



(12)

BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: **a 2008 00319**

(22) Data de depozit: **23.04.2008**

(45) Data publicării mențiunii acordării brevetului: **30.04.2014** BOPI nr. **4/2014**

(41) Data publicării cererii:
30.11.2009 BOPI nr. **11/2009**

(73) Titular:

- **INSTITUTUL NAȚIONAL DE CERCETARE-DEZVOLTARE PENTRU OPTOELECTRONICĂ - INOE 2000**, STR.ATOMIȘTILOR NR.1, MĂGURELE, IF, RO;
- **UNIVERSITATEA TEHNICĂ DE CONSTRUCȚII DIN BUCUREȘTI**, BD.LAȚUL TEI NR.124, SECTOR 2, BUCUREȘTI, B, RO;
- **INSTITUTUL NAȚIONAL DE CERCETARE ȘI DEZVOLTARE PENTRU FIZICĂ ȘI INGINERIE NUCLEARĂ "HORIA HULUBEI"**, STR.ATOMIȘTILOR NR.407, MĂGURELE, IF, RO

(72) Inventatori:

- **CHILIBON IRINELA**, STR.LUICĂ NR.15, BL.4, SC.1, AP.18, SECTOR 4, BUCUREȘTI, B, RO;
- **SAVASTRU ROXANA**, STR.IANI BUZOIANI NR.3, BL.16, SC.A, AP.2, SECTOR 1, BUCUREȘTI, B, RO;

- **ROMANESCU CONSTANTIN**, STR.PRAVĂȚ NR.10, BL.P 6, SC.3, ET.1, AP.47, SECTOR 6, BUCUREȘTI, B, RO;
- **RĂCĂNEL CARMEN**, ȘOS.COLENTINA NR.16, BL.B 3, ET.8, AP.67, SECTOR 2, BUCUREȘTI, B, RO;
- **BURLACU ADRIAN**, STR.SFÂNTA ANA NR.17, SECTOR 2, BUCUREȘTI, B, RO;
- **LAZĂR ȘTEFAN-MARIAN**, BD.CEAHLĂUL NR.8, BL.27, SC.2, ET.3, AP.66, SECTOR 6, BUCUREȘTI, B, RO;
- **SORESCU VELIZAR**, ALEEA TEIUL DOAMNEI NR.10, BL.24, AP.18, SECTOR 2, BUCUREȘTI, B, RO;
- **ȘCHIOPU PAUL**, STR.HELIULUI NR.8, SECTOR 1, BUCUREȘTI, B, RO;
- **TRIPĂDUȘ VASILE**, ȘOS. ALEXANDRIEI NR.9, BL.4, AP.64, SECTOR 5, BUCUREȘTI, B, RO

(56) Documente din stadiul tehnicii:

- WO 2006106402 A2; JP 60120204 A; RO 85522**

(54) **METODĂ ȘI ECHIPAMENT MOBIL DE MĂSURARE A GROSIMII STRATURILOR RUTIERE**



RO 125044 B1

1 Invenția se referă la o metodă și la un echipament mobil, pentru măsurarea grosimii
straturilor rutiere, fără distrugerea materialului, și este destinat utilizării în domeniul construc-
3 țiilor rutiere aglomerate cu liant.

5 Sunt cunoscute metode simple de măsurare a grosimii straturilor rutiere folosite în
prezent, însă sunt greu de utilizat, necesitând timp și utilaje complexe, iar datele pe care le
furnizează nu se pot utiliza imediat creând un decalaj între rezultate și decizia de corecție.

7 Unele echipamente existente actual pe plan mondial se bazează pe efectul
electromagnetic și au dezavantajul că sub stratul de asfalt pe care se face măsurarea trebuie
9 aplicat alt strat metalic suplimentar (o folie metalică sau o rețea metalică), ceea ce îngreu-
nează procesul de construcție a stratului rutier și creșterea prețului de cost al lucrărilor.
11 Această metodă și aparatele respective sunt scumpe și dificil de practicat, necesitând fixarea
în prealabil a unei folii metalice sub stratul de asfalt, iar traductorul emițător de tip electro-
13 magnetic are gabarit mare, ceea ce afectează precizia măsurărilor. În practică, există
drumuri mai vechi, la a căror construcție nu s-a utilizat folia metalică necesară acestui tip de
15 măsurare, prin urmare aceste drumuri nu pot să fie inspectate și controlate din punct de
vedere al grosimii.

