

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 775 215**

51 Int. Cl.:

G01P 15/093 (2006.01)

G01P 15/08 (2006.01)

B81B 5/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **18.11.2016 PCT/EP2016/078128**

87 Fecha y número de publicación internacional: **01.06.2017 WO17089235**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **18.11.2016 E 16801739 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.01.2020 EP 3380849**

54 Título: **Sensor de aceleración de fibra óptica**

30 Prioridad:

27.11.2015 CH 17352015

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

24.07.2020

73 Titular/es:

**MC-MONITORING S.A. (100.0%)
Route André Piller 19
1762 Givisiez, CH**

72 Inventor/es:

**AEBI, LAURENT;
TORMEN, MAURIZIO;
TIMOTIJEVIC, BRANISLAV;
PÉTREMAND, YVES;
BAYAT, DARA y
LÜTZELSCHWAB, MARKUS**

74 Agente/Representante:

ELZABURU, S.L.P

ES 2 775 215 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 aceleración de fibra óptica

Campo técnico de la invención.

5 La presente invención se refiere a un sensor de aceleración de fibra óptica y, más en particular, se refiere a un sensor micromecánico de fibra óptica de un sistema microelectromecánico para detectar y monitorizar las vibraciones del extremo de devanado, así como para medir parámetros tales como la aceleración, la fuerza o el desplazamiento.

Antecedentes de la invención

10 Muchos tipos de sensores de uso en máquinas pesadas o estructuras grandes, siempre se enfrentan a campos electromagnéticos altos, niveles de radiación altos, temperaturas altas y otros factores hostiles. Tales sensores también suelen ser lo suficientemente pequeños con el fin de que se pueden integrar fácilmente en tantas máquinas o estructuras diferentes como sea posible. Los sensores que pueden funcionar en estas condiciones generalmente están basados en métodos ópticos.

15 Los sensores de aceleración de fibra óptica se han utilizado ampliamente en diferentes aplicaciones, tales como la monitorización de generadores hidroeléctricos, turbogeneradores, máquinas industriales y molinos de viento sin engranajes. La vibración del extremo de devanado se genera debido a fuertes fuerzas electromagnéticas al doble de la frecuencia síncrona. El deterioro se acelera cuando la frecuencia de auto - resonancia de la barra del estator es similar al doble de la frecuencia de sincronización. Una serie de problemas pueden ser producidos por las constantes vibraciones del extremo de devanado, tales como el debilitamiento de las estructuras, el debilitamiento del aislamiento, grietas, fallos del sistema de enfriamiento, grietas del conductor y potencialmente cortocircuitos.

20 Los métodos convencionales a menudo se utilizan para controlar las vibraciones del extremo de devanado, tales como la inspección visual durante la revisión de la máquina. Sin embargo, todavía son posibles fallos entre dos revisiones y, si esto sucede, el fallo puede inducir un tiempo de inactividad prolongado de la máquina de hasta 6 meses. Además de eso, también se puede utilizar un método como la monitorización en línea del extremo de devanado. La medición en línea tiene en cuenta el efecto de la temperatura en la frecuencia de auto - resonancia dominante de la barra del estator.

25 El sensor de aceleración de fibra óptica (FAS) es una opción preferida para detectar vibraciones de extremo de devanado, así como para medir parámetros tales como la aceleración, la fuerza o el desplazamiento, puesto que se pueden obtener ventajas numéricas mediante el uso de FAS para monitorizar o detectar vibraciones de extremo de devanado que ocurren en ambientes peligrosos o explosivos. Además, el FAS también es inmune a los campos magnéticos eléctricos y está altamente aislado entre la cabeza del sensor y la alimentación (más de 65 kVrms demostrados). Además, no hay acoplamiento eléctrico entre la cabeza del sensor y el cubículo, por lo tanto, el FAS no representa ningún peligro para la vida.

30 Sin embargo, existe una necesidad en el mercado de aumentar los requisitos técnicos para los sensores FAS. Por ejemplo, se requiere un rango de frecuencia mayor. De hecho, el FAS común tiene normalmente un rango de frecuencia de 10 Hz a 400 Hz y una frecuencia de resonancia de alrededor de 600 Hz. Por lo tanto, se prevé un rango de frecuencia incrementado a alrededor de 1000 Hz y una frecuencia de resonancia más alta de alrededor de 1500 Hz.

35 Además, el FAS convencional generalmente tiene un rango de temperatura continua de - 20°C a 100°C. Sin embargo, también se prevé un mayor rendimiento de un rango de temperatura continuo de al menos - 20°C a 130°C, o preferiblemente de al menos aproximadamente 155°C, y se requieren sensores con una mayor estabilidad de la sensibilidad por encima de 10 años.

40 El documento EP 1 083 429 describe un sensor micromecánico que comprende una masa móvil y un obturador que se extiende desde un extremo libre de la masa. El obturador está dispuesto entre un extremo de una fibra óptica de entrada para emitir luz y un extremo de una fibra óptica de salida para recibir una cantidad de luz emitida.

