



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 363 213**

51 Int. Cl.:
G01L 1/24 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **02767085 .0**

96 Fecha de presentación : **05.08.2002**

97 Número de publicación de la solicitud: **1468260**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **20.10.2004**

54 Título: **Sensor de carga de fibra óptica con estructura de soporte compleja.**

30 Prioridad: **08.08.2001 DE 101 38 023**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
27.07.2011

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
27.07.2011

73 Titular/es: **SENSOR LINE GmbH**
Carl-Poellath-Strasse 19
86529 Schrobenhausen, DE

72 Inventor/es: **Plamper, Jörg**

74 Agente: **Carvajal y Urquijo, Isabel**

ES 2 363 213 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

Sensor de carga de fibra óptica con estructura de soporte compleja

5 Los sensores de carga, que detectan una presión desde el exterior a través del llamado efecto de microflexión (Microbinding) de una guía de fibra óptica, presentan ventajas atractivas frente a los sensores con principios de funcionamiento distintos. Se conoce una serie grande de formas de realización. Todas ellas tienen en común que a través de la presión exterior la guía de fibra óptica es presionada contra una estructura perturbadora irregular dura, lo que provoca una pluralidad de deformaciones pequeñas, que conducen de nuevo a un incremento significativo de la amortiguación de las fibras. Por consiguiente, si se alimenta luz a uno de los extremos de las fibras, entonces una presión exterior conduce a una disminución de la potencia luminosa que llega a su otro extremo. Cuando el sensor está constituido discreto, es suficiente un fotodetector sencillo para la verificación de esta disminución de la potencia.

10 Pero aparte de la sensibilidad suficiente, existe también toda una serie de otros criterios, de los que depende si un sensor de este tipo está probado o no en la práctica. Así, por ejemplo, en muchos casos debe requerirse una estructura que proporcione una cierta capacidad de dilatación. Esto no sólo se aplica a situaciones, en las que es previsible una deformación fuerte del sensor. En su lugar, también tensiones internas, como aparecen, por ejemplo, siempre en el funcionamiento en virtud de la diferente dilatación térmica de los componentes individuales, pueden conducir a efectos no deseados incluso a la destrucción de las fibras de guía óptica sensibles. Una estructura dilatada es un medio eficaz para mantener reducidas tales tensiones. En concreto, esto significa, por ejemplo, que la guía de fibra óptica no se puede extender estirada en el sensor, para que se puedan compensar las modificaciones de la longitud de la estructura general.

15 Otro aspecto importante es la homogeneidad de la sensibilidad del sensor. En la mayor parte de las aplicaciones, se carga siempre solamente una parte relativamente pequeña del sensor. La señal de salida no debe depender demasiado de qué parte se trata precisamente. Esto conduce al requerimiento de que los lugares, en los que se deforma la guía de fibra óptica (lugares de deformación) deben tener distancias iguales, lo más pequeñas posible entre sí y deben configurarse, por su parte, lo más iguales posible entre sí.

20 Además, es extraordinariamente importante una propiedad, que se puede comparar con la impedancia de entrada de un aparato de medición eléctrico; los sensores de carga de cualquier tipo que sean no reaccionan finalmente a una fuerza, sino a una deformación. Si se aplica un peso libremente sobre un sensor de este tipo, entonces se caga con este peso, independientemente de la medida en que se deforma bajo el mismo. Si embargo, esta situación no se encuentra en la mayoría de las aplicaciones interesantes, sino que el peso está apoyado todavía elásticamente en otro lugar. Aquí durante la deformación del sensor se produce un "desplome" formal de la carga que actúa sobre el mismo. El recorrido, que es necesario, para provocar un efecto de microflexión en una guía de fibra óptica de este tipo, no es afortunadamente grande, pero no deben otros recorridos. Esto significa que el sensor debe estar constituido de tal forma que la guía de fibra óptica contacta siempre al menos en todos los lugares de deformación también en el estado no cargado, mejor todavía es presionada, en cambio, con una fuerza perfectamente definida.

25 Pero esta última no debe ser también de nuevo demasiado grande, puesto que con ello se incrementa la amortiguación óptica del sensor y, en concreto, de forma proporcional (medida en dB) al número de los lugares de deformación, que pueden ser, por consiguiente, tanto mayor cuando menor es la fuerza de presión de apriete. En la práctica, no se puede realizar un contacto totalmente sin fuerza, tanto menos al mismo tiempo en el caso de una pluralidad de lugares de deformación, de manera que siempre es necesaria una cierta fuerza de presión de apriete.

30 El mantenimiento de la misma lo más pequeña posible y, sin embargo, suficientemente grande para asegurar, en general, un contacto, representa una dificultad considerable.

35 En relación interior o bien en contradicción con los dos últimos requerimientos mencionados está la pretensión de poder configurar sensores de carga lo más dilatados posible. Se mejora la homogeneidad de la sensibilidad a través de una densidad alta de los lugares de deformación, puesto que entonces se promedian las diferencias. En cambio, se puede conseguir una dilatación mayor del sensor a través de la reducción de la densidad de los lugares de deformación, lo que es posible tanto más fácilmente cuanto menores sean las diferencias, que deben promediarse. De la misma manera se puede configurar el sensor mayor, elevando el número de los lugares de deformación con una densidad dada. Esto se consigue de nuevo tanto más fácilmente cuando menor sea el aumento de la amortiguación por lugar de deformación, por lo tanto, cuanto menos se pueda configurar la fuerza de presión de apriete en el estado no cargado.

40 Se reconoce que la posibilidad de implementación de todos los tres últimos requerimientos mencionados se basa en último término en la uniformidad máxima posible de los lugares de deformación en combinación con el mejor dominio posible de una fuerza de presión de apriete pequeña en el estado no cargado.

45 Para conseguir una sensibilidad lo más alta posible a la presión, que solamente hace posible muchas aplicaciones, a guía de fibra óptica no puede estar apoyada en el entorno inmediato de los lugares de deformación, aquí deben encontrarse espacios huecos "debajo" de la fibra, en los que se puede deformar incluso bajo actuación reducida de la fuerza. Por otra parte, existe el requerimiento de que el sensor no debe contener en otro caso espacios huecos,

5 puesto que éstos deberían cerrarse entonces a través de deformación, antes de que se transmita la carga a detectar sobre la fibra. Esto significa que debe ser posible conseguir, para la transmisión de la carga sobre la fibra, una unión positiva unilateral entre ella y cualquier estructura elástica, en la cual se puede introducir entonces la carga desde fuera. Se consigue una unión positiva más fácilmente a través de un proceso de fusión, en el que un medio en estado líquido se adapta a la forma deseada y luego se solidifica o endurece en esta forma. Para que ahora en el presente caso se mantenga esta unión positiva unilateralmente, como se requiere, debe ser posible impedir que el material líquido rellene de cualquier manera los espacios huecos necesarios y, en concreto, sin que en este caso se limite el cumplimiento de los requerimientos indicados anteriormente. Esto es posible tensando una estructura elástica del tipo de membrana “sobre” la guía de fibra óptica. Para ello no es adecuada tampoco cualquier estructura.