17 Este cunoscută metoda curentului Eddy de măsurare nedistructivă a straturilor meta-
lice depuse pe suport nemetalic pentru aplicații la metale neferoase, care utilizează o bobină
19 alimentată de un curent alternativ de înaltă frecvență (<1 MHz) pentru producerea unui câmp
magnetic alternativ la suprafața probei, curenții Eddy creează un câmp electromagnetic opus
21 sesizat de altă bobină.

23 Este cunoscută o metodă impact-ecou pentru detecția defectelor în beton, bazată pe
propagarea undelor de compresie, prin care un impact mecanic se aplică la suprafața
obiectului testat, impulsul de compresie se propagă în obiect, iar undele reflectate sunt
25 sesizate de un traductor receptor.

27 Mai este cunoscută o metodă electromagnetică de măsurare a grosimii stratului de
paviment, utilizând impulsuri scurte radar, în particular, pentru straturile de paviment (asfalt,
beton, beton ciment-porland, tăvălug de beton) care utilizează impulsuri radar scurte. Metoda
29 are următoarele dezavantaje: (a) este dificil de practicat și nu poate să fie utilizată pentru
straturile cu baza granulară sau materialele de substrat, iar unda electromagnetică generată
31 de radar care se propagă prin straturile de paviment este atenuată și dispersată de interfe-
țele starturilor; (b) adâncimea maximă de pătrundere a undei electromagnetice este influen-
33 țată de parametrii sistemului radar (puterea de transmisie, sensibilitatea la recepție, frecvența
centrală și banda sistemului radar); (c) proprietățile electromagnetice ale materialului
35 pavimentului și factorii înconjurători (conținutul de umezeala) afectează precizia măsu-
rărilor.

37 Prezenta invenție se referă la un echipament mobil care măsoară printr-o metodă
nedistructivă timpul de propagare prin structura stratului rutier, determină viteza de propa-
39 gare și grosimea a două straturi rutiere și asigură reglarea puterii furnizate de emițător.
Echipamentul mobil de măsurare nedistructivă a grosimii straturilor rutiere este destinat
41 utilizării în domeniul construcțiilor rutiere.

43 Problema tehnică pe care o rezolvă invenția constă în determinarea grosimii
straturilor rutiere.

45 Metoda de măsurare a grosimii straturilor rutiere din prezenta invenție se referă la
materiale compozite neomogene, tip asfalt, realizate din amestecuri naturale sau artificiale
47 formate din bitum, roci sedimentare (conținând clastele de dimensiuni 39 μm - 2 mm, pietriș
și grohotiș), prin bitumizarea unor substanțe organice sau prin oxidarea și polimerizarea
petrolului și pietriș, care prezintă densitatea de 2...2,6 g/cm³. Metoda de măsurare a grosimii

RO 125044 B1

straturilor asfaltice (unul sau două), constă în poziționarea pe suprafața unui strat a două traductoare separate, un traductor emițător și un traductor receptor prin intermediul unui material de cuplaj acustic, emisia și recepția unui impuls ultrasonic propagat prin structură,	1
calibrarea echipamentului pe o probă de material și măsurarea grosimii unui strat sau a două straturi de asfalt, prin intermediul unui modul de comandă și control cu microcontroler, care determină timpul între emisia și recepția semnalului de către traductorul receptor, și grosimea stratului care este dată de expresia $h = \Delta t \cdot v_p / 2$, unde v_p este viteza de propagare a impulsului în material, precizia corespunzătoare măsurătorilor asigurându-se prin medierea rezultatelor unui număr mare de măsurători realizate într-un singur punct (64 sau 128 date prelevate) și stabilirea unei marje de eroare a măsurătorilor, prelucrarea datelor prelevate se face prin intermediul unui program de calibrare și măsurare a echipamentului implementat în microcontrolerul de pe o consolă, cu care se determină grosimea unui alt strat folosind aceeași expresie și ținând cont de timpul Δt măsurat anterior pentru primul strat.	3
Echipamentul mobil de măsurare a grosimii straturilor rutiere este destinat măsurării grosimii unui strat sau a două straturi asfaltice de acoperire a părții carosabile de pe drumurile publice și este caracterizat prin aceea este alcătuit dintr-un generator de impulsuri joasă frecvență, comandat de un modul de comandă și control, un traductor emițător și un traductor receptor, fixate pe suprafața unui strat de probă, un modul comparator, un modul de comandă și control, care prelucrează datele primite, face o mediere a timpilor măsurați, determină grosimile celor două straturi și afișează rezultatele pe display-ul de pe o consolă.	5
Metoda din prezenta invenție prezintă și următoarele avantaje:	7
- metoda elimină necesitatea existenței unei folii metalice sau plase metalice între straturile rutiere pentru determinarea grosimii, ca în cazul metodei electromagnetice sau cea cu impuls radar;	9
- metoda este nedistructivă, eliminând dezavantajul metodelor mai vechi de măsurare prin prelevarea de carote direct din stratul rutier, cu utilaje de perforare care sunt greoaie, au consum mare de energie electrică și sunt dificil de manevrat;	11
- permite evaluarea caracteristicilor straturilor rutiere, servind la urmărirea calității și neuniformității straturilor rutiere în mod continuu, față de metodele clasice folosite, care sunt greu de utilizat, necesitând timp și utilaje complexe, iar datele pe care le furnizează nu se pot utiliza imediat, creând un decalaj între rezultate și decizia de corecție;	13
- ușurință în exploatare.	15
Echipamentul mobil de măsurare a grosimii straturilor rutiere, conform invenției, are următoarele avantaje:	17
- echipament de control nedistructiv cu manevrabilitate ușoară, robust;	19
- asigură informarea operativă prin afișarea mai multor parametri (timp și viteze de propagare, grosimi pentru un strat sau două straturi);	21
- este autonom, fiind alimentat de la o baterie acumulatorie și reîncărcabilă;	23
- utilizarea a doi traductori separați, aflați fiecare în propria carcasă metalică, asigură înlăturarea interferenței impulsurilor generate de traductorul emițător care ar putea să fie recepționate ca semnal util de traductorul receptor;	25
- conține electronică de înaltă performanță cu microcontroler, modulul de comandă care funcționează pe baza unui program specializat implementat la un microcontroler pentru stabilirea parametrilor de achiziție de date, efectuarea calculelor și analizelor de date, eliminarea erorilor de măsurare prin medierea unui număr mare de date prelevate în timpul măsurării într-un singur punct;	27
- permite dezvoltarea ulterioară a programului de calcul pentru determinarea altor parametri de material (cum ar fi gradul de compactare și aderența a straturilor rutiere);	29

