



República Federativa do Brasil
Ministério do Desenvolvimento, Indústria
e do Comércio Exterior
Instituto Nacional da Propriedade Industrial

(21) PI 1101872-0 A2



* B R P I 1 1 0 1 8 7 2 A 2 *

(22) Data de Depósito: 01/04/2011

(43) Data da Publicação: 11/06/2013
(RPI 2214)

(51) Int.Cl.:

G01D 5/28

G01D 5/26

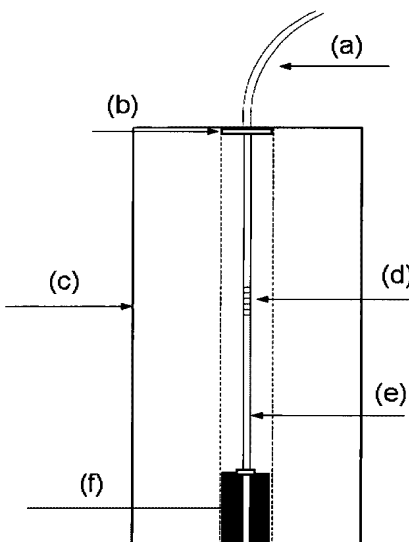
G01D 5/38

(54) **Título:** SENSOR DE FORÇA MAGNÉTICA À FIBRA ÓPTICA, PROCESSO DE FABRICAÇÃO E USO DO MESMO

(73) **Titular(es):** Faculdades Católicas Mantenedora da Pontifícia Universidade Católica do Rio de Janeiro - PUC RIO

(72) **Inventor(es):** Antonio Carlos Oliveira Bruno, Clara Johanna Pacheco

(57) **Resumo:** DISPOSITIVO E MÉTODO PARA EXECUÇÃO DE UMA FUNÇÃO CRIPTOGRÁFICA. A presente invenção disponibiliza um método e uma aparelhagem para a criptografiação e deciptografiação da informação digital enquanto que conferindo um alto nível de segurança quanto a informação digital criptografada. Propõe-se uma técnica de criptografiação e deciptografiação digital-analógica em modo misto que visa a minimizar a probabilidade de um receptor indesejável ser capaz de decodificar a informação criptografada utilizando técnicas de engenharia de reversão conhecidas.



Relatório Descritivo de Patente de Invenção

Sensor de Força Magnética à Fibra Óptica, Processo de Fabricação e Uso do Mesmo

5 Campo da Invenção

A invenção pertence ao campo da engenharia eletrônica e de materiais. Mais especificamente, a invenção descreve um sensor de força magnética baseado em fibras óticas com redes de Bragg (FBG), sendo também descrito o processo de fabricação do mesmo e seu uso. A invenção é vantajosamente aplicada ao monitoramento da posição, deslocamento, vibração e deformação de estruturas feitas de ferro/aço, e também para monitorar corrosão em torres, estruturas e equipamentos utilizados na geração e transmissão de energia elétrica e na indústria de petróleo e gás.

15 Antecedentes da Invenção

O documento US 5,680,489 descreve um sistema ótico para detecção de sinais provenientes de muitos sensores FBG e de alguns detectores. A presente invenção difere do referido documento, entre outros motivos técnicos, por descrever um sensor que usa um ímã permanente colado na fibra óptica, ao invés de usar uma multi-camada de materiais magnetostrictivos.

O documento WO 2010/009340 descreve sensores com contato físico com a estrutura a ser monitorada. A presente invenção difere do referido documento, entre outros motivos técnicos, por não requerer contato físico com a estrutura a ser monitorada.

O documento US 7,406,218 difere da presente invenção, dentre outros motivos técnicos, por estar relacionado ao sistema ótico de detecção, enquanto a presente invenção tem relação com o transdutor. Além disso, a presente invenção proporciona o uso de qualquer sistema ótico para detectar as variações do comprimento de onda da rede de Bragg.

A literatura patentária identificada não antecipa, ou sequer sugere, os ensinamentos da presente invenção.

