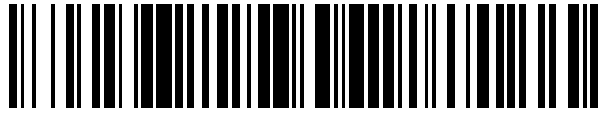


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 760 798**

21 Número de solicitud: 201931134

51 Int. Cl.:

G01K 11/32 (2006.01)

12

SOLICITUD DE PATENTE

A1

22 Fecha de presentación:

19.12.2019

43 Fecha de publicación de la solicitud:

14.05.2020

71 Solicitantes:

**UNIVERSIDAD CARLOS III DE MADRID (52.0%)
C/ Madrid, 126
28919 Madrid ES y
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE VALÈNCIA
(48.0%)**

72 Inventor/es:

**VÁZQUEZ GARCÍA, Carmen;
SÁNCHEZ MONTERO, David;
LÓPEZ CARDONA, Juan Dayron;
MADRIGAL MADRIGAL, Javier;
BARRERA VILAR, David y
SALES MAICAS, Salvador**

74 Agente/Representante:

PONS ARIÑO, Ángel

54 Título: **SISTEMA Y MÉTODO DE MONITORIZACIÓN DE POTENCIA Y TEMPERATURA EN REDES DE FIBRA ÓPTICA**

57 Resumen:

Sistema y método de monitorización de potencia y temperatura en redes de fibra óptica.

Sistema y método de monitorización de la alimentación remota y el incremento de temperatura asociado a redes de fibra óptica alimentadas con una fuente de luz de alta potencia (2) de emisión de una señal óptica (11) hacia una fibra óptica multinúcleo (8) que comprende una diversidad de núcleos por los que circula la señal óptica (11) hasta un nodo remoto (7), reflejándose la señal óptica en un espejo en fibra semirreflexivo (5) embebido en uno de los núcleos (4) de la fibra óptica multinúcleo (8), desviándose parte de la señal óptica (11) por el mismo núcleo (4) en el que se refleja la señal óptica (11) o hacia un núcleo de control y monitorización (10) diferente a dicho núcleo (4), que la guía hasta una unidad de monitorización y procesado (9).

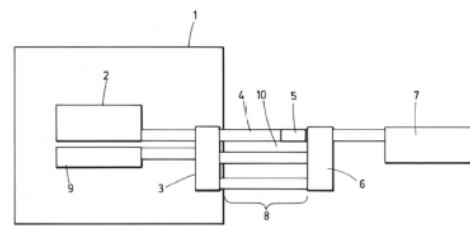


FIG.1

DESCRIPCIÓN

**SISTEMA Y MÉTODO DE MONITORIZACIÓN DE POTENCIA Y TEMPERATURA EN
REDES DE FIBRA ÓPTICA**

5

OBJETO DE LA INVENCION

El objeto de la invención es un sistema y método de monitorización de la alimentación remota y el incremento de temperatura asociado a redes de fibra óptica con multiplexación espacial mediante el empleo de espejos en fibra semirreflexivos.

10

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

En las redes que dan soporte a la distribución de señales de radio de alta capacidad, como las futuras redes 5G, la gran demanda de ancho de banda abre la puerta a la necesidad de una infraestructura de alta capacidad como la fibra óptica para poder transmitir dichas señales desde una cabina central a diferentes nodos remotos, como puede ser una unidad de antena remota.

15

En este contexto, dentro del denominado *fronthaul* basado en fibras ópticas, y para aumentar la capacidad de las mismas de forma compacta, se plantea el uso de redes con multiplexación espacial basadas en fibras multinúcleo, MCF (*Multicore Fiber*) junto con un redireccionamiento óptico del haz.

20

Las fibras multinúcleo con M-núcleos permiten introducir en una misma sección más de un núcleo monomodo por el que transmitir información, como en el caso de las fibras convencionales SMF (*Single Mode Fiber*), de manera que en la misma sección de fibra se puede transmitir M veces más información. Estas fibras MCF permiten además reducir el efecto de fusión de fibra o *fiber fuse*, que limita la máxima cantidad de potencia que se puede transmitir por una fibra óptica y que es proporcional al área efectiva de la misma.

25

30

A modo de ejemplo, una fibra SMF-28 tiene un área efectiva de $80 \mu\text{m}^2$ y una fibra con cuatro núcleos con un área efectiva cada uno de $50 \mu\text{m}^2$ tiene un área efectiva total de $200 \mu\text{m}^2$, luego la segunda fibra (MCF) permitirá transmitir una potencia máxima por fibra 2,5 veces mayor que la primera fibra (SMF).

35

5 En las futuras redes 5G sobre fibra, con un área de cobertura efectiva por celda más reducida (picoceldas y femtoceldas) pero con un mayor ancho de banda con respecto a las redes actuales, será necesario instalar una gran densidad de antenas para dar servicio a un determinado área de cobertura y que habrá que alimentar con energía para su correcto funcionamiento. Como una solución posible se plantea el suministrar de manera remota energía en forma de luz (*Power by light* o *Power over Fiber-PoF*) dado que existirán canalizaciones que permitan el despliegue de la fibra óptica para transmitir los datos.

