

CAVELIER

ABOGADOS

EDIFICIO SISKI
CARRERA 4 No. 72 - 35
BOGOTÁ 8, COLOMBIA

WEB SITE: www.cavelier.com
E-MAIL: cavelier@cavelier.com

TELEFONO: (57) (1) 347-3611
TELEFAX: (57) (1) 211-8650 (57) (1) 547-3170

Señora Jefe de la
DIVISION DE NUEVAS CREACIONES
Superintendencia de Industria y Comercio
E. S. D.

SUPERINDUSTRIA Y COMERCIO
Radicacion : 050/9324 00000001 Folios: 34
Fecha (AMD): 2005-08-25 16:51:35
Trámite : 002 PATENTES D 1 REGISTRO/ 329 COMPLEMEN
Dependencia: 2020 DIVISION DE NUEVAS CREACIONES

Trámite : 002
Evento : 001
Actuación: 329

Referencia : Expediente No. 05.079.324
Solicitante : PETROLEO BRASILEIRO S.A. PETROBRAS
Asunto : Solicitud de patente para "TRANSDUCTOR ÓPTICO
Y MÉTODO PARA LA MEDIDA SIMULTÁNEA DE PRESIÓN
Y TEMPERATURA EN POZOS DE PETRÓLEO Y GAS"
Fecha de solicitud : 10 de agosto de 2005

1. Yo, Emilio FERRERO, obrando como apoderado del solicitante en referencia, atentamente presento con este escrito la traducción al español de la descripción, reivindicaciones y resumen de la presente solicitud.

2. A pesar de haber aportado con la solicitud el texto en inglés y sin que exista norma legal que exija una traducción al español de la misma de acuerdo con el inciso 1.2.1.1. del Capítulo Primero, Título X de la Circular Única, presento su traducción al español para efectos de facilitar el examen y análisis de la presente solicitud.

2. Ruego a la Señora Jefe se sirva aceptar este escrito con sus anexos, y se continúe con el trámite de la solicitud.

Bogotá, 25 AGO. 2005
Señora Jefe,



EMILIO FERRERO
T.P.A. No. 31.929

COLO 00795-801-025-3
MRE/MRE/
ID-000466/WPCL0795

36
36

La presente invención se refiere a un transductor óptico para medición simultánea de presión y temperatura en pozos de petróleo, más específicamente, a un transductor óptico que utiliza, para esa medición, por lo menos dos redes de Bragg en una misma fibra óptica, de las cuales por lo menos una de esas redes está fijada en una membrana elástica. La invención se refiere además al método para medición simultánea de presión y temperatura en pozos de petróleo utilizando el transductor descrito.

Entre las tecnologías de sensores disponibles en el mercado para el control de la presión, temperatura y otras magnitudes susceptibles de medición, en ambiente de pozos de petróleo, se pueden citar el Permanent Downhole Gage (PDG's) con tecnología de cristal de cuarzo y Strain Gage, cuyas características son las siguientes: utilizan electrónica embarcada, es decir, son sensores activos; baja confiabilidad debido a la electrónica embarcada; y "drift" en la lectura mayor que 3 psi/año, sufren interferencia electromagnética; no facilitan la instalación distribuida (multipunto) y costo elevado. En aplicaciones que superen esas especificaciones, la tecnología óptica es la más indicada para solucionar tales problemas.

Debido al alto costo de intervención e interrupción de producción de los pozos, es necesario que el sistema instalado en el pozo tenga una alta confiabilidad (como mínimo, veinte

37 37

años). Con la utilización de la tecnología de sensores ópticos es posible alcanzar ese requisito.

Las fibras ópticas poseen algunas características, tales como: soportan altas temperaturas (sílice hasta 1000°C), presentan altas tasas de transmisión y bajas pérdidas en grandes distancias (atenuación de la señal transmitido/recibido), como asimismo el aislamiento eléctrico y la inmunidad electromagnética.

Por eso, se afirma que los sensores ópticos tienen una serie de ventajas en relación con los sensores disponibles en el mercado, tales como: baja histéresis, repetibilidad, reproductibilidad, resistencia mecánica, vida útil de veinte años (alta confiabilidad), tecnología pasiva, es decir, no tienen necesidad de la electrónica para operación, facilidad de implementación en grandes distancias (superiores a los 20 Km) sin necesidad de repetidor de sistemas de automatización (tienen telemetría simple a grandes distancias), son inmunes al ruido EMI/RFI, tienen pequeñas dimensiones, operan en temperaturas elevadas y son naturalmente a prueba de explosión (haz de láser de baja intensidad aproximadamente menor a los 100mW).

Entre las tecnologías de sensores ópticos disponibles en el mercado, la tecnología Fiber Bragg Gratings (FBG), o Redes de Bragg, de dominio público, es interesante por ser una tecnología con mayor posibilidad de agregar una gran variedad

38
38

de transductores (presión, temperatura, pH, posición, flujo, etc) en una misma fibra.

Las redes de Bragg son bastante adecuadas para ser usadas como elementos sensores. Cuando una red de Bragg recibe un haz de luz (láser) de banda ancha ($C1 + C2$), ella refleja una banda de luz angosta en una cierta longitud de onda. No obstante, las mediciones (magnitudes físicas), como la variación de la deformación inducida por la variación de la presión o la variación de la temperatura externa, producen una modificación en el índice de refracción (temperatura) y en el espacio geométrico de la red, lo cual modifica la longitud de la onda de luz que las redes reflejan. El valor (magnitud) de las mediciones está directamente relacionado con la longitud de onda reflejada por la red de Bragg y puede ser determinado detectando la variación de las longitudes de onda de la luz reflejada. Los sensores a fibra óptica son sensores ópticos que utilizan fibras como medio de conexión para la luz entre las mediciones (temperatura/presión) y la región de lectura.

