19) 사이에 연장된다. 도시된 비틀림 각(17)은 비틀림 액추에이터(10)의 회전에 대응하며, 이 회전 방향은 상기 액추에이터의 압전층과 전극의 특정 극성(polarity)에 의해 결정된다. 상이한 극성은 반대 방향으로 동일 비틀림 각(17)으로 비틀리게 한다. 비틀림 액추에이터(10)가 예컨대 비디오-헤드 제어 또는 공작 기계 분야에 사용된다면, 측면(14)은 제 1 도에 도시된 위치에 확고히 위치되어야 한다. 작동의 역전 모드가 또한 가능하다는 것, 즉 비틀림 액추에이터가 위치 결정 요소로서 사용되지 않고, 예컨대 토크 센서로서 사용될 수 있다는 것을 알아야 한다.

입방형 비틀림 액추에이터(10)의 치수는 상기 액추에이터가 판 형상이 되도록 되어 있다. 측면(14)은 고정되어 있다. 전극에 전압이 인가되지 않을 때는 비틀림 액추에이터는 비틀리지 않는다. 그러나, 적합한 전압이 층(20)의 특정 분극에 인가되면, 비틀림 액추에이터는 축 X_1 에 대해 비틀리고, 그 최대 비틀림 각(17)은 정점, 즉 $X_1 = L$ 인 곳에서 나타난다.

제 2 도는 축 X_2 및 X_3 에 대하는 평면에 나타낸 제 1 도에 도시한 비틀림 액추에이터(10)의 단면도이다. 간략화를 위해, 단지 바이모르프(bimorph)만, 즉 특수하게 분극화되고 두께 t 인 두 개의 피에조-세라믹(piezo-ceramic) 층(20)의 피복물만 도시했다. 상기 바이모르프 벤딩 소자에서 다층 벤딩 소자로의 변이가 하기에 설명된다. 피에조-세라믹 층(20)에서 화살표 21은 있을 수 있는 분극 방향을 나타낸다. 원칙적으로, 중심선(19, 39)에 의해 형성된 하나 이상의 사분체에 선택적으로 반대 방향의 분극을 선택하는 것이 가능하다. 비틀림 액추에이터(10)이 거동은 분극에 따라 인가되는 전압이 그 부호를 바꿀 때 변화하지 않는다. 두부분으로 분할될 수 있거나 단편일 수 있는 중심 전극(22)은 기준 전극을 나타낸다. 그러나, 다른 전극(23)은 둘로 분할되어 있으며, 따라서 전기적으로 축 X_1 위로 돌출되지 않는다. 네 개의 사분체에 있어서의 전압 또는 전극(23)에 인가된 전위는 U_1, U_2, U_3 및 U_4 로 언급되며 비틀림 액추에이터의 변형을 결정한다.

본 발명에 따른 비틀림은 제 2 도에 따른 특정 분극 값에서, 예컨대 전압이 $U_1 = -U_2 = -U_3 = U_4$ 로 선택될 때 발생한다. 변형은 전압에 선형적으로 종속되기 때문에 굽힘 및 비틀림의 조합은 관련 전압을 확실히 부가함으로써 얻어질 수 있다. 예컨대, $U_1 = U_2 = U_3 = U_4$ 일 때는 단지 굽힘만 발생한다.

본 명세서의 개시 단락에서 언급한 바와 같이, 공지된 바이모르프 비틀림 액추에이터는 그 제어 전압이 두꺼운 층 두께에 기인하여 매우 높다는 단점을 갖는다. 상기 제어 전압은 수 킬로볼트에 달한다. 이러한 단점은 다층 액추에이터의 제조로 제거될 수 있다. 본 발명에 따른 다층 액추에이터인 비틀림 액추에이터(10)는 기본적으로 상호간의 접촉뿐만 아니라 제어 전압 터미널과의 접촉이 헤드 접점(30 내지 34)을 경유하여 확립되는 내부 전극(22, 23)을 포함하는 압전 세라믹의 모놀리식 블럭이다 (제 4 도 참조).

제 3 도는 제 1 도에 따른 비틀림 액추에이터(10)의 한 평면에 개략 단면도로서 헤드 접점(30 내지 34)의 기본 전기 회로망을 도시하며, 상기 평면은 축 X_2 및 X_3에 대한다. 압전 세라믹 층(20)은 사선으로 도시되어 있고 내부 전극(22, 23)은 두꺼운 선으로 도시된다. 내부 전극(22, 23)에 부가하여, 비틀림 액추에이터는 헤드 접점(30)에 접속된 외부 전극(24)을 포함한다. 또, 내부 전극(22)은 헤드 접점(30)에 접속되어 있다. 제 3 도의 좌반부에 도시된 내부 전극(22, 23)은 도면의 아래에서 위쪽으로 볼 때 다음 방식으로 접속된다: 전극(23)은 헤드 접점(33)에 접속되고, 전극(22)은 헤드 접점(30)에, 전극(23)은 헤드 접점(33)에, 전극(22)은 헤드 접점(30)에, 전극(23)은 헤드 접점(33)에, 전극(22)은 헤드 접점(30)에, 전극(23)은 헤드 접점(32)에, 전극(22)은 헤드 접점(30)에, 전극(23)은 헤드 접점(32)에, 전극(22)은 헤드 접점(30)에, 그리고 전극(23)은 헤드 접점(32)에 접속된다. 제 3 도의 우반부는 헤드 접점(33)이 헤드 접점(34)으로 대체되고 헤드 접점(32)이 헤드 접점(31)으로 대체된 것을 제외하고는 상기와 동일한 방식이 적용된다.