RO 125044 B1

1 - este prevăzut cu interfața la calculator, care asigură memorarea externă a datelor înregistrate, interpretarea matematică a datelor și crearea de baze de date.

3 O prezentare sugestivă privind metoda și echipamentul mobil de măsurare a grosimii straturilor rutiere se realizează în figurile de mai jos:

5 - fig. 1, principiul metodei de măsurare a grosimii unui strat: a) diagrama de timp a semnalului recepționat de (TR) și (b) principiul de propagare a impulsului în stratul de material prin metoda impuls-ecou;

7 - fig. 2, echipamentul mobil de măsurare a grosimii straturilor rutiere;

9 - fig. 3, schema bloc a echipamentului mobil de măsurare a grosimii straturilor rutiere;

11 - fig. 4, principiul metodei de măsurare a grosimii a două straturi: a) diagrama de timp a semnalului recepționat de (TR) și (b) principiul de propagare a impulsului în straturile de material (ST1) și (ST2) prin metoda impuls-ecou;

13 - fig. 5, schema de principiu a echipamentului mobil de măsurare a grosimii straturilor rutiere;

15 - fig. 6, organigrama programului de calibrare și măsurare a echipamentului, implementat în microcontroler.

17 Principiul de măsură este următorul: un generator ultrasonic (reprezentat de un traductor emițător **TE**) emite un impuls care se propagă prin stratul asfaltic până când întâlnește suprafața de separație dintre două straturi, moment în care o parte din semnal se reflectă, iar cealaltă parte va trece prin refracție în stratul următor în care fenomenele de reflexie și refracție se vor repeta la întâlnirea următoarei suprafețe de separație și așa mai departe. Semnalele reflectate sunt recepționate cu ajutorul unui traductor ultrasonic receptor **TR**, amplificate și prelucrate de sistem. Măsurând timpul scurs între momentul emisiei și momentul recepției, se poate determina grosimea stratului (5...10 cm).

25 Metoda conform invenției se referă la: calibrarea inițială echipamentului care se face pe probe de material prelevat (carote), prin setarea datelor inițiale de intrare de la tastatura **TT** (și anume, grosimea probei), se determină timpul de propagare a ultrasunetului în strat Δt , apoi viteza de propagare a sunetelor în proba de material v (prin împărțirea grosimii probei la dublul timpului de propagare a ultrasunetului în carota), după care de la tastatura **TT** se stabilește numărul de straturi care vor fi măsurate (un strat sau două straturi), se determină grosimea unui strat și/sau a două straturi, iar valoarea se afișează la display **DSP**. Comunicarea între modulul **MCC** și display **DSP** se face printr-o magistrală de tip I2C, iar protocoalele de comunicație se fac printr-un program specializat (organigrama de lucru este dată în fig. 6) implementat inițial în microcontroler. Condiția inițială este ca în timpul măsurătorii să se asigure un cuplaj acustic permanent între suprafețele active ale traductorilor **TE** și **TR** și suprafața materialului de măsurat, prin intermediul unui material de cuplaj acustic **MC**, astfel încât să existe o tensiune superficială suficientă și să formeze o peliculă indiferent de inclinarea și rugozitatea stratului superficial al probei.

