



República Federativa do Brasil
Ministério da Economia
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(21) BR 102017015363-0 A2



(22) Data do Depósito: 18/07/2017

(43) Data da Publicação Nacional: 26/03/2019

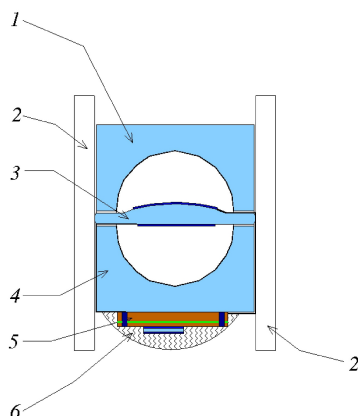
(54) **Título:** SENSOR INTELIGENTE MINIATURIZADO DE ALTA RESOLUÇÃO PARA MONITORAMENTO SEMI-DISTRIBUÍDO DE GRANDEZAS FÍSICAS COM ALTA RESOLUÇÃO E SEU MÉTODO CONSTRUTIVO

(51) **Int. Cl.:** H02N 2/18; F17D 5/06; E21B 47/06.

(71) **Depositante(es):** UNIVERSIDADE FEDERAL DE PERNAMBUCO.

(72) **Inventor(es):** EDVAL JOSÉ PINHEIRO SANTOS; LEONARDO BRUNO MEDEIROS SILVA.

(57) **Resumo:** A presente invenção descreve um sensor inteligente e um método construtivo para o sensor, para medição de grandezas físicas capaz de realizar medição semi-distribuída e possuir tamanho reduzido com alta qualidade metrológica. Especificamente, o sensor inteligente da presente invenção compreende duas capas cristalinas e um dispositivo transdutor em material cristalino, preferencialmente em cristal de quartzo que realiza medição de grandezas físicas com auxílio de um dispositivo eletrônico integrado. Ainda, sua disposição construtiva confere alta resistência e tamanho reduzido com alta qualidade metrológica, apresentando resolução da ordem de partes por milhão. Deste modo o sensor pode ser utilizado para medição de, por exemplo, pressão, temperatura, vazão, etc. A presente invenção se situa nos campos da engenharia mecânica e eletrônica, sendo aplicado em campos petrolíferos e estruturas sob esforços mecânicos.



Relatório Descritivo de Patente de Invenção

SENSOR INTELIGENTE MINIATURIZADO DE ALTA RESOLUÇÃO PARA MONITORAMENTO SEMI-DISTRIBUÍDO DE GRANDEZAS FÍSICAS COM ALTA RESOLUÇÃO E SEU MÉTODO CONSTRUTIVO

Campo da Invenção

[1] A presente invenção descreve um sensor inteligente, e um método construtivo para o sensor, capaz de realizar medição semi-distribuída de grandezas físicas e possuir tamanho reduzido com alta qualidade metrológica, apresentando resolução da ordem de partes por milhão. Mais especificamente o sensor é dotado de capas cristalinas e um dispositivo transdutor capaz de realizar a medição de grandezas físicas com auxílio de um dispositivo eletrônico integrado. A presente invenção se situa nos campos da engenharia mecânica e eletrônica, sendo aplicado em campos petrolíferos e estruturas sob esforços mecânicos.

Antecedentes da Invenção

[2] Diversos tipos de sensores foram desenvolvidos para a medição das mais variadas grandezas. No entanto, quando se define que a medição da grandeza de interesse seja feita de maneira distribuída ou semi-distribuída em ambientes agressivos, a solução é inexistente.

[3] Uma aplicação que requer um sensor de alta resistência é a medição de pressão em poços de extração de petróleo, tais poços estão sujeitos a altas pressões e altas temperaturas, por isso surge à necessidade de confeccionar um sensor que suporte tais condições. Outra necessidade é a confecção de sensores que realizem medições semi-distribuída ou distribuída que sejam resistentes e pequenos o suficiente para tal aplicação.

[4] Os sensores mais utilizados compreendem elementos transdutores que são capazes de transformar um sinal de entrada de natureza mecânica ou eletromagnética em sinais de saída elétricos e vice-versa.

[5] Na busca pelo estado da técnica em literaturas científica e patentária, foram encontrados os seguintes documentos que tratam sobre o tema:

[6] O documento US4562375 revela um sensor de pressão para poços subterrâneos, que apresentam medição de alta precisão independentemente da variação de temperatura do poço, porém o sensor só é capaz de realizar medições pontuais.

[7] O documento US4936147 revela um sensor de pressão e temperatura de poço de óleo ou gases dotado de um sensor de temperatura secundário instalado em um segundo local do poço para que o mesmo realize a medição da temperatura do poço e possa realizar as correções das distorções causadas pela temperatura ao sensor de pressão. Este sensor de pressão realiza apenas medição da pressão pontual.

[8] O documento US5231880 revela um sensor que utiliza um transdutor de cristais de quartzo compreendendo três cristais ressonadores cuidadosamente selecionados para manter alta resolução e precisão nas medições de pressão. Os cortes utilizados para confeccionar o sensor de pressão são os de denominação AT ou BT, porém este sensor só é capaz de realizar medições pontuais.

[9] Assim, do que se depreende da literatura pesquisada, não foram encontrados documentos antecipando ou sugerindo os ensinamentos da presente invenção, de forma que a solução aqui proposta possui novidade e atividade inventiva frente ao estado da técnica.

[10] Deste modo não foi encontrado nenhum sensor capaz de realizar a medição da pressão de maneira semi-distribuída, que possuía resistência e seja pequeno o suficiente para operar em poços de petróleo.