Sumário da Invenção

A presente invenção proporciona um sensor de força magnética, seu processo de obtenção e seu uso. Os sensores da invenção são melhorados quando comparamos aos sensores convencionais, onde o resultado da transdução é uma voltagem elétrica.

É um dos objetos da invenção um sensor de elevada imunidade à interferência eletromagnética.

É outro dos objetos da invenção um sensor com menor sensibilidade à falha de conexões.

É outro dos objetos da invenção um sensor de baixo peso, pequenas dimensões e baixo custo.

É outro dos objetos da invenção um sensor que proporciona multiplexação.

É outro dos objetos da invenção um sensor que proporciona sensoriamento remoto sem a necessidade de baterias no local de realização das medições.

Em uma concretização preferencial, a presente invenção proporciona um novo tipo de sensor FBG. Em uma concretização preferencial, o sensor compreende: i) pelo menos um ímã; e ii) pelo menos uma fibra óptica contendo uma rede de Bragg.

Em uma concretização preferencial, o sensor adicionalmente compreende: iii) um meio de encapsulamento feito de material não magnético.

Em uma concretização preferencial, o ímã do referido sensor é cilíndrico.

Em uma concretização preferencial, o ímã do referido sensor contém ferro em sua composição. Em uma concretização preferencial, o ímã do referido sensor é de um material contendo Nd. Em uma concretização preferencial, o ímã do referido sensor é de um material contendo B. Em uma concretização preferencial, o ímã do referido sensor é de NdFeB. Em uma concretização preferencial, o ímã do referido sensor contém Sm. Em uma

concretização preferencial, o ímã do referido sensor é de um material contendo Co. Em uma concretização preferencial, o ímã do referido sensor é de SmCo.

Em uma concretização preferencial o referido ímã é dotado de pelo menos um furo passante.

5 Em uma concretização preferida, a presente invenção consiste em um novo tipo de sensor ótico-magnético interrogado por uma FBG. O sensor preferencialmente compreende: i) ímã cilíndrico de NdFeB com um furo passante central; ii) fibra óptica contendo uma rede de Bragg fixada na parte interna do ímã com cola; iii) encapsulamento confeccionado de material não magnético com uma guia central que permite o deslocamento do ímã no seu interior.

É um outro objeto da invenção um processo de fabricação de sensores FBG. Referido processo compreende as etapas de:

- 15 i) aderir pelo menos um ímã sobre pelo menos uma fibra óptica contendo uma rede de Bragg; e
- ii) encapsular o material do item i) com material não magnético.

É um outro objeto da invenção o uso de um sensor magnético-ótico compreendendo: i) pelo menos um ímã; e ii) pelo menos uma fibra óptica contendo uma rede de Bragg, para produção de um sistema de monitoramento de posição, deformação, deslocamento, vibração e/ou corrosão de estruturas metálicas. Em uma concretização preferencial, a invenção é vantajosamente aplicada ao monitoramento da posição, deslocamento, vibração e deformação de estruturas feitas de ferro/aço, e também para monitorar corrosão em torres, estruturas e equipamentos utilizados na geração e transmissão de energia elétrica e na indústria de petróleo e gás.

Estes e outros objetos da invenção serão melhor compreendidos a partir da descrição detalhada a seguir.

Breve Descrição das Figuras

30 A figura 1 mostra um desenho esquemático de uma concretização preferencial de um sensor de força magnética à fibra ótica, onde (a) significa

fibra ótica, (b) significa fixação da fibra, (c) significa encapsulamento, (d) significa rede de Bragg, (e) significa guia, e (f) significa micro-ímã.

A figura 2 mostra as respostas de uma concretização preferencial de sensor para 3 diferentes forças magnéticas, onde (a) significa potência em dBm, e (b) significa Comprimento de onda em nm.

A figura 3 mostra a curva de calibração da variação de comprimento de onda VS. Força magnética, onde (a) significa medido, (b) significa ajuste, e (c) significa força em Newton.

A figura 4 mostra a imagem obtida com o sensor varrendo a área sobre o pit de corrosão.

