

(12)

CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2020 00234

(22) Data de depozit: 30/04/2020

(41) Data publicării cererii:
29/11/2021 BOPI nr. 11/2021

(71) Solicitant:
• INSTITUTUL NAȚIONAL DE
CERCETARE-DEZVOLTARE PENTRU
OPTOELECTRONICĂ - INOE 2000,
STR.ATOMIȘTILOR NR.409, MĂGURELE,
IF, RO

(72) Inventatori:
• MICLOȘ SORIN, CALEA GRIVIȚEI
NR.160, BL.B, SC.A, ET.9, AP.42,
SECTOR 1, BUCUREȘTI, B, RO;
• LÂNCRĂNJAN ION IOAN FERDINAND,
STR.VELEI, NR.2, BL.2, SC.2, AP.57,
SECTOR 6, BUCUREȘTI, B, RO;

• SAVASTRU DAN, STR.IANI BUZOIANI
NR.3, BL.16, SC.A, AP.2, SECTOR 1,
BUCUREȘTI, B, RO;
• SAVASTRU ROXANA,
STR.IANI BUZOIANI NR.3, BL.16, SC.A,
AP.2, SECTOR 1, BUCUREȘTI, B, RO;
• ȚĂUTAN MARINA, STR. EMIL RACOVIȚĂ
NR.6, BL.R 1, SC.2, AP.45, SECTOR 4,
BUCUREȘTI, B, RO;
• BAȘCHIR LAURENȚIU AURELIAN,
STR.THEODOR PALLADY, NR.43C, BL.1,
SC.1, AP.11, SECTOR 3, BUCUREȘTI, B,
RO

(54) **DISPOZITIV CU SENZOR OPTOELECTRONIC CU FIBRĂ
OPTICĂ PASIVĂ CU PERIOADA MARE DE MODULARE
A INDICELUI DE REFRACȚIE AL MIEZULUI PENTRU
DETERMINAREA NIVELULUI FLUIDULUI DINTR-O INCINTĂ
ÎNCHISĂ**

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un dispozitiv optoelectronic interferometric de tip Self-Interference Long Period Grating (SILPG) creat într-o fibră optică monomod pasivă pentru determinarea nivelului unui fluid dintr-o incintă închisă prin măsurarea deplasărilor spectrale ale structurilor hiperfine induse de modificarea drumului optic datorită variațiilor nivelului fluidului. Dispozitivul conform invenției cuprinde un interogator (1) de fibră optică care emite un fascicul de lumină cu o putere de 1...5 mW, cu o bandă spectrală largă având maximum de emisie la o lungime de undă situată în domeniul 1300...1600nm și care are rolul de a analiza structura hiperfină generată de variațiile nivelului fluidului (2) monitorizat, o fibră (3) optică monomod în miezul căreia a fost realizată o rețea (4) de difracție de perioadă lungă, fibră (3) a cărei acoperire de protecție a fost îndepărtată pe porțiunea care se întinde din imediata apropiere a rețelei (4) de difracție menționate și până la capăt, și la capătul căreia a fost depusă o oglindă (5) și un sistem de fixare și susținere a fibrei optice care cuprinde: o flanșă (6) superioară, 4..8 etrieri (7) superiori care au rolul de a fixa rețeaua (4) de difracție la o poziție predeterminată față de flanșa (6) superioară, o trecere (8) etanșă montată pe o incintă (9) închisă și

prevăzută cu o garnitură (10) de etanșare, prin care trece fibra (3) optică, 4..8 etrieri (11) inferioari și o flanșă (12) inferioară de care este lipit capătul cu oglinda (5) al fibrei (3) optice, totul fiind imersat în fluidul (2) monitorizat.

Revendicări: 1
Figuri: 2

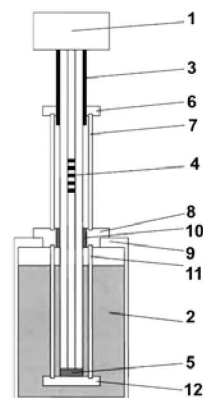


Fig. 2



18

DISPOZITIV CU SENZOR OPTOELECTRONIC CU FIBRĂ OPTICĂ PASIVĂ CU PERIOADĂ MARE DE MODULARE A INDICELUI DE REFRACTIE AL MIEZULUI PENTRU DETERMINAREA NIVELULUI FLUIDULUI DINTR-O INCINTĂ ÎNCHISĂ.

