

CAVELIER

ABOGADOS

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

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

TELEFONO: (57) (1) 347-3611

SUPERINDUSTRIA Y COMERCIO

Radicación: 05052807 00000004 Folios: 65
Fecha (AMD): 2005-07-29 17:33:38
Trámite: 002 PATENTES D 1 REGISTRAL/ 444 REMUESTA
Dependencia: 2020 DIVISION DE NUEVAS CREACIONES

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

Trámite : 002
Evento : 001
Actuación: 444

Referencia : Expediente No. 05.052.807
Asunto : Solicitud de patente para: **SENSOR DE PH DE FIBRA ÓPTICA**
Solicitante : **PETROLEO BRASILEIRO S.A. PETROBRAS**
Fecha solicitud : 31 de mayo de 2005

1. Yo, Emilio FERRERO, obrando como apoderado del solicitante en el asunto antes identificado, me refiero al Oficio N° 13042, notificado por fijación en lista del 23 de junio de 2005. Para atender a la providencia anterior solicité un plazo por medio de mi memorial número 05052807 00000003 radicado el 22 de agosto de 2005.

2. Mediante el Oficio N° 13042 se puso en conocimiento del solicitante el informe que contiene las observaciones hechas por ese Despacho sobre la presente solicitud de patente. Atiendo a las observaciones de la manera siguiente:

2.1. Solicitud en idioma español: Solicito a ese Despacho tener en cuenta que mediante memorial número 05052807 00000001 radicado ante ese Despacho el 3 de junio de 2005, presente la traducción al español de la solicitud de patente correspondiente a **SENSOR DE PH DE FIBRA ÓPTICA**.

2.2. Cesión: Acompaño con este escrito el documento en que consta la cesión del derecho a la patente de la referencia, de los inventores a favor de la sociedad solicitante, debidamente firmado, notariado y legalizado por el Consulado General de Colombia en Sao Paulo,

105
106

Brasil, junto con su respectiva traducción oficial al español.

- 2.3. Arte final en tamaño 12 x 12: Presento con este escrito el arte final por duplicado, de la figura característica de la invención de la referencia.
- 2.4. Extracto para la publicación: Para efectos de la publicación en la Gaceta de la Propiedad Industrial, adjunto a este escrito, el correspondiente extracto de la invención de la referencia.
- 2.5. Prioridad: Acompaño con el presente escrito, la copia certificada de la solicitud de patente brasilera No. PI 0404129-1 del 31 de mayo de 2004, cuya prioridad se invoca en la presente solicitud, junto con la correspondiente traducción al español.

Este documento está siendo presentado dentro del término legal correspondiente, de conformidad con lo previsto en los artículos 9 y 10 de la Decisión 486 de la Comisión de la Comunidad Andina.

3. Puesto que se han atendido a cabalidad las observaciones hechas por ese Despacho sobre la presente solicitud de patente, atentamente solicito que se continúe su tramitación.

Bogotá, 29 SET. 2005
Señora Jefe,



EMILIO FERRERO
T.P.A. No. 31.929

2848 107

CAVELIER

ABOGADOS
EDIFICIO SISKI
CARRERA 4a N° 72-35
BOGOTÁ, 8 - COLOMBIA

CESION

Yo, (nosotros), abajo firmado(s) (1) Manoel Feliciano DA SILVA JUNIOR; (2) Arnaldo RODRIGUES D'ALMEIDA; (3) Fabio PEREIRA RIBEIRO; (4) Luiz Carlos GUEDES VALENTE; (5) Arthur Martins BARBOSA BRAGA; (6) Adriana Lúcia CERRI TRIQUES

domiciliado(s) en (1) Rua Maxwell, n° 113 apt. 102, Vila Isabel, Rio de Janeiro, RJ, Brasil; (2) Rua Garibaldi, n° 156 ap. 1104, Tijuca, Rio de Janeiro, RJ, Brasil; (3) Rua João Bolonini, n° 95 ap. 102, Campo Grande, Rio de Janeiro, RJ, Brasil; (4) Rua Pompeu Loureiro, n° 98 / Cob. 01, Copacabana, Rio de Janeiro, RJ, Brasil; (5) Cupertino Durão, n° 104 ap. 501, Leblon, Rio de Janeiro, RJ, Brasil; (6) Rua Cinco de Julho, n° 116 ap. 801, Copacabana, Rio de Janeiro, RJ, Brasil

declaro(amos) bajo juramento ser único(s) y verdadero(s) inventor(es) de la invención:
SENSOR DE pH A FIBRA ÓPTICA

declaro(amos) así mismo que cedo(amos) y transfiero(erimos), sin limitación, a favor de la sociedad PETROLEO BRASILEIRO S.A. PETROBRAS

constituida y existente de conformidad con las leyes de Brasil

domiciliada en Av. República do Chile n° 65, Rio de Janeiro, RJ, Brasil

ASSIGNMENT

I (we), the undersigned (1) Manoel Feliciano DA SILVA JUNIOR; (2) Arnaldo RODRIGUES D'ALMEIDA; (3) Fabio PEREIRA RIBEIRO; (4) Luiz Carlos GUEDES VALENTE; (5) Arthur Martins BARBOSA BRAGA; (6) Adriana Lúcia CERRI TRIQUES

of (1) Rua Maxwell, n° 113 apt. 102, Vila Isabel, Rio de Janeiro, RJ, Brazil; (2) Rua Garibaldi, n° 156 ap. 1104, Tijuca, Rio de Janeiro, RJ, Brazil; (3) Rua João Bolonini, n° 95 ap. 102, Campo Grande, Rio de Janeiro, RJ, Brazil; (4) Rua Pompeu Loureiro, n° 98 / Cob. 01, Copacabana, Rio de Janeiro, RJ, Brazil; (5) Cupertino Durão, n° 104 ap. 501, Leblon, Rio de Janeiro, RJ, Brazil; (6) Rua Cinco de Julho, n° 116 ap. 801, Copacabana, Rio de Janeiro, RJ, Brazil

state(s) under oath to be sole and true inventor(s) of the invention:
OPTICAL FIBER pH SENSOR

state as well, that assign, without reservations or limitations in favour of PETROLEO BRASILEIRO S.A. PETROBRAS

a corporation constituted and existing in conformity with the laws of Brazil

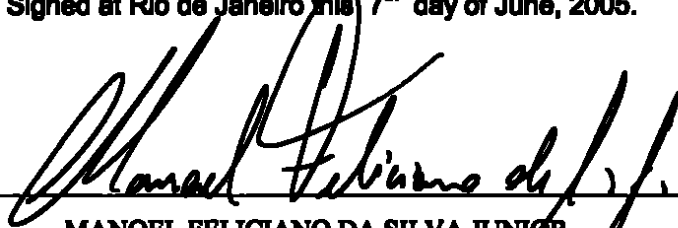
domiciled in Av. República do Chile n° 65, Rio de Janeiro, RJ, Brazil

Colômbia

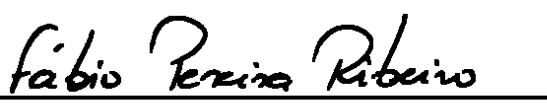
todos los derechos inherentes a dicha invención y que la dicha Compañía queda facultada para solicitar en su nombre la patente correspondiente en la República de Colombia.

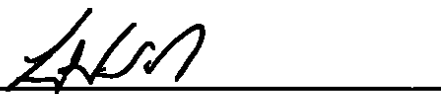
all rights inherent to said invention and that the above mentioned company hereby is enabled to apply, in its name, for the corresponding patent in the Republic of Colombia.

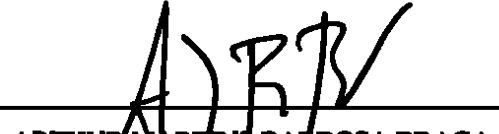
Signed at Rio de Janeiro this 7th day of June, 2005.

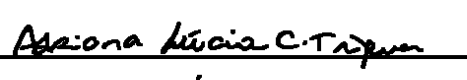

MANOEL FELICIANO DA SILVA JUNIOR


ARNALDO RODRIGUES D'ALMEIDA


FÁBIO PEREIRA RIBEIRO


LUIZ CARLOS GUEDES VALENTE


ARTHUR MARTINS BARBOSA BRAGA


ADRIANA LÚCIA CERRI TRIQUES

23^o OFÍCIO DE NOTAS DO RIO DE JANEIRO - SUCURSAL TIJUCA
Notário GUNDO MAGIEL - R. Santa Rosa, 46 - Lj. A - Tel.: (21) 2204-5470
Reconheço por semelhança as firmas de MANOEL FELICIANO DA SILVA JUNIOR e ARNALDO RODRIGUES D'ALMEIDA
Rio de Janeiro, 21 de Junho de 2005. Pont. por: GERAL da verdade.
Mo: 29304 (E) Test: Valor: 7.35
Affonso Celso Januzzi Autorizado

Cartório do 16^o Ofício de Notas, Rua Visconde de Pirajá 72 - Lj A Ipanema, 227 - 8945. Tabelião Olívia R. Góisínio Dias. Reconheço por semelhança a firma de: ADRIANA LÚCIA CERRI TRIQUES
Cod: 04A1B0AFEE (LEO)
Rio de Janeiro, 22 de Junho de 2005.
Em Testemunho da verdade. Serventia
Leonardo B. Almeida de Araújo - Autorizado 20% P.Judiciário: R.Vis. 460
Total R.Vis. 5.60

16^o OFÍCIO DE NOTAS
LEONARDO B. ALMEIDA DE ARAÚJO
R. VIS. 460
R. VIS. 5.60
RECONHECIMENTO
DE FIRMA
1ATO 013
INQ51760

149
RECONHECIMENTO DE FIRMA Nº 144246
Reconheço por semelhança as firmas de MANOEL FELICIANO DA SILVA JUNIOR e ARNALDO RODRIGUES D'ALMEIDA
Rio de Janeiro, 22 de Junho de 2005. Pont. por: GERAL da verdade.
Mo: 29304 (E) Test: Valor: 7.35
Affonso Celso Januzzi Autorizado

149
RECONHECIMENTO DE FIRMA Nº 144246
Reconheço por semelhança as firmas de MANOEL FELICIANO DA SILVA JUNIOR e ARNALDO RODRIGUES D'ALMEIDA
Rio de Janeiro, 22 de Junho de 2005. Pont. por: GERAL da verdade.
Mo: 29304 (E) Test: Valor: 7.35
Affonso Celso Januzzi Autorizado

ERRO
CONSULAR

MINISTERIO DE RELACIONES
EXTERIORES

NO SE ASUME
RESPONSABILIDAD DEL TEXTO

2005 AUG 21 1:59

149493
Havido Acero
Cuya firma aparece en el
documento desempeña
las funciones indicadas

JEFE DE LEGALIZACIONES
SANTAFE DE BOGOTA D.C.

MINISTÉRIO DAS RELAÇÕES EXTERIORES
ESCRITÓRIO DE REPRESENTAÇÃO NO RIO DE JANEIRO
SEÇÃO CONSULAR

Reconheço verdadeira, por semelhança,
assinatura assinada, com o sinal CONSULAR-ERERIC
A presente autenticação não implica aceitação
da legalidade do documento.

14 JUL 2005

Assistente de Arquivo Pontes
Assistente de Chancelaria

CONSULADO GENERAL DE COLOMBIA EN SÃO PAULO

N.º 2361

El suscrito Cónsul General de Colombia CERTIFICA: que
el señor DALVA SUELI S. PINTANILHA
que autoriza el presente documento ejerce legalmente, en la
fecha allí expresada las funciones de ESCRIBIENTE
Autorizado No. 23 RJ
y que la firma y sello que en el documento aparecen como
suyos, son los que usa y acostumbra en sus actos oficiales.
El Cónsul no asume responsabilidad alguna por el contenido
del documento. 25. 07. 2005
São Paulo.

DERECHOS USO 2400 VENTICUATRO DOLARES



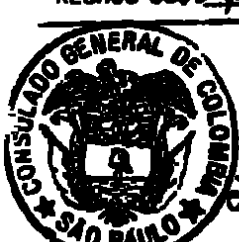
CARLOS MAURICIO ACERO MONTEJO
CONSUL GENERAL

CONSULADO GENERAL DE COLOMBIA EN SÃO PAULO

N.º 2362

El suscrito Cónsul General de Colombia CERTIFICA: que
el señor CLARA MARIA ZALUSKI
que autoriza el presente documento ejerce legalmente, en la
fecha allí expresada las funciones de ESCRIBIENTE
Autorizado No. 14 RJ
y que la firma y sello que en el documento aparecen como
suyos, son los que usa y acostumbra en sus actos oficiales.
El Cónsul no asume responsabilidad alguna por el contenido
del documento. 25. 07. 2005
São Paulo.

DERECHOS USO 2400 VENTICUATRO DOLARES



CARLOS MAURICIO ACERO MONTEJO
CONSUL GENERAL

CONSULADO GENERAL DE COLOMBIA EN SÃO PAULO

N.º 2363

El suscrito Cónsul General de Colombia CERTIFICA: que
el señor AFFONSO C. JANNUZZI
que autoriza el presente documento ejerce legalmente, en la
fecha allí expresada las funciones de ESCRIBIENTE
Autorizado No. 23
y que la firma y sello que en el documento aparecen como
suyos, son los que usa y acostumbra en sus actos oficiales.
El Cónsul no asume responsabilidad alguna por el contenido
del documento. 25. 07. 2005
São Paulo.

DERECHOS USO 2400 VENTICUATRO DOLARES



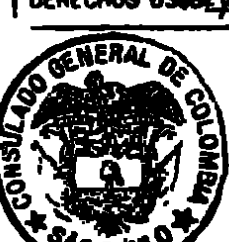
CARLOS MAURICIO ACERO MONTEJO
CONSUL GENERAL

CONSULADO GENERAL DE COLOMBIA EN SÃO PAULO

N.º 2364

El suscrito Cónsul General de Colombia CERTIFICA: que
el señor LEONARDO G. ALMEIDA DE ARAUJO
que autoriza el presente documento ejerce legalmente, en la
fecha allí expresada las funciones de ESCRIBIENTE
Autorizado No. 16 RJ
y que la firma y sello que en el documento aparecen como
suyos, son los que usa y acostumbra en sus actos oficiales.
El Cónsul no asume responsabilidad alguna por el contenido
del documento. 25. 07. 2005
São Paulo.

DERECHOS USO 2400 VENTICUATRO DOLARES



CARLOS MAURICIO ACERO MONTEJO
CONSUL GENERAL

"Si está inconforme con el servicio prestado, diríjase al
Área de Quejas y Reclamos del Ministerio de
Relaciones Exteriores, Carrera 6 N.º 9-48, Bogotá,
D.C., Colombia; email: dqrejas@minterx.gov.co"

"Si está inconforme con el servicio prestado, diríjase al
Área de Quejas y Reclamos del Ministerio de
Relaciones Exteriores, Carrera 6 N.º 9-48, Bogotá,
D.C., Colombia; email: dqrejas@minterx.gov.co"

105.
109

CERTIFICADO NOTARIAL (INDIVIDUO)

A los 21 días del mes de Junio de 2005 ante mí,
Notario Público o Funcionario Autorizado de

compareció(eron) personalmente _____



a quien(es) doy fe de conocer y me consta que es(son) la(s)
persona(s) firmante(s) del documento que precede, y quien(es)
tiene(n) capacidad legal para otorgarlo

NOTARIAL CERTIFICATE (INDIVIDUAL)

On this _____ day of _____
200__ before me, a Notary Public or Attesting Official of _____
personally appeared _____

to me known, and known to me to be the person(s) who
executed that foregoing document, and who has(have) legal
capacity to execute it.

Notario Público o Funcionario Autorizado –Notary Public or Attesting Official_____

NOTA: DEBE EFECTUARSE LEGALIZACIÓN ANTE EL CÓNSUL DE COLOMBIA

TRADUCCIÓN OFICIAL No. 20050830 de un documento escrito en PORTUGUÉS, el cual, para su identificación se sella con el sello de MARÍA EUGENIA SANINT, Traductora Oficial según Resolución No. 851 del Ministerio de Justicia.

LEGALIZACIONES

Escritas en PORTUGUES al pie de una CESION, escrita en ESPAÑOL, otorgada por Manoel Feliciano DA SILVA y otros a favor de PETROLEO BRASILEIRO S.A. PETROBRAS, firmada en Río de Janeiro hoy, 7 de junio de 2005:

NOTARIA VEINTTRES JACAREPAGUA – Notario GUIDO MACIEL
Est. Bandeirantes, 209 209-2445-2933 Reconocimiento No. 0000009811765
Reconozco por similitud la firma de FABIO PEREIRA RIBEIRO
Rio de Janeiro, 13 de julio de 2005.
En fe de lo cual firmo el presente:
PAIVA SUELI SOARES QUINTANILHA –AUTORIZADOS POR IGS
(Firma Ilegible del Notario)
Sello de la Corregiduría General de Justicia- RJ
Sello de Fiscalización CLN INU71288

NOTARIA 23 DE RIO DE JANEIRO – SUCURSAL TIJUCA
Notario GUIDO MACIEL – R. Santa Sofia, 40. Lj. A
Reconozco por similitud las firmas de MANOEL FELICIANO DA SILVA
JUNIOR Y ARNALDO RODRIGUES DE ALMEIDA
No. 29384. En fe de lo cual firmo el presente
(Firma Ilegible)
Affonso Celso Jannuzzi – Autorizado
Sello de la Corregiduría General de Justicia- RJ
Sello de Fiscalización MJJ JAI 70892

ESCRIBANIA DE LA NOTARIA 16, Rua Visconde de Piraja 72 – Lj A
Ipanema, 2247-8995 Notaria: Olivia M. Scisinio Dias. Reconozco por similitud la firma de
ADRIANA LUCIA CERRI TRIQUES
Código: 04AB0ADFE (LEO)
Rio de Janeiro, 22 de junio de 2005
En fe de lo cual firmo el presente
(Firma Ilegible)
Leonardo G. Almeida de Araujo – Autorizado
Sello de la Notaría 16
Sello de la Corregiduría General de Justicia- RJ
Sello de Fiscalización MJJ JAI 70892

MARIA EUGENIA SANINT
TRADUCTORA OFICIAL
RESOLUCION No. 851
DEL MINISTERIO DE JUSTICIA

NOTARIA CATORCE – R. VISC. DE PIRAJA, 550-SS 121 IPANEMA
NOTARIA: DRA. CONCELINA HENRIQUE DE SOUZA
RECONOCIMIENTO DE FIRMA NO. 144246
Reconozco por similitud la firma de LUIZ CARLOS GUEDES VALENTE 482/128 ARTHUR

EN ESPAÑOL, la legalización de la firma anterior por el Consulado de Colombia en Sao Paulo, bajo el No. 2362 de fecha del 25 de julio de 2005.