A figura 5 mostra a imagem obtida com o sensor varrendo a área sobre o pit de corrosão natural.

Breve Descrição dos Anexos

O anexo 1 mostra a foto de uma concretização preferencial de sensor.

O anexo 2 mostra a foto de uma concretização preferencial de sensor e cabo de fibra ótica.

O anexo 3 mostra a foto de um pit de corrosão fabricado em uma chapa de aço 1020.

O anexo 4 mostra a foto de um pit de corrosão natural em uma chapa de aço utilizada em tanques de armazenamento de petróleo.

O anexo 5 mostra a foto de uma concretização preferencial da invenção, de um array FBG contendo 4 sensores.

Descrição Detalhada da Invenção

A presente invenção proporciona um sensor de força magnética, seu processo de obtenção e seu uso. Em uma concretização preferencial, o sensor compreende: i) pelo menos um ímã; e ii) pelo menos uma fibra ótica contendo uma rede de Bragg. O conceito inventivo comum aos diversos objetos da invenção consiste na combinação de um elemento magnético a uma fibra ótica contendo uma rede de Bragg.

Sensores baseados em fibras óticas com redes de Bragg (FBG) podem ser utilizados diretamente para medir grandezas como tensão, deformação, temperatura e pressão. Com a utilização de sensores apropriados, outras grandezas físicas podem ser mensuradas, como campo magnético, corrente elétrica, posição etc. Nos sensores FBG, a transdução da grandeza a ser medida é feita em comprimento de onda. Isto traz inúmeras vantagens quando comparamos estes sensores com sensores convencionais onde o resultado da transdução é uma voltagem elétrica. Dentre estas vantagens, podemos citar a imunidade à interferência eletromagnética, menor sensibilidade à falha de conexões, baixo peso e pequenas dimensões, baixo custo, facilidade de multiplexação, além de permitir o sensoriamento remoto sem a necessidade de baterias no local de realização das medições.

A presente invenção proporciona um novo tipo de sensor de força magnética interrogado por uma FBG. Em uma concretização preferencial, o sensor compreende: i) ímã cilíndrico de NdFeB com um furo passante central com diâmetro de 0,5 mm, diâmetro externo que pode variar de 1,0 a 10,0 mm e comprimento que pode variar de 1,0 até 10 mm, dependendo da sensibilidade e resolução desejadas; ii) fibra óptica contendo uma rede de Bragg fixada na parte interna do ímã com cola ou adesivos de uso geral, preferencialmente para adesão de substratos metálicos, preferivelmente cianoacrilatos, prioritariamente Loctite 496; iii) encapsulamento confeccionado de material não magnético, preferencialmente acrílico, teflon, vidro ou resina, com uma guia central que permite o deslocamento do ímã no seu interior. Em uma concretização preferencial ilustrada na figura 1 e nos anexos 2 e 3, a parte da fibra óptica acima da rede de Bragg é fixada com cola na extremidade superior do encapsulamento. Basta que o conjunto esteja a alguns milímetros de qualquer estrutura ferromagnética, ou em uma região de gradiente de campo magnético, para que o sensor produza uma resposta (Figura 2).

Em uma concretização preferencial, o ímã do referido sensor contém ferro em sua composição. Em uma concretização preferencial, o ímã do referido sensor é de um material contendo Nd. Em uma concretização

preferencial, o ímã do referido sensor é de um material contendo B. Em uma concretização preferencial, o ímã do referido sensor é de NdFeB. Em uma concretização preferencial, o ímã do referido sensor contém Sm. Em uma concretização preferencial, o ímã do referido sensor é de um material contendo Co. Em uma concretização preferencial, o ímã do referido sensor é de SmCo.

A força magnética originada pela interação entre o ímã e a estrutura ferromagnética ou fonte de campo a ser monitorada é atrativa. Esta força é transferida de forma axial para a FBG produzindo uma variação no comprimento de onda refletido. O valor da variação do comprimento de onda pode ser relacionado à força magnética entre o material e o sensor através de uma curva de calibração (Figura 3).

