

(19)



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS  
ESPAÑA



(11) Número de publicación: **2 401 609**

(51) Int. Cl.:

**B32B 3/20** (2006.01)  
**B32B 3/30** (2006.01)  
**B32B 27/08** (2006.01)  
**B06B 1/06** (2006.01)  
**H01L 41/193** (2006.01)

(12)

## TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **28.11.2009 E 09759907 (0)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **26.12.2012 EP 2376278**

---

(54) Título: **Material compuesto multicapa ferroelectreto y procedimiento para la producción de un material compuesto multicapa ferroelectreto con canales en forma de tubo paralelos**

(30) Prioridad:

**13.12.2008 EP 08021693**

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**23.04.2013**

(73) Titular/es:

**BAYER MATERIALSCIENCE AG (100.0%)  
51368 Leverkusen, DE**

(72) Inventor/es:

**JENNINGER, WERNER;  
WAGNER, JOACHIM;  
GERHARD, REIMUND;  
ALTAFIM, RUY ALBERTO y  
WIRGES, WERNER**

(74) Agente/Representante:

**CARPINTERO LÓPEZ, Mario**

**ES 2 401 609 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

Material compuesto multicapa ferroelectreto y procedimiento para la producción de un material compuesto multicapa ferroelectreto con canales en forma de tubo paralelos

5 La presente invención se refiere a un material compuesto multicapa ferroelectreto y a un procedimiento para la producción de un material compuesto multicapa ferroelectreto con canales en forma de tubo, de forma particular canales que discurren paralelamente unos respecto a otros.

10 Debido a sus propiedades ventajosas y regulables como, por ejemplo, bajo peso, conductividad térmica, conformabilidad mecánica, propiedades eléctricas así como propiedades barrera, se usan polímeros y materiales compuestos de polímeros en múltiples aplicaciones comerciales. Estos se usan, por ejemplo, como material de envasado para alimentos o mercancías tales como materiales de construcción o de aislamiento, por ejemplo, en construcción o en automóviles. Los polímeros de función han adquirido importancia creciente también como componentes activos en aplicaciones de sensores o actuadores. Un concepto de aplicación importante se refiere a este respecto al uso de polímeros como transductores electromecánicos o piezoelectricos. Los materiales piezoelectricos tienen la capacidad de transformar una presión mecánica lineal en una señal de tensión eléctrica.

15 15 Pueden invertir un campo eléctrico dispuesto en el material piezoelectrico en un cambio de la geometría del convertidor. Los polímeros piezoelectricos se integran ya en múltiples aplicaciones como componentes activos. A estos pertenecen, por ejemplo, sensores de presión estructurados para teclados o pantallas táctiles, sensores de aceleración, micrófonos, altavoces, transductores de ultrasonidos para aplicaciones en la técnica de medicina, la técnica marítima o para el ensayo de materiales. En el documento WO 2006/053528 A1 se describe, por ejemplo, un convertidor electroacústico basado en un elemento piezoelectrico de láminas de polímero.

20

25 En los últimos años adquirieron interés creciente en investigación una nueva clase de polímeros piezoelectricos, los denominados ferroelectretos. Los ferroelectretos se denominan también piezoelectretos. Los ferroelectretos se componen también de materiales poliméricos que pueden almacenar cargas eléctricas durante periodos de tiempo prolongados y presentan adicionalmente una estructura de espacio hueco. Los ferroelectretos conocidos hasta ahora presentan una estructura de espacio hueco celular y están configurados como láminas de polímero espumadas o como sistemas multicapa de láminas de polímero o tejidos de polímero. Son cargas eléctricas que corresponden a su polaridad distribuida en las distintas superficies de los espacios huecos, representando cada espacio hueco cargado un dipolo eléctrico. Si los espacios huecos se deforman, estos condicionan un cambio del tamaño del dipolo y conduce a un flujo de corriente entre electrodos externos. Los ferroelectretos pueden mostrar una actividad piezoelectrica que es comparable a los otros piezoelectricos.

30

35 En el documento US 4.654.546 se describe un procedimiento para la producción de láminas de espuma de polipropileno como precursores de una lámina de ferroelectreto. A este respecto se adicionan a las láminas de polímero partículas de carga. Como carga se usa, por ejemplo, dióxido de titanio. Las láminas de polipropileno se estiran biaxialmente tras la extrusión, de modo que configuran en la lámina espacios huecos redondos, de pequeño tamaño, en torno a las partículas de carga. Este procedimiento se aplica entre tanto también a otros polímeros. De este modo se describió, por ejemplo, en M. Wegener, M. Paajanen, O. Voronina, R. Schulze, W. Wirges, y R. Gerhard-Multhaupt "Voided cyclo-olefin polymer films: Ferroelectrets with high thermal stability", Proceedings, 12º International Symposium on Electrets (IEEE Service Center, Piscataway, Nueva Jersey, EEUU 2005), 47-50 (2005) y Eetta Saarimäki, Mika Paajanen, Ann-Mari Savijärvi, y Hannu Minkkinen, Michael Wegener, Olena Voronina, Robert Schulze, Werner Wirges y Reimund Gerhard-Multhaupt "Novel Heat Durable Electromechanical Film: Processing for Electromechanical and Electret Applications", IEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation 13, 963-972 (Octubre de 2006), la producción de láminas de ferroelectreto de copolímeros de ciclo-olefina (COC) y polímeros de ciclo-olefina (COP). Las láminas de polímero espumadas presentan la desventaja de que pueden dar lugar a una amplia distribución del tamaño de burbujas. De este modo se pueden cargar bien en la etapa de carga subsiguiente no todas las burbujas homogéneamente. Adicionalmente debe seguir en una producción de láminas de polímero espumadas en un procedimiento de rodillo-a-rodillo en continuo por lo general una etapa de procedimiento adicional para la optimización del tamaño de burbuja, que de nuevo no es accesible en un procedimiento rodillo-a-rodillo.

40

45

Otro procedimiento para la producción de láminas de polímero ferroelectreto es la espumación física directa de una lámina homogénea con líquidos supercríticos, por ejemplo, con dióxido de carbono. En Advanced Functional Materials 17, 324-329 (2007), Werner Wirges, Michael Wegener, Olena Voronina, Larissa Zirkel, y Reimund Gerhard-Multhaupt "Optimized preparation of elastically soft, highly piezoelectric, cellular ferroelectrets from nonvoided poly(ethylene terephthalate) films", y en Applied Physics Letters 90, 192908 (2007), P. Fang, M. Wegener, W. Wirges, and R. Gerhard L. Zirkel "Cellular polyethylene-naphthalate ferroelectrets: Foaming in supercritical carbon dioxide, structural and electrical preparation, and resulting piezoelectricity", se ha descrito este procedimiento con materiales de poliéster así como en Applied Physics A: Materials Science & Processing 90, 615-618 (2008), O. Voronina, M. Wegener, W. Wirges, R. Gerhard, L. Zirkel, y H. Münstedt "Physical foaming of fluorinated ethylene-propylene (FEP) copolymers in supercritical carbon dioxide: Single film fluoropolymer piezoelectrets" para un fluoropolímero FEP (copolímero de etileno-propileno fluorado). El procedimiento de espumación con dióxido de carbono supercrítico

tampoco se lleva a cabo hasta ahora en un procedimiento rodillo-a-rodillo, lo que significa una desventaja esencial del procedimiento para la aplicación industrial.