제 4 도는 본 발명에 따른 비틀림 액추에이터(10)의 내부 구조를 도시한 일부 절단 사시도이다. 다섯 개의 헤드 접점(30 내지 34)이 명확하게 도시되어 있고, 헤드 접점(30)은 제 1 도의 기준 전극(22) 및 제 3 도의 헤드 접점(30)에 대응된다. 헤드 접점(31)은 전압 U_1을 나타내고, 헤드 접점 (32)은 전압 U_2를, 헤드 접점(33)은 전압 U_3를, 그리고 헤드 접점(34)은 전압 U_4를 나타낸다. 제 4 도에 도시된 비틀림 액추에이터(10)의 구조는 일곱 개의 내부 전극(22, 23)을 도시한다. 물론, 선택적으로 그 이상 또는 이하의 전극을 사용하는 것이 가능하다. 헤드 접점(30)에 접속된 전극은 중심에서 분할되어 있지 않으며 이는 그 기능상 필요하지 않기 때문이다. 액추에이터의 상반부에 있는 분할된 내부 전극(23)은 헤드 접점(31 또는 32)에 접속되고 상기 액추에이터의 하반부에 있는 전극은 헤드 접점(34 또는 33)에 접속되어 있다. 또한, 전극(22, 23)은 그 관련 헤드 접점에 대한 접속은 별도로 하고 바깥쪽으로 유도되지 않는다는 것을 제 4 도로 알 수 있다.

제 4 도에 도시된 비틀림 액추에이터(10)의 상하 경계면을 각각 구성하는 표면(37, 38)은 제 3 도에 도시된 바와 같이 부가적인 전극(24)을 포함하지 않는다. 결과적으로, 상부 세라믹 층 또는 하부 세라믹 층(20)은 비틀림 효과에 기여하지 않는다. 그러나, 비틀림 효과는 상부 및 하부 양쪽에 부가적인 전극(24)을 설치함으로써 향상될 수 있고, 이 전극은 헤드 접점(30)에 접속되게 된다. 만약 헤드 접점(30)이 접지 전위에 있다면, 상기 외부 전극(24)은 부가적인 실드를 제공한다.

제 1 도 또는 제 4 도에 도시된 기하학적 형상에 대응하는 기하학적 형상을 갖는 비틀림 액추에이터(10)의 경우에 비틀림 각(17)을 계산하기 위한 하기 식이 실제와 매우 정확하게 일치한다는 것을 실험적으로 알았다. 비틀림 각(17), 즉 Tw_r은 하기와 같다:

$$Tw_r = \frac{9}{8} \cdot \frac{(1+\sigma) \cdot d_{31} \cdot W/w \cdot L^2}{[1+(1+\sigma) \cdot K^2/8] \cdot W^2 + 2 \cdot (1-\sigma) \cdot L^2} \cdot \frac{U}{w}$$

여기서, U/w는 전기장 강도(field strength), σ는 프아송비(poisson's ratio), d_{31}은 재료의 전하 상수이고, $K^2 = K_P^2/(1-K_P^2)$이며, 여기서 K_P는 평면 결합 계수(planar coupling coefficient)이다. 상기 식에 의하여 기하학적 형상의 최적화를 얻을 수 있다. 특정 전하 상수 d_{31}에서 비틀림 각(17)은 두께가 감소할 때 증가하지만, 이 경우 기술적 한계 및 역학적인 안정성이 고려되어야 한다. 큰 길이(great length) L/W > 1이 적합하지만, L/W > 3이면 비틀림 각의 포화가 발생된다. 그러나, L이 제한되고 폭 W가 자유롭게 선택될 수 있다면, 비틀림 각 Twr은 L/W 를 대략 0.9 가 되도록 선택함으로써 최대로 될 수 있다.

제 7 도는 제 1 도 비틀림 액추에이터(10)이 평면도이고, 측면(14)은 2W의 최대 폭(13)을 가지며 측면(18)은 2W'의 최대 폭(13') 을 갖고 있다. 비틀림 액추에이터(10)의 상기 변형예에 있어서 기부가 사다리꼴 형상이 되도록 W' 는 W 보다 크게 선택된다. 이러한 사다리꼴 기부를 선택하는 것은 판 형상 비틀림 액추에이터(10)의 통상적인 직사각형 기부와 비교할 때 더 우수하다는 것을 알았다. 계산 및 실험에 의하면 W' 가 W 의 2 배로 선택될 때 비틀림 각(17)은 대략 33% 증가될 수 있다.

이하, 비틀림 액추에이터(10)의 제조를 단순화하기 위한 특정 공정 단계에 대해 설명한다.

제 4 도에 도시된 바와 같이, 내부 전극(22, 23)은 세 개의 상이한 평면 내에 구비되므로 헤즈 접점(30 내지 34)에 접속시키기 위하여 세 개의 상이한 스크린 인쇄용 마스크를 필요로 한다.

제 5 도는 세 개이 상이한 스크린 인쇄용 마스크(25, 26, 27)를 포함하고 있는 제 1 마스크 배치를 도시한다. 제 4 도의 비틀림 액추에이터(10)를 위한 적합한 마스크 순서는 내부 전극(22, 23)용으로서 상부에서 하부쪽으로 마스크(27), 마스크(26), 마스크(27), 마스크(26), 마스크(25), 마스크(26), 및 최종적으로 마스크(25)일 것이다. 외부 전극(24)이 구비된다면, 외부 전극은 마스크(26)에 의해 제조되어야 한다.