Uso do sensor

A força magnética entre o ímã e material ferromagnético varia em função da distância. Esta variação permite a utilização deste sensor em inúmeras situações como, por exemplo, no monitoramento, com ou sem contato, da integridade de estruturas metálicas, preferencialmente que sejam feitas ou que contenham aço ferromagnético. Uma aplicação possível é o monitoramento de, mas não se limitando a, deformações, deslocamentos, vibrações e corrosão em torres, estruturas e equipamentos utilizados na geração e transmissão de energia elétrica e na indústria de petróleo e gás. Utilizando a facilidade de multiplexação dos sensores FBG, um conjunto de sensores pode ser empregado simultaneamente para obtenção de imagens de áreas de corrosão comumente encontradas em dutos e equipamentos utilizados na indústria de petróleo e gás (Figuras 4 e 5 e Anexos 3 e 4). Uma das vantagens deste sensor é o fato de não requerer a instrumentação prévia da estrutura a ser monitorada.

Exemplos

A máxima variação no comprimento de onda do sensor de força magnética à rede de Bragg obtida, com a utilização de um exemplo de ímã com 3,0 mm de diâmetro externo e 5,0 mm de comprimento é de 3 nm, para uma distância de 50 μ m entre o sensor e uma placa ferromagnética. Nesta distância,

o valor da força que atua no sensor é de aproximadamente 2,0N. Sua sensibilidade estimada em comprimento de onda é de 10 pm, que corresponde a uma força de 20 mN. A faixa de distância útil para utilização do sensor é de 5,0 mm. A presente invenção proporciona também o uso de *arrays* destes sensores, como ilustrado no Anexo 5.

O ímã usado no sensor da presente invenção gera um campo magnético no equipamento/estrutura, que vai gerar outro campo magnético em resposta a este, criando na região entre o sensor e o equipamento/estrutura um gradiente de campo. Isto faz que o ímã colado na fibra seja atraído pelo equipamento ou estrutura, portanto, tensionando a fibra e a rede de Bragg, alterando o comprimento de onda refletido por ela. Como o gradiente de campo depende da distância entre o ímã e o equipamento ou estrutura um mapeamento utilizando o sensor ou a utilização de uma matriz de sensores pode gerar uma imagem da superfície do equipamento ou estrutura. Portanto, pode-se dizer que o sensor da presente invenção é um sensor ativo, pois ele gera o campo magnético e mede a resposta deste campo no material ferromagnético.

Processo

É outro objeto da invenção um processo de fabricação de sensores FBG. Referido processo compreende as etapas de:

- i. aderir um ímã sobre) uma fibra óptica contendo uma rede de Bragg; e
- ii. encapsular o material do item i) com material não magnético.

Preferencialmente, a fibra óptica contendo uma rede de Bragg é fixada na parte interna do ímã com cola ou adesivos de uso geral, preferencialmente para adesão de substratos metálicos, preferivelmente cianoacrilatos, prioritariamente Loctite 496. Preferencialmente, o meio de encapsulamento é confeccionado de material não magnético, preferencialmente acrílico, teflon, vidro ou resina, com uma guia central que permite o deslocamento do ímã no seu interior.

Os versados na técnica imediatamente valorizarão os ensinamentos da presente invenção, e entenderão que variações nas formas de concretizar a

invenção em relação aos exemplos ora ilustrados devem ser consideradas como dentro do escopo da invenção e das reivindicações anexas.

