



(12)

## CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: **a 2018 00689**

(22) Data de depozit: **18/09/2018**

(41) Data publicării cererii:  
**30/03/2020** BOPi nr. 3/2020

(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;

• LĂNCRĂNȚAN 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, BI.16, SC. A, AP. 2  
SECTOR 1, BUCUREȘTI, B, RO;  
• TĂUTAN MARINA, STR.EMIL RACOVITȚA  
NR.6, BL.R1, SC.2, AP.45, SECTOR 4,  
BUCUREȘTI, B, RO

(54) **DISPOZITIV OPTOELECTRONIC INTERFEROMETRIC  
ÎN FIBRĂ OPTICĂ PASIVĂ DE TIP TWIN-LPG  
PENTRU DETECȚIA BACTERIILOR *ESCHERICHIA COLI* ȘI  
*KLEBSIELLA PNEUMONIAE* ÎN APĂ DIN REȚEAUA  
CURENTĂ**

### (57) Rezumat:

Invenția se referă la un dispozitiv optoelectronic interferometric cu fibră optică pasivă, de tip Twin-LPG (Twin-Long Period Grating), pentru detecția tulpinilor patogene ale bacteriilor *Escherichia coli* și/sau specii ale bacteriei *Klebsiella pneumoniae* aflate în apa din rețeaua curentă, și măsurarea concentrațiilor acestora. Dispozitivul conform invenției cuprinde un interogator FBG (1) care emite o radiație luminoasă cu o putere de 5...20 mW și o lărgime spectrală de 250...350 nm, cu maximum de emisie la o lungime de undă situată în domeniul 1300...1600 nm, un circulator (2) care permite trecerea radiației luminoase dinspre interogatorul FBG (1) spre o fibră optică monomod, în care este fabricat un ansamblu (3) interferometric Twin-LPG, montată axial într-o incintă (4) etanșată, imersată într-un flux de apă potabilă de analizat, care curge prin incintă (4), fiind extras printr-un ștuț (5) de admisie, și returnat printr-un ștuț (6) de evacuare din și spre o țevă (7) a rețelei de apă curentă, și în al cărui spectru au fost induse deplasări spectrale ale structurilor hiperfine de franje de interferență, datorită variației indicelui de refracție al apei de analizat, produse de prezența tulpinilor patogene ale bacteriilor menționate, radiația fiind transmisă dinspre ansamblul (3) interferometric spre circulator (2) și, de aici, spre interogatorul FBG (1) unde este transformată în semnal electronic preprocesat, și transmis la un PC (8) unde este prelucrat,

identificându-se tulpinile patogene folosind un algoritm bazat pe relațiile Kramers-Kronig, este determinată concentrația acestora, și sunt înregistrate și afișate rezultatele obținute.

Revendicări: 1  
Figuri: 3

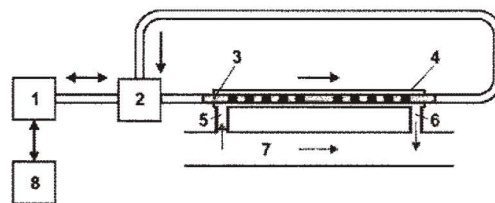
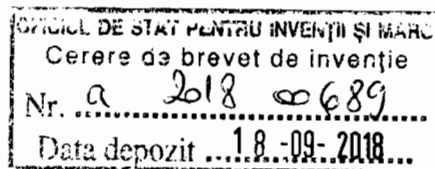


Fig. 3





## **DISPOZITIV OPTOELECTRONIC INTERFEROMETRIC ÎN FIBRĂ OPTICĂ PASIVĂ DE TIP TWIN-LPG PENTRU DETECȚIA BACTERIILOR ESCHERICHIA COLI ȘI KLEBSIELLA PNEUMONIAE ÎN APA DIN REȚEAUA CURENTĂ**

Invenția se referă la un dispozitiv optoelectronic interferometric de tip Twin-LPG creat într-o fibră optică monomod pasivă pentru detecția și identificarea tulpinilor patogene ale bacteriilor *Escherichia coli* și *Klebsiella pneumoniae* aflate în apa din rețeaua curentă și măsurarea concentrației acestora.

