

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 719 462**

51 Int. Cl.:

**G02B 6/02** (2006.01)

**C03C 25/106** (2008.01)

**C08L 71/00** (2006.01)

**C09D 171/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **12.04.2010 PCT/DE2010/000411**

87 Fecha y número de publicación internacional: **14.10.2010 WO10115416**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **12.04.2010 E 10736595 (9)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **09.01.2019 EP 2417482**

54 Título: **Fibra óptica sólida**

30 Prioridad:

**10.04.2009 DE 102009016834**

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

**10.07.2019**

73 Titular/es:

**HOTTINGER BALDWIN MESSTECHNIK GMBH  
(100.0%)**

**Im Tiefen See 45  
64293 Darmstadt, DE**

72 Inventor/es:

**KREUZER, MANFRED;  
HAASE, KARL-HEINZ;  
KIPP, TOBIAS;  
MAUL, JOCHEN;  
RUPPIN, HAGEN;  
SCHULZ, RUDOLF y  
GÜNTHER, BERND**

74 Agente/Representante:

**LEHMANN NOVO, María Isabel**

ES 2 719 462 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**

## Fibra óptica sólida

5 La invención se refiere a una fibra óptica sólida, como se utiliza en la técnica de guías de ondas de luz para la transmisión de señales ópticas, pero también para la transmisión de luz para fines de iluminación o de tratamientos, por ejemplo en el campo médico de la cirugía mínimamente invasiva.

10 Las guías de ondas de luz tienen un medio de transmisión para luz de vidrio o de plástico, llamado a continuación fibra. Para la protección de las fibras, se proveen éstas con una funda, cuyo material y estructura están adaptados a los requerimientos de protección de las fibras. En el caso de una fibra óptica sólida, como se describe, por ejemplo, en la publicación de patente europea EP 1 456 704 B1, se aplica una funda directamente sobre un recubrimiento (el llamado Coating) de las fibras. A tal fin, se emplean procedimientos de extrusión. La estructura descrita en el documento EP 1 456 704 B1 de las fibras sólidas parte de que la funda se desliza sobre las fibras. A tal fin, se añaden a la funda componentes, que provocan estas propiedades deslizantes, como por ejemplo talco o capas intermedias de Teflon.

15 Sin embargo, existen casos, en los que no se desea un deslizamiento de las fibras en la funda. Así, por ejemplo, se representa en la publicación de patente alemana DE 10 2004 045 775 B4 que especialmente en el caso de oscilaciones de la temperatura, como aparecen en el compartimiento del motor de un vehículo, la funda se desplaza frente a la fibra, es decir, que se produce un movimiento relativo entre la fibra y la funda. La causa de ello son los diferentes coeficientes de dilatación del material de fibras frente al material de la funda. Este efecto se llama "Pistonning" (anillo de pistón) y tiene repercusiones negativas sobre la calidad de la transmisión de las señales, puesto que a través del desplazamiento de las fibras con respecto a la funda, los extremos de las fibras se pueden retirar unos de los otros en los lugares de acoplamiento. Por lo tanto, existe una serie de propuestas para evitar el anillo de pistón, que se han descrito en los documentos DE 19914743 A1, JP 04127107 A, DE 60104497 T2, WO 00/60382, KR 1020010113717 A, EP 1174746 A1 o DE 10044585 A1.

20 El anillo de pistón resulta también cuando se dobla la fibra sólida, puesto que el material de la funda se dilata sobre el lado exterior del radio de flexión y se aplasta sobre el lado interior, de manera que entre la superficie de fibras y el lado interior de la funda aparecen fuerzas, que pueden provocar un desplazamiento de las fibras con respecto a la funda. A través de los efectos de sacudidas se pueden formar tensiones mecánicas, que pueden influir negativamente sobre las propiedades ópticas de las fibras.

