

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 999 641**

51 Int. Cl.:

G02B 6/44

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **27.10.2020** **E 20204139 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.12.2024** **EP 3822680**

54 Título: **Cinta de fibras ópticas**

30 Prioridad:

14.11.2019 US 201916683827

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

26.02.2025

73 Titular/es:

PRYSMIAN S.P.A. (100.00%)

**Via Chiese, 6
20126 Milano, IT**

72 Inventor/es:

**FALLAHMOHAMMADI, EHSAN;
RISCH, BRIAN G. y
ANDERSON, CLINT NICHOLAUS**

74 Agente/Representante:

PONTI & PARTNERS, S.L.P.

ES 2 999 641 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

CINTA DE FIBRAS ÓPTICAS

5 CAMPO DE LA INVENCION

[0001] La presente invención se refiere a cintas de fibras ópticas y a procedimientos para producir cintas de fibras ópticas así como unidades de cable de fibra óptica que comprenden dichas cintas.

10 ANTECEDENTES

[0002] Las fibras ópticas proporcionan ventajas con respecto a las líneas de comunicación convencionales. En comparación con las redes tradicionales basadas en cables, las redes de comunicación por fibra óptica pueden transmitir significativamente más información a velocidades significativamente más elevadas. La cantidad de datos transmitidos por cables de fibra óptica está aumentando continuamente a escala mundial. Así sucede especialmente en los centros de datos debido a la expansión de la informática en la nube, que requiere que los datos sean recibidos y transmitidos en un espacio físico limitado. De este modo, existe una demanda creciente de cables ópticos con alto número de fibras y alta densidad de fibras. Por otra parte, existe un deseo persistente de reducir los costes de fabricación de las redes de cables de acceso, lo que convierte a la reducción en el diámetro y el peso de los cables ópticos en una cuestión central para el uso de las instalaciones existentes (p. ej., conducciones subterráneas), con el fin de reducir los costes de instalación. Otro requisito práctico es la capacidad de fibras ópticas de empalme de fusión masiva para acortar el tiempo necesario para la conexión de los cables. Esto significa que existen diversas demandas, posiblemente en conflicto entre sí, como la disminución de los diámetros de los cables ópticos, el aumento en la densidad de fibras ópticas y la mejora en la manejabilidad de los cables ópticos. Se trata de un reto importante y difícil de superar para los fabricantes de cables ópticos. El documento WO2019/011418A1 describe un conjunto de cintas de fibras ópticas que comprende cintas de fibras ópticas adyacentes (cada una de las cuales comprende una pluralidad de fibras ópticas) y un material de unión que forma uniones intermitentes en los intersticios de dos cintas adyacentes de un conjunto, con lo que unen las cintas del conjunto. El documento DE3502754A1 describe fibras ópticas paralelas que están conectadas por medio de una hebra o una cinta flexible. El documento US2019/2580347 describe un procedimiento para fabricar una cinta de fibras ópticas aplicando primero una resina curable en torno a una pluralidad de fibras ópticas paralelas y no curando totalmente dicha primera resina y después aplicando cordones de una segunda resina entre las fibras y a continuación curando totalmente las dos resinas.

[0003] Para conseguir una fácil manejabilidad, las cintas de fibras ópticas pueden empalmarse preferentemente en fusión de masas para establecer simultáneamente múltiples conexiones de fibra óptica. Sin embargo, las cintas de fibras ópticas convencionales presentan la desventaja de la rigidez, debido a la aplicación de una capa de resina en torno al conjunto de fibras ópticas para mantener las fibras ópticas en un plano paralelo. Esta rigidez limita la posibilidad de aumentar la densidad de fibra en los cables de fibra óptica.

40 RESUMEN

[0004] La presente invención se define mediante las reivindicaciones independientes 1 y 8. Se describen realizaciones adicionales en las reivindicaciones dependientes 2-7 y 9-13.

[0005] Las cintas de fibras ópticas ejemplares tienen una excelente flexibilidad, resistencia y robustez para facilitar el enrollado o el plegado de las fibras ópticas constituyentes en la dirección de la anchura de la cinta. Además, las cintas de fibras ópticas ejemplares pueden empalmarse por fusión de masas para formar múltiples conexiones de fibra óptica, y las fibras ópticas individuales pueden separarse sin dañar las fibras ópticas adyacentes. Cada fibra óptica incluye normalmente, desde su centro a su periferia, un núcleo de vidrio, un revestimiento de vidrio y uno o más recubrimientos (p. ej., un recubrimiento primario, un recubrimiento secundario y una capa de tinta opcional). De este modo, las realizaciones correspondientes de la cinta de fibras ópticas en la presente memoria descritas son aplicables al procedimiento relacionado para fabricar una cinta de fibras ópticas, y a la inversa.

[0006] El resumen ilustrativo que antecede, otros objetivos y/o ventajas de la presente descripción, y el modo en que se llevan a cabo, se explican adicionalmente dentro de la siguiente descripción detallada y sus dibujos adjuntos.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

[0007] La presente invención se describe a continuación con referencia a los dibujos adjuntos donde se muestran las realizaciones de la presente invención y donde números de referencia similares se refieren a los mismos elementos o a elementos similares. Los dibujos se proporcionan a modo de ejemplos, pueden ser esquemáticos y pueden no estar dibujados a escala. Los aspectos de la presente invención pueden estar comprendidos en muchas formas diferentes y no debe entenderse que están limitados por los ejemplos representados en los dibujos.

La Figura 1 representa en una representación esquemática un procedimiento ejemplar para fabricar una cinta de

fibras ópticas que tiene doce fibras ópticas.

La Figura 2 representa en una vista esquemática desde arriba un procedimiento ejemplar para fabricar una cinta de fibras ópticas que tiene doce fibras ópticas.

La Figura 3 representa en una vista en perspectiva un conjunto de fibras ópticas representativo.

5 La Figura 4 representa en una vista en sección transversal un conjunto de fibras ópticas representativo.

La Figura 5 representa en una vista desde arriba de una realización ejemplar de una cinta de fibras ópticas que tiene un cordón adhesivo que forma un patrón sinusoidal distorsionado sustancialmente a través de la anchura del conjunto de fibras ópticas.

10 DESCRIPCIÓN DETALLADA

[0008] En la presente memoria se describen diversos aspectos y características con referencia a las figuras adjuntas. Se exponen detalles para proporcionar una comprensión profunda de la presente descripción. Sin embargo, para los expertos en la materia será evidente que las cintas de fibras ópticas descritas y los procedimientos para
15 producir cintas de fibras ópticas pueden llevarse a la práctica o realizarse sin algunos o sin la totalidad de estos detalles específicos. Como otro ejemplo, las características descritas como parte de una realización pueden usarse en otra realización para producir una realización adicional. En ocasiones, aspectos bien conocidos no se han descrito en detalle para evitar oscurecer innecesariamente la presente descripción.

20 [0009] En un primer aspecto, la invención comprende un procedimiento de producción de una cinta de fibras ópticas. El procedimiento facilita velocidades lineales más rápidas durante la fabricación de cintas de fibras ópticas.

