

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 647 326**

51 Int. Cl.:

H01L 41/09 (2006.01)
H01L 41/18 (2006.01)
H01L 41/37 (2013.01)
H01L 41/047 (2006.01)
H01L 41/08 (2006.01)
H01L 41/27 (2013.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **11.09.2014 PCT/FR2014/052249**

87 Fecha y número de publicación internacional: **26.03.2015 WO15040309**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.09.2014 E 14777728 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **30.08.2017 EP 3047528**

54 Título: **Actuador plano piezoeléctrico de gran desplazamiento a cizalladura**

30 Prioridad:

20.09.2013 FR 1359055

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
20.12.2017

73 Titular/es:

**OFFICE NATIONAL D'ETUDES ET DE
RECHERCHES AÉROSPATIALES (ONERA)
(100.0%)
Chemin de la Hunière
91120 Palaiseau, FR**

72 Inventor/es:

**MERCIER DES ROCHETTES, HUGUES y
JOLY, DIDIER**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 647 326 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Actuador plano piezoeléctrico de gran desplazamiento a cizalladura

La invención se refiere a un actuador activo apto para proporcionar un desplazamiento plano de cizalladura. Más en particular, ésta está orientada a actuadores que utilizan fibras piezoeléctricas.

5 Para hacer deslizar dos estructurales entre sí, ya se han desarrollado actuadores planos, determinados a partir de capas de fibras piezoeléctricas paralelas a una dirección y emparedadas entre capas portadoras de electrodos orientados perpendicularmente a estas fibras para activarlas. Las aplicaciones a que se destinan en aeronáutica son, por ejemplo, la deformación controlada de un elemento aerodinámico para adaptarlo en función de sus variaciones de incidencia.

10 En este tipo de aplicación, las prestaciones del actuador en la dirección de cizalladura vienen expresadas por el valor de la distorsión angular correspondiente.

La firma solicitante ya propuso, en el documento FR 2893783, un actuador plano rectangular que produce una cizalladura en la dirección de su borde largo constituido a partir de una capa activa de fibras piezoeléctricas emparedadas entre dos capas portadoras de electrodos paralelos, recubiertas a su vez por sendas capas de tejido de urdimbre y trama, rígidas, orientadas según dos direcciones determinando una malla. La trama y la urdimbre definen una malla de paralelogramos deformables yuxtapuestos. Las fibras piezoeléctricas forman un ángulo de 45° con el borde largo, y de 90° con los electrodos. Las diferentes capas están pegadas entre sí, en orden a transmitir lo mejor posible el desplazamiento a cizalladura de la capa plana de fibras piezoeléctricas. Las capas de tejido con urdimbre y trama rígidas aseguran la transmisión del desplazamiento de cizalladura a los órganos sobre los que va instalado el actuador y la rigidez del dispositivo en las demás direcciones.

El inconveniente de este dispositivo es la limitada amplitud de la distorsión angular que permite un módulo elemental de este tipo de actuador. Cualquiera que sea el material piezoeléctrico utilizado en las fibras, los ensayos realizados por la firma solicitante culminan en una distorsión angular media de 1256 µdef a 45° para una deformación de fibra de 800 µdef.

25 El objeto de la invención es conseguir valores de la distorsión angular mucho mayores con un actuador que utiliza una capa de fibras piezoeléctricas. Esto precisa, por una parte, aumentar el valor de la distorsión angular producida por el movimiento de las fibras piezoeléctricas, por otra, garantizar el nivel de esfuerzo producido por el actuador en la dirección de cizalladura.

30 A tal efecto, la invención se refiere a un actuador piezoeléctrico de gran desplazamiento de cizalladura en una dirección escogida, que presenta una estructura de emparedado que incluye al menos una capa activa que incluye fibras piezoeléctricas paralelas entre sí e inclinadas con respecto a dicha dirección, estando dicha capa activa colocada entre al menos dos capas portadoras de electrodos dispuestos en orden a poder provocar, previo mando, una variación de longitud de dichas fibras. Este actuador es destacable por que:

- 35 - el ángulo de inclinación de dichas fibras con respecto a dicha dirección escogida es superior a 2° e inferior a 40°;
- los espacios entre fibras piezoeléctricas de la capa activa están rellenos con un material elástico, incompresible y de rigidez dieléctrica superior a la de dichas fibras;
- 40 - dicha capa activa incluye al menos dos elementos llamados elementos indeformables, siendo alargados estos elementos, paralelos a dicha dirección escogida y presentando un módulo de tracción al menos igual a 200 GPa;
- los extremos de cada referida fibra están pegados a dichos elementos indeformables con el concurso de una cola rígida;
- dichos elementos indeformables están pegados, por una cola rígida, a dichas capas portadoras de electrodos.