Sumário da Invenção

[11] Dessa forma, a presente invenção tem por objetivo resolver os problemas constantes no estado da técnica a partir de um sensor dotado de cristais transdutores piezoelétricos que são usados para construir um sensor

inteligente, o qual é capaz de medir pressão, temperatura, vazão etc. Adicionalmente, estes transdutores são resistentes o suficiente para operar em poços de petróleo.

[12] Em um primeiro objeto, a presente invenção apresenta um sensor inteligente miniaturizado de alta resolução que compreende ao menos um elemento de transdução piezoelétrico (3), ao menos uma capa cristalina inferior (4), ao menos uma capa cristalina superior (1), um dispositivo eletrônico integrado (5) e encapsulamento (2) preferencialmente em aço, sendo que, as capas cristalinas (1 e 4) englobam o elemento de transdução (3); o dispositivo eletrônico integrado (5) é fixado na superfície externa da capa cristalina inferior (4) ou na superfície do elemento de transdução (3); e o encapsulamento (2) em aço envolve todos os componentes compreendidos no dito sensor. A fixação na capa cristalina inferior resulta em transdutor de maior fator de qualidade, embora apresente um volume maior.

[13] Em um segundo objeto, a presente invenção apresenta um método construtivo de sensor de alta resolução para medição de grandezas físicas descrito neste documento que compreende as etapas de:

- a. definição do material cristalino;
- b. corte e preparação do elemento de transdução (3) e as duas capas cristalinas (1 e 4);
- c. fixação do dispositivo eletrônico integrado (5) no elemento de transdução (3) ou na capa cristalina inferior (4);
- d. posicionamento das capas cristalinas superior (1) e inferior (4) envolvendo o elemento de transdução (3);
- e. encapsulamento do sensor pelo protetor (2).

[14] Em um terceiro objeto, a presente invenção apresenta um método de monitoramento de grandezas físicas em poços de petróleo, sendo implementado com o sensor inteligente miniaturizado, conforme definido anteriormente, e compreendendo as seguintes etapas:

- a. posicionamento de sensores de medição longitudinalmente no poço, no sentido do fluxo de extração;
- b. detecção da grandeza física sobre o sensor, sendo grandezas físicas distribuídas ou semi-distribuídas;
- c. conversão do sinal detectado para um sinal digital;
- d. envio do sinal digital a um circuito de processamento;
- e. transmissão da informação coletada;

em que,

- os sensores são posicionados ao longo da tubulação do poço de petróleo.

[15] Ainda, o conceito inventivo comum a todos os contextos de proteção reivindicados faz referência a um sensor para medição de grandezas físicas de tamanho reduzido com disposição construtiva específica que lhe possibilita realizar medição semi-distribuída e lhe confere alta resistência a esforços externos e fator de qualidade necessário para poder ser utilizado para medição de pressão em poços de petróleo com resolução em partes por milhão.

[16] Estes e outros objetos da invenção serão imediatamente valorizados pelos versados na arte e pelas empresas com interesses no segmento, e serão descritos em detalhes suficientes para sua reprodução na descrição a seguir.

Breve Descrição das Figuras

[17] São apresentadas as seguintes figuras:

[18] A figura 1 mostra uma alternativa da disposição construtiva do sensor para medição de grandezas físicas em que o dispositivo eletrônico integrado está fixado à capa cristalina inferior.

[19] A figura 2 mostra uma segunda alternativa da disposição construtiva do sensor para medição de grandezas físicas onde o dispositivo eletrônico integrado está fixado no dispositivo transdutor. Esta disposição apresenta uma redução do tamanho do sensor, porém causa uma redução do fator de qualidade.

[20] A figura 3 mostra um gráfico comparativo do fator de qualidade, baseado na modelagem computacional, comparando o transdutor de tamanho reduzido com seus predecessores. Embora ocorra uma redução do fator de qualidade o mesmo ainda é aceitável para a aplicação em poços de petróleo.

[21] A figura 4 mostra um gráfico que comprova o fator de qualidade acima de 10^6 para um transdutor no formato convexo-plano.

[22] A figura 5 mostra um gráfico, baseado na modelagem computacional, do comportamento da medição da pressão até 20000 psi utilizando o transdutor de tamanho reduzido em um ambiente a 200°C.

[23] A figura 6 mostra uma análise das tecnologias encontradas no estado da técnica, em comparação com a proposta descrita na presente invenção.

Descrição Detalhada da Invenção

[24] As descrições que seguem são apresentadas a título de exemplo e não limitativas ao escopo da invenção e farão compreender de forma mais clara o objeto do presente pedido de patente.

[25] Em um primeiro objeto, a presente invenção apresenta um sensor inteligente miniaturizado de alta resolução dotado de ao menos uma capa cristalina superior (1), ao menos uma capa cristalina inferior (4), ao menos um elemento de transdução (3), um dispositivo eletrônico integrado (5) e um protetor (2), sendo que as capas cristalinas englobam o elemento de transdução (3), o dispositivo eletrônico integrado (5) pode ser fixado na superfície externa da capa cristalina inferior (4) ou na superfície do elemento de transdução (3) e o protetor (2) encapsula todos os componentes. A fixação na capa cristalina inferior resulta em transdutor de maior fator de qualidade, embora apresente um volume maior. A fixação na superfície plana do elemento de transdução tem a vantagem de reduzir o volume, mas causa uma redução do fator de qualidade.

[26] Para fins deste documento, o termo “alta resolução” faz referência a um sensor com precisão maior ou igual a 1 PPM.

[27] Para fins deste documento, o termo “grandezas físicas” faz referencia a qualquer grandeza que possa ser medida, sendo descrita qualitativamente e quantitativamente, como por exemplo pressão, vazão, velocidade, entre outras.