39 Metoda de măsurare a grosimii straturilor rutiere se bazează pe emisia-recepția unui impuls ultrasonic propagat prin structura rutieră, de către un traductor emițător **TE** comandat de un generator de impulsuri **GI**, la suprafața unui strat rutier supus măsurătorii, propagarea impulsului în material până la întâlnirea unei suprafețe reflectoare, unde este reflectat, fiind recepționat după un timp Δt , la suprafața stratului, grosimea h a stratului fiind dată de expresia $h = \Delta t \cdot v_p / 2$, unde v_p este viteza de propagare a impulsului în material, pentru o precizie bună a măsurătorilor, timpul Δt fiind obținut prin medierea rezultatelor unui număr mare de măsurători realizate într-un singur punct de pe suprafața probei de material.

RO 125044 B1

Echipamentul pentru aplicarea metodei conform invenției este constituit din următoarele blocuri funcționale: Modulul de comandă și control **MCC**, aflat în cutia consolei **COP**, cu rol de comandă, prelucrarea datelor, setarea datelor inițiale prin intermediul tastaturii **TT**, aflată pe panoul frontal, care sunt afișate pe display-ul **DSP**, generator de impulsuri joasă frecvență **GI**, pentru alimentarea traductorului emițător **TE**, fixat pe suprafața stratului de probă **ST1**, cutia cu traductori **CT** care conține traductorul emițător **TE** și traductorul receptor **TR**, modulul comparator **CO**. Consola operatorului **COP**, fixată pe cadrul de sus al căruciorului mobil **CM**. Consola operator **COP** este formată din microcontroler μC , unitatea de memorii **M**, care pot să fie tip EEPROM, display-ul **DSP**, convertorul **DAC**, care face conversia semnalului digital-analog și comanda circuitul de prelucrare **CO**, care realizează reglarea pragurilor de limitare a semnalului primit de la preamplificatorul **PA** al traductorului receptor **TR**, provenit de la elementul piezoelectric (piezo); circuitul de control **CAT**, care este comandat de μC și la rândul lui comandă sursa de înaltă tensiune **SIT**, aflată în carcasa traductorului emițător **TE**.

Modulul de comandă și control **MCC** prelucrează datele primite cu un software specializat, face o mediere a timpilor măsurăți, rezultatul se afișează pe display-ul **DSP** de la consola **CO**, iar, în continuare, modulul **MCC** calculează grosimea primului strat **ST1** și apoi grosimea celui de-al doilea strat **ST2**. Microcontrolerul are memorat un program special de achiziție, prelucrare a datelor și afișare la display **DSP**, care este prezentat în organigrama din fig. 5.

Schema bloc a echipamentului conform invenției este reprezentată în fig. 5, sub formă modulară, și conține consola operatorului **COP**, pe al cărui panou frontal se află tastatura **TT** și afișorul **DSP**, aceasta este fixată pe suportul de sus al unui cărucior mobil **CM**, care este conectată prin conductorii de legătură la cutia cu traductoare **CT**, fixată pe suportul de jos al căruciorului mobil **CM**, care conține două traductoare **TE** și **TR**, fixate prin presare în partea de jos a cutiei metalice **CT**, căruciorul **CM** permite fixarea optimă a celor două cutii, interconexiunea lor și mobilitatea întregului echipament:

- un microcontroler μC , care are memorat un program special de achiziție, prelucrare a datelor și afișare;

- memorie **M** (tip EEPROM) pentru memorarea datelor rezultate în urma măsurărilor;

- un display alfanumeric **DSP** pentru afișarea rezultatelor măsurătorii și pentru comunicarea cu operatorul în cursul procesului de inițializare a măsurătorii;

- tastatură **TT** pentru realizarea dialogului cu operatorul;

- un circuit de comandă **CAT** (comandat microcontroler) a alimentării emițătorului **TE** și a receptorului **TR** pentru economisirea sursei de alimentare, care comandă reglarea puterii furnizate de emițător;