45 La combinación de elementos indeformables y de la matriz constituida a partir del material elástico incompresible en los espacios entre fibras permite hacer que la capa activa reaccione a los esfuerzos de tracción ejercidos en su plano, sensiblemente como una sucesión de paralelogramos deformables de bordes rígidos entre dos elementos indeformables.

50 En esta configuración, se puede demostrar que el hecho de inclinar las fibras piezoeléctricas en una dirección inferior a 40° con respecto a la dirección de los elementos indeformables permite conseguir distorsiones angulares superiores en al menos un factor 2 con respecto a la inclinación en diagonal a 45°.

Finalmente, la transmisión de los esfuerzos hacia los órganos sobre los cuales se aplica el actuador, pasando por la capa portadora de electrodos, se opera completamente a través de los elementos rígidos, por las colas rígidas. Por

lo tanto, estos elementos tienen que presentar un gran módulo de tracción para resistir, sin deformarse, los esfuerzos inducidos por las fibras. En contrapartida, este modo de transmisión elimina las pérdidas inducidas por la resistencia a la cizalladura en las capas de cola encargadas de transmitir los esfuerzos entre las capas activas y los demás elementos del emparedado, tal como las hay en las realizaciones anteriores.

- 5 Ventajosamente, el ángulo de inclinación de dichas fibras piezoeléctricas con respecto a dicha dirección escogida es inferior a 10° . En efecto, la distorsión angular aumenta en gran manera cuando disminuye la inclinación de las fibras, y es, teóricamente, cuatro veces superior al valor obtenido para 45° , a partir de esta inclinación.

10 Preferentemente, las fibras piezoeléctricas están unidas a la capa portadora de electrodos por un material elástico que tiene un módulo de cizalladura inferior a 10 MPa. Esta capa de elastómero permite evitar descargas disruptivas manteniendo sensiblemente constante la distancia entre las fibras piezoeléctricas y los electrodos. Por el contrario, su escaso módulo hace que ésta oponga una escasa rigidez a cizalladura al desplazamiento de las fibras y que, por tanto, disminuya poco el esfuerzo ejercido para accionarlo.

15 Preferentemente, la capa portadora de electrodos está realizada en material no conductor fabricado a partir de poliamida. Este tipo de material soporta bien las cizalladuras angulares impuestas por el actuador en funcionamiento.

Ventajosamente, los dos bordes del actuador paralelos a la dirección escogida de dicha capa activa están ambos determinados por uno de dichos elementos indeformables. Esta configuración presenta, entre otras, la ventaja de que la transmisión de los desplazamientos a los órganos accionados se puede operar mediante solo estos dos elementos indeformables.

20 Asimismo, la invención se refiere a un procedimiento para realizar un actuador piezoeléctrico de gran desplazamiento de cizalladura en una dirección escogida, que presenta una estructura de emparedado que incluye al menos una capa activa que incluye fibras piezoeléctricas paralelas entre sí e inclinadas con respecto a dicha dirección, estando dicha capa activa colocada entre al menos dos capas portadoras de electrodos dispuestos en orden a poder provocar, previo mando, una variación de longitud de dichas fibras. Este procedimiento se caracteriza por las siguientes operaciones:

- 25
- realización de una referida capa activa, mediante:
 - 30
 - posicionamiento de dichas fibras piezoeléctricas con un ángulo de inclinación superior a 2° e inferior a 40° con respecto a dicha dirección escogida;
 - relleno de los espacios entre fibras piezoeléctricas con un material elástico, incompresible y de rigidez dieléctrica superior a la de dichas fibras;
 - 35
 - colocación, paralelamente a dicha dirección escogida, de al menos dos elementos llamados elementos indeformables, siendo alargados estos elementos y presentando un módulo de tracción al menos igual a 200 GPa;
 - pegado, mediante una cola rígida, de los extremos de cada referida fibra a dichos elementos indeformables;
 - pegado, mediante una cola rígida, de dichos elementos indeformables a dichas capas portadoras de electrodos.

Ventajosamente, la etapa de posicionamiento de las fibras piezoeléctricas se realiza aserrando una placa del material componente de dichas fibras piezoeléctricas, fabricada sensiblemente de las dimensiones de la capa activa.

40 Preferentemente, la colocación de los elementos indeformables se lleva a cabo en el interior de unas ranuras practicadas siguiendo la dirección de cizalladura en una placa sensiblemente de las dimensiones de la capa activa compuesta, en toda su extensión, por las fibras piezoeléctricas separadas por tiras de material elástico.

De acuerdo con estas dos últimas características, la realización de un bloque permite ahorrar tiempo, al propio tiempo que asegura un posicionamiento regular de los elementos y una homogeneidad del actuador en su superficie.