Reivindicações

Sensor de Força Magnética à Fibra Óptica, Processo de Fabricação e Uso do Mesmo

- 5 1. Sensor ótico-magnético interrogado por uma FBG, **caracterizado por** compreender: i) pelo menos um ímã; e ii) pelo menos uma fibra óptica contendo uma rede de Bragg.
2. Sensor de acordo com a reivindicação 1, **caracterizado por** adicionalmente compreender um meio de encapsulamento feito de
10 material não magnético.
3. Sensor de acordo com a reivindicação 1 ou 2, **caracterizado pelo** ímã ser cilíndrico.
4. Sensor de acordo com a reivindicação 1, 2 ou 3, **caracterizado pelo** ímã ser dotado de pelo menos um furo passante.
- 15 5. Sensor de acordo com qualquer uma das reivindicações 1-4, **caracterizado pelo** ímã ser feito de um material selecionado do grupo que compreende materiais contendo: ferro; Nd; B; Sm; Co; ou combinações dos mesmos.
6. Sensor de acordo com a reivindicação 5, **caracterizado pelo** ímã ser
20 feito de um material contendo NdFeB.
7. Sensor de acordo com a reivindicação 5, **caracterizado pelo** ímã ser feito de um material contendo SmCo.
8. Sensor de acordo com qualquer uma das reivindicações 2-7, **caracterizado pelo** meio de encapsulamento compreender material não
25 magnético com uma guia central para o deslocamento do ímã no seu interior.
9. Sensor de acordo com qualquer uma das reivindicações 4-8, **caracterizado pelo** furo passante ser central.
- 30 10. Sensor de acordo com a reivindicação 9, **caracterizado pelo** furo passante possuir diâmetro de 0,5 mm, diâmetro externo de 1,0 a 10,0 mm e comprimento de 1,0 a 10 mm.

11. Processo de fabricação de sensores FBG, **caracterizado por** compreender as etapas de:

- i) aderir pelo menos um ímã sobre pelo menos uma fibra óptica contendo uma rede de Bragg; e
- ii) encapsular o material do item i) com material não magnético.

12. Uso de um sensor magnético-ótico contendo: i) pelo menos um ímã; e ii) pelo menos uma fibra óptica contendo uma rede de Bragg, **caracterizado por** ser para a produção de um sistema de monitoramento de posição, deformação, deslocamento, vibração e/ou corrosão de estruturas metálicas.

