



(12)

BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: **a 2011 00494**

(22) Data de depozit: **23/05/2011**

(45) Data publicării mențiunii acordării brevetului: **29/09/2017** BOPI nr. **9/2017**

(41) Data publicării cererii:
28/12/2012 BOPI nr. **12/2012**

(73) Titular:
• **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, AP.42, SECTOR 1,
BUCUREȘTI, B, RO;**
• **LÂNCRÂNJAN 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 RACOVIȚĂ NR.6, BL.R 1, SC.2,
AP.45, SECTOR 4, BUCUREȘTI, B, RO**

(56) Documente din stadiul tehnicii:
**WO 9910755 A2; R. GRIMBERG & CO,
"DETECTAREA ȘI CARACTERIZAREA
OBIECTELOR ÎNGROPATE UTILIZÂND
GPR" INTERNAȚIONAL CONFERENCE,
"STRUCTURAL INTEGRITY OF WELDED
STRUCTURES" ISCS09, TIMIȘOARA, 2009;
EP 1443319 A1**

(54) **METODĂ NEINVAZIVĂ ȘI DISPOZITIV PENTRU DETECȚIA
MINELOR ÎNGROPATE ÎN SOL**



Invenția se referă la o metodă neinvazivă, de la distanță, de detecție a minelor îngropate în sol, inclusiv a celor care nu conțin componente metalice, folosind un senzor optoelectronic acustic de tip emițător laser cu fibră optică cu reacție distribuită de tip DFB-FL (Distributed FeedBack Fiber Laser - laser cu fibră cu reacție inversă distribuită), cuplat cu un emițător laser corp solid de mare strălucire, cu funcționare în regim de comutație optică pasivă, folosit pentru excitarea de unde sonore în sol, și la un dispozitiv care aplică metoda.

Se cunosc dispozitive pentru detecția minelor îngropate în sol ce folosesc metode bazate pe recepția unui semnal electromagnetic de răspuns indus de curenții Eddy creați în componentele metalice chiar și de foarte mici dimensiuni, de genul cuielor percutoare, ale minelor îngropate de către un semnal electromagnetic emis spre zona din sol unde se presupune că este îngropată mina. În acest sens, amintim brevetul **US 6104193**. De asemenea, se cunosc dispozitive pentru detecția minelor îngropate în sol ce folosesc metode bazate pe utilizarea de „ground penetrating radar”, adică a unui radar cu penetrare în sol, cu emisie de câmp electromagnetic în sol, și detecția de semnalelor electromagnetice reflectate de neuniformitățile din sol, adică de minele îngropate. În acest sens, amintim brevetul **US 7333045**.

Dezavantajele principale ale acestor soluții constau în viteza scăzută de baleiere a suprafețelor de sol de cercetat, în distanța redusă de la care se face detecția și, nu în ultimul rând, în faptul că mina de detectat trebuie să aibă cel puțin o componentă metalică, cât de mică ca dimensiuni și ca masă.

Metoda conform invenției înlătură dezavantajele arătate mai înainte prin aceea că permite detecția de la distanță, cu o viteză mult sporită de baleiere, a suprafeței solului, inclusiv de la bordul unui autovehicul, prin excitarea de unde sonore în sol prin iluminare cu un fascicul laser emis de un oscilator laser corp solid, funcționând la o lungime de undă de 1...5 μm , în regim de comutație optică pasivă și emițând impulsuri laser cu durate, la semi-amplitudine, de 1...5 ns, detecția oscilațiilor mecanice reflectate de minele îngropate în sol făcându-se folosind un senzor acustic de tip laser cu fibră optică cu reacție distribuită (Distributed FeedBack Fiber Laser-DFB-FL).

Problema tehnică pe care prezenta invenție își propune să o rezolve constă în detecția neinvazivă, de la distanță, a minelor îngropate în sol, inclusiv a celor care nu conțin componente metalice.