45 Asimismo, la invención se refiere a un elemento aerodinámico deformable al menos parcialmente, que incluye un actuador piezoeléctrico tal y como se ha descrito anteriormente.

La presente invención se comprenderá más fácilmente y otros detalles, características o ventajas de la presente invención se pondrán más claramente de manifiesto con la lectura de la descripción que sigue, con referencia a los dibujos que se acompañan, en los cuales:

50 la figura 1 presenta esquemáticamente la estructura en capas superpuestas de un actuador plano rectangular según la invención.

La figura 2 presenta esquemáticamente un despiece ordenado de las diferentes capas que componen el actuador.

La figura 3 muestra un detalle esquemático de la capa activa contenedora de las fibras piezoeléctricas.

La figura 4 muestra un detalle esquemático de la capa intermedia que se encarga de la unión entre la capa activa y la capa portadora de electrodos.

- 5 La figura 5 ilustra esquemáticamente la deformación teórica de un bastidor rígido articulado sometido a una elongación de su diagonal.

La figura 6 muestra una comparación esquemática entre las distorsiones angulares de un bastidor rígido (C1) y de un emparedado determinado a partir de dos barras rígidas unidas por un elastómero (C2), conseguidas para diferentes valores de inclinación de la diagonal.

- 10 La figura 7 presenta esquemáticamente las etapas de fabricación de un actuador según la invención.

Un ejemplo de actuador plano, presentado en la figura 1, tiene una forma rectangular de espesor t según la dirección Z, de longitud l según la dirección X, que representa su mayor dimensión, y de anchura w según la dirección Y. Este actuador tiene una estructura de emparedado compuesta por los siguientes elementos:

- en el plano central XY, una capa 1 que incluye las fibras piezoeléctricas 2,
- 15 - unas capas planas, 3 y 4, portadoras de los electrodos 5 que activan las fibras piezoeléctricas 2 ubicadas a ambos lados en la dirección Z y
- unas capas intermedias, 6 y 7, de cola que se encargan de la unión entre la capa central y las capas portadoras de electrodos.

- 20 La capa central 1 (figura 2) se compone de una alternancia, en la dirección Y, de tiras que comprenden las fibras piezoeléctricas 2 y de barras filiformes 8. Cada borde largo, en la dirección X, de la capa central 1 está constituido por una barra filiforme. Esta capa tiene, preferentemente, un espesor aproximado de 180 μm .

- 25 Las barras filiformes 8 son de sección rectangular, de una anchura del orden de 350 μm , paralelas al borde largo en la dirección X y espaciadas, por ejemplo, 1 a 2 mm. Estas barras filiformes 8 son de materiales altamente aislantes y de alto módulo de tracción, al menos igual a 200 GPa, lo cual las hace elementos indeformables. Se utilizan preferentemente materiales de alta rigidez dieléctrica y alto módulo de tracción, tales como el carburo de silicio y el boro.

- 30 Dispuestas entre estas barras filiformes 8, se hallan fibras piezoeléctricas 2 de sección rectangular, formando un ángulo θ con la dirección X. Este ángulo se elige dentro del intervalo comprendido entre 2° y 40° . Más adelante se exponen, en la descripción de su funcionamiento, las propiedades del actuador en función del valor elegido. Por ejemplo, la anchura de estas fibras es del orden de 150 μ . El material de estas fibras 2 es del tipo MFC (Macro Fiber Composite), que se adoptará preferentemente de la siguiente lista: PZT-SA, PZT-5H o PMN-32 % PT single crystal.

Las fibras piezoeléctricas 2 están pegadas por sus dos extremos a las barras filiformes 8 con cola rígida epoxi 9.

- 35 El intervalo entre dos fibras 2 está lleno de un elastómero 10, preferentemente incompresible, de escaso módulo de cizalladura, preferiblemente inferior a 20 MPa. Asimismo, la rigidez dieléctrica de este elastómero 10 es, preferentemente, superior a la de las fibras piezoeléctricas 2. La anchura de la tira de elastómero 10 entre dos fibras 2 es, preferentemente, de aproximadamente 55 μ . La anchura mínima de estos intervalos viene limitada, por una parte, por la necesidad de que el elastómero soporte la deformación del actuador, por otra, por la rigidez dieléctrica de este elastómero 10, de manera que no haya descarga disruptiva entre las zonas con polaridades opuestas sobre las fibras piezoeléctricas 2.

- 40 Las capas planas 3, 4 portadoras de los electrodos 5 están determinadas a partir de una fina película de material de poliamida de tipo Kapton (marca registrada). Preferentemente, el espesor de la película es de aproximadamente 0,3 mm. Los electrodos están embebidos en la película de la capa plana y están determinados a partir de dos series de electrodos (51 y 52 en cuanto a la capa superior 3, 53 y 54 en cuanto a la capa inferior 4) alargados e interdigitados. Estos electrodos 5 están orientados perpendicularmente a las fibras piezoeléctricas 2.