제조 공정에 있어서, 다른 적합한 마스크 순서는 마스크(25), 마스크(26), 마스크(25), 마스크(26), 마스크(25),..., 마스크(25), 마스크(26), 마스크(27), 마스크(26),..., 마스크(27)일 것이다. 이 마스크들은 매 인쇄 공정 후 교환되어야 한다. 제 5 도에 도시된 바와 같이, 마스크(25 내지 27)는 나란하게 배치되며 형상에 있어서 동일하다. 마스크(25)는 중심 분할된 두 개의 직사각형 전극(23) 단편으로 이루어져 있고, 그 각각은 제 5 도에 도시된 바와 같이 측방향 접속 부분을 가지며, 이 부분은 간략화를 위하여 접속되는 대응 헤드 접점과 동일한 도면 부호를 갖는다. 마스크(26)는 제 5 도에 있어서 하향 연장되는 중심 부분을 갖는 전극(22)을 위한 비분할 단면으로 이루어져 있고, 상기 중심 부분은 헤드 접점(30)과의 접속을 확립한다. 마스크(27)는 다시 제 5 도의 하부의 좌측 및 우측에서 헤드 접점(33, 34)과 접촉을 이루는 부분을 포함하고 있는 전극(23)을 위한 분할 단면으로 이루어져 있다. 제 5 도에 도시된 바와 같이, 마스크 구조는 각 수평열에서 세번 반복된다. 물론, 동일하게 형상화된 마스크 구조의 반복을 수직 방향으로 하는 것도 선택적으로 가능하다. 또한 마스크 구조를 예컨대 회전 또는 밀러링에 의해 경미하게 변경시키는 것도 가능하다. 다음 공정 단계에 있어서, 병렬 배치된 비틀림 액추에이터(10)는 예컨대 굵은 일점 쇄선의 분할선(28)을 따라서 절단함으로써 분리된다. 상기 분할선(28)은 전극(22 또는 23) 표면에까지 연장되지 않는데, 이는 본 발명에 따르면 제 4 도에 도시한 바와 같이 외부 헤드 접점(30 내지 34)에 대한 접속만이 필요에 따라 노출되기 때문이다.

세 개의 상이한 마스크(25 내지 27)의 제조 비용을 줄이고 또한 마스크를 연속적으로 바꿀 필요성을 줄이기 위하여, 제 6 도는 단지 두 개의 상이한 마스크(35, 36)가 요구되는 제 2 마스크 배치를 도시한다. 제 5 도와 유사하게 서로 나란히 배치된 마스크는 화살표 A의 방향으로 수평 분할선(28)을 따라 액추에이터의 폭 절반에 걸쳐 변위된다. 즉, 단지 두 개의 상이한 형태의 마스크가 사용된다. 마스크(35)는 각 액추에이터의 절반을 위한 두 개의 전극 표면을 갖는 기부(29)를 포함하며, 상기 전극 표면은 접속 요소에 의해 상호 접속되어 있고, 상기 기부는 또한 제 6 도에서 하향으로 지향되며 접속 표면을 가진 전극 절반을 포함한다. 전극(22 또는 23)은 화살표 A 방향으로 분할선을 이동시킴으로써 제조될 수 있다. 이는 제 6 도의 상반부에 도시되어 있다. 다른 마스크(36)의 형상은 마스크(35)의 형상과 매우 유사하며, 마스크(35)와 비교할 때 상이한 위치에 있는 접속 요소는 전극 표면의 두 절반부를 상호 접속하며, 마스크(35)와 비교할 때 상이하게 위치된 접속부는 마스크(35)에서 하부 접속부를 갖지 않는 전극 절반에 구비되며, 상기 접속부는 제 6 도에 있어서 하향되어 있다. 제 5 도에 도시된 바와 같이, 접속부는 헤드 접점(30 내지 34)과 동일한 도면 부호로 나타낸다.

상기 변위는 각각의 인쇄 공정 후에 수행되어야 하고, 상기 언급된 바와 같이 화살표 A로 지시된 방향으로 비틀림 액추에이터(10)의 폭 절반에 달한다. 이 인쇄 공정 후, 액추에이터는 분할선(28)을 따라 분리되며, 제 5 도 마스크의 경우와 같이 헤드 접점(30 내지 34)이 즉시 확립될 수 있도록 관련 접속 표면이 자동적으로 돌출된다.

상기 제 2 마스크 배치의 단점은 제 6 도의 좌측 또는 우측 상에서 변위 폭의 일부분을 사용할 수 없다는 점이다. 상기 언급한 바와 같이, 외부 접속은 상호 접속되어야 하는 두개의 헤드 접점(30)을 필요로 하는 두개의 접속 영역이 있다는 것을 제외하고는 제 5 도에 도시된 것과 동일한 방식으로 형성된다. 마스크의 순서는 다음과 같이 선택될 수 있다: 비변

위 마스크(35); 변위 마스크(35); 비변위 마스크(35); 변위 마스크(35);..., 비변위 마스크(35); 변위 마스크(35); 비변위 마스크(36); 변위 마스크(36);..., 변위 마스크(36). 따라서, 마스크(35)를 마스크(36)로 교환하는 것은 액추에이터의 중심에서 한번 수행되어야 한다는 것은 자명하다.

상기 설명과 제 1 도 내지 제 7 도 및 특허청구 범위에 개시된 본 발명의 특유한 특징들은 개별적으로 또는 임의의 결합으로 본 발명의 여러가지 실시예를 실현하는데 필수적이다.

(57) 청구의 범위

청구항 1.

모놀리식 압전 세라믹이 다층 구조를 형성하도록 배치되어 있고, 상기 층 사이에 위치된 전극과, 액추에이터가 그 길이 방향 축에 대해 비틀리도록 외부로부터 접근 가능하며 전극에 제어 전압을 공급하는 역할을 하는 헤드 접점을 포함하는 비틀림 액추에이터에 있어서, 상기 전극(22, 23, 24)은 서로 평행하게 연장되어 평행한 압전 층(20)의 에지로부터 이격되어 종료하며, 상기 전극은 길이 방향 축(16)을 따라 차단되어 있고 각 집단의 전극을 위한 접속 표면을 포함하며, 상기 표면은 압전 층(20)의 에지까지 연장되며, 인접한 층(20)이 전극(22)에 대해 직교하며 단일 방향으로 분극화될 때, 단부면의 중심선(19, 39)에 대해서 제 1 및 제 4 사분체 또는 제 2 및 제 3 사분체에 있는 제 1 인접 전극이 양전위에 있고 다른 전극은 중심 전극(22)의 기준 전압에 대하여 음전위에 있도록 측방향 헤드 접점(30 내지 34)이 구비되어 있는 것을 특징으로 하는 비틀림 액추에이터.

청구항 2.

비틀림 액추에이터의 경계를 이루는 상부 및 하부 표면(37, 38)이 각각 다른 전극(24)을 포함하며, 상기 표면(37, 38)쪽으로 향한 교번 전극(22) 및 중심 전극에 유사한 상기 다른 전극은 헤드 접점(30)을 경유하여 상호 접속되며, 기준 전압으로서 역할을 하는 제어 전압 U_0가 인가되는 것을 특징으로 하는 비틀림 액추에이터.