25 El documento GB 2 214 652 A publica una fibra óptica sólida con una fibra de vidrio con una funda, en la que la funda está constituida de poli-éter-éter-cetona y el diámetro exterior de la funda es aproximadamente 1 mm. El documento EP 0 157 466 A1 publica una fibra óptica sólida con una funda de poli-éter-éter-cetona, que presenta una mezcla de una sustancia de relleno inorgánica.

30 Por lo tanto, un cometido de la invención es preparar una fibra óptica sólida con un efecto de anillo de pistón reducido o con preferencia sin efecto de anillo de pistón, de manera que esta fibra sólida puede estar expuesta a oscilaciones de la temperatura y a fuertes deformaciones mecánicas, sin que se influya negativamente sobre la calidad de la transmisión de la fibra óptica. Otro cometido de la invención consiste en preparar un procedimiento para la fabricación de una fibra óptica sólida de este tipo.

35 Estos cometidos se solucionan con una fibra óptica sólida de acuerdo con la reivindicación 1 y con un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 10.

40 De acuerdo con la reivindicación 1, la fibra óptica sólida presenta una fibra de vidrio con una funda, en la que la funda presenta la siguiente composición: una mezcla de poli éter éter cetona y una sustancia de relleno inorgánica en una mezcla de al menos 10 y máximo 40 % en peso con un tamaño del grano de 0,08  $\mu\text{m}$  a 12  $\mu\text{m}$ . El diámetro exterior de la funda tiene de 0,2 mm a 1,2 mm. La relación D/d entre el diámetro exterior D de la funda y el diámetro d de las fibras de vidrio es de 2 a 6. Una presión de la funda sobre las fibras de vidrio es tal que no puede aparecer esencialmente ningún movimiento relativo entre la fibra de vidrio y la funda.

45 La fibra óptica sólida de acuerdo con la invención presente propiedades mecánicas muy buenas manteniendo las propiedades ópticas necesarias. La fibra óptica no tiene ningún efecto de anillo de pistón constatable, tampoco en el caso de diferencias de la temperatura distribuidas sobre la longitud de las fibras. Además, tampoco se puede registrar ningún efecto de anillo de pistón cuando la fibra sólida se dobla en diferentes direcciones.

50 Como efecto adicional positivo se puede mencionar una plasticidad alta, que es reversible. La fibra sólida se puede doblar de manera permanente, por ejemplo, alrededor de 90 grados. Incluso es posible fabricar un nudo manteniendo un radio mínimo. El nudo se puede soltar de nuevo y se pueden doblar precisamente de nuevo las fibras sólidas, sin perjudicar los parámetros ópticos. Esta plasticidad alta no se conoce en comparación con los hilos sólidos conocidos a partir del estado de la técnica y es importante especialmente cuando las fibras sólidas, por

ejemplo en el compartimiento del motor de un vehículo, deben tenderse en una pared fuertemente angulada, o cuando deben unirse una pluralidad de fibras sólidas en un mazo de cables. A través de trenzado o torsión se consigue una estabilidad propia del mazo de cables, sin que las fibras sólidas deban unirse juntas con cintas de fijación. La fibra sólida se puede emplear también en el sector médico cuando, por ejemplo, es necesario iluminar o tratar zonas muy pequeñas. En virtud de la plasticidad, se puede predoblar la fibra sólida en su sección extrema, de manera que se puede acceder mejor a la sección de tratamiento médico.

De acuerdo con la reivindicación 2, la presión de la funda sobre las fibras de vidrio es al menos  $120 \text{ N/mm}^2$ . Con una presión de este tipo, no puede aparecer esencialmente ningún movimiento relativo entre la fibra de vidrio y la funda. De esta manera, no se puede registrar ningún efecto de anillo de pistón ni en el caso de oscilaciones de la temperatura ni en el caso de deformaciones mecánicas.

