



(12)

CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2015 00951

(22) Data de depozit: 02/12/2015

(41) Data publicării cererii:
30/06/2017 BOPI nr. 6/2017

(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;
• TĂUTAN MARINA NICOLETA,
STR. EMIL RACOVITĂ NR. 6, BL. R1, SC. 2,
AP. 45, SECTOR 4, BUCUREȘTI, B, RO;
• CĂLIN MIHAELA ANTONINA,
STR.DOBRINA NR.12, BL.49 D 1, SC.1,
ET.9, AP.115, SECTOR 2, BUCUREȘTI, B,
RO;
• MANEA DRAGOȘ, STR. ISLAZ NR. 62,
ADUNAȚII COPĂCENI, GR, RO

(54) **SENZOR OPTOELECTRONIC INTERFEROMETRIC CU FIBRĂ OPTICĂ PASIVĂ DE TIP SILPG PENTRU DETERMINAREA STĂRII DE SĂNĂTATE A STRUCTURILOR MECANICE, ȘI PROCEDEU DE REALIZARE A ACESTUIA**

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un senzor optoelectronic interferometric cu fibră optică pasivă de tip SILPG, Self-Interference Long Period Grating, pentru determinarea stării structurilor mecanice, și la un procedeu de realizare a senzorului SILPG. Senzorul conform invenției este alcătuit dintr-un LED superluminiscent (1), cu o putere de 5...20 mW și o lărgime spectrală de 100...250 nm, cu maximul de emisie în domeniul 1300...1600 nm, un circulator de fibră optică (2), care permite trecerea dinspre LED (1) spre senzorul SILPG (3) și dinspre senzorul SILPG (3) spre un analizor de spectru optic (5), în care senzorul (3) are depusă pe capătul liber o oglindă (4).

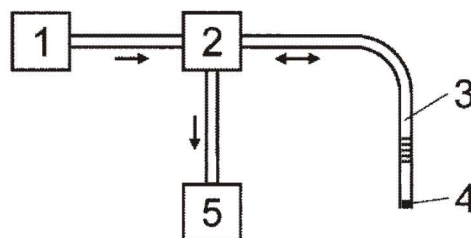


Fig. 2

Revendicări: 2
Figuri: 3

Cu începere de la data publicării cererii de brevet, cererea asigură, în mod provizoriu, solicitantului, protecția conferită potrivit dispozițiilor art.32 din Legea nr.64/1991, cu excepția cazurilor în care cererea de brevet de invenție a fost respinsă, retrasă sau considerată ca fiind retrasă. Întinderea protecției conferite de cererea de brevet de invenție este determinată de revendicările conținute în cererea publicată în conformitate cu art.23 alin.(1) - (3).



**SENZOR OPTOELECTRONIC INTERFEROMETRIC CU FIBRĂ OPTICĂ PASIVĂ
DE TIP SILPG PENTRU DETERMINAREA STĂRII DE SĂNĂTATE A
STRUCTURILOR MECANICE ȘI PROCEDEU DE REALIZARE A ACESTUIA**

Invenția se referă un senzor optoelectronic interferometric de tip SILPG (Self-Interference Long Period Grating) constituit în miezul unei fibre optice monomod pasive pe o rețea de difracție de tip LPG (Long Period Grating) pentru determinarea stării de sănătate a structurilor mecanice și la un procedeu de realizare a acestuia.

Se cunoaște din literatură faptul că pentru construcția și utilizarea structurilor mecanice de tipul aeronavelor, navelor maritime sau fluviale, automobilelor sau a instalațiilor industriale este esențială monitorizarea, așa cum este în general definită, a stării de sănătate, adică, în ultimă instanță, măsurarea tensiunilor mecanice create din perioada fabricației/construcției în interiorul acestor structuri. Criteriul de departajare dintre regimurile funcțional-nefuncțional pentru structurile mecanice analizate constă în determinarea prin măsurare cu o acuratețe cât mai mare a depășirii unei valori maxime admisibile date a tensiunilor mecanice.

Se cunosc senzori folosiți la determinarea stării de sănătate a structurilor mecanice ce folosesc dispozitive de tipul interferometrelor optice în diferite forme de montaje interferometrice (Michelson, Mach-Zehnder sau Fabry-Pérot), folosind principiile interferometriei optice pentru măsurarea tensiunilor mecanice existente create în componente mecanice ale structurilor de monitorizat. Dispozitivele de acest tip funcționează pe baza detectării și măsurării diferențelor dintre două drumuri optice, de referință și de măsurare, de lungime optică egală în momentul inițial, lungimea drumului optic de măsurare modificându-se datorită tensiunilor mecanice de măsurat. Dispozitivele de acest tip se caracterizează și prin faptul că o componentă optică, în mod uzual o oglindă de pe calea optică de măsurare, este montată pe piesa în care se măsoară tensiunile mecanice. În acest sens amintim brevetele S.U.A. nr. US4225236, US7738108B2, US20050179906A1, US20090122383A1 precum și brevetele WO nr. 1987002448A1, 1993014374A1 și 2003078946A1.