[28] Em uma concretização, o elemento de transdução (3) e as capas cristalinas são confeccionados em material cristalino, de preferência o cristal de quartzo.

[29] Em uma concretização, utilizando o quartzo, o material cristalino é cortado utilizando o tipo de corte AT. O corte do tipo AT é o corte que confere o mínimo de dependência a temperatura, tornando o transdutor mais preciso. Após o corte, o cristal é usinado e polido. Em uma concretização, o dispositivo eletrônico integrado (5) é fixado na superfície externa da capa cristalina inferior (4) e envolto por uma camada de encapsulamento (6) para sua proteção.

[30] Em uma concretização da disposição construtiva, o dispositivo eletrônico integrado (5) é fixado no lado plano do dispositivo transdutor (3), como mostra a figura 2. Esta disposição reduz o tamanho total do sensor para medição de grandezas físicas. O dispositivo eletrônico integrado (3) pode ser colado ao dispositivo transdutor utilizando técnicas de colagem utilizadas em sistemas microeletromecânicos (MEMS) ou técnicas na fabricação de lentes para charged-coupled devices (CCD).

[31] O transdutor possui um formato cilíndrico podendo apresentar as duas faces convexas, as duas faces planas ou uma face plana e a outra convexa. Em uma concretização, o formato escolhido é o convexo-plano, pois confere ao dispositivo transdutor (3) a precisão necessária e possui menor dificuldade de confecção em comparação ao convexo-convexo. Embora ocorra uma perda do fator de qualidade, conforme mostrado nas figuras 3 e 4, esta perda é aceitável para a medição desejada, uma vez que é possível obter um fator de qualidade acima de 10^6 utilizando a geometria plana-convexa.

[32] As capas cristalinas (1) possuem um formato cilíndrico dotado de um recesso do lado interno em formato semiesférico, que possui a função de

acomodação do dispositivo transdutor (3). Uma das capas permanece em contato com o ambiente sofrendo influência da pressão (sentido da seta P).

[33] O dispositivo eletrônico integrado (5) compreende um circuito eletrônico de condicionamento, um circuito de processamento digital, um circuito de comunicação digital, um módulo de coleta e um circuito de gestão de energia. Estes elementos podem ser montados em placa de circuito impresso, em um substrato cerâmico ou em um circuito integrado (planar ou 3D). Em uma concretização, o dispositivo eletrônico integrado é utilizada, preferencialmente, a técnica de integração 3D com circuitos fabricados em substratos de Silício-sobre-isolante (SOI).

[34] Em uma concretização, o sensor inteligente miniaturizado de alta resolução é utilizado para realizar as medições em poços de petróleo, para esta aplicação o sensor da presente invenção é resistente a altas pressões e não ser influenciado por variações de temperatura.

[35] Em um segundo objeto, a presente invenção apresenta um método construtivo do sensor de alta resolução descrito neste documento compreendendo as etapas de:

- a. definição do material cristalino;
- b. corte e preparação do elemento de transdução (3) e as duas capas cristalinas (1 e 4) de material cristalino;
- c. fixação do dispositivo eletrônico integrado (5) no elemento de transdução (3) ou na capa cristalina inferior (4);
- d. posicionamento das capas cristalinas superior (1) e inferior (4) envolvendo o elemento de transdução (3);
- e. encapsulamento do sensor (2).

[36] O material cristalino é escolhido entre os materiais capazes de proporcionarem ao sensor uma precisão maior ou igual 1PPM. Este material é utilizado para a confecção das capas cristalinas superior (1) e inferior (4) e do

elemento de transdução (3). Em uma concretização preferencial o material cristalino é o cristal de quartzo.

[37] Escolhido o material cristalino, o mesmo passa por processo de corte, usinagem, polimento e acabamento para a formação das capas cristalinas superior (1) e inferior (4) e do elemento de transdução. Em uma concretização preferencial o corte realizado é do tipo AT, e o formato dos componentes são como ilustrados nas figuras 1 e 2.

[38] Na próxima etapa ocorre à fixação do dispositivo eletrônico integrado (5), o mesmo pode ser fixado na parte inferior da capa cristalina inferior (4), conforme figura 1, ou na parte de trás do elemento de transdução (3), conforme a figura 2.

[39] Por fim os componentes são montados, de modo que as capas cristalinas superior (1) e inferior (4) são posicionadas envolvendo o elemento e transdução (3) e o protetor (2) faz o encapsulamento do sensor.

[40] Em uma concretização, quando o dispositivo eletrônico integrado (5) é fixado na parte inferior da capa cristalina inferior (4), ocorre aplicação de uma camada de encapsulamento (6).

[41] Em uma concretização foi montado um sistema de medição semi-distribuída ou distribuída de grandezas físicas que compreende um arranjo de sensores posicionados próximos um dos outros ao longo do local de medição, sendo que os sensores utilizados são como os descritos neste documento.

[42] Por possuir seu tamanho reduzido, o sensor da presente invenção permite sua instalação em conjunto, formando um arranjo específico dependendo do local onde deve ser realizado as medições, apresentando múltiplos elementos sensores, caracterizando uma medição semi-distribuída, até uma alta densidade de elementos sensores por unidade de comprimento, caracterizando uma medição distribuída.

[43] Em uma concretização, este conjunto de sensores é instalado ao longo de uma estrutura mecânica, onde os sensores são espaçados a uma distância pré-definida, suficientemente para caracterizar o tipo de medição, seja

distribuída ou semi-distribuída. Para fins de exemplificação, quando este sistema é instalado para medição distribuída, o espaçamento entre os múltiplos sensores é estreito, permitindo detecção com maior quantidade de pontos de medição. Já quando este sistema é instalado para medição semi-distribuída, o espaçamento entre os sensores é marginalmente maior, onde obtém-se menor quantidade de pontos de medição, porém ainda possível de se detectar a grandeza física em múltiplos pontos ao longo da estrutura mecânica, e não apenas sendo uma medição pontual.