De esta manera, el principio de medición de presión y temperatura utilizando sensores con tecnología de fibras ópticas consiste en inyectar la luz por medio de una fuente láser de banda ancha por la fibra óptica hasta la red y en la salida evaluar las principales características (método FBG) del retorno luz: longitud de onda e intensidad que fueron modificadas por el medio.

~~39~~
39

Entre las tecnologías utilizadas para medición, las redes de Bragg (FBG) son las de mayor potencial para ser utilizadas en sistemas multifuncionales y casi distribuidos de sensores para aplicaciones de control permanente de pozos y reservorios.

El concepto que forma la base del FBG es que al construir/proyectar una red localizada en una determinada región de la fibra, típicamente de 1 a 10 mm de longitud, de acuerdo con una longitud de onda predefinida, una determinada longitud de onda de la luz incidente es afectada (filtro FBG). El resultado de las perturbaciones del medio provoca una variación en el valor absoluto de la longitud de onda que posee una relación directa con las mediciones físicas que originaron esa variación.

Los sensores ópticos representan una solución de continuidad del paradigma de los sistemas convencionales, como los sensores a cuarzo (PDG) en uso en el presente, lo fueron en relación con los primeros sensores a *strain-gauge* en el proceso de evolución de estos sistemas. La característica principal del sensor óptico es el hecho de ser totalmente pasivo, es decir, no necesita electrónica embarcada para la transducción de la medición realizada, necesitando solamente de un elemento mecánico acoplado al elemento FBG que es la misma fibra. Toda la electrónica y la fuente óptica permanecen en la superficie, siendo fácilmente reemplazadas en caso de

Interferométricos: son constituidos por sistemas mecánicos (microóptica); siendo susceptibles a las vibraciones mecánicas de alta intensidad, no hacen posible la instalación multipunto, no soportan altas vibraciones, poseen baja

41
~~41~~
21

confiabilidad y alto costo;

FBG's monopunto: No hacen posible la instalación multipunto, dificultando la instalación en pozos de petróleo debido al número de penetraciones necesarias; no poseen limitación en altas temperaturas (superiores a los 150°C).

La tecnología FBG multipunto posee, además de dichas características, la posibilidad de ubicar múltiples tipos de sensores en puntos específicos conectados en una misma fibra (multipunto), además del costo más bajo en relación con los sensores de tecnología convencional.

La literatura reciente de patentes presenta algunos documentos importantes sobre la tecnología FBG multipunto. De esta manera, la patente US 6.016.702 enseña un sensor de presión con compensación de temperatura para un punto donde una fibra óptica es fijada a un fuelle compresible en una localización a lo largo de la fibra y a una estructura rígida en una segunda localización a lo largo de la fibra, con una red de Bragg impresa en la fibra entre esas dos localizaciones de fijación de la fibra y con la red estando bajo tensión. A medida que el fuelle es comprimido debido a una variación en la presión externa, la tensión en la red de fibra es reducida, lo que varía la longitud de onda de la luz reflejada por la red. No obstante, la compensación para temperatura debe ser realizada aislando la red para temperatura en una cámara aislada de presión, lo que agrega costos al equipo. El sensor

propuesto puede ser usado en monopunto o en multipunto, en serie a lo largo de una única fibra óptica. En el montaje de los sensores en serie, la fibra óptica pasa a través de un corredor en la extremidad de una estructura en fuelle para la interconexión al próximo sensor de presión. Las varias señales de presión y temperatura de los diferentes sensores pueden ser diferenciadas unas de las otras usando técnicas de WDM (Wavelength Division Multiplexing). De esta manera, cada red de Bragg opera a una cierta longitud de onda central λ en el interior de una amplitud de onda ω que no se sobrepone a la amplitud de los otros sensores a la red de Bragg. Por lo tanto, las señales de temperatura y presión de cada uno de los sensores en serie pueden ser fácilmente diferenciados unos de los otros, basados en la longitud de onda recibida. También las técnicas de TDM (Time Division Multiplexing) pueden ser usadas para diferenciar entre señales de diferentes sensores a la red de Bragg. No obstante, el sensor de esa patente norteamericana no describe ni sugiere el transductor propuesto en la invención, utilizando dos redes de Bragg en una misma fibra óptica y por lo menos una de las redes fijada en una membrana elástica.

La tecnología del sensor de presión a la red de Bragg mostrada en la patente US 6.278.811 comprende un dispositivo detector de presión que puede ser deformado de modo elástico en función de la presión aplicada; y una fibra óptica siendo

43
~~43~~
43

envuelta por lo menos una vez alrededor del dispositivo y teniendo por lo menos parte de su longitud fusionada al dispositivo de modo que la deformación elástica del dispositivo proporciona una deformación axial a lo largo de un eje longitudinal de la fibra debido a la presión aplicada. El dispositivo tiene geometría cilíndrica y puede ser sólido o tener un orificio axial formado en el mismo. La fibra contiene por lo menos una red dispuesta sobre la misma. La red tiene una longitud de onda característica que varía a medida que cambia la presión aplicada. El dispositivo comprende sílice o cuarzo. La tecnología descrita puede ser usada como un sensor único o como una multiplicidad de sensores distribuidos; o multipunto.

La patente US 6.519.388 muestra una configuración de red de Bragg que permite que la red sea usada en compresión sin requerir pins ópticos o una estructura de apoyo mecánica y/o que es adecuada para reducir el acoplamiento núcleo/revestimiento ("core to cladding coupling"). De acuerdo con la tecnología mostrada en esta patente norteamericana, una fibra óptica de red de Bragg insertada en un tubo ("tube-encased") comprende una fibra óptica teniendo por lo menos una red de Bragg insertada en la misma, y un tubo, teniendo la fibra óptica y la red de Bragg insertadas en el mismo a lo largo de un eje longitudinal del tubo; el tubo está fusionado por lo menos a una parte de la fibra en una localización

44
[Handwritten scribbles and signature]

donde por lo menos una parte de la red de Bragg está ubicada. El tubo está compuesto de vidrio y fusionado a la fibra óptica en lados axiales opuestos de la red de Bragg. El hecho de estar insertada en el tubo permite que la fibra sea comprimida sin causar deformación de la misma.