10 Otros aspectos se refieren a la posibilidad de fabricación del sensor de carga. Se requiere, por ejemplo, un conducto de alimentación de fibra óptica, puesto que si hubiera que montar el emisor óptico junto al receptor directamente en el sensor, es decir, en el lugar de medición, se aportarían de esta manera muchas ventajas a la realización de fibra óptica. Si un conducto de alimentación de este tipo debe empalmarse en la guía óptica del sensor, esto complica y encarece la fabricación. Esto se aplica, naturalmente, de manera especial, incluso en el caso de que el sensor propiamente dicho haga necesarios procesos de empalme. Es más favorable que para el sensor y el conducto de alimentación se pueda utilizar una y la misma guía de fibra óptica, y puesto que con frecuencia son necesarios conductos de alimentación más largos, es todavía esencialmente más favorable que se pueda realizar la fabricación bajo manipulación de la parte central de una guía óptica dilatada, sin que en este caso deben incorporarse al mismo tiempo sus extremos.

15 A partir de la necesidad de uniformidad de los lugares de deformación resulta otro aspecto que se refiere a la fabricación: Después de que la guía de fibra óptica –posiblemente definida. Ha sido combinada con la estructura de deformación, el módulo resultante debe poder manipularse a continuación, al menos en el sentido de que el proceso de fabricación se puede conducir racionalmente hasta el final, sin que se perjudique en este caso la disposición totalmente definida de fibra y estructura de deformación. Por consiguiente, una estructura de sensor dada puede considerarse tanto más ventajosa cuanto más fácilmente se puede fabricar una disposición totalmente definida de este tipo y cuanto más estable es en sí.

20 Además, es importante todavía la facilidad con que se puede fabricar un sensor de carga de fibra óptica en diferentes números de piezas. Para la optimización de sus propiedades, la mayoría de las veces es necesario poder verificar en primer lugar las piezas individuales; sería desfavorable si para ello se necesitasen ya instalaciones de fabricación amplias. Además, los usuarios están inclinados mayores números de piezas ya cuando ha dado buen resultado en la práctica un lote piloto. Pero, por otra parte, también debe ser posible una fabricación económica en números de piezas mayores, de lo contrario falla la introducción en el mercado por el precio final demasiado alto. Por lo tanto, la posibilidad de fabricación de un sensor tanto en números de piezas pequeños como también en números de piezas medios y grandes puede decidir si se puede introducir o no, y esto debe tenerse en cuenta en la configuración de su estructura.

25 El cumplimiento de estos requerimientos es el cometido de la presente invención. Su objeto es una estructura de principio para sensores de carga de fibra óptica, que se puede configurar y modificar de múltiples maneras, pudiendo adaptarse a diferentes ponderaciones de los requerimientos.

30 Una indicación para la solución de una parte del cometido planteado se puede deducir a partir de la publicación USP 5.193.129. Aquí se trenza una guía de fibra óptica sobre una estructura de deformación y estructura de soporte similar a una escalera y se incrusta el conjunto en un elastómero. En el supuesto de que los “peldaños” de la estructura similar a una escalera sean, lo mismo que las guías ópticas, claramente más duros que el elastómero que las rodea, entonces bajo carga de la estructura perpendicularmente al plano definido a través de la estructura similar a una escalera, los “peldaños” son presionados contra la guía de fibra óptica y provocan allí el efecto de microflexión conocido.

35 Este principio de solución tiene la ventaja de que la distancia de los peldaños de la escalera se puede dimensionar para que se provoque una flexión en forma ondulada de la guía de fibra óptica, que presiona con fuerza de presión totalmente definida de forma alterna desde arriba y desde abajo contra la estructura de deformación. Se obtiene una distribución regular de lugares de deformación muy uniformes, presentando la disposición de fibras de guía óptica y estructura de deformación al menos en la dirección longitudinal una estabilidad totalmente suficiente.

40 No obstante, la estructura del documento USP 5.193.129 presenta también algunos inconvenientes, que impiden el cumplimiento del cometido planteado aquí. En primer lugar no se puede hacer dilatado, menos debido a la forma de escalera de la estructura de soporte y de deformación (los “largueros” se podrían configurar fácilmente, por ejemplo, en forma de zigzag, lo que provocaría al mismo tiempo una flexibilidad lateral) que más bien debido al desarrollo estirado de la guía de fibra óptica. La flexión de forma ondulada cuenta aquí, porque el desarrollo es, sin embargo, el más corto posible en dirección longitudinal. Una dilatación de la estructura coloca en cualquier caso la guía de fibra óptica bajo tensión de tracción. También puede resultar mal de otra manera: puesto que en dirección lateral es

móvil casi libremente –el único impedimento consiste en la fricción provocada por dichas fuerzas de presión de apriete- un desarrollo por ejemplo en forma de serpentina no sería suficientemente estable. Debido a su flexibilidad, la fibra tendería siempre a restablecer la forma estirada, pero puesto que es demasiado larga para ello y no es móvil libremente en dirección longitudinal, se elevaría localmente desde los peldaños de la escalera. De esta manera se habría perdido la ventaja del contacto seguro con la estructura de deformación.

La movilidad casi libre de la guía de fibra óptica en dirección lateral puede perjudicar también la uniformidad de la sensibilidad del sensor. Si se monta el sensor, en efecto, por ejemplo en una ranura para detectar vehículos que circular tal vez por encima, entonces existe el caso en el que sistemáticamente se deforma más fuertemente en el centro que en el borde. Entonces es tanto más sensible cuando más se extiende la fibra fuera del centro. No obstante, un desarrollo descentrado de este tipo de la fibra se puede ajustar muy fácilmente durante la fabricación, cuando se le concede una movilidad lateral.

En efecto, el inconveniente más agravante de una estructura de soporte y de deformación en forma de escalera consiste en que para la aplicación de la fibra óptica uno de sus extremos es conducido a través de todos los espacios intermedios y la fibra debe ser conducida en cada caso a través de ellos. El problema es tanto más agravante cuanto más largo es el sensor propiamente dicho y sobre todo deben hacerse también los extremos libres de las fibras. Para aplicaciones en el tráfico por carretera, se emplean sensores en forma de cable con longitudes en torno a 3 metros; sus cables de alimentación tienen longitudes típicas de 30 metros. Las distancias favorables de los lugares de deformación están en el intervalo de 10 mm. Para fabricar un sensor para el tráfico por carretera de la manera mencionada, debería conducirse la fibra, por lo tanto, alrededor de 300 veces entre los peldaños; si se quiere fabricar este sensor utilizando una única fibra sin empalmes, entonces esta manifestación valdría para un cable de 30 metros de largo. Tal proceso de fabricación sería difícil de configurar de manera racional, pasando por alto totalmente la sollicitación mecánica de la fibra.

A partir del documento GB-A 2204679 se deduce un sensor de carga de fibra óptica, con una guía óptica, que está conectada en un extremo con una fuente de luz y en el otro extremo con un detector de luz, de manera que presenta dos elementos de microflección, entre los que está dispuesta una espiral de guía óptica.

En la publicación EP 00 103 730.8 se indica un sensor de carga de fibra óptica para la detección de vehículos ferroviarios, en el que la fibra óptica está trenzada en forma de meandro sobre una estructura de soporte y de deformación en forma de rejilla. Presenta, tomado en principio, las mismas ventajas e inconvenientes que el sensor del documento USP 5.193.129, aquí solamente existe un caso de aplicación en el que estos últimos inconvenientes no son tan agravantes. Los sensores de este tipo solamente requieren de 30 a 40 lugares de deformación, puesto que siempre se cargan completamente. Por el mismo motivo, aquí tampoco importa que la guía óptica se desplace un poco lateralmente. La estructura de soporte y de deformación en forma de rejilla tampoco es dilatante, en cambio se reducen al mínimo las cargas de tracción de la guía de fibra óptica debido a su desarrollo en forma de meandro. En efecto, este sensor cumple su cometido, en general, de forma satisfactoria, pero su estructura de principio apenas se puede utilizar para aplicaciones de otro tipo (por ejemplo, sensores de superficie grande para la detección de peatones), y su fabricación tampoco se puede considerar como especialmente racional.