10 Se ha propuesto así el uso conjunto de fibras multinúcleo para la transmisión de datos y de energía. Para ello se puede utilizar una misma fibra MCF para transmitir datos y energía a través de un mismo núcleo (escenario que podría denominarse compartido) o de forma dedicada, con unos núcleos para enviar energía y otros para enviar datos (escenario que podría denominarse dedicado). O incluso el uso de una MCF solo para datos y otra MCF solo para enviar energía.

15 En cualquier caso, se necesita disponer de algún sistema que permita monitorizar si el envío de la energía se está produciendo correctamente o si existe alguna fuga o pérdida en la misma, pues los niveles de potencia óptica a enviar serán elevados en comparación con los niveles de señal considerados.

20 Interesa, además, que la técnica no suponga un consumo adicional en el nodo remoto hacia el que se está realizando la transmisión, dado que inicialmente se busca que los requerimientos de consumo del mismo sean lo menores posibles.

25 En relación al estado de la técnica actual, se han propuesto en la literatura diferentes técnicas que permitan monitorizar la señal óptica enviada, e incluso los niveles de potencia óptica en otros entornos, como es el caso en los sistemas que se utilizan para enviar luz a una zona o parte del cuerpo con fines terapéuticos (US 7009692 B2) o en sistemas láser de alta potencia que exceden 1kW (EP 3173753 A1).

30 En cualquier caso, no existen técnicas para la monitorización en el caso de sistemas basados en fibras MCF para altas potencias, operando en el rango de decenas de W. Interesa, como ya se ha indicado, que la técnica no suponga un consumo adicional en el nodo remoto, como es el caso en las RRH (*Remote Radio Heads*), y con una gestión centralizada de la red.

35 Empleando técnicas de monitorización convencionales, se puede monitorizar en el nodo remoto a través de un fotodiodo y utilizando un filtro que extraiga parte de dicha señal. Ello

supone añadir una inteligencia mínima en el nodo que aumentará su consumo y además la presencia de un dispositivo pasivo con pérdidas de inserción resultando en un empeoramiento en la eficiencia resultante del sistema.

5 Igualmente se ha propuesto un sistema alimentado por fibra óptica para alimentar diferentes sensores en un pozo (US 769901 B2) y se envía información a la oficina central pero no cuenta con ninguna técnica para monitorizar específicamente el nivel de potencia óptica. Lo mismo acontece con el sistema propuesto para alimentar con luz un elemento propulsado (WO 2013/052178 A3).

10 También se han realizado propuestas de utilizar multiplexación por división espacial en *fronthaul* óptico para redes móviles y su integración con PoF, pero no se han propuesto técnicas de monitorización específicas. Así mismo, se ha propuesto la alimentación remota de antenas con altos niveles de potencia, pero sin uso de multiplexación por división espacial (SDM, *Space Division Multiplexing*), limitadas a distancias cortas de cientos de metros y sin técnica de monitorización alguna de la potencia transmitida y/o la temperatura, o ambas de manera simultánea.

15 Otro problema adicional que puede surgir al enviar potencia en forma de luz, dependiendo de los niveles de potencia de los que se trate, es el incremento de la temperatura en los núcleos de la fibra MCF que es necesario medir/monitorizar para asegurar que se trabaja en unas condiciones seguras y en ocasiones, sin incidir de manera dramática en la calidad de señal del tráfico de datos que se transmite por la red.

25 Dadas las dimensiones de los núcleos de la fibra multinúcleo y la separación entre los mismos, resulta difícil el poder llevar a cabo una discriminación espacial adecuada de la temperatura por medio de técnicas no invasivas convencionales, como pueden ser las cámaras termográficas, junto con el coste que pueden tener las mismas si se plantea la necesidad de medida de temperaturas en regiones de decenas de micras o menores, y la necesidad de un adecuado posicionamiento de las mismas.

30 En otras alternativas, se han propuesto FBGs (*Fiber Bragg Gratings*) grabadas en fibras MCF (FBG-MCF) para la medida de temperatura (US 7379631), torsión y otros parámetros (US 2014/0029889 A1), o para desacoplar temperatura y deformación (US 8123400 B2). También existen sistemas para control de temperatura en amplificadores ópticos (US 7130110 B2) que utilizan demultiplexores y fotodiodos.

Por otra parte, se ha propuesto recientemente para medir de forma general parámetros físicos las redes de fibra de Bragg inclinadas (TFBG, *Tilted Fiber Bragg Gratings*) (US 9857290 B2) pero no para monitorizar la potencia que se distribuye dentro de la fibra y su influencia en la temperatura de la red debida a su inyección en el núcleo de la fibra.

5

A la vista de la técnica, se necesita una solución que permita monitorizar y prevenir fallos (debidos a variaciones de temperatura) en redes de fibras ópticas con multiplexación espacial debidos a la inyección de señales ópticas de alta potencia con propósito de alimentación remota mediante luz (PoF) que resuelva de forma eficiente los inconvenientes que presentan los sistemas de la técnica anterior, sin afectar al tráfico de datos existente en la red y con mínima penalización en potencia respecto de la propia señal PoF enviada para tal fin de alimentación remota.

10

Con este fin, la presente invención propone un método y sistema de monitorización de soluciones de alimentación remota integradas en una red óptica de distribución, especialmente en redes ópticas basadas en fibras multinúcleo, sin necesidad de interferir o interrumpir en el tráfico de datos de servicio (in-service).