EN ESPAÑOL, la legalización de la firma anterior por el Consulado de Colombia en Sao Paulo, bajo el No. 2363 de fecha del 25 de julio de 2005.

EN ESPAÑOL, la legalización de la firma anterior por el Consulado de Colombia en Sao Paulo, bajo el No. 2364 de fecha del 25 de julio de 2005.

EN ESPAÑOL, la legalización de la firma anterior hasta por el Ministerio de Relaciones Exteriores de Colombia bajo el No. 149493 de fecha del 22 de agosto de 2005.

ES TRADUCCION FIEL Y COMPLETA.

Traductora: María Eugenia Sanint

Bogotá, 30 de agosto de 2005

MARIA EUGENIA SANINT
TRADUCTORA OFICIAL
RESOLUCION 186/15
DEL MINISTERIO DE JUSTICIA

RECEIVED
2005 AUG 31 10 30 AM
SECRETARIA DE JUSTICIA

2005 266 - 5 - 932

2005 266 - 5 - 932

RECEIVED
2005 AUG 31 10 30 AM
SECRETARIA DE JUSTICIA

2005 266 - 5 - 932

2005 266 - 5 - 932

MINISTERIO DE RELACIONES
EXTERIORES

154717
Haroldo Quintana
CUYA FIRMA APARECE EN EL
DOCUMENTO DESEMPEÑA
LAS FUNCIONES INDICADAS

NO SE ASUME
RESPONSABILIDAD DEL TEXTO

2005 SEP -2 P 2 02
UCB
JEFE DE LEGALIZACIONES
SANTAFE DE BOGOTA D.C

Expediente No		05052 807	No de Folia
Item		No de unidades	
1	CD		
2	DVD		
3	REVISTA		
4	LIBRO		
5	PERIODICO		
6	DISQUETES		
7	SOBRE DE MANILA		
8	SOBRE BLANCO TAMAÑO CARTA		
9	SOBRE BLANCO TAMAÑO OFICIO X	1	✓
10	OTROS:		

bservaciones:

contiene xtc final

PC Industria y Comercio SUPERINTENDENCIA		SUPERINTENDENCIA DE INDUSTRIA Y COMERCIO DIVISION DE NUEVAS CREACIONES EXTRACTO PARA PUBLICACIÓN SOLICITUD DE PATENTE DE INVENCION PCT	
(21) N° de solicitud: 05.052.807		(51) Int Cl: H01J 5/00	
22) Fecha de solicitud: 31/05/2005		(71) Solicitante(s) PETROLEO BRASILEIRO S.A. PETROBRAS	
(30) Prioridad	(31) No. Prioridad	(32) Fecha	(33) País
	PI 0404129-1	31/05/2004	BR
		(72) Inventor(es) MANOEL FELICIANO DA SILVA JUNIOR, ARNALDO RODRIGUES D'ALMEIDA, FABIO PEREIRA RIBEIRO Y OTROS	
		(74) Apoderado: EMILIO FERRERO	
(43) Fecha de publicación:			
(54) Título: SENSOR DE PH DE FIBRA ÓPTICA			

Reivindicación(es):

1.- Sensor (100) de pH para medir el pH de soluciones acuosas utilizando una fibra óptica, caracterizado porque comprende:

A) un cuerpo exterior (101) generalmente cilíndrico, que incluye:

- a) una parte central (110), la cual comprende:
- i) un primer compartimiento (117a) que contiene un conjunto de unidades de discos (130) de un hidrogel sensible a pH, estando dicho conjunto encerrado por una malla (116);
- ii) un segundo compartimiento (117b) que contiene un transductor mecánico (123) para transmitir deformaciones a una fibra óptica (121) que contiene una red de Bragg (122) y encerrado por un disco móvil (118) dispuesto entre dichos primero (117a) y segundo (117b) compartimientos y por un disco (119) para la fijación de una fibra óptica (121);

b) Tapas (115a) y (115b) en los respectivos extremos del cuerpo exterior (101), y donde: la variación del pH de la solución en ensayo hace que dicho hidrogel sufra un proceso de variación de volumen hidrodinámico, siendo la deformación causada por esa variación de volumen transmitida a la red de Bragg (122) por el transductor mecánico (123) y alterando la longitud de onda de Bragg, siendo dicha alteración medida por técnicas usuales de lectura de longitud de onda.

2.- Sensor (100) de pH según la reivindicación 1, caracterizado porque perforaciones (120) a través de las partes centrales del disco de fijación (119) y del disco móvil (118) permiten el paso e instalación de la fibra óptica (121) que contiene la red de Bragg (122) grabada, en el segundo compartimiento (117b).

3.- Sensor de pH según la reivindicación 1, caracterizado porque la fibra óptica (121) traspasa la tapa (115a) del cuerpo exterior (101).

4.- Sensor (100) de pH según la reivindicación 1, caracterizado porque el mismo es montado de acuerdo con las siguientes etapas:

- a) enroscar la tapa (115b) en la parte central (110);
- b) proveer unidades de discos (130) de hidrogel sensible a pH e introducir las mismas en el compartimiento (117a);

c) proveer una fibra óptica (121) que contiene una red de Bragg (122). Introducir dicha fibra (121) a través de las perforaciones (120), de manera de fijar la fibra (121) en el disco móvil (118);

d) introducir la fibra óptica (121) fijada al disco móvil (118) en el cuerpo central (110) y ubicada sobre las unidades de discos (130);

e) posicionar un resorte (123) sobre el disco móvil (118), pasando la fibra (121) a través de dicho resorte (123);

f) pasar la fibra óptica (121) a través de las perforaciones (130) del disco de fijación (119);

g) enroscar la tapa (115a) en el cuerpo central (110) de manera de comprimir el resorte (123);

h) fijar la fibra óptica (121) en el disco de fijación (119);

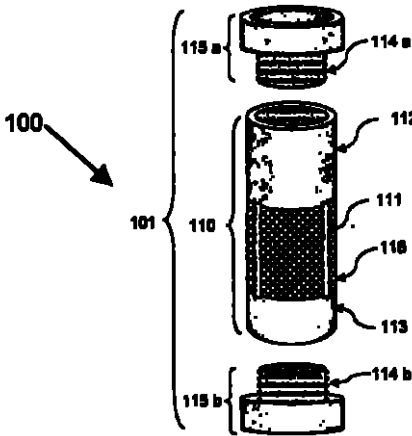
i) desenroscar la tapa (115a) de manera de deformar la fibra (121) y alterar la longitud de onda λ_x de la FGB (122) en un valor entre 100 pm y 5 nm; y

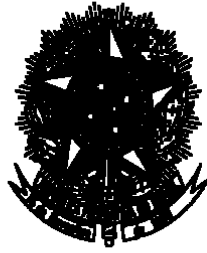
j) obtener el sensor (100) montado y listo para su uso.

5.- Sensor (200) de pH para medir el pH de soluciones acuosas utilizando una fibra óptica, caracterizado porque comprende:

A) Un cuerpo exterior (201) generalmente cilíndrico, que incluye:

- a) una parte central (210), la cual comprende un compartimiento (117a) que contiene un conjunto de unidades de discos (130) de un hidrogel sensible a pH, siendo dicho conjunto encerrado por una malla (116), y un émbolo (214);
- b) un transductor mecánico (215) con una fibra óptica (121) fijada al mismo, conteniendo dicha fibra (121) una red de Bragg (122), estando fijado dicho transductor (215) sobre una tapa (213) mediante dispositivos de fijación (216, 217);





REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL
Ministério do Desenvolvimento, da Indústria e Comércio Exterior.
Instituto Nacional da Propriedade Industrial
Diretoria de Patentes

CÓPIA OFICIAL
PARA EFEITO DE REIVINDICAÇÃO DE PRIORIDADE

O documento anexo é a cópia fiel de um
Pedido de Patente de Invenção.
Regularmente depositado no Instituto
Nacional da Propriedade Industrial, sob
Número PI 0404129-1 de 31/05/2004.

Rio de Janeiro, 15 de Junho de 2005.


Oscar Paulo Bueno
Chefe do SEPDOC
Mat: 0449117



DEPÓSITO

Pedido de Patente ou de
Certificado de Adição



PI0404129-1

NPI)

depósito / /

mero e data de depósito)

Ao Instituto Nacional da Propriedade Industrial:

O requerente solicita a concessão de uma patente na natureza e nas condições abaixo indicadas:

1. Depositante (71):

1.1 Nome: PETROLEO BRASILEIRO S.A. - PETROBRAS

1.2 Qualificação: INDÚSTRIA

1.3 CNPJ/CPF: 33.000.167/0819-42

1.4 Endereço completo: Av. República do Chile, 65 Centro Rio de Janeiro RJ 21949-90
0 BRASIL

1.5 Telefone: 3865-6023

FAX : 3865-6794

☐ continua em folha anexa

2. Natureza:

☒ 2.1 Invenção ☐ 2.1.1 Certificado de Adição ☐ 2.2 Modelo de Utilidade

Escreva, obrigatoriamente e por extenso, a Natureza desejada: INVENÇÃO

3. Título da Invenção, do Modelo de Utilidade ou do Certificado de Adição (54):

SENSOR DE pH A FIBRA ÓPTICA

☐ continua em folha anexa

4. Pedido de Divisão do pedido nº. , de / /

5. Prioridade Interna - O depositante reivindica a seguinte prioridade:

Nº de depósito Data de Depósito / / (66)

6. Prioridade - O depositante reivindica a(s) seguinte(s) prioridade(s):

País ou organização de origem	Número do depósito	Data do depósito
		/ /
		/ /
		/ /

☐ continua em folha anexa

INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL

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

Rio de Janeiro. 15 de Junho 2005.



**Oscar Paulo Bueno
Chefe do SEPDOC
Mat: 0449117**

7. Inventor (72):

() Assinale aqui se o(s) mesmo(s) requer(en) a não divulgação de seu(s) nome(s)
(art. 6º § 4º da LPI e item 1.1 do Ato Normativo nº 127/97)

7.1 Nome: MANOEL FELICIANO DA SILVA JUNIOR

7.2 Qualificação: ENGENHEIRO

7.3 Endereço: RUA MAXWELL, 113/102 VILA ISABEL RIO DE JANEIRO RJ BRASIL

7.4 CEP: 20541-100

7.5 Telefone 3865-6538

☒ continua em folha anexa

8. Declaração na forma do item 3.2 do Ato Normativo nº 127/97:

☐ em anexo

9. Declaração de divulgação anterior não prejudicial (Período de graça):

(art. 12 da LPI e item 2 do ato Normativo nº 127/97:

☐ em anexo

10. Procurador (74):

10.1 Nome e CPF/CGC: SELDON PARKES

069.720.397-20

10.2 Endereço CIDADE UNIVERSITÁRIA, QUADRA 7, ILHA DO FUNDÃO RIO DE JANEIRO

10.3 CEP: 21949-900

10.4 Telefone 3865-6023

11. Documentos anexados (assinale e indique também o número de folhas):

(Deverá ser indicado o nº total de somente uma das vias de cada documento)

☒	11.1 Guia de recolhimento	1 fls.	☒	11.5 Relatório descritivo	26 fls.
☒	11.2 Procuração	2 fls.	☒	11.6 Reivindicações	5 fls.
	11.3 Documentos de prioridade	0 fls.	☒	11.7 Desenhos	11 fls.
	11.4 Doc. de contrato de trabalho	0 fls.	☒	11.8 Resumo	1 fls.
	11.9 Outros (especificar):				0 fls.
	11.10 Total de folhas anexadas:				46 fls.

12. Declaro, sob penas da Lei, que todas as informações acima prestadas são completas e verdadeiras

27/05/2004

Local e Data

Assinatura e Carimbo

SELDON PARKES
Agente de Propriedade Industrial
Nº de Registro 708, de 2/10/1998

INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL

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

Rio de janeiro, 15 de Junho 2005.



**Oscar Paulo Bueno
Chefe do SEPDOC
Mat: 0449117**

Nome: ARNALDO RODRIGUES D'ALMEIDA

Qualificação: ENGENHEIRO QUÍMICO

Endereço: RUA GARIBALDI, 156/1104 TIJUCA RIO DE JANEIRO RJ BRASIL

Cep: 20511-330 Telefone: 3865-6992

Nac: BRASILEIRO

Dt. Nasc.: / /

Cpf: 688.593.847-53

Nome: FÁBIO PEREIRA RIBEIRO

Qualificação: ENGENHEIRO QUÍMICO

Endereço: RUA JOÃO BOLOMINI, 95 APT. 102 CAMPO GRANDE RIO DE JANEIRO RJ BRASIL

Cep: 23092-120 Telefone: 3865-4217

Nac: BRASILEIRA

Dt. Nasc.: / /

Cpf: 008.726.687-38

Nome: LUIZ CARLOS GUEDES VALENTE

Qualificação: FÍSICO

Endereço: RUA POMPEU LOUREIRO, 98/COB. 01 COPACABANA RIO DE JANEIRO RJ BRASIL

Cep: 22061-000 Telefone: 3114-1786

Nac: BRASILEIRO

Dt. Nasc.: / /

Cpf: 628790817-34

Nome: ARTHUR MARTINS BARBOSA BRAGA

Qualificação: PROFESSOR

Endereço: RUA CUPERTINO DURÃO, 104/501 LEBLON RIO DE JANEIRO RJ BRASIL

Cep: 22441-030 Telefone: 2259-5168

Nac: BRASILEIRA

Dt. Nasc.: / /

Cpf: 610.963.777-72

Nome: ADRIANA LÚCIA CERRI TRIQUES

Qualificação: FÍSICO

Endereço: RUA CINCO DE JULHO, 116/801 COPACABANA RIO DE JANEIRO RJ BRASIL

Cep: 22051-030 Telefone: 3114-1181

Nac: BRASILEIRA

Dt. Nasc.: / /

Cpf: 109.156.598.83

13

13

INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL

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

Rio de Janeiro, 15 de Junho 2005.



**Oscar Paulo Bueno
Chefe do SEPDOC
Mat: 0449117**

SENSOR DE pH A FIBRA ÓPTICA

CAMPO DA INVENÇÃO

A presente invenção refere-se a um sensor de pH a fibra óptica para medir o pH de soluções aquosas, onde um transdutor acopla-
5 mecanicamente uma rede de Bragg a um hidrogel sensível a pH, mais especificamente, a um sensor de pH onde a variação do volume hidrodinâmico do hidrogel resultante de uma variação do pH do meio introduz uma força suficiente para deformar a rede de Bragg, a medida da variação do pH sendo recuperada empregando as técnicas usuais de
10 leitura de comprimentos de onda.

FUNDAMENTOS DA INVENÇÃO

Uma rede de Bragg em fibra óptica ou *Fiber Bragg Grating* (FBG) é um componente óptico passivo obtido pela gravação de uma modulação local, longitudinal e periódica do índice de refração do núcleo da fibra
15 óptica. Devido à variação local do índice de refração, qualquer luz que se propague ao longo do núcleo da fibra sofre reflexão parcial em cada uma das camadas de rede. Como consequência da periodicidade da modulação de índice, ocorre interferência construtiva da luz refletida para os vetores de onda que satisfazem à condição de Bragg $\lambda_B = 2n\Lambda$, onde λ_B
20 é o comprimento de onda no pico de: espectro de luz refletida, ou comprimento de onda de Bragg, Λ é a periodicidade espacial da rede, e n é o índice de refração do núcleo. Isto implica que parte do espectro incidente não é transmitido, mas refletido, pela rede de Bragg.

Já que o comprimento de onda refletido pela rede de Bragg é
25 função de n e Λ , variações da temperatura, ΔT , ou da deformação à qual a rede é submetida, $\Delta \epsilon$, dão origem a variações apreciáveis nestes parâmetros, o que leva a variações no comprimento de onda de Bragg que podem ser expressos por: $\Delta \lambda = \lambda_B(\alpha \Delta T + \beta \Delta \epsilon)$.

INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL

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

Rio de Janeiro, 15 de Junho 2005.



**Oscar Paulo Bueno
Chefe do SEPDOC
Mat: 0449117**

Sensores a rede de Bragg em fibra óptica para a medida de vários parâmetros físicos costumam se basear na transmissão da deformação proveniente de uma estrutura elástica como uma mola ou diafragma para rede. O princípio de operação dos sensores a FBG consiste no monitoramento do comprimento de onda de Bragg e na correlação da variação do comprimento de onda, $\Delta\lambda$, com as variações no valor do mensurando.

Medidas muito precisas podem ser obtidas dependendo da instrumentação de leitura. Se um sistema de medida de comprimento de onda com ± 1 pm de incerteza é empregado, a técnica de FBG pode prover medida de centésimos de graus Celsius para variações de temperatura, e variações de deformação de alguns $\mu\text{m/m}$.

Hidrogéis são constituídos por uma combinação de uma cadeia polimérica reticulada sólida e um líquido vizinho. Quando estimulados, por exemplo, por variações de temperatura, campos elétricos e magnéticos, e no pH do ambiente, esses materiais podem sofrer variação de volume hidrodinâmico pronunciada e reversível. O processo de variação de volume hidrodinâmico é governado por interações entre a rede polimérica e a solução aquosa. Em géis sensíveis a pH, a proporção de variação de volume hidrodinâmico é determinada pelo equilíbrio entre a força restauradora provida pelas reticulações e a pressão osmótica devida à difusão de espécies iônicas. Módulos de Young elevados foram previstos e observados experimentalmente para vários hidrogéis, e uma variedade de atuadores químico-mecânicos foram construídos. A este respeito, vide os artigos por Brock, D., Lee, W. J., Segalman, D., Witkowski, M., "A Dynamic-Model of a Linear-Actuator Based on Polymer Hydrogel", Journal of Intelligent Material Systems and Structures 5, 764 (1994); Shahinpoor, M., "Micro-electro-mechanics of Ionic Polymer Gels as Electrically Controllable Artificial Muscles", Journal of Intellygent

INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL

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

Rio de Janeiro, 15 de Junho 2005.