- traductorul emițător **TE** care se află într-o carcasă metalică cilindrică de protecție la înaltă tensiune și este format din sursa de înaltă tensiune **SIT**, care generează impulsuri de amplitudine 400...800 V (în funcție de parametrii de material și adâncimea de pătrundere a impulsurilor ultrasonice), iar **SIT** este comandată de programul special implementat inițial microcontrolerului μC și **CAT**, care comandă pornirea **START** a impulsurilor de înaltă tensiune necesare excitării elementului piezoelectric **piezo** emițător tip PZT (fig. 5 și fig. 6);

- traductorul receptor **TR** care se află într-o carcasă metalică cilindrică de protecție la zgomot și este format din elementul piezoelectric **piezo** tip PZT receptor al vibrațiilor propagate în material, care sunt convertite în semnal electric, amplificat de preamplificatorul **PA**, având amplificarea reglabilă, comandată de microcontroler μC ;

RO 125044 B1

- 1 - blocul de prelucrare a semnalului **CO**, care primește informația de timp măsurat la
stratul **ST1** (în cazul în care se măsoară grosimea a două straturi **ST1** și **ST2**) dat de
3 traductorul receptor **MASCA**;
- 5 - convertorul **DAC**, un circuit utilizat pentru obținerea unor tensiuni necesare reglării
amplificării preamplificatorului **PA** și stabilirii pragurilor de limitare a semnalelor provenite de
la **PA**;
- 7 - preamplificatorul **PA** amplifică semnalul de la elementul piezoelectric (piezo). Unele
aspecte pe care le rezolvă invenția sunt:
- 9 - prin utilizarea unei carcase metalice cilindrice pentru traductorul **TE**, se asigură
protecția la descărcările de înaltă tensiune și se evită cablurile lungi de conexiune la înalta
11 tensiune a elementului piezoelectric (piezo), deoarece se află în apropierea sursei de înaltă
tensiune **SIT**; utilizarea unei carcase metalice cilindrice pentru traductorul **TR** asigură
13 ecranarea electrostatică și protejarea elementului piezoelectric (piezo) de impulsurile de
înaltă tensiune generate de traductorul **TE** și de sursele de zgomot extern, iar poziționarea
15 elementului piezoelectric (piezo) al **TR** în apropiere de circuitul preamplificator **PA** contribuie
la reducerea capacităților parazite de cuplaj;
- 17 - se asigură scăderea frecvenței de lucru față de sistemele de imagistică medicală
care au frecvențe mari de peste 1 MHz, prin utilizarea a doi traductori **TE** și **TR** cu elemente
19 piezoelectrice având frecvența de rezonanță mică (50...100 KHz), în scopul creșterii
adâncimii de pătrundere și transmisiei optime a ultrasunetelor în materialele neomogene
21 tip asfalt;
- 23 - se asigură cuplajul acustic optim cu un material intermediar (ciment umed, apă, sau
vaselină) **MC** și se avertizează nefuncționarea echipamentului în cazul lipsei cuplajului
25 acustic al traductoarelor cu suprafața de contact la stratul rutier investigat, prin afișarea la **DSP**,
scurtând astfel timpul de verificare a bune funcționări;
- 27 - se asigură precizia corespunzătoare a măsurătorilor prin medierea rezultatelor unui
număr mare de măsurători realizate într-un singur punct (64 sau 128 date prelevate) și
29 stabilirea unei marje de eroare a măsurătorilor.
- Modul de realizare a unei măsurători pentru un punct conform invenției constă în
realizarea unei serii de **nm** măsurători pentru aceeași poziție a traductoarelor, realizarea
31 mediei timpilor mășurați, obținându-se în acest mod timpul t_n , după care se repetă operația
de **np** ori, cu schimbarea poziției traductoarelor în jurul aceluiași punct, apoi urmează
33 medierea timpilor t_n , rezultatul acestei medieri fiind timpul de propagare prin strat, din care
se calculează grosimea stratului respectiv.
- 35 Succesiunea operațiilor de măsurare conform invenției, datorită faptului că sunt unul
sau două straturi de măsurat, trebuie să fie următoarea:
- 37 - Se poziționează cutia **CT** cu traductorii **TE** și **TR** pe suprafața stratului asfaltic prin
intermediul materialului de cuplaj acustic **MC**, pentru efectuarea primei măsurători din cele
39 **nm** care se execută.
- 41 - Conform organigramei din fig. 6, algoritmul de lucru implementat în memoria micro-
controlerului μC are loc următoarea succesiune: (1) - Verificări și setări interne ale sistemului
(RAM, ROM, configurație, întreruperi, timp); (2) - Introducerea parametrilor măsurătorii:
43 Număr de straturi (unul sau două straturi); valorile parametrilor fiecărui strat; numărul de
măsurători pe punct ($i=nm$) (se stabilește $nm = 64$ sau 128); numărul de puncte de măsură
45 ($j=np$), eroarea maximă de măsură; (3) - Calibrare pentru determinarea vitezei de propagare
a ultrasunetelor în material; (4) - Pornire (START) măsurare și setare parametri inițiali ($i =$
47 1 ; $j = 1$). (5) - Măsurare pentru un punct (pornire înalta tensiune, test de zgomot și cuplaj
acustic, modificare praguri de sensibilitate); (6) - Testare dacă se dorește memorarea
49 datelor; (7) - Memorare; (8) - Setare $j = j+1$; (9) Se îndeplinește condiția $j=np$?; (10) - Testare
dacă se dorește altă măsurătoare (fig. 6); Oprire program (STOP).