Se cunoaște din literatură faptul că noțiunea de "sunet" este folosită pentru a defini propagarea undelor de variație, de modificare de presiune și/sau de deplasări de particule în gaze, lichide sau în solide. Prin "sunet" se înțelege o undă mecanică, denumită și undă sonoră, adică propagarea unei oscilații mecanice longitudinale, în lungul direcției de propagare sau transversale, pe o direcție perpendiculară pe direcția de propagare. În sol, definit ca și corp solid amorf, poros, undele mecanice/sonore, denumite și seismice, sunt formate dintr-o combinație a unor oscilații mecanice longitudinale, de presiune, și transversale, de forfecare. Ecuația de propagare a undelor seismice în sol este definită prin:

$$\Delta^2 P - \frac{1}{c^2} \frac{\partial^2 P}{\partial t^2} = 0 \quad (1)$$

unde P este presiunea, iar c este viteza de propagare a unei sonore/seismice prin sol. c depinde de caracteristicile solului, mai exact de densitatea acestuia, ρ , având două componente, transversală, c_p , și longitudinală, c_s , definite prin relațiile:

$$c_p = \sqrt{\frac{1}{\rho} \frac{E(1-\sigma)}{(1+\sigma)(1-2\sigma)}} \quad (2)$$

și

$$c_s = \sqrt{\frac{E}{2(1+\sigma)\rho}}$$

(3)

unde E este modulul de elasticitate (modulul lui Young) al mediului de propagare, iar σ este coeficientul Poisson al mediului de propagare.

Se cunoaște din literatură faptul că la incidența unui impuls de radiație laser având o anumită lungime de undă din domeniul spectral infraroșu apropiat (NIR), în domeniul 1...5 μm , și o durată la semiamplitudine (FWHM) de ordinul a 1...5 ns, pe o țintă solidă omogenă, realizată dintr-un material având caracteristici date de reflectivitate și de absorbție la lungimea de undă laser incidentă, se produc o serie de fenomene fizice în funcție de caracteristicile țintei; în cazul problemei tehnice pe care prezenta invenție își propune să o rezolve, ținta este solul, caracterizat prin opacitate în domeniul spectral infraroșu apropiat (NIR), adică în domeniul spectral 1...5 μm , deci, printr-un coeficient de absorbție ridicat. Absorbția radiației laser cu lungime de undă din domeniul spectral considerat, în țintă, este definită de legea lui Beer:

$$I(x) = I_0 \exp[-\alpha(x)x]$$

(4)

unde x este distanța de penetrare a impulsului laser în țintă, I_0 este intensitatea impulsului laser la incidența pe suprafața țintei, $\alpha(x)$ este coeficientul de absorbție al solului, fiind luată în considerare și o variație a acestui coeficient cu distanța de penetrare/propagare datorită unor eventuale efecte neliniare de absorbție produse în sol de valorile mari ale câmpului electric caracteristic impulsului laser incident. Din datele raportate în literatură, valorile atinse de $\alpha(x)$ sunt mari, astfel încât energia unui impuls laser focalizat pe o suprafață (spot) cu diametrul de 2...5 mm este absorbită în sol într-un strat superficial, cu o grosime de ordinul a 1...1000 μm . Focalizarea radiației laser pe suprafața solului într-un spot cu diametrul menționat anterior se face de la distanțe de interes pentru utilizare, de 1...10 m, folosind un sistem optic format dintr-un telescop optic de tip Galilei, cu distanță reglabilă între obiectiv și ocular, reglată, în acest caz, astfel încât radiația laser să nu fie colimată, ci focalizată. De asemenea, din datele raportate în literatură, din punctul de vedere al celor mai sus menționate, solul este o țintă solidă, amorfă și poroasă, având în structură goluri de aer și particule solide microscopice, și în cazul căreia nu se observă producerea de efecte neliniare de absorbție. O observație importantă rezultată din cele menționate anterior, ținând cont și de caracteristicile de conducție termică ale solului, constă în aceea că absorbția energiei unui impuls de lumină laser având o durată de ordinul a 1...5 ns, este instantanee în raport cu scara de timp a fenomenelor termice ce se pot produce în sol. Practic, se poate considera că, la suprafața solului, este creată o sursă punctiformă de energie care nu poate fi disipată termic. Absorbția energiei unui impuls laser creează o undă de șoc în țintă, în sol. O comparație intuitivă ar fi că solul este lovit cu o forță aplicată periodic și punctual, care provoacă unde mecanice de șoc în sol. Șocurile mecanice produse de energia impulsului laser absorbită în sol se propagă sub formă de unde seismice în sol. Propagarea acestor unde seismice este definită, ca soluție a ecuației (1), prin relația:

$$P(r, t) = \frac{s\left(t - \frac{r}{c}\right)}{r}$$

(5)

