

O comportamento das Redes de Bragg é semelhante ao de um sistema de filtro ressonante, ou seja, os comprimentos de onda que satisfazem à condição de ressonância são afetados e os demais são ignorados.

15

As redes de Bragg úteis para as finalidades da invenção compreendem as
5 redes preparadas previamente à instalação no transdutor de pressão diferencial.

A construção da rede de Bragg é efetuada expondo localmente o núcleo da fibra óptica a um padrão de interferência de dois raios de luz ultravioleta onde a orientação em relação ao eixo longitudinal da fibra óptica é tal que para a rede, os máximos e mínimos do padrão de interferência se estendem ao longo de uma
10 pequena parte da fibra em direções normais ao eixo longitudinal e que a periodicidade é aquela desejada para a rede.

O sensor é composto por uma fibra óptica monomodo usualmente para o comprimento de onda na faixa de 1300 nm a 1550 nm contendo a FBG gravada no núcleo da mesma em qualquer posição ao longo da fibra. A FBG acoplada
15 mecanicamente ao transdutor é interrogada utilizando-se um sistema óptico composto por uma fonte de luz — que pode ser um laser de banda larga (C1+C2), ou sintonizável em comprimento de onda ou uma fonte de luz com larga banda de emissão, como um LED ou uma fonte ASE — acoplada ao núcleo da fibra, e um sistema de medida da variação do comprimento de onda de Bragg — que pode
20 ser composto por um analisador de espectro ou por um sistema de medida do comprimento de onda, ou por variação da intensidade (convolução do sinal provindo da FBG com o do filtro fixo de mesmo comprimento de onda na superfície).

A medida do sinal pode ser realizada em transmissão ou em reflexão. Para
25 aplicações em fundo de poço ou em quaisquer equipamentos de difícil acesso, as medidas são realizadas em reflexão.

A partir da medição do comprimento de onda de Bragg da rede, recupera-se o valor do mensurando em questão através de uma curva de calibração que deve ser levantada previamente em laboratório antes da instalação do sensor em
30 campo.

Uma modalidade da invenção prevê o uso de duas redes de Bragg na mesma fibra óptica. As redes são escritas com comprimentos de onda diferentes.

14

INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL

**CERTIFICO, que a presente fotocópia, em número de uma,
Reproduz fielmente o documento arquivado neste Instituto**

Rio de Janeiro, 02 de Setembro 2005.



SHEILA KILINS GEHRT
Coordenadora Administrativa de Patentes
Mat: 449600 - DIRPA/ CADPAT

As duas FBGs são colocadas nas superfícies do diafragma em contra fase, trazendo como consequência que uma FBG irá trabalhar a tração e a outra, a compressão. Isto permite que o transdutor seja autocompensado em relação aos efeitos da temperatura, isto é, devido às duas FBGs colocadas praticamente no mesmo ponto, o gradiente de temperatura será nulo pois a espessura do diafragma é pequena. O sistema de medição registra a diferença entre os comprimentos de onda das FBGs ($\Delta\lambda$). Para uma variação na temperatura, os picos sofrem um deslocamento no seu comprimento de onda, aumentando ou diminuindo conforme a temperatura aumentar ou diminuir respectivamente, mas como se trata do mesmo material, esse $\Delta\lambda$ permanece constante para uma determinada pressão. Esta configuração é utilizada nas modalidades (100, 200 e 300) do transdutor óptico da invenção.

Alternativamente, pelo menos duas redes e de preferência três redes são posicionadas na mesma face do diafragma. Neste caso, as parcelas dos deslocamentos espectrais das duas FBGs, $\Delta\lambda_B$, produzidas por variações de temperatura seriam também idênticas. As parcelas de $\Delta\lambda_B$ relacionadas com a deflexão do diafragma seriam, entretanto diferentes, permitindo também neste caso relacionar variações de pressão com variações na diferença espectral entre os picos dos sinais refletidos pelas duas redes. Esta alternativa é utilizada na modalidade (400) do transdutor óptico da invenção.

Durante os procedimentos de calibração não é observada a presença de histerese.

A invenção será descrita a seguir por referência às Figuras anexas.

As Figuras 1A, 1B e 1C ilustram a disposição do transdutor (100) de pressão diferencial a fibra óptica em um duto (1) por onde se desloca um fluido como petróleo. É evidente que qualquer das modalidades (100, 200, 300, 400) do transdutor da invenção pode ser utilizada para medir a pressão diferencial em um Venturi instalado no interior de um poço de petróleo.