Se cunoaște din literatură faptul că pentru multe aplicații industriale, medicale și militare sunt de interes, unele fiind utilizate, metode de detecție și identificare a celor 40 de tulpini catalogate până în prezent ale bacteriei *Escherichia coli*, dintre care cel puțin 10 sunt patogene, unele virulent patogene, putând provoca decesul oamenilor infectați, precum și a celor 12 specii și sub-specii catalogate ale bacteriei *Klebsiella pneumoniae*, toate patogene, putând cauza îmbolnăviri grave încheiate cu decesul pacienților, de exemplu, în spitalele de arși, bacterii care pot infesta apa potabilă folosită pentru igienă și pentru băut. În acest sens se cunosc metode și dispozitive construite pe baza utilizării unor senzori biochimici pentru detecția tulpinilor bacteriei *Escherichia coli* și a speciilor bacteriei *Klebsiella pneumoniae*. Aceste metode și dispozitive sunt caracterizate de un principiu comun: detecția și/sau determinarea concentrațiilor de tulpini ale bacteriei *Escherichia coli* folosind reacții biochimice legate de ciclul metabolic al acestor bacterii definit, în ultimă instanță, de codul genetic al micro-organismului, reacții biochimice care se desfășoară pe durate lungi de timp, de la 17 până la 24 de ore, lăsând durate scurte de timp pentru tratarea bolnavilor infectați, devenind posibil decesul unora dintre aceștia datorită instituirii blocajului renal sau a septicemiei. În acest sens, în cazul detecției tulpinilor bacteriei *Escherichia coli*, amintim brevetele U.E. nr. EP0282733A2, EP1321530A2 și EP1321530A3, precum și cele înregistrate în S.U.A. nr. US 20130316369A1, US 20110008449A1, US 8280471B2, US 8178340B2, US 7041811B2, US 4923804, US 6489107B1, US 20100092511A1, US 20090156943A1, US 8586057B2, US 9937271B2, US20030113731A1, US20110008449A1, US20140193824A1, US20140364579A1, US 20150110830A1, US 20160015781A1, US 20170081709A1 și US 20170173179A1, brevete care se referă la metode și aparate de detecție a tulpinilor bacteriei *Escherichia coli* în soluție apoasă, aflate în medii de cultură. De asemenea, în cazul detecției speciilor bacteriei *Klebsiella pneumoniae*, amintim brevetele înregistrate în S.U.A.

nr. US4072571, US7393678, US8182996, US9284550B2, US9617314, US20100129408, US20110287452, US20120058487, US20150141270 și US20180078630. Dezavantajul principal al acestor soluții este acela că necesită durate de timp îndelungate, comparabile cu timpii de incubare a tulpinilor bacteriei *Escherichia coli* sau a speciilor bacteriei *Klebsiella pneumoniae*, inclusiv al celor violent patogene. Această stare de fapt combinată cu lipsa unor simptome de genul febră în cazul îmbolnăvirii cu bacterii de *Escherichia coli* sau *Klebsiella pneumoniae* poate însemna riscul agravării stării de sănătate a bolnavilor infectați cu astfel de bacterii, incluzând și posibilitatea decesului unora dintre bolnavi, în principal datorită blocajului renal sau septicemiei. De asemenea, un alt dezavantaj major al acestor soluții constă în faptul că aplicarea lor necesită o infrastructură de echipamente de laborator scumpe, având costuri mari de utilizare/întreținere, nefiind posibilă utilizarea lor în stații de epurare, de tratare a apei. Aplicarea unora dintre aceste soluții înseamnă și analiza codului genetic al bacteriilor recoltate, analiză ce poate fi efectuată de specialiști de înaltă calificare, fapt care este o altă sursă de mărire a costurilor de utilizare.

Dezavantajul major, principial, al acestor soluții constă în aceea că nu au fost gândite pentru detectarea rapidă, în mod continuu, în rețeaua de apă curentă, a infestării cu tulpinile patogene ale bacteriei *Escherichia coli* sau cu speciile bacteriei *Klebsiella pneumoniae* în condiții de rentabilitate economică.