청구항 3.

제 2 항에 있어서, 상기 헤드 접점(30)에 접속된 전극(22, 24)은 길이 방향 축(16)의 방향으로 전기적으로 상호 접속되어 있는 것을 특징으로 하는 비틀림 액추에이터.

청구항 4.

제 3 항에 있어서, 상기 외부 전극(24)은, 상기 헤드 접점(30)을 경유하여 내부 전극(22)과 접촉할 수 있도록 접속 표면을 형성하고 있는 돌출 에지부를 포함하며, 상기 압전 층(20)을 완전히 덮고 있는 것을 특징으로 하는 비틀림 액추에이터.

청구항 5.

제 4 항에 있어서, 각각의 사분체를 위한 다른 헤드 접점(31 내지 34)은 나머지 전극(23)을 상호 접속하며 상기 전극에 전압 U_1, U_2, U_3, U_4을 인가하는 것을 특징으로 하는 비틀림 액추에이터.

청구항 6.

제 1 항 내지 제 5 항중 어느 한 항에 있어서, 기본적으로 판 형상의 상기 액추에이터(10)에서 폭(13)의 절반에 대한 길이(11)의 비율은 1 내지 3의 범위인 것을 특징으로 하는 비틀림 액추에이터.

청구항 7.

제 1 항에 있어서, 소정 길이(11)에서 최대 비틀림 각(17)이 폭(13)의 절반에 대한 길이(11)의 비율이 0.9 일 때 얻어지는 것을 특징으로 하는 비틀림 액추에이터.

청구항 8.

제 7 항에 있어서, 길이(11)와 폭(13)을 갖는 직사각형 기부, 또는 확고히 고정된 폭(13)의 측면 및 대향되는 넓은 폭의(13') 측면을 갖는 사다리꼴 기부를 포함하는 것을 특징으로 하는 비틀림 액추에이터.

청구항 9.

제 8 항에 있어서, 상기 사다리꼴 기부의 경우, 넓은 폭(13')은 작은 폭(13)의 두 배이며, 비틀림 각(17)은 직사각형 기부와 비교할 때 33% 증가하는 것을 특징으로 하는 비틀림 액추에이터.

청구항 10.

제 9 항에 있어서, 비틀림 또는 길이 방향 축(16)이 전압 $U_1 = U_2$ 및 $U_3 = U_4$ 에서 굽힘에 의해 부가적으로 영향받을 수 있는 것을 특징으로 하는 비틀림 액추에이터.

청구항 11.

모놀리식 압전 세라믹이 다층 구조를 형성하도록 배치되어 있고, 상기 층 사이에 위치된 전극과, 전극이 길이 방향 축에 대해 비틀릴 수 있도록 외부로부터 접근 가능하며 전극에 제어 전압을 인가하는 기능을 하는 헤드 접점을 포함하는 청구항 제1 항에 기재된 비틀림 액추에이터 제조 방법에 있어서, 상이한 전극(22, 23, 24)을 위한 다수의 스크린 인쇄용 마스크(25, 26, 27; 35, 36)를 서로 나란히 또는 서로 겹치게 배치하고 다수의 액추에이터(10)의 다수의 층(20)을 동시에 형성하기 위해 연속 사용하며, 특정 분할선(28)을 따라 분할함으로써 헤드 접점(30 내지 34)용 접속 표면이 구비된 액추에이터(10)가 제조되는 것을 특징으로 하는 비틀림 액추에이터 제조 방법.

청구항 12.

제 11 항에 있어서, 제 1 마스크 배치는 세 개의 상이한 마스크(25, 26, 27)로 형성되며 각각의 상기 마스크를 다수 포함하며, 각 인쇄 공정에 있어서 연속적으로 마스크(25), 마스크(26), 마스크(25), 마스크(26), 마스크(25),... 마스크(25),... 마스크(26), 마스크(27), 마스크(26),... 마스크(27)가 사용되며, 마스크(25)는 길이 방향 축(16) 및 측방향 접속 표면에 의해 분할된 전극을 포함하고, 상기 마스크(26)는 단일의 비분할 전극 및 중심에 위치된 전방 접속 표면을 포함하며, 상기 마스크(27)는 길이 방향 축(16)에 의해 분할된 전극 및 분할선(28)을 따라 분할한 후에 각각의 전극용 분할면상에 전방 접속 표면(33, 34)을 포함하는 것을 특징으로 하는 비틀림 액추에이터 제조 방법.

청구항 13.

제 11 항에 있어서, 제 2 마스크 배치는 두 개의 상이한 마스크(35, 36)로 형성되며, 상기 마스크는 나란히 배치된 다수의 상기 마스크를 포함하며, 각 인쇄 공정에 있어서 각각의 마스크는 액추에이터의 폭(13) 절반에 걸쳐 변위되며, 이 결과 분할선(28)을 따라 분할된 후 전극(22, 23, 24)이 제조되는 것을 특징으로 하는 비틀림 액추에이터 제조 방법.

청구항 14.

제 13 항에 있어서, 상기 마스크(35)를 마스크(36)로 교환하는 한 번의 마스크 교환 공정이 수행되며, 인쇄 순서는 비변위 마스크(35), 변위 마스크(35), 비변위 마스크(35), 변위 마스크(35);... 비변위 마스크(35), 변위 마스크(35), 비변위 마스크(36), 변위 마스크(36);... 변위 마스크(36)의 순서인 것을 특징으로 하는 비틀림 액추에이터 제조 방법.

청구항 15.