Figuras

Figura 1

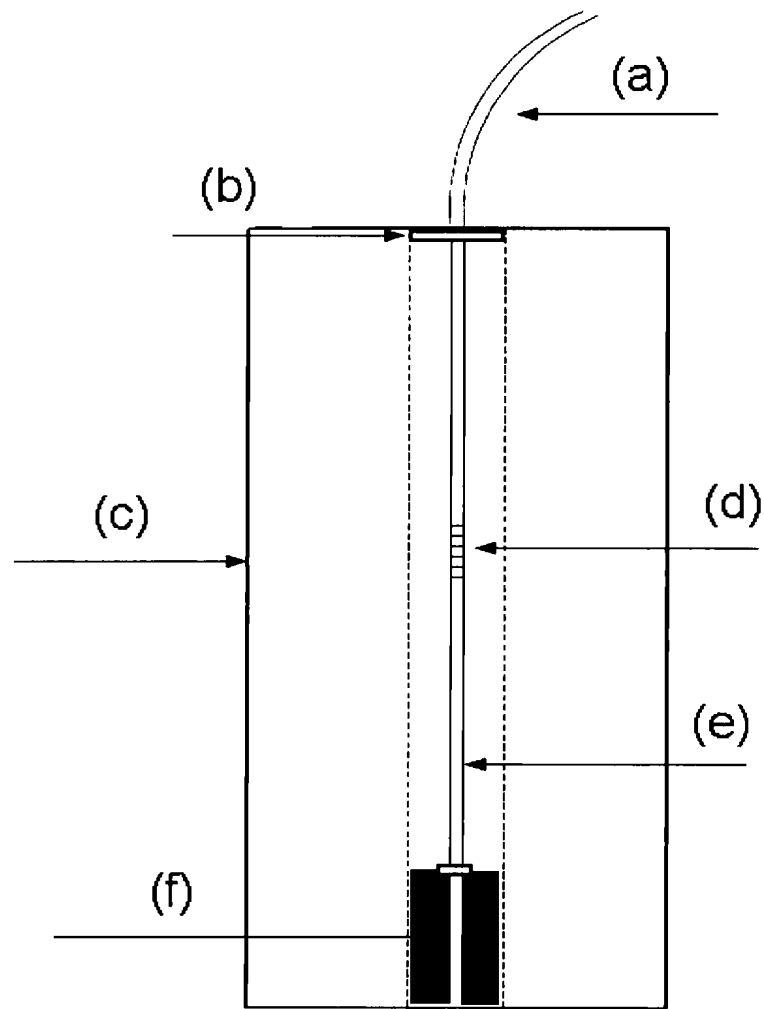


Figura 2

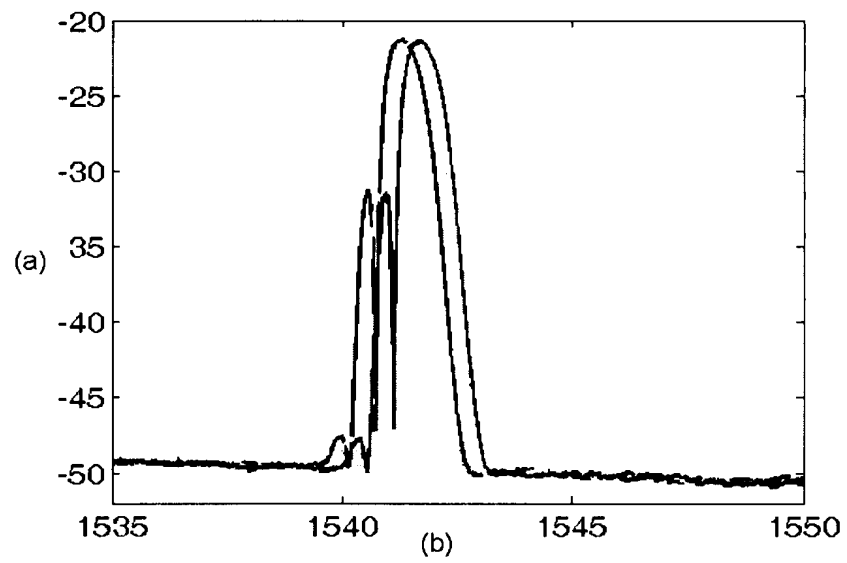


Figura 3

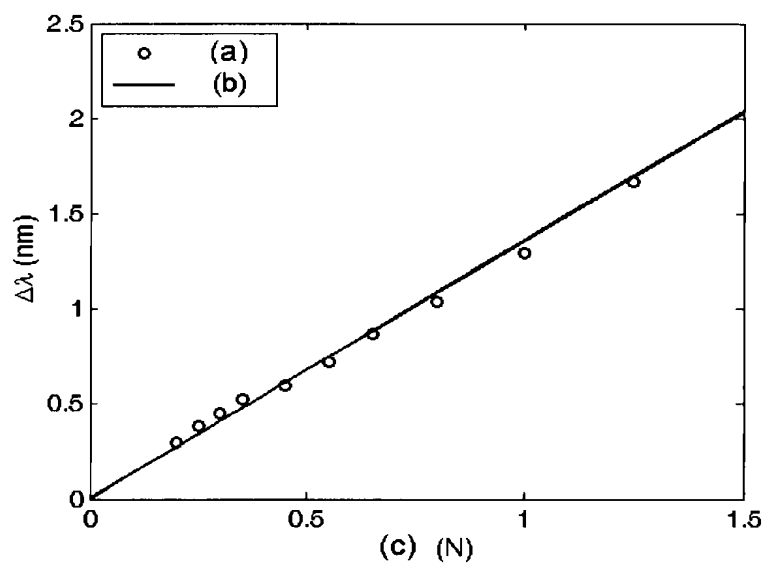


