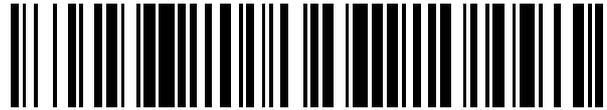


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 563 428**

51 Int. Cl.:

H01L 41/083 (2006.01)

H01L 41/27 (2013.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **18.06.2009 E 09163092 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.01.2016 EP 2136417**

54 Título: **Actuador multicapa**

30 Prioridad:

18.06.2008 DE 102008002495

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

15.03.2016

73 Titular/es:

**ROBERT BOSCH GMBH (100.0%)
C/IPE Postfach 30 02 20
70442 Stuttgart, DE**

72 Inventor/es:

**POLSTER, STEFFEN y
HAGEMANN, BENJAMIN**

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

ES 2 563 428 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 multicapa

Estado de la técnica

5 La invención hace referencia a un actuador multicapa que puede producirse mediante el plegado de una tira de electrodos.

10 Se conocen actuadores multicapa que están plegados a partir de una tira de electrodos, en donde la tira de electrodos se compone de una capa central de un material deformable dieléctrico, sobre el que se han aplicado por ambos lados unos electrodos. Mediante un plegado alternativo de la tira de electrodos en 180° se obtiene una estructura multicapa con un gran número de segmentos de electrodos dispuestos unos sobre otros, que se extienden mutuamente en paralelo, entre los cuales está dispuesto un material deformable dieléctrico. Al aplicar una tensión eléctrica se contrae el actuador multicapa en la dirección de apilado a causa de la atracción electrostática resultante de los segmentos de electrodos. Los grosores de tira de electrodos normales están actualmente dentro de un margen de aprox. 0,5 mm. Para conseguir el movimiento de un actuador se necesitan intensidades de campo eléctricas de hasta aprox. 200 voltios/μm, por lo que se buscan grosores de capa reducidos para minimizar la tensión de control.

15 Los actuadores multicapa conocidos, descritos anteriormente, se producen mediante el plegado de la tira de electrodos en dos posiciones perimétricas mutuamente enfrentadas. Expresado de otra manera, los dobleces obtenidos mediante el plegado de la tira de electrodos se disponen distribuidos a partes iguales entre dos posiciones perimétricas mutuamente enfrentadas, en donde los ejes de plegado de los dobleces realizados en diferentes posiciones perimétricas discurren mutuamente en paralelo. Debido a que los radios de flexión de los dobleces no pueden resultar tan pequeños como se quiera, se añaden las extensiones de grosor adicionales, resultantes de los dobleces, en dos posiciones perimétricas mutuamente enfrentadas, lo que en particular en actuadores multicapa con más de 100 pliegues tiene un efecto negativo en la geometría del actuador y un posible acoplamiento a otras piezas constructivas, en particular debido a que la zona de capa entre los dobleces es relativamente plana. En la zona de los dobleces se produce una sobreelevación de actuador, ya que los dobleces se añaden por toda la altura del actuador.

20 El documento JP 2006-66901 A revela un piezoelemento producido mediante plegado. En particular se pliega repetidamente una tira compuesta por electrodo/piezomaterial/aislante/contraelectrodo alrededor de unos ejes respectivamente ortogonales, centralmente, con lo que se obtiene una estructura multicapa con dobleces en todos los lados perimétricos, que puede utilizarse como actuador.

25 Descripción de la invención

Objeto técnico

35 El objeto de la invención consiste por ello en proponer un actuador multicapa producido mediante el plegado de una tira de electrodos que, en comparación con actuadores multicapa conocidos, presente una geometría de actuador mejorada, en particular más regular.

Solución técnica

Este objeto es resuelto con un actuador multicapa con las características de la reivindicación 1. En las reivindicaciones dependientes se indican unos perfeccionamientos ventajosos de la invención.

40 La invención se basa en la idea de plegar la tira de electrodos no sólo en dos posiciones perimétricas diferentes, es decir, no apilar los dobleces resultantes del proceso de plegado en dos posiciones perimétricas, sino prever al menos tres posiciones perimétricas en las que se han realizado dobleces. Expresado de otra manera, la invención se basa en la idea de plegar la tira de electrodos en más de dos posiciones perimétricas, para distribuir los dobleces resultantes del plegado entre al menos tres puntos diferentes sobre el perímetro del actuador multicapa. De este modo el grosor de material adicional resultante de los dobleces no sólo se añade en dos posiciones perimétricas del actuador multicapa en la dirección de apilado, sino en tres o más posiciones, con lo que se minimizan los efectos geométricos negativos a causa de la disposición de dobleces unos sobre otros. Una estructura multicapa de este tipo es ventajosa en particular en el caso de actuadores multicapa con un gran número de segmentos de electrodos dispuestos unos junto a otros, de forma preferida que discurren fundamentalmente mutuamente en paralelo, formados mediante el plegado de la tira de electrodos, ya que aquí la adición del grosor de material adicional tiene un efecto particularmente negativo sobre la geometría a causa del gran número de dobleces.

