



Assinado
Digitalmente

REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL
MINISTÉRIO DA INDÚSTRIA, COMÉRCIO EXTERIOR E SERVIÇOS
INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL

CARTA PATENTE Nº PI 0716903-5

O INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL concede a presente PATENTE DE INVENÇÃO, que outorga ao seu titular a propriedade da invenção caracterizada neste título, em todo o território nacional, garantindo os direitos dela decorrentes, previstos na legislação em vigor.

(21) Número do Depósito: PI 0716903-5

(22) Data do Depósito: 13/09/2007

(43) Data da Publicação do Pedido: 27/03/2008

(51) Classificação Internacional: E21B 47/01; E21B 47/12

(30) Prioridade Unionista: EP 06291480.9 de 20/09/2006

(54) Título: CARTUCHO SENSOR

(73) Titular: PRAD RESEARCH AND DEVELOPMENT LIMITED. Endereço: P.O Box 71, Craigmuir Chambers, Road Town, Tortola, ILHAS VIRGENS (BRITÂNICAS)(VG)

(72) Inventor: ANTHONY VENERUSO; VÉRONIQUE NOUAZE; CHRISTIAN CHOUZENOUX; EUGENE JANSSEN; FREDERIC PAUCHET; BERNARD PARMENTIER; SYLVAIN DURISSOT; FRANÇOIS BARBARA; PHILIPPE PARENT; LAHCEN GARANDO

Prazo de Validade: 10 (dez) anos contados a partir de 02/10/2018, observadas as condições legais

Expedida em: 02/10/2018

Assinado digitalmente por:
Liane Elizabeth Caldeira Lage
Diretora de Patentes, Programas de Computador e Topografias de Circuitos Integrados

CARTUCHO SENSOR

Campo da Invenção

[001] A presente invenção se refere, de uma maneira geral, a eletrônicos, sensores e a comunicação sem fio. De modo particular, a invenção se refere a um cartucho sensor para uso em um ambiente de campo petrolífero, de preferência, em um poço, em condições severas de fundo de poço.

Descrição da Técnica Anterior

[002] A monitoração das condições no fundo do poço com sensores distribuídos de modo permanente pode ser usada para otimizar a produção de petróleo e gás. A tecnologia de acondicionamento normalmente usada nos dias atuais para esses sistemas sensores (principalmente sensores de pressão) é baseada na separação das funções no sistema sensor em três subsistemas. Em um primeiro subsistema, um primeiro vaso contendo o sensor ou parte sensora está em contato com o ambiente (em geral, alta pressão para aplicação no fundo do poço). Esse primeiro vaso é composto de uma passagem, uma cavidade contendo o sensor cheio com óleo e um dispositivo de volume compensado com óleo (em geral, uma membrana flexível ou um fole) para dilatação/ contração de óleo. Em um segundo subsistema, um segundo vaso contém os eletrônicos que não observam a pressão externa. Em geral, o segundo vaso é cheio com um gás inerte ou está a vácuo e é projetado para suportar alta pressão. Em um terceiro subsistema, um terceiro vaso contém uma parte de força e de comunicação, que está em contato direto com o ambiente externo, e que necessita novamente de uma barreira de pressão entre os eletrônicos e a função de

força/ comunicação. Essa tecnologia de acondicionamento funciona bem, mas o custo do sistema final não é competitivo o suficiente, quando se torna necessário distribuir um grande número de sistemas de sensores descartáveis no fundo do poço em muitos locais para controlar válvulas, bombas, outro hardware de produção, ou os parâmetros da formação.

[003] Na verdade, as principais desvantagens dos sistemas de sensores convencionais é que eles necessitam do acondicionamento relativamente caro de alta pressão e de uma ou mais passagens pela antepara. Uma primeira antepara é necessária, porque a parte sensora precisa ficar exposta ao ambiente de pressão, e seus sistemas eletrônicos associados precisam ser acondicionados dentro de uma câmara atmosférica. A segunda passagem pela antepara é necessária para conectar o sistema sensor ao mundo exterior.

[004] A presente invenção propõe uma nova arquitetura de sistema, permitindo reduzir o tamanho do acondicionamento, bem como o custo dos sistemas sensores globais sem prejudicar o desempenho do sistema, mas melhorando a confiabilidade.

Sumário da Invenção

[005] A invenção divulga um cartucho sensor, compreendendo: (a) um alojamento protetor, o alojamento protetor sendo resistente a ambiente de fundo de poço de campo petrolífero; (b) um sensor dentro do alojamento protetor capaz de medir um parâmetro do ambiente de fundo de poço de campo petrolífero; (c) um meio de conexão para interconexão com outro cartucho sensor e/ou um hub; (d) uma unidade comunicadora de dados dentro do alojamento

protetor, a unidade comunicadora de dados fornecendo comunicação sem fio do parâmetro medido ao outro cartucho sensor e/ou ao hub, quando interconectada ao outro cartucho sensor e/ou ao hub; e (e) uma unidade de força dentro do alojamento protetor, a unidade de força fornecendo alimentação elétrica ao sensor e/ou à unidade comunicadora de dados. A principal vantagem do cartucho sensor, de acordo com a invenção, é que as duas passagens pela antepara são suprimidas.

[006] De preferência, o sensor, a unidade comunicadora de dados e a unidade de força são expostas à mesma pressão dentro do alojamento protetor. A vantagem dessa configuração permite também uma supressão de outras passagens dentro do alojamento protetor.