**Oscar Paulo Bueno
Chefe do SEPDOC
Mat: 0449117**

Material Systems and Structures 6, 307 (1995); Woojin Lee, "Polymer Gel Based Actuator: Dynamic model of gel for real time control", PhD Thesis, MIT (1996); Kato, N., Takizawa, Y., Takahashi, F., "Magnetically Driven Chemomechanical Device with Poly(N-Isopropylacrylamide) Hydrogel Containing Gamma-Fe₂O₃", Journal Of Intelligent Material Systems And Structures 8, 588 (1997).

Em polímeros iônicos, a repulsão eletrostática entre cargas similares pode aumentar consideravelmente as forças de inchamento. A magnitude da repulsão depende do número de cargas e da concentração de contra-íons que estão presentes no polímero. O aumento da concentração de contra-íons causa um aumento na blindagem das cargas, o que resulta em redução de forças de repulsão. Este fenômeno pode ser visto igualmente como um efeito de pressão osmótica. A concentração de cargas elétricas no interior do polímero reticulado é maior do que no solvente. Por conseguinte, o solvente entra no polímero tentando igualar a pressão osmótica entre o interior e o exterior do polímero.

Para informações básicas sobre hidrogéis sensíveis ao pH vide os artigos: S.K. De et al., "Equilibrium Swelling and Kinetics of pH-responsive Hydrogels: Models, Experiments, and Simulations", Journal of Microelectromechanical Systems, 11, 544 (2002); Marra, S. P., Ramesh, K. T., Douglas, A. S., "Mechanical Characterization of Active Poly(vinyl alcohol)-Poly(acrylic acid) Gel", Materials Science and Engineering C 14, 25 (2001); Fei, J. Q., Gu, L. X., "PVA/PAA Thermo-crosslinking Hydrogel Fiber: Preparation and pH-sensitive Properties in Electrolyte Solution", European Polymer Journal 38, 1653 (2002); e Johnson, B., Niedermaier, D. J., Crone, W. C., Moorthy, J., Beebe, D. J.; "Mechanical Properties of a pH Sensitive Hydrogel", Proceedings of the Annual Conference of the Society for Experimental Mechanics, Milwaukee, EUA, 2002; Marra, S.

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, 15 de Junho 2005.



**Oscar Paulo Bueno
Chefe do SEPDOC
Mat: 0449117**

P., Ramesh, K. T., Douglas, A. S., "Mechanical Characterization of Active Poly(vinyl alcohol)-Poly(acrylic acid) Gel", Materials Science and Engineering C 14, 25 (2001).

AA

A patente US 5.015.843 ensina um sensor químico que pode detectar a presença de uma espécie química em solução com base no inchamento de um polímero em reação à espécie química. O inchamento do polímero é determinado indiretamente medindo a luz refletida a partir de um refletor afixado direta ou indiretamente ao polímero. Desse modo um aumento ou redução no tamanho do polímero muda a distância entre o refletor e uma fonte de luz. Medidas da intensidade da luz refletida pelo refletor indicam a proporção de inchamento ou encolhimento do polímero em resposta à espécie química. No entanto essa patente não se destina a medir pH e nem utiliza uma fibra óptica a rede de Bragg como na presente invenção.

O pH é o parâmetro químico mais utilizado em processos químicos e fornece informação sobre a concentração de íons hidrogênio e hidroxila em uma solução aquosa. O pH mede a atividade iônica de íons hidrogênio em solução. A concentração e a atividade iônica estão relacionadas, e são iguais para soluções iônicas cuja diluição possa ser considerada infinita.

Medidas convencionais de pH incluem indicadores de pH utilizando corantes cuja cor depende do pH e o eletrodo de pH cujo princípio de funcionamento é a célula eletroquímica. As técnicas não convencionais incluem o ISFET (*Ionic Selective Field Effect Transistor*) e os sensores ópticos. Em um sensor óptico, a medida do pH é feita pela modulação da intensidade da luz através da absorção, reflexão ou fluorescência de cromóforos sensíveis aos íons hidrogênio.

Por outro lado, a detecção da corrosão metálica em equipamentos de difícil acesso apresenta dificuldades que até o momento não foram

INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL

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

Rio de Janeiro, 15 de Junho 2005.



Oscar Paulo Bueno
Chefe do SEPDOC
Mat: 0449117

satisfatoriamente contornadas nos diversos setores industriais. Os sensores para avaliação de corrosão baseiam-se normalmente em corpos de sacrifício ou na monitoração da reação catódica que ocorre junto com o processo de oxidação e redução da corrosão.

5 Na indústria do petróleo a corrosão metálica pode acarretar a falha prematura de equipamentos e vazamentos causando onerosas operações de manutenção e pondo em risco a segurança e o meio ambiente. O conhecimento de forma dinâmica e em tempo real das condições geradoras do processo de corrosão metálica pode ser uma
10 ferramenta muito valiosa na prevenção e controle de suas consequências.

Na área de petróleo, uma linha de pesquisa associada à corrosão metálica é a determinação da corrosividade do meio para avaliação das taxas de corrosão. A taxa de corrosão da maioria dos metais é afetada
15 pelo pH. Em geral o efeito do pH sobre a taxa de corrosão segue três padrões. No primeiro, que se aplica a metais solúveis em ácido como o ferro, a taxa de corrosão é muito elevada para $\text{pH} < 4$, enquanto para $4 < \text{pH} < 10$, esta é dependente da concentração de oxidantes. O segundo padrão se aplica a metais como alumínio e zinco, cuja taxa de corrosão é
20 elevada para $\text{pH} < 4$ e $\text{pH} > 8$. Finalmente, metais nobres como ouro e platina não são afetados pelo pH.

As correlações utilizadas na estimativa do pH em ambientes de subsuperfície apresentam grande imprecisão de resultados. Um sensor que possa ser instalado no fundo do poço e em outros locais do sistema
25 de produção será uma ferramenta útil para verificar as correlações e auxiliará no processo de seleção dos materiais de fabricação de vários equipamentos e dutos.

INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL

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

Rio de Janeiro, 15 de Junho 2005.



**Oscar Paulo Bueno
Chefe do SEPDOC
Mat: 0449117**

A medição contínua de parâmetros como temperatura (T), pressão (P) e vazão de fundo nos poços de petróleo viabilizou o que se chama atualmente de poços inteligentes ou *smart wells*.

123

Atualmente, encontram-se em operação sensores de pressão, temperatura e vazão de fundo de poço baseados na tecnologia de FBG. A esse respeito, vide os artigos por A. D. Kersey, "Optical fiber sensors for permanent downwell monitoring applications in the oil and gas industry", IEICE Transactions on Electronics E83C, 400 (2000); e Ph. M. Nellen, P. Mauron, A. Frank, U. Sennhauser, K. Bohnert, P. Pequignot, P. Bodor, H. Brandle, "Reliability of fiber Bragg grating based sensors for downhole applications", Sensors Actuators A-Physical 103, 364 (2003).

Porém, restam ainda importantes variáveis a serem monitoradas no fundo do poço. Este é o caso do pH. A medição do pH, em tempo real, junto com as informações já disponibilizadas pela monitoração de outras grandezas, pode propiciar um melhor entendimento do processo corrosivo.

Assim, verifica-se que a técnica ainda necessita de um sensor de pH a fibra óptica onde a deformação de um hidrogel sensível ao pH é transmitida a uma fibra óptica contendo uma rede de Bragg gravada, a deformação transmitida alterando o comprimento de onda da rede de Bragg, produzindo um sensor de pH, descrito e reivindicado no presente pedido.

SUMÁRIO DA INVENÇÃO

De um modo amplo, a invenção compreende um sensor de pH para a medição de pH de soluções aquosas utilizando uma fibra óptica, o sensor compreendendo um alojamento rígido contendo um primeiro compartimento onde é inserido um conjunto de discos à base de um hidrogel sensível a pH e, separado deste por qualquer dispositivo, um segundo compartimento mecanicamente conectado ao primeiro e

19

INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL

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

Rio de Janeiro, 15 de Junho 2005.



Oscar Paulo Bueno
Chefe do SEPDOC
Mat: 0449117

contendo uma fibra óptica com uma rede de Bragg gravada, dito hidrogel sofrendo um processo de variação de volume hidrodinâmico devido à variação de pH, a deformação causada por essa variação de volume sendo transmitida à rede de Bragg e alterando o comprimento de onda de Bragg, a alteração sendo medida pelas técnicas usuais de leitura de comprimento de onda.

Assim, a invenção provê um sensor de pH em que um transdutor acopla mecanicamente uma rede de Bragg gravada em uma fibra óptica a um hidrogel sensível a pH.

10 A invenção provê também um sensor de pH em que a variação de volume hidrodinâmico do hidrogel sensível a pH provoca uma deformação na rede de Bragg que pode ser avaliada pela variação do comprimento de onda de Bragg.

15 A invenção provê ainda um sensor de pH para ser instalado em um poço, em dutos e equipamentos de difícil acesso e efetuar leitura de pH em conjunto com outros sensores baseados em redes de Bragg em fibra óptica que efetuam leituras das variáveis pressão, temperatura e vazão.

A invenção provê adicionalmente um sensor de pH para ser instalado em um poço, em dutos e equipamentos de difícil acesso, as 20 medidas de pH efetuadas permitindo a avaliação indireta, o monitoramento, e o controle da corrosão.

A invenção provê ainda um sensor de pH onde o conjunto de discos de polímero contém diferentes hidrogéis sensíveis a diferentes faixas de pH, varrendo ampla escala de pH.

25 A invenção provê também um sensor de pH que pode ser instalado em série com pelo menos mais um sensor contendo um hidrogel sensível a uma faixa diferente de pH enquanto utiliza a mesma fibra óptica.

INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL

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

Rio de janeiro. 15 de Junho 2005.



**Oscar Paulo Bueno
Chefe do SEPDOC
Mat: 0449117**

BREVE DESCRIÇÃO DOS DESENHOS

A FIGURA 1 anexa ilustra a variação do volume hidrodinâmico de um hidrogel sensível a pH com a variação do pH do meio. A FIGURA 1A ilustra esquematicamente um hidrogel. A FIGURA 1B ilustra a situação em que o hidrogel está imerso em um meio de pH mais elevado, enquanto a FIGURA 1C ilustra o hidrogel em um meio de pH mais baixo.

A FIGURA 2 anexa é um gráfico da curva de titulação de um ácido fraco com uma base forte, mostrando o efeito tampão.

A FIGURA 3 anexa ilustra esquematicamente uma modalidade do sensor de pH da invenção que utiliza mola como transdutor mecânico entre o hidrogel e a fibra óptica gravada com rede de Bragg.

A FIGURA 4 anexa ilustra um corte da mesma modalidade a mola do sensor de pH da invenção. A FIGURA 4A ilustra o corpo do sensor de pH enquanto a FIGURA 4B ilustra em detalhe o disco de polímero e telas de aço.

A FIGURA 5 anexa ilustra a expansão do volume hidrodinâmico dos discos de hidrogel de PVA/PAA livres em pH 6,0 relativamente ao valor desse volume em pH 3,0.

A FIGURA 6 anexa ilustra a hidratação a pH 3,0 dos discos de hidrogel de PVA/PAA montados no sensor e conseqüente redução do comprimento de onda da rede em 226 pm.

A FIGURA 7 anexa ilustra o resultado experimental de dois ciclos completos da variação do pH entre 3,0 e 6,0 para o sensor.

A FIGURA 8 anexa é um gráfico que mostra a resposta do sensor a variações de temperatura, em comparação com a resposta de uma rede de Bragg livre.

A FIGURA 9 anexa é um gráfico que ilustra a variação do comprimento de onda de Bragg no sensor para vários valores de pH da solução tampão onde dito sensor está imerso.

INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL

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

Rio de Janeiro, 15 de Junho 2005.



**Oscar Paulo Bueno
Chefe do SEPDOC
Mat: 0449117**

A FIGURA 10 anexa ilustra uma outra modalidade do sensor de pH em que o transdutor é uma viga. A FIGURA 10A é um desenho esquemático do sensor utilizando viga e a FIGURA 10B ilustra o êmbolo que atua sobre a viga.

5 A FIGURA 11A anexa ilustra um desenho esquemático em seção reta do sensor que utiliza viga e a FIGURA 11B anexa ilustra a fixação da viga sobre a tampa do sensor.

10 A FIGURA 12 anexa ilustra uma vista geral de uma outra modalidade do sensor de pH da invenção utilizando a fibra óptica como transdutor.

A FIGURA 13 anexa ilustra um corte do sensor de pH da invenção utilizando a fibra óptica como transdutor.

A FIGURA 14 anexa ilustra o disco móvel do sensor que utiliza a fibra óptica como transdutor.

15 **DESCRIÇÃO DETALHADA DAS MODALIDADES PREFERIDAS**

Como descrito anteriormente, o sensor de pH da invenção para medição de pH usando fibra óptica utiliza um transdutor que acopla mecanicamente uma fibra óptica, em cujo núcleo foi impressa uma rede de Bragg, a um hidrogel.

20 O conceito da presente invenção é, pois, baseado no fato de que as características mecânicas e a sensibilidade ao pH de um hidrogel aliadas a um dispositivo mecânico que compatibilize as propriedades de tensão-deformação do mesmo com a da fibra óptica contendo uma rede de Bragg gravada permite trazer a informação do pH do meio para o
25 domínio óptico, produzindo um sensor de pH a fibra óptica baseado em rede de Bragg.

Para as finalidades da invenção, hidrogel útil é aquele sensível à faixa de pH que se deseja medir. Assim, o sensor da invenção não é limitado a um hidrogel específico, ao contrário, contempla o emprego de

22

INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL

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

Rio de Janeiro. 15 de Junho 2005.



**Oscar Paulo Bueno
Chefe do SEPDOC
Mat: 0449117**

hidrogéis variados, sensíveis a amplas faixas de variação de pH desde em torno de 2,0 até cerca de 12,0. Assim, os especialistas entenderão que embora a descrição esteja mais especialmente dirigida para um hidrogel específico à base do polímero PVA/PAA, sensível a pH na faixa entre 2,5 e 7,0, mais especificamente na faixa de 3,0 a 6,0, que é a faixa de interesse do presente estudo, esta escolha não representa uma limitação da invenção, mas tão somente um exemplo da mesma.

O projeto de atuadores lineares utilizando hidrogel de PVA/PAA [(poli(álcool vinílico)-poli(ácido acrílico)] descrito no artigo D. Brock, W. J. Lee, D. Segalman, M. Witkowski, "A Dynamic-Model of A Linear-Actuator Based On Polymer Hydrogel", Journal of Intelligent Material Systems and Structures 5, 764-771 (1994) indica aumento contínuo de volume na faixa ativa, variação de volume sem histerese, tempos de resposta na faixa de segundos e preparação relativamente simples.

Nas cadeias poliméricas do PVA/PAA em meio aquoso, três variáveis competem entre si no processo de variação de volume devida à variação do pH: a elasticidade, a afinidade química e a mobilidade do íon hidrogênio. Essas variáveis definem a pressão osmótica quando há mudanças no equilíbrio, produzindo variações de volume. A elasticidade produz esforços contrários aos de tração e compressão tentando manter o polímero em sua situação de equilíbrio e depende apenas da temperatura. A afinidade química produz atração ou repulsão entre polímero e solvente em função das cargas elétricas, não depende da temperatura, mas é afetada pelo volume hidrodinâmico do polímero e pelo solvente. A mobilidade do íon hidrogênio depende do grau de ionização, da temperatura, da reticulação da cadeia, e do volume hidrodinâmico.

A invenção será descrita a seguir em relação às Figuras anexas.

INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL

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

Rio de Janeiro, 15 de Junho 2005.



**Oscar Paulo Bueno
Chefe do SEPDOC
Mat: 0449117**

18

A variação de volume em um hidrogel como o hidrogel de polímero PVA-PAA representada na Figura 1 anexa, é analisada pela afinidade química entre o grupo carboxila e as moléculas de água e pela elasticidade de suas ligações cruzadas. Já a dinâmica dessa variação é interpretada pela mobilidade do íon hidrogênio em sua cadeia polimérica. Dessa forma, em meio menos ácido ($\text{pH} > 5$) há diminuição na concentração de íons H^+ , deslocando o equilíbrio da reação $[-\text{COOH}]_n \rightleftharpoons [-\text{COO}]_n$ para a formação de grupamentos acetatos ($[-\text{COO}]_n$) que produz cargas negativas na cadeia polimérica o que significa repulsão, isto é, aumento de volume. Em meio ácido ($\text{pH} < 4$) o aumento da concentração de íons H^+ desloca o equilíbrio da reação $[-\text{COO}]_n \rightleftharpoons [-\text{COOH}]_n$ para a formação de grupamentos ácidos ($[-\text{COOH}]_n$), que reduz as cargas negativas nas cadeias poliméricas, neutralizando as cargas e causando a diminuição de volume. Como as reações envolvidas são reversíveis, a variação do pH muda apenas o ponto de equilíbrio das reações e, dessa forma, o volume hidrodinâmico em função do pH. A velocidade com que a variação de volume ocorre depende da mobilidade dos íons hidrogênio.

A preparação do polímero PVA/PAA compreende procedimentos do estado da técnica adaptados para o hidrogel utilizado no sensor de pH da invenção.

Os polímeros PVA e PAA são produtos comerciais fornecidos pela Aldrich, USA.

Esse procedimento compreende as etapas de preparação da solução de polímero, secagem da solução para obter um filme e reticulação térmica do filme para obter o hidrogel de PVA/PAA.

O procedimento compreende, pois, as etapas de:

- a) Preparar uma solução a 3,0% em peso de PAA (ácido poliacrílico) com $M_v = 1.250.000$ (peso molecular médio viscométrico) e uma

24

INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL

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

Rio de Janeiro, 15 de Junho 2005.



**Oscar Paulo Bueno
Chefe do SEPDOC
Mat: 0449117**

solução a 3,0% de PVA (álcool polivinílico), $M_w = 31.000-50.000$, (peso molecular médio ponderal), hidrolisado a 87-89% em água;

b) Para cada solução de polímero, aquecer a 50°C 100 ml de água em um bécher utilizando uma placa de agitação com aquecimento.