El pedido norteamericano publicado US 2002/0194917 A1 se refiere a un sensor de presión a la red de Bragg que comprende un elemento óptico sensor que incluye una fibra óptica conteniendo una red de Bragg impresa en la misma, estando la fibra insertada y fusionada por lo menos a una parte de un tubo capilar de vidrio. Una red de Bragg para temperatura puede ser usada para medir la temperatura y permitir la medición de la presión con temperatura corregida. El sensor puede ser suspendido en el interior de un revestimiento externo por un fluido, espaciadores u otro dispositivo.

La patente US 6.439.055 B1 muestra un montaje del sensor de presión para determinar la presión de un fluido en un ambiente hostil que incluye un sensor de presión suspendido en el interior de un compartimiento lleno de un líquido. El montaje incluye un dispositivo transmisor de presión que transmite la presión del fluido hacia el sensor y mantiene el fluido en el interior del compartimiento en una condición exenta de vacío. El montaje del sensor de presión mantiene al sensor en una condición de deformación básica cercana a cero y también protege al sensor de choques y vibraciones. El montaje



incluye, en forma adicional, protectores que limitan el movimiento del sensor en el interior del compartimiento.

El pedido norteamericano publicado US 2003/0094281 A1 muestra un sistema y método de monitoreo para controlar un conjunto predeterminado de características físicas asociadas a una estructura usando el sistema de control. El sistema es distribuido en la estructura y comprende un dispositivo sensor óptico distribuido, comprendiendo en forma adicional, un cable de fibra óptica, una fuente de luz en comunicación operativa con el cable de fibra óptica, un dispositivo de detección de luz en comunicación operativa con el cable de fibra óptica para medir la luz recibida en el dispositivo de detección de luz proveniente del cable de fibra óptica, y un procesador de datos capaz de usar la luz medida para calcular un conjunto predeterminado de parámetros físicos que describen el conjunto predeterminado de características físicas.

No obstante, y a pesar de los desarrollos existentes en la tecnología de transductores de presión mono y multipunto utilizando redes de Bragg, la técnica todavía necesita de un transductor óptico para la medida simultánea de presión y temperatura en pozos de petróleo; ese transductor comprende por lo menos dos redes de Bragg en una misma fibra óptica, con una de las redes, compatible con la temperatura de operación, siendo fijada en una membrana elástica; la fijación garantiza que la membrana transmita hacia la red de Bragg, de modo

46
46

eficiente, las deformaciones sufridas por esa membrana, provenientes de las variaciones de presión y temperatura, mientras que la otra red de Bragg puede o no estar fijada a la membrana; dicho transductor es descrito y reivindicado en el presente pedido.

De un modo amplio, la invención es dirigida a un transductor óptico de presión y temperatura, para la medición simultánea de presión y temperatura en pozos de petróleo; dicho transductor está insertado en un sistema que comprende un emisor de luz que se propaga a lo largo del núcleo de una fibra óptica conteniendo redes de Bragg grabadas en la misma, hasta encontrar una red de Bragg que refleja parte de esa luz; dicho transductor comprende un cuerpo, predominantemente cilíndrico, incluyendo una membrana elástica para fijar por lo menos una red de Bragg, y por lo menos otra red de Bragg impresa sobre la misma fibra óptica; y donde dicho cuerpo es: ahuecado a lo largo del eje principal para permitir el pasaje de una fibra óptica y garantizar el acceso a ambas extremidades de la mencionada fibra óptica;

dotado de dos planos de simetría para facilitar la instalación y conexión en serie con otros sensores del mismo tipo u otros transductores y sensores a fibra óptica;

dotado de acceso central y respectivo sellado, perpendicular al eje principal de dicho cuerpo, en el lado opuesto a la mencionada membrana, para permitir el proceso de

47

fijación de por lo menos una red de Bragg a la membrana; y

dotado de medios de sellado contra la presión externa, en la entrada y en la salida de la fibra óptica y en el canal cilíndrico central, por lo cual:

la membrana elástica transmite la deformación proporcional a las condiciones de presión y temperatura a las cuales está sometido el transductor a por lo menos una red de Bragg; la fracción de luz no reflejada por las redes de Bragg sigue por la parte restante de la fibra óptica, pudiendo ser utilizada para interrogar a otros sensores y transductores conectados a lo largo de la misma fibra óptica o en una o más fibras ópticas acopladas a esa.

Y el método para medir la temperatura y la presión de modo simultáneo en pozos de petróleo utilizando el transductor de la invención comprende el suministro de una fibra óptica conteniendo por lo menos dos redes de Bragg sensibles respectivamente a la temperatura y a la presión; causar una variación en el índice de refracción de las redes y deformación en la membrana elástica derivada de las condiciones de temperatura y presión a las cuales está sometido el transductor; a través de la membrana elástica, transmitir la variación del índice de refracción de la red provocado por la variación de la temperatura externa, y la mencionada deformación de la red provocada por la variación de la presión externa; a partir de la medición de las variaciones

48
48

de las longitudes de onda de las redes de Bragg, recuperar el valor de la presión y de la temperatura a través de una curva de calibración.

De esta manera, la invención proporciona un transductor óptico para la medición simultánea de la presión y de la temperatura en pozos de petróleo que utiliza dos redes de Bragg contenidas en la misma fibra óptica.