45 El documento US 2006/0192974 describe un aparato interferométrico óptico para medir la aceleración, presión y presión de fluidos. El aparato interferométrico óptico comprende una masa móvil y una masa estacionaria. Una fuente de luz emite un haz que es convertido en dos porciones de haz después de incidir sobre las masas móvil y estacionaria. La interferencia entre las porciones del haz se usa para medir la aceleración o la presión.

50 El documento US 5 886 265 describe un sensor de vibración óptica que incluye una cuchilla incorporada provista de una superficie reflectante para reflejar la luz. Se proporciona un emisor de fibra óptica para dirigir la luz sobre la superficie reflectante. Un receptor de fibra óptica para recibir la luz reflejada está dispuesto paralelo a la fibra óptica del emisor.

El documento US 4 595 830 describe acelerómetros de fibra óptica multimodo que tienen una fibra óptica de entrada

y dos fibras ópticas de salida en contacto con la fibra óptica de entrada. La luz que emana de la fibra óptica de entrada se refleja en un espejo soportado por una masa de prueba. Se dispone una lente entre la masa de prueba y las fibras ópticas.

Divulgación de la invención.

5 La presente invención tiene como objetivo superar las desventajas anteriores y otras con sensores de aceleración de fibra óptica de la técnica anterior. En particular, un objeto de la invención es proporcionar sensores de aceleración de fibra óptica mejorados que tengan un rendimiento superior como se ha ilustrado más arriba en comparación con la técnica anterior.

10 La presente invención también tiene como objetivo proporcionar un sensor de aceleración de fibra óptica en el que el tamaño del sensor es reducido en comparación con el FAS convencional y, preferiblemente, la sensibilidad del sensor no se reduce, sino que aumenta.

15 Las ventajas adicionales de la presente invención también incluyen una mejor respuesta de frecuencia, mayor frecuencia de resonancia y respuesta de temperatura incrementada y un rango de temperaturas continuo más amplio, que funcionan mejor que la técnica anterior que se ha mencionado más arriba, de modo que se puede utilizar para satisfacer la demanda cada vez mayor de un sensor FAS muy superior.

La presente invención también puede tener como objetivo aumentar la vida útil del producto a más de 10 años en comparación con los sensores de aceleración de fibra óptica de la técnica anterior que tienen típicamente una vida útil de hasta 10 años.

20 La invención que se describe en esta solicitud busca superar algunas de las dificultades anteriores y otras inherentes a la técnica anterior. Los inventores de la presente invención han descubierto sorprendentemente que la necesidad que se ha formulado más arriba se puede satisfacer proporcionando el sensor de aceleración de fibra óptica de próxima generación o sensor micromecánico de fibra óptica de la presente invención que se describe en la presente memoria descriptiva.

25 En un primer aspecto, la presente invención se refiere, por lo tanto, a un sensor de aceleración de fibra óptica de acuerdo con la reivindicación 1.

Un segundo aspecto de la invención incluye un sistema microelectromecánico (MEMS) que comprende el sensor de aceleración de fibra óptica de acuerdo con el primer aspecto.

30 De acuerdo con la invención, la porción óptica del sensor de aceleración de fibra óptica comprende una fibra óptica de entrada y dos fibras ópticas de salida. Esta configuración permite disminuir el efecto de la temperatura sobre la sensibilidad y maximizar la amplitud de la señal. La fibra óptica de entrada y / o la fibra óptica de salida son preferiblemente fibras ópticas plegables para permitir la construcción de una configuración de menor tamaño.

35 Además, la fibra óptica de entrada y las dos fibras ópticas de salida forman dos ángulos agudos (α) en la punta reflectora desde el eje longitudinal de la fibra óptica de entrada. Esta configuración, en comparación con una configuración convencional de 90° , permite realizar un diseño más compacto. El ángulo agudo (α) en la punta reflectora en particular puede ser de aproximadamente 45° o 70° . Por lo tanto, el tamaño total del sensor de aceleración de fibra óptica se puede reducir en comparación con la técnica anterior.

De acuerdo con la presente invención, la fibra óptica de entrada se coloca entre las dos fibras ópticas de salida, configuradas para formar dos ángulos agudos en la punta reflectora desde cada lado del eje longitudinal de la fibra óptica de entrada. Por lo tanto, se puede lograr una mayor sensibilidad del sistema microelectromecánico.

40 Además, la distancia entre una cara extrema de la fibra óptica de salida y la punta reflectante se puede configurar preferiblemente para que sea menor que la distancia entre una cara extrema de las fibras ópticas de entrada y la punta reflectora. Esta configuración puede reducir aún más el tamaño del sensor y el sistema de la presente invención.

45 Además, la punta reflectante puede estar provista preferiblemente de un revestimiento reflectante. Además, la punta reflectante en algunos casos puede ser un micro - espejo. El micro - espejo puede reflejar de manera eficiente las luces desde la fibra óptica de entrada a la fibra óptica de salida.