5 Adicionar em pequenas quantidades, 3,0 g de polímero por cerca de 2 horas, sob agitação constante;

c) Após o resfriamento das duas soluções a temperatura ambiente, compensar a quantidade de água evaporada e misturar as soluções na proporção 1:1 obtendo razão de mistura de 1,5 % PVA/PAA. Com auxílio da placa de agitação aquecida, misturar as duas soluções por 5 horas a 50°C;

10

d) Pipetar 50 mL da mistura 1,5% PVA/PAA sobre uma placa de vidro lisa;

e) Secar em estufa a mistura a 55°C/24 horas, obtendo um filme

15 polimérico com espessura entre 0,10 mm a 0,30 mm;

f) Retirar o filme obtido e recortar o mesmo em fatias e colocar em estufa a 110°C/1 hora para formar as ligações cruzadas (reticulações) entre os dois polímeros;

g) Prover pesos de 270 g e grampos para alongar as fatias. Cada fatia de PVA/PAA deve ser estressada com o peso a 100°C/20 minutos para estabilizar as ligações cruzadas;

20

h) Recuperar o polímero PVA/PAA reticulado e remover o peso e grampos após resfriamento.

A medida de pH fornecida pelo sensor está relacionada com o pK_a (logaritmo do inverso da constante de dissociação) do grupamento ácido fraco ou base fraca contido na cadeia polimérica.

25

Sabe-se que em solução aquosa, praticamente todas as moléculas de ácidos fortes estão dissociadas em íons. Já os ácidos fracos não se dissociam totalmente. Assim, para estes últimos é possível calcular uma

25-

INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL

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

Rio de Janeiro, 15 de Junho 2005.

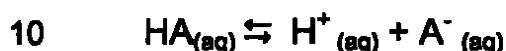


**Oscar Paulo Bueno
Chefe do SEPDOC
Mat: 0449117**

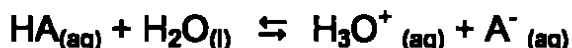
constante que irá relacionar a quantidade de moléculas dissociadas e a quantidade de moléculas não-dissociadas quando o sistema atinge o equilíbrio.

Essa constante de equilíbrio é chamada de constante de dissociação (K_d), e, no caso dos ácidos, (K_a). Para ácidos fortes, não-faz sentido esse tipo de relação, devido ao número de moléculas não dissociadas ser desprezível.

A equação proposta por Arrhenius para a dissociação de um ácido HA é:



Já a equação proposta por Brønsted-Lowry enfatiza o fato de o ácido transferir um próton para a água:



A condição desse equilíbrio é escrita como $[\text{H}_3\text{O}^+][\text{A}^-]/[\text{HA}][\text{H}_2\text{O}]$.

15 No entanto, como a concentração de moléculas de água permanece constante (da ordem de 55,5M, $[\text{H}_2\text{O}] = 1000\text{g/L} / 18,015\text{g/mol} = 55,5\text{M}$), ou seja, não influi nos cálculos da equação $\text{HA} \rightleftharpoons \text{H}^+ + \text{A}^-$, o equilíbrio pode ser escrito como $[\text{H}^+][\text{A}^-] / [\text{HA}]$. Isto seria o mesmo que considerar o íon H_3O^+ apenas como H^+ , mas como não existe o próton na sua forma livre, devemos saber que H^+ está sob a forma de H_3O^+ . Portanto, a constante de dissociação (K_a) para um ácido fraco HA pode ser definida como:

$$K_a = [\text{H}^+][\text{A}^-] / [\text{HA}]$$

25 Rearranjando e aplicando o logaritmo chega-se na equação de Henderson-Hasselbach que relaciona o pH com o pK_a de uma dada solução:

$$\text{pH} = \text{pK}_a + \log [\text{A}^-] / [\text{HA}]$$

Substituindo valores na equação, e traçando uma curva de titulação, como na Figura 2, verifica-se que a solução só tem efeito tampão em uma gama de valores de pH entre pK_a+1 e pK_a-1 . Fora desta

INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL

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

Rio de Janeiro, 15 de Junho 2005.



**Oscar Paulo Bueno
Chefe do SEPDOC
Mat: 0449117**

região, uma pequena adição de ácido ou base leva a uma grande variação de pH.

A força de um ácido, isto é, seu grau de ionização em solução, é indicado pela magnitude de sua constante de dissociação (K_a). Quanto mais fraco o ácido, menor será o valor de K_a . No caso de ácidos polipróticos, ou seja, ácidos que possuem mais de um hidrogênio ionizável, irão existir mais de uma constante de dissociação. Isto porque a ionização de um ácido poliprótico ocorre em etapas, e cada etapa terá um valor associado de K_a .

10 Visando determinar a faixa de maior atuação do hidrogel de polímero PVA/PAA foi feita a determinação do pK_a de uma amostra polimérica desse polímero. Determinou-se o pK_a a partir da titulação de 1 g de um filme polimérico previamente hidratado, a titulação sendo efetuada com auxílio de uma solução de NaOH 0,13 M.

15 A partir dos resultados da titulação foi obtido o valor de pK_a da amostra em torno de 4,6 unidades de pH, esse valor sendo esperado para um ácido fraco.

20 Os resultados dos experimentos mostram que a sensibilidade do sensor de pH da invenção não deverá ser afetada pelo efeito tampão do filme polimérico já que, considerando que o meio é infinito o filme polimérico deverá atingir sempre esse valor de pH, afetando apenas o tempo de resposta do sensor.

25 A depender do número de discos de polímero sensível a pH ou da incerteza da medida de comprimento de onda de Bragg, os resultados experimentais mostram ainda que a faixa de leitura de pH varia de $pK_a - (2 \text{ a } 3)$ até $pK_a + (2 \text{ a } 3)$.

De modo análogo ao que foi efetuado para o hidrogel de polímero PVA/PAA utilizado no sensor aqui proposto, outros hidrogéis à base de polímeros e/ou polímeros diferentes podem ser submetidos ao mesmo

27

INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL

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

Rio de Janeiro. 15 de Junho 2005.



**Oscar Paulo Bueno
Chefe do SEPDOC
Mat: 0449117**

tipo de titulação aqui descrita, determinando-se assim as faixas de pH em que esses hidrogéis são sensíveis.

Assim, fica bem claro que o sensor da invenção em suas diversas modalidades não fica limitado ao uso do hidrogel de polímero PVA/PAA, esse hidrogel sendo apenas um-exemplo não limitativo da invenção.

As redes de Bragg por sua vez consistem em uma modulação local periódica no índice de refração do núcleo da fibra óptica ao longo do comprimento dessa fibra. A rede reflete uma estreita faixa de comprimentos de onda cujo valor no pico do espectro, λ_B , corresponde a cerca de três vezes o valor do período espacial Λ da modulação de índice, de acordo com: $\lambda_B = 2n \Lambda$, sendo $n \approx 1,5$ o índice de refração do núcleo da fibra óptica.

As redes de Bragg úteis para as finalidades da invenção compreendem as redes preparadas previamente à instalação no sensor de pH 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 pequena parte da fibra em direções normais ao eixo longitudinal e que a periodicidade é aquela desejada para a rede.

Os experimentos conduzidos pela Requerente e que levaram ao desenvolvimento do presente sensor de pH mostraram que a deformação do hidrogel de PVA/PAA na faixa ácida de 2,5 a 7,0, mais especificamente, 3,0 a 6,0 unidades de pH é suficiente para deformar uma rede de Bragg alterando seu comprimento de onda por algumas centenas de picômetros. O sistema de leitura adotado tem ± 1 pm de incerteza de comprimento de onda.

A resolução do sensor de pH da invenção varia desde 0,1 até 0,05 unidades de pH.

INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL

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

Rio de Janeiro, 15 de Junho 2005.



**Oscar Paulo Bueno
Chefe do SEPDOC
Mat: 0449117**

O sensor é composto por uma fibra óptica monomodo, usualmente para o comprimento de onda 1550 nm contendo a FBG gravada no núcleo da mesma em qualquer posição ao longo da fibra. A FBG acoplada mecanicamente ao transdutor é interrogada utilizando-se um sistema óptico-composto por uma fonte de luz — que pode ser um laser — 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 do comprimento de onda de Bragg — que pode ser composto por um analisador de espectros ou por um sistema contendo filtros espectrais de qualquer natureza e um fotodetector que mede a convolução do sinal provindo da FBG com o do filtro. A medida do sinal pode ser realizada em transmissão ou em reflexão. No caso de a medida ser realizada em transmissão, detecta-se o sinal que é transmitido pela FBG, e neste caso monitora-se a região do espectro da fonte que apresenta uma perda de potência. No caso de a medida ser realizada em reflexão, utiliza-se geralmente um acoplador 50/50, através do qual a luz proveniente da fonte é enviada ao sensor e a parte do espectro refletida pela FBG é enviada ao sistema de leitura. Para 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 à instalação do sensor em campo.

A Figura 3 é uma vista geral de uma modalidade da invenção em que o transdutor mecânico é uma mola.

Essa Figura mostra uma vista do sensor de pH, geralmente designado pelo numeral (100) com um corpo externo (101), usualmente em teflon, geralmente cilíndrico, com a parte central (110). A usinagem da parte central (110) do corpo (101) é feita de modo a facilitar a

30

INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL

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

Rio de Janeiro, 15 de Junho 2005.


Oscar Paulo Bueno
Chefe do SEPDOC
Mat: 0449117

expansão de volume hidrodinâmico dos discos (125) de polímero. Assim, a parte central (110) do corpo (101) é vazada, as partes (112) e (113) sendo unidas por pelo menos três hastes (111). A parte (112) é dotada de rosças internas (não representadas) usinadas de tal modo que se adaptem às rosças externas (114a) da tampa (115a) do sensor (100).

Analogamente à disposição descrita para a parte (112), uma tampa (115b) dotada de rosças externas (114b) se adapta às rosças internas (não representadas) da parte (113) da parte central (110) do sensor (100). Uma tela (116), de aço, serve de sustentação lateral para os discos de polímero (não representados) contidos no interior do sensor (100). A parte central (110) contém uma fibra óptica com uma rede de Bragg gravada, a mola e os discos de fixação da fibra óptica, os discos de polímero e os espaçadores (não representados).

A Figura 4A ilustra em corte o sensor de pH (100). Na parte central (110) do sensor (100) de pH, são colocados a fibra óptica (121) contendo a rede de Bragg (122), a mola (123), um disco móvel (êmbolo) (118) e um disco fixo (119) para fixação da fibra (121), e um cilindro de tela (116). Além destes, são colocados ainda os discos (125) de hidrogel com espessura entre 0,10 mm e 0,30 mm preparados conforme descrito acima no presente relatório, os discos (126) constituídos de tela de aço de malha 0,149 mm (100 mesh Tyler) para confinamento dos discos (125) de hidrogel, e os espaçadores (127) conforme ilustrado na Figura 4B, e que constituem as unidades de disco (130).

Os espaçadores (127) e os discos (126) de tela de aço, além de separar os discos (125) de hidrogel, destinam-se a aperfeiçoar a área de contato dos discos (125) de hidrogel com a solução da qual se quer medir o valor de pH e, por conseguinte, reduzir o tempo de resposta do sensor.

30

INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL

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

Rio de Janeiro, 15 de Junho 2005.



**Oscar Paulo Bueno
Chefe do SEPDOC
Mat: 0449117**

135

Na Figura 4A também estão indicadas as roscas internas (114c) que se adaptam às roscas externas (114b) da tampa (115b) do sensor (100).

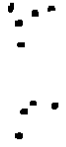
135

As unidades de disco (130) são alojadas em um primeiro
5 compartimento (117a) do corpo (110) do sensor (100). O compartimento (117a) é limitado por um êmbolo (118) e pela tampa (115b). O êmbolo (118) e o disco (119) para fixação da fibra óptica delimitam o segundo
compartimento (117b) da parte central (110) do sensor (100). Em meio
menos ácido, o hidrogel de PVA/PAA incha e pressiona o êmbolo (118),
10 por conseguinte, a mola (123), reduzindo a deformação sobre a fibra
óptica (121) que contém a rede de Bragg (122).

O número de discos (125) de hidrogel não é crítico e pode variar
desde um mínimo de 2 até um número tal que a variação do volume
desses discos (125) não afete a integridade da fibra (121). O número
15 - mínimo de discos (125) do sensor (100) é aquele necessário para
produzir uma variação do comprimento de onda da FBG de pelo menos
60 pm, o que garante a realização de uma medida de pH na faixa de
interesse (entre 3,0 e 6,0, para poços de petróleo) com resolução de 0,05
unidades de pH. No entanto, se uma faixa maior e/ou uma resolução
20 maior de pH for desejada, o número mínimo de discos (125) pode ser
ampliado.

A Figura 4B ilustra uma unidade de disco (130) a ser inserida no
sensor (100), constituída do próprio disco (125) de hidrogel, discos (126)
de tela de aço e espaçadores (127).

25 A fibra óptica (121) é introduzida na parte central (110) através de
furações (120) efetuadas no disco (119) fixo e no êmbolo (118), sendo
fixada nesses dois pontos utilizando qualquer técnica conhecida, como
por exemplo colagem com qualquer adesivo ou utilização de anilhas.



INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL

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

Rio de Janeiro, 15 de Junho 2005.

**Oscar Paulo Bueno
Chefe do SEPDOC
Mat: 0449117**



A mola (123) garante a deformação da fibra óptica (121) e por conseguinte, da rede de Bragg (122).

A constante de elasticidade da mola (123) está entre 50 N/m e 200 N/m.

5 A fixação da fibra (121) é efetuada com a mola (123) parcialmente comprimida, de modo a manter a FBG (122) deformada. Após a fixação, a tampa (115a) é montada e rosqueada na parte central (110) com auxílio das roscas (114a) e ajustada de modo que a fibra (121) se mantenha deformada pela ação da mola (123).

10 A montagem do sensor (100) é efetuada de acordo com as seguintes etapas:

a) rosquear a tampa (115b) na parte central (110);

b) prover unidades de discos (130) e introduzir as mesmas no compartimento (117a);

15 c) prover uma fibra (121) contendo uma rede de Bragg (122), introduzir a dita fibra (121) através da furação (120), de modo a fixar a fibra (121) no êmbolo (118);

d) introduzir a fibra óptica (121) fixada ao êmbolo (118) na parte central (110) e posicionada sobre as unidades de discos (130);

20 e) posicionar a mola (123) sobre o êmbolo (118), passando a fibra (121) através da dita mola (123);

f) passar a fibra (121) através da furação (120) do disco (119);

g) rosquear a tampa (115a) na parte central (110), de modo a comprimir a mola (123);

25 h) fixar a fibra (121) no disco (119);

i) desrosquear a tampa (115a) de modo a deformar a fibra (121) e alterar o comprimento de onda λ_B da FBG (122) por um valor entre 100 pm e 5 nm; e

j) obter o sensor (100) montado e pronto para uso.

32

INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL

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

Rio de Janeiro. 15 de Junho 2005.


Oscar Paulo Bueno
Chefe do SEPDOC
Mat: 0449117

O sensor de pH (100) assim montado é então colocado em solução aquosa a pH 3,0 para a hidratação inicial do polímero, o que leva a uma expansão do volume hidrodinâmico devida à entrada da solução na cadeia polimérica. Esta expansão imprime uma força que comprime a mola (123), resultando em um relaxamento da tração sobre a fibra óptica (121). O sensor de pH (100) da invenção está assim próprio para uso.

A Figura 5 ilustra a expansão do volume hidrodinâmico dos discos (125) de hidrogel de PVA/PAA livres em pH 6,0 relativamente ao valor desse volume em pH 3,0. Através do gráfico ilustrado na Figura 5, verifica-se uma variação relativa de 14% do volume hidrodinâmico do hidrogel, com tempo de resposta de poucos minutos e sem histerese.

A Figura 6 ilustra o desempenho do sensor (100) no processo de hidratação inicial, a pH 3,0. O comprimento de onda de Bragg da rede foi reduzido em 226 pm. Esta variação em comprimento de onda; $\Delta\lambda$, é devida a uma variação na deformação à qual a rede de Bragg está submetida de $\Delta\varepsilon = 180 \mu\text{m/m}$, uma vez que $\Delta\varepsilon = \Delta\lambda / (0,78\lambda_B)$. Por sua vez, esta variação de deformação é devida a uma força de 0,16 N sobre a mola devida aos discos de polímero quando da hidratação do mesmo, uma vez que $F_{pol} = E_{fibra} A_{fibra} \varepsilon$, onde E_{fibra} e A_{fibra} são o módulo de Young a área da seção reta da fibra.

A Figura 7 ilustra o resultado experimental da variação do comprimento de onda da rede de Bragg quando o sensor (100) de pH, com os discos de polímero previamente hidratados em solução tampão com pH 3,0 é imerso inicialmente em solução tampão a pH 6,0, e posteriormente mergulhado em solução tampão com pH 3,0 e assim sucessivamente. Como resultado da primeira imersão do sensor em pH=6,0, observou-se a uma variação do comprimento de onda de Bragg em 545 pm, o que equivale a uma deformação da fibra de cerca de 450 $\mu\text{m/m}$. Na sequência, devido à passagem para solução com pH 3,0,

33

INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL

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

Rio de Janeiro, 15 de Junho 2005.


Oscar Paulo Bueno
Chefe do SEPDOC
Mat: 0449117

observou-se uma variação de 370 pm no comprimento de onda, ou seja, 305 $\mu\text{m}/\text{m}$ de variação da deformação à qual a fibra está submetida. Os ciclos subseqüentes mostraram variações equivalentes da deformação transmitida à fibra óptica. Da mesma forma, os valores da força exercida pelos discos de polímero sobre a mola durante os diversos ciclos de pH 3,0 e 6,0 foram semelhantes, variando de 0,27 N a 0,47 N. Essas pequenas variações nos valores observados são devidas a variações na temperatura da solução durante o ensaio, que influenciam não somente o sinal proveniente da rede de Bragg como também as dilatações térmicas do corpo do sensor, o que foi devidamente quantificado, conforme mostra a Figura 8.

Um gráfico ilustrativo da variação do comprimento de onda da rede no sensor (100) em função do pH da solução tampão na qual o sensor (100) está imerso pode ser visto na Figura 9.