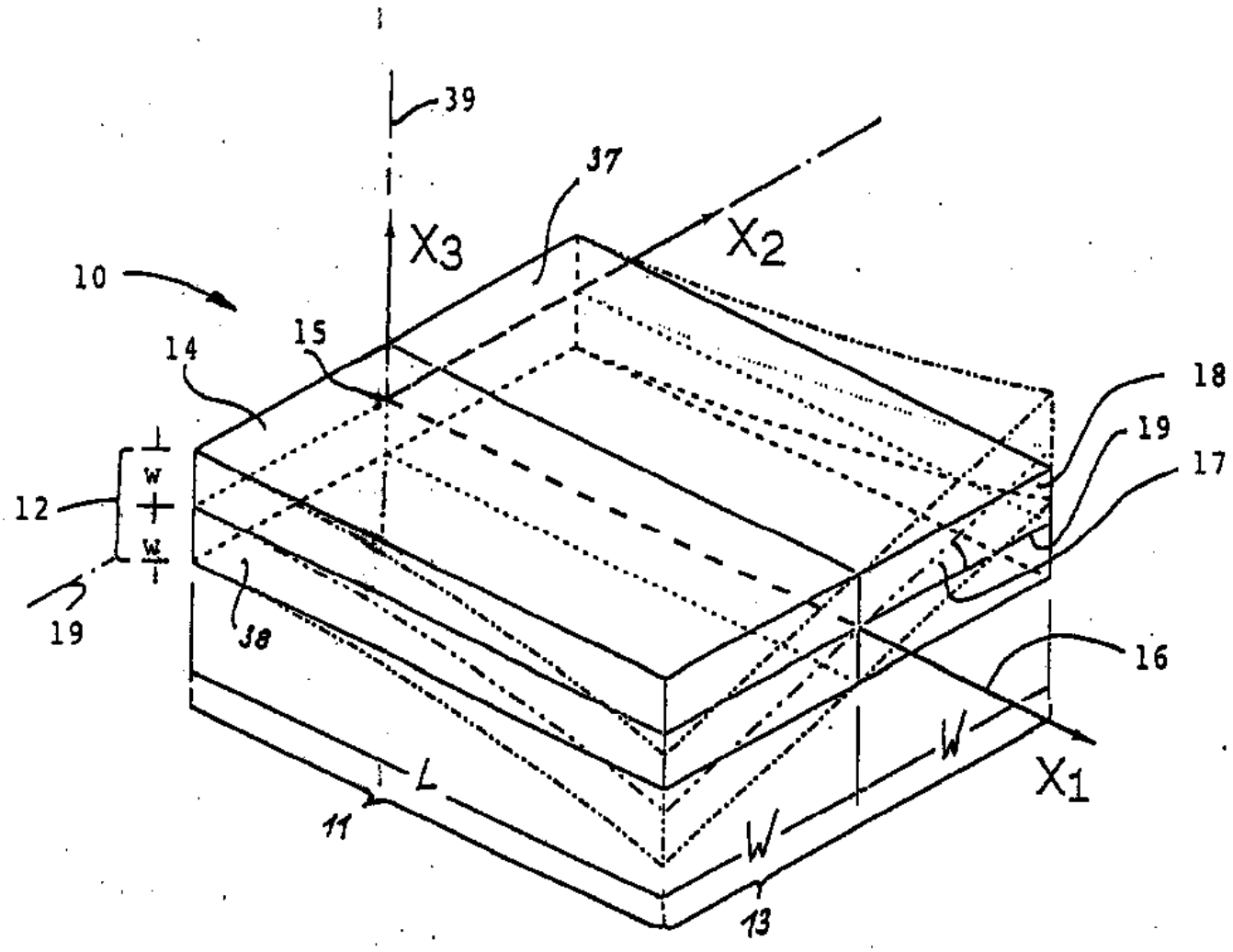
제 14 항에 있어서, 상기 마스크(35)는 각각의 절반 액추에이터(10)를 위한 두 개의 전극 표면을 갖는 기부를 포함하며, 상기 전극 표면은 접속 요소를 경유하여 상호 접속되며 상기 마스크는 액추에이터(10)의 길이 방향에 접속 표면을 갖는 전극 절반을 구비하는 것을 특징으로 하는 비틀림 액추에이터 제조 방법.

청구항 16.