El documento DE 195 34 260 describe un sensor de carga de fibra óptica en forma de cable, en el que la capacidad de dilatación se consigue a través de un desarrollo helicoidal de la guía de fibra óptica alrededor de una disposición central formada por la estructura de soporte y de deformación. El contacto entre la fibra la estructura de deformación se asegura aquí a través de una envoltura elástica, una medida que solamente es útil para sensores con simetría de rotación. Por lo tanto, un sensor de este tipo no se puede configurar plano. Además, es difícil prestar a un sensor de este tipo una sensibilidad uniforme. Puesto que los lugares de deformación están dispuestos en forma helicoidal alrededor del eje de simetría, resulta para una carga en una dirección determinada un desarrollo casi periódico de las propiedades del sensor. Además, la distribución de los lugares de deformación lo mismo que la fuerza de presión de apriete de la guía de fibra óptica no se pueden dominar en la misma medida que en un sensor según los documentos USP 5.193.129 o EP 00 103 730.8. En la fabricación resulta la dificultad de que la disposición de la estructura de deformación y de la guía de fibra óptica no es estable y son necesarias medidas adicionales para poder procesarla posteriormente en general.

En la presente invención se parte de un desarrollo de la fibra alternativo al mostrado en los documentos USP 5.193.129 y EP 00 103 730.8, que se representa en la figura 1. Contiene, en términos muy generales, una estructura de soporte y de deformación (1) con elementos en forma de barra dispuestos periódicamente, que doblan en forma ondulada una guía de fibra óptica (2) que se extiende perpendicularmente a ella.

La figura 1A muestra en este caso la sección transversal de un sensor, en el que esta estructura está rodeada completamente por un elastómero (3). En la figura 1A se muestra con línea de trazos la unión casi rígida entre los elementos en forma de barra de la estructura de soporte y de deformación, que es, naturalmente, en este caso condición previa para la retención de la disposición. En la figura 1B se representa una envoltura elástica (4), que rodea la estructura de soporte y de deformación y la guía de fibra óptica y de esta manera provoca espacios huecos (5), que incrementan en una medida significativa la sensibilidad a la presión del sensor. Pero a diferencia de las

estructuras indicadas en las publicaciones USP 5.193.129 y EP 00 103 730.8 para el cumplimiento del cometido de acuerdo con la invención no se emplea ninguna estructura de soporte y de deformación con mallas cerradas (en forma de escalera o en forma de rejilla), porque de esta manera en la fabricación sería forzosamente necesaria la manipulación que debe evitarse de los extremos de las fibras.

5 Partiendo en primer lugar del caso más sencillo de una forma de escalera se pueden abrir las mallas cerradas de la manera más sencilla a través de la retirada de uno de los "largueros de la escalera" (figura 2A), con lo que resulta una configuración en forma de peine. Se reconoce inmediatamente que con ello la estructura de soporte y de deformación no es dilatada todavía desde el principio, lo que sería deseable siempre que la fibra no se extendiese estirada. Se puede conseguir, como se representa en la figura 2B, interrumpiendo en mallas sucesivas de forma
10 alterna el larguero izquierdo y el larguero derecho.

Una forma rectangular de este tipo presenta todavía otra ventaja: cuando se aplica la guía de fibra óptica sobre una estructura de soporte y de deformación en forma de peine, debe guiarse siempre de nuevo sobre la punta del "diente" siguiente respectivo, para realizar el desarrollo alterno. En este proceso, existe el peligro de que se deslice hacia atrás sobre la punta del "diente" precedente, con lo que se destruiría el desarrollo alterno al menos localmente.
15 En cambio, sobre una estructura de soporte y de deformación de forma rectangular se aplica la fibra conduciéndola en forma helicoidal alrededor de la estructura de soporte y de deformación. En el caso de introducción en un espacio intermedio, no se puede desviar fuera de la precedente, porque éste está cerrado en la dirección respectiva. La fibra solamente se puede deslizar, en general, fuera de los dos espacios intermedios en los extremos de la estructura de soporte y de deformación; en todos los demás esto es imposible debido al cierre de los espacios intermedios
20 adyacentes, respectivamente. Una estructura rectangular de acuerdo con la figura 2B es, por lo tanto, claramente superior tanto con respecto a la facilidad de fabricación como también con respecto a la estabilidad de la disposición formada por la fibra y la estructura de deformación de una estructura de peine según la figura 2A. Además, es concebible sin otras medidas.

El desarrollo paralelo de los elementos en forma de barra, que existe tanto en la estructura de soporte y de deformación en forma de peine como también en una estructura de soporte y de deformación de forma rectangular, conduce a un desarrollo estirado de la fibra, siendo este último de nuevo responsable de la falta de capacidad de dilatación de la disposición general. De la misma manera es un inconveniente que la guía de fibra óptica se puede desplazar lateralmente ya a través de fuerzas pequeñas, sin que actúe, en principio, ninguna fuerza de recuperación. Pero la posición de las fibras influye en determinados casos en la sensibilidad del sensor y en el caso
30 de modificaciones locales en la uniformidad de la misma. Se pueden crear ayudas inclinando los elementos de forma alterna en un ángulo determinado. Las mallas de la estructura de soporte y de deformación pasan de esta manera desde una forma rectangular, en principio, a una forma triangular.

Para abrir tales mallas de forma triangular, se tiene la opción entre dos posibilidades, que se representan en las figuras 2C y 2D; en este caso se puede omitir, por decirlo así, un lado de los triángulos como también una esquina,
35 Las dos estructuras se derivan de la estructura rectangular de la figura 2B, puesto que ésta es ventajosa, como se ha dicho, con respecto a una estructura de peine. También una estructura de peine se puede modificar a través de inclinación alterna de "dientes" a distancias alternas, y esto puede parecer conveniente incluso en determinados casos. El principio no ofrece las mismas posibilidades de continuación que cuando se parte de una estructura rectangular, pero a pesar de todo debe hacerse referencia a ello y finalmente también deben explicarse.

40 A través de la inclinación alterna de los elementos en forma de barra de la estructura de deformación se consigue que la guía de fibra óptica se encuentre, en la posición media, en un mínimo energético. Si se desvía hacia el lado, entonces es presionada también al menos en una "esquina". Su inclinación hacia el plano de la estructura de soporte y de deformación debe ser entonces mayor en este lugar, lo que provoca tanto tensiones de flexión elevadas como también una tracción sobre las zonas adyacentes de las fibras, a la que puede ceder de nuevo solamente a través
45 de flexión más fuerte en lugares más alejados. Por decirlo así, tiene tendencia a extenderse entre lugares de deformación con las mismas distancias y tales solamente existen en el centro de la estructura de soporte y de deformación. Esto da como resultado una fuerza, que contrarresta las desviaciones laterales de las fibras.

Como regla para la estabilización lateral de la guía de fibra óptica se puede derivar de ello la manifestación de que los elementos en forma de barra o bien los lugares sobre los que debería extenderse la fibra, no deberían tener
50 distancias iguales, más allá del desarrollo deseado. Una configuración de la estructura de soporte y de deformación con elementos en forma de barra paralelos sucesivos, como se indica tanto en el documento USP 5.193.129 como también en el documento EP 00 103 730.8, se prohíbe por esta regla.