- 5 Es particularmente ventajosa una forma de realización en la que las posiciones perimétricas, en las se han realizado dobleces de la tira de electrodos, estén dispuestas homogéneamente en la dirección perimétrica del actuador multicapa, es decir, distribuidas circularmente alrededor de su eje longitudinal. De esta forma es posible, en particular si los dobleces se reparten homogéneamente entre las posiciones perimétricas, distribuir homogéneamente la elevación de material adicional, resultante del radio de flexión de los dobleces, y de este modo hacer posible que puedan penetrar o introducirse elásticamente una sobreelevación o varias sobreelevaciones dispuestas directamente unas sobre otras en unas zonas dispuestas de forma adyacente, en el lado del borde, sin sobreelevaciones.
- 10 Es particularmente preferida una forma de realización en la que los dobleces, al menos aproximadamente, están dispuestos distribuidos homogéneamente en dirección perimétrica. Esto puede realizarse por ejemplo en el modo citado anteriormente, en el que los dobleces se distribuyen homogéneamente entre posiciones perimétricas distribuidas homogéneamente por el perímetro.
- 15 Es particularmente preferida una forma de realización en la que se realiza un cambio entre dos posiciones perimétricas adyacentes en dirección perimétrica siempre después, al menos aproximadamente, del mismo número de dobleces o pliegues. Un giro así de la dirección de plegado puede realizarse ya después de un único proceso de plegado o después de un número cualquiera, de forma preferida siempre igual, de procesos de plegado. A este respecto el número de procesos de plegado, después de los cuales se produce un cambio de la dirección de plegado, depende fundamentalmente del grosor de la tira de electrodos y, de este modo, del tamaño de los radios de flexión de los dobleces, de tal manera que el cambio de dirección de plegado puede optimizarse para cada actuador de plegado.
- 20 Es particularmente preferida una forma de realización del actuador multicapa, en la que el contorno perimétrico de toda la tira de electrodos presenta la forma de un polígono, en particular puntualmente simétrico, o una forma curvada, en particular circular o elíptica, en donde a cada superficie lateral de la tira de electrodos plegada está asociado de forma preferida el mismo número de dobleces. En el caso de un contorno rectangular de la tira de electrodos plegada están dispuestos dobleces, por lo tanto, de forma preferida en cuatro posiciones perimétricas, en donde los ejes de plegado respectivamente de dos posiciones perimétricas adyacentes en dirección perimétrica están dispuestos perpendicularmente entre sí. Análogamente pueden distribuirse las posiciones perimétricas en el caso de actuadores multicapa con cualquier número de esquinas.
- 25 Es particularmente preferida una forma de realización del actuador multicapa, en la que a cada doblez está asociado un eje de plegado, en donde los ejes de plegado de posiciones perimétricas adyacentes en dirección perimétrica forman un ángulo. En el caso de un contorno perimétrico rectangular de la tira de electrodos plegada, explicado anteriormente, se obtiene a este respecto un ángulo de 90° entre dos posiciones perimétricas adyacentes en dirección perimétrica, en el caso de una sección transversal hexagonal de aprox. 60° o aprox. 120°, etc. A este respecto es particularmente preferida una forma de realización, en la que todos los ejes de plegado (ejes de basculamiento), al menos aproximadamente, están dispuestos distribuidos homogéneamente en la dirección perimétrica del actuador multicapa. A cada lado de un contorno perimétrico poligonal está asociado con ello de forma preferida un eje de plegado y, de este modo, un doblez. El cambio de la orientación del eje de plegado no se realiza de forma preferida hasta un número determinado de pliegues, en donde el número de pliegues depende fundamentalmente del grosor de la tira de electrodos y de este modo del radio de flexión de los dobleces.
- 30 En el caso del actuador multicapa la tira de electrodos desenrollada está conformada según la invención en forma de meandro, en donde el ángulo entre dos segmentos de tira de electrodos adyacentes, orientados en diferentes direcciones, depende de forma preferida del contorno perimétrico de la tira de electrodos plegada. De este modo dos segmentos de tira de electrodos adyacentes, orientados en diferentes direcciones, forman de forma preferida un ángulo de 90°, mientras que en el caso de una forma de realización hexagonal de la tira de electrodos plegada dos segmentos de tira de electrodos, orientados en diferentes direcciones, forman de forma preferida un ángulo de 120°.
- 35 De forma preferida, alternativamente a una forma de realización con posiciones perimétricas distribuidas homogéneamente en dirección perimétrica, puede realizarse una forma de realización del actuador multicapa en la que al menos dos posiciones perimétricas diferentes están dispuestas en un plano común, que se extiende en la dirección longitudinal del actuador poligonal. Expresado de otro modo, los ejes de plegado de al menos dos posiciones perimétricas adyacentes están dispuestos en un plano común, en donde en un plano común se obtienen pilas de dobleces en al menos dos posiciones dispuestas una junto a la otra.
- 40 En un perfeccionamiento de la invención está previsto de forma ventajosa que la tira de electrodos plegada esté incrustada, para optimizar su robustez, en una envuelta de un material deformable, en particular dieléctrico, en particular de silicona o acrílico.
- 45 En cuanto a la configuración de la tira de electrodos existen diferentes posibilidades. Es particularmente preferida una forma de realización en la que la tira de electrodos comprende una capa central de un material deformable dieléctrico, en particular elástico, en donde a ambos lados de esta capa están aplicados unos electrodos, en particular