Um parâmetro importante para que o sensor (100) de pH tenha aplicação comercial garantida é o tempo de resposta. Verificou-se que esse tempo é de cerca de 24 horas para uma área do polímero disponível para hidratação de 18%, o que é adequado para o uso final pretendido. O principal fator que afeta esse parâmetro é a área exposta ao meio, que permite uma maior mobilidade dos prótons e das moléculas de água e, portanto, uma rápida variação do volume hidrodinâmico.

Foi estimada a área efetiva de hidratação dos discos (125) de hidrogel já que o tempo de resposta do sensor (100) está diretamente ligado à velocidade de hidratação dos discos de polímero. É calculada a área dos discos (125) de hidrogel, e também a área ocupada pelos espaçadores (127) e a área aberta da tela (116) e dos discos (126) de tela de aço. Os cálculos efetuados levam a percentagens de até 42,6% de área do hidrogel disponível para hidratação conforme a malha da tela se torna mais aberta (entre 0,149 mm e 0,297 mm).

3x

INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL

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

Rio de Janeiro. 15 de Junho 2005.


Oscar Paulo Bueno
Chefe do SEPDOC
Mat: 0449117

Para maiores áreas de hidratação os tempos de resposta se reduzem, o que é interessante do ponto de vista operacional, muito embora não se possa aumentar demais as áreas pelo risco de se ter um confinamento espacial inadequado do hidrogel.

5 Também, experimentos conduzidos a temperaturas entre 22,0°C e 70,0°C mostraram que, se há variação de volume do hidrogel livre com a temperatura, a variação é menor que 5%, tanto em pH 3,0 quando em pH 6,0.

10 Uma variante da modalidade do sensor (100) que utiliza mola é aquela em que a parte central (110) se abre em duas calhas (não representadas), o que facilita a montagem do sistema fibra (121)/mola (123), assim como a acomodação dos discos (125) de hidrogel com a tela de contenção (116).

15 Uma outra modalidade do sensor de pH, utilizando o conceito da invenção é um sensor de pH geralmente designado pelo numeral (200), com um corpo externo (201) contendo uma parte central (210) com uma região vazada e hastes (111) de sustentação, em que a mola (123) é substituída por uma viga (215) metálica delgada, que é acionada por um êmbolo (214) posicionado sobre os discos (125) de hidrogel, como
20 ilustrado nas Figuras 10A, 10B, 11A e 11B.

Conforme pode ser visto nas Figuras 11A e 11B, a viga (215) é fixada à tampa (213) do sensor (200) com auxílio de dispositivos, por exemplo, uma chapa de fixação (217) e parafusos (216).

25 De acordo com as Figuras 10A e 11A, verifica-se que outros aspectos do sensor (200) são semelhantes aos do sensor (100) quanto à construção, e alojamento das unidades de disco (130).

Uma fibra óptica (121) contendo uma rede de Bragg (122) gravada é posicionada de modo que a rede (122) fique no centro da viga (215), como indicado na Figura 11B, e a deformação da viga (215) devida à

35

INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL

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

Rio de Janeiro, 15 de Junho 2005.



**Oscar Paulo Bueno
Chefe do SEPDOC
Mat: 0449117**

variação do volume hidrodinâmico do hidrogel ocasionará uma deformação na rede (122), que será medida.

O sensor (200) e as dimensões da viga (215) são calculados levando em conta a ordem de grandeza da força exercida pelo sistema polimérico dos discos (125) e da magnitude da deformação da rede desejada, conforme descrito a seguir.

Módulo de Young da fibra óptica: $E_f = 7,3 \times 10^{10} \text{ N/m}^2$

Módulo de Young do aço: $E_{aço} = 210 \times 10^9 \text{ N/m}^2$

Raio da fibra: $r_f = 62,5 \times 10^{-6} \text{ m} \Rightarrow \text{Área da fibra: } A_f = 12,27 \times 10^{-9} \text{ m}^2$

10 Raio do disco (125) de copolímero: $r_p = 7,5 \text{ mm} \Rightarrow$

Área do polímero: $A_p = 176,71 \times 10^{-6} \text{ m}^2$

Considerando uma variação do comprimento de onda da rede de cerca de 120 pm, quando se passa de uma solução com pH=3,0 para uma com pH=6,0, os seguintes dados são obtidos:

15 - Deformação sofrida pela fibra: $\epsilon = 100 \mu\epsilon$

- Tensão sobre a fibra:

$$\sigma_f = E_f \times \epsilon = 7,3 \times 10^8 \text{ N/m}^2$$

Para o sensor (200) é igualmente calculada a força exercida pelos discos (125) de hidrogel:

20 - Força do hidrogel sobre a fibra:

$$F_p = \sigma_f \times A_f = 7,3 \times 10^8 \text{ N/m}^2 \times 12,27 \times 10^{-9} \text{ m}^2 = 0,089 \text{ N}$$

Para uma viga com as seguintes dimensões:

Comprimento: $l = 21,5 \text{ mm}$

Largura: $b = 3 \text{ mm}$

25 Altura: $h = 0,1 \text{ mm}$

Calcula-se a tensão σ_{viga} e deformação ϵ_{viga} da viga (215) esperada no ponto de máxima deformação (ponto de engaste):

Linha neutra: $r = h/2$

$$\sigma_{viga} = (M \times r) / I$$

36

INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL

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

Rio de janeiro, 15 de Junho 2005.


Oscar Paulo Bueno
Chefe do SEPDOC
Mat: 0449117

$$I = (b \times h^3)/12$$

$$M = F \times l$$

$$\sigma_{viga} = (6 \times F_p \times l)/(b \times h^2) = 3,83 \times 10^8 \text{ N/m}^2$$

$$\epsilon_{viga} = \sigma / E_{aço} = 3,83 \times 10^8 \text{ N/m}^2 / 210 \times 10^9 \text{ Pa} = 1822 \mu\epsilon$$

5 assim como no centro da viga (215):

$$l/2 = 10,75 \text{ mm}$$

$$\sigma_{viga} = (3 \times F_p \times l)/(b \times h^2) = 1,92 \times 10^8 \text{ N/m}^2$$

$$\epsilon_{viga} = \sigma_{viga} / E_{aço} = 911 \mu\epsilon$$

Os cálculos acima mostram que para uma fibra (121) contendo
10 uma rede de Bragg (122) fixada no centro da viga (215), haverá uma
variação de cerca de 1 nm no comprimento de onda da rede, o que é
largamente suficiente para as finalidades do projeto de sensor
desenvolvido.

15 Ainda uma outra modalidade da invenção trata de um sensor de
pH geralmente designado pelo numeral (300) onde a fibra óptica (121)
contendo a rede de Bragg (122) opera como transdutor mecânico (não
representados).

A Figura 12 mostra uma vista externa do sensor (300) com um
corpo (301), contendo guias (311) e uma base (320), assim como um
20 disco móvel (321), que atua como um êmbolo.

A Figura 13 mostra um corte transversal do sensor de pH (300). A
fibra óptica (não representada) é introduzida através de furações (322) e
fixada com auxílio de qualquer dispositivo conhecido a dois discos de aço
(320, 321). Um dos discos, com o numeral (320), compõe uma das
25 extremidades ou base do sensor (300) e é solidário ao corpo (301) do
sensor (300), e o disco (321) compõe a outra extremidade do sensor
(300) e pode mover-se pela ação dos discos (125) de hidrogel, sendo
que o movimento do disco móvel (321), que possui furações (323), é
guiado ao longo de três guias (311) solidários ao corpo (301) do sensor

INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL

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

Rio de Janeiro, 15 de Junho 2005.



**Oscar Paulo Bueno
Chefe do SEPDOC
Mat 0449117**

(300). Para minimizar o atrito no movimento ao longo dos guias (311), o disco (321) possui um revestimento, em geral de teflon, na região interna às furações (323) que ficam em contato com os guias (311).

A Figura 14 ilustra uma vista superior do disco (321).

5 A fibra óptica (121) é protegida de eventuais forças de cisalhamento utilizando-se um pequeno tubo (315) de aço através do qual a mesma é passada.

Analogamente às outras modalidades do sensor (100, 200), no sensor (300) os discos (125) de hidrogel são separados por telas de aço (126) e espaçadores (127) também em aço, formando os conjuntos (130) de discos de hidrogel. Para evitar atrito dos espaçadores de aço (127) com o tubo (315) de proteção da fibra (121), os mesmos são revestidos com material deslizante, em geral de teflon, na região de contato. Um cilindro (116) em tela de aço confina lateralmente os discos (125) de

10

15

hidrogel.

Alternativamente, o sensor (300) apresenta configuração (não representada) semelhante à dos sensores (100,200) descritos acima, isto é, um corpo externo (301) incluindo compartimentos (117a, 117b) separados, contendo respectivamente os conjuntos (130) de unidades de

20

discos de hidrogel e o transdutor mecânico (fibra óptica (121)).

A montagem dos sensores (200,300) é análoga àquela descrita para o sensor (100), obedecendo às variantes construtivas de cada modalidade.

Em todos as modalidades de sensor (100, 200, 300) de pH da invenção, é possível fazer passar a fibra (121) sobre a qual foi gravada uma FBG (122) ao longo do corpo do dito sensor de modo que seja possível conectar o mesmo em série a outros sensores de pH e/ou a sensores de outros parâmetros de interesse na indústria, como pressão, temperatura e vazão.

25

INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL

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

Rio de Janeiro. 15 de Junho 2005.



**Oscar Paulo Bueno
Chefe do SEPDOC
Mat: 0449117**

Como referido acima, o sensor da invenção não está limitado ao emprego de um único hidrogel com sensibilidade a uma faixa de pH. Assim, a invenção abrange configurações de sensor em que discos de diferentes hidrogéis sensíveis a diferentes faixas de pH são empilhados sucessivamente no mesmo corpo de sensor (110, 210, 301).

Ainda uma outra variante é a que compreende vários sensores em série, cada um contendo um hidrogel sensível a uma certa faixa de pH.

Ainda uma outra variante é a que compreende uma só fibra onde foi impressa mais de uma rede de Bragg.

Ainda, o presente sensor é capaz de trabalhar em série com sensores de pressão, temperatura e vazão de fundo de poço em multiplexação com outros sensores a fibra óptica.

Além disso, deve ficar claro para os especialistas que o presente sensor não somente é útil para medir pH em um poço de petróleo, mas também em dutos e equipamentos de difícil acesso, e em condições ambientes.

A descrição e as considerações explicitadas no presente relatório demonstram a extrema versatilidade do sensor da invenção, pois é capaz de cobrir uma ampla gama de pH de interesse industrial, além de ser adequado para multiplexação com outros sensores a fibra óptica em poços inteligentes.

INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL

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

Rio de janeiro. 15 de Junho 2005.


Oscar Paulo Bueno
Chefe do SEPDOC
Mat: 0449117

REIVINDICAÇÕES

1. Sensor (100) de pH para medir pH de soluções aquosas utilizando uma fibra óptica, caracterizado por que compreende :

A) um corpo externo (101) geralmente cilíndrico, incluindo:

a) uma parte central (110), que compreende:

i) um primeiro compartimento (117a) contendo um conjunto de unidades de discos (130) de um hidrogel sensível a pH, dito conjunto sendo contido por uma tela (116);

ii) um segundo compartimento (117b) contendo um transdutor mecânico (123) para transmitir deformação a uma fibra óptica (121) contendo uma rede de Bragg (122) e delimitado por um disco móvel (118) entre dito primeiro (117a) e segundo (117b) compartimentos e um disco (119) para fixação de uma fibra óptica (121);

b) Tampas (115a) e (115b) nas extremidades do corpo externo (101), e onde:

a variação do pH da solução em teste faz com que dito hidrogel sofra um processo de variação de volume hidrodinâmico, a deformação causada por essa variação de volume sendo transmitida à rede de Bragg (122) pelo transdutor mecânico (123) e alterando o comprimento de onda de Bragg, a alteração sendo medida pelas técnicas usuais de leitura de comprimento de onda.

2. Sensor (100) de pH de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por que furações (120) através das partes centrais do disco (119) e do disco móvel (118) permitem a passagem e instalação da fibra óptica (121) contendo a rede de Bragg (122) gravada, no compartimento (117b).

3. Sensor de pH de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por que a fibra óptica (121) trespassa a tampa (115a) do corpo (101).

40

INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL

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

Rio de janeiro. 15 de Junho 2005.



Oscar Paulo Bueno
Chefe do SEPDOC
Mat: 0449117

4. Sensor (100) de pH de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por que é montado de acordo com as seguintes etapas:

- a) rosquear a tampa (115b) na parte central (110);
- b) prover unidades de discos (130) de hidrogel sensível a pH e introduzir as mesmas no compartimento (117a);
- c) prover uma fibra óptica (121) contendo uma rede de Bragg (122), introduzir a dita fibra (121) através das furações (120), de modo a fixar a fibra (121) no disco móvel (118);
- d) introduzir a fibra óptica (121) fixada ao disco móvel (118) no corpo central (110) e posicionada sobre as unidades de discos (130);
- e) posicionar a mola (123) sobre o disco móvel (118), passando a fibra (121) através da dita mola (123);
- f) passar a fibra óptica (121) através das furações (120) do disco (119);
- g) rosquear a tampa (115a) no corpo central (110), de modo a comprimir a mola (123);
- h) fixar a fibra óptica (121) no disco (119);
- i) desrosquear a tampa (115a) de modo a deformar a fibra (121) e alterar o comprimento de onda λ_B da FBG (122) por um valor entre 100 pm e 5 nm; e
- j) obter o sensor (100) montado e pronto para uso.

5. Sensor (200) de pH para medir o pH de soluções aquosas utilizando uma fibra óptica, caracterizado por que compreende:

A) um corpo externo (201) geralmente cilíndrico, incluindo:

- a) uma parte central (210), que compreende um compartimento (117a) contendo um conjunto de unidades de discos (130) de um hidrogel sensível a pH, dito conjunto sendo contido por uma tela (116), e êmbolo (214);

4/

INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL

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

Rio de Janeiro, 15 de Junho 2005.



**Oscar Paulo Bueno
Chefe do SEPDOC
Mat: 0449117**

b) um transdutor mecânico (215) tendo uma fibra óptica (121) fixada ao mesmo, a fibra (121) contendo uma rede de Bragg (122), dito transdutor (215) sendo fixado sobre uma tampa (213) por dispositivos de fixação (216, 217);

c) Tampas (115b) e (213) nas extremidades-da parte central (210), e onde:

a variação do-pH da solução em teste faz com que dito hidrogel sofra um processo de variação de volume hidrodinâmico, a deformação causada por essa variação de volume sendo transmitida à rede de Bragg (122) pelo transdutor mecânico (215) e alterando o comprimento de onda de Bragg, a alteração sendo medida pelas técnicas usuais de leitura de comprimento de onda.

6. Sensor (300) de pH para medir o pH de soluções aquosas utilizando uma fibra óptica, caracterizado por que compreende um corpo externo-(301) geralmente cilíndrico, que inclui:

A. Um corpo externo (301) que inclui:

a) um disco (320) em uma extremidade, solidário ao dito corpo (301) enquanto um outro disco móvel (321) na extremidade oposta se movimenta pela ação do conjunto de unidades (130) de discos de hidrogel inseridos em um compartimento (117a) e contidos em uma tela (116), o movimento do dito disco (321) sendo guiado ao longo de guias (311) solidários ao corpo (301);
b) uma fibra óptica (121) contendo uma rede de Bragg (122), fixada aos discos (320, 321) e inserida em um tubo (315) de proteção, e onde

a variação do pH da solução em teste faz com que dito hidrogel sofra um processo de variação de volume hidrodinâmico, a deformação causada por essa variação de volume sendo transmitida à rede de Bragg (122) pela fibra óptica (121) e alterando

V2

INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL

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

Rio de Janeiro, 15 de Junho 2005.


Oscar Paulo Bueno
Chefe do SEPDOC
Mat: 0449117

o comprimento de onda de Bragg, a alteração sendo medida pelas técnicas usuais de leitura de comprimento de onda.

- 5 7. Sensor (300) de pH de acordo com a reivindicação 6, caracterizado por que a fibra óptica (121) trespassa ambos discos (320,321) do corpo externo (301).
8. Sensor (100,200,300) de pH de acordo com as reivindicações 1, 5 e 6, caracterizado por que compreende pelo menos dois conjuntos (130) de discos de hidrogel.
- 10 9. Sensor (100,200,300) de pH de acordo com as reivindicações 1, 5 e 6, caracterizado por que os conjuntos de unidades (130) incluem discos (125) de hidrogel separados entre si por discos (126) de telas de aço e separadores (127).
- 15 10. Sensor (100,200,300) de pH de acordo com as reivindicações 1, 5 e 6, caracterizado por que o hidrogel é sensível a pH entre 2,5 e 7,0.
11. Sensor (100,200,300) de pH de acordo com a reivindicação 10, caracterizado por que dito hidrogel é um hidrogel de polímero PVA/PAA.
- 20 12. Sensor (100,200,300) de pH de acordo com as reivindicações 1, 5 e 6, caracterizado por que o hidrogel é sensível a pH desde em torno de 2,0 até cerca de 12,0.
13. Sensor (100) de pH de acordo com a reivindicação 1, caracterizado por que o transdutor mecânico (123) é uma mola.
- 25 14. Sensor (200) de pH de acordo com a reivindicação 5, caracterizado por que o transdutor mecânico (215) é uma viga.
15. Sensor (300) de pH de acordo com a reivindicação 6, caracterizado por que o transdutor mecânico é a fibra óptica (121).

43

INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL

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

Rio de Janeiro, 15 de Junho 2005.