Invenția se referă la un dispozitiv optoelectronic interferometric de tip Self-Interference Long Period Grating (SILPG) creat într-o fibră optică monomod pasivă pentru determinarea nivelului fluidului dintr-o incintă închisă.

Se cunoaște din literatură faptul că pentru multe aplicații industriale, medicale și militare sunt de interes metode de detecție și determinarea nivelului unui fluid într-o incintă închisă, de genul țevi cu diametrul interior mic sau rezervoare de mici dimensiuni. În cazul acestor aplicații prezintă un interes deosebit determinarea rapidă și cât mai precisă a nivelului fluidului pentru controlul cât mai precis al transferul acestuia în cantități mici pentru utilizarea preconizată. În acest sens se cunosc dispozitive construite pe baza utilizării unor senzori capacitivi sau rezistivi a căror funcționare se bazează pe folosirea unor rețele de electrozi aplatizați încastrați în pereții recipientului și având dimensiuni de ordinul milimetrilor aflați în contact direct cu fluidul al cărui nivel trebuie să fie determinat, determinarea fiind făcută prin măsurarea capacității sau rezistivității rețelelor de electrozi. În acest sens, în cazul senzorilor capacitivi, amintim brevetele înregistrate în S.U.A. nr. US 5423214, US 8469050B2, US 9170144B2, US 9604043B2, US 20100121257A1 și US 20150013646A1. În cazul senzorilor rezistivi, amintim brevetele înregistrate în S.U.A. nr. US 5553494 și US 20070289375A1. De asemenea, se cunosc din literatură dispozitive construite pe baza utilizării unor senzori optico-mecanici a căror funcționare se bazează pe folosirea unor surse de lumină liniari cuplați cu rețele liniare de detectori fotosensibili montate în opoziție în pereții recipientului în care se află fluidul al cărui nivel trebuie să fie determinat. În acest sens, în cazul senzorilor optico-mecanici, amintim brevetele înregistrate în S.U.A. nr. US 6274880 și US 6446506B1. Dezavantajul principal al acestor soluții este acela că folosesc componente mecanice de volum mare, sunt afectate de radiația electromagnetică și au o sensibilitate mică de ordinul milimetrilor. Un alt dezavantaj major al acestor soluții constă în faptul că aplicarea lor necesită o infrastructură de echipamente având costuri mari de utilizare/întreținere, nefiind posibilă utilizarea lor în recipiente de volum mic. De asemenea, un alt dezavantaj major, principial, al acestor soluții constă în aceea că au fost gândite pentru anumite tipuri de recipiente, fiind astfel greu interschimbabile.

9

Dispozitivul conform invenției înlătură dezavantajele arătate mai înainte prin aceea că permite determinarea nivelului fluidului dintr-o incintă închisă prin evaluarea modificărilor indicelui de refracție al fluidului folosind un senzor de volum mic imersat în fluid, senzor realizat într-o fibră optică monomod pasivă în care a fost creată o rețea de difracție cu perioadă mare de modulare spațială a indicelui de refracție al miezului fibrei optice și montat într-o schemă de auto-interferență, permițând astfel și aplicarea unor măsuri de siguranță prin automatizarea închiderii fluxului de fluid.

Problema tehnică pe care prezenta invenție își propune să o rezolve constă în determinarea nivelului fluidului dintr-o incintă închisă cu o precizie de ordinul sutimilor de microni prin evaluarea modificărilor indicelui de refracție al fluidului folosind unui montaj auto-interferențial cu fibră optică monomod cu rețea de difracție de tip SILPG.