de un material deformable con partículas eléctricamente conductoras, en particular estampados. De forma particularmente preferida se trata en el caso del dieléctrico de un polímero, en particular electroactivo, de forma preferida de un elastómero, por ejemplo del grupo de las siliconas y/o de los acrilatos. De forma particularmente preferida el elastómero comprende o se compone de silicona y/o fluorosilicona y/o poliuretano y/o polibutadieno y/o poliacrilato y/o politetrafluoretileno y/o P(VDF-TrFe)-copolímero y/o isopreno y/o acrilato.

Los electrodos pueden aplicarse por ejemplo mediante impresión, en particular serigrafía o impresión digital, de un material eléctricamente conductor o mediante implantación de iones sobre la capa de dieléctrico deformable.

Descripción breve de los dibujos

Se deducen ventajas, características y detalles adicionales de la invención de la siguiente descripción de unos ejemplos de realización preferidos, así como en base a los dibujos. Estos muestran en:

la fig. 1: una exposición en perspectiva de un actuador multicapa con dirección de plegado cambiante,

la fig. 2: una tira de electrodos en forma de meandro, para producir un actuador multicapa plegado con dobleces realizados en varias posiciones perimétricas,

la fig. 3: una forma de realización alternativa de una tira de electrodos en forma de meandro,

la fig. 4: otra forma de realización alternativa de una tira de electrodos desenrollada para producir un actuador multicapa con contorno hexagonal,

la fig. 5: otra forma de realización alternativa de una tira de electrodos desenrollada para producir un actuador multicapa plegado, en donde unos segmentos de electrodos individuales están unidos entre sí a través de unas almas, en donde los segmentos de electrodos tienen un contorno fundamentalmente circular,

la fig. 6: otra forma de realización alternativa de una tira de electrodos desenrollada para producir un actuador multicapa, en el que después de cada pliegue se realiza un cambio de dirección de plegado,

la fig. 7: una forma de realización no conforme a la invención de una tira de electrodos desenrollada para producir un actuador multicapa, en donde la tira de electrodos está conformada en línea recta y dos segmentos de electrodos adyacentes están unidos entre sí respectivamente a través de un alma, cuya extensión en anchura es menor que la extensión en anchura de la tira de electrodos.

Formas de realización de la invención

En las figuras los elementos constructivos iguales y los elementos constructivos con la misma función están caracterizados con los mismos símbolos de referencia.

En la fig.1 se muestra un actuador multicapa 2 producido mediante el plegado de una tira de electrodos 1. La tira de electrodos 1 indicada sólo esquemáticamente se compone de una capa central 8 de un dieléctrico deformable, sobre la que se ha aplicado por ambos lados una capa de electrodos 3, 4. A este respecto las capas de electrodos 3, 4 se componen de un material eléctricamente conductor deformable, elásticamente conformable.

De la estructura descrita de la tira de electrodos 1 se obtiene una estructura multicapa con un gran número de segmentos de electrodos paralelos 5, 6, dispuestos unos junto a otros (aquí unos sobre otros), en donde los segmentos de electrodos 5 están formados respectivamente por dos segmentos de la capa de electrodos 4 que hacen contacto mutuo y los segmentos de electrodos 6, respectivamente, por dos segmentos de la capa de electrodos 3 situados directamente uno junto al otro. Entre dos segmentos de electrodos 5 se encuentra respectivamente un dieléctrico deformable 7, que está formado por la capa central 8 de la tira de electrodos 1. Si se aplica una tensión eléctrica (diferencia de potencial) entre la capa de electrodos 3, 4, se contrae el actuador multicapa 2 a causa de la atracción electrostática respectivamente de dos segmentos de electrodos 5, 6 adyacentes, en donde el dieléctrico situado entre dos segmentos de electrodos 5, 6 se dilata con volumen constante en las otras dos direcciones espaciales.