- 45 Las capas intermedias, 6 y 7, que se encargan de la unión entre la capa de fibras piezoeléctricas 1 y las capas, 3 y 4, portadoras de electrodos, se componen, tal como está representado en la figura 3, de tiras paralelas en la dirección X:

- en correspondencia con el espacio ocupado por las fibras piezoeléctricas 2, por un elastómero 11 de bajo módulo de cizalladura, típicamente inferior a 10 MPa;
- 50 - en correspondencia con las barras filiformes 8, por una cola rígida de tipo epoxi.

El espesor de estas capas, por ejemplo del orden de 20 μ , está limitado a lo que es necesario para asegurar la unión rígida entre las barras filiformes 8 y las capas portadoras de electrodos, 4 y 5.

5 El funcionamiento del actuador según la invención es tal que, cuando se da tensión a las fibras piezoeléctricas 2 por medio de los electrodos interdigitados, 51, 52, 53 y 54, solidarios de las capas portadoras de electrodos, 4 y 5, de Kapton, las fibras 2 se alargan tomando apoyo, por cada uno de sus extremos, en las barras filiformes 8 que se desplazan en sentidos opuestos.

10 De manera destacable, el conjunto determinado por las barras filiformes 8 y el elastómero 10 ubicado entre las fibras piezoeléctricas 2 se comporta sensiblemente como un bastidor deformable con sus bordes rígidos, cuya diagonal está inclinada un ángulo θ con respecto a los bordes largos constituidos a partir de barras filiformes 8. Cuando tal bastidor, representado en la figura 5, es sometido a una deformación longitudinal ϵ_L impuesta en la dirección de su diagonal, la distorsión angular obtenida y crece muy deprisa cuando disminuye la inclinación θ de esta diagonal. La figura 6 muestra una comparación del valor de la distorsión angular θ obtenida para una deformación ϵ_L con valor de 800 μ def, con un bastidor rígido mediante un cálculo analítico (C_1), y con un bastidor constituido a partir de dos elementos rígidos unidos por un elastómero semejante al utilizado entre las fibras piezoeléctricas 2 mediante un cálculo numérico (C_2). Los resultados de distorsiones angulares muy cercanas muestran que la capa activa 1 puede comportarse sensiblemente como un bastidor rígido articulado merced al elastómero 10 situado entre las fibras 2.

15 Por otra parte, estos resultados ilustran que, para un alargamiento dado de las fibras piezoeléctricas 2, se pueden conseguir distorsiones angulares claramente mayores cuando la inclinación de las fibras es pequeña. Además, esta cizalladura se transmite a las capas portadoras de electrodos de Kapton, ya que están pegadas a las barras filiformes 8 por la cola epoxi 12 de alto módulo de rigidez.

20 Por otro lado, el alargamiento de las fibras es tanto mayor cuanto menores son los esfuerzos que se oponen al mismo. Por lo tanto, la cizalladura creada por el actuador en su centro es tanto mayor:

- cuanto menor es el módulo de cizalladura del elastómero 9 entre las fibras piezoeléctricas 2, disminuyendo así la rigidez del bastidor determinado con las barras filiformes 8;
- 25 - cuanto menor es el módulo de cizalladura del elastómero 11, que une las fibras 2 a las capas portadoras de electrodos 3 y 4, disminuyendo así la influencia de la rigidez de las capas portadoras de electrodos sobre la deformación de las fibras piezoeléctricas.

30 Habida cuenta de la evaluación de la rigidez del conjunto que se opone al trabajo de las fibras 2 y del valor de la distorsión angular y para ángulos reducidos θ , un actuador según la invención está realizado preferiblemente con una inclinación de fibras inferior a 10°. Sin embargo, cuanto menor sea este ángulo, menor será el número de fibras 2 para una superficie dada de actuador. Por lo tanto, se pone de manifiesto que habrá un valor por debajo del cual el esfuerzo ejercido por las fibras ya no será suficiente para vencer la cizalladura del elastómero 9 entre las barras filiformes 8. Este es el motivo por el que, en el presente caso, hay fijado un límite inferior en 2° a esta inclinación para una realización práctica.