Elementul principal al dispozitivului de detecție și determinare a nivelului fluidului dintr-o incintă închisă, în legătură cu Fig. 1, constă în utilizarea unui senzor optoelectronic interferometric de tip SILPG pentru determinarea modificărilor indicelui de refracție al fluidului în care este parțial imersat senzorul. Senzorul optoelectronic interferometric de tip SILPG constă dintr-o rețea de difracție cu perioadă lungă de modulare a indicelui de refracție al miezului fibrei optice de tip LPG (Long Period Grating), având lungimea L și perioada Λ , realizată în miezul unei fibre optice monomod și aflată la distanța $L_{CAV}/2$ de un capăt fibrei pe care este depusă o oglindă cu reflectanța de 100 % și o grosime L_{ogl} . Senzorul optoelectronic interferometric de tip SILPG este montat pe incinta închisă astfel încât LPG să se afle în contact cu aerul având indicele de refracție $n_{ext} = 1$ din mediul ambiant și din incinta închisă pe o zonă având lungimea $L_{CAV}/2$ din care se scade L_{imer} și grosimea peretelui/capacului incintei închise, L_{imer} fiind lungimea zonei fibrei optice care este imersată în fluidul având indicele de refracție n_{fluid} al cărui nivel în incintă trebuie determinat. Senzorul optoelectronic interferometric de tip SILPG face parte dintr-un dispozitiv mecanic care are rolul de a asigura o lungime fixă a porțiunii fibrei optice incluzând LPG care este în contact direct cu mediul ambiant, aer și fluidul al cărui nivel trebuie determinat, cu excepția unei zone de maxim un milimetru grosime corespunzătoare unei etanșări din cauciuc siliconic, prin două flanșe dintre care pe una este fixat capătul conectorizat al fibrei optice iar pe cealaltă este fixată oglinda cu reflectanța de 100%, cele două flanșe fiind montate pe două, patru sau opt tije metalice subțiri care au atașată o flanșă găurită pe care este lipită pe gaura interioară etanșarea din cauciuc siliconic, aceasta fiind lipită și de fibra optică, flanșa găurită asigurând și montarea etanșă

pe peretele incintei închise. La capătul conectorizat al fibrei optice monomod în care a fost creat interferometrul de tip SILPG este cuplat prin miezul fibrei un fascicul optic, adică o radiație electromagnetică. Se cunoaște din literatură faptul că principalul efect al unei LPG pe care este incidentă o radiație electromagnetică având o distribuție spectrală dată, cu o lungime de undă corespunzătoare maximului de intensitate și o anumită lărgime spectrală, constă în apariția unor benzi de absorbție în această distribuție spectrală. Lărgimile acestor benzi de absorbție sunt de ordinul a 10-20 nm. Maximele acestor benzi de absorbție λ^i sunt definite prin ecuația:

$$\lambda^i = (n_{eff} - n_{clad}^i) \cdot \Lambda \quad (1)$$

unde n_{eff} este indicele de refracție efectiv la lungimea de undă a radiației ce se propagă prin miezul fibrei optice, n_{clad}^i este valoarea indicelui de refracție efectiv de propagare prin învelișul fibrei optice corespunzător modului i iar Λ este perioada LPG. Fenomenul fizic datorită căruia se produce apariția benzilor de absorbție în spectrul de transmisie al luminii prin miezul fibrei optice monomod este, ca rezultat al împrăștierii pe rețeaua de difracție, cuplajul modului de propagare prin miezul fibrei optice cu modurile posibile de propagare prin învelișul fibrei optice. Energia electromagnetică a modului fundamental ce se propagă prin miezul fibrei optice este transferată modurilor posibile de propagare prin învelișul fibrei optice pentru care coeficientul tangențial de cuplaj $\kappa_t^{clad-core}$ este maxim. $\kappa_t^{clad-core}$ este definit prin relația:

$$\kappa_t^{clad-core} = \omega \cdot \iint dx \cdot dy \cdot \Delta \epsilon \cdot E_{t-core} \cdot E_{t-clad}^* \quad (2)$$

unde ω este frecvența optică a radiației electromagnetice, $\Delta \epsilon$ este variația constantei dielectrice a miezului fibrei optice corespunzătoare variației indicelui de refracție în LPG, x și y sunt variabile de integrare transversale față de axa fibrei optice iar E_{t-core} este intensitatea câmpului electric al radiației electromagnetice care se propagă prin miez. Radiația electromagnetică care nu este împrăștiată pe rețeaua de difracție își continuă propagarea prin miezul fibrei optice în paralel cu radiația cuplată în modurile de propagare prin învelișul acesteia până la incidența pe oglinda depusă pe cspătul fibrei optice unde suferă o reflexie de 100% la 180°, continuându-și propagarea în sens invers până la incidența pe rețeaua de difracție. În acest moment aceeași fracțiune din puterea optică este recuplată la modul fundamental ce se propagă prin miez. Această recuplare va cauza interferența dintre radiația care s-a propagat prin înveliș cu aceea a modului fundamental care s-a propagat neperturbată prin miez. Datorită acestei interferențe o serie de franje spectrale hiperfine având lărgimi spectrale de 1 - 2 nm se formează în fiecare dintre benzile largi de absorbție