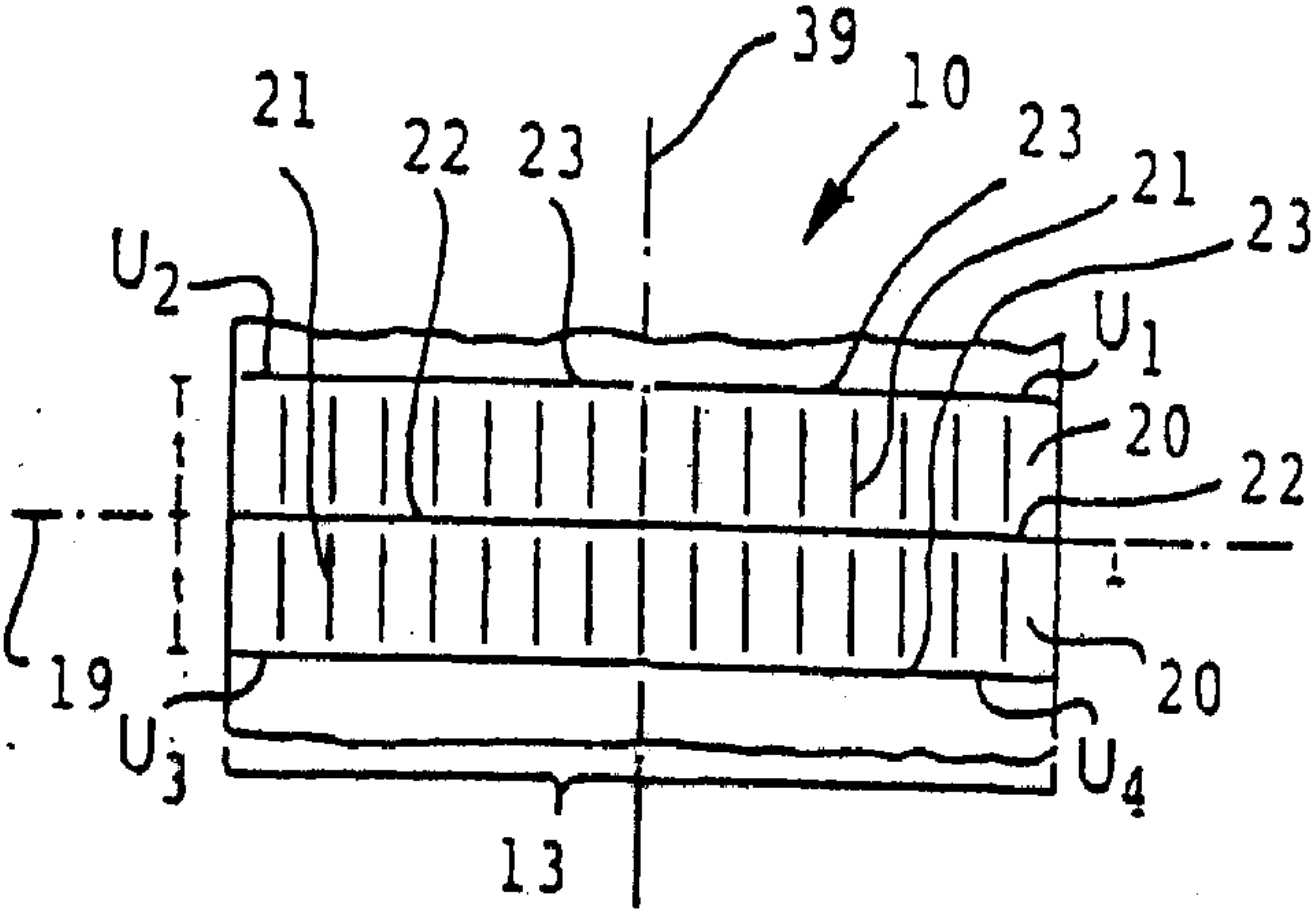
제 15 항에 있어서, 상기 마스크(36)는 액추에이터(10)의 절반 각각을 위한 두 개의 전극 표면을 갖는 기부(29)를 포함하며, 상기 전극 표면은 마스크(35)에 대해 오프셋된 접속 요소를 통해 상호 접속되며, 상기 마스크(35)에 대한 다른 전극 절반은 액추에이터(10)의 길이 방향으로 변위된 접속 표면을 갖는 것을 특징으로 하는 비틀림 액추에이터 제조 방법.