50 Además, la porción mecánica puede tener preferiblemente al menos dos puntos de anclaje. Esto permite que la citada porción mecánica se mueva de manera independiente. Además, la masa sísmica se puede proporcionar con un diseño simétrico o un diseño asimétrico. Ambos diseños pueden lograr resultados comparativamente buenos. Sin embargo, se prefiere el diseño asimétrico ya que proporciona más ventajas, tales como una mayor sensibilidad que el diseño simétrico.

El sistema microelectromecánico también puede estar provisto preferiblemente de anclajes y ranuras para que las fibras ópticas de entrada y de salida se inserten en el mismo. Además, el sistema microelectromecánico puede estar provisto de depósitos de pegamento.

Breve descripción de los dibujos

Otras características y ventajas de la invención se harán evidentes a partir de la descripción que sigue de realizaciones ejemplares no limitantes, con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

La figura 1 es una vista esquemática del concepto global de la presente invención.

- 5 La figura 2 es una vista esquemática que muestra el concepto del elemento sensible micro - fabricado que comprende una porción mecánica y una porción óptica.

Las figuras 3a - 3c muestran el principio de funcionamiento del elemento sensible (sensor de aceleración de fibra óptica) de acuerdo con la presente invención de manera esquemática.

- 10 La figura 3d muestra una imagen ampliada de la porción óptica del sensor de aceleración de fibra óptica de acuerdo con la presente invención.

La figura 4 muestra una vista en perspectiva ampliada de la figura 3d.

La figura 5 muestra un ejemplo de un sistema microelectromecánico de acuerdo con la presente invención con enrutamiento de fibra y depósitos de pegamento.

Descripción detallada de la invención

- 15 La invención y sus ventajas se explican en la descripción detallada que sigue con referencia a las figuras que se acompañan, que ilustran un ejemplo de la invención en forma esquemática.

Se hace notar que los dibujos están destinados simplemente a una ilustración ejemplar de cómo se pueden implementar los principios subyacentes a la invención. Los dibujos no se deben interpretar como limitativos del alcance de la invención, que se expone en las reivindicaciones que se acompañan.

- 20 La figura 1 muestra un concepto general de un sensor de aceleración de fibra óptica (o de un sensor micromecánico de fibra óptica) 1 para detectar y monitorizar la vibración del extremo de devanado y también para detectar la aceleración, la fuerza y el desplazamiento. El citado sensor de aceleración de fibra óptica 1 generalmente se coloca en un generador 20 para controlar las vibraciones del extremo de devanado. Dentro del generador, normalmente se puede encontrar un entorno rico en hidrógeno. La alimentación entre el interior y el exterior del generador 20 se realiza con conectores ópticos 21 para permitir, por ejemplo, que pasen las fibras ópticas 11, 12. La fuente de luz y los fotodiodos están montados en el módulo de lectura 30. El módulo de lectura 30 está conectado a una electrónica de procesamiento de datos 40.

- 30 La figura 2 ilustra el concepto general de la presente invención. El sensor de aceleración de fibra óptica (elemento sensible) 1 comprende una porción mecánica 2 y una porción óptica 3, en el que la porción mecánica comprende una masa sísmica 4 (también llamada masa de prueba) y una punta reflectante 5 que se extiende desde allí. La porción mecánica tiene al menos dos puntos de anclaje 8. La porción óptica 3 comprende tres fibras ópticas, concretamente una fibra óptica de entrada (fibra emisora) 11 y dos fibras ópticas de salida (fibras receptoras) 12. La punta reflectora 5 se extiende hacia el eje longitudinal de la fibra óptica de entrada 11.

- 35 De acuerdo con la configuración, la luz de la fibra óptica de entrada 11 llega a la punta reflectora y a continuación se refleja completamente en al menos una fibra óptica de salida 12. En el presente ejemplo, la fibra óptica de entrada 11 está flanqueada por las fibras ópticas de salida 12 (fibras receptoras) en ambos lados. Con una señal de recepción dual (de las fibras ópticas de salida), el efecto de la temperatura puede disminuir y la amplitud de la señal se maximiza. Estas dos características aumentan el rendimiento general del sensor.

- 40 Las figuras 3a - c ilustran un principio de funcionamiento de la presente invención. Cuando la masa sísmica 4 con una punta reflectante 5 que se extiende desde de la misma se somete a vibraciones de extremo de devanado o tal como aceleración, fuerza o desplazamiento, la intensidad de la luz reflejada es modulada en amplitud en ambas fibras ópticas de salida 12. La variación de la intensidad de la luz es proporcional a la aceleración. La suma de ambas intensidades de luz es constante.

