

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 733 094**

51 Int. Cl.:

**C03B 37/012** (2006.01)

**C03B 37/027** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **22.02.2010 PCT/EP2010/052220**

87 Fecha y número de publicación internacional: **26.08.2010 WO10094803**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.02.2010 E 10706195 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **03.04.2019 EP 2398747**

54 Título: **Procedimiento de producción y tratamiento de una preforma, preforma y fibra óptica**

30 Prioridad:

**22.02.2009 EP 09153385**

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

**27.11.2019**

73 Titular/es:

**ROSENDAHL NEXTROM GMBH (100.0%)  
Schachen 57  
8212 Pischelsdorf, AT**

72 Inventor/es:

**SANDOZ, FRÉDÉRIC;  
PEDRIDO, CARLOS;  
RIBAUX, PHILIPPE y  
HAMEL, PHILIPPE**

74 Agente/Representante:

**CARPINTERO LÓPEZ, Mario**

**ES 2 733 094 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

Procedimiento de producción y tratamiento de una preforma, preforma y fibra óptica

La presente invención se refiere a un procedimiento de producción y tratamiento de una preforma de orden primario, secundario o superior, a dicha preforma y a una fibra óptica estirada a partir de aquella.

- 5 En la fabricación de fibras ópticas, por ejemplo las fibras actualmente utilizadas en redes de comunicación de datos de velocidad ultraalta, se describe en [1] C. Mool, Gupta, Manual de PHOTONICS, CRC Press, 1997 Boca Raton, capítulo 10.7, páginas 445 - 449. Las etapas operativas principales de la fabricación de fibras ópticas son, la fabricación de una preforma, el estirado de la fibra a partir de la preforma y el revestimiento de la fibra con un material que protege la fibra de la manipulación y de las influencias medioambientales.
- 10 En el proceso de estirado, la preforma es introducida desde arriba en la porción de estirado de un horno al tiempo que es estirada a partir de unos tractores de utilización inferiores. La fibra es a continuación enrollada sobre un tambor mientras es controlada en cuanto a su resistencia a la tracción. La temperatura durante el estirado oscila típicamente entorno a los 2000° C. Después de salir del horno, la fibra es revestida con un revestimiento endurecible por UV antes de su arrollamiento sobre el tambor.
- 15 De acuerdo con [1], hay básicamente tres procedimientos para llevar a cabo una preforma o pieza en toscó. El proceso de deposición química de vapor modificado (MCVD), el proceso de deposición de vapor externo (OVD) y el proceso de deposición de vapor axial (VAD).
- 20 En [2], documento US 2007/214841 A1, y [3] documento WO 2005/102947 A1, se describe otro procedimiento de producción y tratamiento de una preforma. De acuerdo con este procedimiento, una preforma primaria es insertada en un tubo de sílice. El espacio libre que resta en el tubo de sílice es entonces llenado con granos de sílice. A continuación, se genera un estado de presión reducida dentro del espacio interior del tubo de sílice que es cerrado, por ejemplo, con un adminículo que mantiene alineados la preforma primaria y el tubo de sílice. A continuación, la preforma secundaria no tratada ensamblada, esto es, el tubo de sílice con la preforma primaria y los granos de sílice, es tratada con una temperatura en el intervalo de 2100° C y 2250° C. Como resultado de ello, los granos de sílice se funden y fusionan para adoptar la preforma primaria, formando así una capa de revestimiento adicional sobre la preforma primaria. Durante esta etapa de tratamiento, una fibra óptica puede ser simultáneamente estirada a partir de la preforma secundaria resultante. Como alternativa, la preforma secundaria puede ser completamente tratada, enfriada y transportada hasta un emplazamiento ulterior, donde se lleva a cabo el tratamiento de estirado. El procedimiento descrito permite de modo ventajoso la producción de preformas diseñadas para estirar fibras convencionales o Fibras de Cristal Fotónicas.
- 25 30 En [4], R. Renner-Erny, L. Di Labio et al.: "Una técnica novedosa para la producción de fibras activas" OPTICAL MATERIALS, ELSEVIER SCIENCE PUBLISHERS B.V. AMSTERDAM, NL, no. 29, páginas 919 - 922, se divulga que, con una modificación de los procedimientos divulgados en [2] y [3] pueden producirse dispositivos de fibras activas. De acuerdo con este procedimiento, un tubo de vidrio de sílice que forma la futura zona del núcleo de una preforma de fibra es llenado con una mezcla de polvo de SiO<sub>2</sub>, Nd y Al. Este tubo es montado en el centro de un tubo mayor que forma el revestimiento futuro. El espacio vacío entre los dos tubos es llenado con polvo de SiO<sub>2</sub>. Después del precalentamiento, la preforma evacuada es estirada en una fibra. De acuerdo con [3], con la etapa de preparación de evacuación y calentamiento a una temperatura de 1400° C durante una hora se lleva a cabo un tratamiento de secado.
- 35 40 En [5], L. Di Labio et al.: "Emisión de banda ancha a partir de una fibra multinúcleo fabricada con óxidos granulados" APPLIED OPTICS, OSA, OPTICAL SOCIETY OF AMERICA, WASHINGTON, DC., vol. 47, no. 10, páginas 1581 - 1584, se divulga que con una modificación adicional de los procedimientos divulgados en [2] y [3] se puede producir una fibra con siete núcleos, cada uno fabricado a partir de sílice granulado mezclado con óxido de tierras raras.
- 45 Así mismo, en [5], se recomienda la etapa de preparación de evacuación y calentamiento a una temperatura de 1400° C.
- De acuerdo con [2], los granos de sílice aplicados son un polvo de sílice sintético que es seleccionado de acuerdo con las propiedades deseadas de la fibra fabricada. Se desea, por ejemplo, que puedan aplicarse unas fuerzas de estiramiento superiores, al tiempo que se reduzca el riesgo de ruptura de la fibra durante el tratamiento de estirado.
- 50 Con el procedimiento divulgado en [2], se pueden fabricar preformas ópticas de alta calidad a unos costes considerablemente reducidos en comparación con los procedimientos convencionales. Sin embargo, se ha encontrado que este procedimiento carece de criterio discriminatorio. Dado que se aplican unos tubos de sílice de pared delgada, existe siempre el riesgo de una ruptura, particularmente durante la etapa de tratamiento de la fusión de los granos de sílice.
- 55 Sin embargo, una ruptura de un tubo de vidrio que ha sido llenado con granos de sílice típicamente se produce antes de que se alcance el punto de fusión, en el que el material tratado se ablanda. Se producirá típicamente una ruptura

durante la etapa de preparación descrita en [4] y [5], en la que se aplica una alta temperatura de aproximadamente 1400° C con fines de secado.