En virtud de la fuerza de recuperación mencionada, que no está presente en un desarrollo paralelo de los elementos en forma de barra, se puede forzar la fibra ahora a un desarrollo ligeramente en forma de serpentina (se representa
55 ampliado en las figuras 2C y 2D). Su tendencia a alinearse implica, en efecto, una tendencia a una desviación lateral mayor, y lo contrarresta precisamente aquí una fuerza. El periodo de este desarrollo en forma de serpentina puede aparecer en este caso, en general, mayor que el de la estructura de soporte y de deformación; el hecho de que la

guía de fibra óptica se encuentre en el desarrollo central medio en un mínimo energético, no es perjudicial.

Las dos estructuras triangulares en las figuras 2C y 2D no son ventajosas en la misma medida. La estructura según la figura 2C presenta una estabilidad significativamente más reducida que la mostrada en la figura 2D. Esto es comprensible puesto que para resbalar fuera de la última malla respectiva, la guía de fibra óptica en una estructura según la figura 2C casi sólo tiene que destensarse, mientras que en una estructura según la figura 2D, en primer lugar tiene que doblarse claramente más. Por lo tanto, para todas las configuraciones siguientes, se selecciona el principio de la estructura según la figura 2D.

Una estructura de soporte y de deformación de acuerdo con el principio de la figura 2D se puede doblar sin medios auxiliares especiales de una manera muy sencilla, por ejemplo, a partir de alambre para muelles, con lo que se soluciona una parte importante del cometido mencionado anteriormente. La figura 3A muestra la conversión directa de principio representado en la figura 2D, resultando una estructura lineal extendida alargada, para la que existen numerosas aplicaciones. Puesto que presenta lateralmente cantos casi continuos y es relativamente estrecha, se puede rodear con una envoltura elástica, de manera totalmente similar a un sensor de acuerdo con el documento DE 195 34 260 sin que esta envoltura sea cargada en una medida excesiva por esquinas sobresalientes o, por su parte, deforme la estructura, y sin que haya que temer que no entre en contacto con la guía de fibra óptica por ejemplo en los lugares de deformación (ver la figura 1B). Si se incrusta esta disposición entonces en una masa elástica (3), permanecen lateralmente a los lugares de deformación unos espacios huecos (5) debajo de la guía óptica, lo que eleva, como se representa, la sensibilidad a la presión en una medida muy esencial. Pero de manera alternativa, la incrustación también se puede suprimir, puesto que la envoltura elástica se puede configurar de tal forma que protege la estructura ya en una medida suficiente.

La estructura según la figura 3A posee, además, la ventaja de que la guía de fibra óptica se puede aplicar muy fácilmente sobre la estructura de soporte y de deformación. Si se gira esta última, en efecto, alrededor de su eje longitudinal y se conduce lateralmente la guía de fibra óptica con un avance exactamente de un periodo de la estructura de soporte y de deformación por cada revolución de la misma, entonces adopta, en general, por sí misma la posición media deseada. En este caso, no existe ninguna necesidad de fijar la fibra de alguna manera. No obstante, hay que observar que durante este proceso de gira en sí.

La figura 3B muestra una estructura, que conduce a un desarrollo con claridad más fuertemente arrollado de la guía de fibra óptica, por lo que de esta manera es más adecuado para requerimientos mayores de capacidad de dilatación del sensor. No obstante, apenas es adecuado para rodearlo con una envoltura elástica, y tampoco la guía de fibra óptica se puede aplicar tan fácilmente como en una estructura de acuerdo con la figura 3A. No obstante, también una estructura de este tipo se puede configurar muy estrecha y, por lo tanto, es adecuada para sensores de forma lineal.

A través de una estructura según la figura 3B, la guía de fibra óptica se puede extender, en principio, todavía en forma estirada. Esto no es posible ya en una estructura según la figura 3C. Una estructura de este tipo requiere una dilatación lateral todavía un poco mayor, pero se puede ponderar siempre todavía para sensores de forma lineal. Puesto que sus cantos no son tan irregulares como los de la estructura según la figura 3B, se puede aplicar incluso una envoltura elástica. Puesto que la densidad de los lugares de deformación es aquí también todavía muy alta, se pueden fabricar de esta manera sensores lineales con sensibilidad muy grande a la presión, que son al mismo tiempo enormemente dilatables. Pero al mismo tiempo, esta estructura es adecuada también ya para sensores de carga planos.

Con una estructura según la figura 3D se puede conducir la guía de fibra óptica en serpentinas todavía esencialmente mayores. La estructura no parece a primer vista especialmente ventajosa, porque es muy difícil de fabricar, no permite una envoltura elástica y, además, la densidad de los lugares de deformación es también todavía menor que en una estructura según la figura 3C. No obstante, puede ser importante en el desarrollo de sensores de carga planos, como se explica a continuación.

La figura 4A muestra una estructura de guía de fibra óptica plana, como se ha revelado en ensayos como muy ventajosa. Está constituida esencialmente por tres estructuras adyacentes según la figura 3C, estando realizadas la estructura de soporte y de deformación (1) aquí, por ejemplo, como pieza continua doblada de alambre. La estructura representada proporciona 81 lugares de deformación efectivos. (Los primeros y los últimos puntos de cruce, respectivamente, de la guía de fibra óptica (2) con la estructura de soporte y de deformación no se consideran como puntos de deformación efectivos, porque aquí no está garantizado con seguridad el contacto de ambos). Pero se reconoce que la guía de fibra óptica sobresale en esquinas opuestas de la estructura del sensor. Esto o al menos que los extremos de la guía óptica no sobresalen en un lado estrecho común de la estructura puede plantear problemas en condiciones estrechas de espacio. Si éste fuera el caso, debería prescindirse de todo un tercio de la estructura, lo que no sólo reduciría en gran medida su sensibilidad general, sino también su cobertura superficial.

En tal caso, es posible sustituir dos estructuras adyacentes de acuerdo con la figura 3C por una estructura individual según la figura 3D. La figura 3B muestra una disposición de este tipo. En ella, los extremos de la guía óptica

sobresalen en un lado estrecho común, y su superficie solamente es insignificamente menor que la superficie de la disposición según la figura 4A. Presenta 70 lugares de deformación efectivos, en cambio dos terceros de la estructura según la figura 4A solamente darían como resultado 54 lugares de deformación activos. Por lo tanto, de ello se deduce que una estructura según la figura 3D tiene, en efecto, con respecto a su superficie una densidad de lugares de deformación menor que una estructura según la figura 3C, pero no se cuenta con su longitud.

Sobre cada una de las estructuras de soporte y de deformación indicadas se puede aplicar la guía de fibra óptica también varias veces. De esta manera no sólo se eleva el número de los lugares de deformación, sino que se ofrece, por ejemplo, también la posibilidad importante de recurrir de nuevo a su recorrido a través de la estructura de soporte y de deformación, para obtener de esta manera su entrada y salida en el mismo lugar. De este modo es igualmente posible conducir varias guías de fibra óptica independientes a través de una y la misma estructura de soporte y de deformación, lo que da como resultado una estructura redundante, que puede ser deseable tanto por razones de seguridad contra fallo como también para la supresión de ruido.