- 45 La figura 3a ilustra cuando el sistema está en reposo. Durante el reposo o cuando no se detecta vibración, la intensidad de la luz de la fibra óptica de entrada 11 (S_a , S_b) se divide casi por igual en dos fibras ópticas de salida 12 (S_a en una fibra óptica de salida 12; S_b es otra fibra óptica de salida 12). Cuando el sistema (porción mecánica) es sometido a una vibración tal como una aceleración izquierda (mostrada por la flecha apuntando hacia la izquierda), por el cual la masa sísmica 4 y su punta reflectante 5 que se extiende desde allí se mueve hacia la izquierda, la intensidad de la luz se refleja hacia la fibra óptica de salida derecha 12, como se ilustra en la figura 3b (S_a y S_b en una fibra óptica de salida). Por el contrario, cuando el sistema (porción mecánica) es sometido a una aceleración derecha (flecha apuntando hacia la derecha), por lo que la masa sísmica 4 y su punta reflectante 5 que se extiende desde allí se mueven hacia la derecha, la intensidad de la luz se refleja en la fibra óptica de salida izquierda 12 (S_a y S_b en una fibra óptica de salida), como se ilustra en la figura 3c.

Como se muestra en la figura 3d, las fibras ópticas de entrada y salida se acomodan en las ranuras 14 y preferiblemente, además, con ayuda de anclajes 13. Para optimizar la intensidad de la luz reflectante y obtener un FAS más compacto, ambas fibras ópticas de salida 12 pueden estar alineadas preferiblemente con un ángulo (α) en la punta reflectora 5 desde el eje longitudinal de la fibra óptica de entrada 11, como se muestra en la figura 3d.

- 5 Se prefiere un diseño de configuración de aproximadamente 70° . Gracias a las fibras ópticas flexibles 11, 12, el diseño de configuración de 70° permite un tamaño reducido del sensor de aceleración de fibra óptica en comparación con el sensor de aceleración de fibra óptica de configuración convencional de 90° . Sin embargo, también es posible un diseño de aproximadamente 45° . Con un ángulo de aproximadamente 45° , el ancho del sensor puede reducirse aún más en comparación con la configuración de ángulo de 70° . Sin embargo, la intensidad de la luz reflejada también se reduce por al menos un factor dos. Se puede aplicar un revestimiento reflectante en la punta reflectante. La punta reflectante puede ser un micro - espejo.

- 10 Además, de acuerdo con la presente invención, la distancia (M_1) entre una cara extrema 27 de la fibra óptica de salida 12 y la punta reflectora 5 es preferiblemente menor que la distancia (M_2) entre una cara extrema 26 de las fibras ópticas de entrada 11 y la punta reflectora 5 (figura 3d). Esta configuración permite que las fibras ópticas de salida 12 se coloquen lo más cerca posible de la punta reflectora 5, mientras que la fibra óptica de entrada 11 se coloca más lejos de la punta reflectora 5. De este modo, se puede realizar un sensor de aceleración de fibra óptica de menor tamaño.

La figura 4 muestra una imagen ampliada de la porción óptica 3, en la que los anclajes 13 y las ranuras 14 están configurados para acomodar las fibras ópticas de entrada y salida 11, 12.

- 20 La figura 5 muestra parte de un sistema microelectromecánico con enrutamiento de fibra. Los puntos con círculo representan puntos de depósitos de pegamento 15 para fijar las fibras. Además, la presente invención es superior en comparación con el sensor óptico de fibra común (datos no mostrados). Con esta configuración se puede realizar un sistema microelectromecánico con un tamaño aproximado de 8 mm x 8 mm.

- 25 En algunos casos, durante el período de reposo o cuando no se detecta vibración, la intensidad de la luz de la fibra óptica de entrada 11 (S_a , S_b) no siempre necesita dividirse por igual en dos fibras ópticas de salida 12 (S_a en una fibra óptica de salida 12; S_b en otra fibra óptica de salida 12). La luz de la fibra óptica de entrada se puede dividir de manera desigual, por ejemplo en el porcentaje de 60 - 40, 70 - 30, 80 - 20 o 90 - 10, en las dos fibras ópticas de salida. Por supuesto, otras configuraciones debían ajustarse y calibrarse posteriormente para sentir y detectar las vibraciones del extremo de devanado, así como para medir parámetros tales como la aceleración, la fuerza y el desplazamiento. Por "aproximadamente" en relación con un valor numérico dado para el ángulo, la cantidad, temperatura o un período de tiempo, se debe incluir valores numéricos dentro del 10% del valor especificado.

- 30 Por "comprender" se entiende que incluye, pero no se limita a lo que sigue a la palabra "comprendiendo". Por lo tanto, el uso del término "comprendiendo" indica que los elementos enumerados son requeridos u obligatorios, pero que otros elementos son opcionales y pueden estar presentes, o no. Los términos "comprendiendo" e "incluyendo" tal como se usan en la presente memoria descriptiva son intercambiables uno con el otro.