[44] Em uma concretização, o sistema de medição da presente invenção, é aplicado para medição de pressão em poços de petróleo, onde os sensores são arrançados longitudinalmente no poço, obedecendo ao sentido do fluxo de extração do petróleo, ou seja, em um poço de petróleo operante, os sensores são dispostos linearmente na vertical, com intuito de medir a pressão nos variados pontos do poço.

[45] Em um terceiro objeto, a presente invenção apresenta um método de monitoramento de grandezas físicas em poços de petróleo, em que é utilizado o sistema descrito anteriormente, realizando medição semi-distribuída ou distribuída, compreendendo as etapas de: posicionamento de sensores de medição longitudinalmente no poço, no sentido do fluxo de extração; detecção da grandeza física sobre o sensor, sendo grandezas físicas distribuídas ou semi-distribuídas; conversão do sinal detectado para um sinal digital; envio do sinal digital a um circuito de processamento; transmissão da informação coletada.

[46] Conforme mencionado anteriormente, os sensores são posicionados a uma distância pré-definida relativa à disposição do poço de petróleo. Para fins de exemplificação, para alguns casos, torna-se necessário detectar a pressão em certos elementos que compõe o poço, assim neste contexto, os sensores são posicionados nestes elementos que são dispostos sequencialmente. Com isso, o sinal enviado ao circuito de processamento contem as informações necessárias para que um analista ou um centro de controle possa verificar a

pressão mecânica no poço de petróleo, ao longo de sua extensão. Ainda, esta pressão mecânica é proveniente do fluxo de extração.

[47] O sensor para medição de grandezas físicas descrito neste documento possui a resistência e fator de qualidade necessários para ser utilizado em poços de petróleo, quem instalado em conjunto com mais sensores é capaz formar um sistema que realiza a medição da pressão de modo semi-distribuído ou distribuído, sendo o menor sensor com tais características em relação ao demais já revelados.

[48] Assim, como pode ser notado na figura 6, o sensor descrito na presente invenção, apresenta dimensões extremamente inferiores do que os sensores encontrados no estado da técnica, e conforme o apresentado nos estudos e testes das figuras de 3 a 5, foi possível obter resultados com fatores de qualidade acima de 1 milhão, para poder alcançar uma resolução suficiente em partes por milhão. Ainda, como vantagem desta tecnologia, esta redução de tamanho permite diminuir o consumo de energia pelo sensor, diminuir o transitório térmico, menor uso de material para sua confecção, além de apresentar maior robustez.

Exemplo 1. Realização Preferencial

[49] Os exemplos aqui mostrados têm o intuito somente de exemplificar uma das inúmeras maneiras de se realizar a invenção, contudo sem limitar, o escopo da mesma.

[50] Em uma concretização as capas cristalinas (1) são cilíndricas e possuem um diâmetro de 6,5 mm, o raio do recesso semiesférico mede 2 mm, sendo esta a dimensão necessária total do sensor. O dispositivo transdutor (3) é confeccionado no formato convexo-plano apresentando espessura máxima de 1 mm. As capas cristalinas (1) e o dispositivo transdutor (3) são fabricados em cristal de quartzo seguindo o corte AT. Nesta configuração, o dispositivo transdutor apresenta um diâmetro mínimo de 4,5 mm.

[51] O dispositivo eletrônico integrado (5) é fixado no lado externo da capa cristalina inferior, onde não está em contato com a pressão do poço. Uma camada de encapsulamento (6) termicamente e mecanicamente resistente e adicionada ao redor do dispositivo eletrônico integrado.

[52] O protetor (2) foi confeccionado em aço inoxidável com espessura de 1,5 mm, todos os componentes estão na sua parte interna e a pressão realiza influencia apenas na capa cristalina superior no sentido da seta P.

[53] Nesta disposição o sensor para medição de grandezas físicas possui um diâmetro total de 9,5mm.

[54] Os versados na arte valorizarão os conhecimentos aqui apresentados e poderão reproduzir a invenção nas modalidades apresentadas e em outras variantes, abrangidas no escopo das reivindicações anexas.

Reivindicações

1. Sensor inteligente miniaturizado de alta resolução **caracterizado** por compreender:

- a. ao menos um elemento de transdução piezoelétrico (3);
- b. ao menos uma capa cristalina superior(1);
- c. ao menos uma capa cristalina inferior (4);
- d. ao menos um dispositivo eletrônico integrado (5); e
- e. um encapsulamento protetor (2);

sendo que,

- as capas cristalinas inferior (1) e superior (4) englobam o elemento de transdução (3);
- o dispositivo eletrônico integrado (5) fixado na superfície externa da capa cristalina inferior (4) ou na superfície do elemento de transdução (3);
- o elemento de transdução (3) possui formato convexo-convexo, convexo-plano ou plano-plano;
- o encapsulamento protetor (2) é responsável por envolver todos os elementos que são compreendidos no dito sensor.

2. Sensor inteligente miniaturizado de alta resolução, de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado** pelo dispositivo eletrônico integrado (5) ser envolto por uma camada de proteção (6) quando instalado na superfície da capa cristalina inferior (4).

3. Sensor inteligente miniaturizado de alta resolução, de acordo as reivindicações 1 e 2, **caracterizado** pelo elemento de transdução (3) e as duas capas cristalinas (1 e 4) serem confeccionados em cristal de quartz, fofosfato de gálio, turmalina ou outro cristal que apresente propriedades semelhantes ou melhores.