Dispozitivul conform invenției înlătură dezavantajele arătate mai înainte prin aceea că permite detecția și identificarea, în flux continuu, neinvaziv, prin cuplare la rețeaua de apă curentă, a tulpinilor patogene ale bacteriei *Escherichia coli* și/sau a speciilor bacteriei *Klebsiella pneumoniae* prin evaluarea modificărilor celor două căi optice ale unui interferometru în fibră optică de tip Twin-LPG, determinând și concentrația acestor bacterii patogene, permițând astfel și aplicarea unor măsuri de siguranță prin automatizarea închiderii fluxului de apă curentă în cazul infestării. Conform literaturii, determinarea concentrației de tulpini patogene ale bacteriei *Escherichia coli* și/sau de specii ale bacteriei *Klebsiella pneumoniae* este necesară pentru stabilirea cu o acuratețe cât mai mare a dozajului curățirii, uzual chimice, a apei de tulpinile patogene ale bacteriei *Escherichia coli* și/sau de specii ale bacteriei *Klebsiella pneumoniae* pentru a nu se crea alte probleme medicale.

Problema tehnică pe care prezenta invenție își propune să o rezolve constă în detecția tulpinilor patogene ale bacteriei *Escherichia coli* și/sau a speciilor bacteriei *Klebsiella pneumoniae*

aflate în apa curentă și determinarea concentrației acestora prin evaluarea modificărilor căilor optice ale unui interferometru cu fibră optică monomod de tip Twin-LPG.

Elementul principal al dispozitivului de detecție și identificare a tulpinilor patogene ale bacteriei *Escherichia coli* și/sau a speciilor bacteriei *Klebsiella pneumoniae* aflate în apa curentă și determinarea concentrației acestora conform invenției, în legătură cu Fig. 1, constă într-un senzor optoelectronic interferometric de tip Twin-LPG pentru determinarea prezenței compușilor biochimici specifici acestor bacterii, adică enzime, proteine, lipide, polizaharide, acizi nucleici, polizaharide și lipopolizaharide. Senzorul optoelectronic interferometric de tip Twin-LPG constă din două rețele identice de difracție de tip LPG (Long Period Grating), fiecare având lungimea  $L$  și perioada  $\Lambda$ , imprimate în miezul unei fibre optice monomod prin iradiere cu un fascicul laser cu emisie lungime de undă de emisie în UV sau prin deformarea termică permanentă cu arc electric sau iradiere cu un fascicul laser CO<sub>2</sub> a formei unei fibre optice monomod și aflate la distanța  $L_{CAV}$  una de cealaltă. Cele două LPG-uri identice formează un interferometru, denumit Twin-LPG, având lungimea cavității  $L_{CAV}$ . La un capăt al fibrei optice monomod în care a fost creat interferometrul de tip Twin-LPG este cuplat un fascicul optic, adică o radiație electromagnetică, iar la celălalt capăt este montat un detector optic. 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 zecilor de nm. Maximele acestor benzi de absorbție  $\lambda^i$  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  $\Lambda$  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 împrăștierei 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  $\omega$  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. Utilizarea ca senzor a unui LPG se bazează pe splitarea și/sau shiftarea acestor benzi de absorbție. Datorită lărgimilor lor spectrale, rezoluția unor senzori folosind LPG unice are o valoare care poate să fie mult îmbunătățită. Această îmbunătățire a rezoluției senzorilor folosind LPG se poate face prin cuplarea, prin înserierea, pe aceeași fibră optică monomod, a două sau chiar trei LPG. Astfel, între două LPG inscripționate una după alta în miezul aceleiași fibre optice se formează un interferometru cu o anumită lungime a cavității,  $L_{CAV}$ . O parte din radiația ce se propagă prin miezului fibrei optice este cuplată în învelișul acesteia la incidența pe primul LPG, propagându-se spre a doua LPG, prin învelișul fibrei ca *whispering modes*, partea rămasă continuându-și propagarea prin miez, de asemenea, spre a doua LPG. 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 se formează în fiecare dintre benzile largi de absorbție caracteristice fiecăreia dintre cele două LPG considerată independent.