Por "que consiste en" se entiende que incluye, y se limita a lo que sigue a la frase "que consiste en". Por lo tanto, la frase "que consiste en" indica que los elementos enumerados son requeridos u obligatorios, y que no pueden estar presentes otros elementos.

- 40 Por "completamente" se entiende totalmente y plenamente. Por lo tanto, el uso del término "completamente" como se usa en la presente memoria descriptiva indica que la luz de la fibra óptica de entrada llega a la punta reflectora y se refleja totalmente y plenamente (casi el 100%) en una o más fibras ópticas de salida.

Los términos "al menos uno" y "uno o más" como se usan en la presente memoria descriptiva son intercambiables y se refieren a al menos 1 e incluyen 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9 y más. Cualquier función asignada a la "una o más" o "al menos una" fibra óptica de entrada y salida puede lograrse independientemente del número de fibras ópticas.

- 45 La invención se ha descrito de manera amplia y genérica en la presente memoria descriptiva. Cada una de las especies más estrechas y agrupaciones subgenéricas incluidas en la descripción genérica también forman parte de la invención. Esto incluye la descripción genérica de la invención con una condición o limitación negativa que elimina cualquier asunto del género, independientemente de si el material eliminado se menciona específicamente en la presente memoria descriptiva o no.

- 50 Otras realizaciones están dentro de las reivindicaciones que siguen y ejemplos no limitantes. Se debe entender que estos ejemplos son solo para fines ilustrativos y no se deben interpretar que limitan el alcance de la presente invención.

La invención está definida únicamente por las reivindicaciones que se acompañan.

REIVINDICACIONES

1. Un sensor de aceleración de fibra óptica (1) para detectar y monitorizar la vibración del extremo de devanado y medir parámetros tales como la aceleración, la fuerza o el desplazamiento, que comprende:
 - 5 una porción mecánica (2) que comprende una masa sísmica (4) con una punta reflectante (5) que se extiende desde allí; y
 - una porción óptica (3) que comprende una fibra óptica de entrada (11) y dos fibras ópticas de salida (12);
 - en el que la fibra óptica de entrada (11) está colocada entre las dos fibras ópticas de salida (12),
 - y en el que la punta reflectora (5) está configurada para reflejar la luz completamente desde la fibra óptica de entrada (11) a las fibras ópticas de salida (12),
 - 10 **caracterizado por que** las dos fibras ópticas de salida (12) forman dos ángulos (α) con la fibra óptica de entrada (11) en la punta reflectora (5) desde cada lado del eje longitudinal de la fibra óptica de entrada (11), siendo cada uno de los dos ángulos un ángulo agudo (α).
2. El sensor de aceleración de fibra óptica (1) de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la fibra óptica de entrada (11) y / o la fibra óptica de salida (12) son fibras ópticas plegables.
- 15 3. El sensor de aceleración de fibra óptica (1) de acuerdo con la reivindicación 1 o la reivindicación 2, en el que el ángulo agudo (α) en la punta reflectora (5) es de aproximadamente 45° o 70°.
4. El sensor de aceleración de fibra óptica (1) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la distancia entre una cara extrema (27) de la fibra óptica de salida (12) y la punta reflectora (5) es menor que la distancia entre una cara extrema (26) de las fibras ópticas de entrada (11) y la punta reflectora (5).
- 20 5. El sensor de aceleración de fibra óptica (1) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la punta reflectante (5) está provista de un revestimiento reflectante.
6. El sensor de aceleración de fibra óptica (1) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la punta reflectora (5) es un micro - espejo.
7. El sensor de aceleración de fibra óptica (1) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la porción mecánica (2) tiene al menos dos puntos de anclaje (8).
- 25 8. El sensor de aceleración de fibra óptica (1) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la masa sísmica (4) está provista de un diseño simétrico o de un diseño asimétrico.
9. Un sistema microelectromecánico que comprende el sensor de aceleración de fibra óptica (1) de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones anteriores.
- 30 10. El sistema microelectromecánico de acuerdo con la reivindicación 9 provisto de anclajes (13) y ranuras (14) para que las fibras ópticas de entrada y salida (11, 12) se inserten en las mismas.
11. El sistema microelectromecánico de acuerdo con la reivindicación 9 o la reivindicación 10 provisto de depósitos de pegamento (15).
- 35 12. El sistema microelectromecánico de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 9 a 11, en el que se proporcionan topes (16) para que las fibras ópticas de entrada y salida (11, 12) se inserten manualmente.