O princípio de funcionamento do transdutor da invenção tem por base produzir uma perda de carga localizada no fluxo mediante um dispositivo (Venturi), obtendo-se dessa forma um aumento de pressão na restrição do Venturi. O valor do ΔP obtido dependerá do tamanho da restrição utilizada, como se pode ver na seqüência de Figuras 1A, 1B e 1C. Na Figura 1A ΔP terá valor

INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL

CERTIFICO, que a presente fotocópia, em número de uma,
Reproduz fielmente o documento arquivado neste Instituto

Rio de Janeiro, 02 de Setembro 2005.



SHEILA KILINS GEHRT
Coordenadora Administrativa de Patentes
Mat: 449600 - DIRPA/ CADPAT

maior do que na Figura 1B, e por sua vez este será maior do que o valor da Figura 1C. Maior ΔP significa maiores perdas de carga.

A Figura 2 é um esquema do diafragma (2) utilizado nas modalidades do transdutor da invenção, dito diafragma (2) sendo submetido a uma pressão P_1 em um dos lados e a uma pressão P_2 no outro lado, criando um ΔP . A deflexão provocada no diafragma (2) pela resultante de P_1 e P_2 é indicada como δ Deflexão. Em transdutores comerciais, o valor de ΔP está em torno de 0,001 MPa (0,15 psi). Assim, são efetuados cálculos para determinar espessura e diâmetro para garantir que o diafragma (2) suporte as pressões sem sofrer deformações permanentes e obviamente não atinja uma condição extrema tal como a ruptura.

O material de que serão construídos o transdutor (100) e o diafragma (2) é qualquer material que seja suficientemente resistente para atender às condições de operação em poços de petróleo.

A Figura 3 se refere ao corpo principal do transdutor (100) de pressão diferencial a fibra óptica. A Figura 3A é uma vista em perspectiva do corpo principal (110) com um furo vazado (113) e um rebaixo (112) de ambos os lados do dito corpo (110). Passagens ou furos (111a, 111b) são providos desde a lateral do corpo (110) até o furo vazado (113), tangenciando as superfícies do diafragma (2) para inserir a fibra óptica (não representada) e posicionar as redes de Bragg nas regiões centrais das ditas superfícies. Um canal (114) em espiral é posicionado no furo vazado (113) para comunicar os furos (111a, 111b) permitindo a proteção e passagem da fibra óptica (não representada) de uma superfície para outra do diafragma (2). Furos (120) são providos nos quatro cantos do corpo (110) para montagem do transdutor (100) e fixação em um mandril de um duto, como uma coluna de produção e/ou injeção.

No transdutor (100) o diafragma (2) está colocado paralelo ao corpo (110).

A Figura 3B é um corte A-A longitudinal do corpo (110) passando pelo diafragma (2) e pelo furo vazado (113) mostrando passagens ou furos (111a, 111b) para a fibra óptica (não representada), o diafragma (2) e a metade do canal (114) em espiral.

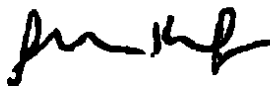
A Figura 3C é um corte B-B transversal do corpo (110) passando pelo diafragma (2) com a seção transversal dos furos (111a, 111b) para a fibra óptica (não representada).

16

INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL

**CERTIFICO, que a presente fotocópia, em número de uma,
Reproduz fielmente o documento arquivado neste Instituto**

Rio de Janeiro, 02 de Setembro 2005.



SHEILA KILINS GEHRT
Coordenadora Administrativa de Patentes
Mat: 449600 - DIRPA/ CADPAT

A Figura 3D é um corte C-C transversal do corpo (110) passando pelo furo vazado (113) mostrando o canal (114) em espiral com a seção transversal dos furos (111a, 111b).

18

A Figura 4A é uma vista em perspectiva da tampa (115) que se conecta ao corpo (110) para formar o transdutor (100). A tampa (115) é dotada de canal (116) para abrigar uma vedação tipo O-Ring e um rebaixo (117) sendo que os extremos do dito rebaixo são coincidentes e da mesma dimensão que o furo vazado (113) e o rebaixo (112). Os furos (120) são como na Figura 3A.