Como se deduce de la fig. 1, los segmentos de electrodos 5, 6 discurren mutuamente en paralelo al menos en una zona central. En el lado del borde se han realizado varios dobleces 9 mediante el plegado de la tira de electrodos 1, en donde los dobleces 9 se han representados en la fig. 1 idealizados para obtener una mejor visión general, es decir, con un radio de flexión mínimo. En la práctica el radio de flexión de los dobleces 9 es algo mayor, de tal manera que mediante el apilado de los dobleces 9 en la dirección longitudinal del actuador multicapa 2 se obtiene una acumulación de material adicional en las zonas del borde.

5 Para minimizar la acumulación de material citada en la dirección de la extensión longitudinal del actuador multicapa 2, es decir en la dirección de apilado, en el actuador multicapa 2 mostrado en la fig. 1 los dobleces están dispuestos distribuidos homogéneamente en la dirección perimétrica. Esto se realiza por medio de que en cuatro posiciones perimétricas 10, 11, 12, 13 repartidas homogéneamente por el perímetro de la tira de electrodos 1 plegada están dispuestos unos dobleces 9, es decir, la tira de electrodos 1 está plegada en cuatro posiciones perimétricas 10, 11, 12, 13.

10 En la conformación muy sencilla de un actuador multicapa 2 con un contorno perimétrico cuadrado, mostrada en la fig.1, los ejes de plegado 14 de los dobleces 9 superiores en el plano de dibujo están dispuestos perpendicularmente a los ejes de plegado 15 de los dobleces 9 inferiores en el plano de dibujo. Por lo tanto ha tenido lugar un giro, es decir, un cambio de las direcciones de plegado no dibujadas que discurren transversalmente a los ejes de plegado 14, 15, tras la realización de respectivamente tres dobleces 9, con la consecuencia de que los dobleces 9 en total están dispuestos repartidos homogéneamente por el perímetro del actuador multicapa 2, en donde a cada superficie lateral de la tira de electrodos 1 plegada está asociado el mismo número de dobleces 9 (precisamente tres).

15 La exposición conforme a la fig. 1 se usa exclusivamente para explicar el principio básico de un actuador multicapa 2 plegado, con unos dobleces 9 realizados en más de dos posiciones perimétricas 10, 11, 12, 13. a continuación se explican unas posibles formas de realización de tiras de electrodos 1 para producir actuadores multicapa 2, en donde la estructura de un actuador multicapa 2 producido a partir de la tira de electrodos 1 correspondiente la obtiene el técnico directamente de la exposición gráfica correspondiente de la tira de electrodos 1.

20 La tira de electrodos 1 conforme a la fig. 2 presenta un recorrido en forma de meandro y se usa para producir actuadores multicapa 2 con sección transversal cuadrada o rectangular. Al contrario que el estado de la técnica, la dirección de plegado de un actuador multicapa 2 producido con una tira de electrodos 1 de este tipo no siempre está realizada igual, sino que las direcciones de plegado que discurren transversalmente a los ejes de plegado 14, 15 se giran 90°, respectivamente, después de un mismo número de dobleces realizados sobre los ejes de plegado 14, 15. El número de ejes de plegado 14, 15 representado, según el cual se realiza un giro de la dirección de plegado, puede elegirse libremente y se adapta de forma preferida al grosor de la tira de electrodos 1 representada sólo esquemáticamente. Por ejemplo es posible un cambio de la dirección de plegado incluso después de cada capa. Sin embargo, es particularmente practicable un cambio después de unos diez a cincuenta dobleces.

30 Como se deduce además de la fig. 2, la tira de electrodos 1 presenta varios segmentos de tira de electrodos 16, 17 dispuestos mutuamente en ángulo recto, en donde los ejes de plegado 14, 15 de cada segmento de tira de electrodos 16, 17 discurren mutuamente en paralelo; los ejes de plegado 14, 15 de segmentos de tira de electrodos 16, 17 adyacentes están dispuestos sin embargo perpendicularmente entre ellos. Como se obtiene además de la fig. 2, los segmentos de electrodos 16, 17 están acodados entre ellos 90°, según se mira en la dirección de la extensión longitudinal de la tira de electrodos 1, alternativamente hacia la derecha y la izquierda.