Figura 4

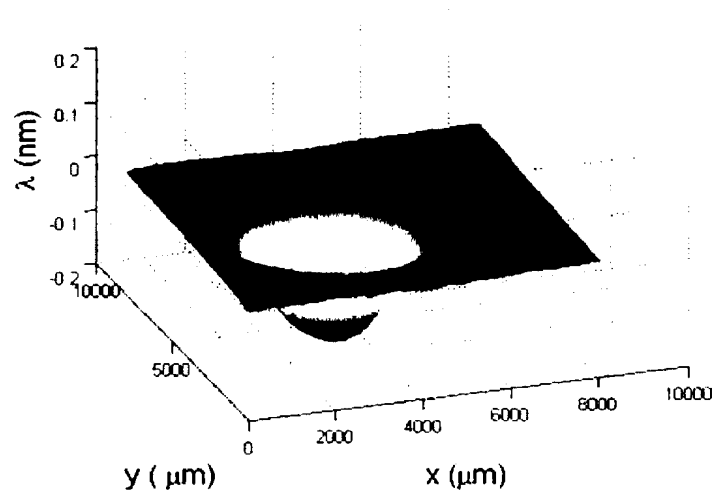
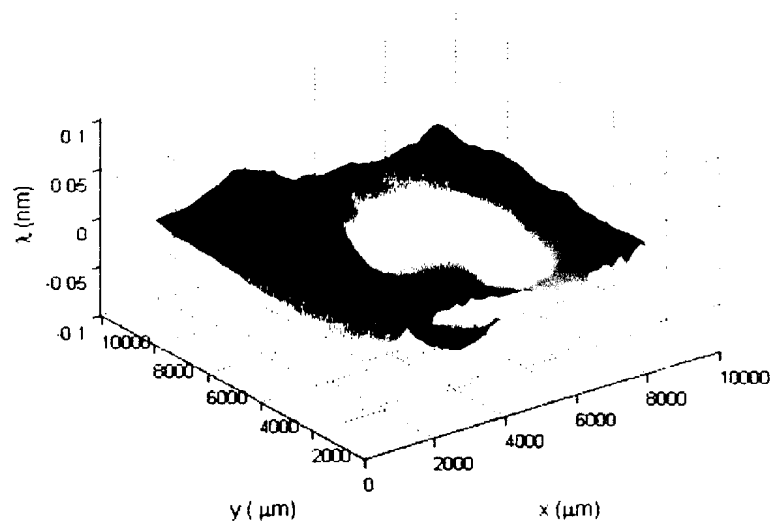
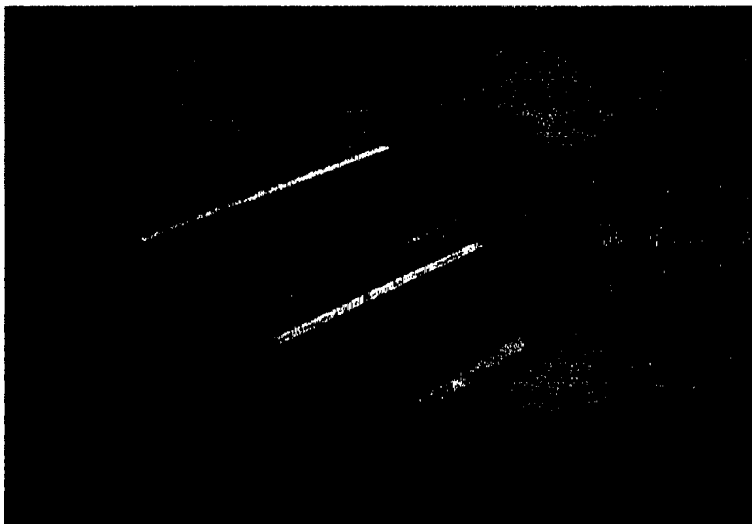