5 Por tanto, se ha prestado una especial atención a que los granos de sílice con las propiedades seleccionadas se apliquen con el fin de evitar los problemas descritos, lo que, sin embargo, conduce a un incremento del coste. Por ejemplo, se ha utilizado con este fin sílice amorfo específico, pero no cuarzo.

Por tanto, sería conveniente desarrollar un procedimiento mejorado de fabricación de preformas que conllevara la etapa de llenado de un tubo de sílice con granos que se fundieran para convertirse en parte de la preforma fabricada.

10 Sería conveniente, en particular, desarrollar un procedimiento que permitiera la fabricación de preformas primarias y secundarias a un coste considerablemente reducido.

Sería también conveniente desarrollar un procedimiento que permitiera el uso de tubos de sílice con paredes más delgadas y que al tiempo evitara el riesgo de ruptura o quebrantamiento en especial durante la etapa de fusión de los granos.

15 Así mismo, sería conveniente utilizar granos de sílice menos costosos que pudieran seleccionarse con limitaciones disminuidas excepto con relación a las calidades de pureza requeridas.

### **Sumario de la invención**

Los expuestos y otros objetivos de la presente invención se consiguen mediante un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1.

20 El procedimiento inventivo, que se refiere a la producción y tratamiento de una preforma, comprende dos fases operativas principales. En una fase de proceso preliminar, unos granos de sílice son suministrados al espacio interior de un tubo de sílice que presenta un extremo superior abierto y un extremo inferior cerrado, para obtener una preforma no tratada. En una fase de proceso final, el espacio interior del tubo de sílice es cerrado y evacuado. A continuación, la preforma no tratada es calentada a una temperatura de tratamiento final para fundir el tubo de sílice y los granos de sílice.

25 De acuerdo con la invención, los granos de sílice que entran en el espacio interior son térmicamente tratados durante la fase de proceso preliminar a una temperatura operativa intermedia que se sitúa por debajo del punto de fusión de los granos de sílice.

De modo preferente, se provee un horno que siga el nivel de llenado de los granos de sílice durante el proceso de llenado y que caliente el tubo de sílice y los granos de sílice en la zona del nivel de llenado.

30 Con estas medidas se consigue al menos uno de los siguientes efectos. Los granos de sílice son acomodados de manera uniforme dentro del espacio interior del tubo de sílice. Con ello se evitan las tensiones puntuales que podrían provocar una ruptura del tubo de sílice durante las etapas operativas de trabajo.

35 Por tanto, el usuario puede seleccionar tubos de sílice con paredes más delgadas, consiguiendo así una calidad media superior de la preforma. El material con calidad inferior, resultante del tubo de sílice puede ser retirado de la preforma, si se desea, con la consiguiente reducción del esfuerzo.

De modo preferente, la temperatura intermedia se selecciona de manera que el tratamiento térmico provoque que los granos de sílice cambien de un primer estado a un segundo estado, en el que los granos de sílice adoptan una densidad de material menor, esto es, un volumen mayor. Con este fin, la temperatura de tratamiento intermedia se selecciona, de modo preferente, en el intervalo de aproximadamente entre 576° C y 1470° C.

40 En el caso de que los granos de sílice consistan en  $\alpha$ -Cuarzo trigonal con una densidad de material de aproximadamente 2,65 g/cm<sup>3</sup>, entonces, de modo preferente, la temperatura de tratamiento intermedia se selecciona entre 576° C y 870° C de manera que el  $\alpha$ -Cuarzo se transforme en  $\beta$ -Cuarzo hexagonal con una densidad de material de aproximadamente 2,53 g/cm<sup>3</sup>.

45 En el caso de que los granos de sílice consistan en  $\alpha$ -Cuarzo o en  $\beta$ -Cuarzo, entonces, de modo preferente, la temperatura de tratamiento intermedia se selecciona entre 870° C y 1470° C para transformar los granos de sílice con una configuración inicial de  $\alpha$ -Cuarzo,  $\beta$ -Cuarzo o  $\beta$ -Tridimita en  $\beta$ -Cristobalita con una densidad de material de aproximadamente 2,20 g/cm<sup>3</sup>.

50 Debido al tratamiento térmico, los granos de sílice se acomodan de manera uniforme dentro del espacio interior del tubo de sílice y adoptan una densidad de material inferior que se mantiene el tiempo suficiente, incluso si la temperatura baja de nuevo.

Por tanto, durante la fase de tratamiento final, en la que se aplica la temperatura de tratamiento final y los granos de sílice son fundidos, se evita la expansión de la masa de los granos de sílice que podrían romper el tubo de sílice.

El procedimiento inventivo, por tanto, obtiene varias ventajas y opciones. En primer lugar, mejora la fiabilidad del tratamiento, evitando fallos del tratamiento provocados por la ruptura de los tubos de sílice. Así mismo, dado que las fuerzas que se producen durante el proceso de calentamiento y fusión se reducen drásticamente, el solicitante puede seleccionar tubos de sílice con paredes más delgadas.

- 5 Es más, el usuario puede seleccionar los granos de sílice entre una mayor variedad de productos ofrecidos por la industria. Pueden desdarse las consideraciones relativas a la propiedad dinámica del material. Por tanto, el usuario puede seleccionar un material, como por ejemplo  $\alpha$ -Cuarzo con un coste inferior.

- 10 Los resultados pueden ser mejorados aún más haciendo rotar el tubo de sílice durante el proceso de llenado y a una velocidad entre aproximadamente 50 y 120 giros por minuto. Resultados óptimos se consiguen en el intervalo de 80 a 100 giros por minuto. Con la rotación del tubo de sílice con una cadencia definida se consigue una distribución rápida y uniforme de los granos de sílice evitando al tiempo una segregación radial de partículas con diferentes tamaños, lo que podría producirse con velocidades de giro superiores.

El resultado de la primera fase de proceso es una preforma no tratada que consiste en un tubo de sílice, que ha sido llenado con granos de sílice térmicamente tratados y uniformemente distribuidos.

- 15 La preforma no tratada puede, así mismo, ser tratada inmediatamente sin aplicar una fase de enfriamiento. Por tanto, después de la terminación de la fase de proceso preliminar, la fase de proceso final puede inmediatamente comenzar evacuando el tubo de sílice y fusionando el tubo de sílice y los granos de sílice.