35 Con objeto de ilustrar las prestaciones que cabe esperar de un sensor según la invención, se han realizado cálculos para modelizar la respuesta de un módulo elemental determinado a partir de dos barras filiformes 8 unidas mediante fibras piezoeléctricas inclinadas a 10°. Los dos módulos difieren por sus longitudes y sus anchuras: 5,2 x 1,2 mm para el primero, 10,5 x 2,2 mm para el segundo. Por lo demás, sus otras características, resumidas en la tabla que sigue, son idénticas:

Espesor de la capa activa 1	180 μ
Espesor de las capas portadoras de electrodos 3 y 4	20 μ
Espesor de las capas de unión 6 y 7	30 μ
Módulo de cizalladura del elastómero (polioli) 10 entre las fibras adyacentes, y 11 entre las fibras y las capas portadoras de electrodos	0,1 MPa
Módulo de cizalladura de la cola epoxi 9 entre las barras filiformes y las fibras, y 12 entre las barras filiformes y las capas de Kapton	1200 MPa
Módulo de tracción del material (acero) de las barras filiformes 8	210 GPa

40 Las otras características dimensionales son las ya citadas como ejemplo en la descripción de la forma de

realización. Las fibras piezoeléctricas 2 son de PZT5A de 1000 voltios, en orden a obtener un alargamiento de fibra, señalado por ϵ_L , del orden de 800 μdef . Las capas, 3 y 4, portadoras de los electrodos son de Kapton.

5 La distorsión angular está evaluada en el centro de la película de Kapton determinante de una capa 3 portadora de electrodos. Este valor se compara con el obtenido con un sensor según el estado de la técnica anterior, cuyas fibras están inclinadas a 45° e igualmente solicitadas con una tensión de 1000 V. Este sensor tiene una longitud de 85 mm y una anchura de 28 mm. Los resultados se recogen en la tabla que sigue:

Tipo de actuador	Orientación de las fibras	Alargamiento de las fibras ϵ_L	Distorsión angular del Kapton γ	Ganancia
Estado de la técnica anterior	45°	800 μdef	1200 μdef	1
Primer módulo	10°	$\approx 800 \mu\text{def}$	2360 μdef	2
Segundo módulo	10°	$\approx 800 \mu\text{def}$	2450 μdef	2

10 Por otro lado, el procedimiento de fabricación del ejemplo de actuador anteriormente descrito está ilustrado en la figura 7. Al principio, se utiliza una placa 13 de PZT pegada a una película polimérica 14, tal y como se puede obtener por un procedimiento de fabricación conocido. Las dimensiones de esta placa son las de la capa activa 1 del actuador realizado finalmente.

15 Una primera etapa A consiste en aserrar esta placa para conformar tiras paralelas 2 de fibras piezoeléctricas, inclinadas un ángulo θ con respecto al borde largo de la placa. El distanciamiento de las fibras 2 se corresponde con su distanciamiento dentro del actuador. Por lo demás, se evita aserrar por completo la película polimérica 14 que sustenta el conjunto.

En una etapa B, se llenan los intersticios entre las fibras piezoeléctricas 2 con el elastómero 10 de la capa activa 1.

En una etapa C, se asierra en el sentido de la longitud el conjunto, fibras 2 y elastómero 10, sin atacar la película polimérica 14, para conformar ranuras longitudinales en tantas ubicaciones como barras filiformes 8 habrá.

La etapa D consiste en depositar una guarda protectora 15 sobre las tiras longitudinales que incluyen las fibras 2.

20 La etapa E consiste en emplazar las barras filiformes 8 en las ubicaciones longitudinales y en pegarlas a las fibras piezoeléctricas 2 con la cola epoxi 9.

La etapa F consiste en extraer las guardas protectoras 15.

25 La etapa G consiste en emplazar, sobre la cara superior de la capa activa 1 así creada, las películas de cola epoxi 12 encaradas con las barras filiformes 8 y las películas de elastómero 11 encaradas con las tiras contenedoras de las fibras piezoeléctricas 2.

La etapa H consiste en emplazar la capa portadora de electrodos 3 con sus electrodos 5, y en ligarla seguidamente con la capa activa 1 mediante una polimerización de las películas 12 y 11.

En una etapa I, se extrae la película polimérica y, luego, en una etapa J, se voltean las dos capas así obtenidas.

30 A continuación, se efectúan las etapas G y H sobre el otro lado de la capa activa 1 para emplazar la segunda capa portadora de electrodos 4.

35 Este tipo de actuador puede ser utilizado ventajosamente en aplicaciones aeronáuticas, especialmente para modificar la forma de un elemento aerodinámico. Por ejemplo, la solicitud de patente FR 2924681 describe la puesta en práctica de actuadores planos insertos en la estructura de una pala de superficie estabilizadora giratoria para deformarla a torsión mediante un deslizamiento relativo de las partes situadas alrededor de una hendidura orientada sensiblemente en el sentido de la envergadura. Además, el deslizamiento debe ser gobernado en amplitud a lo largo del giro de la pala. El actuador según la invención puede sustituir al actuador plano de tipo piezoeléctrico ya contemplado en esta aplicación. De manera general, la invención puede encontrar aplicación cada vez que una parte de un elemento aerodinámico tiene que efectuar movimientos de deslizamiento o de giro alrededor de una posición dada y que el actuador tiene asignado un reducido espacio de ocupación.