FIG. 1

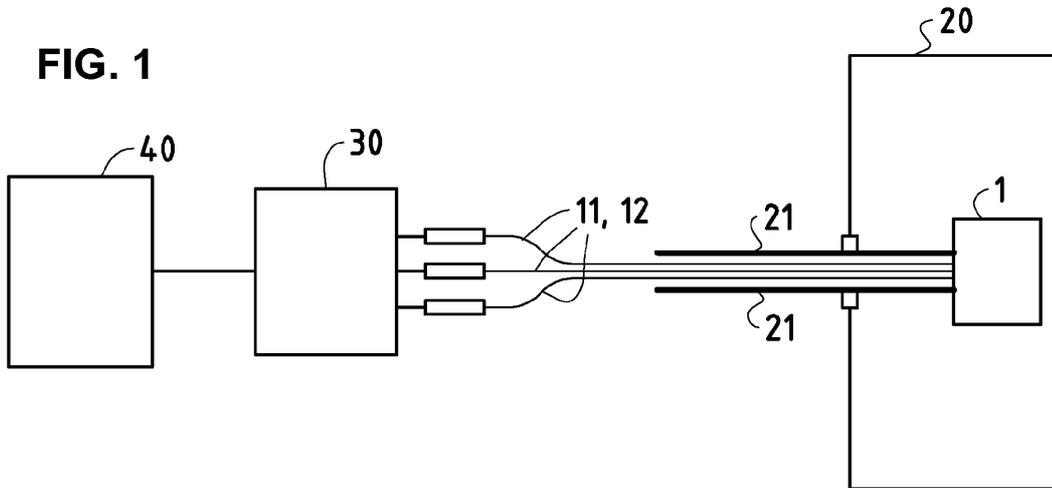


FIG. 2

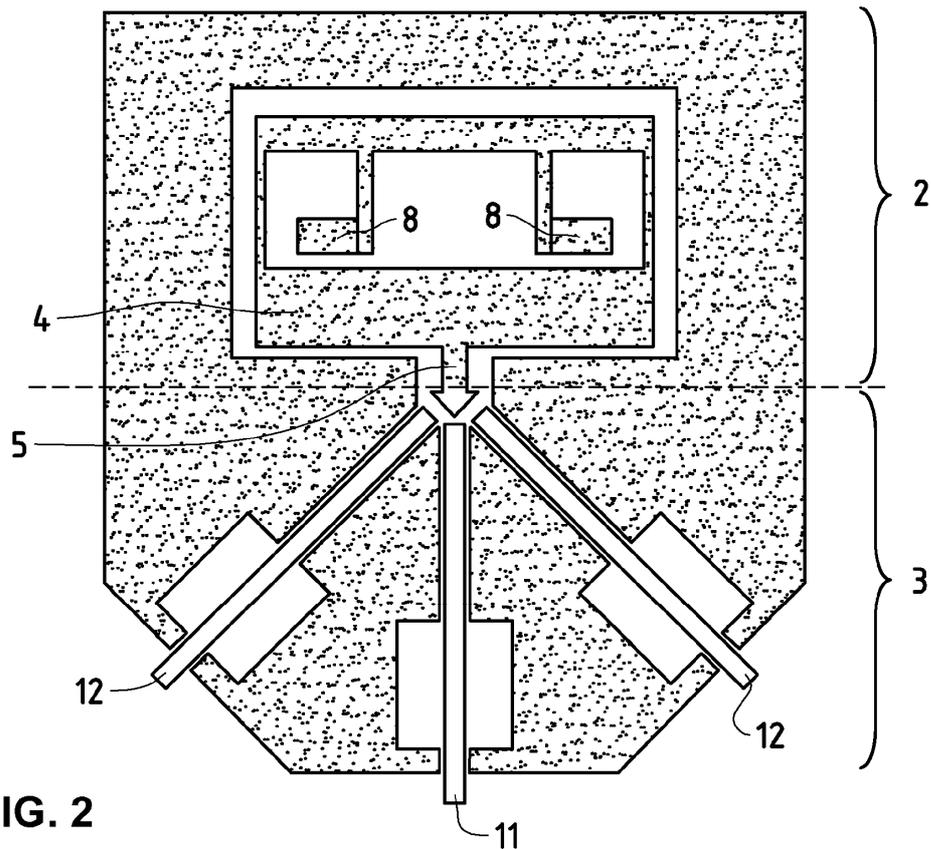


FIG. 3a

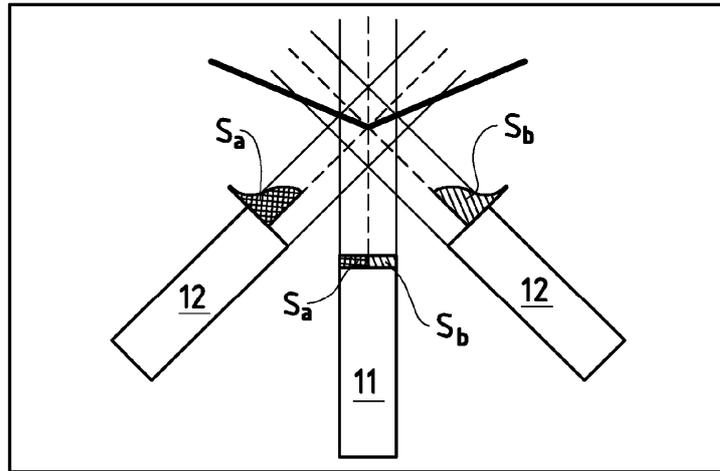


FIG. 3b