도면

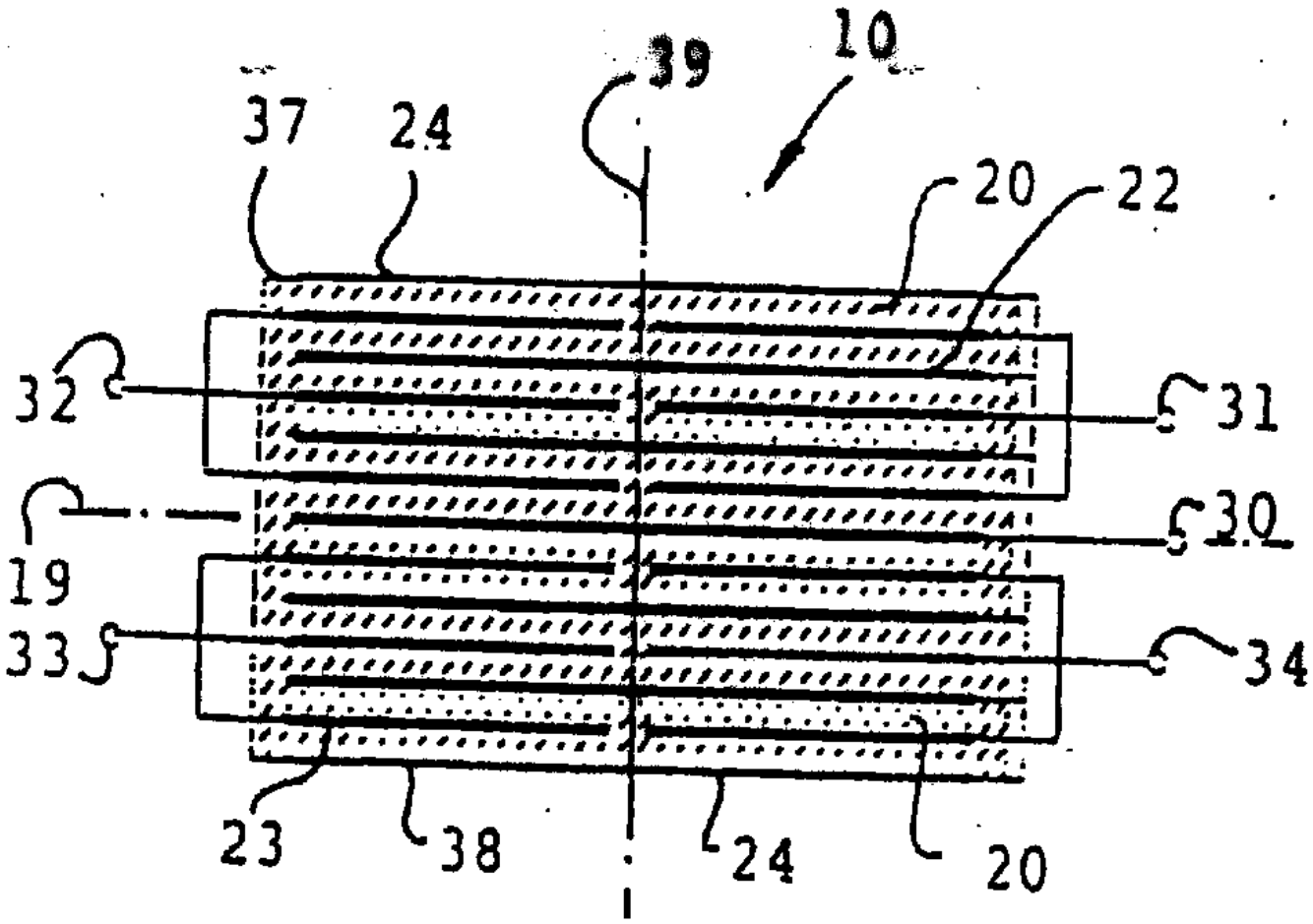
도면 1



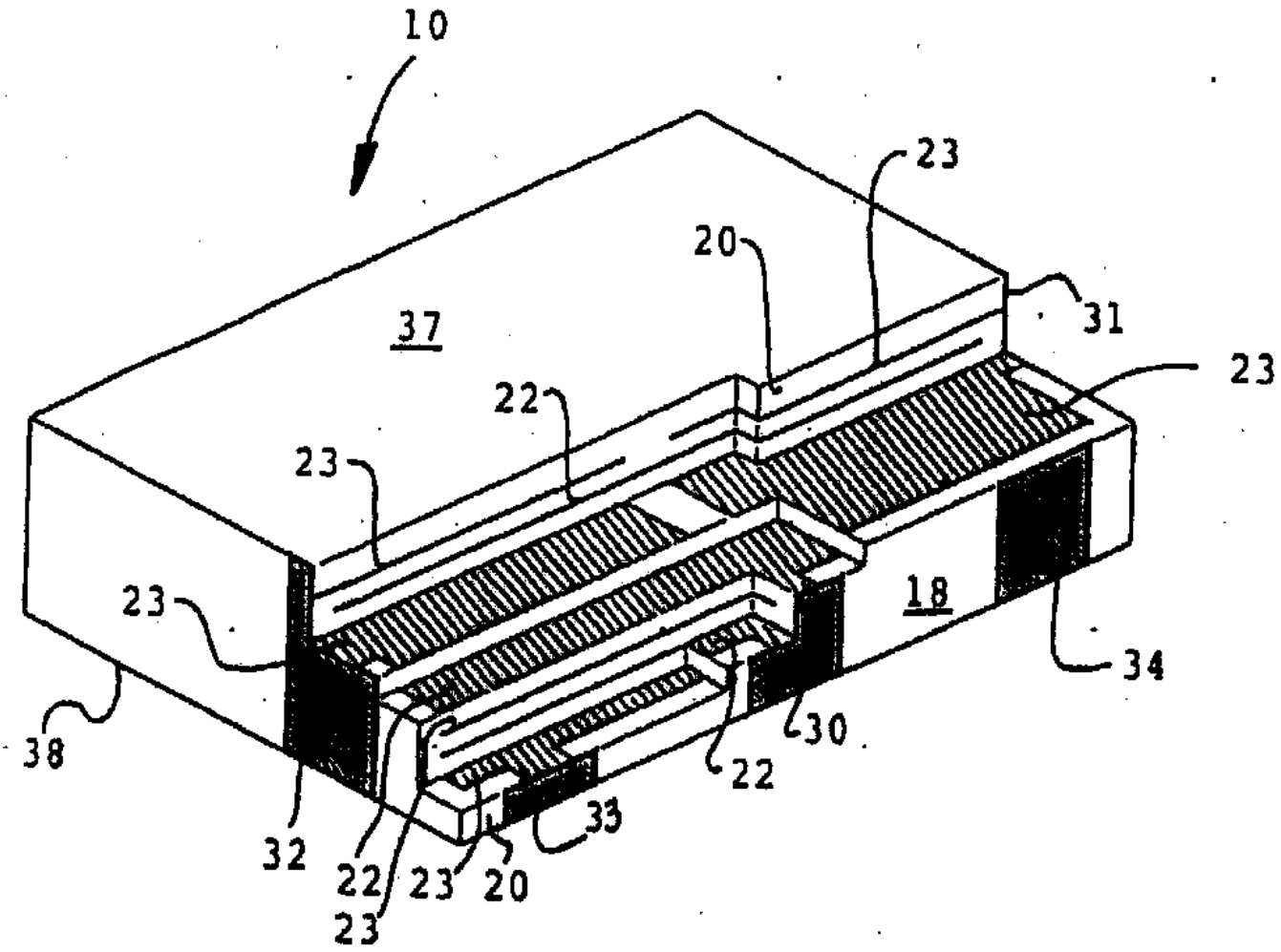
도면 2



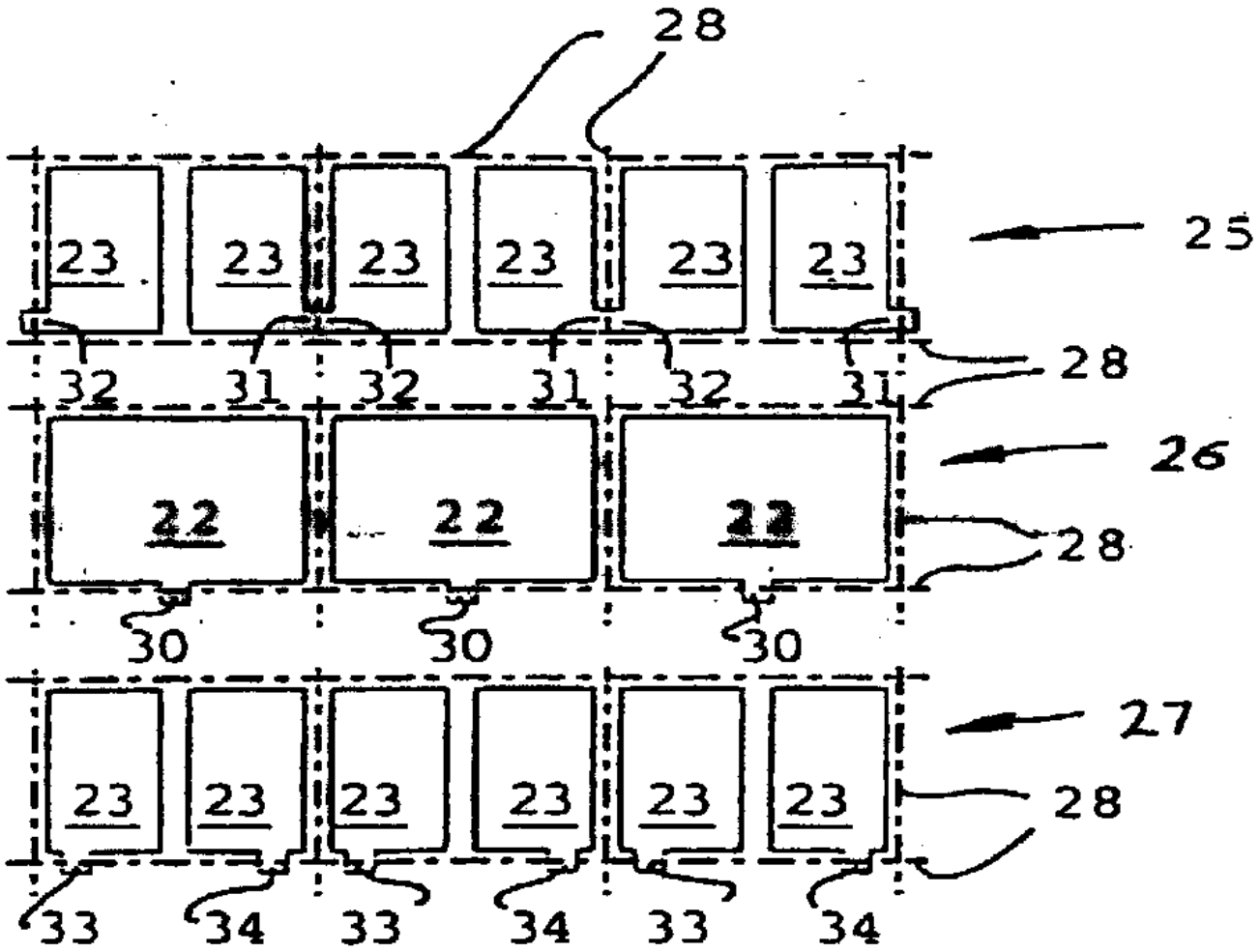
도면 3



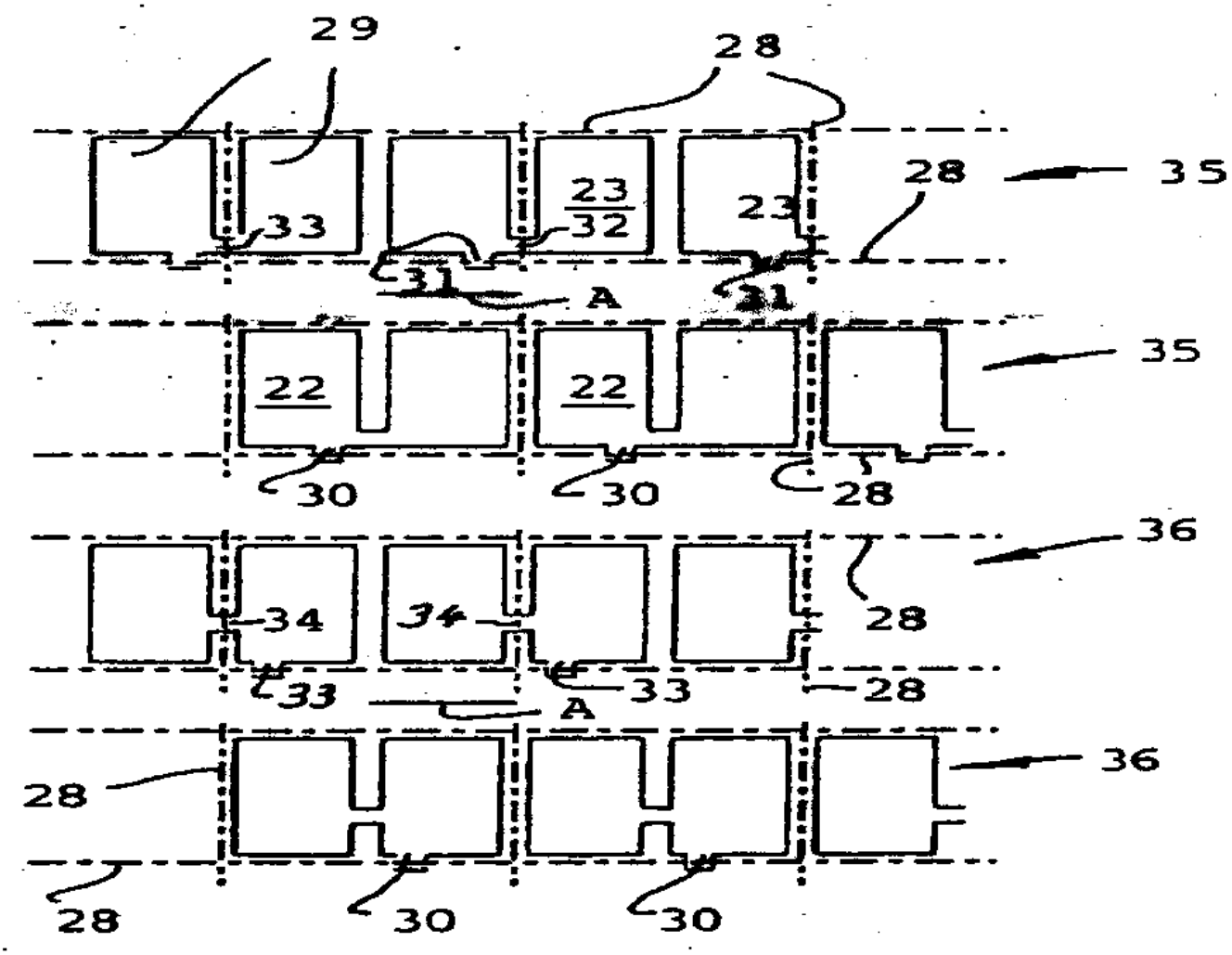
도면 4



도면 5


28
23
23
23
23
23
23
25
28
32
31
32
31
32
31
26
22
22
22
28
30
30
30
27
23
23
23
23
23
23
28
33
34
33
34
33
34

도면 6


29
28
23
32
33
23
28
35
31
A
31
22
22
35
30
30
28
36
34
34
28
33
33
28
A
36
28
28
30
30

도면 7