35 Al contrario que la tira de electrodos 1 conforme a la fig. 2, los segmentos de electrodos 16, 17 no están dispuestos en la tira de electrodos 1 conforme a la fig. 3 acodados entre ellos, según se mira en la dirección longitudinal de la tira de electrodos 1, alternativamente hacia la derecha y la izquierda, sino que un cambio de la dirección de orientación no se produce hasta respectivamente dos acodamientos, de tal manera que no se obtiene un perfil en diente de sierra como en la fig. 2, sino un perfil ranurado con unos segmentos ranurados abiertos alternativamente en una y en la otra dirección. Puede reconocerse que también en el ejemplo de realización conforme a la fig. 3 los ejes de plegado 14, 15 de dos segmentos de tira de electrodos 16, 17, directamente adyacentes en la dirección longitudinal de la tira de electrodos 1, están dispuestos perpendicularmente entre ellos.

45 La tira de electrodos 1 conforme a la fig. 4 se usa para producir un actuador multicapa 2 con contorno hexagonal. Puede reconocerse que la tira de electrodos 1 se compone de un gran número de segmentos parciales 18 con contorno hexagonal, en donde entre respectivamente dos segmentos parciales 18 adyacentes está dispuesto un eje de plegado 14, 15. Además de esto, de la fig. 4 se deduce que los ejes de plegado 14, 15 de dos segmentos de tira de electrodos 16, 17, adyacentes en la dirección de la extensión longitudinal de la tira de electrodos 11 y dispuestos formando un ángulo entre ellos, están dispuestos formando un ángulo entre ellos. En el ejemplo de realización mostrado estos ejes de plegado 14, 15 adyacentes forman un ángulo α de 60°, mientras que los ejes de plegado 14, 15 de cada segmento de tira de electrodos 16, 17 están dispuestos mutuamente en paralelo. Como se deduce además de la fig. 4, se realiza un cambio de dirección de plegado después de respectivamente tres dobleces. En total se obtiene, mediante la estructuración en forma de meandro de la tira de electrodos 1, una disposición homogénea distribuida en dirección perimétrica de los dobleces de un actuador multicapa acabado. A este respecto a cada una de las seis superficies laterales de la tira de electrodos 1 plegada se asocia el mismo número de ejes de plegado 14, 15 y, de este modo, el mismo número de dobleces.

55 En el ejemplo de realización de una tira de electrodos 1 conforme a la fig. 5 los ejes de plegado 14, 15 de los segmentos parciales 18 de la tira de electrodos 1, que pueden plegarse unos respecto a los otros, presentan un contorno perimétrico circular. Puede reconocerse que los ejes de plegado 14, 15 de dos segmentos de tira de electrodos 16, 17 adyacentes, dispuestos formando un ángulo entre ellos, discurren formando un ángulo de 60°

entre ellos, en donde los ejes de plegado 14, 15 del segmento de tira de electrodos 16, 17 respectivo discurren mutuamente en paralelo. Los ejes de plegado 14, 15 discurren respectivamente centrados y transversalmente a través de las almas 19 que unen entre sí los segmentos parciales 18.

5 El ejemplo de realización de una tira de electrodos 1 mostrado en la figura 6 se corresponde fundamentalmente con el ejemplo de realización mostrado en la fig. 5, con la diferencia de que un cambio de dirección de plegado se realiza después de cada pliegue y no, como en el ejemplo de realización conforme a la fig. 5, después de respectivamente cuatro pliegues. En consecuencia cada segmento de tira de electrodos 16, 17 se compone de un único segmento parcial 18 y respectivamente dos ejes de plegado 14, 15 adyacentes, que discurren respectivamente a través de un alma 19, están dispuestos formando un ángulo α de en este ejemplo de realización 60° .

10 La realización no conforme a la invención conforme a la fig. 7 se diferencia de todos los ejemplos de realización descritos anteriormente en que las posiciones perimétricas, en las que se realizan dobleces con un actuador multicapa acabado, no están dispuestas distribuidas homogéneamente en dirección perimétrica.

15 La tira de electrodos 1 se compone de varios segmentos de tira de electrodos 16, 17 rectilíneos, en donde cada segmento de tira de electrodos 16, 17 está compuesto por cuatro segmentos parciales 18 planos. Respectivamente dos segmentos parciales 18 adyacentes en la dirección de la extensión longitudinal de la tira de electrodos 1 están unidos entre sí a través de un alma 19, en donde la extensión en anchura de las almas 19, es decir la extensión de las almas 19 transversalmente a la extensión longitudinal de la tira de electrodos 1, es bastante menor que la extensión en anchura de la tira de electrodos 1 o de los segmentos parciales 18. En la fig. 7 puede reconocerse que la posición de las almas 19, según se mira transversalmente respecto a la extensión longitudinal de la tira de electrodos 1, es diferente en el caso respectivo de dos segmentos de tira de electrodos 16, 17 adyacentes. Al cambiar la posición del alma y con ello la posición perimétrica, en la que se realizan dobleces en el caso de un actuador multicapa acabado, cambia después de un cierto número de segmentos parciales 18 o ejes de plegado 14, 15 – en el ejemplo de realización mostrado tiene lugar un cambio de la posición del alma transversalmente a la extensión longitudinal de la tira de electrodos 1 después de cuatro segmentos parciales 18 o después de tres pliegues o tres ejes de plegado 14, 15. La posición del alma 19 cambia, según se mira en la dirección de la extensión longitudinal de la tira de electrodos 1, desde la izquierda, a través de dos diferentes posiciones centrales, hasta una posición en el plano del dibujo a la derecha. Como se deduce de la fig. 7, todos los ejes de plegado 14, 15 de la tira de electrodos 1 y con ello del actuador multicapa 2 acabado están orientados mutuamente en paralelo.