Dezavantajele principale ale acestor soluții constau în costurile mari de fabricație (fiind folosite componente optice, optoelectronice, ambele categorii de componente folosind acoperiri cu straturi subțiri depuse pe suprafețele optice active, precum și piese mecanice fine de mare precizie asamblate în condiții speciale), în faptul că dispozitivele de acest tip nu pot fi miniaturizate sub o anumită limită de volum și în faptul că pot fi utilizate numai montate pe suprafața pieselor/componentelor structurii mecanice a cărei stare de sănătate este de monitorizat.

Senzorul optoelectronic interferometric de tip SILPG conform invenției înlătură dezavantajele de mai sus prin aceea că nu implică costuri mari de fabricație (nu se folosesc componente optice, acoperiri cu straturi subțiri depuse pe suprafețele optice active și nici piese mecanice fine, ce ar necesita o asamblare de precizie), dimensiunile sale sunt foarte mici și poate fi înglobat chiar în materialul componentei care este monitorizată (de exemplu, în materiale compozite).

Procedeul de realizare a senzorului optoelectronic interferometric de tip SILPG conform invenției înlătură dezavantajele de mai sus prin aceea că permite realizarea controlată a oglinzii cu coeficient de reflexie de 99% formată din argint coloidal depus pe suprafața capătului liber al fibrei optice aflat la o distanța $L_{cav}/2$ de LPG (conform Fig. 1).

Problema tehnică pe care prezenta invenție își propune să o rezolve constă în monitorizarea sănătății structurilor mecanice prin măsurarea tensiunilor apărute în aceste structuri folosind un senzor optoelectronic interferometric de tip SILPG de volum mic și care să poată fi montat înglobat în structura monitorizată, prin înregistrarea modificărilor caracteristicilor structurii hiperfine din banda de absorbție caracteristică, cât și găsirea unui procedeu de realizare a acestuia prin depunerea chimică controlată, pe întreaga suprafață transversală față de axa unei fibre optice monomod a capătului liber al fibrei.

Un senzor interferometric de tip SILPG se bazează pe utilizarea unei rețele de difracție de tip LPG de o anumită lungime L și având perioada Λ creată în miezul unei fibre optice mono mod. 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 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 ce se produce se poate analiza ca și cuplajul, ca rezultat al împrăștierii pe rețeaua de difracție, modului de propagare prin miezul fibrei optice cu modurile posibile de propagare prin învelișul fibrei optice. Energia electromagnetică a modului ce se propagă prin miezul fibrei

optice este transferată modurilor posibile de propagare prin învelișul fibrei optice pentru care coeficientul tangențial de cuplaj $\kappa_i^{clad-core}$ este maxim. $\kappa_i^{clad-core}$ este definit prin relația:

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

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. 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 inserierea, pe aceeași fibră optică mono mod, 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 propagată prin miezul 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 fine se formează în banda de largă de absorbție caracteristică LPG izolate.

Senzorul optoelectronic interferometric de tip SILPG conform invenției, în legătură cu Fig. 1, permite realizarea unui montaj interferometric cu o anumită lungime a cavității, L_{CAV} , în interiorul unei fibre optice monomod folosind o LPG izolată impunând prin reflexie pe o oglindă de pe suprafața capătului liber al fibrei optice aflat la o distanța $L_{CAV}/2$ de LPG recuplarea la modul fundamental ce se propagă prin miezul fibrei optice a fracțiunii din puterea optică ce se propagă prin învelișul fibrei optice după incidența pe LPG.

Senzorul optoelectronic interferometric de tip SILPG este alcătuit, în legătură cu Fig. 2, dintr-un LED superluminiscent (1), cu o putere de 5-20 mW și o lărgime spectrală de 100 – 250 nm, cu maximul de emisie în domeniul 1300-1600 nm, un circulator de fibră optică (2), fibra optică LPG (3) care are depusă pe capătul liber o oglindă (4) și un analizor de spectru optic (5).

Procedeul de realizare a senzorului constă în depunerea chimică controlată a unei oglinzi de argint pe fața de la capătul liber a unei fibre optice cu LPG.