caracteristică LPG-ului. Utilizarea ca senzor a unui LPG se bazează pe deplasarea spre UV (micșorarea lungimii de undă) în cazul în care indicele de refracție al mediului ambiant al fibrei este mai mic decât cel al învelișului acesteia sau spre IR (mărirea lungimii de undă) în cazul în care indicele de refracție al mediului ambiant al fibrei este mai mic decât cel al învelișului acesteia și/sau splitarea acestor benzi de absorbție. Datorită lărgimilor lor spectrale, rezoluția unor senzori folosind LPG unice are o valoare care poate să fie mult îmbunătățită. Între LPG inscripționat în miezul aceleiași fibre optice și oglinda 100% depusă pe capătul fibrei optice se formează un interferometru cu o lungime a cavității, L_{CAV} , din care o porțiune de $2 \times L_{imer}$ este imersată în fluidul al cărui nivel trebuie determinat. Indicele de refracție al mediului ambiant al SILPG variază funcție de L_{imer} astfel încât structura hiperfină de interferență creată în una din benzile de absorbție din spectrul de transmisie al SILPG se va modifica în momentul în care L_{imer} variază, putându-se observa shiftările de 1-2 nm ale maximelor structurii hiperfine corespunzând, funcție de geometria incintei închise precum și de parametrii monturilor mecanice ale SILPG, unor modificări de nivel al fluidului din incinta închisă de cu o precizie de ordinul a 0,01 microni, în estimări fiind incluse și efectelor de tensiune superficială de la interfața fluid - învelișul fibrei optice.

Invenția prezintă următoarele avantaje:

- Este realizabilă în condiții uzuale de laborator fără dotări suplimentare costisitoare, având o eficiență economică mare, în condițiile în care poate să fie utilizată pentru construcția de aparate de mici dimensiuni de determinare a nivelului fluidului dintr-o incintă închisă.
- Este utilizabilă cu o precizie de determinare a nivelului fluidului dintr-o incintă închisă de până la 0,01 microni.
- Este compatibilă cu producerea de sisteme automatizate de control al debitului de curgere.

Se dă în continuare un exemplu de realizare a invenției, în legătură și cu Fig. 1 și Fig. 2, care reprezintă:

- Fig. 1, schema de principiu a unui senzor interferometric de tip SILPG;
- Fig. 2, forma preferată de realizare a invenției.

O formă preferată de realizare a invenției se prezintă în continuare, în legătură cu Fig. 2. Senzorul optoelectronic interferometric cu fibră optică pasivă de tip SILPG este alcătuit dintr-un **Interogator de fibră optică (1)** care emite un fascicul de lumină cu o putere de 1-5 mW, cu o bandă spectrală largă având maximul de emisie la o lungime de undă situată în domeniul 1300-1600 nm și care are și rolul de a analiza structura hiperfină generată datorită variațiilor nivelului

14

fluidului monitorizat (2), o **fibră optică (3)** monomod în miezul căreia s-a realizat o rețea de difracție de perioadă lungă (**LPG (4)**), fibră a cărei acoperire de protecție a fost îndepărtată pe porțiunea imediat înaintea **LPG** și până la capăt și la capătul căreia a fost depusă o **oglină** de 100 % (**5**), în miezul căreia se cuplează fasciculul emis de (**1**), și un sistem de fixare și susținere a fibrei compus din **Flanșa superioară (6)**, 4-8 **Etrieri superiori (7)**, care au rolul de a fixa **LPG (4)** la o poziție predeterminată față de (**6**), o **Trecere etanșă (8)** montată pe **incinta închisă (9)** și prevăzută cu o **Garnitură de etanșare (10)**, prin care trece fibra (**3**), 4-8 **Etrieri inferiori (11)** și **Flanșa inferioară (12)**, de care este lipit capătul cu oglinda (**5**) al fibrei (**3**), totul imersat în **Fluidul monitorizat (2)**.