15

DESCRIPCIÓN DE LA INVENCIÓN

20

El presente documento propone un sistema y método para la monitorización simultánea del nivel de energía de una señal óptica con su energía mayoritariamente centrada en una primera longitud de onda que se envía desde una unidad central que comprende una fuente de luz de alta potencia (HPL) a un nodo remoto a través de una fibra óptica multinúcleo (*Multicore Fiber*, MCF) con varios núcleos, así como del incremento de temperatura sufrido en la fibra óptica multinúcleo como consecuencia del envío de una señal óptica de elevada energía en forma de luz a través de la misma.

25

En la presente invención se plantea que, mediante el adecuado aprovechamiento de unas componentes del espectro óptico de la fuente de luz de alta potencia y la interacción de éstas con unos espejos en fibra semirreflexivos y selectivos en longitud de onda embebidos en al menos uno de los núcleos de la fibra óptica multinúcleo, es posible identificar o monitorizar otros aspectos o parámetros físicos de interés en el nodo remoto, con mínima pérdida de energía, así como variaciones de temperatura sufridas por la fibra óptica multinúcleo.

35

El sistema y método descritos son asimismo extrapolables para medir otros parámetros o fenómenos físicos de interés, como pudieran ser deformación, doblez, atenuación, etc. que también se podrían monitorizar.

5 Concretamente, en el sistema objeto de esta invención, para poder realizar la monitorización, el sistema propuesto comprende unos espejos semirreflexivos selectivos en longitud de onda grabados/inscritos en al menos uno de los núcleos de la fibra óptica multinúcleo en los que se vaya a producir la señal óptica de alta potencia, aprovechando las características especiales de transmisión/reflexión de estos espejos en fibra semirreflexivos en ciertas regiones del
10 espectro de luz.

La señal óptica generada por la fuente de luz de alta potencia se refleja por tanto en los espejos en fibra semirreflexivos. Mediante el adecuado diseño y disposición de cada espejo en fibra semirreflexivos dentro de los núcleos de la fibra óptica multinúcleo, es posible
15 controlar la dirección de propagación de la señal óptica reflejada.

Un posible tipo de espejo en fibra semirreflexivo a inscribir en la fibra óptica multinúcleo podría ser el que está basado en una red de Bragg en fibra inclinada TFBG (*Tilted Fiber Bragg Grating*) que funciona como un espejo de fibra semirreflexivo y selectivo en longitud de onda.
20

Una parte de la señal óptica (en longitud de onda) es por tanto reflejada en el espejo en fibra semirreflexivo, obteniéndose una señal óptica reflejada, que es sensible a las variaciones de temperatura sufridas en los núcleos de la fibra óptica multinúcleo. La señal óptica reflejada puede ser direccionada existiendo dos alternativas.
25

La primera alternativa es que la señal óptica reflejada regresa por el mismo núcleo por el que circulaba la señal óptica. En este caso es posible filtrar adecuadamente en el espejo en fibra semirreflexivo la señal óptica proporcionada por la fuente de luz de alta potencia que se emplea para propósitos de alimentación remota a través de la propia fibra hacia el nodo
30 remoto.

Una segunda alternativa es que la señal óptica reflejada es redirigida por el espejo en fibra semirreflexivo hacia un núcleo de control y monitorización. Este núcleo de control y monitorización es un núcleo exclusivamente destinado a recoger la señal óptica reflejada y
35 conducirla o bien hasta la unidad central (monitorización central) o bien hasta el nodo remoto (monitorización distribuida).

5 Para completar la monitorización, la unidad central comprende, además de la fuente de luz de alta potencia, una unidad de monitorización y procesado encargada de detectar la señal óptica reflejada por el o los espejos en fibra semirreflexivos, embebidos en la fibra óptica multinúcleo, y que como se acaba de indicar puede llegar bien por los núcleos de la fibra óptica multinúcleo o bien por el núcleo de control y monitorización.

10 En una realización alternativa de la invención, la unidad de monitorización y procesado puede situarse en un nodo remoto externo, ajeno a la unidad central, logrando una monitorización distribuida. Además, en esta realización, se pueden disponer unos espejos en fibra semirreflexivos embebidos en una fibra a la entrada del nodo remoto externo.

15 La unidad de monitorización y procesado, empleando unas técnicas de procesamiento de datos adecuadas y a partir de la señal óptica reflejada, evaluará la potencia óptica proporcionada por la fuente de luz de alta potencia, así como el incremento de temperatura sufrido en uno o varios núcleos de la fibra óptica multinúcleo a consecuencia de la inyección de alta energía a través de la fibra óptica multinúcleo.

20 Se pueden integrar tantos espejos en fibra semirreflexivos como sean necesarios si se desea monitorizar el nivel de energía y/o temperatura en distintos puntos de la fibra óptica multinúcleo.

25 Una vez identificado un incremento de temperatura apreciable, el procesado se podrá complementar con otras técnicas de sensado distribuido en la fibra para localizar si existen puntos calientes en la fibra óptica multinúcleo.

30 En una realización del sistema se emplea un dispositivo de inyección de luz, posicionado entre la unidad central y la fibra óptica multinúcleo, y un dispositivo de extracción de luz en la fibra óptica multinúcleo, posicionado entre la fibra óptica multinúcleo y el nodo remoto. En este caso, los espejos en fibra semirreflexivos pueden estar embebidos en unos conectores posicionados en unas fibras monomodo tras el dispositivo de extracción.