Procesul de depunere chimică a oglinzii de argint se desfășoară folosind reactivul Tollens (hidroxid de diamino-argint): se prepară o soluție din acest reactiv prin amestecarea unei soluții de azotat de argint cu o soluție de hidroxid de sodiu. În primă instanță va precipita hidroxidul de argint ce se prezintă sub forma unei mase insolubile de culoare albă. Aceasta se va brunifica foarte repede deoarece hidroxidul de argint este instabil și trece în oxid de argint, mult mai stabil și de culoare brun-închisă, neagră. După precipitare se adaugă o soluție diluată de amoniac care va dizolva precipitatul și va forma ionul complex de diamino argint, solubil în NH_3 . Se adaugă apoi α -lactoză la soluție. După ce lactoza a fost adăugată, soluția trece din forma unui lichid limpede la un lichid de culoare galben închis, moment în care capătul liber (pe care se face depunerea) al fibrei optice LPG este plasat în soluție, ca în Fig. 3.

Depunerea este monitorizată astfel: se realizează montajul din Fig. 3, alcătuit dintr-un LED superluminiscent (1), cu o putere de 5-20 mW și o lărgime spectrală de 100 – 250 nm, cu maximum de emisie în domeniul 1300-1600 nm, un circulator de fibră optică (2), fibră optică LPG (3) pe care se face depunerea, o cuvă de reacție chimică (4) în care are loc procesul de depunere chimică și un analizor de spectru optic (5), care monitorizează atingerea parametrilor doriți pentru structura hiperfină ce se formează în banda de absorbție caracteristică LPG.

Invenția prezintă următoarele avantaje:

- Permite realizarea unui senzor optoelectronic interferometric cu fibră optică SILPG de mare sensibilitate, cu o rezoluție foarte fină, de dimensiuni foarte mici și cu o mare versatilitate în ceea ce privește montarea în cadrul structurilor mecanice de monitorizat.
- Este extrem de eficientă în ceea ce privește costurile de fabricație.

În Fig. 1 este prezentată schematic, funcționarea senzorului de tip SILPG. În Fig. 1 a) este prezentată propagarea fasciculului emis de un LED superluminiscent în miezul (1) al fibrei optice, împrăștierea unei părți din fasciculul emis de LED pe rețeaua de difracție LPG de lungime L și propagarea acestei părți din radiație în învelișul (2) al fibrei optice, prin volumul cilindric adiacent miezului, ca whispering mode, reflectarea ambelor fascicule (T_{CO} – cel prin miez și T_{CL} – cel prin înveliș) de către oglinda de argint (3) de pe capătul liber al fibrei, aflată la distanța $L_{CAV}/2$ de rețeaua LPG, unde L_{CAV} este lungimea cavității. În Fig. 1 b) este prezentat drumul înapoi al fasciculelor reflectate de oglinda (3) până la ieșirea din fibră. În Fig. 2 este prezentat schematic senzorul. În Fig. 3 este prezentat schematic procedeul de realizare a senzorului SILPG.

O formă preferată de realizare a invenției se prezintă în continuare, în legătură cu fig. 2. Senzorul optoelectronic interferometric de tip SILPG realizat conform invenției este alcătuit dintr-un LED superluminiscent (1), cu o putere de 5-20 mW și o lărgime spectrală de 100 – 250 nm, cu maximul de emisie în domeniul 1300-1600 nm, un circulator de fibră optică (2) care permite trecerea dinspre LED spre senzorul SILPG (3) și dinspre senzorul SILPG (3) spre analizorul de spectru optic (5), senzorul SILPG (3) care are depus pe capătul liber o oglindă (4) precum și un analizor de spectru optic (5).

REVENDICĂRI

1. Senzor optoelectronic interferometric cu fibră optică pasivă de tip SILPG pentru determinarea stării de sănătate a structurilor mecanice, **caracterizat prin aceea că** este alcătuit dintr-un LED superluminiscent (1), cu o putere de 5-20 mW și o lărgime spectrală de 100 – 250 nm, cu maximum de emisie în domeniul 1300-1600 nm, un circulator de fibră optică (2) care permite trecerea dinspre LED spre senzorul SILPG (3) și dinspre senzorul SILPG (3) spre analizorul de spectru optic (5), senzorul SILPG (3) care are depus pe capătul liber o oglindă (4) precum și un analizor de spectru optic (5) care monitorizează atingerea parametrilor doriți pentru structura hiperfină ce se formează în banda de absorbție caracteristică LPG.