De acuerdo con la reivindicación 3, las fibras de vidrio presentan un núcleo de vidrio con un recubrimiento de un polímero híbrido inorgánico-orgánico. El recubrimiento o bien el revestimiento de un polímero híbrido inorgánico-orgánico tiene una estabilidad química, que es suficiente para un proceso de extrusión de la funda sobre las fibras de vidrio durante la fabricación de las fibras ópticas sólidas. Éste no es el caso en los revestimientos de acrilato y poliimida utilizados en otro caso en la fabricación de las fibras ópticas sólidas.

De acuerdo con la reivindicación 4, la sustancia de relleno inorgánica es un silicato, según la reivindicación 5 la sustancia de relleno inorgánica es un silicato de capas y según la reivindicación 6, la sustancia inorgánica es talco, greda, carbonato de calcio, sulfato de bario, boro nitruro, dióxido de silicio o bentonita. Las sustancias de relleno mencionadas pueden posibilitar las propiedades indicadas anteriormente de las fibras ópticas sólidas según la invención, es decir, que no presentan ningún efecto de anillo de pistón verificable y presentan una plasticidad alta.

Según la reivindicación 7, la mezcla de la sustancia de relleno inorgánica tiene al menos 25 % en peso y máximo 40 % en peso. De esta manera, se puede conseguir otra mejora de las propiedades plásticas.

Según la reivindicación 8, la mezcla de la sustancia de relleno inorgánica 27 tiene 27 % en peso y máximo 33 % en peso. De esta manera, se puede conseguir una mejora todavía mayor de las propiedades plásticas.

Según la reivindicación 9, el tamaño del grano es al menos  $0,1 \mu\text{m}$  y máximo  $10 \mu\text{m}$ . El tamaño del grano posibilita una buena unión entre la funda y la fibra de vidrio.

Según la reivindicación 1, un procedimiento para la fabricación de una fibra óptica sólida presenta las siguientes etapas: preparación de una fibra de vidrio y extrusión de una funda sobre la fibra de vidrio. En este caso, la funda presenta la siguiente composición: una mezcla de poli éter éter cetona y una sustancia de relleno inorgánica en una mezcla de al menos 10 y máximo 40 % en peso con un tamaño de grano de  $0,08 \mu\text{m}$  hasta  $12 \mu\text{m}$ . El diámetro exterior de la funda es  $0,2 \mu\text{m}$  a  $1,2 \mu\text{m}$ . La relación D7D entre el diámetro exterior D de la funda y el diámetro d de la fibra de vidrio es de 2 a 6. Al término del procedimiento, una presión de la funda sobre la fibra d vidrio es tal que no puede aparecer esencialmente ningún movimiento relativo entre la fibra de vidrio y la funda.

Una fibra de vidrio óptica fabricada con el procedimiento según la invención tiene muy buenas propiedades mecánicas manteniendo las propiedades ópticas necesarias, ningún efecto de anillo de pistón constatable y una alta plasticidad como de ha explicado en detalle anteriormente.

Según la reivindicación 11, los parámetros de la extrusión se seleccionan de tal manera que al término del procedimiento la presión de la funda sobre la fibra de vidrio es al menos  $120 \text{ N/mm}^2$ . Con tal presión no se puede producir esencialmente ningún movimiento relativo entre la fibra de vidrio y la funda. De esta manera, no se constata ningún efecto de anillo de pistón ni en el caso de oscilaciones de la temperatura ni en el caso de deformaciones mecánicas.

Según la reivindicación 12, la etapa de la preparación de una fibra de vidrio presenta la etapa de la preparación del núcleo de vidrio y la etapa del recubrimiento del núcleo de vidrio con un recubrimiento de un polímero híbrido inorgánico-orgánico. El recubrimiento o bien el revestimiento de un polímero híbrido inorgánico-orgánico tiene una estabilidad química, que es suficiente para el proceso de la extrusión de la funda sobre la fibra óptica durante la fabricación de las fibras ópticas sólidas. Éste no es el caso en los revestimientos de acrilato y poliimida utilizados típicamente en otro caso.