En los sistemas multicapas de ferroelectreto se conocen entre otros disposiciones de capas duras y blandas y cargas incorporadas entre ellas. En "Double-layer electret transducer", Journal of Electrostatics, Vol. 39, páginas 33-40,

- 5 1997, R. Kacprzyk, A. Dobrucki, y J. B. Gajewski, se describen capas múltiples de materiales sólidos con diversos módulos de elasticidad elevados. Estos tienen la desventaja de que estos sistemas de capas muestran un efecto piezoelectrónico relativamente bajo.

Los desarrollos más novedosos en el campo de los ferroelectretos prevén capas de polímero estructuradas. En varias publicaciones de los últimos años se describen sistemas multicapa de capas exteriores cerradas y una capa media porosa o perforada. A estas pertenecen el artículo de Z. Hu y H. von Seggern, "Air-breakdown charging

- 10 mechanism of fibrous polytetrafluoroethylene films", Journal of Applied Physics, vol. 98, documento 014108, 2005 y "Breakdown-induced polarization buildup in porous fluoropolymer Sandwiches: A thermally stable piezoelectret", Journal of Applied Physics, vol. 99, documento 024102, 2006, así como la publicación de H.C. Basso, R.A.P. Altafilm,

- 15 R.A.C. Altafilm, A. Mellinger, Peng Fang, W. Wirges, y R. Gerhard "Three-layer ferroelectrets from perforated Teflon - PTFE films fused between two homogeneous Teflon -FEP films" EEEE, 2007 Annual Report Conference on Electrical Insulation and Dielectric Phenomena, 1-4244-1482-2/07, 453-456 (2007) y el artículo de Jinfeng Huang, Xiaoqing Zhang, Zhongfu Xia, y Xuewen Wang "Piezoelectrets from laminated Sandwiches of porous polytetrafluoroethylene

- 15 films and nonporous fluoroethylenepropylene films" Journal of Applied Physics, vol. 103, documento 084111, 2008. Los sistemas de capa con una capa media porosa o perforada presentan frente a los sistemas descritos previamente

- 20 mayores piezoconstantes. A este respecto se pueden laminar las capas medias muchas veces pero no de forma fiable con las capas exteriores sólidas. Adicionalmente la perforación de la capa media lleva por lo general mucho tiempo.

En las publicaciones de X. Zhang, J. Hillenbrand y G. M. Sessler, "Thermally stable fluorocarbon ferroelectrets with high piezoelectric coefficient". Applied Physics A, vol. 84, páginas 139-142, 2006 y "Ferroelectrets with improved thermal stability made from fused fluorocarbon layers", Journal of Applied Physics, vol. 101, documento 054114,

- 25 2007, así como en Xiaoqing Zhang, Jinfeng Huang and Zhongfu Xia "Piezoelectric activity and thermal stability of cellular fluorocarbon films" PHYSICA SCRIPTA vol. TI 29 páginas 274-277, 2007 se describe la estructuración de las capas de polímero mediante presión de una rejilla metálica en una pila de capas de polímero a partir de al menos tres capas de FEP y PTFE dispuestas secuencialmente una sobre otra alternativamente. Mediante el prensado conjunto

- 30 de las capas con la rejilla a una temperatura que se encuentra por encima del punto de fusión del FEP y por debajo del de PTFE se unen entre sí las capas de polímero en correspondencia con la estructura de rejilla, formando entre las barras de la rejilla espacios huecos en forma de copa o en forma de burbuja con superficie base rectangular. Este procedimiento conduce sin embargo a ferroelectretos con distinta calidad ya que la formación de espacios huecos uniformes se puede controlar solo difícilmente sobre todo con número creciente de capas.

- 35 Otro procedimiento para la producción de espacios huecos en forma de burbujas con uso de una rejilla se ha descrito mediante R. A. C. Altafim, H. C. Basso, R. A. P. Altafim, L. Lima, C. V. De Aquino, L. Gonçalves Neto y R. Gerhard-Multhaupt, en "Piezoelectrets from thermo-formed bubble structures of fluoropolymer-electret films", EEEE Transactions on Dielectrics and Electrical Insulation, vol. 13, nº 5, páginas 979-985, 2006. En este documento se disponen dos láminas de teflón-FEP dispuestas una sobre otra entre una rejilla metálica y una pieza de metal en forma de cilindro superior.

- 40 Esta estructura se prensa con la rejilla metálica sobre una pieza de metal en forma de cilindro inferior, que presenta aberturas para la aplicación de un vacío. Las láminas de FEP se calientan por la pieza de metal superior y se retira la lámina inferior mediante un vacío aplicado en la pieza de metal inferior en las aberturas de la rejilla y se forman espacios huecos correspondientes. El procedimiento descrito con uso de una rejilla para la formación de espacios huecos en los materiales compuestos multicapas de polímero son costosos y difíciles de trasladar a gran escala.

Adicionalmente los ferroelectretos son de interés creciente para aplicaciones comerciales, por ejemplo, para sistemas de sensor y actuador. Para la economía es esencial a este respecto una disponibilidad de un procedimiento de producción a escala industrial.

- 50 La invención se basa por tanto en el objetivo de proporcionar un material compuesto multicapa ferroelectreto alternativo así como un procedimiento alternativo para la producción de un material compuesto multicapa ferroelectreto con el que se pueda producir una estructura de espacios huecos de ferroelectreto definida y se pueda llevar a cabo de forma sencilla y económica también a gran escala y a escala industrial.

- 55 Este objetivo se consigue de acuerdo con la invención mediante un material compuesto multicapa ferroelectreto según la reivindicación 1 y un procedimiento para la producción de un material compuesto multicapa ferroelectreto con canales en forma de tubo paralelos según la reivindicación 7.

De acuerdo con la invención se proporciona un material compuesto multicapa ferroelectreto que comprende al menos dos láminas de polímero dispuestas una sobre otra y unidas entre sí, estando configurados entre las láminas de polímero espacios huecos y estando configurados los espacios huecos como canales en forma de tubo. Con especial preferencia los canales en forma de tubos discurren paralelos entre sí.

- 5 Los materiales compuestos multicapa de acuerdo con la invención presentan en otras palabras láminas de polímeros estratificadas en forma de pilas y respectivamente entre dos láminas de polímero estiradas longitudinalmente, con especial preferencia canales que discurren en líneas paralelas como espacios huecos. Las láminas de polímero están unidas entre sí entre los canales y forman respectivamente en las partes no unidas las paredes de los canales en forma de tubo. A este respecto son posibles en el campo de las tolerancias de fabricación entre otros en la 10 orientación en paralelo también desviaciones de hasta el 10%. Los canales paralelos que están formados de acuerdo con la invención entre dos capas de láminas de polímero, se designan de acuerdo con la invención también como una capa de canales.

15 Los canales pueden estar abiertos en configuraciones preferidas de la invención por sus lados frontales o estar cerrados por uno o ambos lados. Los canales pueden ejecutarse también abiertos y cerrados unos junto a otros, por ejemplo, a distancias periódicas o también no regulares.

Los canales cerrados presentan la ventaja de que estos están cerrados herméticamente del entorno. Estos se pueden usar por tanto con canales sellados, es decir cerrados, también en aplicaciones en un entorno agresivo, por ejemplo en atmósferas con alta humedad o en agua.

20 En una forma de realización preferida adicional de la invención puede incluirse en los canales cerrados un gas. El gas puede ser a este respecto, por ejemplo, nitrógeno puro ( $N_2$ ), óxido de nitrógeno ( $N_2O$ ) o hexafluoruro de azufre ( $SF_6$ ). Mediante el llenado de gas se pueden conseguir de forma ventajosa en el material compuesto multicapa ferroelectreto de acuerdo con la invención de nuevo piezoconstantes claramente mayores.