[007] A comunicação sem fio de dados pode ser uma comunicação eletromagnética e/ou uma comunicação por ondas de pressão. A transmissão sem fio de força pode ser feita através de acoplamento indutivo. Além disso, a unidade de força pode ser uma unidade armazenadora de força, como por exemplo, uma bateria recarregável. Além disso, o cartucho sensor pode compreender um microcontrolador e/ou unidade de memória para armazenar o parâmetro medido. O meio de conexão pode ser qualquer um extraído da lista constituída de: fixação, conexão, aparafusamento, suspensão, adesão, crimpagem, e percintagem. De preferência, o alojamento protetor é um alojamento não metálico e/ou cheio com um material.

[008] Em uma segunda modalidade, a invenção divulga um cartucho sensor compreendendo: (a) um alojamento protetor, o alojamento protetor sendo resistente a ambiente de fundo

de poço de campo petrolífero; (b) um sensor dentro do alojamento protetor capaz de medir um parâmetro do ambiente de fundo de poço de campo petrolífero; (c) um meio de conexão para interconexão com outro cartucho sensor e/ou um hub; e (d) uma unidade de força/ dados dentro do alojamento protetor, a unidade de força/ dados fornecendo transmissão sem fio de força e comunicação sem fio de dados do parâmetro medido ao outro cartucho sensor e/ou ao hub, quando interconectada ao outro cartucho sensor e/ou ao hub. De preferência, a unidade de força/ dados é uma antena comunicando dados e força através de acoplamento indutivo.

[009] Em uma terceira modalidade, a invenção divulga um cartucho sensor compreendendo: (a) um alojamento protetor, o alojamento protetor sendo resistente a ambiente de fundo de poço de campo petrolífero; (b) um sensor dentro do alojamento protetor capaz de medir um parâmetro do ambiente de fundo de poço de campo petrolífero; e (c) uma unidade de dados/ força/ conexão dentro do alojamento protetor, a unidade de dados/ força/ conexão interconectando-se com outro cartucho sensor e/ou um hub, fornecendo transmissão sem fio de força e comunicação sem fio de dados do parâmetro medido ao outro cartucho sensor e/ou ao hub, quando interconectada ao outro cartucho sensor e/ou ao hub. A unidade de dados/ força/ conexão pode ser uma antena solenóide comunicando dados e força através de acoplamento indutivo e conexão através de campo magnético. A unidade de dados/ força/ conexão pode ser uma antena semi-toroidal.

[0010] O cartucho sensor pode ainda compreender um meio de acoplamento para medir melhor o parâmetro do ambiente de fundo de poço de campo petrolífero pelo sensor.

Por exemplo, ele pode ser um material flexível, como membrana de borracha.

[0011] O cartucho sensor pode ainda compreender um meio de acoplamento para fornecer comunicação fluida entre o sensor e um fluido do ambiente de fundo de poço de campo petrolífero.

[0012] Em outro aspecto da invenção, um sistema é divulgado usando um cartucho sensor como acima, compreendendo ainda um hub capaz de interconexão com o cartucho sensor através de um meio de conexão e para comunicar dados através de uma unidade comunicadora de dados. De preferência, o sistema é ainda capaz de transmitir força através de uma unidade transmissora de força e/ou ainda compreende um cabo metálico para transmissão de dados e/ou de força.

[0013] Além disso, em outro aspecto da invenção, uma rede desses sistemas é divulgada, capaz de monitorar as propriedades de uma formação e/ou de um poço.

Breve Descrição do Desenho

[0014] Outras modalidades da presente invenção podem ser compreendidas com os desenhos apensos:

- a fig. 1 mostra um cartucho sensor, de acordo com a invenção, em uma primeira modalidade;
- a fig. 2A mostra um cartucho sensor, de acordo com a invenção, em uma segunda modalidade;
- a fig. 2B mostra um cartucho sensor, de acordo com a invenção, em uma terceira modalidade;
- a fig. 3A mostra a interconexão do cartucho sensor com outro cartucho sensor;
- a fig. 3B mostra a interconexão do cartucho sensor

com um hub;

- a fig. 4A mostra o cartucho sensor em uma modalidade preferida;

- a fig. 4B mostra uma vista detalhada do sensor de pressão da fig. 4A;

- as figs. 5A a 5C mostram uma rede de cartuchos sensores.

Descrição Detalhada

[0015] A invenção consiste de um sensor de pressão sem fio de baixo custo com eletrônicos integrados para uso em um ambiente de fundo de poço. Força e comunicação são fornecidas através de uma bateria incorporada e/ou via interface sem fio que é acessível em ambos os lados do cartucho, para permitir fácil combinação de cartuchos múltiplos de sensores. O cartucho sensor pode ser abaixado em um poço para medições periódicas (aplicação não permanente) ou para medições permanentes (aplicação de monitoração permanente) e, de modo alternativo, o cartucho sensor pode ser montado no estágio de completamento diretamente dentro do poço. O poço compreende, de maneira convencional, um revestimento isolando uma formação do interior do poço, uma coluna de produção dentro do revestimento para recuperação do petróleo até a superfície e vários equipamentos no interior assegurando controle e/ou suporte à produção (válvula, obturador etc.). O cartucho sensor pode ser posicionado, de modo que o ambiente adjacente permita a medição de uma propriedade de um fluido dentro do poço (lama, petróleo/ água/ gás), ou uma propriedade de um sólido (formação, revestimento, tubo de produção ou qualquer outra peça de equipamento).