Oscar Paulo Bueno
Chefe do SEPDOC
Mat: 0449117

- 16.Sensor (300) de pH de acordo com a reivindicação 6, caracterizado por que a fibra (121) trespassa os discos (320,321) para conexão a outros sensores.
- 5 17.Sensor (300) de pH de acordo com a reivindicação 16, caracterizado por que os outros sensores são sensores de pH.
- 18.Sensor (300) de pH de acordo com a reivindicação 16, caracterizado por que os outros sensores são sensores de pressão, temperatura ou de vazão.
- 10 19.Sensor (100,200,300) de pH de acordo com as reivindicações 1, 5 e 6, caracterizado por que o hidrogel sensível a pH dos discos (125) é de um único tipo de hidrogel, sensível a uma faixa determinada de pH.
- 15 20.Sensor (100,200,300) de pH de acordo com as reivindicações 1, 6 e 7, caracterizado por que o hidrogel sensível a pH dos discos (125) compreende dois ou mais tipos de hidrogel, sensíveis a diferentes faixas de pH.
- 20 21.Sensor (100,200,300) de pH de acordo com as reivindicações 1,5 e 6, caracterizado por que é acoplado em série, cada sensor contendo um hidrogel sensível a uma certa faixa de pH, ditos sensores estando conectados a uma única fibra óptica.
- 22.Sensor (100,200,300) de pH de acordo com as reivindicações 1, 5 e 6, caracterizado por que é aplicado em poços inteligentes junto com outros sensores baseados em rede de Bragg em fibra óptica para medir pressão, temperatura e vazão de fundo de poço.
- 25 23.Sensor (100,200,300) de pH de acordo com as reivindicações 1, 5 e 6, caracterizado por que mede o pH em condições ambientes.
- 24.Sensor (100,200,300) de pH de acordo com as reivindicações 1, 5 e 6, caracterizado por que mede pH em dutos e equipamentos de difícil acesso.

48

INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL

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

Rio de Janeiro. 15 de Junho 2005.


Oscar Paulo Bueno
Chefe do SEPDOC
Mat: 0449117

39

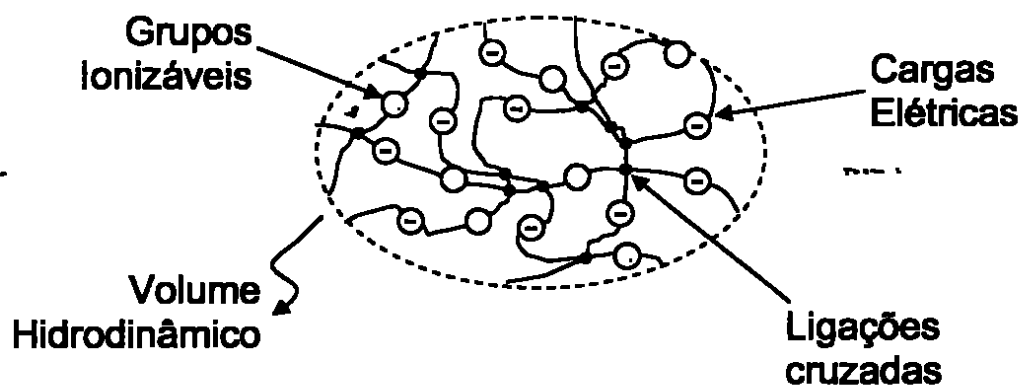


FIG. 1A

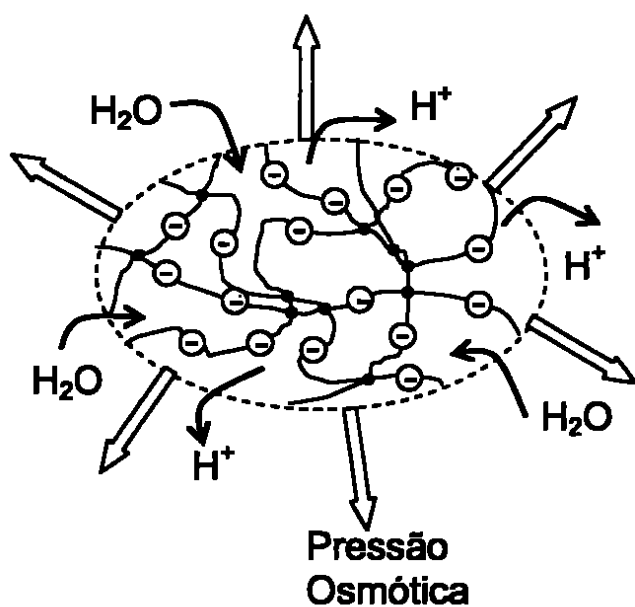
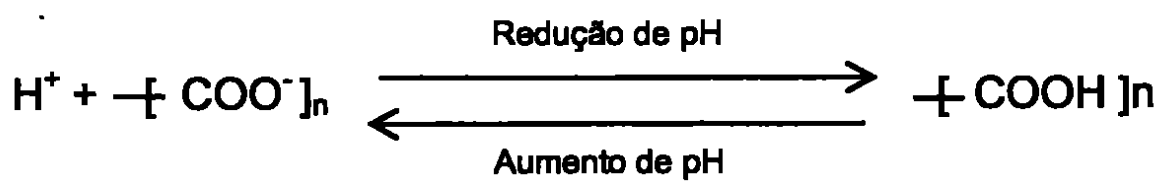


FIG. 1B

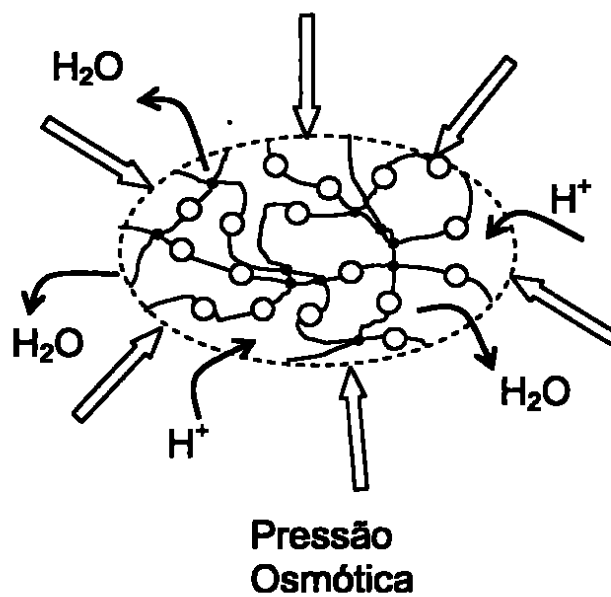


FIG. 1C

INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL

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

Rio de Janeiro. 15 de Junho 2005.


Oscar Paulo Bueno
Chefe do SEPDOC
Mat: 0449117

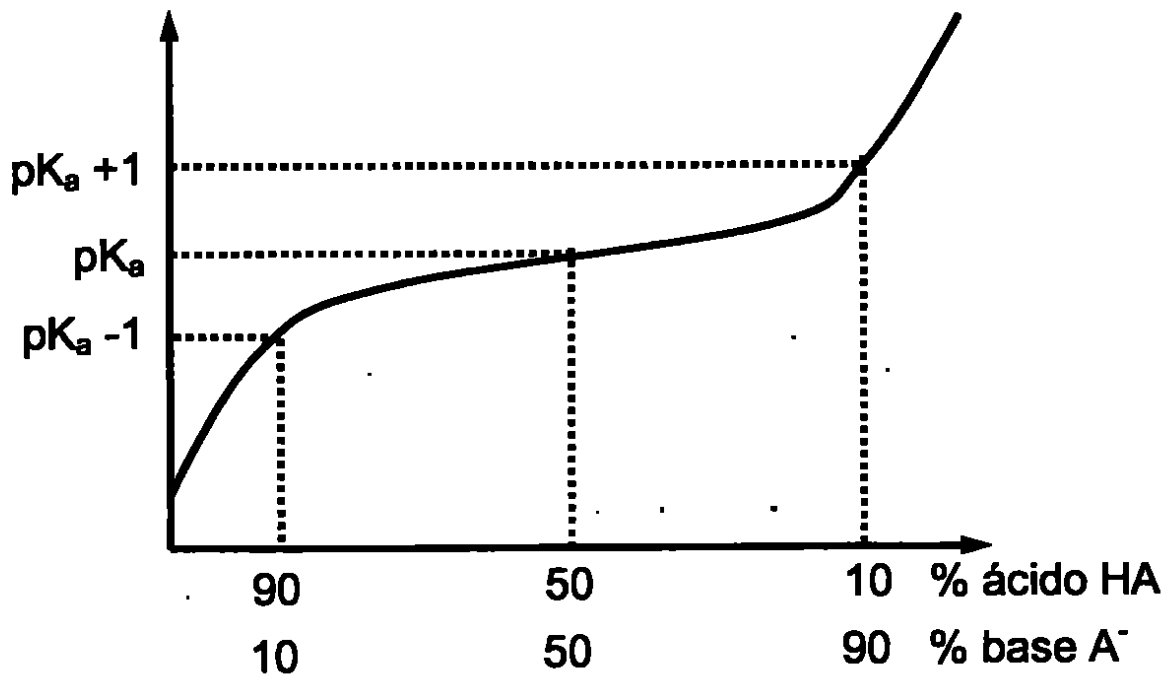


FIG. 2

INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL

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

Rio de Janeiro. 15 de Junho 2005.


Oscar Paulo Bueno
Chefe do SEPDOC
Mat: 0449117

151
4/11

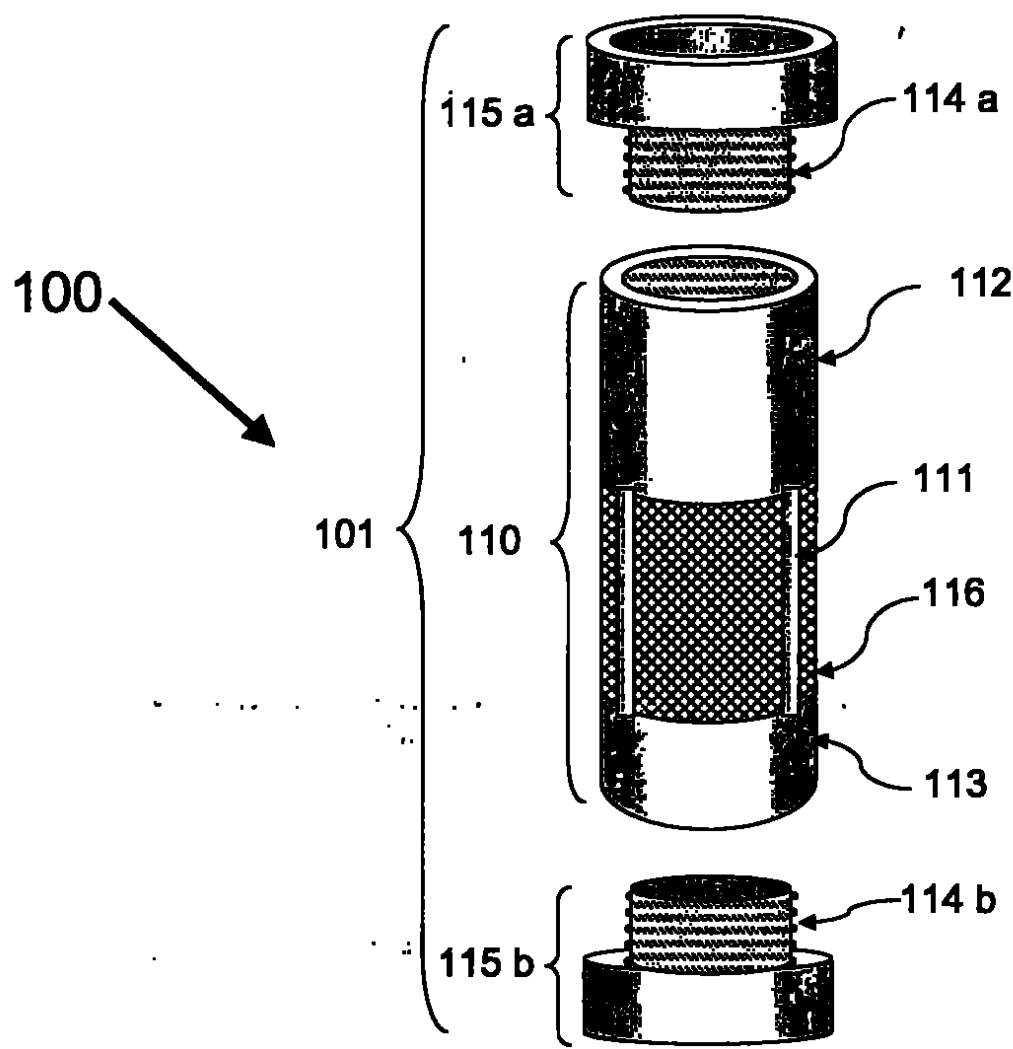


FIG. 3

47

INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL

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

Rio de Janeiro, 15 de Junho 2005.



**Oscar Paulo Bueno
Chefe do SEPDOC
Mat: 0449117**

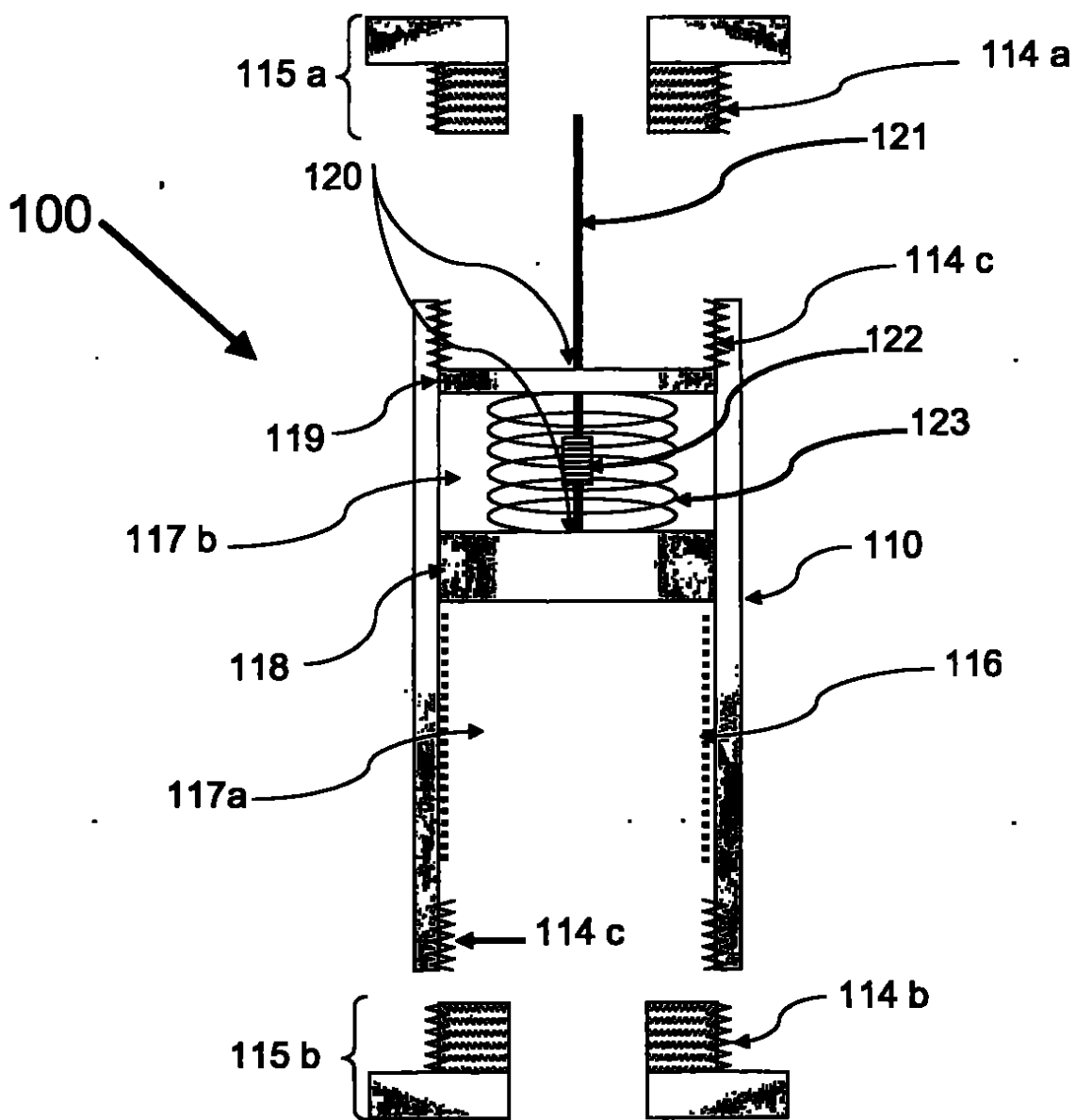


FIG. 4A

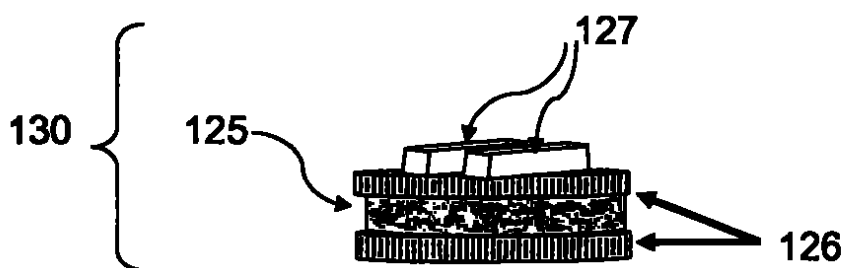


FIG. 4B

48

...

INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL

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

Rio de Janeiro, 15 de Junho 2005.



**Oscar Paulo Bueno
Chefe do SEPDOC
Mat: 0449117**

...