Como alternativa, la preforma no tratada puede ser enfriada, retirada y reinstalada posteriormente en el mismo u otro lugar para llevar a cabo la fase de proceso final.

- 20 El procedimiento inventivo puede ser utilizado para producir preformas de orden primario, secundario o superiores. Así mismo, pueden producirse preformas, a partir de las cuales puedan estirarse fibras fotónicas.

- 25 En el caso de que se produzca una preforma secundaria, entonces una preforma primaria de una pieza en toco de sílice es reinsertada en el tubo de sílice y alineada a lo largo de su eje geométrico longitudinal. A continuación, en la fase de proceso preliminar, los granos de sílice son suministrados al espacio interior del tubo de sílice que ha sido reducido por el volumen de la preforma primaria.

- 30 En el caso de que se produzca una preforma de fibras fotónicas, entonces unos tubos de sílice auxiliares y / o unas barras auxiliares amovibles son insertadas en el tubo de sílice y alineadas en paralelo con su eje geométrico longitudinal. A continuación, en la fase de proceso preliminar, los granos de sílice son suministrados al espacio interior del tubo de sílice que ha sido reducido por el volumen de los tubos de sílice auxiliares y / o las barras auxiliares amovibles, de modo preferente, barras de carbono. Los tubos de sílice auxiliares y / o las barras auxiliares amovibles se disponen en una estructura al menos sustancialmente bidimensional periódica según se requiera respecto de las fibras fotónicas. Después de que se ha completado la fase de proceso final, las barras de carbono son retiradas dejando en la preforma unas aberturas cilíndricas longitudinales.

- 35 En el caso de que los tubos de sílice auxiliares hayan sido introducidos en el tubo de sílice para definir unas aberturas cilíndricas en la preforma, entonces debe tenerse cuidado de que no se produzcan deformidades, las cuales alterarían las propiedades de la fibra fotónica. También en la presente solicitud, es conveniente el uso de tubos de sílice con paredes más delgadas y pueden conseguirse aplicando el procedimiento inventivo. La utilización del procedimiento de llenado inventivo impide que la masa de granos de sílice deforme el tubo de sílice exterior y los tubos de sílice auxiliares interiores. Por tanto, el procedimiento inventivo es particularmente ventajoso en tratamientos que sirven para la producción de fibras fotónicas.

- 40 Las preformas secundarias y las preformas diseñadas para las fibras fotónicas pueden ser tratadas también de diferentes maneras.

La fase de proceso final puede ejecutarse y la preforma tratada puede ser retirada para su posterior manipulación.

- 45 Sin embargo, la fase de estirado puede también aplicarse inmediatamente después de la terminación de la fase de proceso final. En la fase de proceso final, el horno puede ser desplazado a lo largo de la preforma, por ejemplo desde el extremo inferior al superior de la preforma para fusionar el tubo de sílice y los granos de sílice. A continuación, el horno es desplazado de nuevo hasta el extremo inferior de la preforma, la cual, a continuación es calentada hasta conseguir un estado ablandado, en el que la fibra óptica puede ser estirada a partir de la preforma.

- 50 En otra alternativa, la fibra puede ser estirada a partir de la preforma simultáneamente durante la ejecución de la fase de proceso final. En esta aplicación, la fibra es estirada a partir de la preforma, mientras que el tubo de sílice y los granos de sílice son fundidos.

En todas las variantes descritas, el procedimiento inventivo facilita la manipulación del tratamiento y proporciona una mayor fiabilidad del tratamiento con costes reducidos.

**Breve descripción de los dibujos**

Se han expuestos algunos de los objetos y ventajas de la presente invención, otros se pondrán de manifiesto a partir de la descripción subsecuente junto con los dibujos que se acompañan, en los que:

- 5 La Fig. 1a muestra un tubo 11 de sílice de pared delgada, que presenta un eje geométrico primario x, un espacio 110 interior y un cierre 11 cónico en su extremo inferior;
- la Fig. 1b muestra el tubo 11 de sílice de la figura 1a con el espacio 110 interior completamente lleno de una manera convencional con unos granos 5 de sílice para obtener una preforma primaria no tratada 1p';
- 10 la Fig. 1c muestra una preforma primaria 1p' no tratada de la figura 1b siendo cerrada por medio de un adminículo 3 a través del cual el espacio 110 interior del tubo 11 de sílice ha sido evacuado, y un horno 23 que es guiado a lo largo de la preforma 1p' primaria para fundir el tubo 11 de sílice y los granos 5 de sílice a una temperatura entre 2100° C y 2350° C;
- 15 la Fig. 2a muestra el tubo 11 de sílice de la figura 1a con el espacio 110 interior siendo llenado con los granos 5a que son expuestos a una temperatura por debajo del punto de fusión durante el tratamiento de llenado para obtener una preforma primaria 1p;
- la Fig. 2b muestra la preforma primaria 1p de la figura 2a siendo cerrada por medio de un adminículo 3, a través del cual ha sido evacuado el espacio 110 interior del tubo 11 de sílice, y un horno 23 que es guiado a lo largo de la preforma primaria 1p para fundir el tubo 11 de sílice y los granos 5b térmicamente pretratados a una temperatura entre 2100° C y 2350° C;
- 20 la Fig. 3a muestra el tubo 11 de sílice de la figura 1a con una preforma primaria 1p, 1p' en el espacio 110 interior que es llenado con granos 5a que son expuestos a una temperatura por debajo del punto de fusión durante el proceso de llenado para obtener una preforma secundaria 1s no tratada;
- la Fig. 3b muestra la preforma secundaria 1s no tratada de la figura 3a después de la terminación de los procedimientos de llenado y calentamiento;
- 25 la Fig. 3c muestra la preforma secundaria 1s no tratada de la figura 3b que es cerrada por medio de un adminículo 3, a través del cual se ha evacuado el espacio 110 interior del tubo 11 de sílice, y un horno 23 que es guiado a lo largo de la preforma secundaria 1s para fundir el tubo 11 de sílice y los granos 5b térmicamente pretratados a una temperatura entre 2100° C y 2350° C;
- 30 las Figs. 4a - 4c muestran el tratamiento de las preformas primaria y secundaria 1p, 1s tratadas durante el cual unas capas periféricas de la preforma 1p, 1s, es retirada, la cual consiste en un material procedente del tubo 11 de sílice;
- la Fig. 5 muestra un aparato 2 utilizado para estirar una fibra 8 óptica a partir de una preforma secundaria 1s inventiva como se muestra en la figura 3b o en la figura 4c; y
- 35 la Fig. 6 muestra el aparato 2 de la figura 5 con una preforma secundaria 1s inventiva, a partir de la cual es estirada una fibra 8 fotónica.