Se poate observa faptul că utilizarea ca senzor a unui interferometru cu fibră optică monomod pasivă de tip Twin-LPG se bazează pe observarea modificărilor drumurilor optice parcurse de modurile radiației electromagnetice, ale fascicului luminos, care se propagă prin miezul și prin învelișul fibrei optice monomod, care, chiar dacă au aceeași lungime geometrică,  $L_{CAV}$ , depind de valorile efective ale indicelui de refracție al miezului, respectiv învelișului. Pentru înțelegerea fenomenului fizic exploatat în dispozitivul conform invenției, este de reținut detaliul, în legătură cu Fig. 1, că porțiunea fibrei optice în care este creat interferometrul de tip Twin-LPG este în contact direct cu apa care trebuie analizată, detaliu care este coroborat cu acela că valorile efective ale indicelui de refracție ale modurilor radiației electromagnetice care se propagă prin învelișul fibrei optice monomod depind de valorile indicelui de refracție al mediului ambiant al

fibre optice, adică al apei de analizat. Modificările drumurilor optice parcurse de modurile radiației electromagnetice, ale fasciculului luminos, care se propagă prin miezul și prin învelișul fibrei optice monomod datorate variațiilor indicelui de refracție ale mediului ambiant al fibrei optice monomod vor induce deplasări spectrale ale structurilor hiperfine de franje de interferență ce pot fi monitorizate cu un fotodetector. De asemenea, se poate observa că finețea structurilor hiperfine de franje de interferență care se formează în benzile de absorbție caracteristice fiecărei LPG considerată independent poate să fie mărită prin asigurarea unui dublu parcurs al radiației prin interferometrul format de cele două rețele de difracție ale Twin-LPG. Acest dublu parcurs se realizează asigurând ca un anumit procent din radiația luminoasă transmisă de ansamblul Twin-LPG să se propage înapoi prin acesta datorită unei reflexii pe capătul liber al fibrei optice. Distanța, în lungul fibrei optice, dintre capătul liber al fibrei optice și ansamblul Twin-LPG nu determină structurile hiperfine de franje de interferență care se formează datorită acestui dublu parcurs optic al radiației luminoase prin ansamblul Twin-LPG.

De asemenea, se poate observa și că prezenta invenție rezolvă și problema tehnică foarte importantă a identificării tulpinii bacteriei *Escherichia coli* aflată în fluxul de apă curentă prin corelarea deplasărilor maximelor benzilor de absorbție și a structurilor hiperfine conținute de acestea create în spectrul de transmisie al fibrei optice monomod în care a fost fabricată structura interferometrică de tip Twin-LPG, utilizând relațiile Kramers-Kronig, cu spectrele de transmisie optică ale compușilor biochimici caracteristici tulpinilor bacteriei *Escherichia coli*. În mod uzual, ciclul metabolic al oricărei tulpini de *Escherichia coli* sau specii de *Klebsiella pneumoniae* poate să fie definit prin evoluția în timp a concentrațiilor a 1900 până la 2000 de compuși biochimici. Spectrele optice de transmisie din domeniul IR caracteristice ale acestor compuși biochimici sunt de tipul tranzițiilor moleculare vibraționale, catalogate și digitizate în baze de date cu acces public, de unde pot să fie obținute relativ ușor, în Tabelul 1 fiind indicate cele cinci ferestre spectrale în care sunt situate tranzițiile vibraționale caracteristice precum și tipurile de compuși biochimici cărora le sunt caracteristice. În mod uzual, aceste spectre optice de transmisie din domeniul IR caracteristice compușilor biochimici bacteriilor *Escherichia coli* și *Klebsiella pneumoniae* sunt obținute în cazul utilizării apei ca solvent.

Tabel 1: Definițiile celor cinci ferestre spectrale specifice spectrelor IR ale micro-organismelor.