35 Por otra parte, el método de monitorización de potencia y temperatura en redes de fibra óptica, asociado al sistema descrito, comprende en primer lugar una etapa de inyección en la fibra óptica multinúcleo, concretamente en unos de los núcleos que la constituyen, de una señal óptica proveniente de la fuente de luz de alta potencia, con un espectro de emisión

característico que permita operar sobre éste en una banda óptica para propósitos de monitorización simultánea.

5 El segundo paso sería reflejar una parte de la señal óptica inyectada por la fuente de alta potencia en un núcleo de la fibra óptica multinúcleo, que puede ser el mismo o puede ser un núcleo diferente a aquel por el que se envía la señal óptica, el núcleo de monitorización y control, dentro de una determinada banda, denominada banda de monitorización, mediante los espejos en fibra semirreflexivos selectivos en longitud de onda en adecuada disposición sobre uno o varios núcleos de la fibra óptica multinúcleo.

10 En el tercer paso, se recibe en la unidad de monitorización y procesado la señal óptica reflejada por cada espejo en fibra semirreflexivo, que llega a través del núcleo de control y monitorización.

15 Esta tercera etapa puede comprender la multiplexación de la fuente de luz de alta potencia con datos de servicio a clientes en la red en un escenario de monitorización compartido, cada una operando en una banda óptica distinta, así como la demultiplexación de las señales ópticas reflejadas por los espejos en fibra semirreflexivos y los datos de servicio a clientes en la red, cada una operando en una banda óptica distinta. Y entregar dichas señales ópticas
20 reflejadas a la unidad de procesado.

A continuación, en el cuarto paso se determina el estado de operación del sistema, así como las variaciones de temperatura sufridas en la fibra óptica multinúcleo por la inyección de la señal óptica de alta energía mediante el análisis de la señal óptica reflejada recibida en la
25 unidad de monitorización y procesado. En este paso, el estado de correcta operación del sistema se puede determinar a partir del análisis de intensidad de potencia detectada de la señal reflejada mientras que las variaciones de temperatura son determinadas mediante el análisis espectral de dicha señal óptica reflejada. En esta etapa también se puede analizar la señal óptica reflejada en términos de intensidad (potencia óptica) y longitud de onda.

30 Finalmente, en el quinto paso se determina la energía transmitida en uno o varios puntos de la fibra óptica multinúcleo simultáneamente, y que pueden ser distintos al nodo remoto. Por tanto, y a modo de resumen, el sistema y método de monitorización de potencia y variación de temperatura en redes de fibra óptica propuesta en el presente documento,
35 permitir realizar de manera simultánea:

- la alimentación mediante una señal óptica, preferentemente luz de alta potencia HPL guiada sobre una fibra óptica multinúcleo, en cualquiera de los escenarios que pudieran ser previstos anteriormente indicados, compartido- y/o dedicado-, de un nodo remoto, con una pérdida mínima de potencia,
- 5 - la monitorización, preferentemente mediante una unidad de monitorización y procesamiento ubicada en una unidad central o bloque transmisor, de la potencia óptica enviada por la fuente de luz de alta potencia para propósitos de alimentación remota, ubicada dicha fuente de luz de alta potencia en la unidad central,
- la monitorización, preferentemente mediante la implementación de una unidad de
10 monitorización y procesamiento ubicada en la unidad central o bloque transmisor, del incremento de temperatura sufrido por uno o varios núcleos de fibra óptica multinúcleo debido a la inyección de una señal óptica en un núcleo de dicha fibra óptica multinúcleo,
- la monitorización, en diferentes puntos de la red, preferentemente en el nodo remoto
15 y en las zonas de distribución en sistemas punto-multipunto,
- el control de si la energía enviada en forma de luz llega al nodo receptor disponiendo de una huella de la misma en la unidad central,
- la obtención de la medida simultánea del posible incremento de temperatura en los
20 núcleos de la fibra óptica multinúcleo como consecuencia del envío de energía en forma de luz,
- la monitorización de ambos parámetros arriba indicados (potencia suministrada por la fuente de luz y variación de temperatura) mediante la recepción de una única señal óptica reflejada,
- la obtención de unas pérdidas de inserción mínimas y la monitorización en un canal
25 de control diferente al de envío de energía, mediante técnicas en el dominio óptico o todo-ópticas, y
- la monitorizar de la distribución de energía por medios ópticos en diferentes puntos de la red.

30 DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

Para complementar la descripción que se está realizando y con objeto de ayudar a una mejor comprensión de las características de la invención, de acuerdo con un ejemplo preferente de realización práctica de la misma, se acompaña como parte integrante de dicha descripción un
35 juego de dibujos en donde, con carácter ilustrativo y no limitativo, se ha representado lo siguiente:

Figura 1.- Muestra una vista esquemática del sistema de monitorización de potencia y temperatura en redes de fibra óptica.

Figura 2.- Muestra el principio de funcionamiento de un dispositivo espejo en fibra semirreflexivo y selectivo en longitud de onda inscrito en una fibra multinúcleo.

REALIZACIÓN PREFERENTE DE LA INVENCION

Seguidamente se describe el sistema y método de monitorización de potencia y temperatura en redes de fibra óptica, con ayuda de las figuras 1 y 2, referidas anteriormente.