1 unde r este distanța față de punctul de incidență al impulsului laser pe suprafața solului, iar
2 s este o formă dată de semnal, descrisă cu, o anumită aproximație, de forma de timp a
3 impulsului laser. Forma de timp a impulsului laser poate fi evaluată prin rezolvarea numerică
4 a ecuațiilor cuplate de rată, care descriu funcționarea laserului. Undele seismice astfel create
5 se propagă în sol, în principiu, pe distanțe mari în raport cu dimensiunile spotului laser și ale
6 eventualelor obiecte, respectiv, mine, îngropate în sol. În momentul în care undele seismice
7 astfel create sunt incidente pe mine îngropate în sol, acestea devin surse secundare de unde
8 seismice, care, la rândul lor, se vor propaga, în principiu, la suprafața solului, la adâncimi
9 mici, pe distanțe mari. Zona de la suprafața solului de deasupra minei îngropate va apărea
10 ca o sursă secundară de oscilații mecanice, de sunete, de zgomote. Un element important
11 al analizei prezentate este observarea faptului că amplitudinile tuturor acestor oscilații meca-
12 nice ce se propagă sub forma unor unde seismice în sol, provocate de absorbția energiei
13 unui impuls laser, sunt extrem de mici, de ordinul procentelor de μPa . Aceasta înseamnă că,
14 practic, ținând cont de situația tehnică existentă, minele îngropate în sol nu vor putea să fie
15 amorstate de aceste unde mecanice. În principiu, dacă, prin absurd, s-ar folosi mine cu
16 dispozitive de amorcare extrem de sensibile, la acțiunea unor presiuni de ordinul μPa , practic
17 acțiunea de plantare a minelor ar deveni nerentabilă, necesitând durate de timp foarte mari
18 și condiții de laborator, imposibil de realizat pe teren, mai precis, pe un teren posibil teatru
19 de operațiuni militare.

20 O chestiune importantă subsidiară problemei tehnice pe care prezenta invenție își
21 propune să o rezolve constă în modul specific în care sunt detectate oscilațiile mecanice de
22 foarte mică amplitudine ale zonei de la suprafața solului de deasupra unei mine îngropate.
23 Se cunoaște, din literatură, faptul că senzorii acustici optoelectronici de tip DFB-FL au
24 caracteristicile necesare, în primul rând sensibilitatea, pentru a fi folosiți pentru construcția
25 de detectori audio, microfoane și/sau sonare direcționale. Conform invenției, detecția
26 oscilațiilor mecanice de foarte mică amplitudine ale zonei din suprafața solului de deasupra
27 minei îngropate se face utilizând un senzor acustic optoelectronic de tip DFB-FL. Un astfel
28 de senzor acustic optoelectronic de tip DFB-FL este un emițător cuantic, constituit dintr-o
29 fibră optică monomod activă, formată dintr-un înveliș din sticlă optică având indicele de
30 refracție constant radial și longitudinal, și având diametrul de $150\ldots 250\ \mu\text{m}$, în interiorul
31 căruia este înglobat coaxial un miez din sticlă optică având diametrul mai mic de $10\ \mu\text{m}$ și
32 dopat cu ioni de Erbium trivalenți (Er^{3+}) și al cărui indice de refracție, puțin mai mare decât
33 cel al învelișului, este constant radial și longitudinal, cu excepția unei porțiuni cu lungimea
34 de $0,5\ldots 50\ \text{mm}$, în care are o variație sinusoidală în jurul valorii constante, n_{co} - indicele de
35 refracție al miezului fibrei optice, în lungul axei fibrei optice. Se cunoaște din literatură faptul
36 că o astfel de structură cu o modulație spațială a indicelui de refracție, denumită rețea de
37 difracție Bragg, are funcționalitatea unei oglinzi realizate prin depunerea de straturi dielec-
38 trice transparente subțiri pe un suport de sticlă optică având caracteristici spectroscopice de
39 transmitanță și de reflectantă. În mod specific, în cazul în care rețeaua de difracție Bragg
40 este formată în miezul dopat cu centri laser activi (ionii Er^{3+}) al unei fibre optice monomod,
41 fibră optică îndeplinind practic condițiile de utilizare ca amplificator de radiație laser, rețeaua
42 de difracție Bragg va funcționa ca un rezonator laser distribuit. Acest rezonator laser distri-
43 buit, format din rețeaua de difracție Bragg, va asigura factorul de reacție necesar pentru func-
44 ționarea fibrei optice amplificatoare ca oscilator laser, ca emițător laser. Excitarea, pompajul
45 acestui emițător laser este asigurat prin injectarea în fibra optică dopată a unui fascicul laser
46 emis de o diodă laser la o lungime de undă de $980\ \text{nm}$, corespunzând unei benzi de
47 absorbție a ionilor Er^{3+} . Emițătorul laser descris mai înainte emite, în condițiile în care
puterea de pompaj este mai mare decât valoarea de prag de oscilație, la o lungime de undă