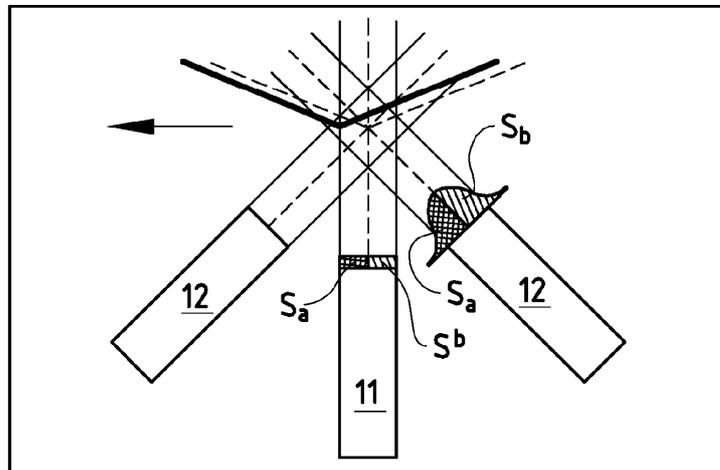
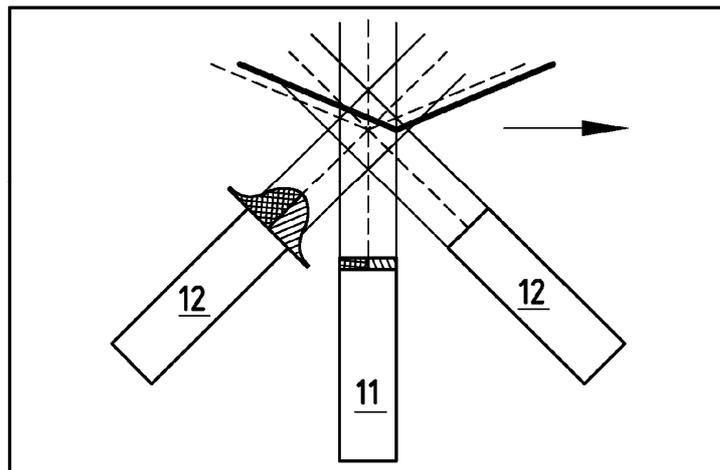
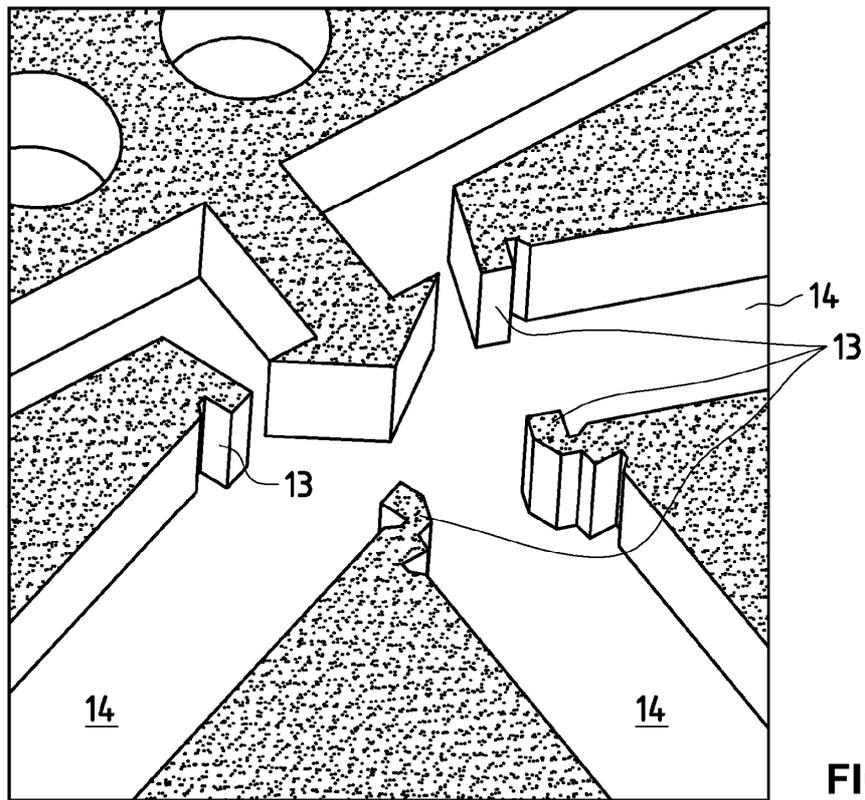
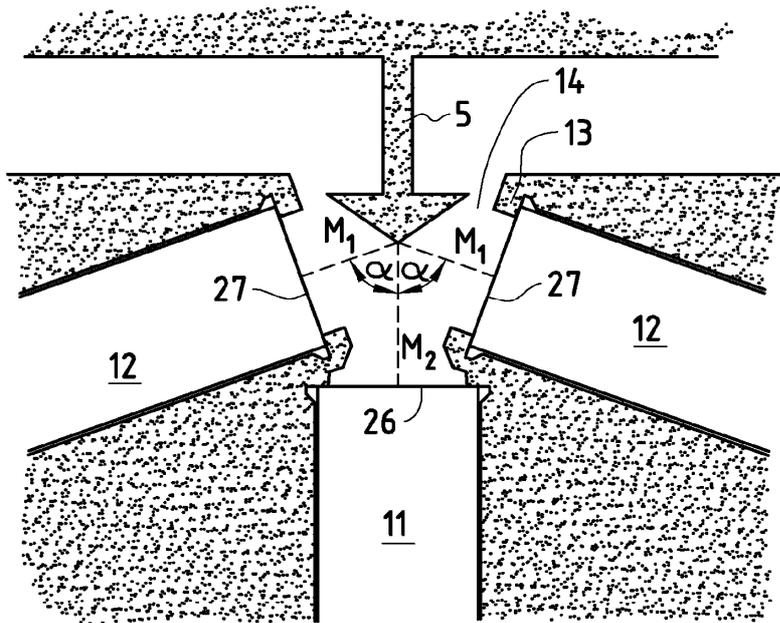