A Figura 4B é um corte B-B longitudinal da tampa (115) mostrando o canal (116) para o O-Ring e o rebaixo (117).

A geometria da tampa (115) é tal que não somente veda a parte superior do transdutor (100), mas também comunica o furo vazado (113) do corpo (110) a uma das superfícies do diafragma (2) onde a pressão atua, pois a outra superfície do diafragma (2) já está em contato com a outra tomada de pressão.

A conexão corpo (110)/tampa (115) do transdutor (100) é completada por furos (120) para inserção de dispositivos de fixação (não representados) que transpassam os quatro cantos do corpo (110) e da tampa (115).

A Figura 5 ilustra como foi idealizada a montagem das redes de Bragg (FBG) no transdutor (100): a fibra óptica (118) contendo as FBGs (118a, 118b) ingressa por um dos furos (111a ou 111b) feitos no corpo (110) de tal forma que uma FBG é posicionada na região central de uma das superfícies do diafragma (2). A fibra óptica (118) continua até chegar ao furo vazado (113) circundando esse furo através do canal em espiral (114) até chegar ao outro furo (111b ou 111a) para logo chegar até a outra superfície do diafragma (2) posicionando a segunda FBG na região central dessa superfície. Em seguida a fibra óptica (118) continua no interior do dito furo (111a ou 111b) até deixar o corpo (110) para se conectar a um outro dispositivo da mesma tecnologia ou a um sistema de medição.

O transdutor (100) é testado em relação à vedação, medição de pressão e compensação em relação aos efeitos de temperatura, passando em todos os testes.

17

INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL

**CERTIFICO, que a presente fotocópia, em número de uma,
Reproduz fielmente o documento arquivado neste Instituto**

Rio de Janeiro, 02 de Setembro 2005.



SHEILA KILINS GEHRT
Coordenadora Administrativa de Patentes
Mat: 449600 - DIRPA/ CADPAT

Na calibração do transdutor (100) é estabelecida uma relação diretamente proporcional entre ΔP e $\Delta \lambda$. Para as condições de medição empregadas, não é constatada histerese.

O transdutor (100) pode ser usado como um equipamento único, isto é, no modo monoponto ou no modo multiponto, sendo então instalado em série, desde que isto seja compatível com as técnicas de sensoriamento empregadas. A configuração do dito transdutor, ilustrada nas Figuras 3A, 3B e 3C e 4A, 4B permite que uma pluralidade desses transdutores (100) tendo uma fibra óptica contendo redes de Bragg (118a, 118b) afixadas a um diafragma (2) sejam conectados em série pela fibra óptica (118) em comum para medir pontos múltiplos de pressão diferencial no modo de sensores distribuídos. Quaisquer técnicas de multiplexação podem ser usadas para distinguir o sinal de um sensor do sinal de outro sensor, tais como multiplexação por divisão de comprimento de onda (WDM) ou multiplexação por divisão de tempo (TDM) ou outras técnicas de multiplexação. Nesse caso, a rede (118a/118b) em cada sensor tem um comprimento de onda de reflexão diferente.

Uma segunda modalidade da invenção é um transdutor (200) a fibra óptica contendo redes de Bragg para medição de pressão diferencial onde o diafragma (2) é isolado do fluido de processo através de um selo mecânico (201).

Na instalação do transdutor de pressão diferencial no medidor de vazão de fundo do poço o fluido de processo é água ou petróleo, que pode ainda conter gás, água e partículas de areia. O diafragma (2) deve ser isolado para que sua espessura, de décimos de milímetro, não sofra erosão ou ataque químico, reduzindo a vida útil do transdutor. Além disso, no caso de as redes de Bragg estarem coladas nas faces do diafragma (2), o adesivo não pode ser degradado pelo fluido de enchimento do selo mecânico. O fluido inerte escolhido para o preenchimento do selo mecânico é o óleo de silicone, sem estar limitado a este.

Na Figura 6A apresenta-se o desenho do selo mecânico (201) que foi projetado. O selo basicamente consiste de um anel de vedação (O-Ring) (202) e uma membrana (203) numa peça única.

Na Figura 6B mostra-se de forma esquemática a seção do transdutor de pressão (200) onde estão os selos mecânicos (201) flexíveis na posição de trabalho. A Figura 6B ilustra o corpo do transdutor (200) com as câmaras C1 e C2