Según la reivindicación 13, la sustancia de relleno inorgánica es un silicato, según la reivindicación 14, la sustancia de relleno inorgánica es un silicato de capas y según la reivindicación 15, la sustancia de relleno inorgánica es talco, greda, carbonato de calcio, sulfato de bario, nitruro de boro, dióxido de silicio o bentonita. Las sustancias de relleno mencionadas pueden posibilitar las propiedades indicadas anteriormente de las fibras ópticas sólidas según la invención, es decir, que no se produce ningún efecto de anillo de pistón verificable y una alta plasticidad.

A continuación se explica en detalle la invención con la ayuda de un ejemplo de realización en conexión con dibujos esquemáticos:

5 La figura 1a muestra una fibra óptica sólida según el ejemplo de realización en la sección longitudinal en representación ampliada.

La figura 1b muestra la fibra óptica sólida según el ejemplo de realización en la sección transversal en representación ampliada.

10 La figura 2 muestra una primera aplicación de la fibra óptica sólida según el ejemplo de realización.

La figura 3 muestra una segunda aplicación de la fibra óptica sólida según el ejemplo de realización.

15 Las figuras 4a, b muestran ejemplos para la plasticidad de la fibra óptica sólida según el ejemplo de realización.

La figura 5 muestra un diagrama de flujo, que ilustra etapas básicas del procedimiento para la fabricación de la fibra óptica sólida según el ejemplo de realización.

20 La figura 1a muestra una fibra óptica sólida 1 según el ejemplo de realización en la sección longitudinal en representación ampliada. Con el signo de referencia 2 se designa una fibra de vidrio y con el signo de referencia 3 se designa una envoltura o bien funda. La figura 1b muestra a tal fin la sección transversal.

25 La funda 3 puede presentar la siguiente composición: una mezcla de poli éter éter cetona y una sustancia de relleno inorgánica en una mezcla de por ejemplo al menos 10 y máximo 40 % en peso con un tamaño del grano de, por ejemplo, 0,08  $\mu\text{m}$  a 12  $\mu\text{m}$ . A continuación se designa el poli éter éter cetona como PEEK, mientras que la mezcla de PEEK y sustancia de relleno inorgánica se designa como PEEKF.

30 En la sustancia de relleno inorgánica se puede tratar de talco (hidrato de silicato de magnesio  $\text{Mg}_3\text{Si}_4\text{O}_{10}(\text{OH})_2$ ), greda, carbonato de calcio ( $\text{CaCO}_3$ ), sulfato de bario ( $\text{BaSO}_4$ ), nitruro de boro (BN), dióxido de silicio ( $\text{SiO}_2$ ), bentonita (ingrediente principal (60-80%) montmorillonita (silicato de capas de aluminio,  $\text{Al}_2[(\text{OPH})_2/\text{Si}_4\text{O}_{10}]_n \text{H}_2\text{O}$ )), cuarzo ( $\text{SiO}_2$ ), óxido de aluminio ( $\text{Al}_2\text{O}_3$ ), carburo de silicio ( $\text{SiC}$ ), bolitas huecas de vidrio, ácido silícico precipitado, sulfuro de cinc ( $\text{ZnS}$ ) u óxido de titanio ( $\text{TiO}_2$ ).

35 La fibra de vidrio 2 puede presentar un núcleo de vidrio 4 y un revestimiento o bien un recubrimiento 5. En el material del recubrimiento 5 se puede tratar, por ejemplo, de ORMOCER®, es decir, un polímero híbrido inorgánico-orgánico.

40 El diámetro exterior D de la funda 3 tiene, por ejemplo, de 0,2 mm a 1,2 mm. La relación D/d entre el diámetro exterior D de la funda 3 y el diámetro d de la fibra de vidrio 2 puede ser, por ejemplo, de 2 a 6. En el ejemplo de realización, el diámetro d de la fibra de vidrio es 0,185 mm y el diámetro exterior D de la funda es 0,6 mm.