[0010] Como se muestra en el procedimiento esquemático representado en las Figuras 1-2, una pluralidad de fibras ópticas (p. ej., 12 o 24 fibras ópticas) se dispone en un conjunto de fibras ópticas 10 longitudinal. Por ejemplo,
25 se introduce una pluralidad de fibras ópticas 11 (p. ej., se suministran en un troquel 19) para proporcionar un conjunto de fibras ópticas 10 longitudinal donde la pluralidad de fibras ópticas 11 están sustancialmente en paralelo y son respectivamente adyacentes entre sí. Normalmente, el conjunto de fibras ópticas 10 longitudinal es una disposición laxa de fibras ópticas sustancialmente paralelas sin unión entre las fibras y que tiene intersticios o surcos entre fibras ópticas adyacentes. Cuando se emplea un troquel de agregación 19 para alinear las fibras ópticas, la velocidad de
30 entrada de las fibras ópticas laxas es la misma que la velocidad de salida del conjunto de fibras ópticas longitudinal.

[0011] Como se representa en las Figuras 3-4, un conjunto de fibras ópticas 10 ejemplar incluye una pluralidad de fibras ópticas 11 dispuestas lado con lado de manera que las fibras ópticas 11 son sustancialmente paralelas entre sí. Cada fibra óptica 11, que incluye una fibra de vidrio de componente 12 y una o más capas de recubrimiento 13
35 circundantes, puede estar estrechamente separada o ser contigua a una fibra óptica 11 adyacente, pero normalmente no deberían cruzarse entre sí a lo largo del conjunto de fibras ópticas 10. El conjunto de fibras ópticas 10 (y la cinta de fibras ópticas resultante) tiene una geometría sustancialmente plana (es decir, aplanada) que define una altura relativamente estrecha, una anchura relativamente ancha y una longitud sustancialmente continua (p. ej., más de 1.000 metros, tal como 5.000 metros o más).

40 [0012] Tal como se usa en la presente memoria, un conjunto de fibras ópticas 10 como se representa en las Figuras 3-4 define inherentemente un lado superior (es decir, la parte superior), un lado inferior (es decir, la parte inferior), un borde izquierdo y un borde derecho. Los lados superior e inferior respectivos definen las superficies principales del conjunto de fibras ópticas 10 (y la cinta de fibras ópticas resultante). Los expertos en la materia
45 apreciarán que al voltear el conjunto de fibras ópticas 180 grados sobre su eje transversal principal se invertirán la parte superior y la parte inferior, con lo que los términos pueden usarse indistintamente en la presente memoria dependiendo del marco de referencia. De forma análoga, los expertos en la materia apreciarán que al girar lateralmente el conjunto de fibras ópticas 180 grados se invertirán el borde derecho y el borde izquierdo, con lo que los términos pueden usarse indistintamente en la presente memoria dependiendo del marco de referencia. Por consiguiente, tal
50 como se usa en la presente memoria, términos como «primer lado» y «segundo lado opuesto» se refieren a los lados superior e inferior respectivos del conjunto de fibras ópticas 10 (y la cinta de fibras ópticas resultante), o a la inversa dependiendo del marco de referencia.

[0013] Como se muestra en las Figuras 3-4, las fibras ópticas 11 están dispuestas en paralelo y
55 respectivamente adyacentes entre sí en un plano. De este modo, la anchura nominal w del conjunto de fibras ópticas refleja el número n y el diámetro d de las fibras ópticas (es decir, $w \cong n \times d$). Normalmente, cada fibra óptica tiene una sección transversal sustancialmente circular, y todas las fibras ópticas en una cinta de fibras ópticas tienen sustancialmente el mismo diámetro nominal. En una realización ejemplar, la anchura w del conjunto de fibras ópticas está entre aproximadamente 2 milímetros y 10 milímetros (p. ej., entre 2 milímetros y 6 milímetros). En la práctica, las
60 fibras ópticas son sustancialmente contiguas entre sí, aunque pueden existir pequeños huecos entre fibras ópticas adyacentes. La anchura de la cinta de fibras ópticas resultante corresponde a la anchura w del conjunto de fibras ópticas. Véase la Figura 4.

[0014] En una realización ejemplar, cada fibra óptica tiene un diámetro d de entre 240 micrómetros y 260
65 micrómetros, más normalmente de aproximadamente 250 micrómetros. Alternativamente, las fibras ópticas pueden

tener un diámetro d reducido, por ejemplo entre aproximadamente 180 micrómetros y 230 micrómetros. En una realización ejemplar, el conjunto de fibras ópticas incluye entre seis y 36 fibras ópticas (incluido el 6 y el 36), por ejemplo entre 12 y 24 fibras ópticas (incluido el 12 y el 24).

5 **[0015]** Durante el procesamiento, el conjunto de fibras ópticas 10 longitudinal avanza a una velocidad lineal v , normalmente a una velocidad lineal mayor que 150 metros por minuto (p. ej., mayor que 200 metros por minuto, tal como mayor que 300 metros por minuto). En algunas realizaciones ejemplares, el conjunto de fibras ópticas 10 longitudinal avanza a una velocidad lineal v entre 400 y 700 metros por minuto (p. ej., entre aproximadamente 500 y 600 metros por minuto). Cuando el conjunto de fibras ópticas 10 pasa cerca (p. ej., por debajo) de una unidad de
10 dispensador 20, se dispensa un material de unión (p. ej., un adhesivo curable) como un cordón adhesivo 15 por medio de una boquilla de dispensación 21 a una superficie principal del conjunto de fibras ópticas (p. ej., su superficie plana superior).

[0016] En una realización ejemplar, la boquilla de dispensación 21 gira a una velocidad constante (es decir, una velocidad orbital angular constante) alrededor de un eje central a una frecuencia cíclica r (es decir, el periodo para completar una revolución alrededor del eje central). Controlando la relación entre la velocidad lineal v del conjunto de fibras ópticas y la frecuencia cíclica r de la boquilla de dispensación, se consigue un patrón casi sinusoidal de material de unión (p. ej., un cordón adhesivo sustancialmente continuo 15) a través de una superficie plana del conjunto de
15 fibras ópticas. Véase la Figura 5.

20 **[0017]** Normalmente, la velocidad lineal v del conjunto de fibras ópticas y la frecuencia cíclica r de la boquilla de dispensación se controlan para conseguir un paso v/r de al menos aproximadamente 50 milímetros, por ejemplo entre 50 y 400 milímetros (p. ej., entre 75 y 300 milímetros). En otra realización ejemplar, la velocidad lineal v del conjunto de fibras ópticas y la frecuencia cíclica r de la boquilla de dispensación se controlan para conseguir un paso
25 v/r de entre 90 y 110 milímetros, tal como aproximadamente 100 milímetros (p. ej., 100 milímetros \pm 0,2 milímetros). A este respecto, el paso es la longitud del patrón recurrente de cordones adhesivos tal como se aplica a un conjunto de fibras ópticas (p. ej., la longitud repetida de un patrón sinusoidal distorsionado de material de unión depositado en la cinta de fibras ópticas resultante). Véase la Figura 5.

30 **[0018]** Más normalmente, la relación entre el paso v/r y la anchura w del conjunto de fibras ópticas es al menos aproximadamente 12 y menos de aproximadamente 150 (p. ej., aproximadamente 15 o 20 o superior, por ejemplo entre aproximadamente 25 y 75). En una realización ejemplar, la relación entre el paso v/r y la anchura w del conjunto de fibras ópticas está entre aproximadamente 30 y 40, tal como para un conjunto de fibras ópticas de número 12 que tiene una anchura w de aproximadamente 3 milímetros.