25 Fundamentalmente se pueden producir las láminas de polímero a este respecto a partir de cualquier plástico que permite una unión entre láminas de polímero y una conformación de canales entre las láminas. Las láminas de polímero pueden componerse de acuerdo con la invención en una configuración preferida de materiales de polímero iguales o distintos seleccionados del grupo de policarbonatos, polímeros y copolímeros perflorados o parcialmente fluorados, poliésteres, polímeros cicloolefínicos, copolímeros cicloolefínicos, poliimidadas, poli(metacrilato de metilo) y 30 polipropileno o mezclas de polímeros. Con estos materiales se pueden conseguir fácilmente piezoactividades muy buenas. La amplia elección del material de acuerdo con la invención puede hacer posible de forma ventajosa también una regulación a determinadas aplicaciones.

35 Las láminas de polímero pueden presentar preferiblemente un espesor de  $\geq 10 \mu m$  a  $\leq 200 \mu m$ . El espesor de las distintas láminas de polímero en un material compuesto multicapa ferroelectreto de acuerdo con la invención se puede seleccionar a este respecto igual o distinto. Se puede seleccionar un espesor especialmente adecuado de las láminas de polímero a este respecto de forma ventajosa respectivamente en función del material de polímero y a la vista de la aplicación pretendida. Se atiende básicamente a que los canales en forma de tubo como espacios huecos no colapsen. De este modo se pueden usar materiales más finos más rígidos que los materiales de polímeros comparativamente más elásticos.

40 Las láminas de polímero pueden configurarse como hojas de láminas o de forma particular en lo que respecta a una producción a gran escala ventajosamente también como hojas continuas de láminas, que están dispuestas unas sobre otras y que pueden unirse entre sí configurando los canales en forma de tubos. Las hojas de láminas a este respecto, por ejemplo, pueden presentar una forma de polígono rectangular, regular o irregular, o una superficie base redonda, por ejemplo, en forma de círculo, elíptica u oval, presentando las láminas dispuestas unas sobre otras normalmente al menos en la zona dispuesta sobre otras, la misma superficie base. Fundamentalmente se puede ajustar la superficie base también a una aplicación especial.

45 En una configuración preferida del material compuesto multicapa ferroelectreto de acuerdo con la invención pueden estar dispuestas tres o más láminas de polímeros unas sobre otras y estar unidas entre sí, pudiendo estar dispuestos los canales que discurren preferiblemente en paralelo unos respecto a otros, entre las láminas de polímero en situación dispuestas unas sobre otras en paralelo o perpendiculares unas respecto a otras. En otras palabras, puede resultar en una vista en planta imaginaria de un material compuesto multicapa de este tipo también una disposición 50 en forma de rejilla de los canales paralelos dispuestos en capas consecutivas. De acuerdo con la invención pueden estar dispuestos los canales en una disposición de rejilla no solo en ángulo recto unos respecto a otros, sino que son posibles también otras disposiciones de ángulo y están comprendidas de acuerdo con la invención. Si los canales están orientados unos respecto a otros en paralelo en las capas consecutivas, estos pueden estar dispuestos directamente unos sobre otros o desplazados unos respecto a otros. En la orientación en paralelo de los canales en 55 las capas consecutivas se da una disposición desplazada respecto a la preferida, ya que de este modo se puede

minimizar el efecto piezoelectrónico de forma uniforme y la estructuración de superficie del material compuesto multicapa ferroelectreto. De forma ventajosa se puede aumentar con estas variantes de acuerdo con la invención, en las que se pueden prever tres o más láminas de polímeros y correspondientemente varias capas de canales en forma de tubo en el material compuesto multicapa ferroelectreto, frente a las de solo dos láminas de polímero de configuración más blanda y mediante los espacios huecos adicionalmente presentes, la sensibilidad del material compuesto y con ello la constante piezoelectrónica d33.

En una forma de realización preferida de acuerdo con la invención del material compuesto multicapa ferroelectreto de acuerdo con la invención los canales pueden presentar una altura de  $\geq 10 \mu\text{m}$  a  $\leq 500 \mu\text{m}$ . Con la altura se entiende de forma particular la máxima altura de los canales en forma de tubo en sección transversal. La altura puede mantenerse uniforme, por ejemplo, como en una configuración esencialmente en ángulo recto de los canales por la anchura de los canales o aumentar desde los lados hasta la mitad. Con especial preferencia los canales pueden presentar una altura de  $\geq 25 \mu\text{m}$  a  $\leq 250 \mu\text{m}$  y con muy especial preferencia de  $\geq 50 \mu\text{m}$  a  $\leq 150 \mu\text{m}$ .

Los canales en forma de tubo se pueden dimensionar de forma igual o distinta. Es posible, por ejemplo, de acuerdo con la invención, proporcionar canales anchos y estrechos alternativamente. Una disposición de este tipo de los canales se puede usar, por ejemplo, de forma ventajosa en una aplicación en la que se dobla el material compuesto, por ejemplo, que se deba conducir o disponer y usar en forma de cilindro. Es también posible prever en un material compuesto multicapa ferroelectreto preparado de acuerdo con la invención respectivamente zonas parciales con canales estrechos y/o anchos. De este modo se puede ajustar la sensibilidad en correspondencia al campo de uso. Una aplicación ventajosa en la que esto se puede usar de forma ventajosa es la regulación especializada de la sensibilidad a la presión sobre una pantalla táctil.

En distintas formas de realización los canales pueden presentar una sección esencialmente rectangular o esencialmente redonda. Con una sección transversal esencialmente redonda se entienden formas circulares, elípticas u ovales. Pero también son posibles formas de lenteja o de almendra. Las formas de sección transversal conocidas se pueden producir fácilmente de forma ventajosa. Fundamentalmente son posibles de acuerdo con la invención también otras formas de sección transversal regulares y no regulares de los canales.

En una configuración preferida el material compuesto multicapa ferroelectreto de acuerdo con la invención puede presentar sobre las superficies que se dirigen al exterior de las láminas de polímero al menos parcialmente un recubrimiento conductor. Estas zonas conductoras se pueden usar como electrodos. El recubrimiento conductor, es decir los electrodos, puede a este respecto estar aplicado de forma plana y/o también estructurada. Un recubrimiento conductor estructurado puede estar configurado, por ejemplo, como una aplicación en tiras o en forma de rejilla. De este modo se puede influir adicionalmente en la sensibilidad del material compuesto multicapa ferroelectreto y ajustarse a determinadas aplicaciones. Esta variante se puede usar, por ejemplo, de forma ventajosa cuando ya no se pueda lograr mediante la ampliación de la cantidad de capas de láminas de polímero con canales en forma de tubos aumento alguno del efecto piezoelectrónico.

De acuerdo con la invención está también comprendido que dos o más materiales compuestos multicapa ferroelectretos puedan estar unidos con una capa conductora polarizada uniforme, es decir también electrodo. En otras palabras pueden estar formados entre dos materiales compuestos multicapas ferroelectretos de acuerdo con la invención un electrodo intermedio, que se puede conectar contra los dos electrodos sobre las superficies exteriores. De este modo se pueden conectar los materiales compuestos multicapa ferroelectretos en serie y doblar o multiplicar el efecto piezoelectrónico.