A tal fin se ofrece varias posibilidades, que proporcionan sensores con propiedades especiales, la figura 5A muestra en el ejemplo de una estructura de soporte y de deformación (1) según la figura 3A una estructura que se obtiene cuando se aplican dos guías de fibra óptica (2a, 2b) una detrás de otra, de tal manera que se apoyan en los lugares de deformación sobre lados opuestos de la estructura de soporte y de deformación. Una estructura de este tipo es especialmente interesante para estructuras de deformación y de soporte según la figura 3A, puesto que es muy estable, incluso tan estable que para aplicaciones especiales no se requiere ni una envoltura elástica ni una incrustación. Apenas es posible desviar las guías de fibra óptica desde su posición media deseada. En combinación con la densidad de los lugares de deformación duplicados de todas formas se puede conseguir con ello una uniformidad especialmente alta de las propiedades del sensor. El número de las guías de fibra óptica, que se pueden conducir de esta manera, está limitado, sin embargo, a dos, y tampoco es tan fácil prestarle en una estructura de soporte y de deformación según la figura 3A un desarrollo en forma de serpentina, lo que hace que el sensor sea menos dilatante.

También es posible aplicar dos guías de fibra óptica una detrás de la otra, de tal manera que cruzan la estructura de soporte y de deformación en cada caso sobre el mismo lado. Pero una estructura de este tipo –aparte del procedimiento de fabricación- es equivalente a una estructura según la figura 5B, con la única diferencia de que las guías de fibra óptica se cruzan entre los lugares de deformación. También se obtiene de forma automática a través de la rotación de la estructura de soporte y de deformación, como se ha descrito anteriormente, siendo conducidas aquí lateralmente sólo dos guías de fibra óptica en lugar de una y añadiendo a su rotación un cableado opuesto.

Una estructura según la figura 5B, en la que varias guías de fibra óptica se extienden adyacentes entre sí a través de la estructura de soporte y de deformación, no está limitada a dos fibras. Su fabricación es un poco más difícil, porque a tal fin debe girarse igualmente la alimentación lateral de las fibras o, en cambio, debe moverse de forma helicoidal alrededor de una estructura de soporte y de deformación en reposo, pudiendo alimentarse todas las fibras al mismo tiempo. Pero de esta manera se evita una torsión de las fibras. Esto puede ser deseable porque las tensiones de torsión son, en efecto, tensiones de empuje para las que muchas guías de fibra óptica solamente presentan una capacidad de carga reducida.

En la figura 6 se representan de forma esquemática dos posibilidades de configuración interesantes para estructuras de soporte y de deformación con geometría del tipo de peine, que se caracteriza por una especie de “rebaba trasera” con “dientes” que sobresalen desde ella. Si se deja que estos “dientes” apunten hacia diferentes lados, de esta manera no sólo se consigue una simetría de la estructura y, por lo tanto, de las propiedades del sensor, sino que incluso la “rebaba trasera” se puede utilizar para la generación de lugares de deformación. En primer lugar, parece desfavorable que tales estructuras contengan siempre derivaciones de la estructura de soporte y de deformación, que hacen necesaria una etapa de fabricación adicional. Pero de ello no se deriva forzosamente que esta etapa de fabricación eleve el gasto general.

La figura 6A muestra una estructura, cuya estructura de soporte y de deformación (1) posee una estructura de “rebaja trasera” dilatante y “dientes” que sobresalen de ella alternando hacia la izquierda y hacia la derecha. Presenta algunos inconvenientes, que la hacen inadecuada para determinadas aplicaciones. Así, por ejemplo, debido a las puntas sobresalientes solamente se puede rodear con dificultad con una envoltura elástica; una envoltura de este tipo es solicitada aquí fuertemente desde el punto de vista mecánico. Por otro lado, se reconoce que la guía de fibra óptica (2) solamente se extiende, por decirlo así, sobre un lado de la estructura de “rebaja trasera” y solamente se “tensa encima” a través de los dientes. En el caso de que la guía de fibra óptica se deslice una vez sobre la punta de un “diente”, es fácilmente posible que este proceso prosiga inmediatamente en los dientes adyacentes. Por lo tanto, la estructura es solamente semi-estable, es decir, que para su resolución solamente hay que superar una barrera potencial relativamente pequeña.

No obstante, una estructura según la figura 6A se puede doblar muy fácilmente alrededor de un eje perpendicularmente al plano del dibujo. Si se realiza esto, entonces la guía de fibra óptica se desplaza lateralmente, para obtener de nuevo las mismas distancias entre los lugares de deformación. Una incrustación en un elastómero

se puede realizar a tal efecto ya después de este proceso de flexión. Si se observa esto, entonces se puede fabricar un sensor de este tipo prácticamente en cualquier forma de curva.

5 La estructura de soporte y de deformación (1) de la estructura según la figura 6B presenta parejas de dientes, que sobresalen desde la estructura de "rebaja trasera" alternando sobre lados diferentes. Esto conduce a que la guía de fibra óptica (2) se extienda alternando por encima y por debajo de la "rebaja trasera", es decir, prácticamente arrollada alrededor de la misma. Otro proporciona una estabilidad esencialmente más elevada que la que se puede conseguir con una estructura según la figura 6A. Pero aquí es especialmente interesante que la estructura de soporte y de deformación se pueda concebir como parte de una rejilla con mallas cuadradas, es decir, una estructura, que está constituida en sí por partes claramente paralelas. También con una estructura de este tipo se puede cumplir, por lo tanto, la regla planteada anteriormente, según la cual la guía de fibra óptica, aparte de su desarrollo deseado, solamente puede encontrar distancias desiguales entre los lugares de deformación. Las rejillas con mallas cuadradas se pueden adquirir en el mercado en múltiples formas de realización. La estructura de soporte y de deformación se puede recortar diagonalmente de manera muy sencilla a partir de una de ellas, lo que es de coste muy favorable independientemente del número de piezas a fabricar.

15 El hecho de que la estructura de soporte y de deformación contenga series de elementos en forma de barra colocados unos detrás de los otros, lo que perjudica normalmente la capacidad de dilatación de la estructura, no es crítico aquí. Por una parte, estas series tienen como máximo tres elementos de longitud, por otra parte se extienden diagonalmente a los ejes principales del sensor. Si éste solamente está estirado de alguna manera longitudinalmente, entonces es casi imposible cargarlo bajo 45° con respecto a su eje largo, y las tensiones de cizallamiento apenas pueden ser absorbidas por sensores de este tipo en virtud de su flexibilidad.

20 La estructura de principio descrita es adecuada, por consiguiente, tanto para sensores de carga lineales como también para sensores de carga de fibra óptica. En ningún caso es necesaria en su fabricación una manipulación de los extremos de las fibras. Las configuraciones lineales se pueden rodear con una envoltura elástica para el incremento de la sensibilidad a la presión también en el caso de incrustación en elastómeros relativamente duros.

25 En formas de realización planas esto solamente se puede conseguir a través de la utilización de elastómeros más blandos. De esta manera y también a través de la aplicación múltiple de las guías de fibra óptica se puede variar la sensibilidad en amplios límites. La alta estabilidad de la estructura conduce a buena reproducibilidad y uniformidad de las propiedades de los sensores.