40

REIVINDICACIONES

1. Actuador piezoeléctrico de gran desplazamiento de cizalladura en una dirección escogida, que presenta una estructura de emparedado que incluye al menos una capa activa (1) que incluye fibras piezoeléctricas (2) paralelas entre sí e inclinadas con respecto a dicha dirección, estando dicha capa activa colocada entre al menos dos capas (3, 4) portadoras de electrodos (5) dispuestos en orden a poder provocar, previo mando, una variación de longitud de dichas fibras (2), caracterizándose dicho actuador por que:
- el ángulo de inclinación de dichas fibras con respecto a dicha dirección escogida es superior a 2° e inferior a 40°;
 - los espacios entre fibras piezoeléctricas de la capa activa están rellenos con un material elástico (10), incompresible y de rigidez dieléctrica superior a la de dichas fibras;
 - dicha capa activa incluye al menos dos elementos (8) llamados elementos indeformables, siendo alargados estos elementos, paralelos a dicha dirección escogida y presentando un módulo de tracción al menos igual a 200 GPa;
 - los extremos de cada referida fibra (2) están pegados a dichos elementos indeformables (8) con el concurso de una cola rígida (9);
 - dichos elementos indeformables (8) están pegados, por una cola rígida (12), a dichas capas portadoras de electrodos (4).
2. Actuador según la reivindicación 1, caracterizado por que el ángulo de inclinación de dichas fibras piezoeléctricas (2) con respecto a dicha dirección escogida es inferior a 10°.
3. Actuador según una de las anteriores reivindicaciones, caracterizado por que las fibras piezoeléctricas (2) están unidas a la capa portadora de electrodos (4) por un material elástico (11) que tiene un módulo de cizalladura inferior a 10 MPa.
4. Actuador según una de las anteriores reivindicaciones, caracterizado por que la capa portadora de electrodos (4) está realizada en material no conductor fabricado a partir de poliamida.
5. Actuador según una de las anteriores reivindicaciones, caracterizado por que los dos bordes paralelos a la dirección escogida de dicha capa activa están ambos determinados por uno de dichos al menos dos elementos indeformables (8).
6. Procedimiento para realizar un actuador piezoeléctrico de gran desplazamiento de cizalladura en una dirección escogida, que presenta una estructura de emparedado que incluye al menos una capa activa (1) que incluye fibras piezoeléctricas (2) paralelas entre sí e inclinadas con respecto a dicha dirección, estando dicha capa activa (1) colocada entre al menos dos capas (4) portadoras de electrodos (5) dispuestos en orden a poder provocar, previo mando, una variación de longitud de dichas fibras, caracterizándose dicho procedimiento por las siguientes operaciones:
- realización de una referida capa activa (1), mediante:
 - posicionamiento de dichas fibras piezoeléctricas (2) con un ángulo de inclinación superior a 2° e inferior a 40° con respecto a dicha dirección escogida;
 - relleno de los espacios entre fibras piezoeléctricas con un material elástico (10), incompresible y de rigidez dieléctrica superior a la de dichas fibras;
 - colocación, paralelamente a dicha dirección escogida, de al menos dos elementos (8) llamados elementos indeformables, siendo alargados estos elementos y presentando un módulo de tracción al menos igual a 200 GPa;
 - pegado, mediante una cola rígida (9), de los extremos de cada referida fibra (2) a dichos elementos indeformables (8);
 - pegado, mediante una cola rígida (12), de dichos elementos indeformables (8) a dichas capas (4) portadoras de electrodos (5).
7. Procedimiento según la reivindicación 6, en el que la etapa de posicionamiento de las fibras piezoeléctricas (2) se realiza aserrando una placa (13) del material componente de dichas fibras piezoeléctricas, fabricada sensiblemente de las dimensiones de la capa activa (1).
8. Procedimiento según una de las reivindicaciones 6 ó 7, en el que la colocación de los elementos indeformables (8) se lleva a cabo en el interior de unas ranuras practicadas siguiendo la dirección de cizalladura en

una placa sensiblemente de las dimensiones de la capa activa (1) compuesta, en toda su extensión, por las fibras piezoeléctricas (2) separadas por tiras de material elástico (10).

9. Elemento aerodinámico deformable al menos parcialmente que incluye un actuador piezoeléctrico según una de las reivindicaciones 1 a 5.