20

25

REIVINDICACIONES

- 5 1. Actuador multicapa (2) producido mediante el plegado de una tira de electrodos (1) en varias posiciones perimétricas (10, 11) diferentes, con un gran número de segmentos de electrodos (5, 6) dispuestos unos junto a otros y con un dieléctrico (7) deformable, en particular electroactivo, dispuesto entre dos segmentos de electrodos (5, 6) adyacentes, en donde en cada posición perimétrica (10, 11, 12, 13) está formado mediante plegado al menos un doblez (9), en donde la tira de electrodos (1) está plegada en más de dos posiciones perimétricas (10, 11, 12, 13), caracterizado porque la tira de electrodos (1) está conformada en forma de meandro antes del plegado.
2. Actuador multicapa según la reivindicación 1, caracterizado porque las posiciones perimétricas (10, 11, 12, 13) están dispuestas distribuidas homogéneamente en la dirección perimétrica, al menos aproximadamente.
- 10 3. Actuador multicapa según una de las reivindicaciones 1 ó 2, caracterizado porque los dobleces (9) están dispuestos distribuidos homogéneamente en la dirección perimétrica, al menos aproximadamente.
- 4 Actuador multicapa según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque se realiza un cambio entre dos posiciones perimétricas (10, 11, 12, 13) adyacentes en dirección perimétrica siempre después, al menos aproximadamente, del mismo número de dobleces (9).
- 15 5. Actuador multicapa según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque el contorno perimétrico de toda la tira de electrodos (1) plegada presenta la forma de un polígono, en particular puntualmente simétrico, y porque a cada superficie lateral del actuador multicapa (2) plegado está asociado al menos aproximadamente el mismo número de dobleces (9).
- 20 6. Actuador multicapa según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque a cada doblez (9) está asociado un eje de plegado (14, 15), y porque los ejes de plegado (14, 15) de dobleces (9) dispuestos en posiciones perimétricas (10, 11, 12, 13) adyacentes en dirección perimétrica forman un ángulo (α).
7. Actuador multicapa según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque dos segmentos de electrodos (5, 6) adyacentes de la tira de electrodos (1) están unidos entre sí respectivamente a través de un alma (19).
- 25 8. Actuador multicapa según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque a cada doblez (9) está asociado un eje de plegado (14, 15), y porque los ejes de plegado (14, 15) de al menos dos dobleces (9) adyacentes en dirección perimétrica están situados en un plano común.
9. Actuador multicapa según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque la tira de electrodos (1) plegada está incrustada en una envuelta de un material deformable, en particular dieléctrico.
- 30 10. Actuador multicapa según una de las reivindicaciones anteriores, caracterizado porque la tira de electrodos (1) se compone de una capa central (8) del material dieléctrico deformable con unas capas de electrodos (3, 4) aplicadas por ambos lados, en particular estampadas o pulverizadas por encima.