4. Sensor inteligente miniaturizado de alta resolução, de acordo com qualquer uma das reivindicações de 1 a 3, **caracterizado** pelo material cristalino, quando quartzo, ser cortado pelo tipo de corte AT; a orientação para o corte do cristal utilizado no transdutor é escolhida de maneira a apresentar alta

sensibilidade à grandeza de interesse e diminuir a sensibilidade com relação ao erro de corte; para o elemento transdutor de referência o corte é escolhido de maneira a minimizar a dependência com a temperatura.

5. Sensor inteligente miniaturizado de alta resolução, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 4, **caracterizado** pelo fato de compreender diâmetro total de 9,53 mm (3/8"); o diâmetro mínimo do transdutor é de 6,5 mm, e a placa de transdução apresenta um diâmetro livre mínimo de 4,5 mm, fabricada preferencialmente na geometria plano-convexa.

6. Método construtivo de sensor de alta resolução **caracterizado** pelo fato de o sensor ser conforme definido nas reivindicações de 1 a 5 e por compreender ao menos as etapas de:

- a. definição do material cristalino;
- b. corte e preparação do elemento de transdução (3) e as duas capas cristalinas (1 e 4);
- c. fixação do dispositivo eletrônico integrado (5) no elemento de transdução (3) ou na capa cristalina inferior (4);
- d. posicionamento das capas cristalinas superior (1) e inferior (4) envolvendo o elemento de transdução (3);
- e. encapsulamento do sensor (2).

7. Método construtivo de sensor de alta resolução, de acordo com a reivindicação 6 **caracterizado** por compreender uma etapa adicional de aplicação de uma camada protetora (6) sobre o circuito eletrônico integrado quando o mesmo (5) for posicionado na capa cristalina inferior (4).

8. Método de monitoramento de grandezas físicas em poço de petróleo **caracterizado** pelo fato de ser implementado com o sensor inteligente miniaturizado definido nas reivindicações 1 a 5, e compreender as seguintes etapas:

- a. posicionamento de sensores de medição longitudinalmente no poço, no sentido do fluxo de extração;

- b. detecção da grandeza física sobre o sensor, sendo grandezas físicas distribuídas ou semi-distribuídas;
 - c. conversão do sinal detectado para um sinal digital;
 - d. envio do sinal digital a um circuito de processamento;
 - e. transmissão da informação coletada;
- em que,
- os sensores são posicionados a uma distância pré-definida, relativa à disposição do poço de petróleo.
9. Método de monitoramento, de acordo com a reivindicação 8, **caracterizado** pelo fato das grandezas físicas serem pressão mecânica e temperatura proveniente do fluxo de extração.
10. Método de monitoramento, de acordo com a reivindicação 9, **caracterizado** pelo uso de tecnologia de circuitos eletrônicos capazes de operar em altas temperaturas, preferencialmente realizados com a tecnologia SOI (silício sobre isolante ou “*silicon-on-insulator*”); para minimizar a interferência eletromagnética e o volume ocupado, pode-se optar pela tecnologia de integração 3D, combinada com técnicas de usinagem e colagem de sistemas microeletromecânicos.
11. Método de monitoramento, de acordo com a reivindicação 10, **caracterizado** pela obtenção da energia necessária para o funcionamento através de alimentação externa ou sistema de coleta de energia do ambiente.