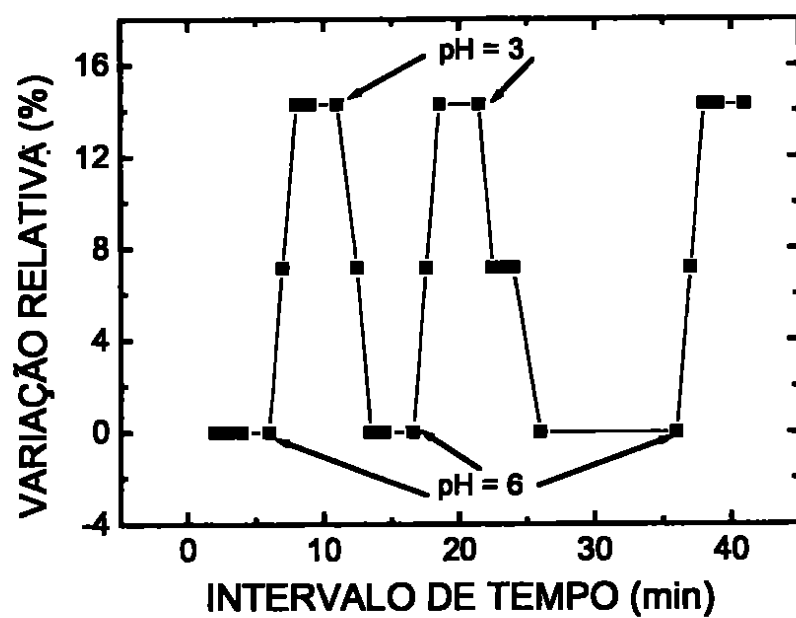


FIG. 5

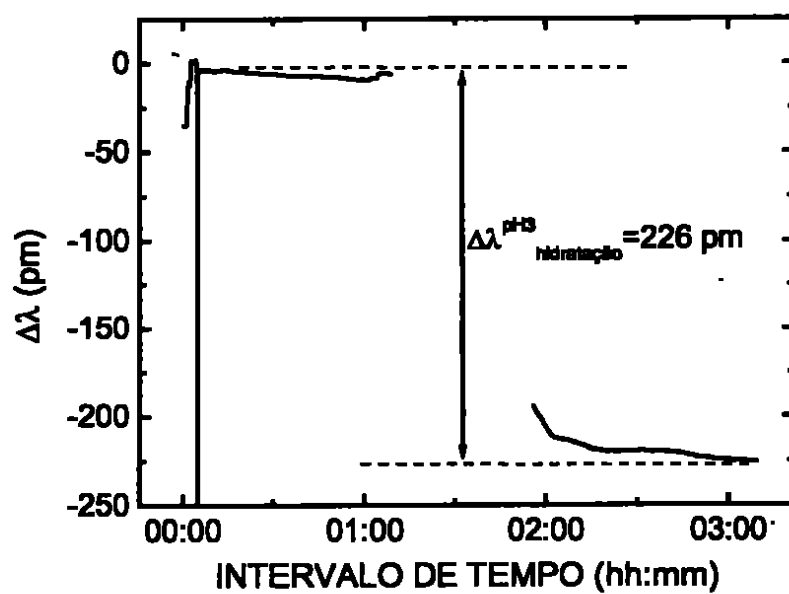


FIG. 6

28

INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL

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

Rio de Janeiro, 15 de Junho 2005.


Oscar Paulo Bueno
Chefe do SEPDOC
Mat: 0449117

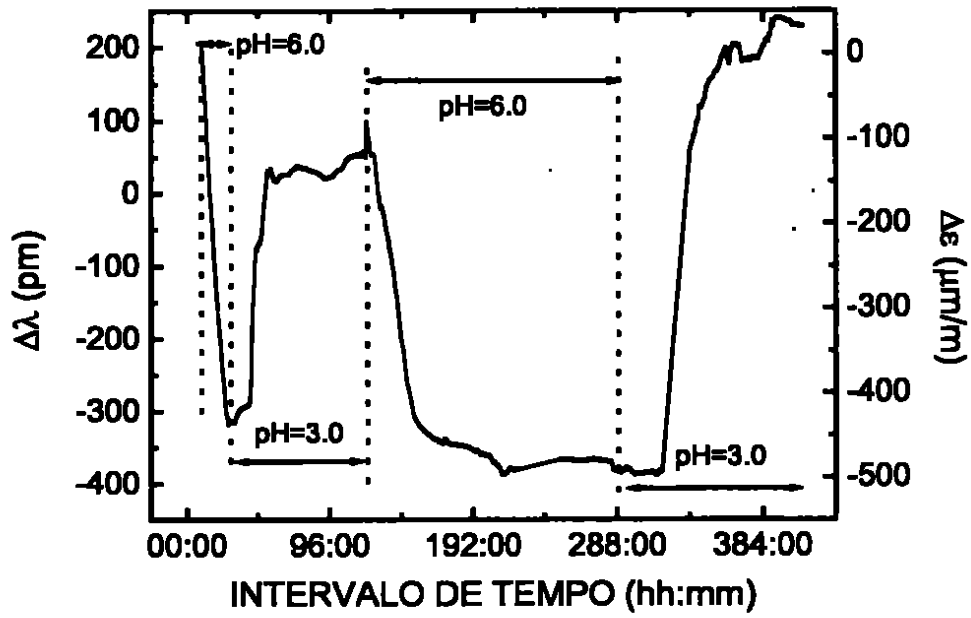
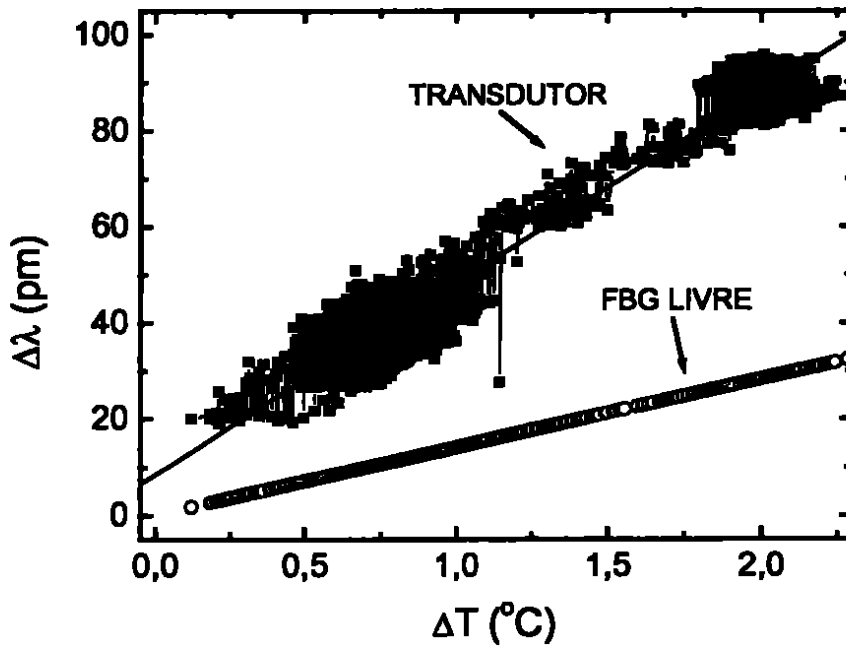


FIG. 7



50

INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL

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

Rio de Janeiro, 15 de Junho 2005.


Oscar Paulo Bueno
Chefe do SEPDOC
Mat: 0449117

7/11

155

155

155

FIG. 8

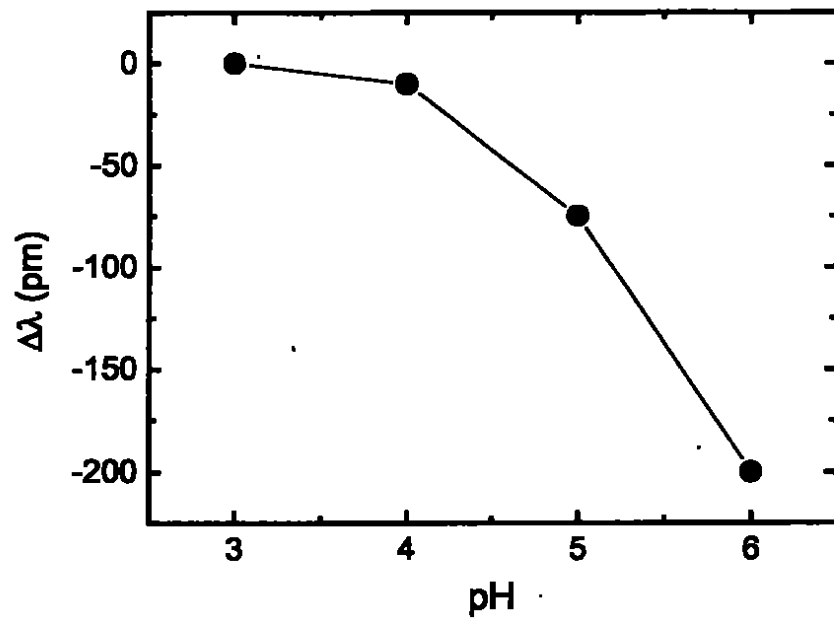


FIG. 9

INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL

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

Rio de Janeiro. 15 de Junho 2005.


Oscar Paulo Bueno
Chefe do SEPDOC
Mat 0449117

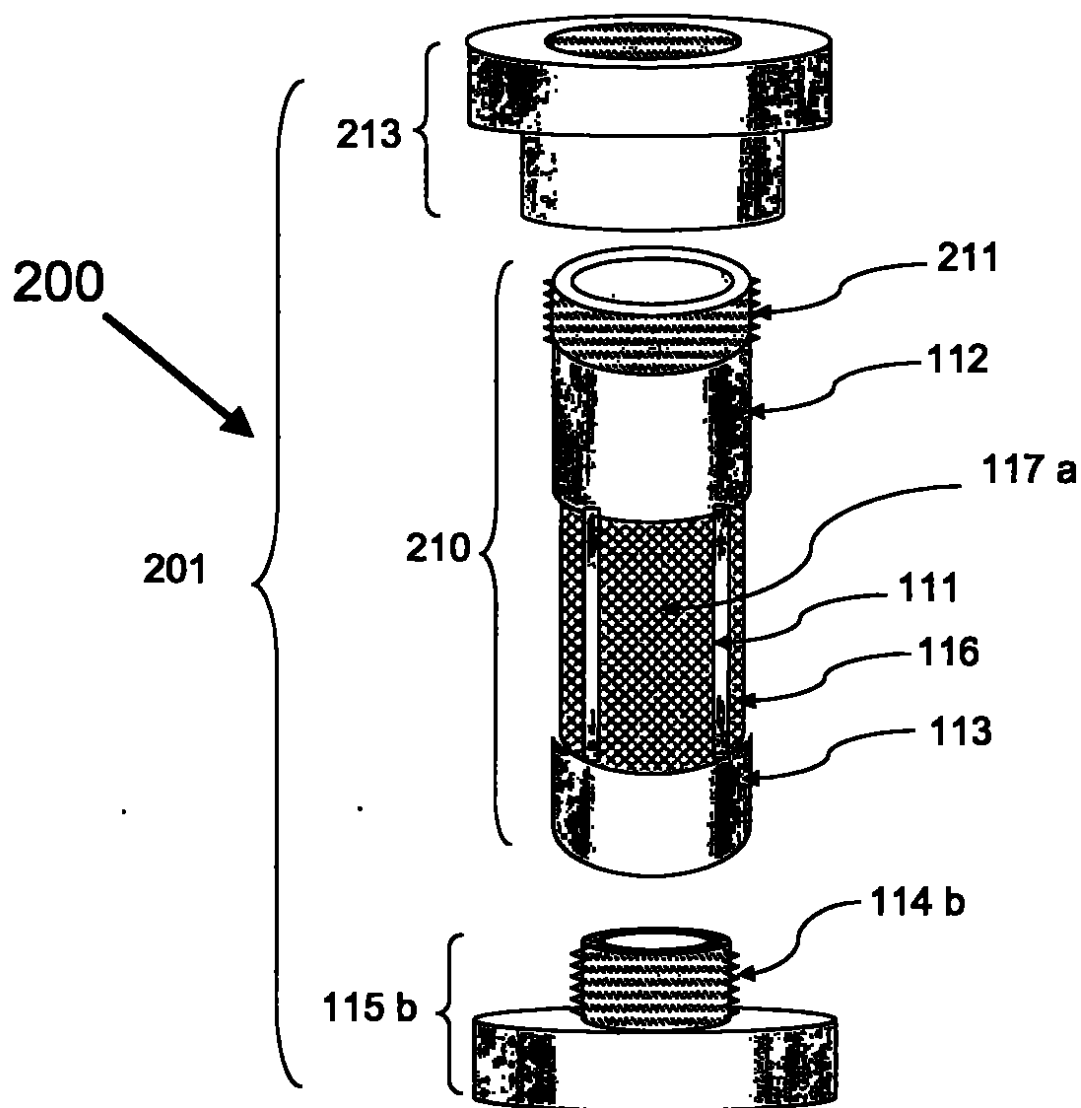


FIG. 10A

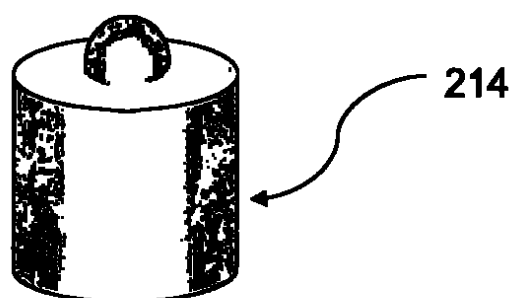


FIG. 10B

52

INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL

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

Rio de Janeiro, 15 de Junho 2005.


Oscar Paulo Bueno
Chefe do SEPDOC
Mat: 0449117

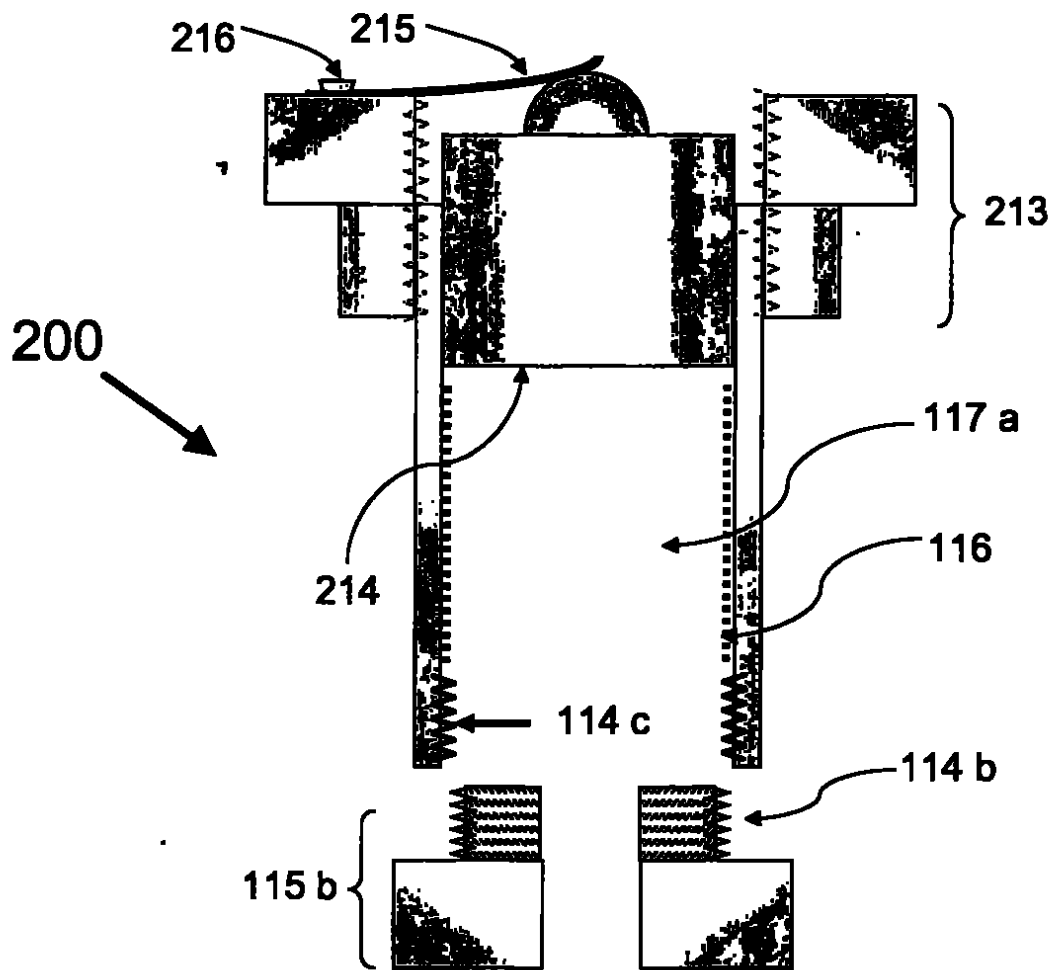


FIG. 11A

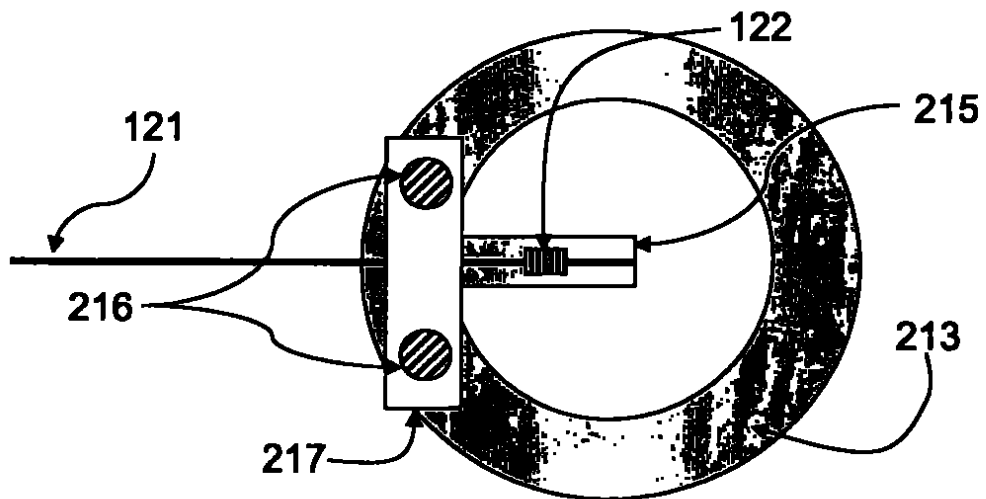


FIG. 11B

INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL

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

Rio de Janeiro, 15 de Junho 2005.