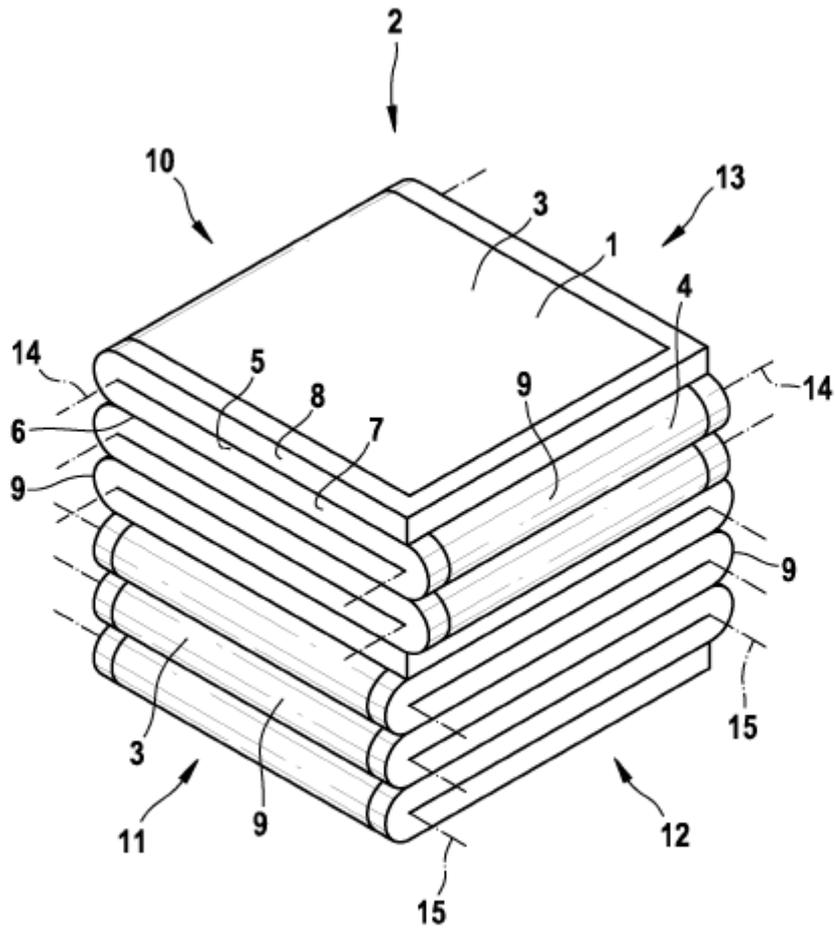
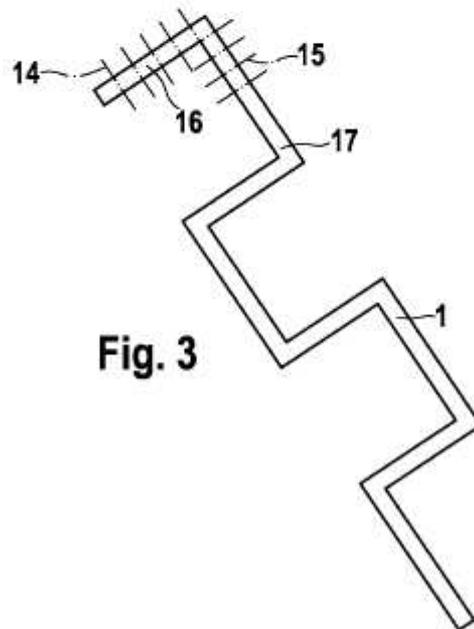
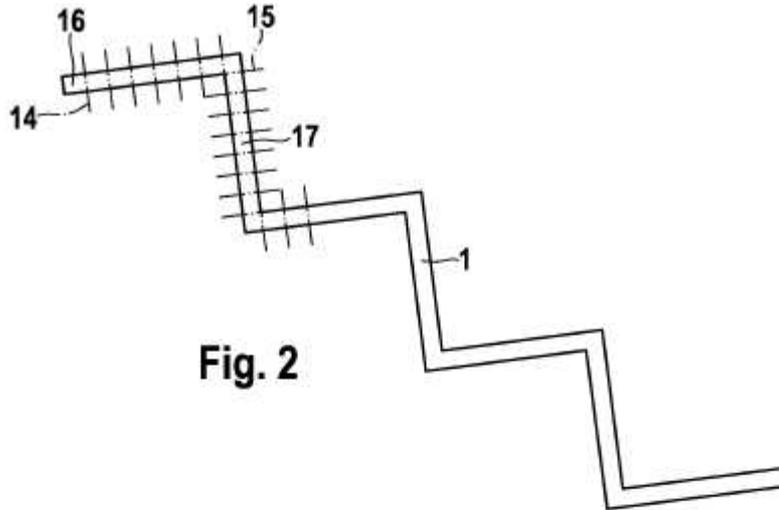