La invención se refiere adicionalmente a un procedimiento para la producción de un material compuesto multicapa ferroelectreto con canales en forma de tubo paralelos. En el procedimiento de acuerdo con la invención está previsto ejecutar las siguientes etapas:

- 45 a) proporcionar una pila de capas que contenga una primera lámina de polímero, una segunda lámina de polímero y una capa de máscara dispuesta entre ellas, presentando la máscara dentro de la pila de capas uno o varios nervios particularmente paralelos, distanciados unos de otros por entalladuras, no estando unidos los nervios por al menos un lado frontal o estando unidos de forma que se puedan separar unos de otros y sobresaliendo la máscara sobresale en uno o ambos lados frontales de la pila de capas,
- 50 b) laminación de la pila de capas producida en la etapa a) y unión de las láminas de polímero dando un material compuesto de láminas de polímero,
- c) separación dado el caso de los nervios de la máscara en un frontal,

d) separación de la máscara del material compuesto de lámina de polímero mediante retirada de la máscara del material de lámina de polímero,

e) carga eléctrica de las superficies interiores de los canales en forma de tubos liberados en la etapa d) con cargas eléctricas opuestas.

- 5 Con el procedimiento de acuerdo con la invención se pueden producir de forma sencilla sistemas multicapas ferroelectretos con canales en forma de tubos paralelos definidos. Con el uso de la máscara se pueden controlar la estructura y forma de los canales muy fácilmente y exactamente. Por tanto es posible de acuerdo con la invención generar canales uniformes. Se pueden evitar de esta forma distintas frecuencias de resonancia, como las que aparecen con láminas de ferroelectreto espumadas con burbujas uniformes. Con la forma de proceder de acuerdo con la invención es posible además regular la frecuencia de resonancia y piezoactividad, y de forma particular la constante piezoelectrica d33, a la aplicación respectiva. De forma ventajosa se pueden conseguir con los sistemas de material compuesto multicapa preparado de acuerdo con la invención coeficientes piezoelectricos elevados y uniformes también para mayores superficies. Esto abre estos productos de material compuesto multicapa ferroelectreto a múltiples usos. Una ventaja adicional es que el procedimiento propuesto de acuerdo con la invención es en gran medida independiente del material. Las láminas de polímero pueden estar preparadas fundamentalmente de cualquier material polimérico que se pueda trabajar. Son ejemplos de estos policarbonato, polímeros perfluorados o parcialmente fluorados como PTFE, fluoroetilenpropileno (FEP), perfluoroalcoxietileno (PFA), polipropileno, poliésteres, como poli(tereftalato de etileno) (PET) o poli(naftalato de etileno) (PEN), polímeros cicloolefínicos, copolímeros cicloolefínicos, poliimidas, poli(metacrilato de metilo) (PMMA) o mezclas de polímero.
- 10
- 15
- 20 La máscara está fabricada y seleccionada convenientemente de un material que en las respectivas condiciones de operación elegidas no se une con el o los materiales de lámina de polímero.

- En la forma de realización más sencilla del procedimiento la máscara puede ser una hoja de polímero, por ejemplo de politetrafluoroetileno (PTFE), en la que estén entalladas o estamapadas rectangulares que se extienden longitudinalmente en paralelo, de modo que los nervios se configuran como tiras de láminas paralelas que están unidas una con otra a ambos lados frontales de la lámina de máscara-polímero. Esto tiene la ventaja de que los nervios están fijados a ambos lados frontales y no se corren o deforman con una manipulación manual y realización del procedimiento. La máscara puede incorporarse luego entre dos hojas de láminas de polímero dispuestas una sobre otra, por ejemplo, de flúor-etileno-propileno (FEP), sobresaliendo los lados frontales de la máscara de la pila de capas formada. La pila de capas se puede laminar a continuación a una temperatura elevada adecuada. A este respecto se unen las láminas de polímero de FEP en las entalladuras de la máscara y forman la forma de los nervios. En un lado frontal se pueden separar los nervios unos de otros, de modo que la máscara adquiere una forma de tipo peine y se puede separar fácilmente del material compuesto de lámina de polímero mediante retirada en el otro lado frontal de la máscara, en el que los nervios están aún unidos. Se obtiene un material compuesto de lámina de polímero de dos láminas de polímero con canales en forma de tubo paralelos, que se estiran desde uno hasta la parte opuesta del material compuesto de lámina de polímero.
- 25
- 30
- 35

- De acuerdo con la invención la retirada de la máscara en la etapa d) se realiza bien mediante una retirada y movimiento de la máscara propiamente o mediante retirada en el material compuesto de polímero. También se pueden liberar en la etapa d) los canales mediante movimiento simultáneo del material compuesto de polímero y mediante retirada de la máscara.
- 40 La anchura y altura de los canales se define de acuerdo con la invención con la anchura y altura de los nervios de la máscara. Esto es válido también para la geometría de sección de los canales, que se determina con la configuración de la sección transversal de los nervios. La anchura de las entalladuras en la máscara corresponde en el material compuesto de lámina de polímero a la distancia de los canales.

- 45 En variantes preferidas del procedimiento de acuerdo con la invención puede realizarse antes y/o después de la carga eléctrica de las superficies de los canales en la etapa e) la aplicación de electrodos en las superficies exteriores del material compuesto de polímero. Con la aplicación de electrodos en las superficies exteriores se entiende proporcionar un recubrimiento de superficie conductor en al menos una zona parcial sobre la superficie dirigida al exterior del material compuesto de polímero. Los materiales de electrodos seleccionados pueden tratarse de materiales conductores conocidos por el especialista en la técnica. De acuerdo con la invención se tienen en cuenta a tal fin, por ejemplo, metales, aleaciones de metales, oligo- o polímeros conductores como, por ejemplo, politiofeno, polianilinas, polipirroles, óxidos conductores como, por ejemplo, óxidos mixtos como ITO, o con polímeros cargados con cargas conductoras. Como cargas para polímeros cargados con cargas conductoras se tienen en cuenta, por ejemplo, metales, materiales basados en carbono conductores como, por ejemplo, negro de carbón, nanotubos de carbono (Carbonanotubes (CNT)), o también oligo- o polímeros conductores. El contenido en cargas de los polímeros se encuentra a este respecto por encima de la barrera de percolación, de modo que las cargas conductoras conforman senderos eléctricamente conductores.
- 50
- 55

Los electrodos pueden generarse mediante procedimientos conocidos, por ejemplo, mediante una metalización de superficies, mediante borbandeo iónico, vaporización, deposición de vapor químico (CVD), prensado, rasquetado, recubrimiento por giro, pegado o aplicación a presión de una capa conductora en forma predeterminada o mediante un electrodo de pulverización de un plástico conductor. Los electrodos pueden estar configurados a este respecto de forma estructurada, por ejemplo, en tiras o en forma de rejilla.

Los materiales compuestos multicapa ferroelectretos de acuerdo con la invención contienen preferiblemente dos electrodos. Los transductores electromagnéticos de acuerdo con la invención con más de dos electrodos pueden tratarse, por ejemplo, de estructuras en pila de varios materiales compuestos multicapa ferroelectretos. Para la carga eléctrica y polarización de las superficies internas de los canales se puede recurrir de forma ventajosa a procedimientos conocidos y consolidados. De este modo puede realizarse tras la aplicación de electrodos sobre las superficies exteriores del material compuesto multicapa ferroelectreto una carga directa mediante disposición de una tensión eléctrica. Antes de la aplicación de los electrodos puede realizarse una polarización de las caras opuestas de los espacios huecos, por ejemplo de los canales, por ejemplo mediante un tratamiento de corona. Un tratamiento de corona se puede usar también de forma ventajosa a gran escala. De acuerdo con la invención es también posible proporcionar en primer lugar sobre una superficie un recubrimiento de superficie conductor, cargar el compuesto de polímero y a continuación aplicar un segundo electrodo a la superficie exterior opuesta.