En la figura 1 se representa una vista esquemática del sistema objeto de la presente invención que comprende una unidad central (1), que a su vez comprende una fuente de luz de alta potencia (2) que emite una señal óptica (11) acoplada a una fibra óptica multinúcleo (8) con una variedad de núcleos (4), conectada a un nodo remoto (7). La unidad central (1) comprende asimismo una unidad de monitorización y procesado (9) de una señal óptica reflejada (12).

El sistema comprende así mismo al menos un espejo en fibra semirreflexivo (5) y selectivo en longitud de onda, embebido o inscrito en alguno o varios de los núcleos (4) de la fibra óptica multinúcleo (8) en los que se vaya a producir la distribución de energía para alimentar el nodo remoto (7). De esta manera, la señal óptica (11) se refleja en los espejos en fibra semirreflexivos (5) obteniéndose una señal óptica reflejada (12).

Estos espejos en fibra semirreflexivos (5) pueden estar embebidos en unos conectores posicionados en diferentes puntos de la fibra multinúcleo (8).

La señal óptica refleja (12) es dirigida por los espejos en fibra semirreflexivos hacia un núcleo de control y monitorización (10), tal y como se muestra en la figura 2, que es uno de los núcleos (4) que conforman la fibra óptica multinúcleo (8). Así, la señal óptica reflejada (12) circula por el núcleo de control y monitorización (10) hasta la unidad de monitorización y procesado (9), donde se analiza.

Concretamente, se puede desviar una mínima parte de la señal óptica (11) al núcleo de control y monitorización (10) o incluso se puede desviar parte de la señal óptica (11) sobre el propio núcleo (4) sobre el que se realiza la monitorización, a una determinada longitud de onda, o longitud de onda central del espejo en fibra semirreflexivo (5). La longitud de onda central de reflexión estará suficientemente alejada de la longitud de onda en la que se transmite la

energía y/o datos en el caso de utilizar un escenario compartido en el que se envían datos de servicio por el mismo núcleo (4) además de la energía remota mediante la fuente de luz de alta potencia (2) situada en la unidad central (1).

5 El sistema o técnica propuesta permitirá la monitorización, preferentemente de manera centralizada, de la señal óptica reflejada (12) por los espejos en fibra semirreflexivos (5) aprovechando las características especiales de transmisión/reflexión de éstos en ciertas regiones del espectro de luz, de modo que puedan filtrar y sensar adecuadamente la señal óptica (11) proveniente de la fuente de luz de alta potencia (2) que se emplea para propósitos
10 de alimentación remota, a través de la propia fibra óptica multinúcleo (8) hacia el nodo remoto (7).

El sistema descrito permite por tanto la realización de una monitorización simultánea de potencia óptica suministrada y/o variaciones de temperatura en la fibra óptica multinúcleo (8)
15 debidas al envío de la señal óptica (11), que es una señal óptica de alta energía.

Tal y como se ha descrito, el sistema emplea una única fuente de luz de alta potencia (2) cuyo espectro de emisión debe resultar compatible con la implementación de técnicas de distribución remota de potencia mediante luz (*Power-over-Fiber*, PoF) sobre este tipo de
20 medio físico de transmisión (fibra óptica multinúcleo (8), MCF) para diferentes aplicaciones de interés dentro de las redes ópticas de nueva generación, a la vez que permite monitorizar ciertos parámetros de la fibra óptica multinúcleo (8), de manera particular la correcta distribución de potencia óptica proveniente de la fuente de luz de alta potencia (2), así como variaciones de temperatura como consecuencia del envío de alta energía a través de la fibra
25 óptica multinúcleo (8) (si bien extrapolable a otros parámetros de interés como deformación, doblez, potencia óptica,...).

Todo ello es posible mediante la aplicación de convenientes técnicas de monitorización y procesamiento, a partir de la porción del espectro óptico reflejado/transmitido de la señal
30 óptica reflejada (12) por los espejos en fibra semirreflexivos (5) que favorecen, además, el trasvase de energía entre los núcleos (4) de la fibra óptica multinúcleo (8), concretamente hacia el o los núcleos de control y monitorización (10).

El efecto de utilizar el espejo en fibra semirreflexivo (5) y selectivo en longitud de onda sobre
35 la transmisión de energía será mínimo y acorde con el tipo de fuente de luz de alta potencia (2) utilizado para enviar la energía.

La señal óptica reflejada (12) proveniente del espejo en fibra semirreflexivo (5) se podrá procesar en la unidad central (1), concretamente en la unidad de monitorización y procesado (9) para identificar el correcto funcionamiento del sistema y mediante la monitorización de alguna de sus características se podrá determinar de manera simultánea, mediante la recepción de una única señal óptica reflejada (12) en la unidad de monitorización y procesamiento (9), la correcta distribución de potencia óptica desde la fuente de luz de alta potencia (2) hacia el nodo remoto (7) (intensidad de señal detectada) así como la variación de temperatura promedio en la fibra óptica multinúcleo (8) debida a la inyección de la señal óptica (11) de alta energía por parte de la fuente de luz de alta potencia (2) (longitud de onda de la señal detectada) o cualquier otro parámetro de interés previamente identificado compatible con alguna característica medible capaz de ser medida y procesada por dicha unidad de monitorización y procesado (9).