2. Procedeu de realizare a senzorului SILPG **caracterizat prin aceea că** acesta constă în următoarele: se prepară într-o cuvă de reacție chimică reactiv Tollens ($\text{Ag}(\text{NH}_3)_2\text{OH}$), se adaugă α -lactoză la soluție, apoi, după ce se obține un lichid de culoare galben închis, capătul liber (pe care se face depunerea) al fibrei optice LPG este plasat în soluție, din acest moment depunerea fiind monitorizată cu ajutorul unui montaj alcătuit dintr-un LED superluminiscent (1), cu o putere de 5-20 mW și o lărgime spectrală de 100 – 250 nm, cu maximum de emisie în domeniul 1300-1600 nm, un circulator de fibră optică (2), fibra optică LPG (3) pe care se face depunerea, cava de reacție chimică (4) în care are loc procesul de depunere chimică și un analizor de spectru optic (5), care monitorizează atingerea parametrilor doriți pentru structura hiperfină ce se formează în banda de absorbție caracteristică a LPG.

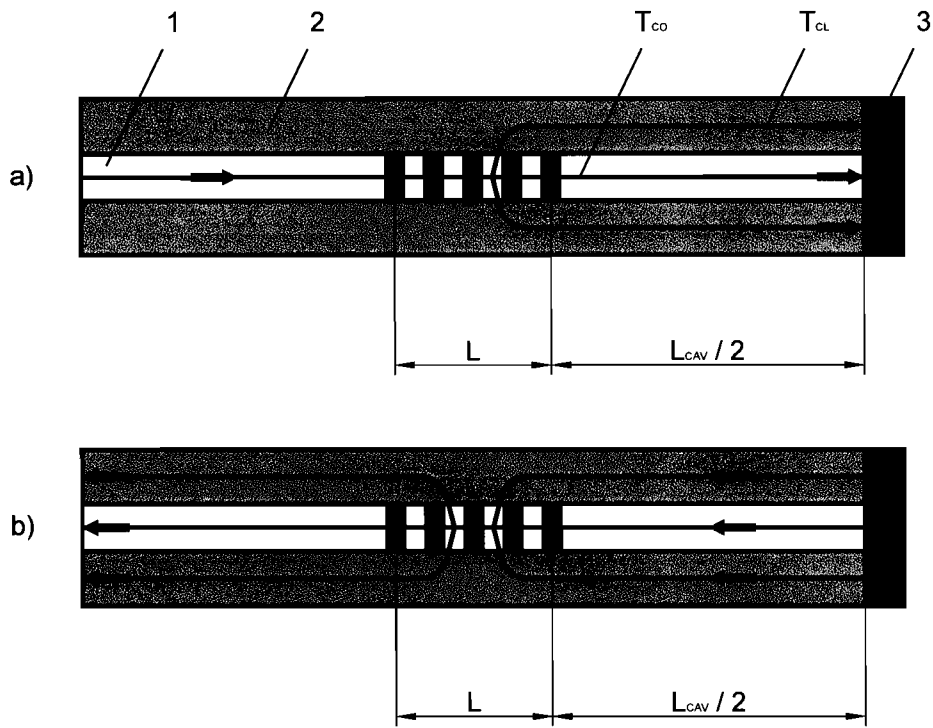


Fig. 1

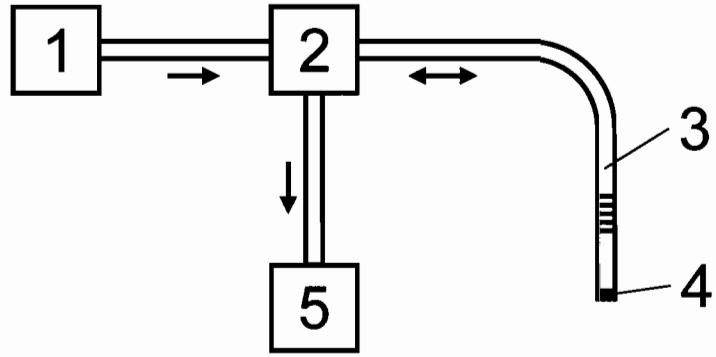


Fig. 2

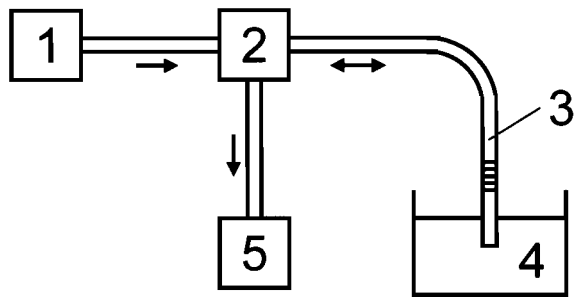


Fig. 3