de aproximativ 1550 nm, caracteristică unei benzi de fluorescență a ionilor Er^{3+} . Este util să fie precizat detaliul că rețeaua de difracție Bragg are o lungime de undă Bragg, λ_B , aproximativ egală cu lungimea de undă corespunzătoare maximumului emisei de fluorescență a ionilor Er^{3+} . Emițătorul cuantic DFB-FL emite un fascicul laser, un semnal laser care se propagă în lungul fibrei optice, fiind emis în exterior printr-unul dintre cele două capete ale fibrei optice de bază. Acest fascicul laser are caracteristici de putere laser, polarizare și lungime de undă corespunzătoare caracteristicilor rețelei de difracție Bragg, mai exact, în funcție de structura acesteia. Ideea principală a metodei conform invenției constă în folosirea sensibilității extreme a rezonatorului laser distribuit al unei structuri DFB-FL sub acțiunea forțelor care modifică parametrii geometrici și optici (variații neliniare ale indicelui de refracție) ai fibrei optice monomod. Aceste forțe sunt induse de vibrațiile mecanice de foarte mică amplitudine ale porțiunii din suprafața solului de deasupra minei îngropate. Măsurarea variațiilor de putere laser a fascicului laser emis de senzorul optoelectronic de tip DFB-FL permite evaluarea forțelor aplicate fibrei optice și, deci, detectarea vibrațiilor suprafeței solului în zona de deasupra minei îngropate.

Se cunoaște, din literatură, faptul că funcționarea unui senzor acustic optoelectronic de tip DFB-FL poate fi descrisă riguros prin considerarea unor relații care definesc parametrii de emisie ai emițătorului laser DFB-FL. Astfel, în ecuația (1) este definită legea de distribuție a indicelui de refracție, $n(z)$, caracteristică rețelei de difracție Bragg:

$$n(z) = n_{co} + \delta n \left[1 + \cos\left(\frac{2\pi z}{\Lambda}\right) \right] \quad (6)$$

unde δn este amplitudinea modulației spațiale a indicelui de refracție al miezului fibrei optice, n_{co} este valoarea indicelui de refracție al miezului fibrei optice, iar Λ este perioada de modulație spațială a indicelui de refracție al miezului fibrei optice. În ecuația de mai jos este definită lungimea de undă Bragg, λ_B , adică valoarea lungimii de undă la care se găsește maximumul distribuției spectrale a unei rețele de difracție Bragg:

$$\lambda_B = 2n_{eff} \Lambda$$

unde n_{eff} este valoarea efectivă a indicelui de refracție al miezului fibrei optice, de o valoare puțin mai mică decât valoarea indicelui de refracție al sticlei optice din care este confecționat miezul fibrei optice, fiind obținută prin rezolvarea numerică a ecuației cu valori proprii caracteristică pentru propagarea câmpului electromagnetic prin fibra optică monomod având un diametru și indice de refracție ale miezului dat. Generarea efectului laser de către emițătorul laser de tip DFB-FL poate fi explicată prin rezolvarea sistemului de ecuații diferențiale cuplate, care descriu propagarea câmpului electromagnetic printr-o rețea de difracție Bragg. Apariția semnalului laser este o consecință a faptului că rețeaua Bragg, o structură cu modulație periodică a indicelui de refracție, în conformitate cu teoria propagării câmpului electromagnetic, permite cuplarea radiației luminoase de la modurile de propagare "înainte" (forward modes) prin fibra optică monomod, la modurile de propagare "înapoi" (backward modes) prin aceasta. În funcție de structura dată, geometrie și valorile indicelui de refracție, precum și de concentrația de ioni Er^{3+} , la o valoare mai mare a puterii de pompaj decât valoarea de prag, se produce un transfer de energie de la subsistemul ionilor Er^{3+} excitați pe nivelul laser superior datorită radiației de pompaj, la câmpul electromagnetic care se propagă prin fibra optică, având o distribuție spectrală practic identică emisei de fluorescență a ionilor Er^{3+} , o distribuție spectrală largă, mult mai extinsă decât λ_B . Condiția necesară pentru