[0016] Em uma primeira modalidade, o cartucho sensor 101, de acordo com a invenção, compreende um alojamento protetor 10, um sensor (propriamente dito) 1, também chamado de elemento sensor para medir um parâmetro do ambiente adjacente, uma unidade comunicadora de dados 6, uma unidade de força 7 e um meio de conexão 5 para interconexão com outro cartucho sensor 102 e/ou com um hub principal ou mestre 100. A fig. 1 apresenta o esquema geral do cartucho sensor e as figs. 3A e 3B representam a interação do cartucho sensor com outro cartucho sensor (3B), ou com um hub (3A).

[0017] Vários tipos de sensores e tecnologia podem ser implementados no cartucho sensor. Sensores podem medir propriedades do fluido de fundo de poço na formação, ou a formação em si, ou, de modo alternativo, propriedades da infra-estrutura do poço, como revestimento ou tubo de produção, ou mesmo, de maneira alternativa, propriedades do fluido no interior do poço; é também possível uma combinação de diversos sensores medindo várias propriedades. Tais sensores podem medir, p. ex., a pressão ou velocidade do fluido no interior do poço, ou medir a pressão, temperatura, resistividade, salinidade do fluido na formação adjacente, ou detectar a presença de componentes químicos, tais como CO₂ ou H₂S, os sensores podem ser também aplicados para medir propriedades do revestimento ou do tubo de produção, tais como corrosão, deformação e tensão. Como exemplo, os seguintes tipos de sensores podem ser implementados:

- pressão e temperatura,
- resistividade (ou condutividade),

- raio gama, raio X,
- tensão ou deformação no revestimento e tubo de produção,
- vazões, densidade do fluido,
- pH dos fluidos envolventes,
- concentração química, tal como monitoração do CO₂ e H₂S.

[0018] A unidade comunicadora de dados 6 fornece comunicação sem fio entre componentes dentro do alojamento protetor e o mundo exterior, isto é, o ambiente vizinho. Na verdade, o alojamento protetor sendo vedado, e a passagem entre o interior e exterior dos eletrônicos desejando ser evitada, a comunicação sem fio assegura transmissão de dados. Conforme fica claro, a unidade comunicadora de dados não precisa ter um longo alcance de transmissão, a unidade comunicadora de dados devendo ser apenas capaz de produzir comunicação na vizinhança imediata do alojamento protetor. O cartucho sensor é interconectado com outro cartucho sensor e/ou com o hub mestre e deve ser somente capaz de se comunicar com outro cartucho sensor e/ou com o hub mestre. Assim, o alcance de comunicação da unidade comunicadora de dados é de no máximo 20 cm e, de preferência, de alguns centímetros, de preferência inferior a 5 cm. A comunicação sem fio pode ser feita através de ondas eletromagnéticas e/ou via ondas de pressão. Assim, a unidade comunicadora de dados pode ser um gerador eletromagnético, em uma primeira modalidade, o gerador eletromagnético é um gerador ótico, de preferência do tipo IR, emissor de luz visível ou UV, em uma segunda modalidade o gerador eletromagnético é um gerador de ondas via rádio, de preferência do tipo antena,

ou a unidade comunicadora de dados pode ser um transdutor produzindo ondas sônicas, de preferência do tipo de transdutor ultrassônico.

[0019] A unidade de força 7 fornece alimentação elétrica aos componentes dentro do alojamento protetor demandando energia. A unidade de força em uma primeira modalidade pode ser uma unidade armazenadora de força do tipo de bateria recarregável ou bateria não-recarregável. A unidade de força em uma segunda modalidade pode ser um meio assegurando transmissão sem fio de força entre o interior do alojamento protetor e o mundo exterior, isto é, o ambiente adjacente.

[0020] O alojamento protetor assegura proteção entre componentes dentro do alojamento protetor e o mundo exterior, isto é, o ambiente adjacente. O alojamento protetor é um alojamento que é vedado ao ambiente adjacente. O alojamento protetor é resistente a ambiente de fundo de poço de campo petrolífero e, assim, é capaz de resistir à corrosão, temperatura e pressão no fundo do poço. Dois tipos de configuração são possíveis, em um primeiro tipo de configuração, um alojamento não-metálico é usado para evitar qualquer efeito de ambiente blindado, tal primeiro tipo de configuração sendo preferível, quando a unidade comunicadora de dados usa ondas eletromagnéticas para comunicação (ondas de rádio etc.). Ao contrário, em um segundo tipo de configuração, um alojamento metálico é usado para permitir o efeito de ambiente blindado, tal segundo tipo de configuração sendo preferível, quando a unidade comunicadora de dados usa comunicação acústica ou ótica. O alojamento metálico pode ser ainda coberto por uma

cobertura protetora contra corrosão. A geometria do alojamento protetor não é um fator predominante (exceto quando um efeito de ambiente blindado for pretendido e quando determinada geometria tiver que ser usada), porém projetos úteis são preferíveis. Assim, o alojamento protetor é, de preferência, um cilindro que pode ser facilmente interconectado com outro cilindro.

[0021] O meio de conexão 5 assegura interconexão do cartucho sensor com outro cartucho sensor e/ou com o hub principal ou mestre. O meio de conexão pode ser qualquer tipo de sistema para assegurar contato fixo com os dois elementos, podendo ser usado fixação, conexão, aparafusamento, suspensão, adesão, crimpagem ou percintagem. Forças magnéticas para assegurar um contato fixo podem ser também usadas; assim, o meio de conexão é um ímã. O meio de conexão pode assegurar um contato permanente ou um contato removível. O meio de conexão pode estar dentro do alojamento protetor, sobre o alojamento protetor, ou integrado ao alojamento protetor, dependendo de sua natureza.