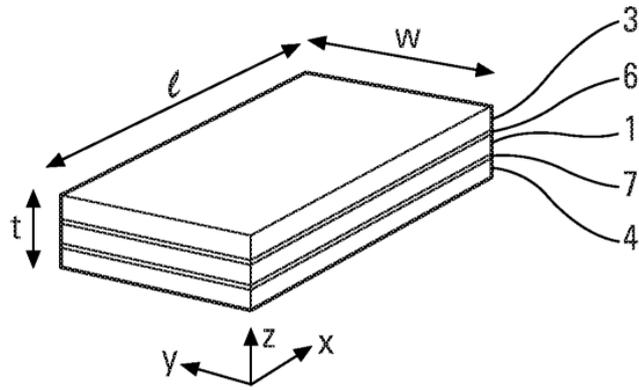


Fig. 1

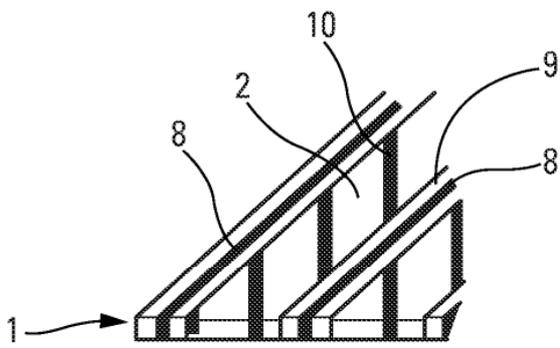


Fig. 3

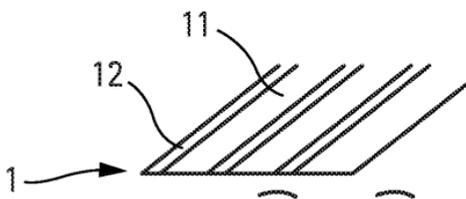


Fig. 4

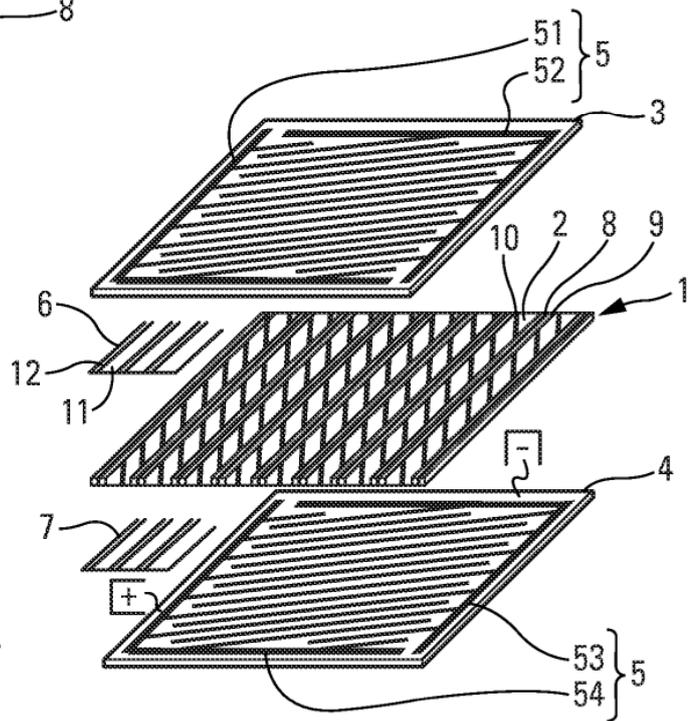