declanșarea emisiei laser este ca λ_B să aibă o valoare cât mai apropiată de maximumul emisiei de fluorescență. Lungimea de undă Bragg corespunde maximumului de distribuție a semnalului reflectat de o rețea de difracție Bragg. Este îndeplinită condiția ca, pentru subsistemul ionilor Er^{3+} , emisia stimulată să devină cu ordine de mărime mai mare decât cea de fluorescență, astfel încât devine posibilă emisia laser. Din această analiză calitativă a funcționării unei structuri DFB-FL, se poate observa faptul că orice variație a λ_B , care este inclusă în banda spectrală de fluorescență a ionilor Er^{3+} poate produce modificări semnificative ale puterii laser pentru cele două fascicule posibile de emisie ale unui emițător laser de tip DFB-FL. Cantitativ, această dependență este exprimată prin deplasarea lungimii de undă Bragg, $\delta\lambda_B$, în funcție de tensiunile mecanice din fibra optică, fiind definită prin ecuația:

$$\delta\lambda_B = 2n_e \Lambda \varepsilon_z - 2n_e \Lambda \left[\frac{n_e^2}{2} ((p_{11} + p_{12}) \varepsilon_r + p_{12} \varepsilon_z) \right]$$

unde ε_z și ε_r , sunt componentele longitudinală și tangențială ale tensiunilor mecanice apărute în fibra optică, iar p_{11} și p_{12} sunt coeficienții elasto-optici ai sticlei optice din care este confecționat miezul fibrei optice a emițătorului DFB-FL.

Metoda de detecție a minelor îngropate în sol constă în aceea că se iradiază suprafața solului în zona aflată deasupra minei îngropate, cu un fascicul laser în impuls, având lungimea de undă în domeniul spectral 1...5 μm și durata, la semiamplitudine, de 5...10 ns, radiație care se absoarbe la suprafața solului, se reflectă pe mina ce trebuie detectată, se întoarce la suprafața solului, provocând zgomote de mică amplitudine care sunt direcționate de o structură metalică tubulară spre un senzor optoelectronic cu fibră optică activă monomod, dopată cu ioni Er^{3+} având o modulație spațială sinusoidală a indicelui de refracție al nucleului fibrei optice sub forma unei rețele de difracție Bragg, amplasată în interiorul structurii metalice de direcționare, prin fibra optică activă fiind injectat un fascicul laser de pompaj, cu lungimea de undă în domeniul 970...990 nm sau 1470...1490 nm și generând o radiație laser în domeniul spectral 1525...1575 nm, cu o distribuție spectrală de putere cu maximumul la lungimea de undă Bragg a rețelei de difracție, modificările acestei lungimi de undă Bragg induse de variațiile neliniare ale indicelui de refracție al miezului fibrei, în funcție de mărimea forței variabile generate de zgomotele de mică amplitudine produse la suprafața solului deasupra minei îngropate, fiind măsurate cu un interferometru Mach-Zehnder cuplat cu un detector diferențial de nul, folosind două fotodiode, prin interferență distructivă cu semnalele generate de un emițător piezoelectric, fiind astfel detectate zgomotele produse la suprafața solului deasupra minei îngropate.

Dispozitivul de detecție a minelor îngropate în sol este alcătuit dintr-un emițător laser, funcționând la o lungime de undă de 1...5 μm prin emisie de impulsuri laser cu durata, la semiamplitudine, de 5...10 ns și un senzor acustic de tip DFB-FL care detectează zgomotele produse la suprafața solului în zona de deasupra minei îngropate. Senzorul acustic optoelectronic de tip DFB-FL este alcătuit dintr-o diodă laser de pompaj care injectează radiație laser cu lungimea de undă de 980 nm sau 1480 nm, printr-un demultiplexor de lungime de undă, în emițătorul laser DFB-FL, montat la capătul unei structuri metalice tubulare de direcționare, într-un șanțuleț cu dimensiuni transversale cu 25...50% mai mari decât fibra optică de bază a DFB-FL, realizat într-un capac circular, de închidere a structurii metalice tubulare, în parafină, fără niciun contact cu acest capac și cu structura tubulară, semnalul de ieșire emis de laserul DFB-FL fiind trecut printr-un izolator optic, astfel încât semnalul laser emis să circule doar într-o direcție, tăind reflexiile ce s-ar propaga în sens invers, fiind apoi introdus într-un interferometru de tip Mach-Zehnder, prin două fascicule de putere egală și caracteristici