35 **[0019]** En una realización alternativa, la boquilla de dispensación 21 gira alrededor de un eje central a una velocidad variable (es decir, una velocidad angular orbital variable) a una frecuencia cíclica r . En algunos casos, variar la velocidad orbital de la boquilla de dispensación 21 puede reducir la incidencia de uniones desiguales, tal como puede suceder si el cordón adhesivo 15 forma un patrón excesivamente cicloide (p. ej., si el paso v/r es relativamente corto). Girar la boquilla de dispensación 21 a velocidad angular orbital variable puede potenciar el patrón sinusoidal distorsionado resultante (p. ej., al reducir la naturaleza cicloide del cordón adhesivo) o puede crear cordones adhesivos rectilíneos entre fibras ópticas adyacentes. Por ejemplo, la velocidad angular orbital puede cambiar cuando la boquilla de dispensación 21 se coloca sobre una parte de borde exterior del conjunto de fibras ópticas 10 para modificar la transición cicloide (p. ej., la velocidad angular orbital se ralentizará para alargar los valles en el patrón cicloide y/o
40 podría aumentar para acortar el pico en arco en el patrón cicloide), o la boquilla de dispensación 21 puede interrumpir su órbita circular cuando se coloca sobre surcos en el conjunto de fibras ópticas 10 para formar cordones adhesivos rectilíneos alargados. De forma análoga, la velocidad angular orbital puede ralentizarse a través de la parte central del conjunto de fibras ópticas 10 para crear un movimiento ovoide, que podría producir un patrón diferente para la deposición sinusoidal de adhesivo. En una realización alternativa, la órbita circular en sí puede alargarse (p. ej., una
45 órbita elíptica) para facilitar la deposición de un cordón adhesivo que sea más sinusoidal y menos cicloide.

[0020] Normalmente, el eje central de la órbita de la boquilla de dispensación está colocado en posición central encima (o de otro modo en correspondencia con) la línea media ($w/2$) del conjunto de fibras ópticas (p. ej., el eje central corta sustancialmente el eje longitudinal medio de la cinta de fibras ópticas resultante). Véase la Figura 2. A este
55 respecto, para una cinta de 12 fibras la línea media corresponde al surco longitudinal entre las fibras ópticas sexta y séptima, y para una cinta de 24 fibras la línea media corresponde al surco longitudinal entre las fibras ópticas decimosegunda y decimotercera. En una realización ejemplar, la boquilla de dispensación 21 gira alrededor de un eje central en una órbita que tiene un diámetro que corresponde sustancialmente a la anchura w del conjunto de fibras ópticas 10 longitudinal. De este modo, el material de unión se aplica como un cordón adhesivo 15 a través de al menos
60 una superficie principal del conjunto de fibras ópticas (p. ej., la superficie plana superior). En una realización relacionada, el dispensador boquilla 21 gira alrededor del eje central en una órbita que tiene un diámetro que corresponde sustancialmente a la distancia lateral ($w - 2d$) entre las dos fibras ópticas exteriores. Como entenderán los expertos en la materia, esta distancia lateral ($w - 2d$) es la separación entre los surcos más exteriores en el conjunto de fibras ópticas. Véase la Figura 2.

65

[0021] Normalmente, el cordón adhesivo que une fibras ópticas adyacentes en el conjunto de fibras ópticas forma un patrón sinusoidal distorsionado a través de la anchura del conjunto de fibras ópticas, teniendo el patrón sinusoidal distorsionado una amplitud entre picos y valles sustancialmente entre (i) la distancia lateral entre las dos fibras ópticas exteriores ($w - 2d$) y (ii) la anchura w del conjunto de fibras ópticas.

[0022] Tal como se usa en la presente memoria, términos como «que corresponde sustancialmente a la anchura» y «que corresponde sustancialmente a la distancia lateral» se refieren al movimiento de una boquilla de dispensación y/o los patrones de deposición de adhesivo correspondientes, que se extienden normalmente a las fibras ópticas opuestas más externas en el conjunto de fibras ópticas (p. ej., partes de bordes opuestos del conjunto de fibras ópticas).

[0023] Está dentro del alcance de la presente descripción tener un cordón adhesivo sustancialmente continuo o una serie de cordones discontinuos que aseguran (p. ej., fijan) las fibras ópticas dentro de la cinta de fibras ópticas. En una realización ejemplar, el o los cordones adhesivos están dispuestos solo en un lado del conjunto de fibras ópticas (es decir, un primer lado). Por ejemplo, el o los cordones están dispuestos solo en una superficie principal del conjunto de fibras ópticas, normalmente su superficie superior (es decir, cuando las fibras ópticas están dispuestas en un modo de cinta y no de rollo). Como se observa, el conjunto de fibras ópticas puede verse como un conjunto de tipo cinta que define una superficie superior, una superficie inferior y dos bordes laterales. Las superficies superior e inferior (es decir, las superficies principales respectivas) no son completamente planas, ya que están formadas por una disposición de fibra óptica sustancialmente paralela. De este modo, las superficies superior e inferior tienen surcos longitudinales paralelos entre fibras ópticas adyacentes. Los expertos en la materia entenderán que en la práctica las fibras ópticas pueden no ser perfectamente paralelas, sino sustancialmente paralelas.

[0024] Los cordones adhesivos siguen normalmente un patrón sinusoidal distorsionado para unir fibras ópticas adyacentes dentro de la cinta de fibras ópticas. En algunas realizaciones ejemplares, la boquilla de dispensación puede interrumpir su órbita cuando se coloca sobre surcos en el conjunto de fibras ópticas para depositar material de unión como cordones adhesivos rectilíneos longitudinales con los surcos respectivos. En una realización ejemplar, el cordón adhesivo forma una especie de hebra que tiene una masa (en gramos) por 10.000 metros de entre 60 y 120 dtex, por ejemplo entre 75 y 110 dtex.

[0025] Se ha observado que, según la presente descripción, dispensar material de unión desde una boquilla que está girando en un plano paralelo a un conjunto de fibras ópticas plano facilita velocidades lineales más rápidas durante la fabricación de una cinta de fibras ópticas unidas intermitentemente. A este respecto, una boquilla de dispensación ejemplar está hecha de un tubo capilar en el centro de un manguito metálico que está girando en una órbita sustancialmente circular por medio de un servomotor (p. ej., usando un sistema de correa-polea). Dicha configuración reduce vibraciones indeseables, que pueden estar causadas por el movimiento lineal de un cigüeñal alternativo convencional tal como se usa normalmente con boquillas alternativas, y evita el solapamiento y/o la distribución desigual del material de unión, que podría producirse usando un cigüeñal alternativo convencional. De hecho, se ha observado que el uso de una boquilla giratoria como se describe en la presente memoria ayuda a conseguir velocidades lineales v entre 400 y 700 metros por minuto, que es aproximadamente 4-5 veces más de lo posible con un sistema de cigüeñal alternativo convencional.