La invención proporciona, además, un transductor óptico para la medición simultánea de la presión y de la temperatura en pozos de petróleo en los cuales por lo menos una red de Bragg grabada sobre una fibra óptica es fijada sobre una membrana elástica.

La invención proporciona además, un transductor óptico para la medición simultánea de la presión y de la temperatura en pozos de petróleo en los cuales la fracción de luz no reflejada por las redes de Bragg del mencionado transductor sigue por la parte restante de la fibra óptica, para interrogar a otros sensores y transductores conectados a lo largo de la misma fibra óptica o en una o más fibras ópticas acopladas a esa.

La invención proporciona además un método para la medición simultánea de la presión y de la temperatura en pozos de petróleo usando el transductor óptico descrito.

La FIGURA 1A adjunta, muestra una vista superior de una modalidad del transductor óptico de acuerdo con la invención,

49

en la cual una red} de Bragg está fijada en la membrana elástica y la otra red de Bragg está fuera de la membrana.

La FIGURA 1B es un corte BB del mismo transductor.

La FIGURA 1C adjunta es una vista lateral del mismo transductor.

La FIGURA 2A adjunta muestra una vista superior de otra modalidad del transductor óptico de la invención.

La FIGURA 2B adjunta es un corte BB del mismo transductor.

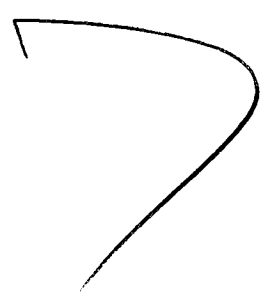
La FIGURA 2C adjunta es una vista lateral del mismo transductor.

La FIGURA 2D adjunta muestra una modalidad del mismo transductor en el cual las dos redes de Bragg están fijadas sobre la membrana elástica.

La FIGURA 6 adjunta es un gráfico que muestra la calibración del transductor de la invención para la red de temperatura.

La FIGURA 7 adjunta es un gráfico que muestra la calibración del transductor de la invención para la presión.

La invención se refiere, por lo tanto, a un transductor óptico para la medición simultánea de presión y temperatura en pozos de petróleo, que comprende un cuerpo predominantemente cilíndrico, ahuecado a lo largo del eje principal para permitir el pasaje de una fibra óptica, con dos planos de simetría; el cuerpo está dotado de un acceso cilíndrico central para la fijación de por lo menos una red de Bragg, y



50
50
50
50
50

medios de sellamiento contra la presión externa en la entrada y salida de la fibra y en el canal cilíndrico central.

La característica principal de la construcción del sensor es la forma de transducción mecánica de la magnitud física de presión y temperatura en variación de longitud de onda. Esta transducción es realizada por medio de los mecanismos de temperatura y presión.

En el presente informe, los siguientes términos poseen el significado que se menciona a continuación:

"Transductor", de acuerdo con el vocabulario de metrología, debe ser entendido como elemento que realiza la transducción (conversión) de una magnitud física en otra (Presión/Temperatura en Variación de Longitud de Onda de la Señal Óptica).

"Sensor" de acuerdo con el mismo glosario, significa el elemento que sufre modificación/transformación en función de la modificación de alguna magnitud física.

Un aspecto de la invención es un transductor óptico para medición simultánea de presión y temperatura en las condiciones operativas de los pozos de petróleo, útil para ser usado en configuración monopunto.

Otro aspecto de la invención es un transductor óptico para medición simultánea de presión y temperatura en las condiciones operativas de los pozos de petróleo, útil para ser usado en configuración multipunto.

51
51

El transductor óptico de la invención utiliza la tecnología FBG.

Las redes de Bragg son proyectadas de manera que haya una modulación periódica en el índice de refracción del núcleo de la fibra óptica a lo largo de la longitud de dicha fibra. La red refleja una franja de longitudes de onda cuyo valor en el pico del espectro, λ_B , corresponde alrededor de tres veces el valor del período espacial Λ de la modulación del índice, de acuerdo con: $\lambda_B = 2n \Lambda$, siendo $n \approx 1,5$ el índice de refracción del núcleo de la fibra óptica.

El comportamiento de las Redes de Bragg es semejante al de un sistema de filtro resonante, es decir, las longitudes de onda que satisfacen a la condición de resonancia son afectadas y las demás son ignoradas.

Las redes de Bragg útiles para ~~cumplir con~~ las finalidades de la invención comprenden las redes ~~preparadas~~ previamente a la instalación en el transductor de presión y temperatura.

La construcción de la red de Bragg es efectuada exponiendo localmente el núcleo de la fibra óptica a un modelo de interferencia de dos rayos de luz ultravioleta donde la orientación en relación al eje longitudinal de la fibra óptica es tal que para la red, los máximos y mínimos del modelo de interferencia se extienden a lo largo de una pequeña parte de la fibra en direcciones normales al eje longitudinal y que la

?

periodicidad es aquella deseada para la red.

El sensor está compuesto por una fibra óptica monomodo usualmente para la longitud de onda en la franja de 1300 nm a 1550 nm conteniendo a FBG grabada en el núcleo de la misma en cualquier posición a lo largo de la fibra. La FBG acoplada mecánicamente al transductor es interrogada siendo utilizado un sistema óptico compuesto por una fuente de luz — que puede ser un láser de banda ancha (C1+C2), o sintonizable en longitud de onda o una fuente de luz con ancha banda de emisión, como un LED o una fuente ASE — acoplada al núcleo de la fibra; y un sistema de medición de la longitud de onda de Bragg — que puede estar compuesto por un analizador de espectro o por un sistema de medición igual al de longitud de onda, o por variación de la intensidad (circunvolución de la señal provinendo de la FBG con el del filtro fijo de la misma longitud de onda en la superficie). La medida de la señal puede ser realizada en transmisión o en reflexión. Para aplicaciones en fondo de pozo o en cualesquiera equipos de difícil acceso, las mediciones son realizadas en reflexión. A partir de la medición de la longitud de onda de Bragg de la red, se recupera el valor de la medida en cuestión a través de una curva de calibración que debe ser determinada previamente en el laboratorio antes de la instalación del sensor en el campo.