[0022] O outro cartucho sensor 102 interconectado com o cartucho sensor 101 pode ser um cartucho sensor do mesmo tipo acima divulgado, ou de um tipo ligeira ou totalmente diferente, dependendo das alternativas escolhidas para o cartucho sensor. Porém, é importante assegurar a capacidade inter-operativa com ambos os cartuchos sensores, isto é, ambas as unidades comunicadoras de dados (6, 62) devem se comunicar entre si, ambos os meios de conexão (5, 52) devem assegurar contato, a unidade de força (7, 72) deve assegurar alimentação elétrica em

ambos os compartimentos.

[0023] O hub 100 interconectado com o cartucho sensor 101 é uma unidade que é capaz de se comunicar com o cartucho sensor através da transmissão sem fio de dados por meio de uma unidade comunicadora de dados 60, que é capaz de fornecer alimentação elétrica através da transmissão sem fio de força por meio de uma unidade de força 70, se necessário, e que é capaz de interconexão com o cartucho sensor através do meio de conexão 50. O hub pode ser um hub mestre, que é conectado na superfície através de uma conexão de fio 55 e assegura bom funcionamento do cartucho sensor 101. Ou o hub pode ser um hub principal que assegure armazenamento da alimentação de dados e de força, se necessário, e é recuperável do poço.

[0024] Em uma segunda modalidade, o cartucho sensor 101, de acordo com a invenção, compreende um alojamento protetor 10, um sensor 1 para medir um parâmetro do ambiente vizinho, uma unidade comunicadora de dados e de força 67 e um meio de conexão 5 para interconexão com outro cartucho sensor 102 e/ou com um hub principal ou mestre 100. A fig. 2A apresenta o esquema geral do cartucho sensor, de acordo com a segunda modalidade, e as figs. 3A e 3B representam a interação do cartucho sensor com outro cartucho sensor (3B), ou com um hub (3A).

[0025] Nessa segunda modalidade, a unidade de dados/ força fornece transmissão sem fio de dados, mas também transmissão sem fio de força. A unidade de dados/ força é uma antena de acoplamento indutivo fornecendo transmissão de força e de dados através de acoplamento indutivo.

[0026] Em uma terceira modalidade, o cartucho sensor 101, de acordo com a invenção, compreende um alojamento protetor 10, um sensor 1 para medir um parâmetro do ambiente vizinho, e uma unidade de dados/ força/ conexão 567 para interconexão com outro cartucho sensor 102 e/ou com um hub principal ou mestre 100. A fig. 2B apresenta o esquema geral do cartucho sensor, de acordo com a terceira modalidade, e as figs. 3A e 3B representam a interação do cartucho sensor com outro cartucho sensor (3B), ou com um hub (3A).

[0027] Nessa terceira modalidade, a unidade de dados/ força/ conexão fornece transmissão sem fio de dados e transmissão sem fio de força, mas também assegura a função do meio de conexão através do uso de forças magnéticas. A unidade de dados/ força/ conexão é uma antena de acoplamento indutivo fornecendo transmissão de força e de dados através de acoplamento indutivo, e a função de conexão através de acoplamento magnético.

[0028] Outros eletrônicos podem ser também adicionados ao cartucho sensor, p. ex., um microcontrolador e unidade de memória. O cartucho sensor mede dados e os armazena na unidade de memória, o microcontrolador assegura a função do cartucho sensor através de vários programas predefinidos; p. ex., medição do parâmetro através de um ciclo definido, armazenagem dos dados na memória e carregamento dos dados armazenados na superfície, quando necessário. De modo alternativo, o microcontrolador pode ser um microcontrolador reprogramável.

[0029] Em uma modalidade preferida, a comunicação eletromagnética compreende um meio de acoplamento 11A para

melhor detecção do parâmetro do ambiente de fundo de poço de campo petrolífero por parte do sensor. Na verdade, já que o alojamento protetor é normalmente incorporado para proteger os componentes no seu interior, pode parecer que certo tipo de sensor não possa medir o parâmetro do ambiente de fundo de poço de campo petrolífero, devido à excessiva proteção atrás do alojamento (p. ex., um sensor de pressão). Assim, p. ex., o meio de acoplamento 11A é feito de um material mais flexível ou mais reativo para garantir um acoplamento entre o parâmetro do ambiente de fundo de poço de campo petrolífero e o sensor. Por exemplo, se um sensor de pressão for usado, o meio de acoplamento 11A será uma membrana de borracha em um molde de borracha; se um sensor gama for usado, o meio de acoplamento 11A será um material com baixo número atômico (boro, p. ex.,).

[0030] Em outra modalidade preferida, o cartucho sensor compreende um meio de acoplamento 11B para fornecer comunicação de fluido entre o sensor e um fluido, ou os fluidos da formação. O elemento de acoplamento pode ser uma câmara cheia com um material selecionado devido à sua alta permeabilidade, a fim de transmitir a pressão hidráulica dos fluidos adjacentes para o manômetro de pressão. Além disso, a distribuição de tamanho dos poros do material pode ser otimizada, a fim de que as partículas da formação não penetrem no material.

[0031] Uma vantagem básica da tecnologia do cartucho sensor é a facilidade para propiciar um projeto simples sem conexões e arquitetura complicada, reduzindo assim os custos e a complexidade, enquanto que melhorando a confiabilidade e a capacidade de aplicação. Na verdade, os

materiais usados são materiais comuns, e não necessitam de tecnologia complicada e/ou dispendiosa, além do que os materiais são facilmente montados, de preferência por moldagem. A confiabilidade é melhorada, porque passagens são evitadas, e a capacidade de aplicação é melhorada, devido ao fato do cartucho sensor resistir a ambientes mais severos.