FIGURAS

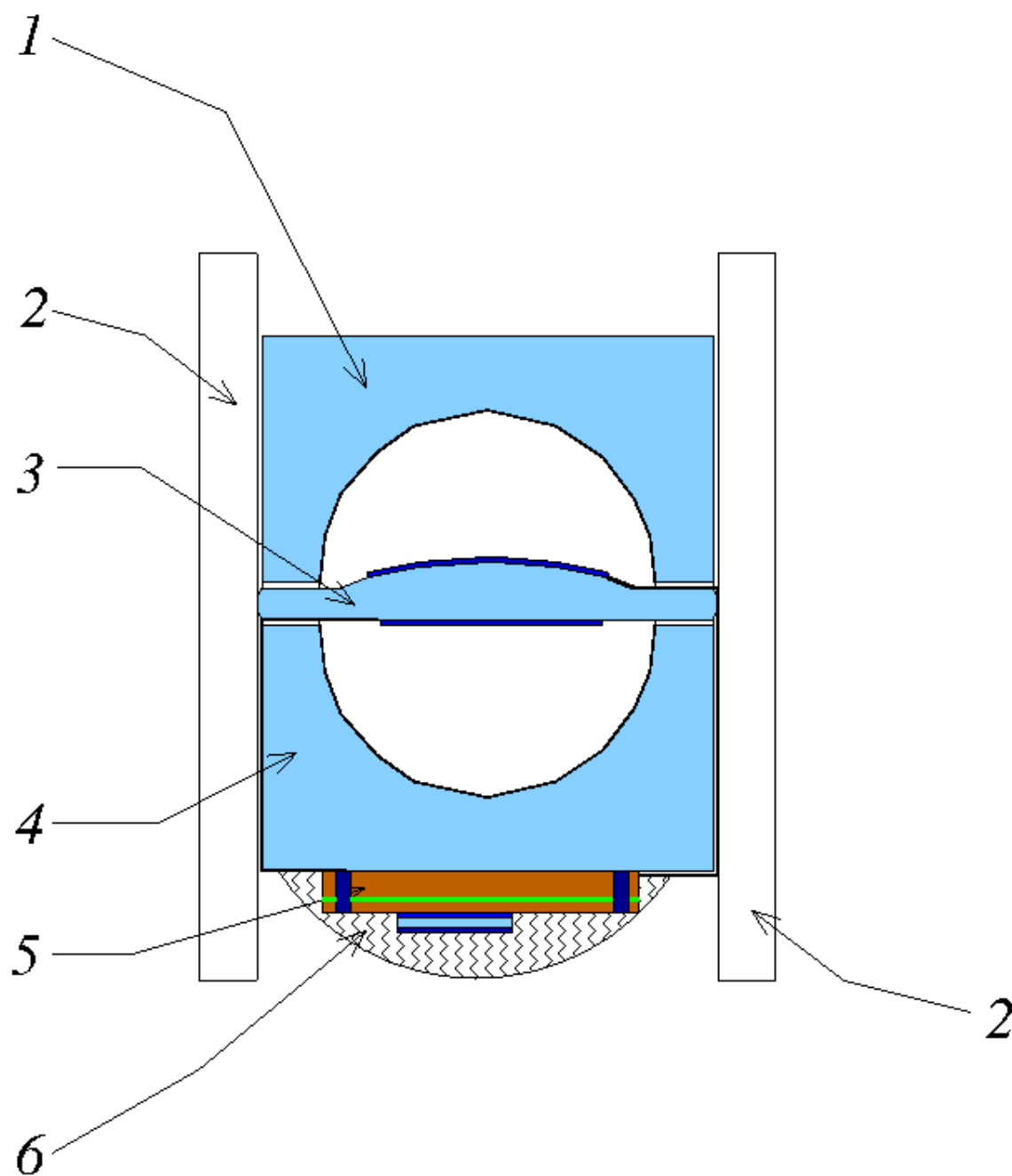


Figura 1

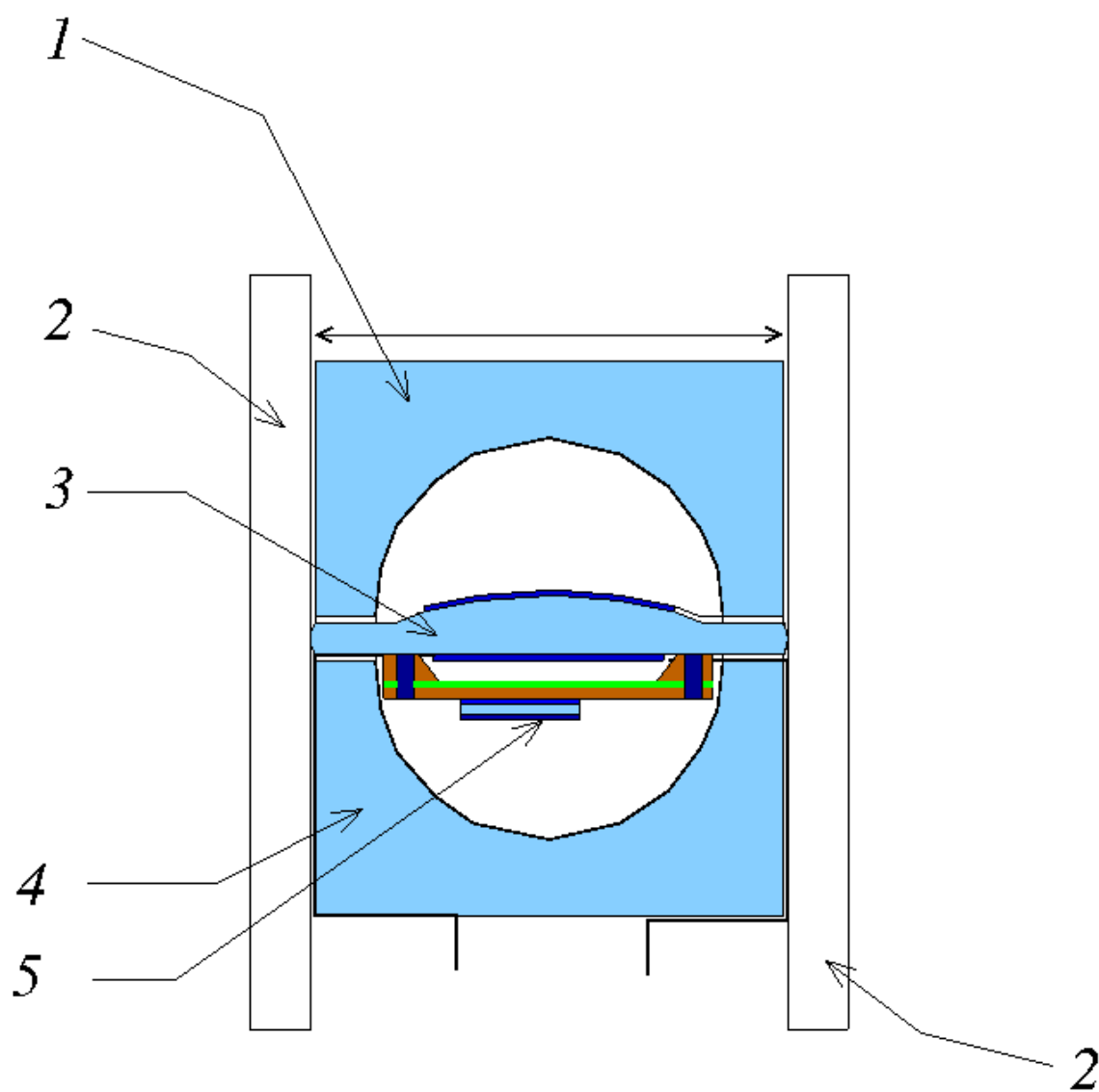


Figura 2

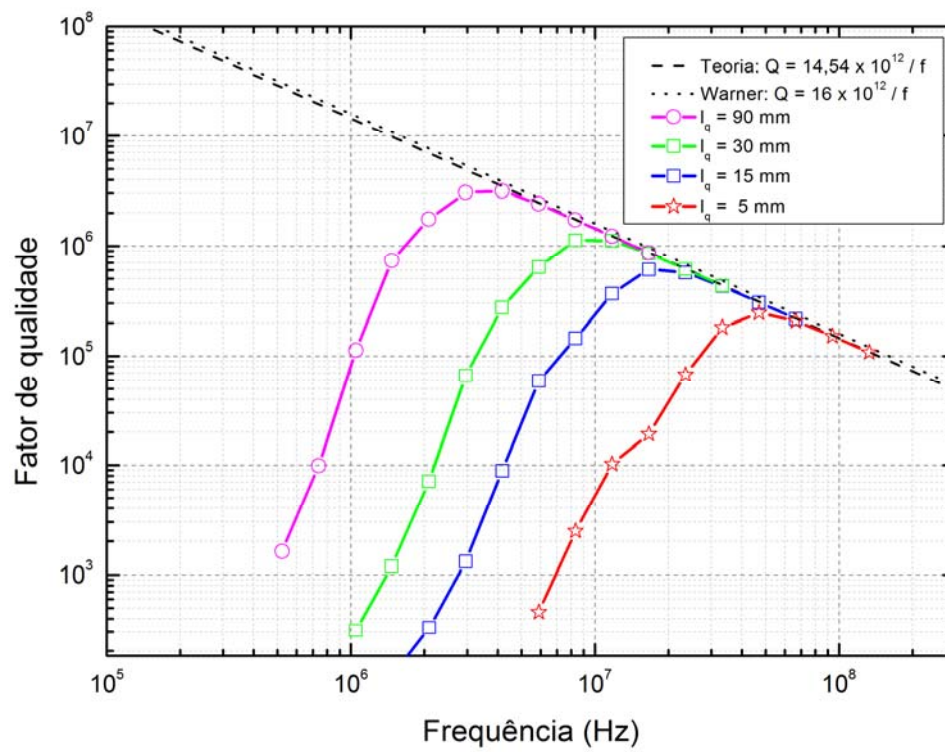


Figura 3

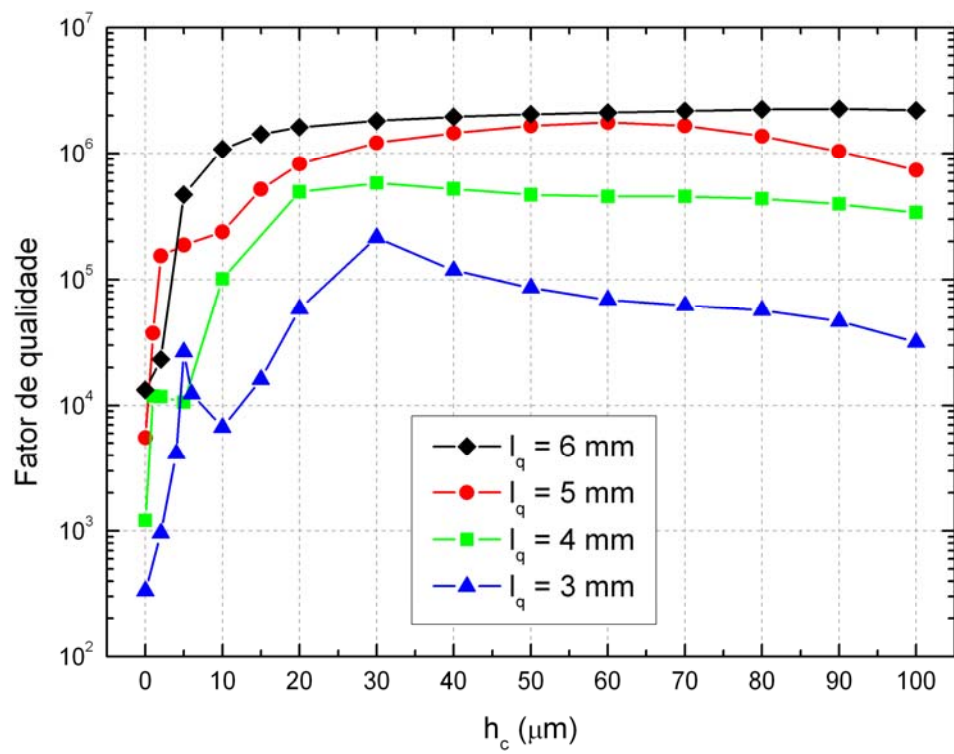


Figura 4

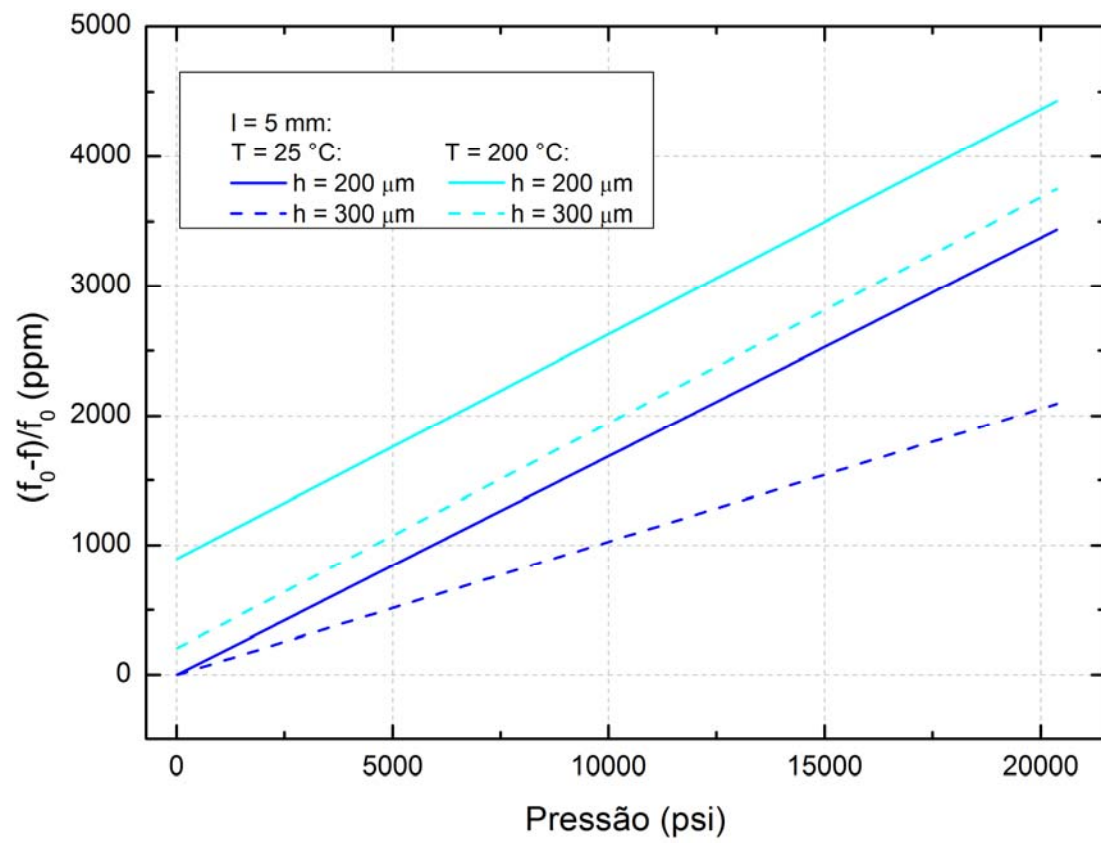


Figura 5

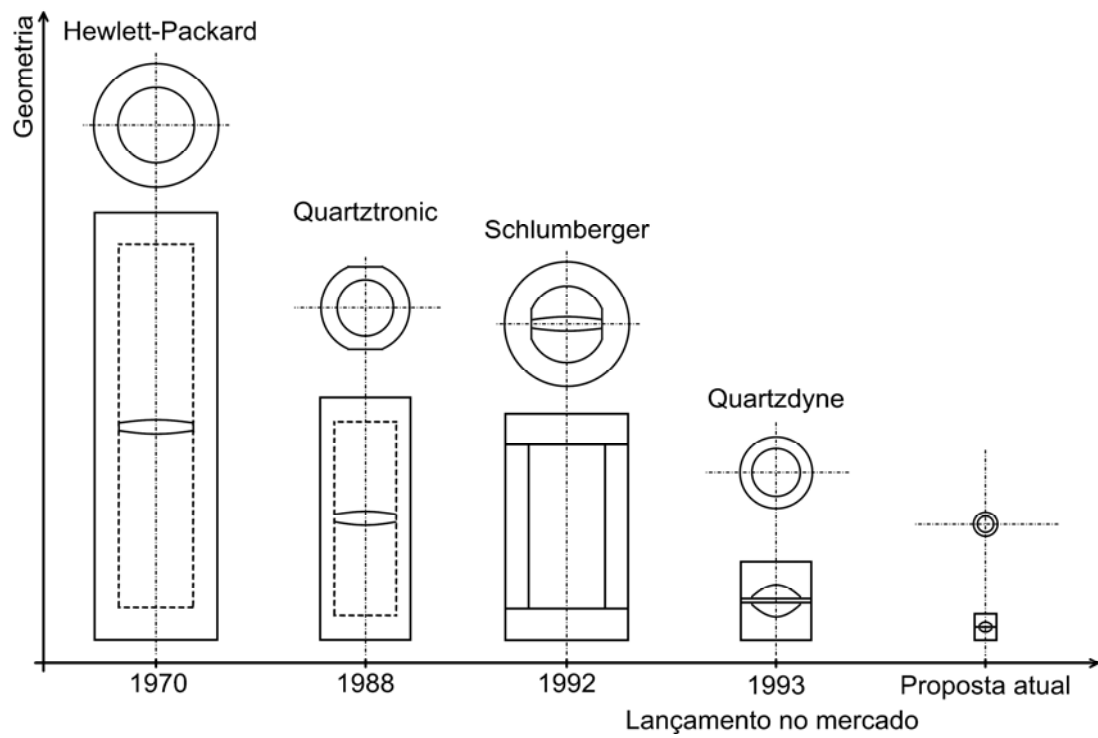


Figura 6

Resumo**SENSOR INTELIGENTE MINIATURIZADO DE ALTA RESOLUÇÃO PARA
MONITORAMENTO SEMI-DISTRIBUÍDO DE GRANDEZAS FÍSICAS COM ALTA
RESOLUÇÃO E SEU MÉTODO CONSTRUTIVO**

A presente invenção descreve um sensor inteligente e um método construtivo para o sensor, para medição de grandezas físicas capaz de realizar medição semi-distribuída e possuir tamanho reduzido com alta qualidade metrológica. Especificamente, o sensor inteligente da presente invenção compreende duas capas cristalinas e um dispositivo transdutor em material cristalino, preferencialmente em cristal de quartzo que realiza medição de grandezas físicas com auxílio de um dispositivo eletrônico integrado. Ainda, sua disposição construtiva confere alta resistência e tamanho reduzido com alta qualidade metrológica, apresentando resolução da ordem de partes por milhão. Deste modo o sensor pode ser utilizado para medição de, por exemplo, pressão, temperatura, vazão, etc. A presente invenção se situa nos campos da engenharia mecânica e eletrônica, sendo aplicado em campos petrolíferos e estruturas sob esforços mecânicos.