| Fereastră spectrală (cm <sup>-1</sup> ) | Moduri de vibrație caracteristice ale compușilor biochimici                                                                                                                                                                            |
|-----------------------------------------|----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| w1 (3000-2800)                          | C-H vibrații de întindere ale CH, CH <sub>2</sub> și CH <sub>3</sub> din grupurile funcționale ale acizilor grași din membrana celulei și din lanțurile de aminoacizi                                                                  |
| w2 (1800-1500)                          | C=O vibrații de întindere ale amidelor legate de proteine<br>N-H deformații ale amidelor legate de proteine<br>>C=O vibrații de întindere ale grupurilor de esteri din lipide<br>>C=O, >C=N, >C=C< alungiri ale moleculelor ADN și ARN |
| w3 (1500-1200)                          | >CH <sub>2</sub> și -CH <sub>3</sub> modurile de îndoire                                                                                                                                                                               |
| w4 (1200-900)                           | vibrații simetrice de întindere ale grupurilor PO <sup>-2</sup> din acizii nucleici<br>vibrații de întindere ale legăturilor C-O-C și C-O-P din carbohidrați și polizaharide din membrana celulară                                     |
| w5 (900-700)                            | vibrații ale inelelor aromatice ale aminoacizilor aromatici                                                                                                                                                                            |

Detecția și identificarea tulpinilor patogene de *Escherichia coli* aflate într-un flux de apă curentă și determinarea concentrației acestora, în legătura cu Fig. 2 și Fig. 3, fluxul de apă fiind extras din rețeaua de apă curentă prin două ștuțuri care au diametrul interior minim de 40-100 μm și curgând printr-un cilindru etanșat în care este montată axial fibra optică monomod în care a fost fabricat interferometrul de tip Twin-LPG astfel încât curgerea apei să se facă în mod laminar peste toată suprafața exterioară a învelișului acesteia printr-un interstițiu cilindric având grosimea de 40 - 100 μm, adică de 10 - 25 de ori dimensiunea transversală maximă a bacteriilor *Escherichia coli* și/sau *Klebsiella pneumoniae*, de 5 μm, se face prin măsurarea variațiilor de putere optică a fasciculului luminos incident pe o matrice de diode a unui interogator FBG la anumite lungimi de undă, variații produse de deplasările spectrale ale structurilor hiperfine de franje de interferență generate de modificarea drumurilor optice parcurse de modurile de propagare ale fasciculului luminos, care se propagă prin miezul și prin învelișul fibrei optice monomod, fasciculul luminos fiind generat de o sursă de lumină de bandă largă alimentată și comandată de electronica de control a interogatorului FBG și transmis prin circulatorul optic al interogatorului FBG spre fibra optică monomod în care a fost fabricat interferometrul de tip Twin-LPG.

Invenția prezintă următoarele avantaje:

- Este realizabilă în condiții uzuale de laborator de chimie, 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 detecție a tulpinilor patogene de *Escherichia coli* și/sau *Klebsiella pneumoniae* aflate în apa curentă și de determinare a concentrației acestora.

- Este realizabilă astfel încât să nu permită distrugerea mecanică a fibrei optice monomod în care este fabricat interferometrul Twin-LPG precum și depunerea unui strat superficial de bacterii *Escherichia coli* și/sau *Klebsiella pneumoniae* pe suprafața exterioară a învelișului acestei fibre optice.
- Este compatibilă cu producerea de sisteme automatizate de control al debitului de curgere cuplate la rețeaua de apă curentă pentru detecția tulpinilor patogene de *Escherichia coli* și/sau *Klebsiella pneumoniae* aflate în apa potabilă și de determinare a concentrației acestora.

În Fig. 1 este prezentată schematic funcționarea senzorului interferometric de tip Twin-LPG. Este prezentată, de la stânga la dreapta, propagarea fasciculului emis de **Sursă de lumină de bandă largă** în miezul fibrei optice monomod, împrăștierea unei părți din fasciculul emis de LED pe prima rețea de difracție LPG de lungime  $L$ , modurile radiației fundamentale împrăștiate fiind figurate prin săgeți mici negre, propagarea acestor părți de radiație, adică a modului fundamental și a celor împrăștiate, în paralel, pe distanța  $L_{CAV}$ , prin miezul fibrei modul fundamental și prin învelișul fibrei, adică prin volumul cilindric adiacent miezului, ca *whispering modes*, a modurilor împrăștiate, recuplarea la modul fundamental, prin interferență, la întâlnirea celei de a doua LPG, a modurilor împrăștiate.