[0026] Como se observa, en una realización ejemplar, la velocidad lineal v del conjunto de fibras ópticas y la frecuencia cíclica r de la boquilla de dispensación se controlan para conseguir un paso v/r de aproximadamente 100 milímetros (p. ej., 100 milímetros $\pm 0,2$ milímetros). Se ha observado que este paso consigue un patrón casi sinusoidal sustancialmente a través de la anchura de un conjunto de fibras ópticas de número 24 que tiene una anchura w de aproximadamente 6 milímetros (p. ej., en un lado plano de la cinta de fibras ópticas, un cordón que se extiende desde una parte de borde a la parte de borde opuesta y se repite en toda la longitud del conjunto de fibras ópticas). A este respecto, el uso de esta clase de boquilla giratoria produce un patrón sinusoidal distorsionado que forma repetidamente (i) picos en una parte de borde del conjunto de fibras ópticas y (ii) valles en una parte de borde opuesta del conjunto de fibras ópticas, y donde los picos sinusoidales distorsionados y los valles sinusoidales distorsionados tienen formas respectivas diferentes. Se ha observado que una relación entre el paso v/r y la anchura w superior del conjunto de fibras ópticas, por ejemplo entre aproximadamente 30 y 35 para un conjunto de fibras ópticas de número 12 que tiene una anchura w de aproximadamente 3 milímetros, consigue una forma casi sinusoidal con distorsión tolerable entre picos y valles.

[0027] Tal como se usa en la presente memoria, el término «sustancialmente a través de la anchura» y similares se refieren a patrones de deposición de adhesivo a lo largo del conjunto de fibras ópticas que se extienden a las fibras ópticas opuestas exteriores en el conjunto de fibras ópticas. Como entenderán los expertos en la materia, al proporcionar un cordón adhesivo «sustancialmente a través de la anchura» del conjunto de fibras ópticas se unen fibras ópticas adyacentes para conseguir una cinta de fibras ópticas.

[0028] Se ha observado que relaciones inferiores entre el paso v/r y la anchura w producen una deposición de cordón adhesivo en un patrón cicloide indeseable. Por ejemplo, si el paso v/r es demasiado corto (p. ej., menos de 50 milímetros o así para un conjunto de fibras ópticas de número 12), la boquilla giratoria produce un patrón cicloide

indeseable. Un patrón de unión excesivamente cicloide crea uniones adhesivas desiguales entre fibras ópticas (p. ej., más unión en una parte de borde de la cinta de fibras ópticas que en la otra parte de borde), y la cinta de fibras ópticas resultante se vuelve demasiado rígida, obstaculizando el plegado óptimo en el espacio (p. ej., plegado en tres ejes).

- 5 **[0029]** Sin estar vinculado a ninguna teoría, el siguiente análisis proporciona una reflexión adicional para conseguir un patrón sinusoidal distorsionado favorable de un cordón adhesivo por medio de una boquilla giratoria:

[0030] El patrón de deposición desde la boquilla, que gira a una velocidad angular orbital constante alrededor de un eje central a una frecuencia cíclica r , en el conjunto de fibras ópticas longitudinal, que avanza a una velocidad lineal v , depende de dos movimientos diferentes. Las ecuaciones para la boquilla giratoria son las siguientes:

$$x^n(t) = A \cdot \sin(t \cdot \omega)$$

$$y^n(t) = A \cdot \cos(t \cdot \omega)$$

15 donde A es el radio de la órbita circular de la boquilla giratoria alrededor de un eje central (referido en la presente memoria como «excentricidad»).

- 20 **[0031]** También debe considerarse el movimiento lineal del conjunto de fibras ópticas longitudinal:

$$x^r(t) = v \cdot t$$

$$x(r) = A \cdot \sin\left(L \cdot \frac{2\pi}{P}\right) + L$$

- 25 **[0032]** La forma resultante del cordón adhesivo dispensado en el conjunto de fibras ópticas es la superposición de estas componentes:

$$y(r) = A \cdot \cos\left(L \cdot \frac{2\pi}{P}\right)$$

$$x(t) = x^n + x^r = A \sin(t \cdot \omega) + v \cdot t$$

$$y(t) = x^n = A \cdot \cos(t \cdot \omega)$$

- 30 **[0033]** Así, el avance del conjunto de fibras ópticas incide solo en la componente X de la forma. La velocidad de la boquilla giratoria debe relacionarse con la velocidad lineal v del conjunto de fibras ópticas, y esto se consigue introduciendo el paso de cinta P , la longitud de cinta de fibras ópticas correspondiente a una rotación completa de la boquilla (es decir, $P = v/r$). Usando esta relación, la velocidad angular requerida de la boquilla puede derivarse de la
35 velocidad lineal del conjunto de fibras ópticas v (p. ej., calculando la velocidad angular según la velocidad lineal) del modo siguiente:

$$x(t) = A \cdot \sin\left(t \cdot 2\pi \frac{v}{P}\right) + v \cdot t$$

$$y(t) = A \cdot \cos\left(t \cdot 2\pi \frac{v}{P}\right)$$

- 40 **[0034]** Además, sincronizando la velocidad lineal v del conjunto de fibras ópticas y la frecuencia cíclica r de la boquilla de dispensación, el dominio de tiempo puede desplazarse al dominio de espacio usando la longitud de la cinta de fibras ópticas L (es decir, sustituyendo por $v \cdot t$):

- 45 **[0035]** Estas ecuaciones (anteriores) pueden usarse para trazar la forma del cordón para diferentes longitudes de paso de cinta (P) según se deposita en la cinta de fibras ópticas. Las formas de cordón respectivas se mantienen con independencia de la velocidad lineal v del conjunto de fibras ópticas, siempre que se implemente el sistema de sincronización. En suma, la velocidad angular de la boquilla giratoria se sincroniza con la velocidad lineal v del conjunto
50 de fibras ópticas no solo durante operaciones de estado constante sino también durante los aumentos y los descensos (es decir, el inicio y el cierre).

- [0036]** Sería conveniente conseguir una forma de deposición sinusoidal pura en la cinta de fibras ópticas. Esto

implicaría solo una función sinusoidal (o una función coseno) en la Y y solo avance de la cinta en la X. Sin embargo, existe una función sinusoidal en la X, que provoca una forma de deposición sinusoidal distorsionada en la cinta de fibras ópticas. Para evaluar la magnitud de la distorsión, se puede calcular la relación de distorsión k entre la oscilación horizontal de la boquilla (es decir, el diámetro orbital) y la longitud del conjunto de fibras ópticas correspondiente a esta oscilación (es decir, medio paso, en concreto, $P/2 = v/2r$). Cuanto menor es la relación de distorsión k , más cercana será la forma de la deposición a una forma de deposición sinusoidal pura.

[0037] La oscilación horizontal de la boquilla es dos veces la excentricidad A (es decir, A es el radio de la órbita de la boquilla giratoria alrededor de un eje central). La función sinusoidal avanza desde su máximo a su mínimo en media rotación, con lo que la longitud del conjunto de fibras ópticas correspondiente a esta oscilación de boquilla es la mitad de un paso (es decir, $P/2 = v/2r$). Por consiguiente, la relación de distorsión k se define del modo siguiente:

$$k = \frac{2A}{P/2} = \frac{4A}{P}$$

[0038] La Tabla 1 (mostrada a continuación) proporciona la relación de distorsión k para diversos pasos de cinta con respecto a una boquilla de dispensación que tiene un radio orbital de 1,5 milímetros medido desde el eje central. Los pasos denotados por * no están de acuerdo con la invención.

Tabla 1

paso (milímetros)	relación de distorsión k
10*	60 %
20*	30 %
30*	20 %
50	12 %
75	8 %
100	6 %
200	3 %
400	1,5 %

[0039] La Tabla 2 (mostrada a continuación) proporciona la relación de distorsión k para diversos pasos de cinta con respecto a una boquilla de dispensación que tiene un radio orbital de 3,0 milímetros medido desde el eje central. Los pasos denotados por * no están de acuerdo con la invención.