Fig. 1



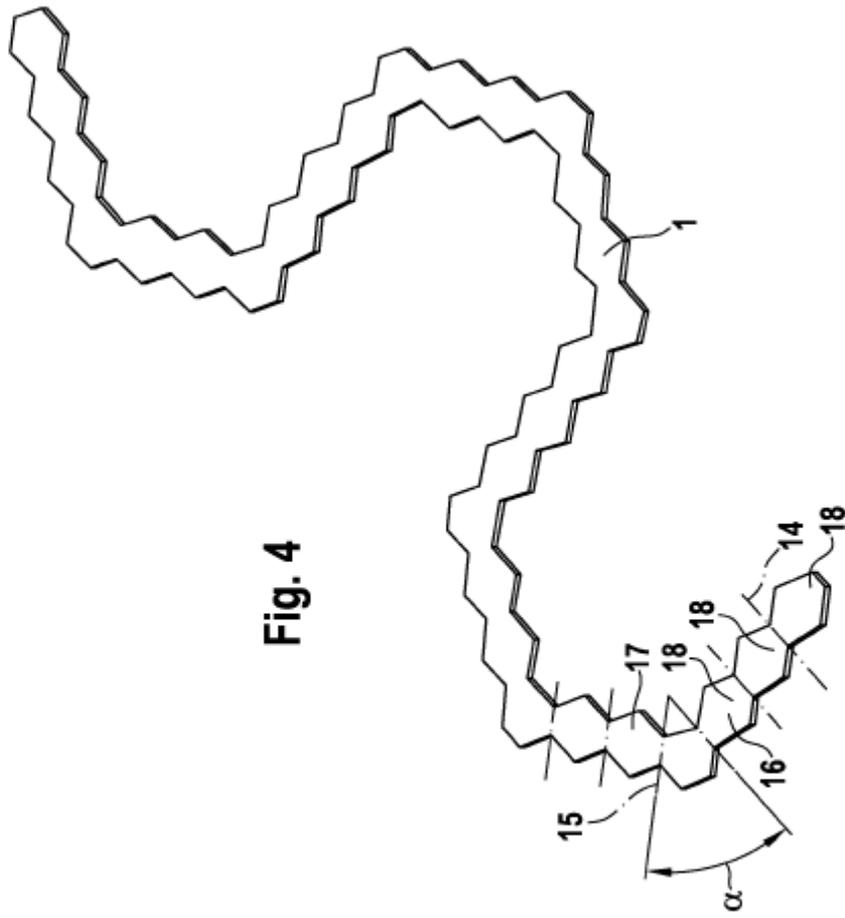


Fig. 4

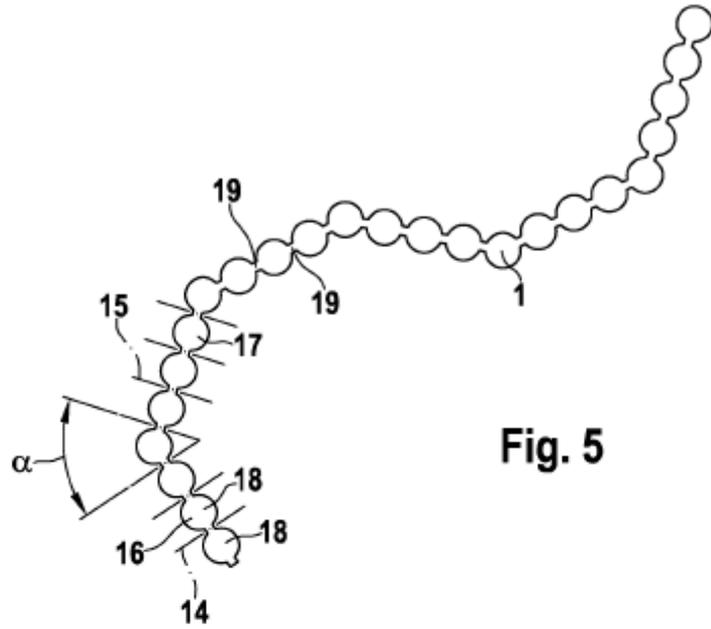


Fig. 5

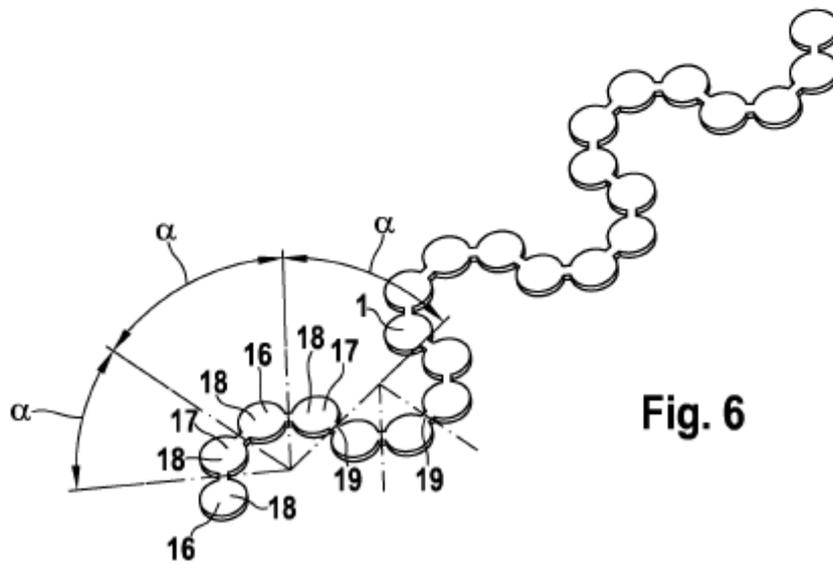


Fig. 6