**Descripción detallada de las formas de realización preferentes**

40 La figura 1a muestra un tubo 11 de sílice de pared delgada de SiO<sub>2</sub> y que presenta un eje geométrico primario x, un espacio 110 interior y un cierre 111 cónico en su extremo inferior. El diámetro d10 de las paredes del tubo 11 de sílice es muy pequeño en comparación con el diámetro del tubo 11 de sílice, de manera que una parte relativamente grande de la preforma estará compuesta por granos de sílice de alta calidad.

La figura 1b muestra el tubo 11 de sílice de la figura 1a con el espacio 110 interior completamente lleno con los granos 5 de sílice para obtener una preforma primaria 1p' no tratada. Como se muestra en la figura 1b, el proceso de llenado no va acompañado por un proceso de calentamiento.

45 La figura 1c muestra una preforma primaria 1p' no tratada de la figura 1b que está cerrada por medio de un adminículo 3. El adminículo 3 comprende un primero y un segundo canales 31; 32. El primer canal 31, está diseñado para opcionalmente recibir una preforma primaria 1p', 1p o una pieza en tocos de vidrio está cerrada por un capuchón 4. El segundo canal 32 está conectado a una bomba de vacío 22 que evacúa el tubo 11 de sílice antes de que se lleve a cabo la fase de proceso final. En la fase de proceso final, un horno 23 es guiado a lo largo de la preforma primaria 1p' no tratada para fundir el tubo 11 de sílice y los granos 5 de sílice a una temperatura entre 50 2100° C y 2350° C.

Con el procedimiento ilustrado en las figuras 1b y 1c, el cual ha sido previamente aplicado, se produce el problema de que puede tener lugar una ruptura del tubo 11 de sílice de pared delgada debido a la expansión de los granos 5

de sílice. Con el uso de sílice amorfo este problema se puede reducir. Sin embargo, en el caso de que se utilizara  $\alpha$ -Cuarzo entonces la masa llena de granos 5 de sílice dentro del tubo 11 de sílice se expandiría de forma acusada bajo el impacto del calor provocando posiblemente una ruptura del tubo 11 de sílice.

5 La figura 2a muestra el tubo 11 de sílice de la Fig. 1a con el espacio 110 interior lleno con los granos 5a de sílice, que, por ejemplo, es  $\alpha$ -Cuarzo, que se adquiere a un precio relativamente bajo, pero con una gran pureza. Simultáneamente con el proceso de llenado, se lleva a cabo un proceso de calentamiento realizado por medio de un horno 23, el cual, a lo largo del tubo 11 de sílice sigue, de modo preferente, el nivel 50 de llenado de los granos 5a de sílice. Como se ilustra en la figura 2a, los granos 5a de sílice que han entrado en el tubo 11 de sílice cambia su estructura bajo el impacto del calor aplicado por el horno 23. Por ejemplo, se aplica una temperatura operativa intermedia de aproximadamente 600° C, con arreglo a la cual el  $\alpha$ -Cuarzo 5a es transformado en  $\beta$ -Cuarzo 5b. Pueden aplicarse temperaturas superiores que transformen los granos 5a de sílice en  $\beta$ -Tridimita o en  $\beta$ -Cristobalita. La temperatura operativa intermedia se selecciona de acuerdo con los parámetros operativos, en particular dependiendo del diámetro de las paredes del tubo 11 de sílice, del emplazamiento de los tubos de sílice auxiliares y de los granos 5 de sílice aplicados. En el caso de que se apliquen tubos de sílice delgados, en particular 10 tubos de sílice auxiliares, se recomienda transformar el  $\alpha$ -Cuarzo o el  $\beta$ -Cuarzo en  $\beta$ -Tridimita o  $\beta$ -Cristobalita.

15 La densidad material de los granos 5b de sílice, por tanto, se reduce y se modifica hasta un nivel inferior. La preforma primaria 1p no tratada resultante puede, por tanto, ser tratada en la fase de proceso final mostrada en la figura 2b con una considerable reducción del riesgo de fallo del proceso.

20 La figura 3a muestra el tubo 11 de sílice de la figura 1a con una preforma primaria 1p, 1p' en el espacio 110 interior del tubo 11 de sílice que está siendo llenado con unos granos 5a, por ejemplo de  $\alpha$ -Cuarzo. De modo preferente, la preforma primaria 1p tratada resultante de la fase de proceso final mostrada en la figura 2b es introducida en el tubo 11 de sílice. Sin embargo, puede utilizarse cualquier otra preforma primaria 1p por ejemplo una pieza en tocos de alta calidad, producida, por ejemplo, por un proceso de deposición de vapor químico modificado (MCVD), un proceso de deposición de vapor externo (OVD) o el proceso de deposición de vapor axial (VAD).

25 Según se describe en combinación con la figura 2a, simultáneamente con el proceso de llenado, se lleva a cabo un proceso de calentamiento por medio de un horno 23, el cual a lo largo del tubo 11 de sílice sigue el nivel 50 de llenado de los granos 5a de sílice con el fin de conseguir el cambio deseado de la estructura de los granos 5a de sílice.

30 La figura 3b muestra la preforma secundaria 1s no tratada de la Fig. 3a después de la terminación de la fase de proceso preliminar que ha sido realizada de acuerdo con el procedimiento inventivo. En este estado, la preforma puede ser enfriada y distribuida hacia otro lugar, en el que se llevan a cabo la fase de proceso final y los tratamientos de estirado. Como alternativa, la preforma secundaria 1s no tratada puede inmediatamente ser tratada ulteriormente, por ejemplo, antes de que sea enfriada.

35 Como se muestra en la figura 3b, la preforma secundaria 1s no tratada puede opcionalmente comprender unos tubos 10 de sílice auxiliares o unas barras amovibles fabricadas, de modo preferente, en carbono que definan los espacios cilíndricos longitudinales o vacíos dentro de la preforma secundaria 1s. Desde las preformas secundarias 1s de este tipo, las fibras 8 fotónicas pueden ser estiradas como se muestra en la figura 6.

40 La figura 3c muestra la preforma secundaria 1s no tratada de la figura 3b con el tubo 11 de sílice cerrado y evacuado según se describe en combinación con la figura 2a. Un horno 23 es guiado a lo largo de la preforma secundaria 1s para fundir el tubo 11 de sílice y los granos 5b térmicamente pretratados a una temperatura entre 2100° C y 2350° C posteriormente a la obtención de la preforma secundaria 1s tratada.