Fig. 2

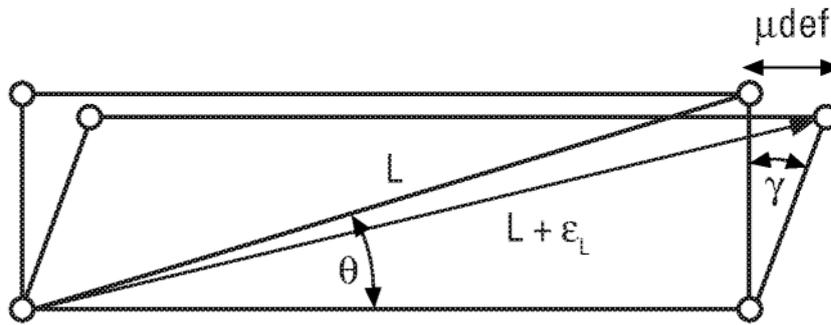


Fig. 5

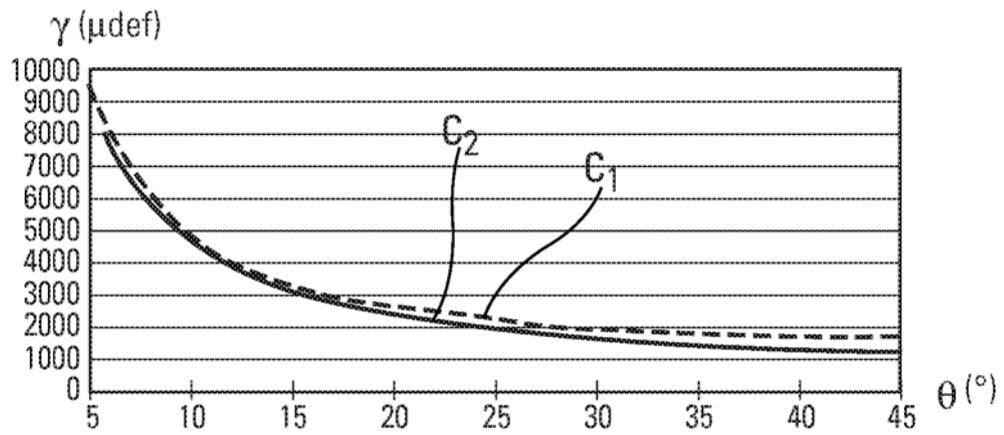


Fig. 6

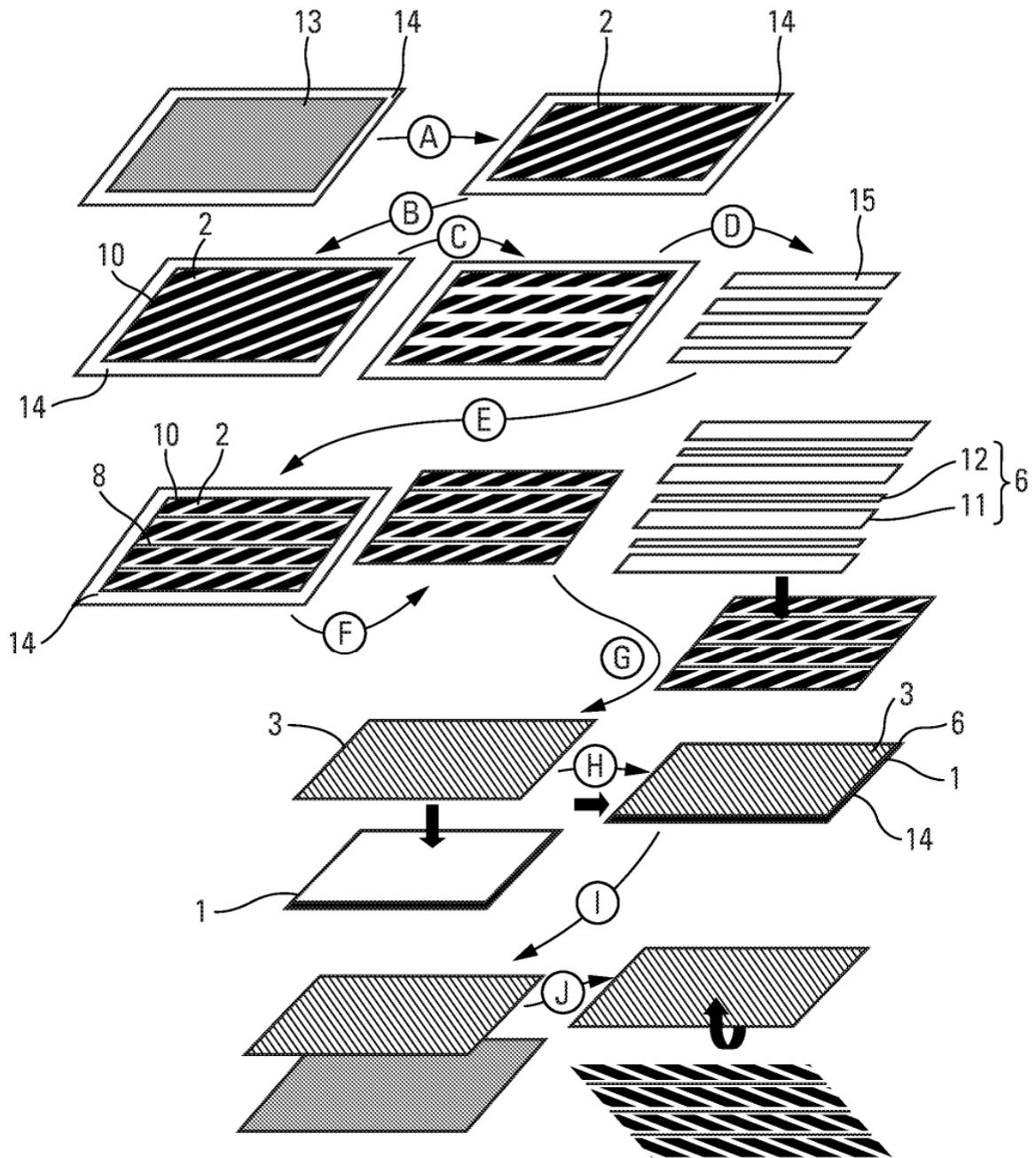


Fig. 7