REIVINDICACIONES

- 5 1.- Estructura de principio para sensores de carga de fibra óptica con una estructura de soporte y de deformación (1) y con al menos una guía de fibra óptica (2, 2a, 2b) que presentas un extremo de entrada y un extremo de salida, en la que la carga actúa sobre la disposición de guía de fibra óptica y es detectada por luz transmitida desde el extremo de entrada de la luz hacia el extremo de salida de la luz en virtud de modificaciones del radio de flexión de la guía de fibra óptica que forma la disposición de guía de fibra óptica, caracterizada porque el extremo de entrada de la luz y el extremo de salida de la luz están dispuestos en común fuera de la estructura de soporte y de deformación, la estructura de soporte y de deformación presenta elementos en forma de barra duros, accesibles desde todos los lados, que están dispuestos en un plano de tal forma que sus secciones transversales tienen distancias iguales sobre al menos un recorrido determinado a través del plano, pero no más allá de este recorrido, y la guía de fibra óptica se extienden precisamente sobre este recorrido debajo de los elementos en forma de barra, de manera que dichas secciones transversales de los elementos en forma de barra están realizadas y sus distancias iguales están seleccionadas de tal forma que a través de la flexión en forma ondulada provocada de esta manera se asegura siempre una fuerza de presión de apriete pequeña entre la guía de fibra óptica y los elementos en forma de barra y de manera que los elementos en forma de barra están conectados entre sí de forma casi rígida directamente o por medio de elementos de unión especiales más allá del recorrido, sobre el que se extiende la guía de fibra óptica, de tal manera que a través de los elementos en forma de barra y/o a través de los elementos de unión no se forman mallas cerradas por todos los lados ni estructuras lineales dilatadas a partir de los elementos unidos directamente entre sí.
- 10 2.- Estructura de principio para sensores de carga de fibra óptica de acuerdo con la reivindicación 1, en la que tanto los elementos en forma de barra como también los elementos de unión casi rígidos están configurados en forma de una estructura común en forma de alambre que se extiende a través del plano.
- 15 3.- Estructura de principio para sensores de carga de fibra óptica de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 y 2, en la que la estructura de soporte y de deformación (1) y la guía de fibra óptica (2, 2a, 2b) están rodeadas por una envoltura elástica hueca (4), que se aproxima a la guía de fibra óptica en los lugares, en los que la guía de fibra óptica cruza los elementos en forma de barra de la estructura de soporte y de deformación.
- 20 4.- Estructura de principio para sensores de carga de fibra óptica de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 y 2, en la que la estructura de soporte y de deformación (1) y la guía de fibra óptica (2, 2a, 2b) están incrustadas en un cuerpo (3) que está constituido de elastómero.
- 25 5.- Estructura de principio para sensores de carga de fibra óptica de acuerdo con la reivindicación 3, en la que la estructura de soporte y de deformación (1), la guía de fibra óptica (2, 2a, 2b) y la envoltura elástica (4) están incrustadas en un cuerpo (3) que está constituido de un elastómero.
- 30 6.- Estructura de principio para sensores de carga de fibra óptica de acuerdo con una de las reivindicaciones anteriores, en la que varias guías de fibra óptica (2a, 2b) se extienden adyacentes entre sí a través de la estructura de soporte y de deformación (1).
- 35 7.- Estructura de principio para sensores de carga de fibra óptica de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 5, en la que dos guías de fibra óptica (2a, 2b) se extienden a través de la estructura de soporte y de deformación de tal manera que en lugares, en los que una de las guías de fibra óptica se extiende sobre uno de los elementos en forma de barra de la estructura de soporte y de deformación, la otra guía de fibra óptica se extiende por debajo del elemento en forma de barra respectivo y a la inversa.
- 40