El ancho de banda de esta señal óptica reflejada (12) deberá estar dentro de una determinada banda, llamada banda de monitorización. La longitud de onda reflejada pertenece a una banda óptica distinta de la banda óptica que se usa para dar servicio a los clientes de la red de fibra óptica (tráfico de datos) así como de la empleada por la fuente de luz de alta potencia (2) para propósitos de alimentación remota.

Mediante el adecuado diseño y disposición de cada espejo en fibra semirreflexivo (5) dentro de la fibra óptica multinúcleo (8) es posible controlar la dirección de propagación de dicha señal óptica reflejada (12) por éste, pudiéndose ésta procesar en la unidad de monitorización y procesado (9) dentro de la unidad central (1) (monitorización centralizada) o en el nodo remoto (7) (monitorización distribuida) a conveniencia, para identificar el correcto funcionamiento del sistema y monitorizar el parámetro de interés.

En el sistema de monitorización propuesto sobre fibra óptica multinúcleo (8), los espejos en fibra semirreflexivos (5), convenientemente diseñados, provocarán que parte de la luz:

- se transmita hacia delante en un núcleo (4) adyacente a causa del *crosstalk* (XT), “luz acoplada hacia delante”, preferiblemente en el núcleo de control y monitorización (10),
- se transmita hacia atrás en otro núcleo (4) adyacente a causa del *back crosstalk* (BTX), “luz acoplada hacia atrás”, preferiblemente en el núcleo de control y monitorización (10).

La señal óptica reflejada (12) será recibida en la unidad de monitorización y procesado (9) y, mediante la aplicación de convenientes técnicas de monitorización en el dominio óptico, dicha

unidad de monitorización y procesado (9) será capaz de determinar las características del correcto envío de potencia, así como las variaciones de temperatura asociadas a la fibra óptica multinúcleo (8) debido a la inyección de luz de alta energía sobre dicha fibra óptica multinúcleo (8).

5

Asimismo, es objeto de la presente invención un método de monitorización de potencia y temperatura en redes de fibra óptica, asociado al sistema descrito, que comprende las etapas de:

10

- inyección en la fibra óptica multinúcleo (8), concretamente en unos de los núcleos (4) que la constituyen, de una señal óptica (11) proveniente de la fuente de luz de alta potencia (2), con un espectro de emisión característico que permita operar sobre éste en una banda óptica para propósitos de monitorización simultánea,

15

- reflexión de parte del espectro de la señal óptica (11) inyectada por la fuente de alta potencia (2) en un núcleo (4) de la fibra óptica multinúcleo, preferentemente en el núcleo de control y monitorización (10), dentro de una determinada banda, denominada banda de monitorización, mediante los espejos en fibra semirreflexivos (5) selectivos en longitud de onda en adecuada disposición sobre uno o varios núcleos (4) de la fibra óptica multinúcleo (8),

20

- recepción en la unidad de monitorización y procesado (9) de la señal óptica reflejada (12) por cada espejo en fibra semirreflexivo (5),

- determinación del estado de operación del sistema, así como las variaciones de temperatura sufridas en la fibra óptica multinúcleo (8) por la inyección de la señal óptica (11) de alta energía mediante el análisis de la señal óptica reflejada (12) recibida en la unidad de monitorización y procesado (9), y

25

- determinación de la energía transmitida en uno o varios puntos de la fibra óptica multinúcleo (8) simultáneamente, y que pueden ser distintos al nodo remoto (7).

REIVINDICACIONES

1.- Sistema de monitorización de potencia y temperatura en redes de fibra óptica, caracterizado por que comprende:

- 5
- una unidad central (1),
 - una fuente de luz de alta potencia (2) de emisión de una señal óptica (11) con su energía mayoritariamente centrada en una primera longitud de onda, situada en la unidad central (1),
 - una fibra óptica multinúcleo (8) asociada a la unidad central (1) y que comprende una

10

 - diversidad de núcleos (4) por los que circula la señal óptica (11) hasta un nodo remoto (7),
 - al menos un espejo en fibra semirreflexivo (5) selectivo en longitud de onda, embebido en al menos uno de los núcleos (4) de la fibra óptica multinúcleo (8), destinado a reflejar una parte de la señal óptica (11) a una segunda longitud de onda distinta a la

15

 - primera longitud de onda, obteniéndose una señal óptica reflejada (12), y
 - una unidad de monitorización y procesado (9) destinada a monitorizar y procesar la señal óptica reflejada (12).

2.- El sistema de la reivindicación 1, que comprende adicionalmente un núcleo de control y monitorización (10) comprendido en la fibra óptica multinúcleo (8), por el que circula la señal óptica reflejada (12) por el espejo en fibra semirreflexivo (5) hasta la unidad de monitorización y procesado (9).

20

3.- El sistema de la reivindicación 1, que comprende adicionalmente un dispositivo de inyección (3) de la señal óptica (11), posicionado entre la unidad central (1) y la fibra óptica multinúcleo (8), y un dispositivo de extracción (6) de la señal óptica (11), posicionado entre la fibra óptica multinúcleo (8) y el nodo remoto (7).

25

4.- El sistema de la reivindicación 1, en el que el al menos un espejo en fibra semirreflexivo (5) está embebido en el nodo remoto (7).

30

5.- El sistema de la reivindicación 3, en el que el al menos un espejo en fibra semirreflexivo (5) está embebido en el dispositivo de extracción (6).