Tabla 2

paso (milímetros)	relación de distorsión k
10*	120 %
20*	60 %
30*	40 %
50	24 %
75	16 %
100	12 %
200	6 %
400	3 %

[0040] En una realización ejemplar, el material de unión que forma un cordón adhesivo se aplica con una viscosidad de entre 100 cP y 1.000 cP, normalmente entre 100 cP y 400 cP. Esto permite que una masa suficientemente viscosa llene los surcos entre fibras ópticas adyacentes y producirá (p. ej., después del curado) una

cinta de fibras ópticas que tiene un cordón de cinta más suave, reduciendo así posibles tensiones en la cinta de fibras ópticas cuando se enrolle o se pliegue. Si la viscosidad es demasiado baja, el material estará demasiado diluido y líquido, y el adhesivo fluirá en exceso entre las fibras ópticas y no formará una unión consistente. La viscosidad puede medirse usando un viscosímetro rotacional digital Brookfield Modelo DV-II con RV1 con huso a 10 rpm. La viscosidad puede medirse a varias temperaturas diferentes, por ejemplo a 23 °C, y/o a 30 °C, y/o a 40 °C, y/o a 50 °C, y/o a 60 °C, para determinar la temperatura óptima para la aplicación del material de unión (p. ej., un material de resina curable).

[0041] En una realización ejemplar, el material de unión que forma un cordón adhesivo se calienta y se aplica a una temperatura de hasta 60 °C (p. ej., entre aproximadamente 23 °C y 60 °C). Si se usan temperaturas superiores durante la preparación de las cintas de fibras ópticas, podría producirse una tensión térmica en las fibras ópticas, lo que llevaría a una atenuación (p. ej., a una longitud de onda de 1.310 nanómetros, 1.550 nanómetros y/o 1.625 nanómetros).

[0042] En una realización ejemplar, la boquilla de dispensación puede suministrar material de unión líquido en finas gotas a un conjunto de fibras ópticas en avance. Debido a la tensión superficial, el material de unión líquido, si se proporciona en gotas suficientes a una frecuencia suficiente, fluirá conjuntamente para formar cordones adhesivos sustancialmente continuos.

[0043] Con respecto al procedimiento de producción de una cinta de fibras ópticas, cada fibra óptica 11 que se dispone en el conjunto de fibras ópticas 10 longitudinal incluye, desde su centro a su periferia, un núcleo de vidrio, un revestimiento de vidrio y uno o más recubrimientos, tal como un recubrimiento primario, un recubrimiento secundario y una capa de tinta opcional (p. ej., una capa de tinta que rodea de forma contigua al recubrimiento secundario). Los expertos en la materia conocerán las diferentes clases de recubrimientos primarios, recubrimientos secundarios y capas de tinta, así como las estructuras y espesores de los mismos, tal como se describe por ejemplo en: la patente de EE.UU. n° 8.265.442 para una *Fibra óptica resistente a las microflexiones* y la patente de EE.UU. n° 8.600.206 para una *Fibra óptica de diámetro reducido*.

[0044] En una realización ejemplar, cada fibra óptica 11 incluye también una capa externa sacrificial que facilita la separación de una fibra óptica de la cinta de fibras ópticas sin dañar las partes estructurales principales de la fibra óptica. La solicitud de patente de EE.UU. de número de publicación US 2019/0250347 A1 de los autores de la presente invención describe el uso de capas de liberación externas sacrificiales (p. ej., empleo de primeras y segundas resinas curables, tales como resinas de ultravioleta curables) en cintas de fibras ópticas.

[0045] En una realización ejemplar, la capa externa sacrificial de la pluralidad de fibras ópticas incluye una primera resina curable parcialmente curada. Por ejemplo, antes de hacer avanzar (o disponer de otro modo) la pluralidad de fibras ópticas para proporcionar un conjunto de fibras ópticas longitudinal, se cura parcialmente una primera resina curable de la capa externa de cada una de la pluralidad de fibras ópticas en un grado de curado de superficie de entre el 85 % y el 95 %, por ejemplo entre el 88 % y el 92 % (p. ej., aproximadamente el 90 % de curado) para proporcionar una fibra óptica que tiene una capa externa de una primera resina curable parcialmente curada.

[0046] En otras realizaciones ejemplares, la capa externa sacrificial de la pluralidad de fibras ópticas incluye una primera resina curable sustancialmente curada en su totalidad. Por ejemplo, antes de suministrar (o disponer de otro modo) la pluralidad de fibras ópticas para proporcionar un conjunto de fibras ópticas longitudinal, se cura sustancialmente en su totalidad una primera resina curable de la capa externa de cada una de la pluralidad de fibras ópticas en un grado de curado de superficie del 95 % o más para proporcionar una fibra óptica que tiene una capa externa de una primera resina curable sustancialmente curada en su totalidad.

[0047] En realizaciones ejemplares alternativas, la capa externa sacrificial de la pluralidad de fibras ópticas incluye una primera resina curable completamente curada.

[0048] En una realización ejemplar, el espesor de la capa externa (es decir, la capa de liberación sacrificial formada por la primera resina curable según se cura) está entre 2 micrómetros y 10 micrómetros, por ejemplo entre 3 micrómetros y 5 micrómetros o, más normalmente, entre 5 micrómetros y 10 micrómetros. En otra realización ejemplar, la capa externa sacrificial en sí puede constituir una capa de tinta.

[0049] Normalmente, si las fibras ópticas 11 incluyen una capa externa sacrificial formada por una primera resina curable, el material de unión es una segunda resina curable, y la boquilla de dispensación 21 dispensa así una segunda resina curable (p. ej., un adhesivo curable) en la primera resina curable que forma una capa externa sacrificial de las fibras ópticas (y así, también del conjunto de fibras ópticas). Posteriormente, el conjunto de fibras ópticas con un cordón adhesivo, que forma un patrón sinusoidal distorsionado sustancialmente a través de la anchura del conjunto de fibras ópticas, se hace pasar a través de una estación de curado 22 para curar la segunda resina curable y, si la primera resina curable se encuentra por debajo de estar totalmente curada (p. ej., parcialmente curada o curada sustancialmente en su totalidad) para curar adicionalmente la primera resina curable. Véase la Figura 1. Como se observa, el patrón sinusoidal distorsionado normalmente se repite en toda la longitud del conjunto de fibras ópticas. Por ejemplo, una estación de curado 22 ejemplar puede emitir radiación ultravioleta (UV) para curar los cordones

adhesivos de la segunda resina curable y para curar adicionalmente la primera resina curable curada parcialmente (o la primera resina curable curada sustancialmente en su totalidad) para la capa externa de las fibras ópticas. En algunas realizaciones, se crea una conexión (p. ej., un acoplamiento químico, por ejemplo por medio de enlaces covalentes) entre la primera resina curable, que es la capa de recubrimiento sacrificial más externa de las fibras ópticas, y la segunda resina curable, que se aplica normalmente al conjunto de fibras ópticas como uno o más cordones adhesivos.

[0050] A modo de ilustración no limitante, cuando la primera resina curable se cura parcialmente, el curado concurrente de la primera resina curable y la segunda resina curable proporciona un aumento de la resistencia de unión entre la segunda resina curable y la primera resina curable de las fibras ópticas. Por el contrario, cuando la primera resina curable está sustancialmente curada en su totalidad de manera que es posible solo un pequeño curado adicional, el curado posterior de la segunda resina curable proporciona una disminución de la resistencia de unión entre la segunda resina curable y la primera resina curable de las fibras ópticas. La resistencia relativa del acoplamiento entre la primera resina curable y la segunda resina curable afecta a la robustez de la cinta de fibras ópticas y a la facilidad por la cual pueden separarse las fibras ópticas de la cinta de fibras ópticas.