[0032] Outra vantagem importante da tecnologia do cartucho sensor é a possibilidade de reduzir, de forma considerável, o tamanho do cartucho por meio de miniaturização. O cartucho sensor pode ter um comprimento abaixo de 50 cm, de alguns centímetros e mesmo abaixo de 1 cm. Na verdade, o sensor pode ser do tipo MEMS e os eletrônicos usados dentro do cartucho podem ser do tipo com baixa ou muito baixa energia. Graças ao uso de eletrônicos com baixa ou muito baixa energia, quando o cartucho sensor for usado com alimentação elétrica contínua (bateria recarregável ou bateria não-recarregável, a pequena quantidade de energia armazenada na bateria assegura a alimentação elétrica de todos os componentes dentro do cartucho sensor, e quando o cartucho sensor for usado com alimentação elétrica alternada (transmissão sem fio de força), essa transmissão sem fio de força é suficiente para assegurar as demandas em termos de consumo elétrico de todos os componentes dentro do cartucho sensor.

[0033] O cartucho sensor, de acordo com a invenção, pode ser usado para monitorar as propriedades da formação ou do poço em vários domínios, tais como:

- exploração e produção de petróleo e gás;
- armazenagem de água;

- armazenagem de gás;
- eliminação subterrânea de resíduos (químicos e nucleares).

[0034] Em uma quarta modalidade, o cartucho sensor pode ser incorporado a outro elemento funcional. Na verdade, o cartucho sensor pode fazer parte de um sistema maior usando o cartucho sensor de acordo com a invenção, o interesse de incorporar o cartucho sensor a esse sistema maior sendo evitar passagens e assegurar uma perfeita proteção do sensor dentro do sistema maior.

[0035] Como diversos cartuchos sensores podem ser usados para interconexão entre si, uma rede de cartuchos sensores pode ser realizada, usando-se outros tipos distintos de sensores. Uma rede em série pode ser realizada por interconexão de cada cartucho sensor a outro, ou uma rede em paralelo pode ser realizada pelo uso de um cabo com conexões múltiplas conduzindo a outras estações distintas. Por exemplo, uma rede com três cartuchos sensores distintos pode ser realizada pelo uso de um cartucho sensor de pressão, um cartucho sensor de pressão/ temperatura e um cartucho sensor de pressão/ dióxido de carbono. O objetivo da rede será medir sucessivamente a temperatura, pressão e concentração de CO₂ dentro do poço. Por motivo de confiabilidade, o cartucho sensor pode ser duplicado. A vantagem dos cartuchos sensores em rede é a capacidade de interoperação e gerenciamento.

[0036] As figs. 4A e 4B mostram o cartucho sensor, de acordo com a invenção, na modalidade preferida. O cartucho sensor 101 consiste de um sensor de pressão sem fio de baixo custo 1 com eletrônicos integrados (não

mostrado) para uso em um ambiente de fundo de poço. A força e comunicação são fornecidas através de uma interface sem fio (567A, 567B) que é acessável em ambos os lados do cartucho sensor, para permitir fácil combinação de múltiplos cartuchos sensores. Todos os componentes eletrônicos são expostos à pressão ambiente, o cartucho sensor possui um alojamento não metálico 10, e todos os componentes internos, exceto o sensor de pressão 1, são moldados no seu interior. Uma membrana de borracha de baixo custo 411A sustentada por um molde de borracha 411B transmite a pressão externa a um pequeno volume de óleo 12 que enche a área em volta do sensor de pressão 1 montado sobre um substrato de cerâmica 9.

[0037] A interface sem fio fornecendo força e comunicação é feita de antena semi-toroidal. As antenas semi-toroidais são localizadas em ambas as extremidades do cartucho sensor, permitindo conexão flexível de diversos cartuchos sensores e/ou estações centrais em série. As figs. 5A a 5C mostram várias configurações possíveis em rede dos cartuchos sensores, quando dois cartuchos sensores (ou cartucho sensor e hub) forem interconectados, duas antenas semi-toroidais formam um transformador que pode transmitir dados e força. A eficiência do transformador irá depender essencialmente do intervalo entre as duas antenas, que é determinado pelo dobro da espessura de cada alojamento protetor 10. Um melhor acoplamento pode ser proporcionado por um projeto otimizado de núcleo magnético. Dependendo do acoplamento magnético de cada conjunto de antena, a relação de voltas é escolhida para manter um nível de voltagem essencialmente constante entre uma série

de cartuchos sensores.

[0038] O volume de óleo em torno do sensor de pressão é reduzido a um volume mínimo absoluto, através do enchimento de todo o cartucho sensor, p. ex., com um material inerte, como epóxi. Somente um pequeno volume em volta do sensor é cheio com óleo que serve para transmitir a pressão externa ao sensor de pressão. A membrana flexível, que pode ser constituída de borracha ou, de modo alternativo, de um fino diafragma metálico, veda o óleo dentro do cartucho, e transmite a pressão externa ao sensor. A fig. 3B mostra em mais detalhes a implementação desse princípio. A proteção contra o ambiente corrosivo de fundo de poço é proporcionada pelo alojamento não metálico 10, que pode ser constituído de PEEK e do molde de borracha 411B. Todos os componentes internos dentro do cartucho sensor são expostos à pressão ambiente, eliminando a necessidade de dispendiosos conectores de antepara e passagens de fio.