45 Las figuras 4a a 4c muestran el tratamiento mecánico de la preforma primaria 1p tratada por calor de la figura 2b o la preforma secundaria 1s de la figura 3c. Durante este tratamiento mecánico una capa periférica es retirada, que consiste en un material procedente del tubo 11 de sílice que puede no tener la calidad deseada. La figura 4a muestra la preforma primaria o secundaria 1p o 1s tratada durante el proceso de multiración, de modo preferente ejecutado por una herramienta de multiración automática. La figura 4c muestra la preforma primaria 1 tratada después de la terminación del proceso de multiración, que se recomienda se efectúe en el caso de que el material del tubo 11 de sílice primario no contribuya favorablemente a las propiedades de la preforma primaria 1 o a las fibras ópticas derivadas de esta.

50 La figura 5 muestra un aparato 2 utilizado para estirar una fibra 8 óptica a partir de una preforma secundaria 1s inventiva como se muestra en la figura 3b o en la figura 4c. Como se indicó anteriormente, el proceso de estiramiento puede llevarse a cabo de manera simultánea con o después de la fase de proceso final como se muestra en la figura 3c.

55 Una vez que el extremo inferior de la preforma secundaria 1s ha sido calentado hasta su punto de fusión y que una fibra 8 ha sido traccionada, se forma un área angular denominada "rebajada". Una única fibra 8 óptica emerge de la preforma secundaria 1s en un estado semifundido y pasa a través de un monitor 24 del diámetro. La fibra 8 óptica continúa siendo traccionada hacia abajo y pasa a través de un aplicador 25 de revestimiento que aplica un revestimiento para proteger la fibra 8 óptica. La fibra 8 óptica también pasa a través de otras unidades 26, 27 que

5 endurecen el revestimiento óptico y controlan el diámetro global después de que el revestimiento haya sido aplicado. La fibra 8 óptica, a continuación, tropieza con un aparato 28 giratorio que puede comprender un rodillo que confiere un giro a la fibra 8 óptica. La fibra 8 óptica por fin tropieza con una serie de rodillos (no mostrados) que traccionan la fibra 8 óptica antes de que quede envuelta alrededor de un tambor o bobina 29. La preforma secundaria 1s está montada en un dispositivo 21 de retención, el cual posibilita el desplazamiento vertical controlado a lo largo del dispositivo y, de modo preferente, la rotación alrededor de su eje geométrico.

Así mismo, el dispositivo 21 de retención del aparato 2, el cual puede ser utilizado en la fase de proceso preliminar y en la fase de proceso final, puede ser diseñado para aplicar una vibración a la preforma 1p, 1s instalada con el fin de condensar los granos 5a, 5b de sílice.

10 La figura 6 muestra el aparato 2 utilizado para estirar una fibra 8 óptica inventiva, como por ejemplo una fibra de cristal fotónico a partir de una preforma secundaria 1s que comprenda unos vacíos 500 cilíndricos longitudinales que partan de los tubos de sílice auxiliares o de las barras, por ejemplo de las barras de carbono que hayan sido retiradas después de la fase de proceso preliminar o final.

#### REFERENCIAS

15 [1] C. Mool Gupta Manual de PHOTONICS, CRC, Press. 1997 Boca Raton capítulo 10.7, páginas 445 - 449

[2] Documento US 2007/214841 A1

[3] Documento WO 2005/102947 A

[4] R. Renner-Emy L. Di Labio et al.: "Una Técnica novedosa para la producción de fibras activas" OPTICAL MATERIALS, ELSEVIER SCIENCE PUBLISHERS B.V., AMSTERDAM, NL. No. 29, páginas 919 - 922

20 [5] L. Di Labio et al.: "Emisión de banda ancha a partir de una fibra multinúcleo fabricada con óxidos granulados", APPLIED OPTICS, OSA, OPTICAL SOCIETY OF AMERICA, WASHINGTON, DC. Vol. 47 no. 10, páginas 1581 - 1584.

25

30

**REIVINDICACIONES**

- 1.- Procedimiento de fabricación y tratamiento de una preforma (1p, 1s) que comprende:
- 5 una fase de proceso preliminar, en la que unos granos (5a; 5b) de sílice son suministrados al espacio (110) interior de un tubo (11) de sílice que presenta un extremo superior abierto y un extremo (111) cerrado, para obtener una preforma (1p, 1s) no tratada, y una fase de proceso final, en la que el espacio (110) interior del tubo (11) de sílice está cerrado, un estado de presión reducida es generado, la preforma (1p, 1s) no tratada, es calentada a una temperatura operativa final para fusionar el tubo (11) de sílice y los granos (5b) de sílice; **caracterizado porque**
- 10 durante la fase de proceso preliminar, los granos (5a; 5b) de sílice que entran en el espacio (110) interior son térmicamente tratados a una temperatura operativa intermedia situada por debajo del punto de fusión de los granos (5a; 5b) de sílice y seleccionando la temperatura intermedia en el intervalo de entre 576 ° C y 1470° C.
- 2.- Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, que comprende las etapas de: seguir el nivel de llenado de los granos (5a; 5b) de sílice durante la fase de proceso preliminar con un horno (23) que está calentando el tubo (11) de sílice y los granos (5a; 5b) de sílice en la zona del nivel de llenado.
- 15 3.- Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, que comprende la etapa de:
- hacer rotar el tubo (11) de sílice durante la operación de llenado a una velocidad de entre 50 y 120 giros por minuto.
- 4.- Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 3, que comprende las etapas de:
- 20 enfriar y retirar la preforma (1p, 1s) no tratada después de la terminación de la fase de proceso preliminar y reinstalar la preforma (1p, 1s) no tratada en el mismo u otro lugar para llevar a cabo la fase de proceso final.
- 5.- Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 3, que comprende las etapas de:
- poner en marcha la fase de proceso final después de la operación de la fase de proceso preliminar y antes de que la preforma (1p, 1s) no tratada haya sido enfriada.
- 6.- Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 5, que comprende las etapas de:
- 25 insertar una preforma primaria o una pieza en tosco de sílice en el tubo (11) de sílice y suministrar los granos (5a) de sílice de la fase de proceso preliminar dentro del espacio (110) interior del tubo (11) de sílice para obtener la preforma secundaria (1s) no tratada.
- 7.- Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 5, que comprende las etapas de:
- 30 insertar unos tubos de sílice auxiliares o unas barras amovibles auxiliares, disponiéndolas en una al menos estructura periódica sustancialmente bidimensional, dentro del tubo (11) de sílice para obtener una preforma secundaria (1s) no tratada, que está destinada a la producción de fibras (8) fotónicas.
- 8.- Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 7, que comprende las etapas de:
- utilizar  $\alpha$ -Cuarzo como granos (5a) de sílice que es transformado bajo el efecto de la temperatura operativa intermedia en  $\beta$ -Cuarzo (5b) o en  $\beta$ -Tridimita (5b) o  $\beta$ -Cristobalita (5b).
- 35 9.- Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 8, que comprende las etapas de:
- enfriar y retirar la preforma secundaria (1s) tratada después de la terminación de la fase de proceso final y preinstalar la preforma secundaria (1s) tratada en el mismo o en otro lugar para estirar una fibra (8) óptica a partir de la preforma secundaria (1s).
- 10.- Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 8, que comprende las etapas de:
- 40 simultáneamente estirar una fibra (8) óptica a partir de la preforma secundaria (1s) mientras el tubo (11) de sílice y los granos (5b) de sílice son fusionados.