RO 125044 B1

- În cazul în care sunt 2 straturi de măsurat **ST1** și **ST2**, se repetă operațiile de la punctul 2, folosindu-se ca mască de timp **MASCA**, timpul maxim determinat în etapa anterioară (determinat pentru stratul **ST1**);
- Se poziționează traductorii pe o altă poziție în jurul punctului de măsură și se efectuează operațiile 2 și 3 până când se obține numărul prestabilit de **nm** măsurători.
- Se calculează media timpilor obținuți pentru fiecare strat, iar programul realizează și eliminarea erorilor de măsurare care depășesc plaja de erori prestabilită inițial.
- Se efectuează cele **nm** măsurători pentru primul strat, fără a utiliza o mască de timp **MASCA**. Se stabilește timpul maxim de răspuns pentru acest prim strat, timp care va servi drept mască **MASCA** pentru stratul următor și se efectuează medierea timpilor pentru primul strat.
- Exemplul de măsurare a grosimii unui strat de asfalt **ST1** conform invenției, cu referire la figurile (fig. 1, fig. 3 ÷ fig. 6), se caracterizează prin aceea că: un generator de impulsuri de joasă frecvență **GI**, comandat de modulul de comandă și control **MCC** cu microcontroler având implementat în memorie algoritmul de lucru din fig. 6, comandă sursa de înaltă tensiune **SIT** și se aplică impulsuri de înaltă tensiune traductorului emițător **TE**, fixat pe suprafața stratului de probă **ST1** prin intermediul unui material de cuplaj acustic **MC**, iar vibrațiile parcurg stratul **ST1**, care se reflectă înapoi și sunt recepționate de un traductor receptor **TR**, fixat pe stratul de probă lângă traductorul **TE** prin intermediul unui material de cuplaj acustic **MC**, al cărui semnal electric este amplificat de **PA**, aplicat unui modul comparator **CO** și prelucrat de **MMC** pentru a determina timpul parcurs de Δt_1 , reflectat de interfața dintre cele două straturi, pentru calculul grosimii **h1**, se utilizează expresia $h = \Delta t \cdot v_p / 2$, unde v_p este viteza de propagare a impulsului în material, pentru o precizie bună a măsurătorilor, timpul Δt fiind obținut prin medierea rezultatelor unui număr mare de măsurători realizate într-un singur punct (64 sau 128 date prelevate) în care v_1 este viteza de propagare în **ST1**. Blocul de comandă și control **MCC** prelucrează datele primite, face o mediere a timpilor măsurați, iar rezultatele se afișează pe display-ul **DSP** de la consola **COP**. Echipamentul funcționează la frecvență joasă de lucru de 16 Hz, asigurând creșterea adâncimii de pătrundere și implicit a grosimii stratului asfaltic.
- Exemplul de măsurare a grosimii a două straturi rutiere **ST1** și **ST2**, conform invenției, cu referire la fig. 2 ÷ fig. 6, se caracterizează prin aceea că: un generator de impulsuri de joasă frecvență **GI**, comandat de modulul de comandă și control **MCC** cu microcontroler având implementat în memorie algoritmul de lucru din fig. 6, comandă sursa de înaltă tensiune **SIT** și se aplică impulsuri de înaltă tensiune traductorului emițător **TE**, fixat pe suprafața stratului de probă **ST1** prin intermediul unui material de cuplaj acustic **MC**, iar vibrațiile parcurg stratul **ST1**, care se reflectă înapoi și sunt recepționate de un traductor receptor **TR**, fixat pe stratul de probă lângă traductorul **TE** prin intermediul unui material de cuplaj acustic **MC**, al cărui semnal electric este amplificat de **PA**, aplicat unui modul comparator **CO** și prelucrat de **MMC** pentru a determina timpul parcurs de Δt_1 reflectat de interfața dintre cele două straturi, pentru calculul grosimii **h1**, se utilizează expresia $h = \Delta t \cdot v_p / 2$, unde v_p este viteza de propagare a impulsului în material, pentru o precizie bună a măsurătorilor, timpul Δt fiind obținut prin medierea rezultatelor unui număr mare de măsurători realizate într-un singur punct (64 sau 128 date prelevate), în care v_1 este viteza de propagare în **ST1**, timpul Δt_1 este memorat **MASCA**, apoi se măsoară timpul Δt_2 parcurs în stratul **ST2**, și se determină grosimea celui de-al doilea strat **h2** cu expresia $h = \Delta t \cdot v_p / 2$, unde v_p este viteza de propagare a impulsului în material, pentru o precizie bună a măsurătorilor, timpul Δt fiind obținut prin medierea rezultatelor unui număr mare de măsurători realizate într-un singur punct (64 sau 128 date prelevate), în care v_2 este viteza de propagare în **ST2**. Modulul de comandă și control **MCC** prelucrează datele primite, face o mediere a timpilor măsurați, iar rezultatele se afișează pe display-ul **DSP** de la consola **COP**. Echipamentul funcționează la frecvență joasă de lucru de 16 Hz, asigurând creșterea adâncimii de pătrundere și implicit a grosimii straturilor asfaltice rutiere.