Oscar Paulo Bueno
Chefe do SEPDOC
Mat: 0449117

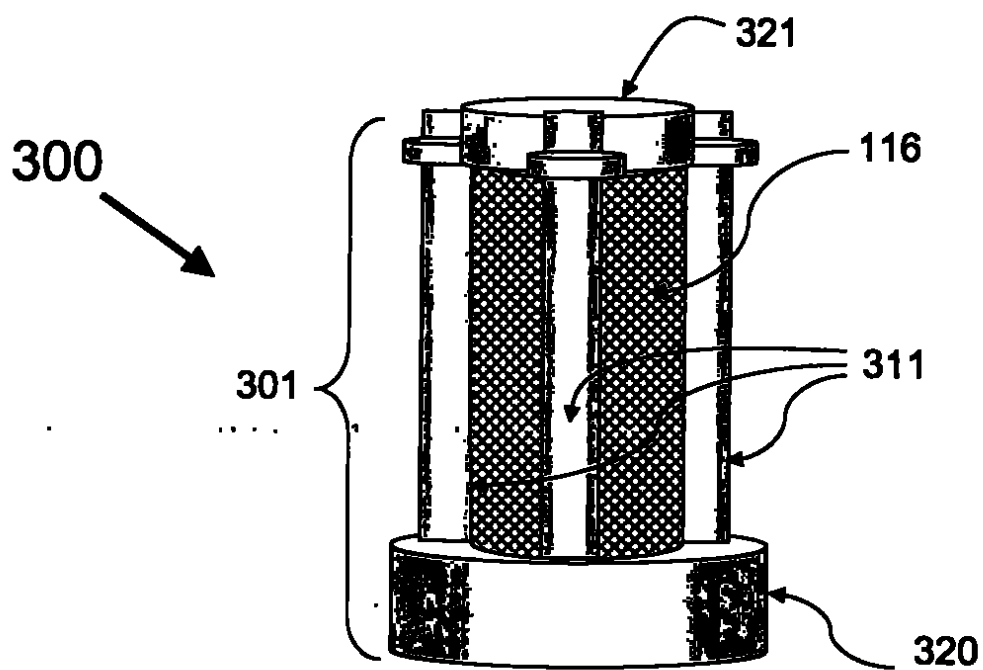


FIG. 12

INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL

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

Rio de Janeiro, 15 de Junho 2005.


Oscar Paulo Bueno
Chefe do SEPDOC
Mat: 0449117

~~159~~
159
~~419~~

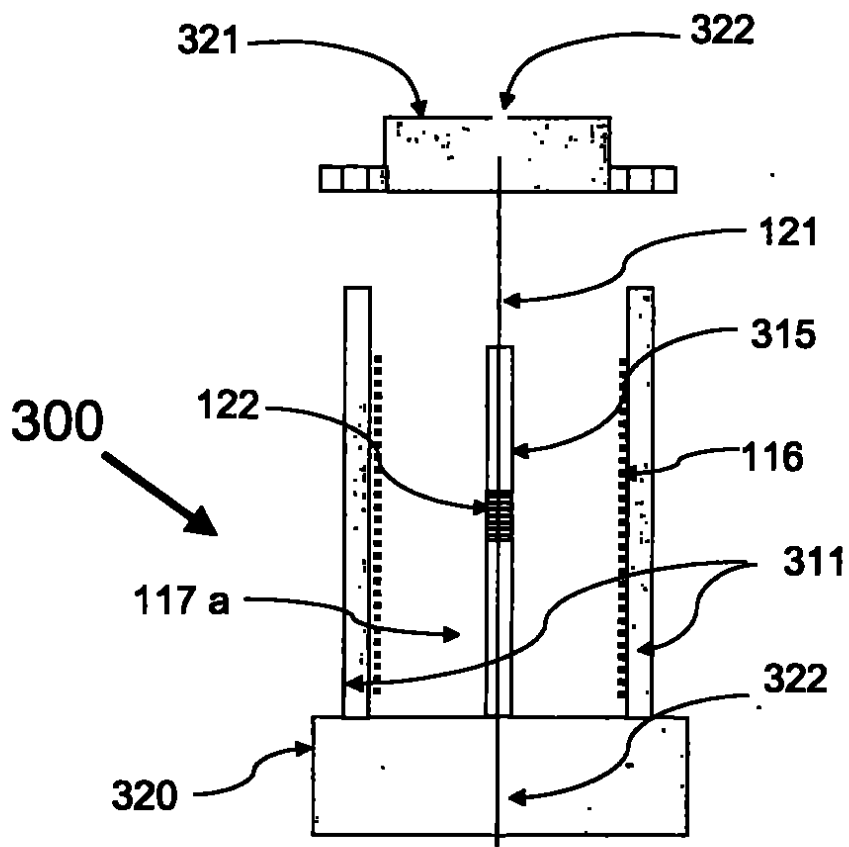


FIG. 13

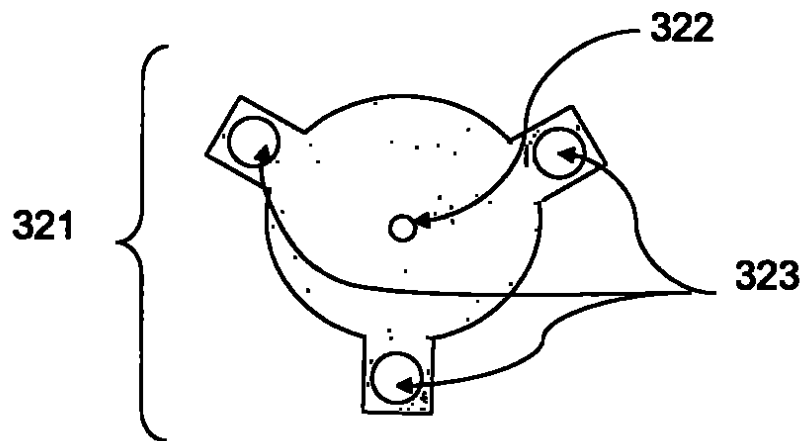


FIG. 14

INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL

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

Rio de Janeiro, 15 de Junho 2005.


Oscar Paulo Bueno
Chefe do SEPDOC
Mat: 0449117

160

50

RESUMO

SENSOR DE pH A FIBRA ÓPTICA

É descrito um sensor de pH (100, 200, 300) a fibra óptica onde um transdutor acopla mecanicamente uma rede de Bragg a um hidrogel sensível a pH, o sensor compreendendo uma parte central (110, 210, 301) onde são colocados a fibra óptica (121) contendo a rede de Bragg (122), o conjunto (130) de discos de hidrogel sensível a pH, e o transdutor mecânico que é uma mola (123) uma viga (215) ou ainda a própria fibra óptica (121), o transdutor mecânico garantindo a deformação sobre a rede de Bragg (122). A variação do volume hidrodinâmico do hidrogel resultante de uma variação do pH do meio introduz uma força suficiente para deformar a rede de Bragg. A medida da variação do pH é recuperada empregando as técnicas usuais de leitura de comprimentos de onda. O sensor de pH (100, 200, 300) da invenção é útil na avaliação indireta, no controle e na monitoração da corrosão em poços de petróleo e é adequado para multiplexação com outros sensores a fibra óptica que medem o mesmo parâmetro ou parâmetros diferentes.

12

INSTITUTO NACIONAL DA PROPRIEDADE INDUSTRIAL

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

Rio de Janeiro. 15 de Junho 2005.


Oscar Paulo Bueno
Chefe do SEPDOC
Mat: 0449117

ESCUDO

REPUBLICA FEDERAL DEL BRASIL

**Ministerio de Desarrollo, Industria y Comercio
Instituto Nacional de Propiedad Industrial
Dirección de Patentes**

COPIA OFICIAL

PARA EFECTO DE REIVINDICACIÓN DE PRIORIDAD.

El documento anexo es una copia fiel de una solicitud de Patente de Invención regularmente depositada en el Instituto Nacional de la Propiedad Industrial, bajo el número PI 0404129-1 de 31/05/2004.

Río de Janeiro, 15 de junio de 2005.

Firmado: (Oscar Paulo Bueno)
Director del SEPDOC
Matrícula: 0449117

REIVINDICACIONES

1.- Sensor (100) de pH para medir el pH de soluciones acuosas utilizando una fibra óptica, caracterizado porque comprende:

A) un cuerpo exterior (101) generalmente cilíndrico, que incluye:

a) una parte central (110), la cual comprende:

i) un primer compartimiento (117a) que contiene un conjunto de unidades de discos (130) de un hidrogel sensible a pH, estando dicho conjunto encerrado por una malla (116);

ii) un segundo compartimiento (117b) que contiene un transductor mecánico (123) para transmitir deformaciones a una fibra óptica (121) que contiene una red de Bragg (122) y encerrado por un disco móvil (118) dispuesto entre dichos primero (117a) y segundo (117b) compartimentos y por un disco (119) para la fijación de una fibra óptica (121);

b) Tapas (115a) y (115b) en los respectivos extremos del cuerpo exterior (101), y donde:

la variación del pH de la solución en ensayo hace que dicho hidrogel sufra un proceso de variación de volumen hidrodinámico, siendo la deformación causada por esa variación de volumen transmitida a la red de Bragg (122) por el transductor mecánico (123) y alterando la longitud de onda de Bragg, siendo dicha

163
163

alteración medida por técnicas usuales de lectura de longitud de onda.

2.- Sensor (100) de pH según la reivindicación 1, caracterizado porque perforaciones (120) a través de las partes centrales del disco de fijación (119) y del disco móvil (118) permiten el paso e instalación de la fibra óptica (121) que contiene la red de Bragg (122) grabada, en el segundo compartimiento (117b).

3.- Sensor de pH según la reivindicación 1, caracterizado porque la fibra óptica (121) traspasa la tapa (115a) del cuerpo exterior (101).

4.- Sensor (100) de pH según la reivindicación 1, caracterizado porque el mismo es montado de acuerdo con las siguientes etapas:

- a) enroscar la tapa (115b) en la parte central (110);
- b) proveer unidades de discos (130) de hidrogel sensible a pH e introducir las mismas en el compartimiento (117a);
- c) proveer una fibra óptica (121) que contiene una red de Bragg (122), introducir dicha fibra (121) a través de las perforaciones (120), de manera de fijar la fibra (121) en el disco móvil (118);
- d) introducir la fibra óptica (121) fijada al disco móvil (118) en el cuerpo central (110) y ubicada sobre las unidades de discos (130);

- e) posicionar un resorte (123) sobre el disco móvil (118), pasando la fibra (121) a través de dicho resorte (123) ;
- f) pasar la fibra óptica (121) a través de las perforaciones (130) del disco de fijación (119);
- g) enroscar la tapa (115a) en el cuerpo central (110) de manera de comprimir el resorte (123);
- h) fijar la fibra óptica (121) en el disco de fijación (119);
- i) desenroscar la tapa (115a) de manera de deformar la fibra (121) y alterar la longitud de onda λ de la FGB (122) en un valor entre 100 pm y 5 nm; y
- j) obtener el sensor (100) montado y listo para su uso.

5.- Sensor (200) de pH para medir el pH de soluciones acuosas utilizando una fibra óptica, caracterizado porque comprende:

A) Un cuerpo exterior (201) generalmente cilíndrico, que incluye:

a) una parte central (210), la cual comprende un compartimiento (117a) que contiene un conjunto de unidades de discos (130) de un hidrogel sensible a pH, siendo dicho conjunto encerrado por una malla (116), y un émbolo (214);

b) un transductor mecánico (215) con una fibra óptica (121) fijada al mismo, conteniendo dicha fibra (121) una red de Bragg (122), estando fijado dicho transductor (215) sobre una tapa (213) mediante dispositivos de fijación (216, 217);

c) Tapas (115b y 213) en los respectivos extremos de la parte central (210), y donde:

la variación del pH de la solución en ensayo hace que dicho hidrogel sufra un proceso de variación de volumen hidrodinámico, siendo la deformación causada por esa variación de volumen transmitida a la red de Bragg (122) por el transductor mecánico (215) y alterando la longitud de onda de Bragg, siendo medida la alteración por técnicas usuales de lectura de longitud de onda.

6.- Sensor (300) de pH para medir el pH de soluciones acuosas utilizando una fibra óptica, caracterizado porque comprende un cuerpo exterior (301) generalmente cilíndrico, que incluye:

A. un cuerpo exterior (301) que incluye:

a) un disco (320) en un extremo, solidario con dicho cuerpo (301) en tanto otro disco móvil (321) en el extremo opuesto se desplaza por la acción del conjunto de unidades (130) de discos de hidrogel insertados en un compartimiento (117a) y encerrados por una malla (116), siendo guiado el desplazamiento de dicho disco (321) a lo largo de guías (311) solidarias con el cuerpo (301);

b) una fibra óptica (121) que contiene una red de Bragg (122), fijada a los discos (320, 321) e inserta en un tubo (315) de protección, y donde la variación del pH de la solución en ensayo hace que dicho hidrogel sufra un proceso de variación de volumen hidrodinámico, siendo la deformación causada por esa

variación de volumen transmitida a la red de Bragg (122) por la fibra óptica (121) y alterando la longitud de onda de Bragg, siendo medida dicha alteración por técnicas usuales de lectura de longitud de onda.

7.- Sensor (300) de pH según la reivindicación 6, caracterizado porque la fibra óptica (121) traspasa ambos discos (320, 321) del cuerpo exterior (301).

8.- Sensor (100, 200, 300) de pH según las reivindicaciones 1, 5 y 6, caracterizado porque comprende al menos dos conjuntos (130) de discos de hidrogel.

9.- Sensor (100, 200, 300) de pH según las reivindicaciones 1, 5 y 6, caracterizado porque los conjuntos de unidades (130) incluyen discos (125) de hidrogel separados entre sí por discos (126) de mallas de acero y separadores (127).

10.- Sensor (100, 200, 300) de pH según las reivindicaciones 1, 5 y 6, caracterizado porque el hidrogel es sensible a pH entre 2,5 y 7,0.

11.- Sensor (100, 200, 300) de pH según la reivindicación 10, caracterizado porque dicho hidrogel es un hidrogel de polímero PVA/PAA.

12.- Sensor (100, 200, 300) de pH según las reivindicaciones 1, 5 y 6, caracterizado porque el hidrogel es sensible a pH desde aproximadamente 2,0 hasta aproximadamente 12,0.

13.- Sensor (100) de pH según la reivindicación 1, caracterizado porque el transductor mecánico (123) es un resorte.

14.- Sensor (200) de pH según la reivindicación 5, caracterizado porque el transductor mecánico (215) es un brazo.

15.- Sensor (300) de pH según la reivindicación 6, caracterizado porque el transductor mecánico es una fibra óptica (121).

16.- Sensor (300) de pH según la reivindicación 6, caracterizado porque la fibra (121) traspasa los discos (320, 321) para la conexión con otros sensores.

17.- Sensor (300) de pH según la reivindicación 16, caracterizado porque los otros sensores son sensores de pH.

18.- Sensor (300) de pH según la reivindicación 16, caracterizado porque los otros sensores son sensores de presión, temperatura o flujo de descarga.

19.- Sensor (100, 200, 300) de pH según las reivindicaciones 1, 5 y 6, caracterizado porque el hidrogel sensible a pH de los discos (125) es de un único tipo de hidrogel, sensible a una faja determinada de pH.

20.- Sensor (100, 200, 300) de pH según las reivindicaciones 1, 6 y 7, caracterizado porque el hidrogel sensible a pH de los discos (125) comprende dos o más tipos de hidrogel, sensibles a diferentes fajas de pH.

21.- Sensor (100, 200, 300) de pH según las reivindicaciones 1, 5 y 6, caracterizado porque el mismo es acoplado en serie, conteniendo cada sensor un hidrogel sensible a una cierta faja de pH, estando dichos sensores conectados a una única fibra óptica.

22.- Sensor (100, 200, 300) de pH según con las reivindicaciones 1, 5 y 6, caracterizado porque es aplicado en pozos inteligentes junto con otros sensores basados en redes de Bragg en fibra óptica para medir presión, temperatura y flujo de descarga de fondo de pozo.

23.- Sensor (100, 200, 300) de pH según las reivindicaciones 1, 5 y 6, caracterizado porque mide el pH en condiciones ambientales.

24.- Sensor (100, 200, 300) de pH según las reivindicaciones 1, 5 y 6, caracterizado porque mide el pH en tuberías y equipos de difícil acceso.

2° EXAMEN DE FORMA, PATENTE DE INVENCION

Radicación N° **05-52807**

Folio **170**

Concepto Técnico N° **806**

Clasificación Internacional de Patentes: **H01J 5/16**

Practicado el examen de acuerdo a lo establecido en el Art. 38 de la Decisión 486, se determinó que esta solicitud de **Patente**:

- SI ☒ NO ☐ Contiene un resumen de la invención (Art. 26-e)
- SI ☒ NO ☐ Contiene el título o nombre de la invención (Art. 27-d)
- SI ☒ NO ☐ Contiene la descripción de la invención (Art. 26-b)
- SI ☒ NO ☐ NO ES APLICABLE ☐ Contiene los dibujos necesarios para comprender la invención (Art. 26-d)
- SI ☒ NO ☐ Contiene una o más reivindicaciones (Art. 26-c)
- SI ☐ NO ☐ NO ES APLICABLE ☒ Han sido desarrollados los productos a partir de recursos genéticos o de sus productos derivados de los que cualquiera de los Países Miembros es país de origen (Art. 26-h)
- SI ☐ NO ☐ NO ES APLICABLE ☒ Los productos y o procedimientos han sido obtenidos o desarrollados a partir a partir de los conocimientos tradicionales de las comunidades indígenas, afro americanas, o locales de los Países Miembros, de acuerdo a lo establecido en la Decisión 391 y sus modificaciones y reglamentaciones vigentes (Art. 26-i)
- SI ☐ NO ☒ La invención se refiere a un producto relativo a un material biológico (Art. 26-j)
- SI ☒ NO ☐ NO ES APLICABLE ☐ La prioridad coincide con la materia reivindicada.
- SI ☒ NO ☐ **CUMPLE LOS REQUISITOS TÉCNICOS**

OBSERVACIONES Y OTROS: SI ☐ NO ☐ Ver hoja(s) anexa(s)

EXAMINADOR TÉCNICO: 202051

Bogotá D C, octubre 21 de 2005.

2020
Bogotá D C

Doctor(a):
EMILIO FERRERO.
Apoderado

REFERENCIA:	Radicación N°	05-52807
	Trámite	002
	Evento	001
	Actuación	416
	Oficio N°	1196
	Folios	001

Teniendo en cuenta que la solicitud de privilegio de patente que se tramita bajo el expediente indicado en la referencia, reúne los requisitos de forma establecidos en los artículos 26 y 27 de la Decisión 486, de la Comisión de la Comunidad Andina, y en las demás disposiciones vigentes sobre la materia, se envía el extracto de la solicitud a la oficina de comunicaciones para efecto de su publicación en la Gaceta de Propiedad Industrial, conforme lo establece el artículo 40 de la Decisión 486, a partir del 31 de noviembre de 2006, por indicación del solicitante.

Cúmplase
Dado en Bogotá D C, **24 OCT. 2005**



ALIX CARMENZA CÉSPEDES DE VERGEL
Jefe División de Nuevas Creaciones.

202051