Fig. 1a

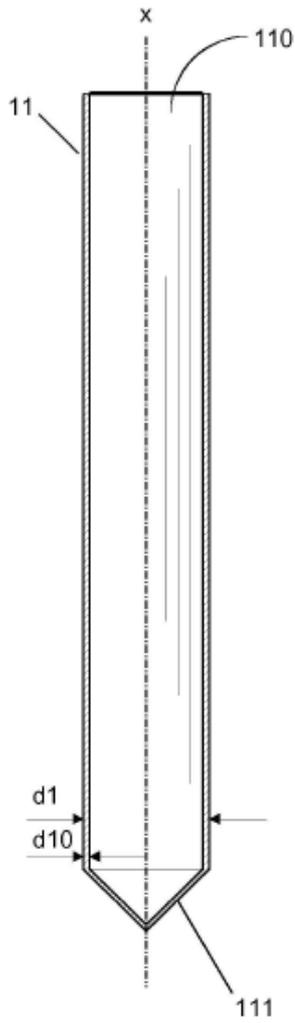


Fig. 1b

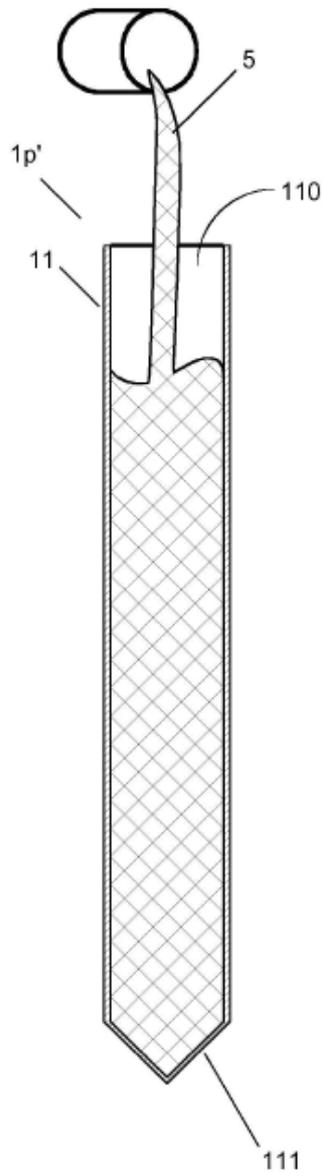
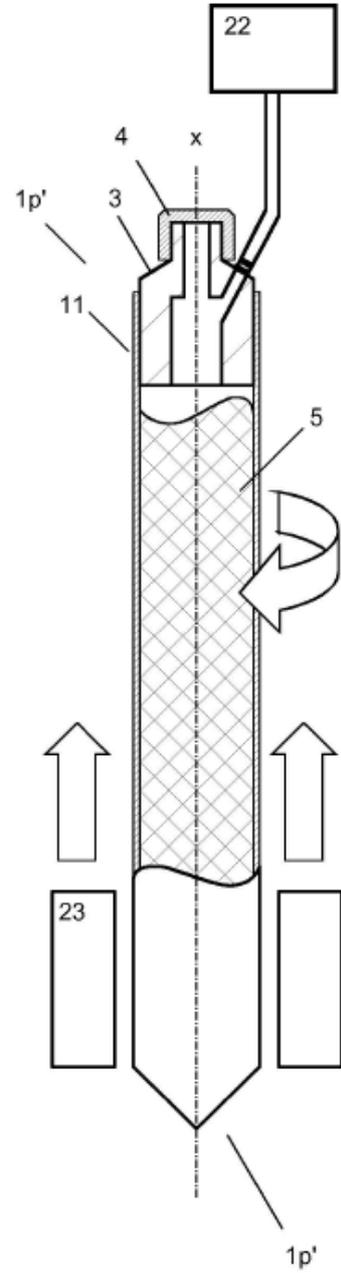