Una forma de realización ventajosa de la invención consiste en que en la etapa a) la pila de capas contiene una o varias láminas de polímero adicionales y una o varias capas de máscara, estando formadas las capas de superficie exterior de la pila de capas siempre de láminas de polímero. De forma ventajosa puede realizarse también de acuerdo con la invención con un número grande de láminas de polímero y capas de máscara la configuración uniforme de canales.

Una forma de realización preferida adicional a este respecto prevé asignar las capas de lámina de polímero y capas de máscara en secuencia alternada en la pila de capas. De forma ventajosa se puede preparar un material compuesto multicapa ferroelectreto que puede mostrar con mayor número de capas con más capas de canales en forma de tubo paralelos, un efecto piezoelectrónico (d33) mayor.

Los canales en las distintas capas consecutivas pueden estar dispuestos a este respecto en paralelo o perpendiculares. En un desarrollo adicional ventajoso del procedimiento pueden por consiguiente los nervios de la máscara estar dirigidos a capas consecutivas en paralelo o perpendiculares unos respecto a otros. De acuerdo con la invención los canales en una disposición de rejilla pueden estar dispuestos no solo en ángulo recto unos respecto a otros, sino que están comprendidas también otras disposiciones en ángulo entre ellos. De acuerdo con la invención está también comprendido por consiguiente que los nervios no estén dispuestos en ángulo recto unos respecto a otros, sino que también sean posibles otras regulaciones de ángulo unas respecto a otras. En la vista en planta las capas de máscara sucesivas en estas variantes dan lugar a una forma de diente o de rejilla. Si los nervios de la máscara están dispuestos en capas consecutivas o las capas de máscara están dispuestas en paralelo unas respecto a otras, estas pueden además estar desplazadas unas respecto a otras o estar dispuestas directamente unas respecto a otras. Para aplicaciones especiales puede ser ventajosa la disposición en rejilla. En disposición simultáneamente desplazada de los canales paralelos puede ser ventajoso una capa adicional en disposición en cruz para la uniformidad de la superficie.

Según una configuración preferida adicional del procedimiento de acuerdo con la invención se puede llevar a cabo en la etapa b) la laminación térmicamente o mediante ultrasonidos. De este modo se puede ampliar de forma ventajosa la elección del material para la lámina de polímero.

En una configuración preferida adicional se pueden unir las láminas de polímero además de por laminación mediante un pegado entre sí. Este pegado se puede producir, por ejemplo, mediante adhesivo de acrilato. De este modo se puede potenciar y mejorar la unión mecánica de las láminas de polímero.

En una forma de realización preferida los nervios de la máscara no están unidos a un lado frontal y las etapas a), b) y d) se pueden realizar en un procedimiento de rodillo-a-rodillo en continuo. Este es especialmente ventajoso para la aplicación del procedimiento a gran escala y a escala industrial. La automatización de al menos una parte del procedimiento de producción simplifica el procedimiento aún más y hace posible la producción económica de un material compuesto multicapa ferroelectreto con canales en forma de tubo paralelos. Básicamente es posible de forma ventajosa de acuerdo con la invención llevar a cabo todas las etapas del procedimiento, a) a e) en continuo y/o automatizadas, por ejemplo, como procedimiento rodillo-a-rodillo.

La invención se refiere adicionalmente a un elemento piezoelectrónico que contiene un material compuesto multicapa ferroelectreto de acuerdo con la invención. Este puede ser con especial preferencia un elemento sensor o actuador. De forma ventajosa la invención puede desarrollarse en una pluralidad de aplicaciones de lo más diverso. Ejemplos

típicos de estos son sensores de presión, transductores electroacústicos, micrófonos, altavoces y suelos "inteligentes".

Adicionalmente se propone con la invención un dispositivo para la producción de un material compuesto multicapa ferroelectreto de acuerdo con la invención que comprende medios para la configuración de canales en forma de tubo, de forma particular que discurran en paralelo unos respecto a otros.

A este respecto es preferible que los medios para la configuración de canales en forma de tubo en paralelo comprendan una máscara, presentando la máscara dos o más nervios separados unos de otros mediante entalladuras, de forma particular paralelos, no estando unidos los nervios en al menos un lado frontal o estando unidos de forma separable unos de otros.

10 La máscara está fabricada según la invención de forma conveniente de un material que no se une en las condiciones de operación seleccionadas elegidas con el material de lámina de polímero. La máscara puede estar fabricada de acuerdo con la invención preferiblemente de un material de polímero, un material metálico y/o un material compuesto. Un material compuesto comprende de acuerdo con la invención también que el material de polímero o el material metálico de la máscara pueda estar provisto con un recubrimiento antiadherente que facilite la separación de la máscara del material compuesto de lámina de polímero. Si la máscara está fabricada al menos parcialmente de un material metálico y magnético, los nervios pueden mantenerse en una configuración ventajosa adicional con una disposición adecuada de imanes o componentes magnéticos en el dispositivo de acuerdo con la invención en posición y en forma. De este modo puede prolongarse la duración del dispositivo y mejorar la calidad de los materiales compuestos de polímero ferroelectretos y asegurarlos y conservarlos durante un periodo de tiempo prolongado.

La invención se refiere además a un dispositivo para la realización de un procedimiento que comprende al menos los siguientes componentes:

- a. una unidad de laminación,
- b. una máscara con dos o varios nervios paralelos separados entre sí por entalladuras, en la que los nervios están dispuestos al menos parcialmente dentro de la unidad de laminación,
- c. respectivamente uno o varios dispositivos de alimentación para la alimentación en continuo de al menos una lámina de polímero por encima y al menos una lámina de polímero por debajo de la máscara, para la formación de una pila de capas, y adicionalmente
- d. los nervios de la máscara sobre el frontal que da a los dispositivos de alimentación están unidos entre sí y están separados unos de otros en el lado frontal opuesto.

De forma ventajosa se puede llevar a cabo con el dispositivo el procedimiento al menos parcialmente como procedimiento en continuo también a gran escala, preferiblemente como procedimiento rodillo-a-rodillo. Esto es especialmente ventajoso para la aplicación del procedimiento a escala industrial. La automatización de al menos una parte del procedimiento de producción facilita el procedimiento aún más y posibilita la producción económica de un material compuesto multicapa ferroelectreto con canales en forma de tubo paralelos.

En un desarrollo adicional ventajoso la unidad de laminación puede presentar uno o varios rodillos de laminación estructurados. La estructuración puede estar configurada de forma ventajosa de modo que se ejerza una presión mayor sobre las zonas de unión de las láminas de polímero y se pueda mejorar de este modo la unión de las láminas de polímero. De forma alternativa o adicional la estructuración de los rodillos de laminación puede estar configurada, por ejemplo, de modo que se engranan pre-arqueos sobre la superficie de los rodillos en las entalladuras entre los nervios y comprendan los nervios, mantengan la posición y de forma ventajosa prolonguen la duración del dispositivo.

En total se puede mejorar aún más la calidad del material compuesto multicapa ferroelectreto generado mediante la estructuración de los rodillos de laminación.

45 Si al menos los nervios de la máscara se conforman de material metálico y magnético, se puede prever además de acuerdo con la invención que la unidad de laminación presente elementos magnéticos por encima y por debajo de los nervios. De forma ventajosa se pueden mantener mediante estos medidas los nervios en la posición deseada. Esto conduce a la estabilidad dimensional y consistencia de la máscara. De este modo se puede aumentar la calidad de los productos de material compuesto multicapa ferroelectreto generado y se obtiene y asegura durante un periodo de tiempo prolongado.