În Fig. 2 este prezentată schematic structura **Interogatorului FBG** al senzorului optoelectronic interferometric în fibră optică pasivă de tip Twin-LPG. În figură este prezentată modalitatea de interconectare a semnalului funcțional al senzorului conform invenției, emis de **Electronică de control** și transmis la **Sursă de lumină de bandă largă** și retransmis, de la aceasta, ca fascicul de lumină, la **Circulator optic** de unde este transmis, tot ca fascicul de lumină, spre fibra optică în care este incident pe interferometrul de tip Twin-LPG și modificat datorită apei posibil infestate cu tulpini patogene ale bacteriei *Escherichia coli* și/sau specii ale bacteriei *Klebsiella pneumoniae*, fiind retransmis ulterior la **Circulator Optic** de unde ajunge la **Matrice de diode** unde este măsurată puterea optică la valori predefinite ale lungimii de undă optică rezultând un semnal electronic preluat, pre-procesat și stocat în **Electronică de control** de unde este retransmis la un **PC** pentru procesare, identificarea tulpinilor patogene ale bacteriei *Escherichia coli* și/sau specii ale bacteriei *Klebsiella pneumoniae*, folosind un algoritm bazat pe relațiile Kramers-Kronig, determinarea concentrației acestora, înregistrarea rezultatelor și afișare.

O formă preferată de realizare a invenției se prezintă în continuare, în legătură cu Fig. 3. Senzorul optoelectronic interferometric cu fibră optică pasivă de tip Twin-LPG este alcătuit dintr-



un **Interogator FBG (1)** care emite o radiație luminoasă, cu o putere de 5-20 mW și o lărgime spectrală de 250-350 nm, cu maximul de emisie la o lungime de undă situată în domeniul 1300-1600 nm, un **Circulator (2)** care permite trecerea radiației luminoase dinspre (1) spre o **Fibră optică monomod în care este fabricat ansamblul interferometric Twin-LPG (3)**, montată axial într-o **Incintă etanșată (4)**, imersată în fluxul de apă potabilă de analizat care curge prin (4), fiind extras printr-un **Ștuț admisie (5)** și returnat printr-un **Ștuț evacuare (6)** din și spre **Țeava (7)** a rețelei de apă curentă și în al cărei spectru au fost induse deplasări spectrale ale structurilor hiperfine de franje de interferență datorită variației indicelui de refracție al apei de analizat produse de prezența tulpinilor patogene ale bacteriei *Escherichia coli* și/sau specii ale bacteriei *Klebsiella pneumoniae* fiind transmisă dinspre (3) spre (2) și de la (2) spre (1) unde este convertită în semnal electronic pre-procesat în (1) și transmis la **PC (8)** unde este procesat, sunt identificate tulpinile patogene ale bacteriei *Escherichia coli* folosind un algoritm bazat pe relațiile Kramers-Kronig, este determinată concentrația acestora, sunt înregistrare și afișate rezultatele.

## REVENDICĂRI

Senzor optoelectronic interferometric în fibră optică monomod pasivă de tip Twin-LPG pentru detecția și identificarea tulpinilor patogene ale bacteriilor *Escherichia coli* și/sau specii ale bacteriei *Klebsiella pneumoniae* aflate în apa din rețeaua curentă și măsurarea concentrației acestora prin măsurarea variațiilor de putere optică a fasciculului incident pe fotodetector, variații produse de deplasările spectrale ale structurilor hiperfine de franje de interferență generate de modificarea indicelui de refracție al apei din rețeaua curentă sub efectul infestării cu tulpini patogene ale bacteriilor *Escherichia coli*, **caracterizat prin aceea că** este alcătuit dintr-un **Interogator FBG (1)** care emite o radiație luminoasă, cu o putere de 5-20 mW și o lărgime spectrală de 250-350 nm, cu maximum de emisie la o lungime de undă situată în domeniul 1300-1600 nm, un **Circulator (2)** care permite trecerea radiației luminoase dinspre (1) spre o **Fibră optică monomod în care este fabricat ansamblul interferometric Twin-LPG (3)**, montată axial într-o **Incintă etanșată (4)**, imersată în fluxul de apă potabilă de analizat care curge prin (4), fiind extras printr-un **Ștuț admisie (5)** și returnat printr-un **Ștuț evacuare (6)** din și spre **Țeava (7)** a rețelei de apă curentă, și în al cărei spectru au fost induse deplasări spectrale ale structurilor hiperfine de franje de interferență datorită variației indicelui de refracție al apei de analizat produse de prezența tulpinilor patogene ale bacteriei *Escherichia coli* fiind transmisă dinspre (3) spre (2) și de la (2) spre (1) unde este convertită în semnal electronic pre-procesat în (1) și transmis la **PC (8)** unde este procesat, sunt identificate tulpinile patogene ale bacteriei *Escherichia coli* și/sau specii ale bacteriei *Klebsiella pneumoniae* folosind un algoritm bazat pe relațiile Kramers-Kronig, este determinată concentrația acestora, sunt înregistrare și afișate rezultatele.