9

REVENDICĂRI

- 1 Dispozitiv optoelectronic interferometric de tip Self-Interference Long Period Grating (SILPG) creat într-o fibră optică monomod pasivă pentru determinarea nivelului fluidului dintr-o incintă închisă prin măsurarea deplasărilor spectrale ale structurilor hiperfine induse de modificarea drumului optic datorită variațiilor nivelului fluidului, **caracterizat prin aceea că** este alcătuit dintr-un **Interogator de fibră optică (1)** care emite un fascicul de lumină cu o putere de 1-5 mW, cu o bandă spectrală largă având maximul de emisie la o lungime de undă situată în domeniul 1300-1600 nm și care are și rolul de a analiza structura hiperfină generată datorită variațiilor nivelului **fluidului monitorizat (2)**, o **fibră optică (3)** monomod în miezul căreia s-a realizat o rețea de difracție de perioadă lungă (**LPG (4)**), fibră a cărei acoperire de protecție a fost îndepărtată pe porțiunea imediat înaintea **LPG (4)** și până la capăt și la capătul căreia a fost depusă o **oglină de 100 % (5)**, în miezul căreia se cuplează fasciculul emis de **(1)**, și un sistem de fixare și susținere a fibrei compus din **Flanșa superioară (6)**, 4-8 **Etrieri superiori (7)**, care au rolul de a fixa **LPG (4)** la o poziție predeterminată față de **(6)**, o **Trecere etanșă (8)** montată pe **incinta închisă (9)** și prevăzută cu o **Garnitură de etanșare (10)**, prin care trece fibra **(3)**, 4-8 **Etrieri inferiori (11)** și **Flanșa inferioară (12)**, de care este lipit capătul cu oglinda **(5)** al fibrei **(3)**, totul imersat în **Fluidul monitorizat (2)**.

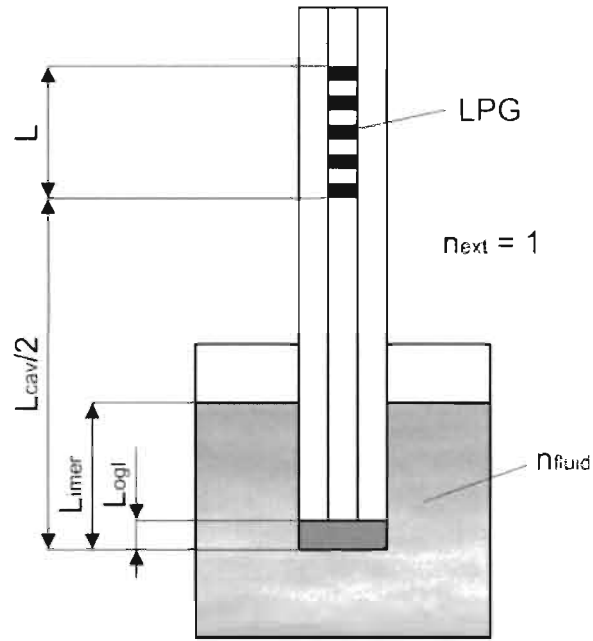


Fig. 1

4

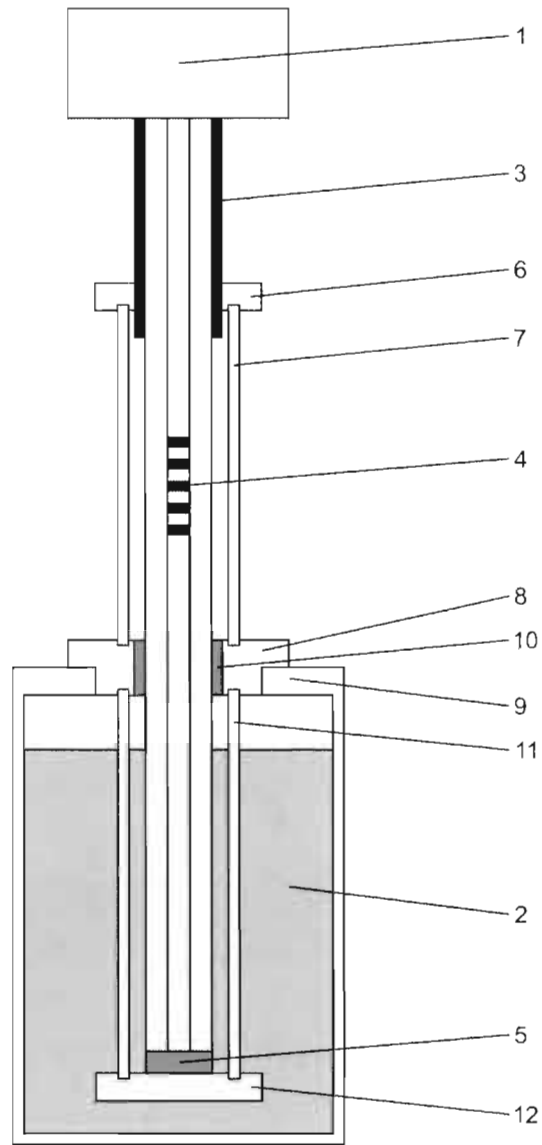


Fig. 2

9