[0039] Comunicação bidirecional pode ser proporcionada, p. ex., pelo uso de modulação FSK do sinal de CA aplicada à antena primária, e modulação de impedância ao nível de cada cartucho sensor individual. Cada mensagem pode conter um endereço, assim que cada cartucho sensor pode ser contatado de forma individual. Cada cartucho sensor decodifica o sinal FSK, e somente responde, se a mensagem possuir o endereço correto.

[0040] Em outro aspecto da invenção, o cartucho sensor, de acordo com a invenção, usa um sistema de acondicionamento, que usa a integração de todas as funções dentro de um vaso pressurizado cheio com óleo e/ou com

enchimento do vaso pressurizado com gel, peek ou cerâmica para minimizar a expansão/ contração do volume de óleo, permitindo minimizar o tamanho do aparelho de compensação (em geral feito de um fole). A minimização do volume de óleo a ser carregado no vaso pressurizado contendo o sensor e os eletrônicos é importante para evitar a necessidade do uso de um longo fole para dilatação/ contração do volume de óleo, quando exposto a variações de pressão e temperatura. Além disso, todo o sistema sensor pode ser miniaturizado. Nesse caso, soluções mistas são propostas: enchimento com gel da cavidade pressurizada, esferas de vidro misturadas com óleo, e alojamento do tipo cerâmico/ peek moldado no formato do conjunto de sensor e eletrônicos.

REIVINDICAÇÕES

1. Cartucho sensor (101) compreendendo:

alojamento protetor (10), dito alojamento protetor (10) sendo resistente a ambiente de fundo de poço de campo petrolífero (20);

sensor (1) dentro do dito alojamento protetor (10) capaz de medir um parâmetro do ambiente de fundo de poço de campo petrolífero (20);

o cartucho **CARACTERIZADO** pelo fato de ainda compreender:

meio de conexão (5) para interconexão com outro cartucho sensor (102); e

uma unidade de força/dados (67) dentro do alojamento protetor (10) para fornecer transmissão sem fio de força e comunicação sem fio de dados do parâmetro medido para o outro cartucho sensor (102) quando interconectado com outro cartucho sensor (102).

2. Cartucho sensor, de acordo com a reivindicação 1, **CARACTERIZADO** pelo fato do sensor (1), da unidade comunicadora de força/ dados (67) e da unidade de força (7) serem expostas à mesma pressão dentro do alojamento protetor (10).

3. Cartucho sensor, de acordo com a reivindicação 1 ou 2, **CARACTERIZADO** pelo fato que a comunicação sem fio de dados é comunicação eletromagnética.

4. Cartucho sensor, de acordo com a reivindicação 1 ou 2, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a comunicação sem fio de dados é comunicação por ondas de pressão.

5. Cartucho sensor, de acordo com qualquer uma das reivindicações 1 a 4, **CARACTERIZADO** pelo fato de que a dita

unidade de força/dados é uma antena comunicando dados e força através de um acoplamento indutivo.