Fig. 1c



**TÉCNICA ANTERIOR**

Fig. 2a

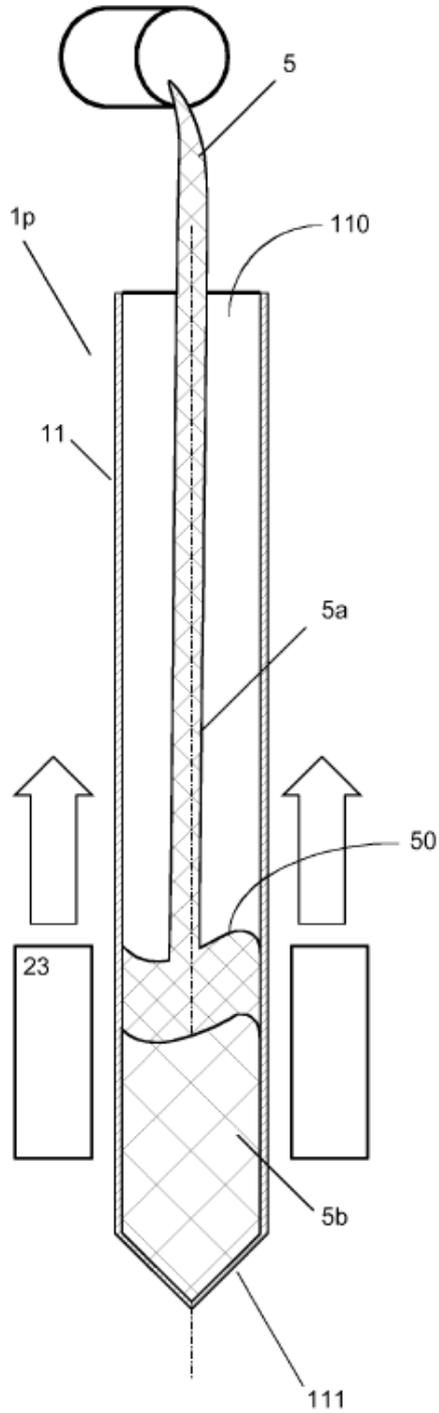


Fig. 2b

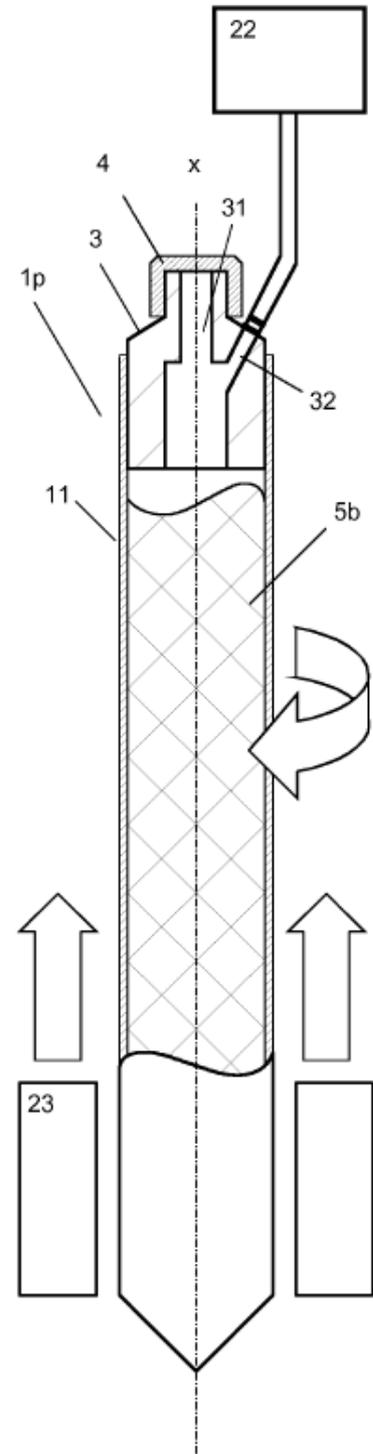


Fig. 3a

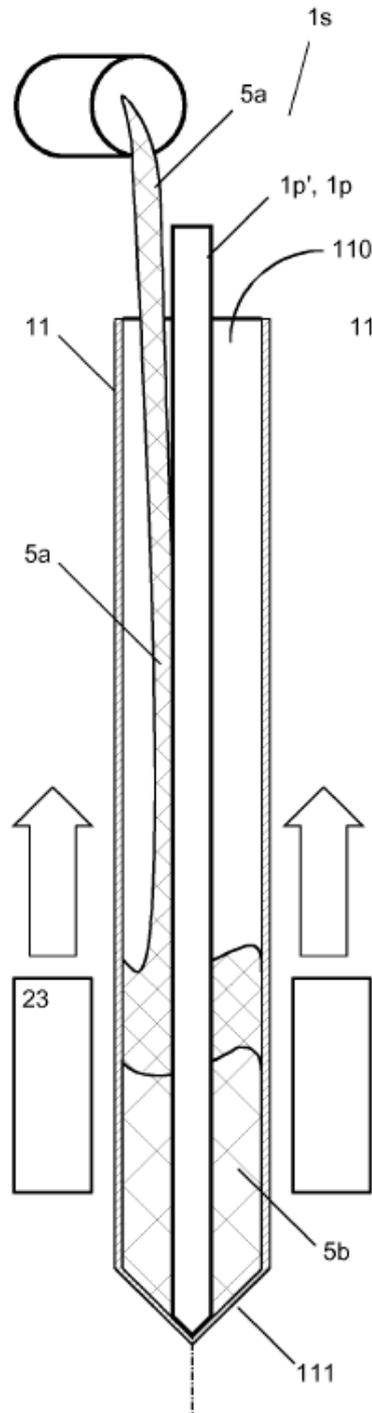


Fig. 3b

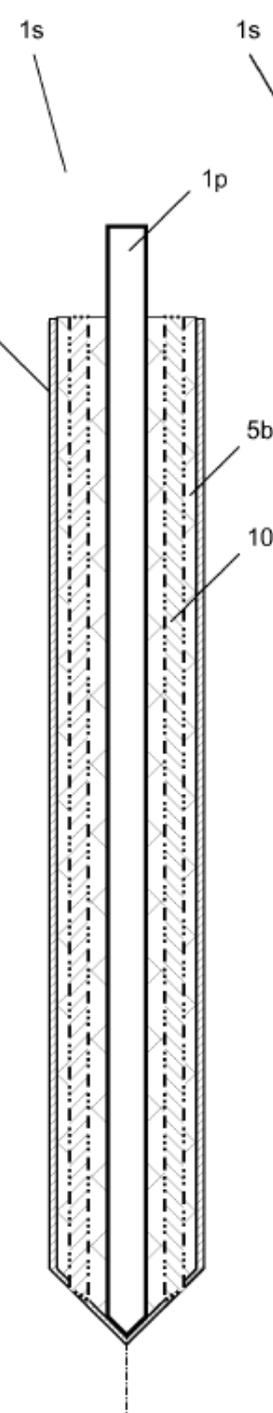
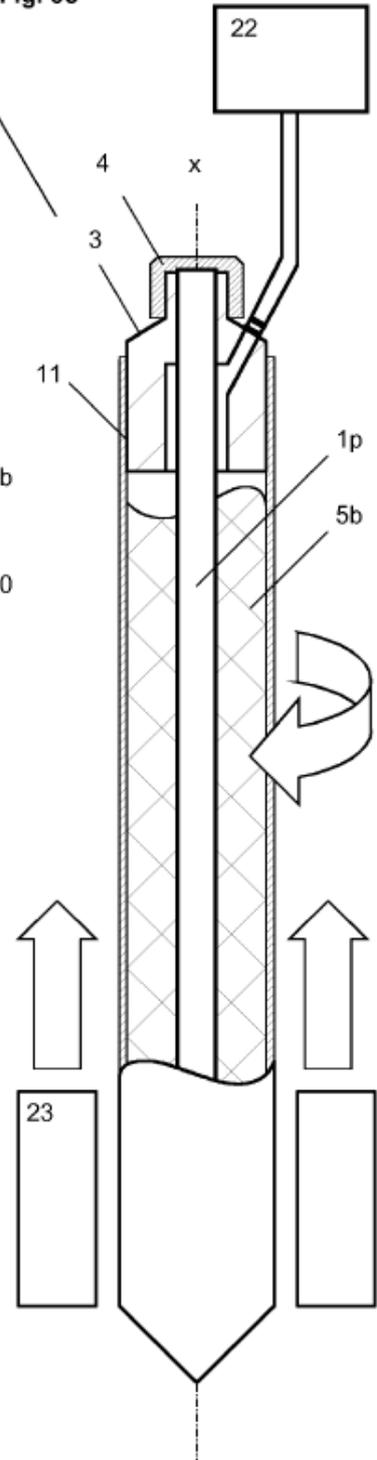