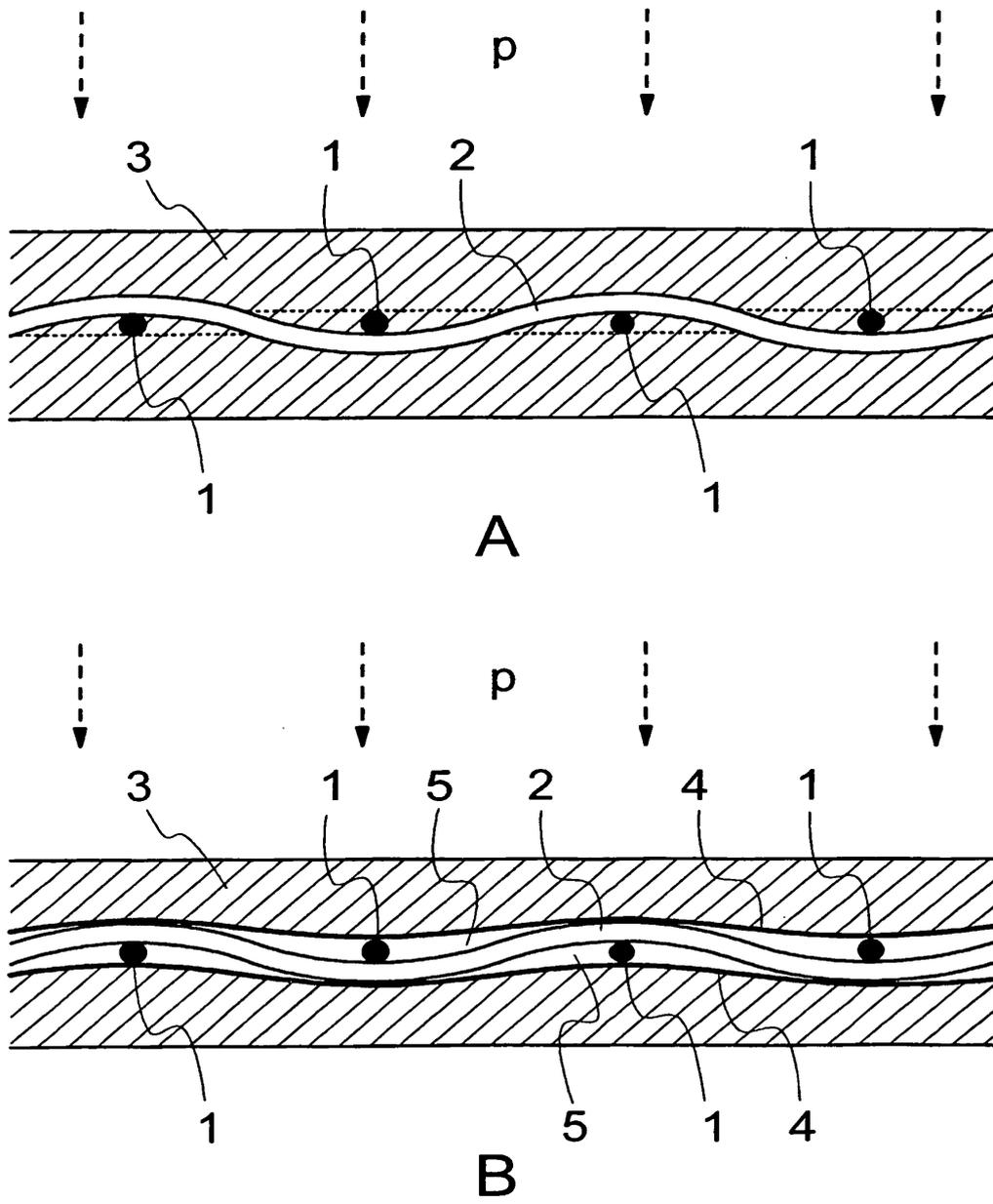


Fig. 1

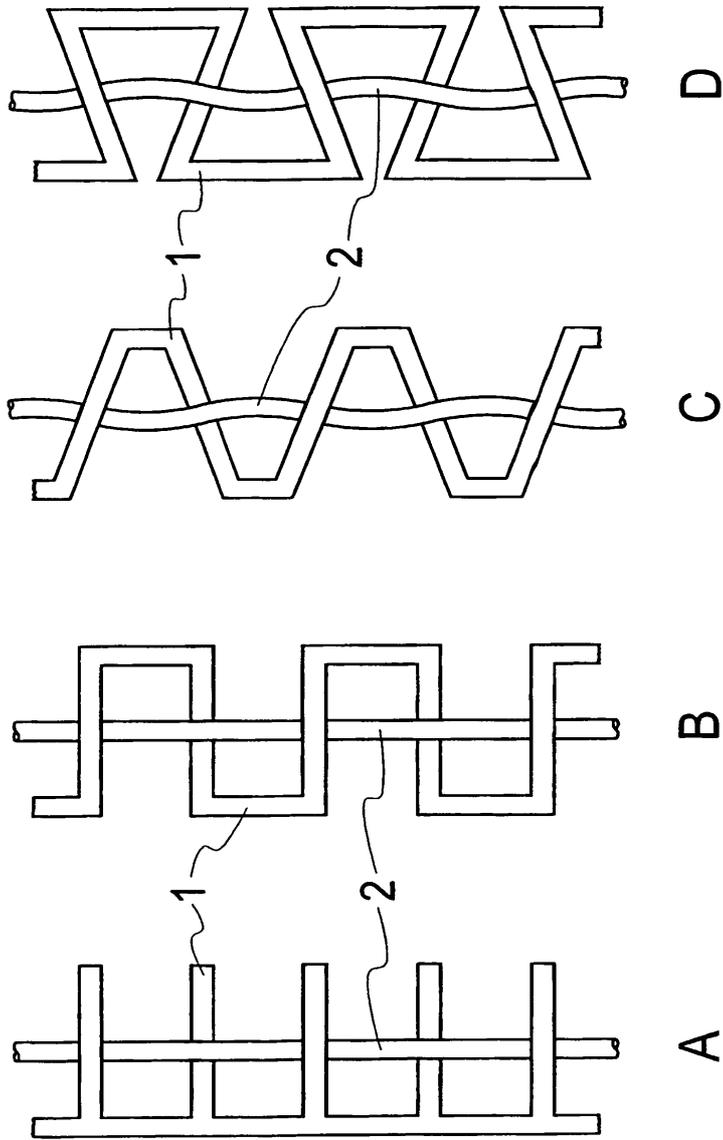


Fig. 2

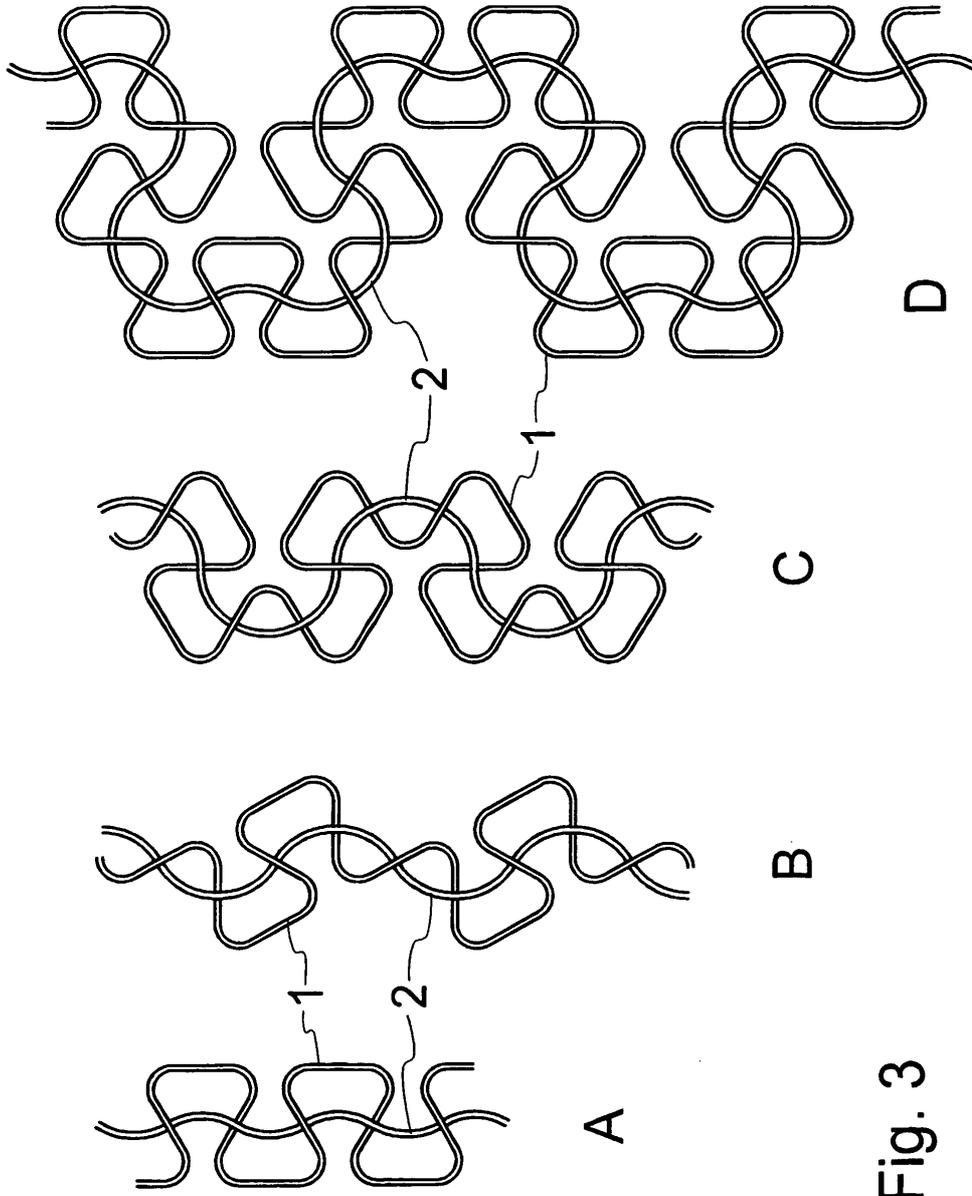


Fig. 3