[0051] El curado de la primera resina curable curada parcialmente (o la primera resina curable curada sustancialmente en su totalidad) que forma la capa externa de la fibra óptica con la segunda resina curable que forma el cordón parece influir en la robustez de la cinta de fibras ópticas y en la facilidad de separación de las fibras ópticas con respecto a la cinta de fibras ópticas. En la cinta de fibras ópticas resultante, el punto de fallo cuando se retira una fibra óptica se produce preferentemente (i) dentro del cordón adhesivo (es decir, formado por la segunda resina curable según se cura), (ii) en la interfaz entre el cordón adhesivo (es decir, formado por la segunda resina curable según se cura) y la capa externa sacrificial (es decir, formada por la primera resina curable según se cura), (iii) dentro de la capa externa sacrificial en sí (es decir, formada por la primera resina curable según se cura), o (iv) en la interfaz entre la capa externa sacrificial (es decir, formada por la primera resina curable según se cura) y la capa de recubrimiento secundario (o la capa de tinta opcional, si estuviera presente). Como se observa, la capa externa de la fibra óptica (es decir, formada por la primera resina curable según se cura) puede considerarse una capa de liberación sacrificial que facilita la separación de una fibra óptica desde la cinta de fibras ópticas sin dañar las partes estructurales principales de la fibra óptica, en concreto el núcleo de vidrio, el revestimiento de vidrio, el recubrimiento primario, el recubrimiento secundario y la capa de tinta opcional, si estuviera presente.

[0052] Cuando deba desprenderse una fibra óptica o retirarse de otro modo de la cinta de fibras ópticas, no deberían producirse daños en la estructura principal de las fibras ópticas. Para mantener la integridad de la fibra óptica, sería indeseable que el punto de fallo o de ruptura durante el desprendimiento de la fibra óptica tuviera lugar, por ejemplo, dentro de la capa de tinta opcional, el recubrimiento secundario o en la interfaz del recubrimiento secundario con el recubrimiento primario. Esta clase de fallo de desprendimiento podría considerarse un daño inaceptable para la fibra óptica.

[0053] La cinta de fibras ópticas según la presente invención puede usarse para formar unidades de cable de fibra óptica y cables de fibra óptica. Una unidad de cable de fibra óptica ejemplar tiene 24 cintas de 12 fibras ópticas cada. Dicha unidad de cable de fibra óptica empaqueta 288 fibras ópticas en una alta densidad de fibra óptica. Por consiguiente, en otro aspecto de la invención, la presente invención comprende una unidad de cable de fibra óptica que incluye una o más cintas de fibras ópticas (también según la presente invención) rodeadas por una vaina polimérica. La presente invención comprende además un cable de fibra óptica que incluye una más de las cintas de fibras ópticas o unidades de cable de fibra óptica según la presente invención.

[0054] Otras variaciones de las realizaciones descritas pueden ser comprendidas y aplicadas por los expertos en la materia que pongan en práctica la presente invención estudiando los dibujos, la descripción y las reivindicaciones adjuntas. En las reivindicaciones, la expresión «que comprende» no excluye otros elementos o etapas, y el artículo indefinido «un» o «una» no excluye una pluralidad. Salvo que se especifique lo contrario, se entiende que los intervalos numéricos incluyen los extremos.

[0055] Dentro del alcance de esta descripción, uno o más de los términos «sustancialmente», «aproximadamente», «en torno a» y/o similares designan cada uno de los adjetivos y adverbios de la descripción anterior, para proporcionar una descripción amplia. A modo de ejemplo, se entiende que los expertos en la materia comprenderán fácilmente que, en diferentes implementaciones de las características de esta descripción, pueden ser aplicables y adecuadas tolerancias, precisiones y/o exactitudes de ingeniería razonablemente diferentes para obtener el resultado deseado. Por consiguiente, se entiende que los expertos en la materia comprenderán fácilmente el uso en la presente memoria de expresiones como «sustancialmente», «aproximadamente», «en torno a» y similares.

[0056] El uso del término «y/o» incluye todas y cada una de las combinaciones de uno o más de los elementos enumerados asociados. Las figuras son representaciones esquemáticas y, por tanto, no están dibujadas necesariamente a escala. Salvo que se observe lo contrario, se han utilizado términos específicos en un sentido genérico y descriptivo y no con fines de limitación.

[0057] Si bien en la presente memoria se han descrito diversos aspectos, características y realizaciones, otros

aspectos, características y realizaciones serán evidentes para los expertos en la materia. Los diversos aspectos, características y realizaciones descritos son con fines de ilustración y no pretenden ser limitativos. Se pretende que el alcance de la presente invención incluya al menos las reivindicaciones siguientes.

REIVINDICACIONES

1. Un procedimiento de fabricación de una cinta de fibras ópticas, que comprende:
 - 5 (i) la disposición de una pluralidad de fibras ópticas (11) en un conjunto de fibras ópticas longitudinal (10) que tiene una anchura w , donde la pluralidad de fibras ópticas son paralelas y respectivamente adyacentes entre sí;
 - (ii) el avance del conjunto de fibras ópticas longitudinal a velocidad lineal v ; y
 - 10 (iii) la aplicación de un material de unión a una superficie del conjunto de fibras ópticas por medio de un dispensador (20) que gira alrededor de un eje central a una frecuencia cíclica r , **caracterizado porque**
 - * el paso v/r es de 50 milímetros o superior y/o
 - * la relación entre el paso v/r y la anchura w del conjunto de fibras ópticas está entre 12 y 150.
2. El procedimiento según la reivindicación 1, que comprende la aplicación continua de material de unión a una superficie del conjunto de fibras ópticas por medio de una boquilla de dispensación (21) mientras la boquilla de dispensación gira alrededor de un eje central que está colocado en posición central de manera que corte sustancialmente la línea media, $w/2$, del conjunto de fibras ópticas.
3. El procedimiento según la reivindicación 2, donde el conjunto de fibras ópticas longitudinal incluye dos fibras ópticas exteriores que tienen un diámetro d , y donde el dispensador gira alrededor del eje central en una órbita circular que tiene un diámetro comprendido entre (i) la distancia lateral entre las dos fibras ópticas exteriores, $w - 2d$, y (ii) la anchura w del conjunto de fibras ópticas longitudinal.
4. El procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde el paso v/r está entre 75 milímetros y 300 milímetros.
5. El procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, donde el conjunto de fibras ópticas longitudinal avanza a una velocidad lineal v de al menos 200 metros por minuto.
6. El procedimiento según la reivindicación 4, donde el paso v/r está entre 100 milímetros y 200 milímetros.
7. El procedimiento según la reivindicación 5, donde el conjunto de fibras ópticas longitudinal avanza a una velocidad lineal v de entre 400 metros por minuto y 700 metros por minuto.
8. Una cinta de fibras ópticas, que comprende:
 - (i) una pluralidad de fibras ópticas (11) respectivamente adyacentes que se extienden en una dirección longitudinal y están dispuestas en paralelo para formar un conjunto de fibras ópticas (10) que tiene una anchura w ; y
 - (ii) un cordón adhesivo (15) que une fibras ópticas adyacentes en el conjunto de fibras ópticas, formando el cordón adhesivo un patrón sinusoidal distorsionado a través de la anchura del conjunto de fibras ópticas, donde el patrón sinusoidal distorsionado del cordón adhesivo forma repetidamente
 - (i) picos en una parte de borde del conjunto de fibras ópticas y
 - (ii) valles en una parte de borde opuesta del conjunto de fibras ópticas, y donde los picos sinusoidales distorsionados y los valles sinusoidales distorsionados tienen formas respectivas diferentes;