similare, prin intermediul unui cuplor optic 50%-50%, cele două fascicule laser propagându-se prin două fibre optice de lungime optică identică, dintre care una este montată în contact ferm cu un cristal piezoelectric acționat prin intermediul unui filtru care elimină frecvențele înalte de oscilație generate de un amplificator lock-in, cele două fascicule laser fiind reunite printr-un cuplor optic 50%-50%, ale cărui două căi de ieșire sunt cuplate la un detector diferențial, al cărui semnal de ieșire este prelucrat printr-un sistem de achiziție de date conectat la un computer.

Invenția prezintă următoarele avantaje:

- este neinvazivă, fiind astfel extrem de sigură, nefiind necesară niciun fel de penetrare a solului;
- permite detecția oricărui tip de mină îngropată în sol, inclusiv a celor pentru construcția cărora nu este utilizată niciun fel de componentă metalică;
- permite detecția oricărui de mină îngropată în sol, de la distanțe de ordinul a 1...5 m;
- permite detecția oricărui tip de mină îngropată în sol, indiferent de umiditatea sau de caracteristicile electromagnetice ale acestuia;
- este auto-portabilă, având dimensiuni adecvate acestui mod de utilizare.

În fig. 1 este prezentată schema dispozitivului de detecție a minelor îngropate în sol.

În fig. 2 este prezentată o formă preferată de realizare a invenției, detaliind senzorul acustic optoelectronic de tip DFB-FL.

Fig. 3 prezintă detaliul structurii metalice tubulare de direcționare a dispozitivului de detecție a minelor îngropate în sol.

O formă preferată de realizare a invenției, în ceea ce privește senzorul acustic optoelectronic de tip DFB-FL, se prezintă în continuare, în legătură cu fig. 1, 2 și 3. Conform schemei din fig. 1, dispozitivul este alcătuit dintr-un laser **1** de excitare a oscilației sonore în sol, al cărui fascicul este focalizat în zona de interes cu ajutorul unui sistem optic, și un senzor **2** acustic optoelectronic de tip DFB-FL, care recepționează unda acustică produsă de prezența unei mine **3**, ce este detectată. În fig. 2 se poate observa faptul că senzorul acustic optoelectronic de tip DFB-FL este alcătuit dintr-o diodă **2.1** laser de pompaj, un demultiplexor **2.2** de lungime de undă, un emițător **2.3** laser DFB-FL, o structură **2.4** metalică tubulară de direcționare, un izolator **2.5**, două cuploare **2.6** optice 50%-50%, un cristal **2.7** piezoelectric, un filtru **2.8** care elimină frecvențele înalte de oscilație, un amplificator **2.9** lock-in, un detector **2.10** diferențial, un sistem **2.11** de achiziție de date și un computer **2.12**. În fig. 3 este prezentată schematic, ca detaliu, într-o secțiune longitudinală, structura **2.4** metalică tubulară, detaliu în care sunt figurate montura **3.1** tronconică metalică, orientată spre exterior cu suprafața circulară mai mare, și conectată cu fața mai mică spre un tub **3.2**, având o lungime de 50...100 cm și un diametru de 5...10 cm, la cel de-al doilea capăt al acesteia fiind montat un capac **3.4** având un orificiu **3.3** axial, în dreptul căruia este plasată zona unei rețele **3.5** de difracție Bragg a unei fibre **3.6** optice plasate, îngropate în parafină, cu stricta evitare a contactului direct cu părțile metalice ale capacului **3.4**, într-un șanțuleț cu dimensiuni transversale relativ mai mari cu 25...50% decât diametrul exterior al fibrei optice, șanțuleț practicat pe suprafața circulară a capacului **3.4** exterioară tubului **3.2**.