El transductor de presión y temperatura óptico utiliza como elemento sensor para ambas magnitudes, redes de Bragg en fibras ópticas (FBG). El parámetro relevante que debe ser leído es la posición espectral del pico de reflexión para determinar la longitud de onda de la señal de retorno característico de cada sensor, que depende de la forma conocida del estado de deformación y temperatura al cual está sujeta la FBG. La presión es obtenida a través de la medición de una fibra óptica conteniendo una FBG grabada, fijada en una membrana proyectada para deformarse dentro del límite elástico del metal que la compone, en la franja de operación a que se destina el transductor. Este sensor sufre el efecto tanto de la presión como de la temperatura, debiendo este segundo efecto ser compensado, de manera que sea aislada solamente la fracción indicativa de la presión.

De acuerdo con la invención, el transductor óptico para medición simultánea de presión y temperatura en pozos de petróleo que utiliza una fibra óptica conteniendo dos redes de Bragg donde por lo menos una de esas redes es fijada sobre una membrana elástica comprende dos modalidades.

De esta manera, una primera modalidad comprende solamente una red fijada en la membrana, generalmente en el centro de la membrana, mientras que la otra red es colocada fuera de la membrana. De este modo, la red que está fuera de la membrana solamente sufre el efecto de la temperatura. Cuando la presión

54
54

externa aumenta, la membrana se deforma y alarga (estira) la fibra en la región de la red de Bragg, generando una deformación a lo largo del eje principal de la fibra óptica. Esto es lo que se quiere medir. La variación de la longitud de onda de la red de Bragg es proporcional a la deformación y es proporcional también a la temperatura. Con una sola red no se puede determinar cuánto de la variación de la longitud de onda corresponde a la temperatura y cuánto corresponde a la presión.

De este modo, la opción es tener otra red que no dependa de la presión, solamente de la temperatura. Para que esto funcione, la temperatura en los dos puntos del sensor debe ser igual.

La ecuación que describe dicho sistema es la ecuación (1) siguiente

$$\Delta \lambda_1 = f_1 (P) + g_1(T) \quad (1)$$

$$\Delta \lambda_2 = g_2 (T) .$$

No obstante, principalmente en momentos de transición de una temperatura hacia otra, las temperaturas en las dos redes son diferentes. Solamente serán iguales en la ecualización.

Una de las dificultades para implementar esta modalidad es la calibración, que puede ser lenta hasta la ecualización de las temperaturas en las dos redes. La membrana es muy fina, la estabilización con la temperatura externa es más rápida. La red de temperatura está más distante del exterior y demora más

6

para estabilizar. La temperatura es medida a través de otra FBG mecánicamente desacoplada del cuerpo del transductor. Este segundo sensor es fijado a una pequeña pieza metálica de anclaje.

Para intentar superar la dificultad de la ecualización de las temperaturas es propuesta una segunda modalidad del transductor óptico de acuerdo con la invención, en las que dos redes de Bragg son fijadas en la membrana.

La fijación (mediante un adhesivo u otra manera de fijación) debe ser realizada de modo que una de las redes permanezca en el centro de la membrana como en la primera modalidad, mientras que la segunda red debe quedar necesariamente fuera del centro. Ambas sufren el efecto de la presión, solamente en intensidades diferentes. No obstante, el efecto de la temperatura es el mismo para las dos redes.

La ecuación de la segunda modalidad es la ecuación (2) siguiente:

$$\Delta \lambda_1 = f_1 (P) + g (T)$$

$$\Delta \lambda_2 = f_2 (P) + g (T)$$

Como puede ser observado en la ecuación (2) anteriormente mencionada, la diferencia de los $\Delta \lambda$ depende únicamente de P, y será obtenida una $f_3(P)$, que es determinada por calibración.

Para reemplazar en la ecuación puede ser realizado en λ_1 o λ_2 .

Este abordaje garantiza que las dos redes se encuentren siempre en la misma temperatura, lo cual permite la medición

correcta de presión y temperatura simultáneamente. Aunque el "g" no fuese el mismo, sería posible resolver matemáticamente, pero el hecho de ser el mismo "g" facilita la resolución de las ecuaciones.

Explicando con relación a las magnitudes Temperatura y Presión:

Temperatura: La red FBG responsable de la lectura de temperatura puede ser acoplada de dos maneras (i) Encapsulada en un tubo metálico que se encuentra alojado en el interior del cuerpo del sensor cercano a la membrana. Este tubo metálico hace el acoplamiento térmico entre la temperatura del medio y la temperatura de la red; (ii) Sujeta en la membrana junto con la red de presión.

Esta última configuración mejora el acoplamiento térmico entre la red sensora de temperatura y la medición de presión del medio externo, ya que esta medición es necesaria para corregir la medición de la transducción de presión (presión X variación de la longitud de onda de la red de presión). Esta configuración corrige (cancela) los efectos de la variación de la temperatura de manera efectiva sobre la red de presión.

Presión: La red FBG de presión es responsable de la transducción de la variación de presión del medio externo, que produce una deformación de la membrana, que a su vez transfiere esta deformación en la red de presión. Esta deformación en la red modifica (desvía) la longitud de onda de

57
57
57

manera correlacionada con las deformaciones de presión. Esta lectura debe ser corregida por los efectos térmicos (variaciones térmicas) sufridas por la red de presión, ya que afectan la longitud de onda.