La presión de la funda 3 sobre la fibra de vidrio 2 puede ser tal que no puede aparecer esencialmente ningún movimiento relativo entre la fibra de vidrio 2 y la funda 3 y, por lo tanto, tampoco ningún efecto de anillo de pistón. En este caso, la presión de la funda 3 sobre la fibra de vidrio está, por ejemplo, entre 120  $\text{N/mm}^2$  y 216  $\text{N/mm}^2$ .

45 La funda 3, en la que está distribuida la sustancia de relleno inorgánica, se aplica durante la fabricación de la fibra óptica sólida 1 en un procedimiento de extrusión sobre la fibra de vidrio 2. El proceso de extrusión se realiza a una temperatura alta, puesto que el punto de fusión de PEEKF está por encima de 370°C. En el caso de refrigeración lenta y a partir de un límite de la temperatura, a la que se inicia la solidificación del PEEKF, se produce por cada grado de refrigeración una presión debido a la diferencia de las dilataciones en los materiales de la fibra de vidrio 2 y de la funda 3. Por ejemplo, el vidrio puede presentar un coeficiente de dilatación de 0,5 ppm/K y PEEKF un coeficiente de dilatación de 25 ppm/K, resultando un Delta de 24,5 ppm/K. El límite de temperatura, en el que se inicia la solidificación el PEEKF, puede estar en aproximadamente 170°C. Entonces resulta, por ejemplo, a una refrigeración de aproximadamente 170°C a aproximadamente 20°C el siguiente cálculo: 150 K x 24,5 ppm/K.

50 De esta manera, las diferentes dilataciones de los materiales de las fibras de vidrio 2 y de la funda 3 conducen a un proceso de retracción, que da como resultado una unión retráctil entre la funda 3 y la fibra de vidrio 2. En este caso, la funda 3 se aferra regularmente en la fibra de vidrio 2. Esto se consigue por medio de parámetros específicos de la extrusión y la composición específica del material de la funda PEEKF.

60 La figura 2 muestra una primera aplicación de la fibra óptica sólida 1 según el ejemplo de realización. En esta aplicación, la fibra óptica sólida 1 se extiende sobre un sustrato angulado 6. En virtud de la plasticidad, la fibra óptica sólida 2 se puede preformar en esta forma, de manera que el tendido de la fibra óptica sólida 1 es más sencillo. Tampoco una diferencia de la temperatura de por ejemplo 30°C, como se representa en la figura 2, provoca ningún perjuicio de las propiedades ópticas y plásticas de la fibra óptica sólida 1.

La figura 3 muestra una segunda aplicación de la fibra óptica sólida 1 según el ejemplo de realización. En esta aplicación, se utiliza la fibra óptica sólida 1 para la iluminación en una aplicación médica. Una sección extrema 1a de la fibra sólida 1 se predobla, para que se puede insertar mejor, por ejemplo, en un vaso sanguíneo.

5 Las figuras 4a, b muestran ejemplos para la plasticidad de la fibra óptica sólida 1 según el ejemplo de realización. En estos ejemplos, la fibra óptica sólida 1 tiene un diámetro exterior D de 0,7 mm, y la fibra de vidrio 2 tiene un diámetro de 0,185 mm. Con este dimensionado se puede deformar permanentemente la fibra óptica sólida 1 como se muestra en la figura 4a, en un círculo con un diámetro mínimo de 20 mm y a continuación se puede extender de nuevo como se muestra en la figura 4b. Además, se puede deformar la fibra óptica sólida 1 con un radio mínimo de 2 mm  
10 alrededor de 90 grados y a continuación se puede enderezar de nuevo.

Está claro para el técnico que para estas propiedades plásticas específicas existe una serie de otras aplicaciones.