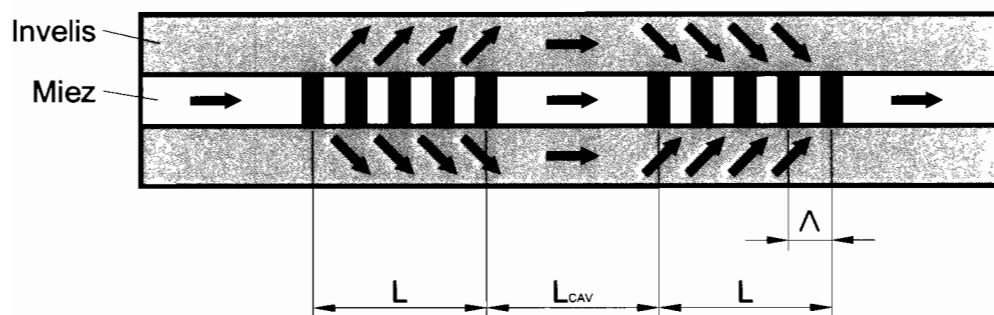


Fig. 1

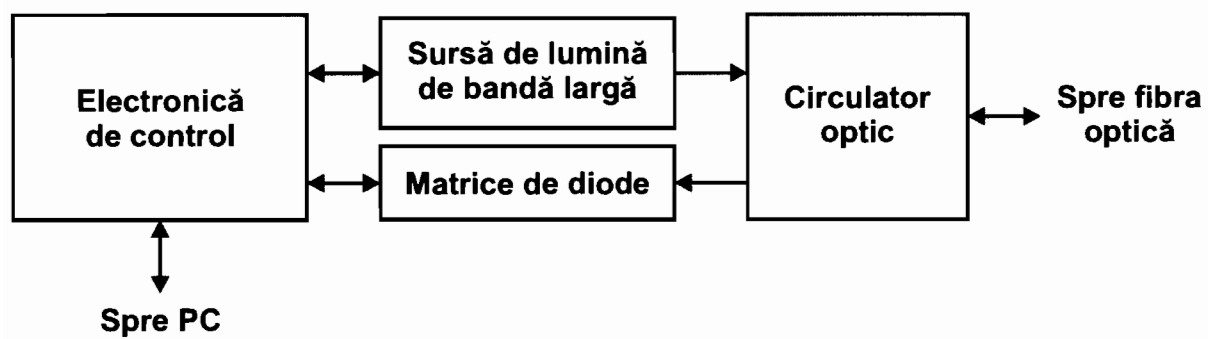


Fig. 2

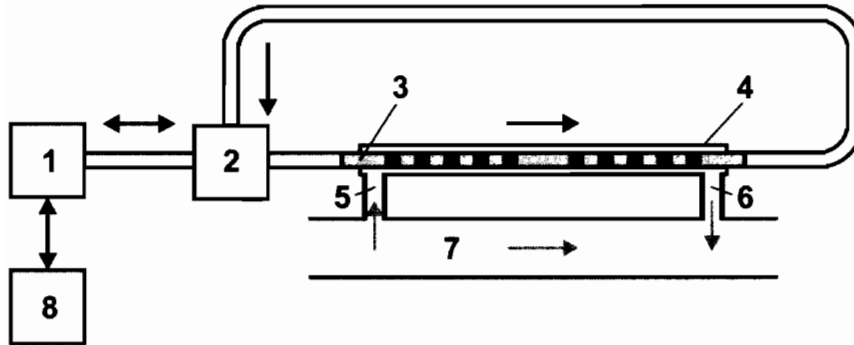


Fig. 3