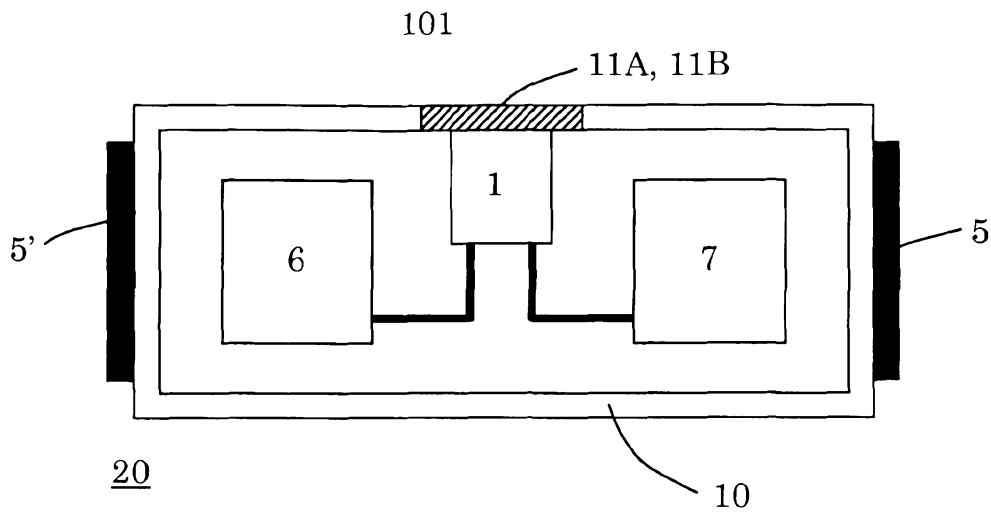


Fig. 1

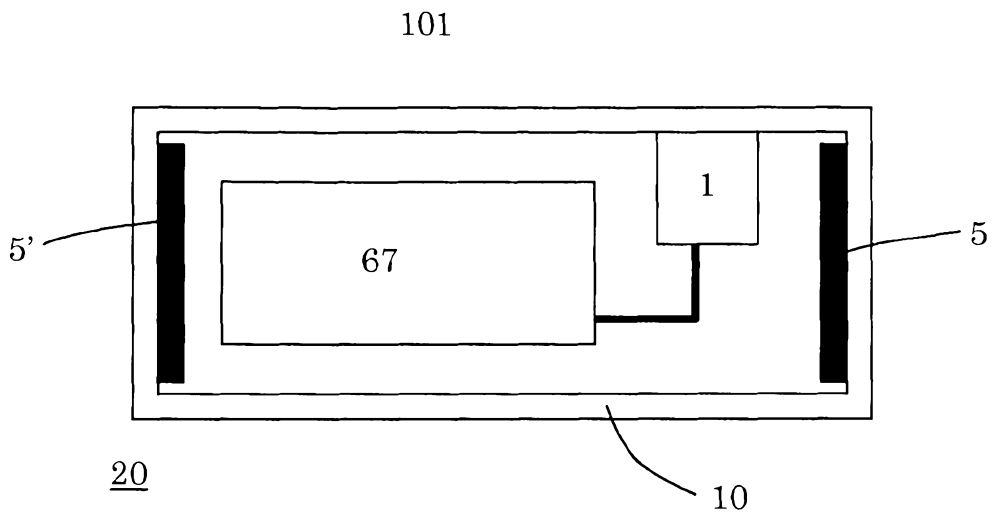


Fig. 2A

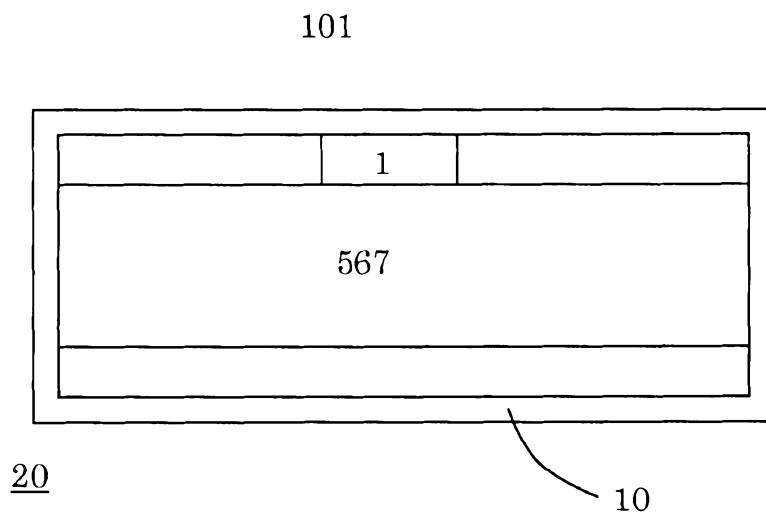


Fig. 2B

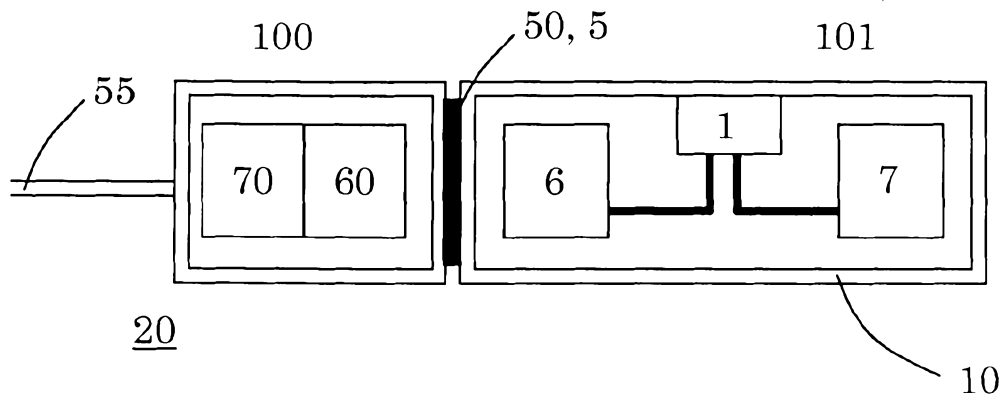


Fig. 3A

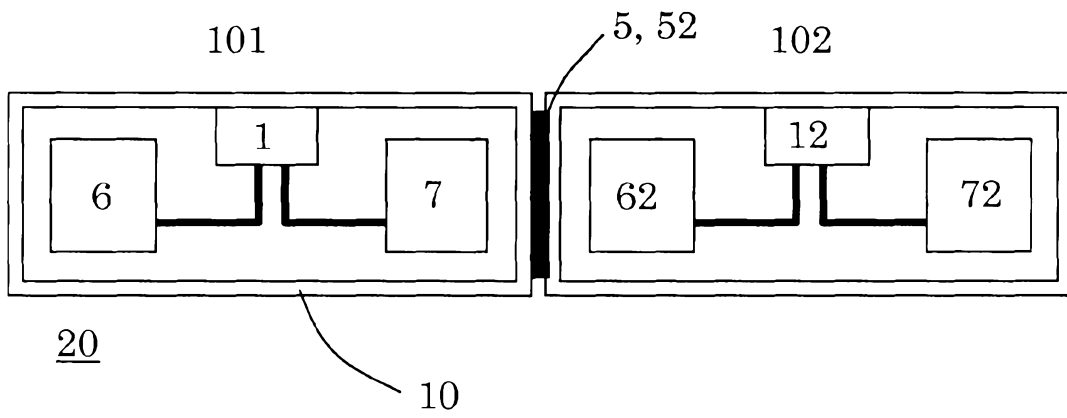


Fig. 3B