15 La figura 5 muestra un diagrama de flujo, que ilustra las etapas de un procedimiento para la fabricación de la fibra óptica sólida 1 según el ejemplo de realización. En una etapa S1 se prepara el núcleo de vidrio 4. En una etapa S2 se recubre el núcleo de vidrio 4 con el recubrimiento 5. Las etapas S1 y S2 forman juntas una etapa de la preparación de la fibra de vidrio 2. En una etapa S3 se extruye la funda 3 sobre la fibra de vidrio 2.

20 En el procedimiento para la fabricación de la fibra óptica sólida 1 según el ejemplo de realización, se pueden seleccionar los parámetros de la extrusión de tal forma que al término del procedimiento, una presión de la funda 3 sobre la fibra de vidrio 2 es tal que no puede aparecer esencialmente ningún movimiento relativo entre la fibra de vidrio 2 y la funda 3 y, por lo tanto, tampoco ningún efecto de anillo de pistón. En este caso, la presión de la funda 3 sobre la fibra de vidrio 2 está, por ejemplo, entre  $120 \text{ N/mm}^2$  y  $216 \text{ N/mm}^2$ .

25

**REIVINDICACIONES**

- 1.- Fibra óptica sólida (1) con una fibra de vidrio (2) con una funda (3), en la que:
- 5                   - el diámetro exterior de la funda (3) tiene de 0,2 mm a 1,2 mm,  
                    - la relación D/d entre el diámetro exterior D de la funda (3) y el diámetro d de la fibra de vidrio (2) es de 2 a 6,  
10                caracterizada por que
- la funda (3) presenta la siguiente composición: una mezcla de poli-éter-éter-cetona y una sustancia de rellano inorgánica en una mezcla de al menos 10 y máximo 40 % en peso con un tamaño del grano de 0,08 μm a 12 μm, y  
15                - una presión de la funda (3) sobre la fibra de vidrio (2) es tal que no puede aparecer esencialmente ningún movimiento relativo entre la fibra de vidrio (2) y la funda (3).
- 2.- Fibra óptica sólida (1) según la reivindicación 1, en la que la presión de la funda (3) sobre la fibra de vidrio (2) es al menos 120 N/mm<sup>2</sup>.
- 20                3.- Fibra óptica sólida (1) según la reivindicación 1, en la que la fibra de vidrio (2) presenta un núcleo de vidrio (4) con un recubrimiento (5) de un polímero híbrido inorgánico-orgánico.
- 4.- Fibra óptica sólida (1) según la reivindicación 1, en la que la sustancia de relleno inorgánica es un silicato.
- 25                5.- Fibra óptica sólida (1) según la reivindicación 1, en la que la sustancia de relleno inorgánica es un silicato de capas.
- 6.- Fibra óptica sólida (1) según la reivindicación 1, en la que la sustancia de relleno inorgánica es talco, greda, carbonato de calcio, sulfato de bario, nitruro de boro, dióxido de silicio y bentonita.
- 30                7.- Fibra óptica sólida (1) según la reivindicación 1, en la que la mezcla de la sustancia de relleno inorgánica es al menos 25 % en peso y máximo 40 % en peso.
- 8.- Fibra óptica sólida (1) según la reivindicación 1, en la que la mezcla de la sustancia de relleno inorgánica es al menos 27 % en peso y máximo 33 % en peso.
- 35                9.- Fibra óptica sólida (1) según la reivindicación 1, en la que el tamaño de grano es al menos 0,1 μm y máximo 10 μm.
- 40                10.- Procedimiento para la fabricación de una fibra óptica sólida (1), con las etapas:
- preparación (S1, S2) de una fibra de vidrio (2), y  
                    - extrusión (S3) de una funda (3) sobre la fibra de vidrio (2), en el que  
45                - el diámetro exterior de la funda (3) tiene de 0,2 mm a 1,2 mm,  
                    - la relación D/d entre el diámetro exterior D de la funda (3) y el diámetro d de la fibra de vidrio (2) es de 2 a 6,  
                    caracterizada por que
- 50                - la funda (3) presenta la siguiente composición: una mezcla de poli-éter-éter-cetona y una sustancia de rellano inorgánica en una mezcla de al menos 10 y máximo 40 % en peso con un tamaño del grano de 0,08 μm a 12 μm, y  
                    - después de la terminación del procedimiento, una presión de la funda (3) sobre la fibra de vidrio (2) es tal que no puede aparecer esencialmente ningún movimiento relativo entre la fibra de vidrio (2) y la funda (3).
- 55                11.- Procedimiento según la reivindicación 10, en el que se seleccionan parámetros de la extrusión de tal manera que al término del procedimiento la presión de la funda (3) sobre las fibras de vidrio (2) es al menos 120 N/mm<sup>2</sup>.
- 60                12.- Procedimiento según la reivindicación 10, en el que la etapa de la preparación de una fibra de vidrio (2) presenta la etapa (S1) de la preparación de un núcleo de vidrio (4) y la etapa (S2) del recubrimiento del núcleo de vidrio (4) con un recubrimiento (5) de un polímero híbrido inorgánico-orgánico.
- 13.- Procedimiento según la reivindicación 10, en el que la sustancia de relleno inorgánica es un silicato.