caracterizado porque
el patrón sinusoidal distorsionado del cordón adhesivo tiene un paso de cinta, P , de 50 milímetros o superior y/o donde la relación entre el paso de cinta P y la anchura w del conjunto de fibras ópticas está entre 12 y 150.
9. La cinta de fibras ópticas según la reivindicación 8, donde cada fibra óptica incluye, desde su centro a su periferia, un núcleo de vidrio, un revestimiento de vidrio, un recubrimiento primario y un recubrimiento secundario.
10. La cinta de fibras ópticas según la reivindicación 8 o 9, donde el patrón sinusoidal distorsionado tiene un paso de entre 50 milímetros y 400 milímetros.
11. La cinta de fibras ópticas según cualquiera de las reivindicaciones 8-10, donde el cordón adhesivo une intermitentemente fibras ópticas adyacentes en el conjunto de fibras ópticas.
12. La cinta de fibras ópticas según cualquiera de las reivindicaciones 8-11, donde el conjunto de fibras ópticas longitudinal incluye dos fibras ópticas exteriores que tienen un diámetro d , y donde el cordón adhesivo que forma un patrón sinusoidal distorsionado tiene una amplitud entre picos y valles sustancialmente entre (i) la distancia lateral entre las dos fibras ópticas exteriores, $w - 2d$, y (ii) la anchura w del conjunto de fibras ópticas.
13. Una unidad de cable de fibra óptica que comprende una o más cintas de fibras ópticas según cualquiera de las reivindicaciones 8-12.