FIG. 3c





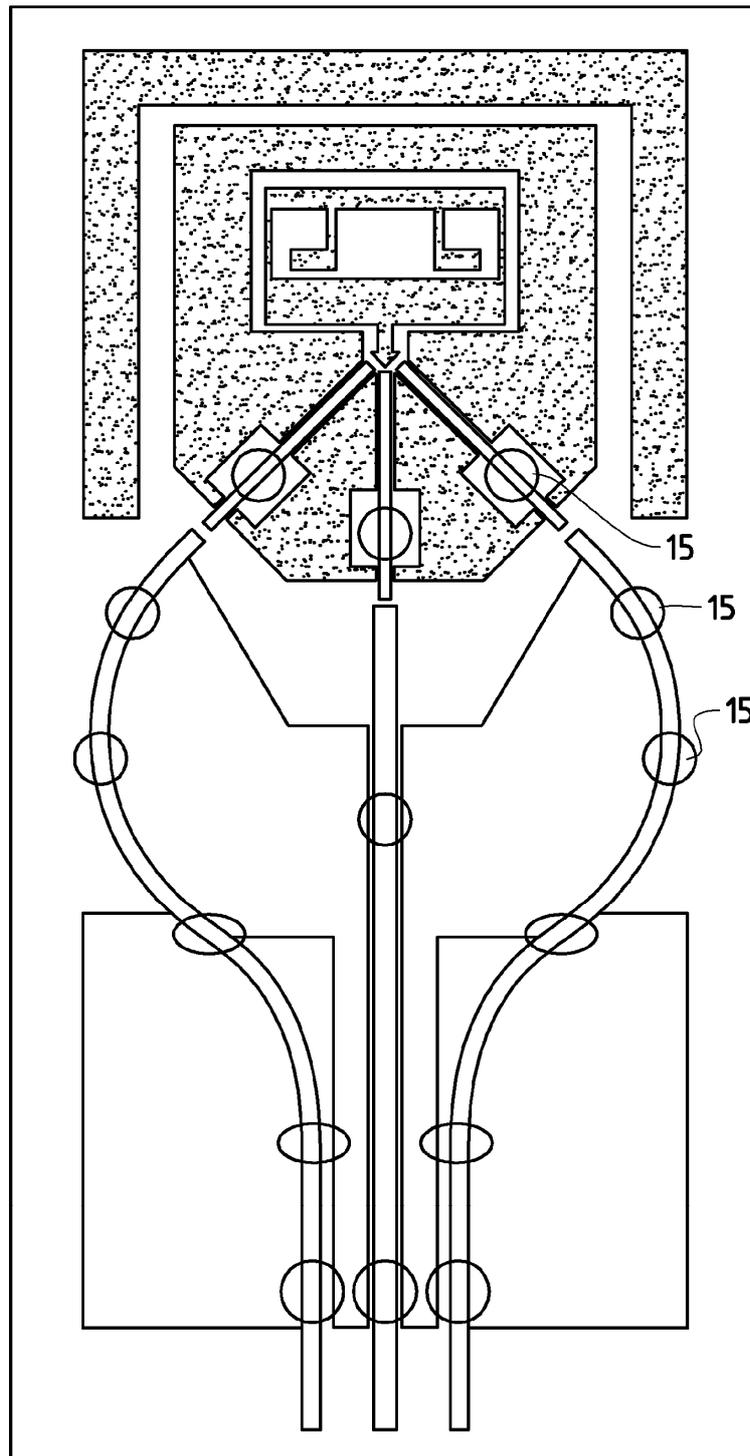


FIG. 5