6.- El sistema de la reivindicación 1, en el que los espejos en fibra semirreflexivos (5) son filtros de rejillas de Bragg inclinadas.

35

7.- El sistema de la reivindicación 1, en el que la unidad de monitorización y procesado (9) está situada en la unidad central (1).

5 8.- El sistema de la reivindicación 1, en el que la unidad de monitorización y procesado (9) está situada en un nodo remoto externo.

9.- El sistema de la reivindicación 1, en el que los espejos en fibra semirreflexivos (5) están embebidos en unos conectores posicionados en diferentes puntos de la fibra multinúcleo (8).

10 10.- El sistema de la reivindicación 3, en el que los espejos en fibra semirreflexivos (5) están embebidos en unos conectores posicionados en unas fibras monomodo tras el dispositivo de extracción (6).

15 11.- El sistema de la reivindicación 8, en el que los espejos en fibra semirreflexivos (5) están embebidos en unas fibras monomodo de entrada al nodo remoto externo.

12.- El sistema de la reivindicación 1, en el que la unidad de monitorización y procesado (9) tiene capacidad de medir cualquier otro parámetro de interés que se pueda extraer del análisis de la intensidad y espectro de la señal óptica reflejada (12).

20 13.- Método de monitorización de potencia y temperatura en redes de fibra óptica, que hace uso del sistema de la reivindicación 1, caracterizado por que comprende las etapas de:

- 25 - inyección en al menos uno de los núcleos (4) de la fibra óptica multinúcleo (8), de una señal óptica (11) con su energía mayoritariamente centrada en una primera longitud de onda a una primera longitud de onda,
- reflexión de una parte de la señal óptica (11) a una segunda longitud de onda distinta de la primera longitud de onda, en al menos un espejo en fibra semirreflexivo (5) obteniéndose una señal óptica reflejada (12),
- 30 - recepción y análisis en la unidad de monitorización y procesado (9) de la señal óptica reflejada (12),
- determinación, en la unidad de monitorización y procesado (9), de variaciones de temperatura en la fibra óptica multinúcleo (8) a partir de la señal óptica reflejada (12), y
- 35 - determinación, en la unidad de monitorización y procesado (9), de energía transmitida en uno o varios puntos de la fibra óptica multinúcleo (8) a partir de la señal óptica reflejada (12).

14.- El método de la reivindicación 13, en el que la reflexión de una parte de la señal óptica (11) a una segunda longitud de onda distinta de la primera longitud de onda, en al menos un espejo en fibra semirreflexivo (5) se realiza sobre el núcleo (4) en el que se encuentra posicionado el espejo en fibra semirreflexivo (5).

5

15.- El método de la reivindicación 13, en el que la reflexión de una parte de la señal óptica (11) a una segunda longitud de onda distinta de la primera longitud de onda, en al menos un espejo en fibra semirreflexivo (5) se realiza sobre un núcleo de control y monitorización (10) comprendido en la fibra óptica multinúcleo (8).