Revendicări

1. Metodă de detecție a minelor îngropate în sol, inclusiv a celor care nu conțin componente metalice, **caracterizată prin aceea că** se iradiază suprafața solului în zona aflată deasupra minei îngropate cu un fascicul laser (1) în impuls având lungimea de undă în domeniul spectral 1...5 μm și durată, la semiamplitudine, de 5...10 ns, radiație care se absoarbe la suprafața solului, care se reflectă pe o mină (3) ce trebuie detectată, se întoarce la suprafața solului, provocând zgomote de mică amplitudine, care sunt direcționate de o structură (2.4) metalică tubulară spre un senzor (2) optoelectronic cu fibră optică activă monomod, dopată cu ioni Er^{3+} având o modulație spațială sinusoidală a indicelui de refracție al nucleului fibrei optice sub forma unei rețele de difracție Bragg, amplasată în interiorul structurii metalice de direcționare, prin fibra optică activă fiind injectat un fascicul laser de pompaj cu lungimea de undă în domeniul 970...990 nm sau 1470...1490 nm și generând o radiație laser în domeniul spectral 1525...1575 nm, cu o distribuție spectrală de putere cu maximumul la lungimea de undă Bragg a rețelei de difracție, modificările acestei lungimi de undă Bragg induse de variațiile neliniare ale indicelui de refracție al miezului fibrei, în funcție de mărimea forței variabile generate de zgomotele de mică amplitudine produse la suprafața solului deasupra minei (3) îngropate, fiind măsurate cu un interferometru Mach-Zehnder, cuplat cu un detector (2.10) diferențial de nul folosind două fotodiode, prin interferență distructivă cu semnalele generate de un emițător (2.7) piezoelectric, fiind astfel detectate zgomotele produse la suprafața solului deasupra minei (3) îngropate.

2. Dispozitiv de detecție a minelor îngropate în sol, inclusiv a celor care nu conțin componente metalice, prin metoda definită în revendicarea 1, **caracterizat prin aceea că** este alcătuit dintr-un emițător laser (1) funcționând la o lungime de undă de 1...5 μm prin emisie de impulsuri laser cu durată, la semiamplitudine, de 5...10 ns și un senzor (2) acustic de tip DFB-FL care detectează zgomotele produse la suprafața solului în zona de deasupra unei mine (3) îngropate și în care folosește, pentru detecția zgomotelor produse la suprafața solului în zona de deasupra minei (3) îngropate, senzorul (2) acustic optoelectronic de tip DFB-FL, alcătuit dintr-o diodă (2.1) laser de pompaj care injectează radiație laser cu lungimea de undă de 980 nm sau 1480 nm, printr-un demultiplexor (2.2) de lungime de undă, într-un emițător (2.3) laser DFB-FL, montat la capătul unei structuri (2.4) mecanice tubulare, într-un șanțuleț cu dimensiuni transversale cu 25...50% mai mari decât fibra optică de bază a DFB-FL, realizat într-un capac (3.4) circular, de închidere a structurii (2.4) tubulare, în parafină, fără niciun contact cu acest capac și structura tubulară, semnalul de ieșire emis de laserul DFB-FL este trecut printr-un izolator (2.5), astfel încât semnalul laser emis să circule doar într-o direcție, tăind reflexiile ce s-ar propaga în sens invers, fiind apoi introdus într-un interferometru de tip Mach-Zehnder, prin două fascicule de putere egală și caracteristici similare, prin intermediul unui cuplor (2.6) optic 50%-50%, cele două fascicule laser propagându-se prin două fibre optice de lungime optică identică, dintre care una este montată în contact ferm cu un cristal (2.7) piezoelectric acționat prin intermediul unui filtru (2.8) care elimină frecvențele înalte de oscilație generate de un amplificator (2.9) lock-in, cele două fascicule laser fiind reunite prin alt cuplor (2.6) optic 50%-50%, ale cărui două căi de ieșire sunt cuplate la un detector (2.10) diferențial, al cărui semnal de ieșire este prelucrat printr-un sistem (2.11) de achiziție de date conectat la un computer (2.12).

(51) Int.Cl.