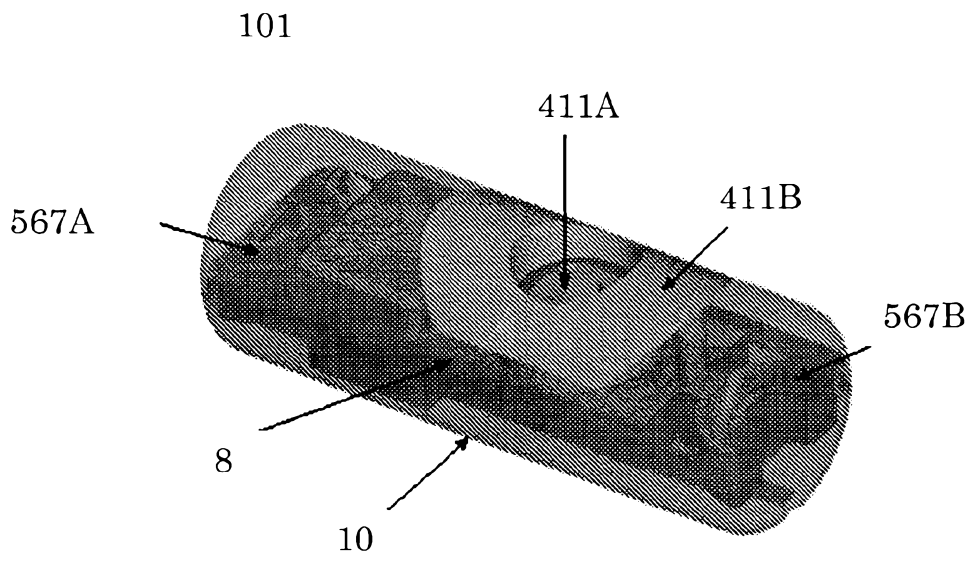


Fig. 4A

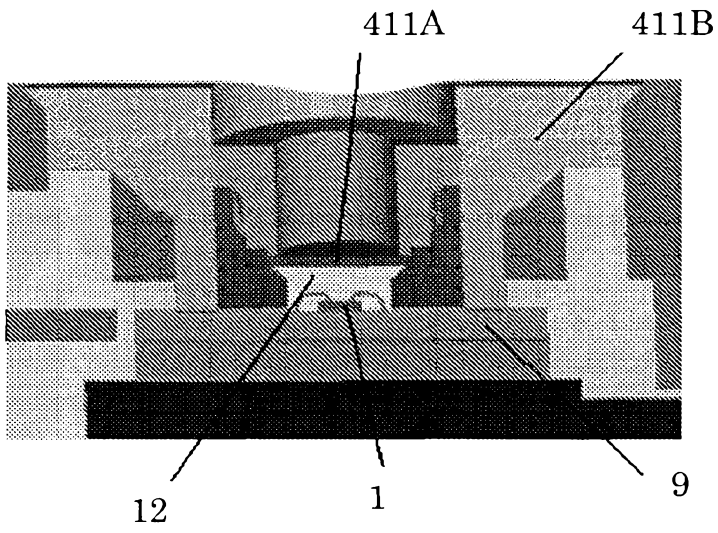


Fig. 4B

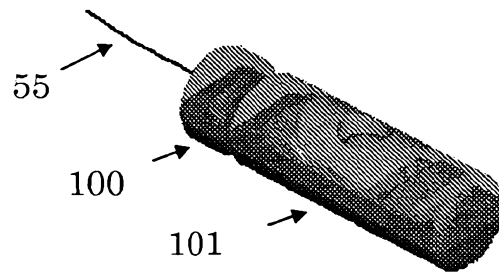


Fig. 5A

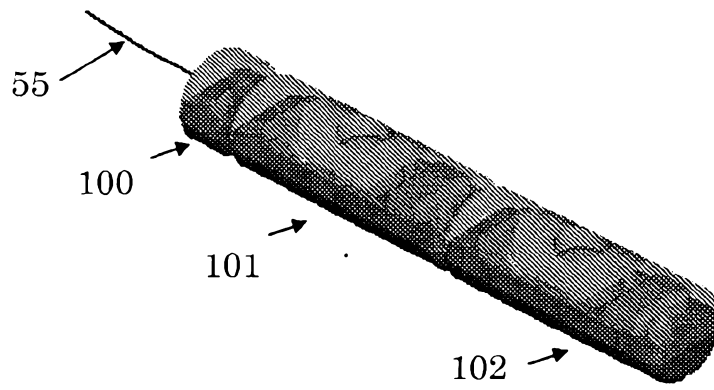


Fig. 5B

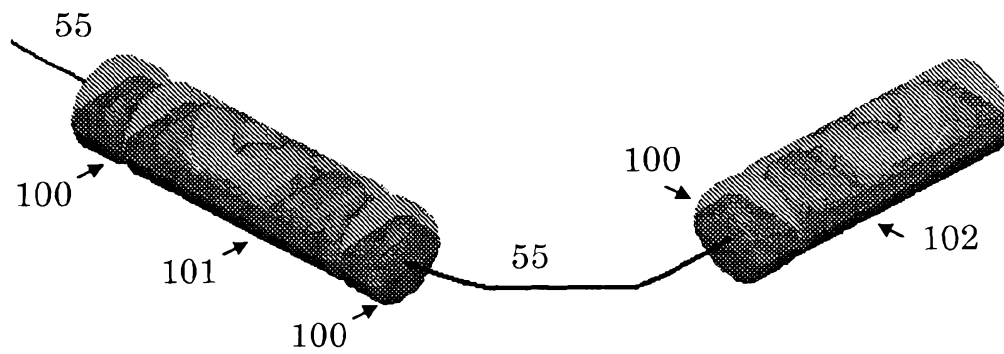


Fig. 5C