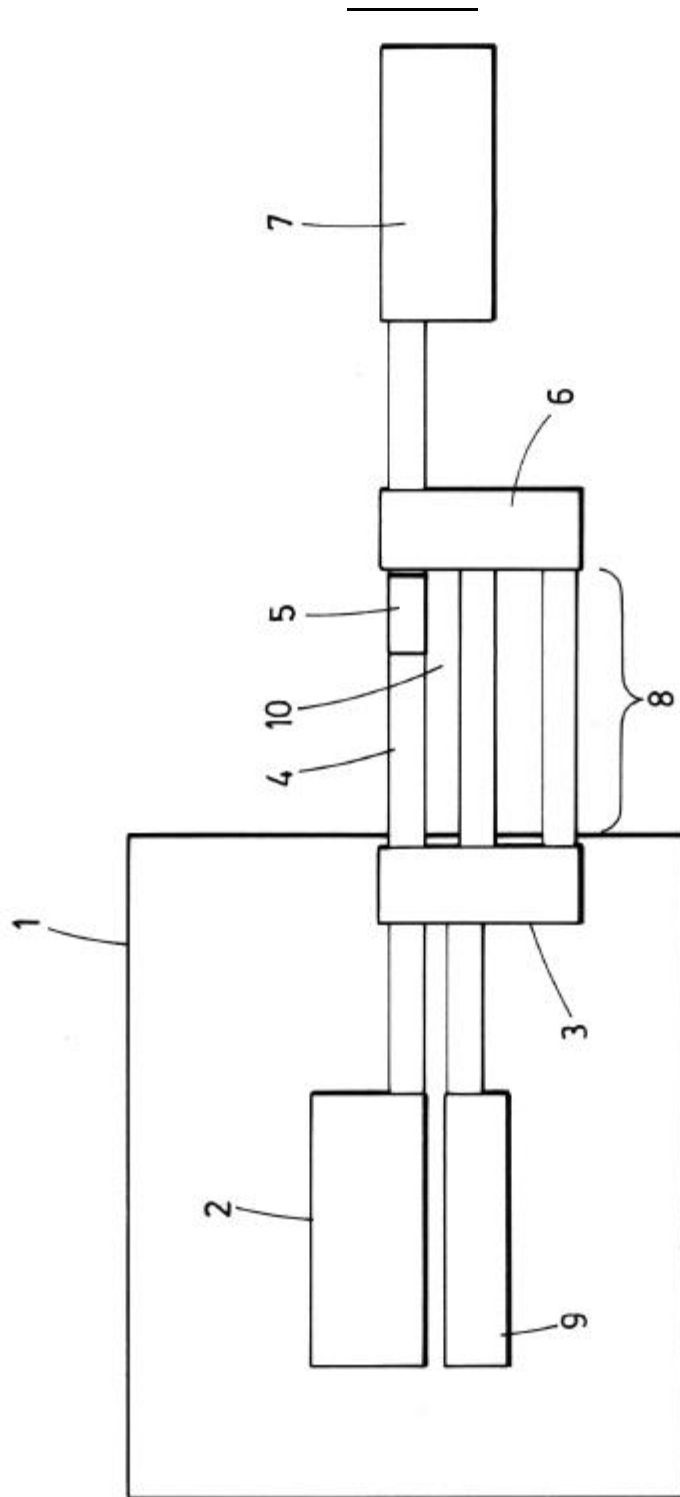


FIG.1

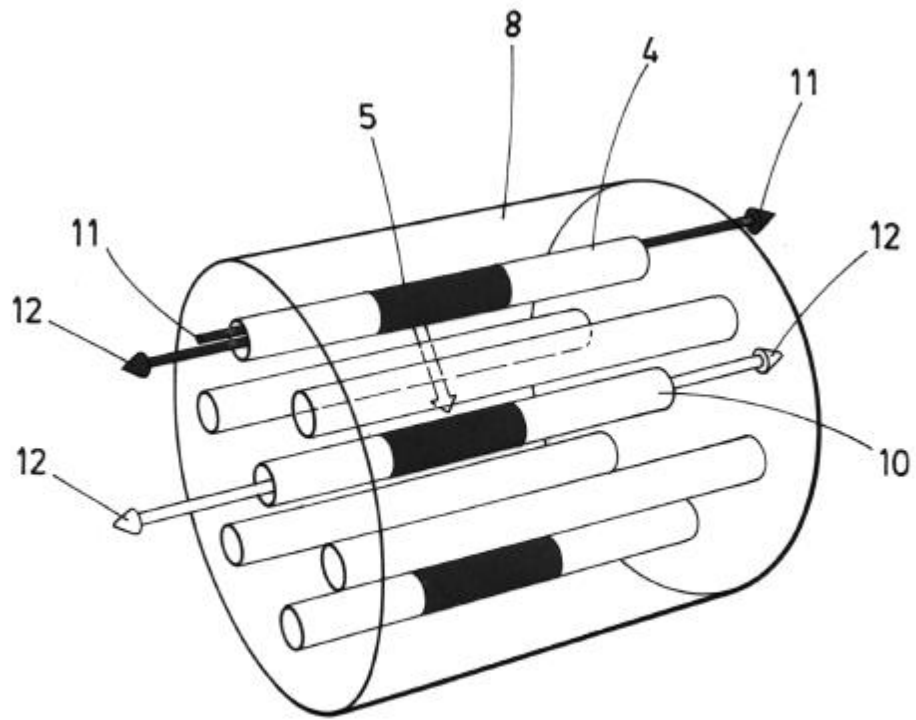


FIG. 2



- ②¹ N.º solicitud: 201931134
 ②² Fecha de presentación de la solicitud: 19.12.2019
 ③² Fecha de prioridad:

INFORME SOBRE EL ESTADO DE LA TECNICA

⑤¹ Int. Cl.: **G01K11/32** (2006.01)

DOCUMENTOS RELEVANTES

Categoría	⑤ ⁶ Documentos citados	Reivindicaciones afectadas
A	BRUNO J AFONSO COSTA et al. Fiber optic based monitoring system applied to a centenary metallic arch bridge: Design and installation. Engineering Structures, 20120601 ELSEVIER, AMSTERDAM, NL. Krauthammer Theodor; Tan Kang Hai, 01/06/2012, Vol. 44, Páginas 271 - 280, ISSN 0141-0296, <DOI: 10.1016/j.engstruct.2012.06.005>	1-15
A	WO 2016112422 A1 (ADELAIDE RES & INNOVATION PTY) 21/07/2016, Párrafos [0010] a [0046]; figuras 1-11.	1-15
A	CN 105444922 A (UNIV JINAN et al.) 30/03/2016, Resumen de la base de datos EPODOC. Recuperado de EPOQUE todo el documento.	1-15

Categoría de los documentos citados

X: de particular relevancia
 Y: de particular relevancia combinado con otro/s de la misma categoría
 A: refleja el estado de la técnica

O: referido a divulgación no escrita
 P: publicado entre la fecha de prioridad y la de presentación de la solicitud
 E: documento anterior, pero publicado después de la fecha de presentación de la solicitud

El presente informe ha sido realizado

para todas las reivindicaciones

para las reivindicaciones nº:

Fecha de realización del informe
04.05.2020

Examinador
J. Botella Maldonado

Página
1/2

Documentación mínima buscada (sistema de clasificación seguido de los símbolos de clasificación)

G01K

Bases de datos electrónicas consultadas durante la búsqueda (nombre de la base de datos y, si es posible, términos de búsqueda utilizados)

INVENES, EPODOC, WPI, NPL, XPESP, XPAIP, XPI3E, INSPEC.