Revendicări

1

3

1. Metodă de măsurare a grosimii straturilor asfaltice, **caracterizată prin aceea că** se poziționează pe suprafața stratului (ST1) a două traductoare separate, un traductor emițător (TE) și un traductor receptor (TR) prin intermediul unui material de cuplaj acustic (MC), emisia și recepția unui impuls ultrasonic propagat prin structură, calibrarea echipamentului pe o probă de material, determinarea timpului între emisia și recepția semnalului, precum și determinarea grosimii stratului după expresia $h = \Delta t \cdot v_p / 2$, unde v_p este viteza de propagare a impulsului în material, determinare ce se realizează prin intermediul unui modul de comandă și control (MCC) prevăzut cu microcontroler, precizia corespunzătoare măsurătorilor asigurându-se prin medierea rezultatelor unui număr mare de măsurători realizate într-un singur punct, 64 sau 128 date prelevate, și stabilirea unei marje de eroare a măsurătorilor, prelucrarea datelor prelevate se face prin intermediul unui program de calibrare și măsurare a echipamentului implementat în microcontrolerul de la consola operatorului (COP), cu care se determină grosimea stratului (ST2) folosind aceeași expresie și ținând cont de timpul Δt măsurat anterior pentru stratul (ST1).

17

2. Echipament mobil de măsurare a grosimii straturilor rutiere, care folosește metoda de la revendicarea 1, **caracterizat prin aceea că** este realizat cu două traductoare aflate unul lângă celălalt într-o cutie metalică (CT), fixate pe suprafața unui strat (ST1) prin intermediul unui material de cuplaj acustic (MC), și anume, un traductor emițător (TE) pentru emiterea impulsurilor ultrasonice de la un generator de impulsuri (GI) de joasă frecvență și un traductor receptor (TR) pentru recepționarea impulsurilor reflectate de suprafața reflectoare ce desparte un strat (ST1) de stratul următor (ST2), un modul comparator (CO) pentru preluarea semnalelor transmise de traductorul receptor (TR), și un modul de comandă și control (MCC), care comandă generatorul de impulsuri (GI) și prelucrează datele recepționate, pentru determinarea grosimilor celor două straturi asfaltice (ST1 și ST2), iar rezultatele obținute sunt afișate pe un display (DSP) de pe consola operatorului (COP).

23

25

27

3. Echipament conform revendicării 2, **caracterizat prin aceea că** funcționează la frecvență joasă de lucru de 16 Hz, asigurând adâncimea de pătrundere mare a semnalului în material și implicit grosimea maximă măsurată a straturilor asfaltice rutiere.

29

(51) Int.Cl.