Fig. 3c



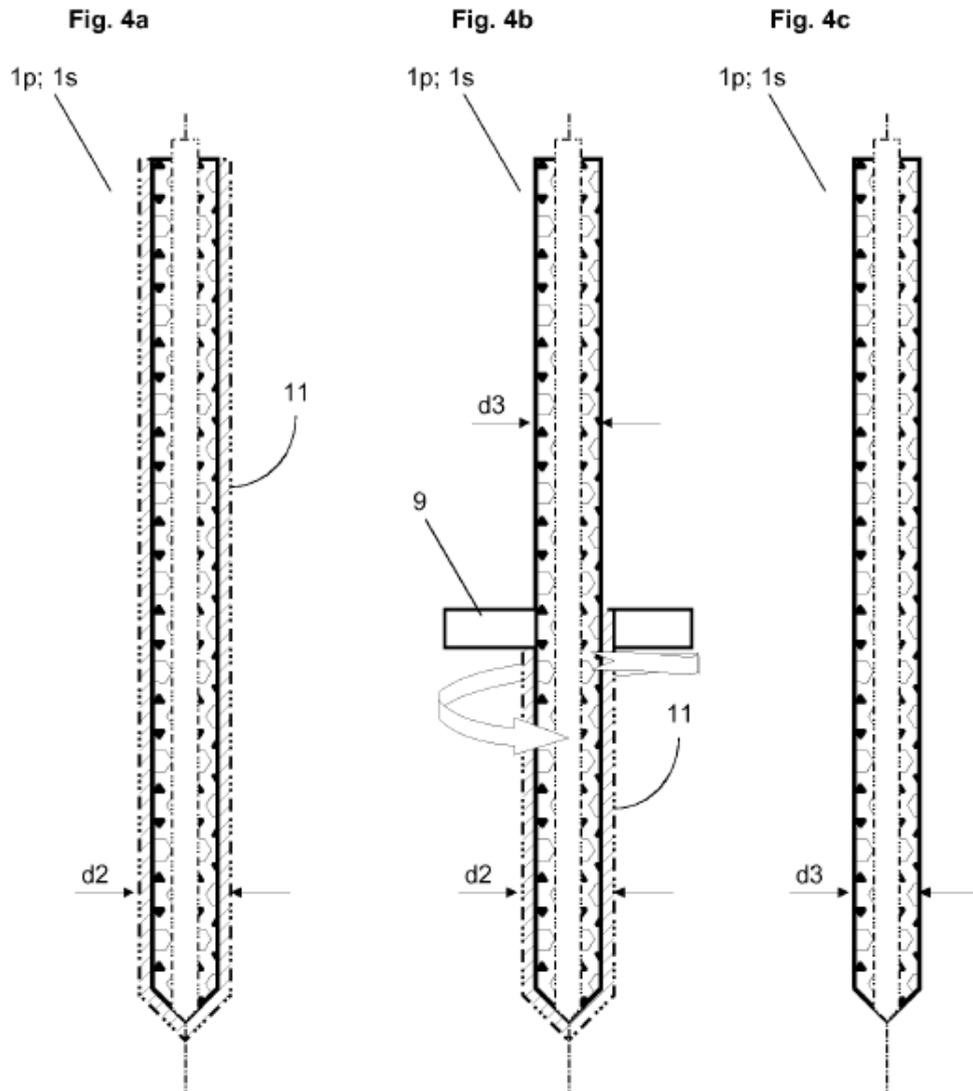


Fig. 5

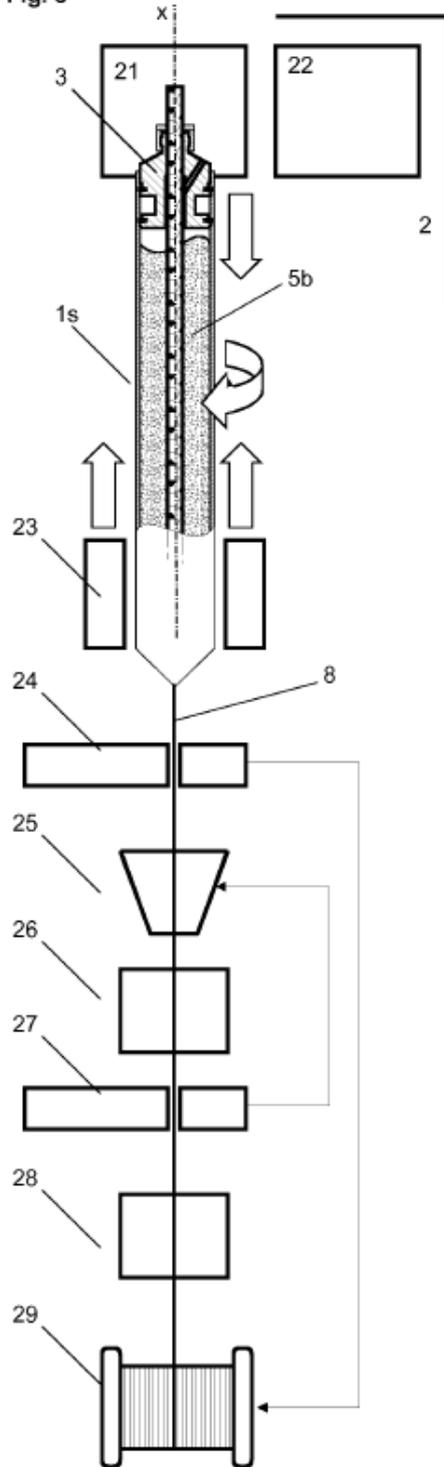


Fig. 6