El procesamiento de la lectura de temperatura es realizado por medio de la lectura de la variación de la longitud de onda, pues es conocido el valor de la lectura de la longitud de onda grabado en las condiciones de temperatura ambiente. De esta forma, las variaciones serán computadas y corregidas por un algoritmo simple que transforma las variaciones de longitud de onda en grados de temperatura. Este algoritmo calcula la temperatura en base a las constantes de calibración de temperatura del sensor.

El procesamiento de la lectura de presión es realizado por medio de la lectura de la variación de la longitud de onda, pues es conocido el valor de lectura de la longitud de onda, grabado en las condiciones de temperatura ambiente y presión atmosférica. De esta forma, las variaciones serán computadas y corregidas por un algoritmo simple que corrige las variaciones de temperatura en la longitud de onda midiendo las variaciones de longitud de onda en función de la presión/ deformación de la membrana externa (medición indirecta). Este algoritmo calcula la presión en base a las constantes de calibración de presión (construcción de la membrana) del sensor.

En ambas modalidades del transductor de presión y

58
58

temperatura descriptas, la membrana elástica es una membrana delgada, cuyo espesor es una función del rango de medición de lo que se desea medir. La membrana elástica presenta un espesor homogéneo. Alternativamente, el espesor es variable a lo largo de la membrana.

La invención será descrita a continuación en relación con las Figuras adjuntas.

La Figura 1A ilustra una vista superior de una modalidad del transductor óptico de acuerdo con la invención en la cual una red de Bragg está fijada en la membrana elástica y la otra red de Bragg está fuera de la membrana. Esa modalidad de transductor de la invención, generalmente designado por el numeral (100), comprende un cuerpo (10a), ahuecado a lo largo del eje principal para permitir el pasaje de una fibra óptica (30) y garantizar el acceso a ambas extremidades de la mencionada fibra óptica (30).

El cuerpo (10a) es dotado de: (i) dos planos de simetría para facilitar la instalación y conexión en serie con otros sensores del mismo tipo u otros transductores y sensores a fibra óptica; (ii) una membrana elástica (50), estando fijada sobre la mencionada membrana (50) por lo menos una red de Bragg (60) contenida en la fibra óptica (30); y (iii) pasaje longitudinal (31) de la fibra óptica (30) a través del cuerpo (10a) del transductor.

no coincide con la fig.

La membrana elástica (50) es una fina chapa en el cuerpo

59
59

(10a) del sensor.

Alternativamente, la membrana elástica (50) no forma parte del cuerpo (10a) del transductor (100) y es conectada al mismo mediante cualquier medio de fijación conocido.

El medio de sellado para efectuar el sellado en el sentido transversal del transductor óptico (100) es un tapón circular (70), ilustrado en la Figura 1B. En el montaje del transductor (100), la red de Bragg (60) contenida en la fibra óptica (30) es fijada en la membrana elástica (50) mediante cualquier dispositivo de fijación y en seguida el tapón (70) es enroscado en el cuerpo (10a) de manera de efectuar el sellado. De esta manera, el tapón (70) facilita de un modo general el montaje del transductor óptico (100).

La Figura 1C es una vista lateral del mismo transductor, con el conducto (31) para el pasaje de la fibra óptica (30).

El interior del cuerpo (10a) es dotado de una cámara (80) para alojar medios de sellado (no representados) destinados a sellar el transductor (100) del medio externo. En el transductor (100), la fibra óptica (30) atraviesa los mencionados medios de sellado y el pasaje longitudinal (31) del cuerpo (10a), de modo que al finalizar el montaje, el transductor (100) con la fibra óptica (30) conteniendo las redes de Bragg (60) es tapado. Alternativamente, si el transductor (100) es usado sin estar conectado a ningún otro transductor, una de las extremidades es sellada totalmente

60-60
60-60
60-60

mediante una terminación (no representada).

Las Figuras 1B y 2B son cortes BB que ilustran modalidades del transductor (100,200) de la invención con una red de Bragg (60b) destinada a medir la presión fijada a la membrana elástica (50) y otra red de Bragg (60a) destinada a medir temperatura no fijada a la mencionada membrana (50). En esta modalidad la red (60a) está protegida por una protección metálica (61) que también amplía el efecto de la temperatura experimentado por la red (60a). Alternativamente la protección metálica (61) es anulada y la fibra (30) es encapsulada en un tubo de protección (no representado).

La FIGURA 2A ilustra una *carbon tank?* vista superior de otra modalidad del transductor óptico de la invención. El transductor, generalmente designado por el numeral (200), es constituido por un cuerpo cilíndrico (10b).

La FIGURA 2C es una vista lateral del mismo transductor (200) con el pasaje (31) de la fibra óptica (30). La FIGURA 2D adjunta ilustra una modalidad del mismo transductor en el cual las dos redes de Bragg están fijadas sobre la membrana elástica.

La Figura 2D ilustra una modalidad del transductor (100) de la invención con las dos redes de Bragg (60a, 60b) contenidas en la misma fibra óptica (30) fijadas a la membrana elástica (50). En ~~esta~~ modalidad, una red (60a) será fijada en el centro de la membrana (50) y la otra red (60b) será fijada

61

desviada del centro de la membrana (50).

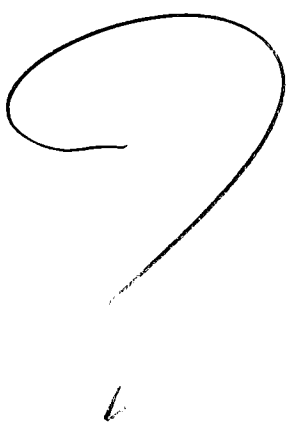
Los transductores (100) y (200) difieren solamente por la configuración que debe ser acoplada a los medios de sellado externos.