La invención se aclara a continuación a modo de ejemplo en relación a las figuras sin que se limite estas formas de realización. En estas se muestra:

Figura 1 una vista esquemática de un material compuesto multicapa ferroelectreto de acuerdo con la invención de dos láminas de polímero en sección transversal,

- 5 Figura 2 una vista en planta de una pila de capas de acuerdo con la invención de dos láminas de polímero con una capa de máscara,

Figura 3a una figura de un material compuesto multicapa ferroelectreto producido de acuerdo con la invención de dos láminas de policarbonato en la vista en planta;

- 10 Figura 3b una figura de un material compuesto multicapa ferroelectreto producido de acuerdo con la invención de dos láminas de policarbonato en sección transversal,

Figura 4 como figura de un corte de un material compuesto multcapas ferroelectreto producido de acuerdo con la invención de tres láminas de policarbonato en sección transversal y

Figura 5 una representación esquemática de un dispositivo para la realización del procedimiento de acuerdo con la invención.

- 15 La figura 1 muestra una vista esquemática de un material compuesto multicapa ferroelectreto 1 de acuerdo con la invención de dos láminas de polímero 2a, 2b en sección transversal. Entre las láminas de polímero 2a, 2b están configurados canales 3 en forma de tubo dispuestos en posición paralela unos respecto a otros. Los canales 3 presentan una sección transversal rectangular. Esta forma de sección se produce de forma ventajosa especialmente sencilla. Las láminas de polímero 2a, 2b están unidas entre los canales y se representan por claridad separados.

- 20 La figura 2 muestra una vista en planta de una pila de capas 4 de acuerdo con la invención 4 de dos láminas de polímero 2a, 2b con una capa de máscara 5 e ilustran además una posibilidad sencilla de producir el material compuesto multicapa ferroelectreto 1 mostrado en la figura 1. La capa de máscara 5 puede ser una hoja de lámina de polímero, por ejemplo, de politetrafluoroetileno (PTFE), en la que están cortadas o troqueladas entalladuras 6 rectangulares que se extienden longitudinalmente en paralelo, de modo que se configuran los nervios 7 como tiras de lámina paralelas, que están unidas entre sí con los dos lados frontales 5a, 5b de la lámina de máscara-polímero. Esto tiene la ventaja de que los nervios 7 en los dos lados frontales 5a, 5b de la máscara 5 están fijados y no se corren o deforman con una manipulación manual y realización del procedimiento. Los lados frontales 5a, 5b de la lámina de máscara 5 sobresalen de la pila de capas 4 formada. La pila de capas 4 se puede laminar a continuación a una temperatura elevada adecuada. A este respecto se unen las láminas de polímero 2a, 2b en las entalladuras 6 de la máscara 5 y forman la forma de los nervios 7. De un lado frontal 5a se pueden separar los nervios unos de otros, por ejemplo, mediante corte simple, a lo largo de la línea X a trazos. La máscara 5 adquiere con ello una forma de peine y se puede retirar y separar fácilmente en la dirección de la flecha A del material compuesto de lámina de polímero.

- 25 Se obtiene un material compuesto de lámina de polímero 1 de dos láminas de polímero 2a, 2b con canales en forma de tubo paralelos 3, que se extienden desde un lado del material compuesto de lámina de polímero hasta el lado opuesto del material compuesto de lámina de polímero.

30 La figura 3a muestra una figura de un material compuesto multicapa ferroelectreto 1 de acuerdo con la invención producido de forma análoga al procedimiento descrito en la figura 2 a partir de dos láminas de policarbonato con cinco canales 3 en forma de tubo configurados en paralelo, que se registró con un microscopio estereoscópico.

- 35 La figura 3b muestra una figura registrada con un microscopio estereoscópico de un material compuesto multicapa ferroelectreto 1 producido igualmente según la descripción de la figura 2 a partir de dos láminas de policarbonato con cuatro canales 3 en forma de tubo paralelos.

- 40 La figura 4 muestra como figura de microscopio óptico una sección de un material compuesto multicapa ferroelectreto 1 producido de acuerdo con la invención a partir de tres láminas de policarbonato en sección transversal. El corte muestra dos canales 3 dispuestos en paralelo uno respecto a otro en capas consecutivas. Los canales 3 mostrados en las capas consecutivas están dirigidos en paralelo y están dispuestos algo desplazados entre sí.

- 45 La figura 5 muestra una representación esquemática de un dispositivo 8 para la realización de las etapas a), b) y d) del procedimiento de acuerdo con la invención en un procedimiento rodillo-a-rodillo. Como dispositivos de alimentación se usan un primer y un segundo rodillos de alimentación 9a, 9b para la alimentación en continuo de al menos una lámina de polímero 2a por encima y al menos de una lámina de polímero 2b por debajo de la máscara 5 para la formación de una pila de capas 4. Los términos "encima" y "debajo" o bien "por encima" y "por debajo"

designan a este respecto solo la posición de uno respecto a otro y dado el caso son intercambiables. Los nervios de la máscara 5 sobre el lado frontal que da a los rodillos de alimentación 9a, 9b, están unidos entre ellos y separados unos de otros en los lados frontales opuestos. Básicamente se pueden plantear otras orientaciones de la máscara, por ejemplo, una disposición en ángulo recto respecto a la dirección de producción. Adicionalmente el dispositivo 8 mostrado contiene una unidad de laminación que se forma respectivamente por encima y por debajo de la máscara 5 en la dirección de producción de un primer rodillo de laminación 10, de un dispositivo de calentamiento 11 y segundo rodillo de laminación 12. En la unidad de laminación se prensan conjuntamente las láminas de polímero 2a, 2b en las entalladuras 6 de la máscara 5 y se unen entre sí con formación de los canales 3. El material compuesto de polímero 1 formado con canales en forma de tubo 3 puede retirarse y transportarse luego en continuo en la dirección de la flecha A. De este modo puede generarse un material compuesto multicapa con canales 3 largos, por decirlo así sin fin. El dimensionamiento y la distancia de los canales se pueden determinar mediante una configuración correspondiente de la máscara 5. Una ventaja inmensa es que el procedimiento previo es independiente del material en amplios márgenes y de este modo posibilita en gran medida una amplia posibilidad de aplicación. De forma ventajosa con el dispositivo de acuerdo con la invención del procedimiento se puede llevar a cabo al menos parcialmente como procedimiento en continuo también a escala industrial como procedimiento rodillo-a-rodillo, siendo posible básicamente de forma ventajosa etapas de procedimiento completas, lo que significa también la polarización de las superficies del canal interiores en continuo y/o automatizadamente. Esto es especialmente ventajoso para la aplicación del procedimiento a escala industrial. La automatización de al menos una parte del procedimiento de producción simplifica el procedimiento y posibilita la producción económica de un material compuesto multicapa ferroelectreto con canales en forma de tubo paralelos 3.

De forma resumida se proporciona de acuerdo con la invención un procedimiento para la producción de un material compuesto multicapa ferroelectreto con canales en forma de tubo, que puede llevarse a cabo de forma sencilla y económica a gran escala. Las estructuras de varias capas de ferroelectreto generadas con el procedimiento de acuerdo con la invención se pueden producir también con un mayor número de capas con estructura de espacios huecos definida exactamente. Mediante la regulación variable de la geometría de sección y del dimensionamiento y mediante la cantidad de canales en forma de tubo producidos de acuerdo con la invención, la secuencia de capas y número de capas de los canales en forma de tubo así como mediante la elección de material para las láminas de polímero usadas se pueden ajustar los ferroelectretos producidos de acuerdo con la invención especialmente bien a los campos de aplicación correspondientes.

30 Mediante los siguientes ejemplos expuestos se debe aclarar adicionalmente la invención sin limitar la misma.

### Ejemplos

#### Ejemplo 1

Producción de un material compuesto multicapa ferroelectreto de láminas de policarbonato.