14.- Procedimiento según la reivindicación 10, en el que la sustancia de relleno inorgánica es un silicato de capas.

15.- Procedimiento según la reivindicación 10, en el que la sustancia de relleno inorgánica es talco, greda, carbonato de calcio, sulfato de bario, boro nitruro, dióxido de silicio o bentonita.

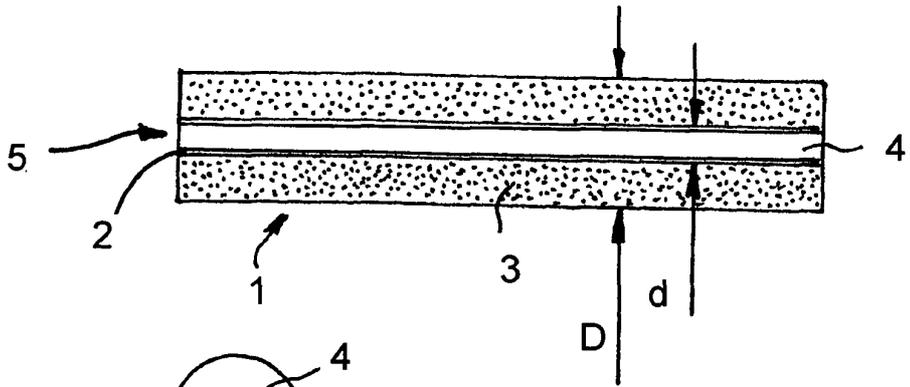