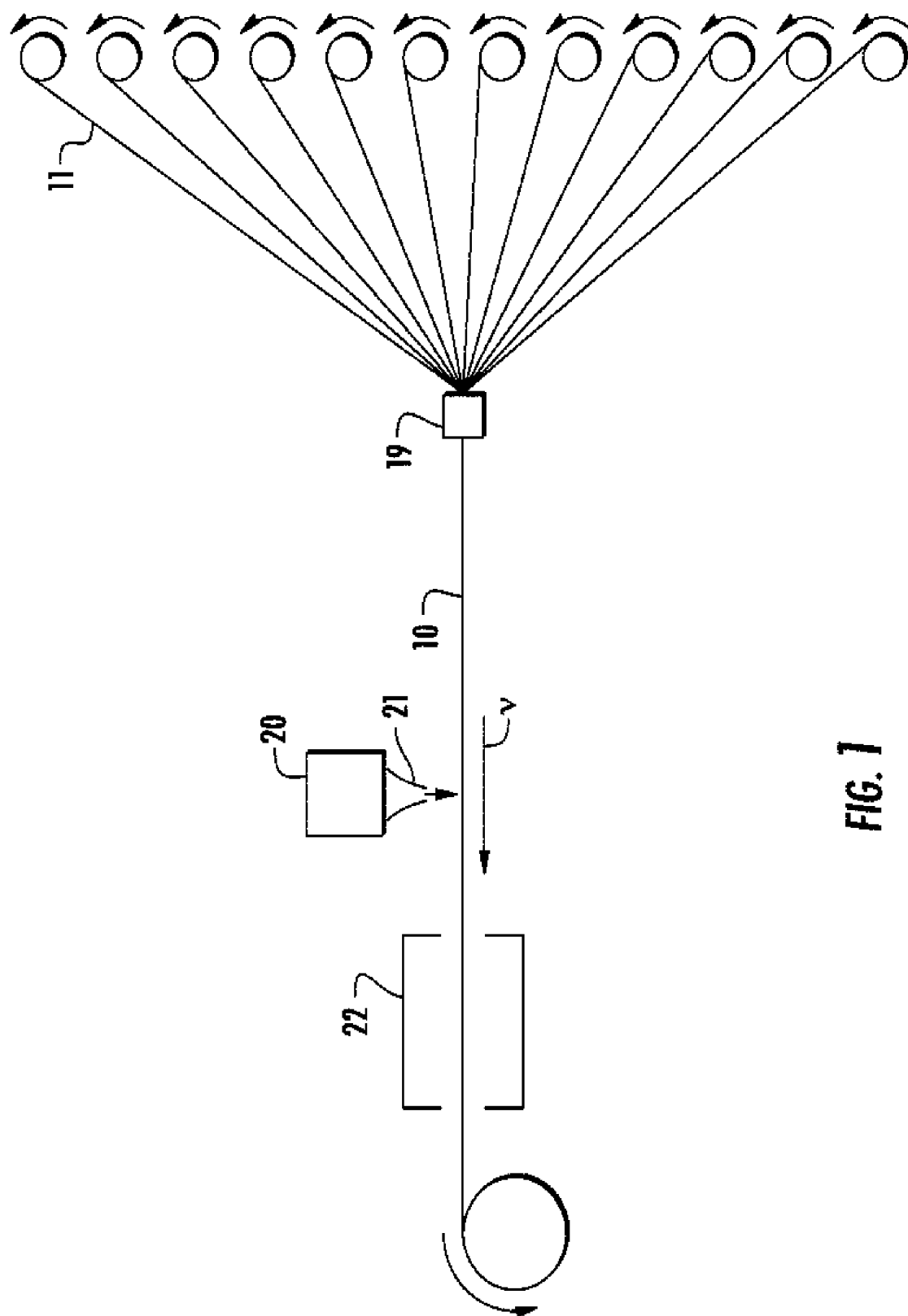


FIG. 1

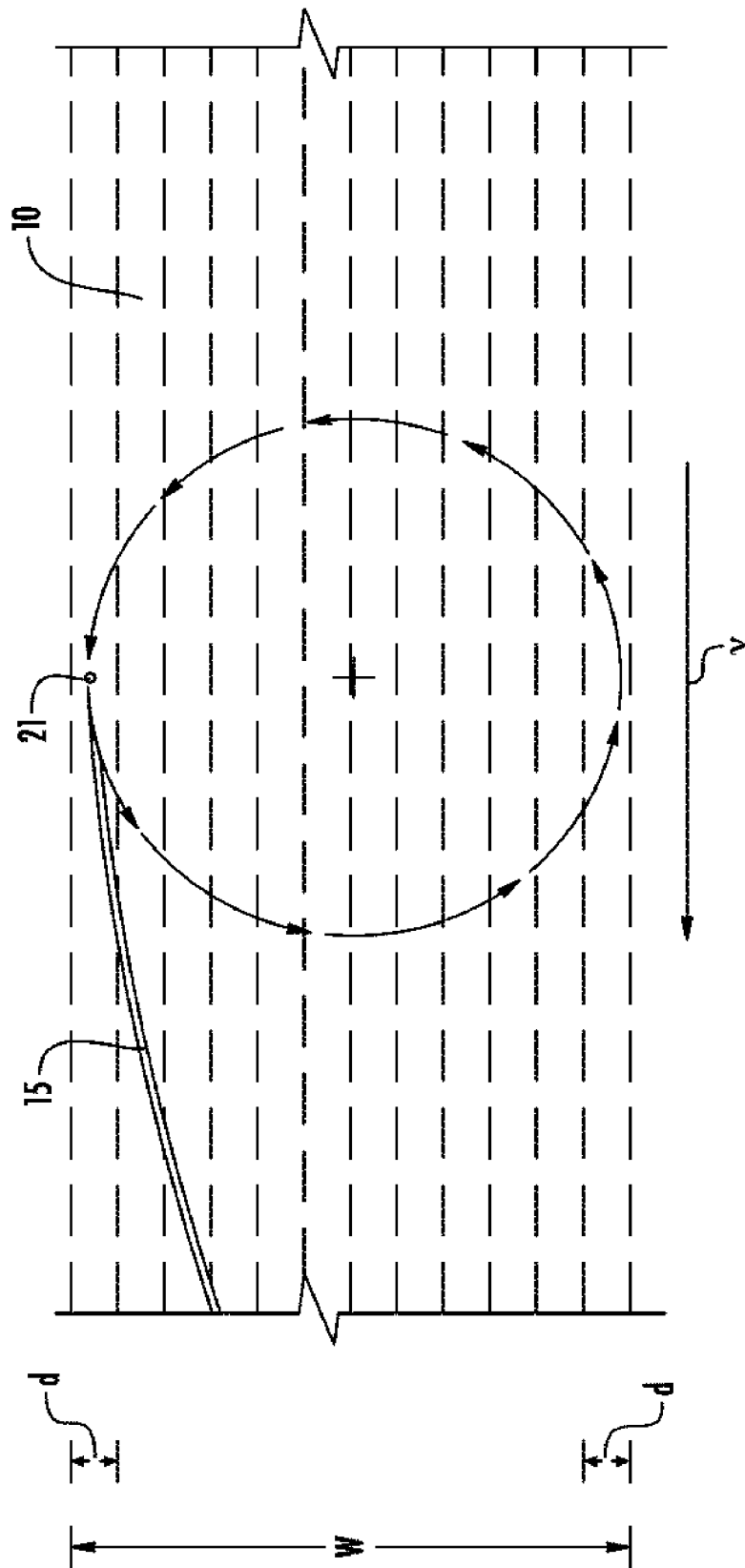


FIG. 2

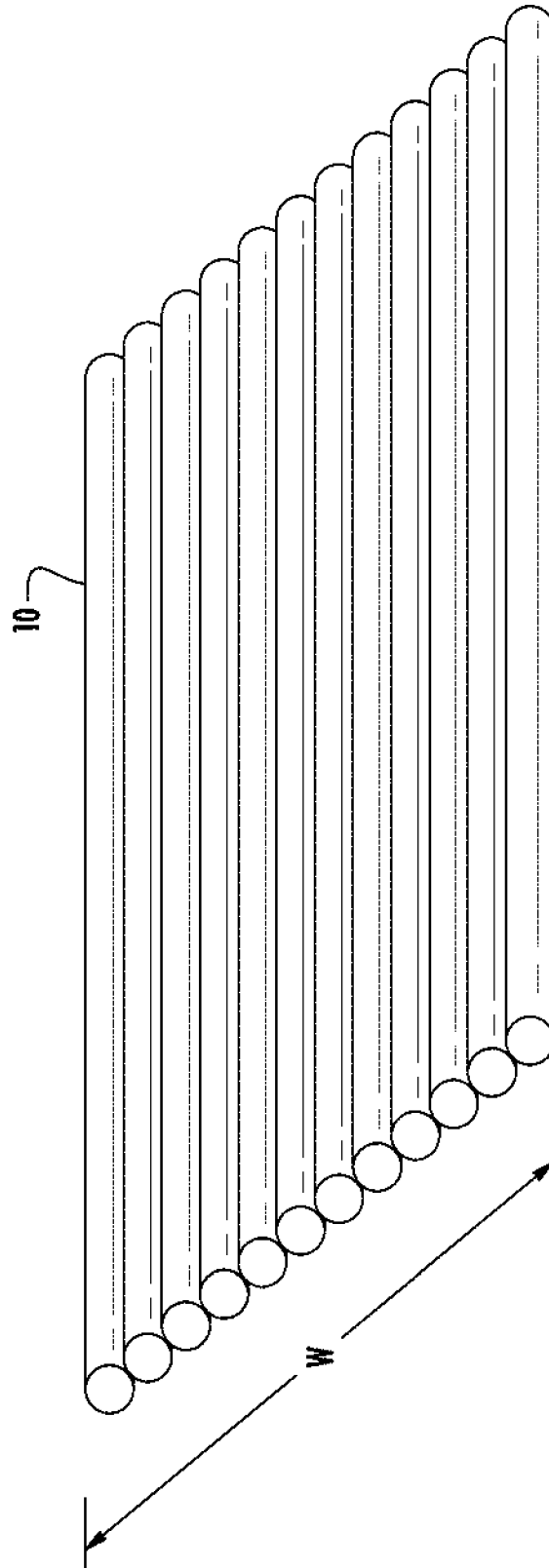


FIG. 3

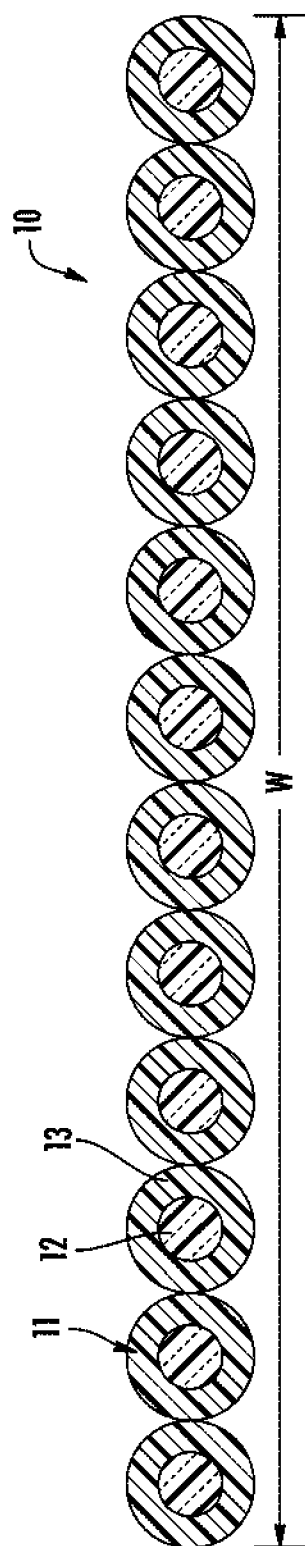


FIG. 4

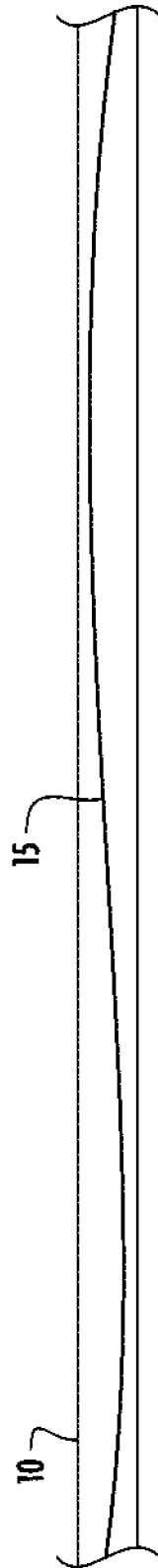


FIG. 5