35 Entre dos hojas de láminas de polímero de policarbonato se introdujo como máscara una hoja de lámina de polímero de PTFE. Las láminas de policarbonato presentan respectivamente un espesor de 50 µm. En la máscara se entallaron entalladuras rectangulares longitudinalmente prolongadas unas respecto a otras, de modo que los nervios se configuraron como tiras de láminas paralelas con 1,3 mm de anchura, que estaban unidas entre sí a ambos lados frontales de la máscara. La máscara sobresalía con sus lados frontales de la pila de capas formada. La lámina de la máscara presentaba un espesor de 200 µm. La pila de capas se laminó a continuación a una temperatura de 180º C. 40 A este respecto las láminas de policarbonato se unían en la zona de las entalladuras de la máscara y formaban la forma de los nervios. En un lado frontal se separaron entre sí los nervios mediante tronzado del lado frontal de la lámina de máscara. La máscara obtuvo de este modo una forma tipo peine y se pudo separar fácilmente del material compuesto de lámina de policarbonato tirando del otro lado frontal al que estaban unidos los nervios. Se obtuvo un material compuesto de lámina de polímero de dos láminas de policarbonato con canales en forma de tubo que discurren en paralelo. La anchura y altura de los canales se definía con la anchura y altura de los nervios. La altura de los canales era de 200 µm. Las láminas de policarbonato se dotaron a continuación en su superficie dirigida hacia el exterior con electrodos de aluminio de 50 nm de espesor y se polarizaron mediante tensión eléctrica aplicada directamente de 3 kV.

Se midió el coeficiente piezoeléctrico d33 después de 2 semanas.

50 d33 de muestra 1 de policarbonato: 350 pC/N

d33 de muestra 2 de policarbonato: 600 pC/N

#### Ejemplo 2

### Producción de un material compuesto multicapa ferroelectreto de láminas de FEP

La producción del material compuesto multicapa ferroelectreto se llevó a cabo de forma análoga al ejemplo 1 con láminas de FEP con un espesor de 50 µm y una máscara de PTFE con un espesor de 200 µm y anchuras de nervio de 1,3 mm. El compuesto de láminas de FEP mediante laminación se realizó a una temperatura de 300º C. El

5 coeficiente d33 piezoeléctrico se midió después de 2 semanas.

De forma análoga se prepararon otras muestras de material compuesto multicapa ferroelectreto de láminas de FEP de 50 µm de espesor y con capas de máscara de PTFE con espesores de 25 µm, 50 µm, 100 µm, 200 µm y 300 µm. Se fabricaron respectivamente para cada espesor de capa de máscara 10 muestras. Las piezas de lámina de polímero presentaban a este respecto un tamaño de 4 cm x 4 cm a 10 cm x 13 cm. Cada muestra se midió después de 2 semanas 5 veces según la forma de proceder del ejemplo 3. De todos los valores se determinaron luego un valor medio y una desviación estándar que se reproducen en la siguiente tabla 1.

Tabla 1

Altura de canal [µm]	Valor medio d33 [pC/N]	Desviación estándar d33 [pC/N (±)]
25	27,4	6,4
50	79,4	9,13
70	55,8	13,14
100	107,6	35,84
200	56,2	13,96
300	43,1	15,43

### Ejemplo 3

#### Diseño experimental para la medida mecánica de las piezoconstantes d33 y realización de las medidas

15 Para el dispositivo de medida son necesarios fundamentalmente los siguientes tres componentes principales: generador de fuerzas, equipo de medida de fuerza y equipo de medida de carga. Como generador de fuerzas se seleccionó un oscilador eléctrico tipo 4810 de Brüel & Kjaer. El oscilador posibilita la puesta en práctica de una fuerza definida en función de la tensión de entrada. Este oscilador se montó en una plataforma móvil, cuya posición se puede ajustar manualmente en dirección vertical. La regulación de altura del oscilador es necesaria para la tensión de las muestras. Además se puede regular con ello la presión inicial estática, que se requiere para la medida. Para el control del oscilador se usó un generador de función DS 345 de Stanford Research Systems conectado con un amplificador de potencia de tipo 2718 de Brüel & Kjaer. Como equipo de medida de fuerza se usó un sensor de fuerza de tipo 8435 de Burster. El sensor de fuerza se dimensionó tanto a las medias de presión como también a las de tracción en el intervalo de 0 a 200 N. El efecto de la fuerza puede sin embargo realizarse solo perpendicularmente, de modo que no actúan componentes de fuerza laterales o momentos de giro sobre el sensor. Para asegurar esto se proveé al sensor de fuerza con un carril guía de presión en forma de cilindro con un fondo deslizante sin adherencia en la proximidad de acero fino. En el extremo libre del bulón se encontraba un plato polarizado de dos centímetros de anchura, que sirvió como superficie soporte para las muestras. Las señales del sensor de fuerza se registraron en un amplificador de módulo tipo 9243 de Burster y se conducían a un osciloscopio GOULD 4094.

Como equipo de medida de carga se usó un amplificador de carga tipo 2635 de Brüel & Kjaer. El amplificador de carga posibilita registrar cargas de hasta 0,1 pC. Para la medida de la carga de superficie deben estar unidas eléctricamente las dos caras de la muestra con el amplificador de carga. El contacto eléctrico respecto a la cara inferior de la muestra es posible por la superficie soporte, que está unida por su parte con toda la estructura. La cara superior de la muestra se unió con el pistón de presión de latón con el amplificador de carga. El pistón se aisló eléctricamente mediante una pieza de plexiglás en el oscilador del resto de la estructura y se unió con un cable con el amplificador de carga. El cable debería ser lo más fino y blando posible para evitar tensiones mecánicas y con ello falseamientos de los resultados de medida. La señal medida se condujo finalmente desde el amplificador de carga al osciloscopio.