Las Figuras 3 y 4 se refieren a la calibración del transductor (100) de la invención. De un modo general se comprueba que la variación de la longitud de onda de reflexión para el transductor (100) presenta un comportamiento lineal de la variación de la longitud de onda en función de las magnitudes físicas (temperatura y presión) cuando una de las medidas, presión o temperatura, es variada mientras que la otra permanece constante.

La Figura 3 es un gráfico que muestra la calibración del transductor de la invención para la red de temperatura.

En la Figura 3 pueden ser vistas las dependencias de las longitudes de onda de los sensores de presión y de temperatura. Se comprueba una excelente linealidad, además de una mayor sensibilidad para el sensor fijado a la membrana. Esto se debe a la suma de los efectos de aumento del índice de refracción de la fibra, presente en ambos sensores, a la dilatación térmica del material de la membrana.

La Figura 4 es un gráfico que muestra la calibración del transductor de la invención para la presión, basado en un sistema de lectura mediante medición de la variación de la longitud de onda.



62

Los valores de variación de la longitud de onda que componen el gráfico de la Figura 4 incluyen mediciones realizadas a 25, 34, 45 y 76°C con un sistema de lectura mediante la medición de la variación de la longitud de onda. Resulta evidente, por esos resultados, que el transductor (100) no presentó ninguna histéresis y que su respuesta es lineal y la sensibilidad es independiente de la temperatura. La configuración de los sensores (100,200) ilustrada en las Figuras 1A, 1B, 1C e 2A, 2B, 2C y 2D permite que una pluralidad de dichos transductores (100,200) teniendo por lo menos una red de Bragg (60b) fijada a una membrana elástica (50) sea conectada en serie por la fibra óptica (30) en común para medir puntos múltiples de presión y temperatura en el modo de sensores distribuidos. Cualesquiera técnicas de multiplexor pueden ser usadas para distinguir la señal de un sensor de la señal de otro sensor, tales como multiplexor por división de longitud de onda (WDM) o multiplexor por división de tiempo (TDM) u otras técnicas de multiplexor. En ese caso, la red (60a/60b) en cada sensor puede tener una longitud de onda de reflexión diferente.

63
~~63~~
63REIVINDICACIONES

1.- Transductor óptico para medición simultánea de presión y temperatura en pozos de petróleo, estando dicho transductor insertado en un sistema que comprende un emisor de luz que se propaga a lo largo del núcleo de una fibra óptica que contiene redes de Bragg grabadas en la misma, hasta encontrar una red de Bragg que refleja parte de dicha luz, CARACTERIZÁNDOSE dicho transductor porque presenta un cuerpo, predominantemente cilíndrico, que comprende una membrana elástica para fijar al menos una red de Bragg, y por lo menos una red adicional de Bragg impresa sobre la misma fibra óptica, y donde dicho cuerpo es:

- a) ahuecado a lo largo del eje principal para permitir el pasaje por un canal de una fibra óptica y asegurar el acceso a ambas extremidades de dicha fibra óptica;
- b) dotado de dos planos de simetría para facilitar la instalación y conexión en serie con otros transductores del mismo tipo u otros transductores y sensores a fibra óptica;
- c) dotado de acceso central y respectivo sellamiento, perpendicular al eje principal de dicho cuerpo, por el lado opuesto a dicha membrana, para permitir el proceso de fijación de por lo menos una red de Bragg a la membrana; y
- d) dotado de medios de sellamiento contra la presión externa, en la entrada y en la salida de la fibra óptica y en el

64
~~64~~

acceso central, por lo cual:

la membrana elástica transmite la deformación proporcional a las condiciones de presión y temperatura a las cuales está sometido a dicho transductor a por lo menos una red de Bragg, siguiendo la fracción de luz no reflejada por las redes de Bragg por la parte restante de la fibra óptica.

2.- Transductor óptico de acuerdo con la reivindicación 1, CARACTERIZADO porque una red de Bragg está fijada en la membrana elástica, mientras que la otra red de Bragg se encuentra fuera de la membrana.

3.- Transductor óptico según la reivindicación 2, CARACTERIZADA porque la red de Bragg fijada sobre la membrana elástica es la red destinada a medir la presión.

4.- Transductor óptico de acuerdo a la reivindicación 2, CARACTERIZADO porque la red de Bragg que se encuentra fuera de la membrana elástica es la red destinada a medir la temperatura.

5.- Transductor óptico de acuerdo a la reivindicación 4, CARACTERIZADO porque la red de Bragg que mide la temperatura está protegida por una protección metálica.

6.- Transductor óptico de acuerdo a la reivindicación 4, CARACTERIZADO porque, alternativamente, la red de Bragg que mide la temperatura está encapsulada por un tubo de protección.

7.- Transductor óptico de acuerdo con la reivindicación 1, CARACTERIZADO porque ambas redes de Bragg están fijadas sobre

~~65~~
65

la membrana elástica.

8.- Transductor óptico de acuerdo con la reivindicación 7, ⁸
CARACTERIZADO porque el efecto de temperatura es el mismo para ^{solo}
ambas redes de Bragg fijadas sobre la membrana elástica. ^{del}

9.- Transductor óptico de acuerdo con la reivindicación 1,
CARACTERIZADO porque la(s) redes de Bragg son fijadas sobre la
membrana elástica por cualquier dispositivo de fijación.

10.- Transductor óptico de acuerdo con la reivindicación
9, CARACTERIZADO porque las redes de Bragg son fijadas sobre
la membrana elástica por pegado con un adhesivo polimérico.

11.- Transductor óptico de acuerdo con la reivindicación
1, CARACTERIZADO porque el cuerpo comprende cámaras,
simétricas, destinadas a acomodar medios de sellamiento contra
la presión externa.

12.- Transductor óptico de acuerdo con la reivindicación [→]
1, CARACTERIZADO porque el espesor de la membrana elástica es
uniforme.

13.- Transductor óptico de acuerdo con la reivindicación [→]
1, CARACTERIZADO porque el espesor de la membrana elástica es
variable.