Fig. 1a

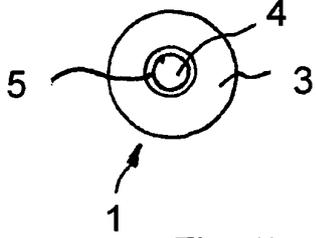


Fig. 1b

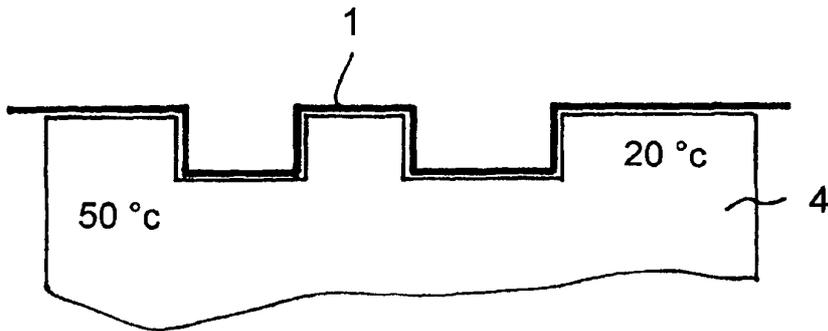


Fig. 2

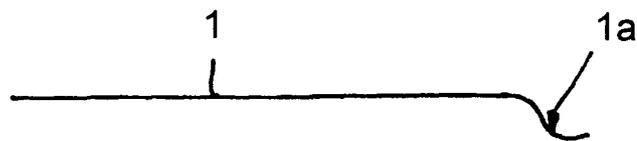


Fig. 3

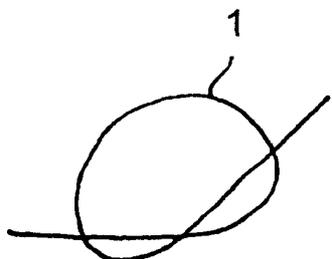


Fig. 4a

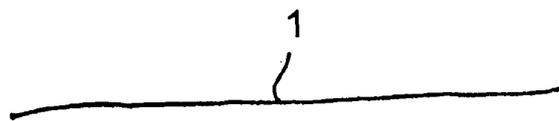


Fig. 4b

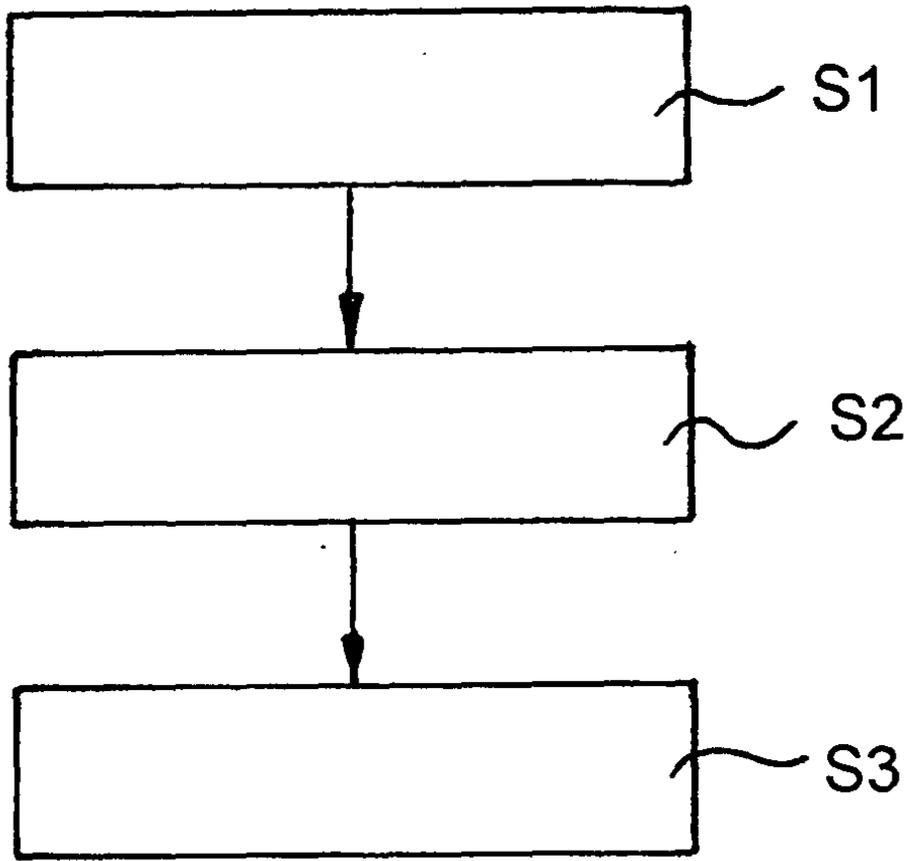


Fig. 5