40 Según la norma se ajustó una presión inicial de 3 N (estática) y con una amplitud de 1 N (dinámica).

**REIVINDICACIONES**

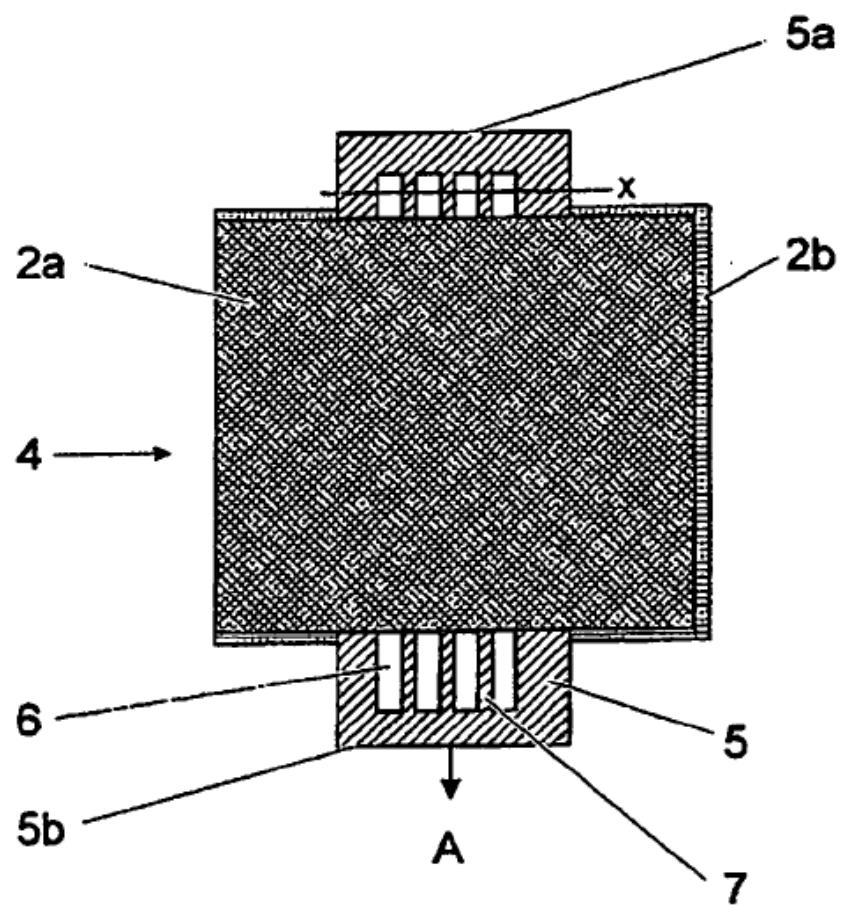
1. Material compuesto multicapa ferroelectreto que comprende al menos dos láminas de polímero dispuestas una sobre otra y unidas entre sí, estando configurados entre las láminas de polímero espacios huecos, caracterizado porque los espacios huecos son canales en forma de tubos.
- 5    2. Material compuesto multicapa ferroelectreto según la reivindicación 1, caracterizado porque los espacios huecos son canales en forma de tubos que discurren en paralelo unos respecto a otros.
- 10    3. Material compuesto multicapa ferroelectreto según la reivindicación 1, caracterizado porque las láminas de polímero se componen de materiales de polímero iguales o distintos, seleccionados del grupo de policarbonatos, polímeros y copolímeros de flúor, poliésteres, poliimidas, poli(metacrilato de metilo), polímeros cicloolefínicos, copolímeros ciclo-olefínicos y polipropileno.
- 15    4. Material compuesto multicapa ferroelectreto según la reivindicación 1, caracterizado porque están dispuestas tres o más láminas de polímero unas sobre otras y unidas entre sí y los canales en forma de tubos entre las láminas de polímero están dispuestos en capas superpuestas paralela o perpendicularmente entre sí.
5. Material compuesto multicapa ferroelectreto según la reivindicación 1, caracterizado porque los canales (3) están abiertos por sus lados frontales o están cerrados por uno o ambos lados.
- 15    6. Material compuesto multicapa ferroelectreto según la reivindicación 1, caracterizado porque sobre las superficies que dan al exterior de las láminas de polímero se aplica al menos parcialmente un recubrimiento conductor.
7. Procedimiento para la producción de un material compuesto multicapa ferroelectreto con canales en forma de tubo paralelos caracterizado por las siguientes etapas:
- 20    a) proporcionar una pila de capas que contenga una primera lámina de polímero, una segunda lámina de polímero y una capa de máscara dispuesta entre ellas, presentando la máscara dentro de la pila de capas uno o varios nervios paralelos, distanciados unos de otros por entalladuras, no estando unidos los nervios por al menos un lado frontal o estando unidos de forma que se puedan separar unos de otros y sobresaliendo la máscara en uno o ambos lados frontales de la pila de capas,
- 25    b) laminación de la pila de capas producida en la etapa a) y unión de las láminas de polímero dando un material compuesto de láminas de polímero,
- c) separación dado el caso de los nervios de la máscara en un lado frontal,
- d) separación de la máscara del material compuesto de lámina de polímero mediante retirada de la máscara del material de lámina de polímero,
- 30    e) carga eléctrica de las superficies interiores de los canales en forma de tubos liberados en la etapa d) con cargas eléctricas opuestas.
8. Procedimiento según la reivindicación 7, caracterizado porque antes y/o después de la carga eléctrica de las superficies interiores de los canales en la etapa e) se realiza la aplicación de electrodos en las superficies exteriores del material compuesto de polímero.
- 35    9. Procedimiento según la reivindicación 7, caracterizado porque en la etapa a) la pila de capas contiene una o varias láminas de polímero adicionales y una o varias capas de máscara, formándose las capas exteriores de la pila de capas de láminas de polímero.
10. Procedimiento según la reivindicación 9, caracterizado porque las láminas de polímero adicionales y capas de máscara están dispuestas en secuencia alternante en la pila de capas.
- 40    11. Procedimiento según la reivindicación 7, caracterizado porque los nervios de la máscara no están unidos a un lado frontal y las etapas a), b) y d) se llevan a cabo como procedimiento rodillo-a-rodillo en continuo.
12. Elemento piezoelectrónico que contiene un material compuesto multicapa ferroelectreto según una de las reivindicaciones 1 a 6.

13. Elemento piezoelectrónico según la reivindicación 12, caracterizado porque es un elemento sensor o actuador.
14. Dispositivo para la realización de un procedimiento según la reivindicación 7 u 11 caracterizado porque contiene al menos los siguientes componentes
  - a. una unidad de laminación,
  - 5 b. una máscara con dos o varios nervios paralelos separados entre sí por entalladuras, en la que los nervios están dispuestos al menos parcialmente dentro de la unidad de laminación,
  - c. respectivamente uno o varios dispositivos de alimentación para la alimentación en continuo de al menos una lámina de polímero por encima y al menos una lámina de polímero por debajo de la máscara, para la formación de una pila de capas, y adicionalmente
  - 10 d. los nervios de la máscara sobre el lado frontal que da a los dispositivos de alimentación están unidos entre sí y están separados unos de otros en el lado frontal.

**Fig.1**



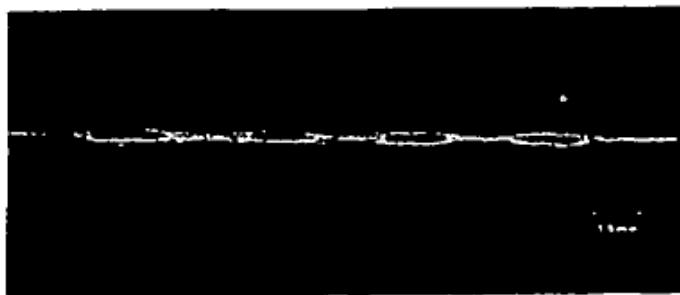
Fig. 2



**Fig. 3a**



**Fig. 3b**



**Fig. 4**

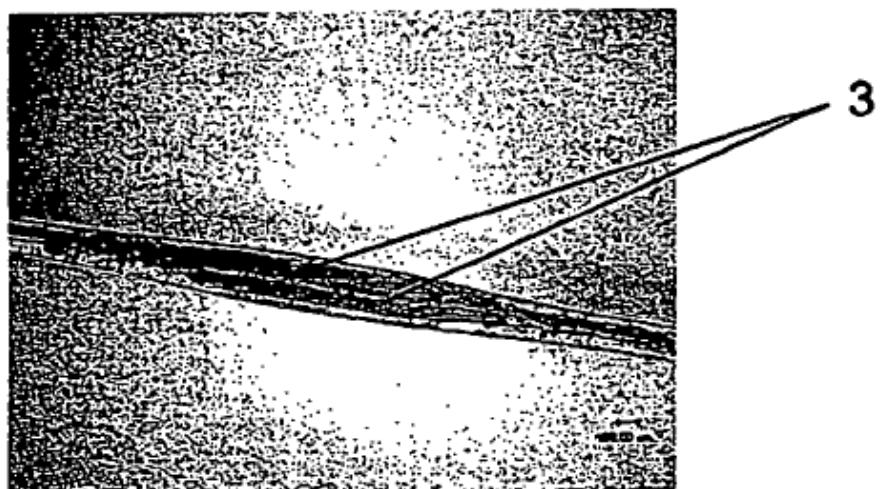


Fig. 5