14.- Transductor óptico de acuerdo con la reivindicación [→]
1, CARACTERIZADO porque la membrana elástica es integral con
el cuerpo.

15.- Transductor óptico de acuerdo con la reivindicación
1, CARACTERIZADO porque la membrana elástica está acoplada al

66

cuerpo.

16.- Transductor óptico de acuerdo con la reivindicación 16, CARACTERIZADO porque es usado en modo monopunto.

17.- Transductor óptico de acuerdo con la reivindicación 1, CARACTERIZADO porque una pluralidad de estos transductores tienen por lo menos una fibra óptica que contiene una red de Bragg fijada a una membrana elástica y conectada en serie por la fibra óptica común para medir puntos múltiples de presión y temperatura a modo de sensores distribuidos.

18.- Transductor óptico de acuerdo con la reivindicación 17, CARACTERIZADO porque está conectado en serie a otros transductores y sensores del mismo tipo.

19.- Transductor óptico de acuerdo con la reivindicación 17, CARACTERIZADO porque está conectado en serie a transductores y sensores de tipos diferentes.

20.- Transductor óptico de acuerdo con la reivindicación 17, CARACTERIZADO porque la conexión en serie es realizada a través de la misma fibra óptica.

21.- Transductor óptico de acuerdo a la reivindicación 17, CARACTERIZADO porque la conexión en serie es efectuada a través de otra(s) fibra(s) óptica(s) acopladas a dicha fibra óptica.

22.- Transductor óptico de acuerdo con las reivindicaciones 17, 18, 19, 20 y 21, CARACTERIZADO porque son usadas técnicas de multiplexación WDM/TDM para distinguir la

67
67

señal de un sensor de la señal de otro sensor.

23.- Método para medir la temperatura y presión de manera simultánea en pozos de petróleo, utilizando el transductor óptico de la reivindicación 1, CARACTERIZADO porque dicho método comprende proveer una fibra óptica que contiene por lo menos dos redes de Bragg sensibles respectivamente a temperatura y presión; provocar una variación en el índice de refracción de dichas redes y deformación en la membrana elástica resultante de las condiciones de temperatura y presión a las cuales está sometido el transductor; a través de la membrana, transmitir la temperatura (variación de índice de refracción) y deformaciones (geometría especial de la red) a dichas redes de Bragg; a partir de la medición de variaciones de compresión de onda de red de Bragg, recuperar el valor de presión y temperatura a través de una curva de calibración.

2
u
ls
pot.

68

R E S U M E N

Se describe un transductor óptico (100, 200) para medición simultánea de presión y temperatura en pozos de petróleo en configuración monopunto o multipunto, comprendiendo dicho transductor un cuerpo (10a, 10b), predominantemente cilíndrico, que comprende una membrana elástica (50) para fijar por lo menos una red de Bragg (60a/60b) y por lo menos una red adicional de Bragg (60b/60a) impresa sobre la misma fibra óptica (30), y donde dicho cuerpo (10a,10b) es ahuecado a lo largo del eje principal; dotado de dos planos de simetría para facilitar la instalación y conexión en serie con otros transductores (100, 200) del mismo tipo u otros transductores y sensores a fibra óptica; y dotado de acceso central y respectivo sellamiento (70) para permitir el proceso de fijación de por lo menos una red de Bragg (60a/60b) a una membrana (50); y dotado de medios de sellamiento contra la presión externa. El transductor (100, 200) a membrana elástica (50) transmite la deformación proporcional a las condiciones de presión y temperaturas a las cuales está sometido dicho transductor a por lo menos una red de Bragg (60a/60b), siguiendo la fracción de luz no reflejada por las redes de Bragg (60a, 60b) por la parte restante de la fibra óptica (30). La invención contempla asimismo un método para medir simultáneamente la presión y temperatura en pozos de petróleo en configuración monopunto o multipunto usando el transductor descrito.

69
69

REPUBLICA DE COLOMBIA
SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO

Bogotá,
2020

Doctor(a)
FERRERO EMILIO
Apoderado(a) y/o Representante de
PETROLEO BRASILEIRO S.A PETROBRAS

REFERENCIA	Radicación No. 05 79324
	Trámite 2
	Evento 1
	Actuación 430
	Oficio No. 008799

Como resultado del examen de forma, realizado con fundamento en el artículo 38 de la Decisión 486 de la Comisión de la Comunidad Andina, se le comunica que:

1. Debe allegar copia del documento en que consta la cesión del derecho a la patente otorgado por el(los) inventor(s) al(los) solicitante(s) o a su(s) causante(s) (art. 26-k, Dec 486/2000).
2. De la figura característica enviar por duplicado arte final en tamaño 12 x 12 cm.

En cumplimiento del artículo 39 de la Decisión 486, se le requiere para que dentro del término de dos (2) meses siguientes a la fecha de notificación del presente oficio, complete los requisitos anteriormente enunciados. En caso de no dar cumplimiento al presente requerimiento, la solicitud se considerará abandonada y perderá su prelación.

Notifíquese el presente oficio conforme a lo dispuesto en el numeral 5.2, literal e), del capítulo quinto del título primero de la Circular Unica No.10 de 2001.

ALIX CARMENZA CESPEDES DE VERGEL
Jefe de la división de Nuevas Creaciones

El anterior requerimiento fue notificado por fijación en lista de fecha 29 SET. 2005
adpal

Se recuerda al interesado que debe presentar, dentro de los dieciséis meses siguientes contados a partir de la fecha de presentación de la solicitud cuya prioridad se invoca, copia de la misma certificada por la autoridad que la expidió y, en los casos en que haya lugar, la traducción simple del capítulo reivindicatorio. El incumplimiento de éste plazo, acarreará la pérdida de la prioridad invocada.