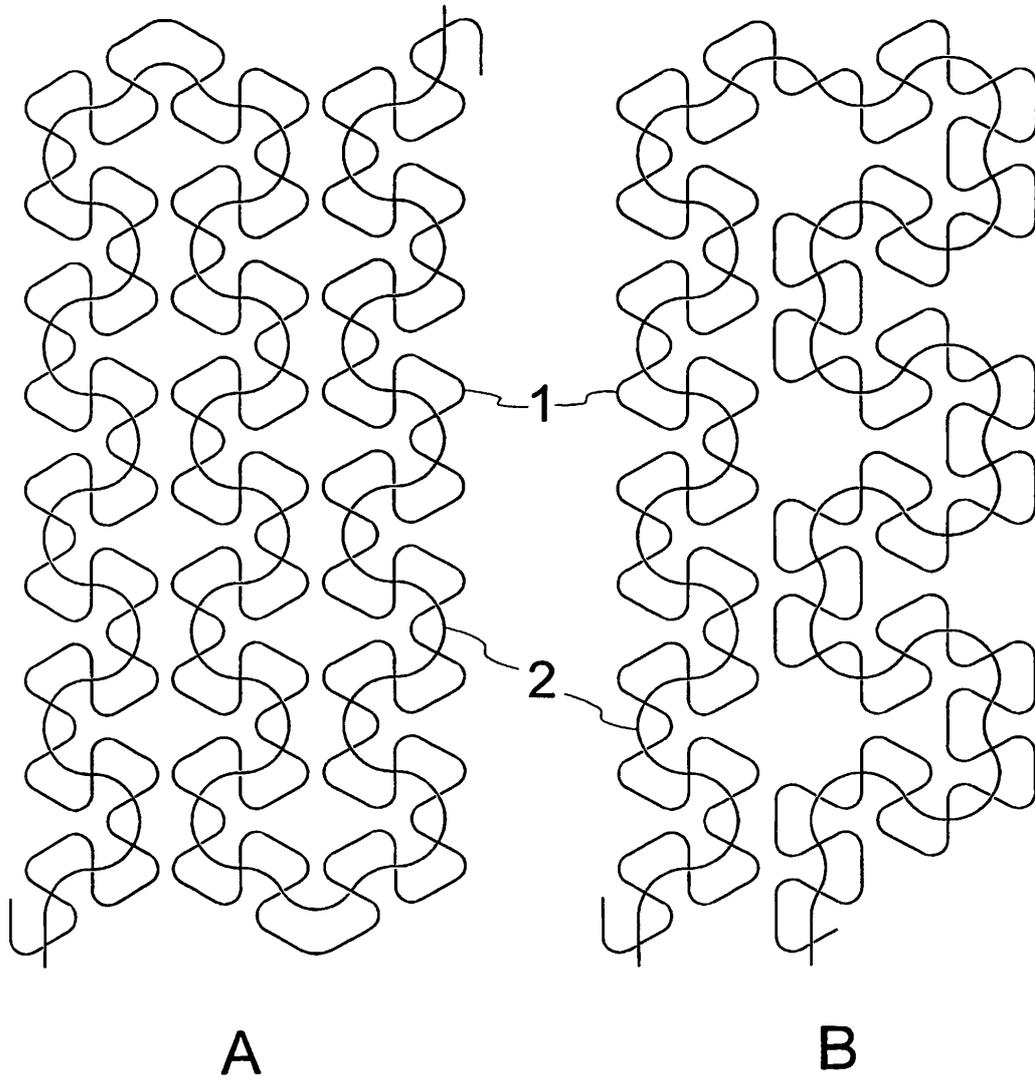


Fig. 4

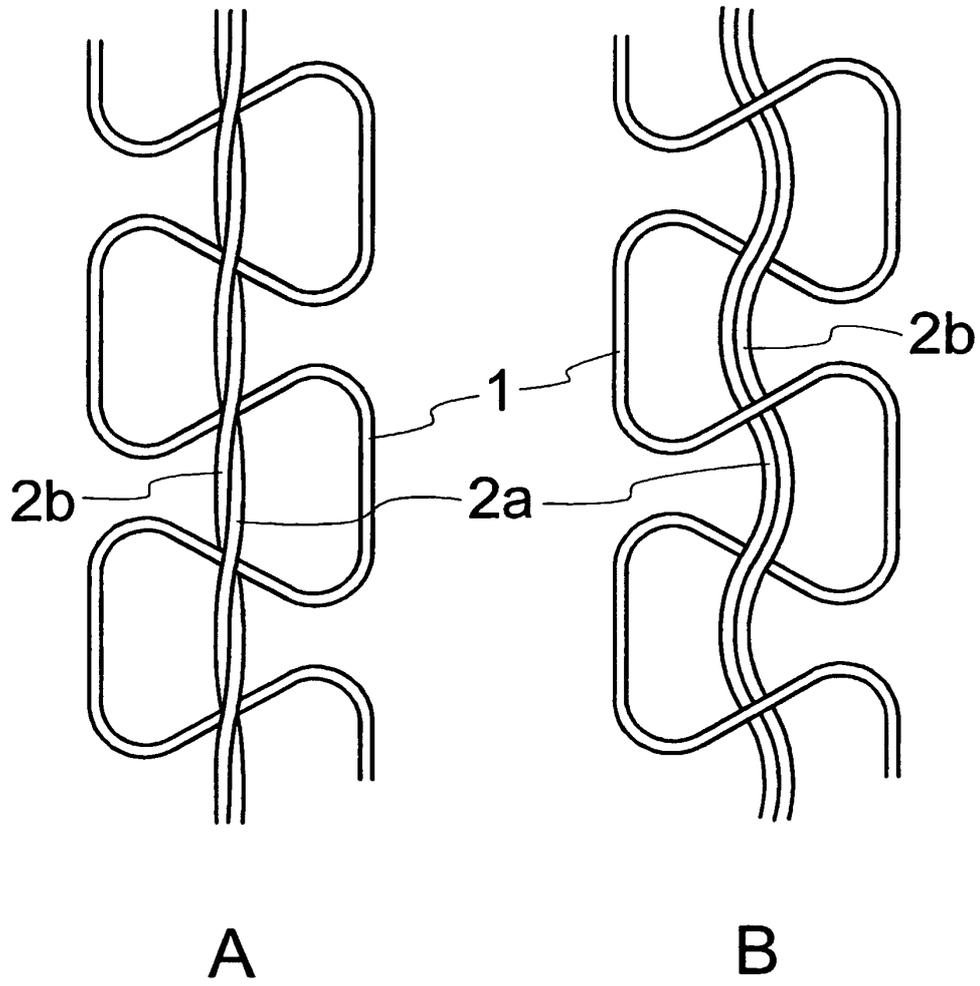


Fig. 5

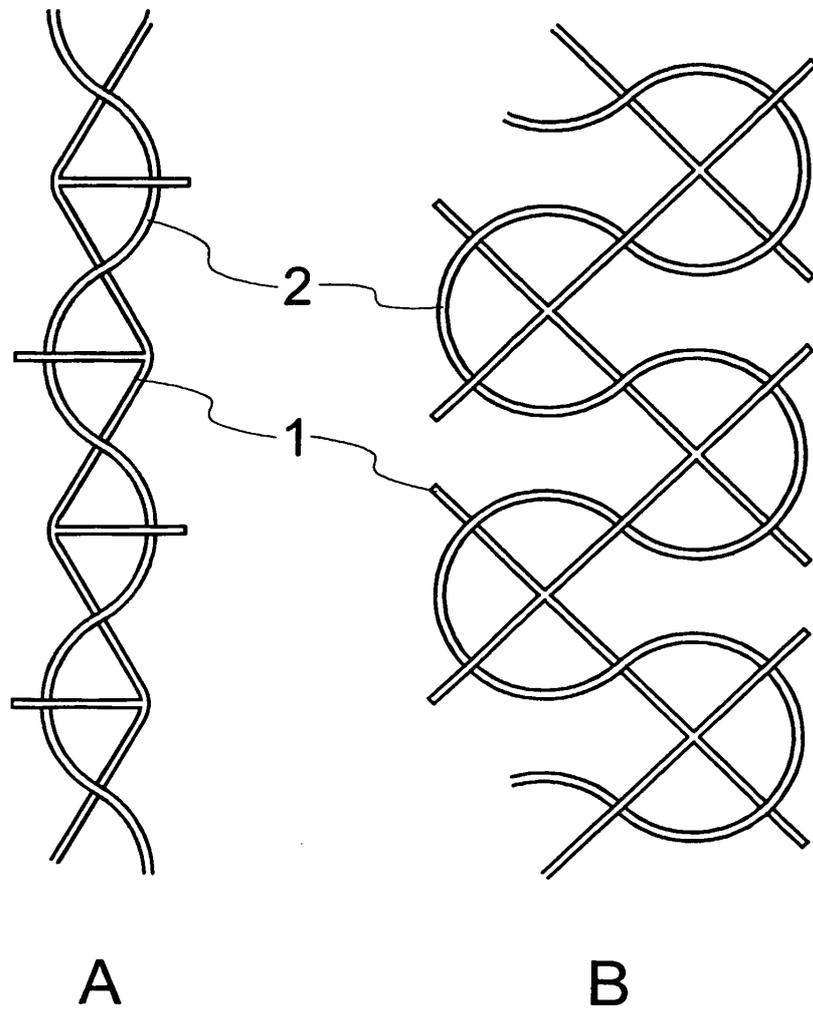


Fig. 6