Figura 5

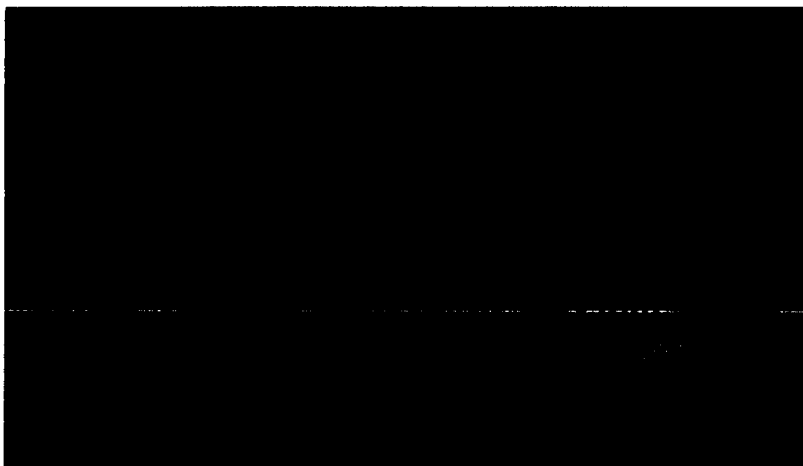


Anexos

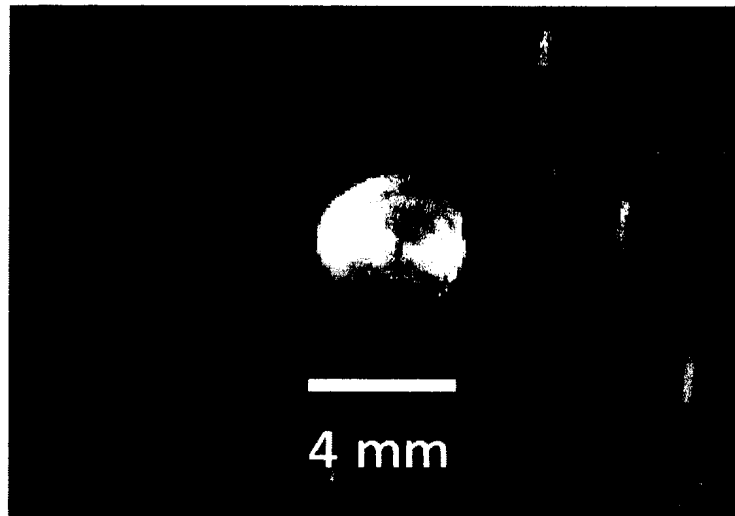
Anexo 1



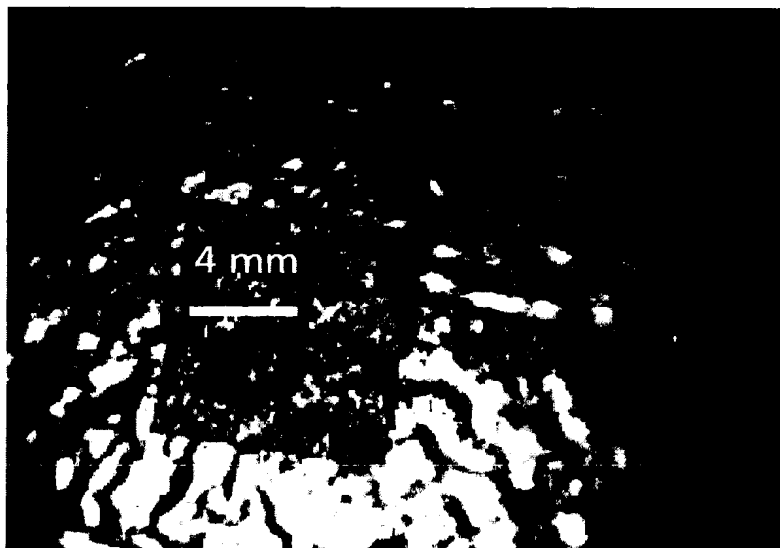
Anexo 2



Anexo 3



Anexo 4



Anexo 5



Resumo**Sensor de Força Magnética à Fibra Óptica, Processo de Fabricação e Uso do Mesmo**

5 A presente invenção proporciona um sensor de força magnética baseado em fibras óticas com redes de Bragg (FBG), sendo também descrito o processo de fabricação do mesmo e seu uso. A invenção é vantajosamente aplicada ao monitoramento da posição, deslocamento, vibração e deformação de estruturas feitas de ferro/aço, e também para monitorar corrosão em torres,
10 estruturas e equipamentos utilizados na geração e transmissão de energia elétrica e na indústria de petróleo e gás.