G01S 15/04 (2006.01);

G01V 1/16 (2006.01);

G01V 8/12 (2006.01);

F41H 11/13 (2011.01)

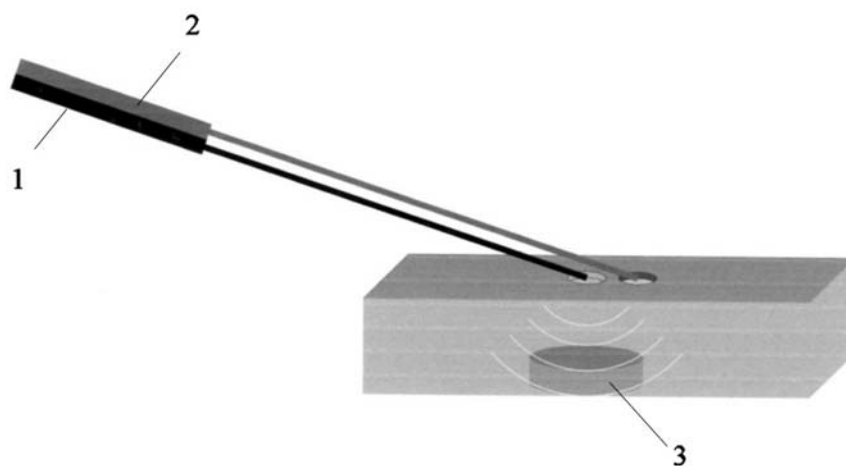


Fig. 1

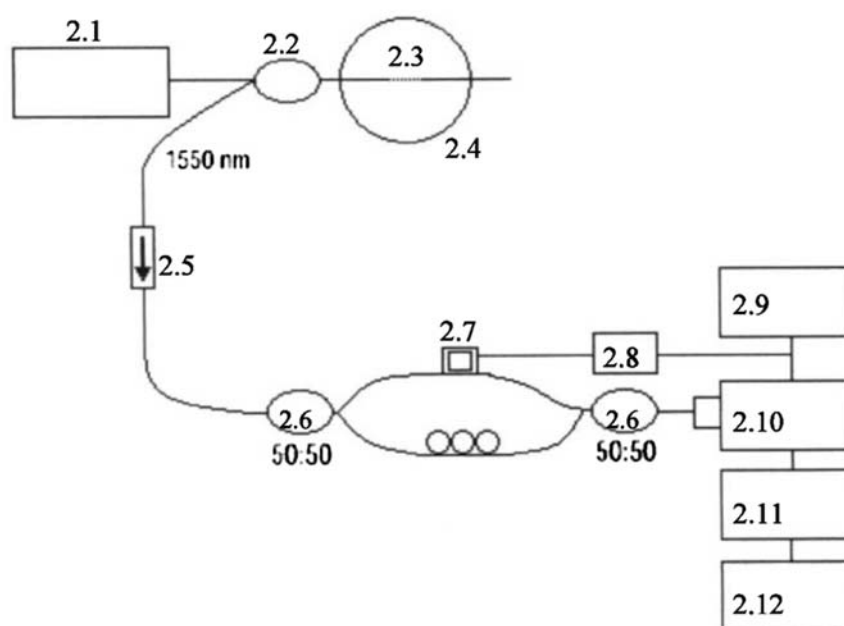


Fig. 2

(51) Int.Cl.

G01S 15/04 (2006.01);

G01V 1/16 (2006.01);

G01V 8/12 (2006.01);

F41H 11/13 (2011.01)

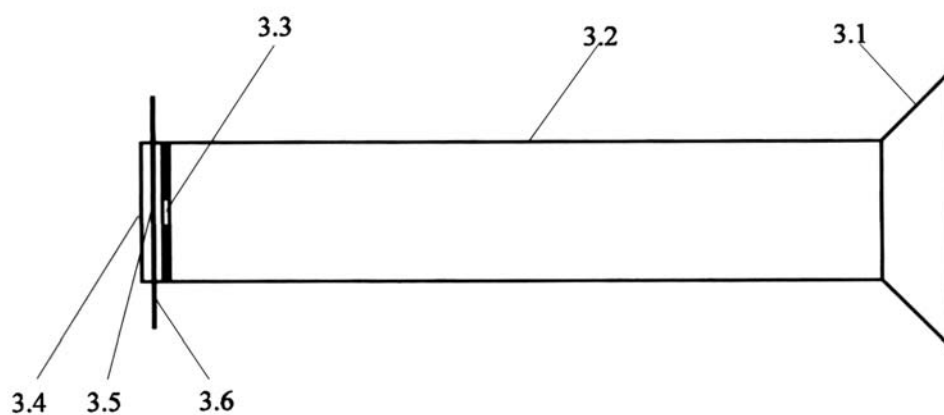


Fig. 3



Editare și tehnoredactare computerizată - OSIM
Tipărit la: Oficiul de Stat pentru Invenții și Mărci
sub comanda nr. 423/2017