G01B 17/02 (2006.01);

G01N 29/07 (2006.01);

G01N 29/14 (2006.01)

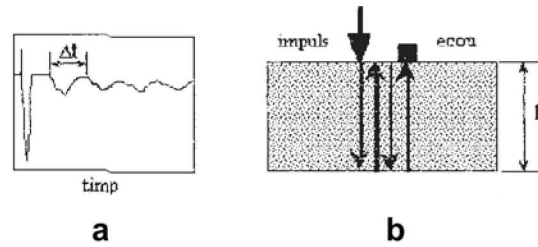


Fig. 1

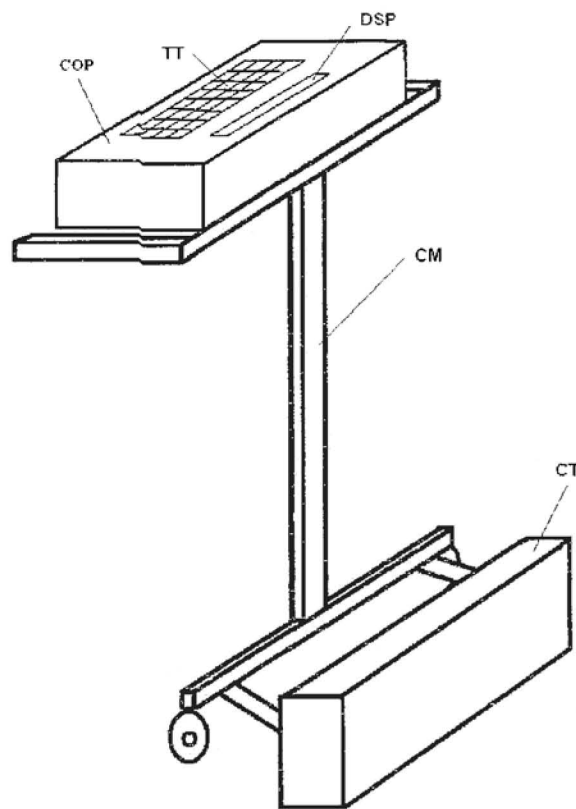


Fig. 2

(51) Int.Cl.

G01B 17/02 (2006.01),

G01N 29/07 (2006.01),

G01N 29/14 (2006.01)

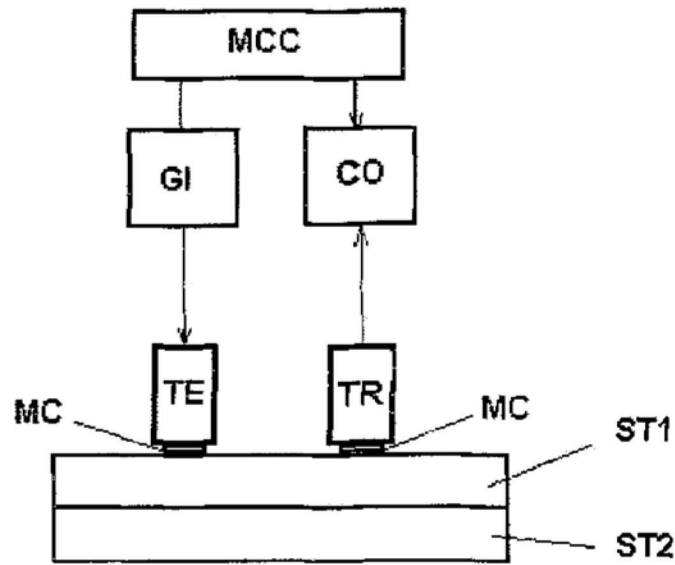


Fig. 3

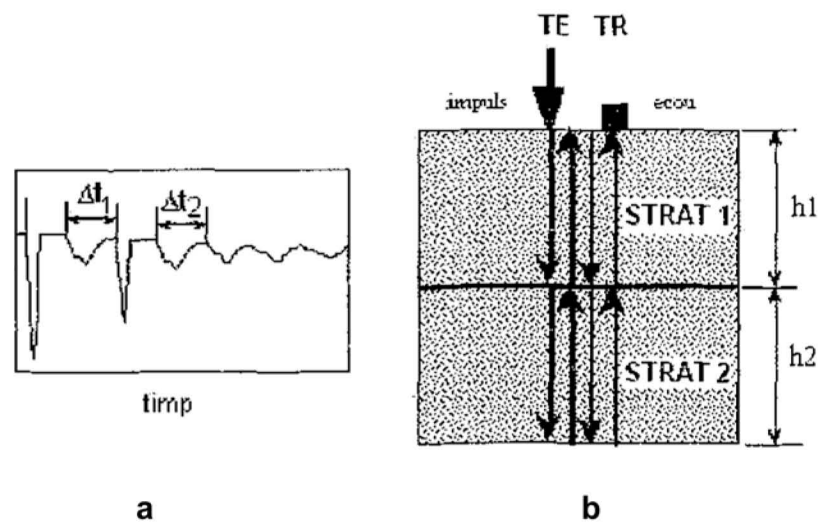


Fig. 4

(51) Int.Cl.

G01B 17/02 (2006.01),

G01N 29/07 (2006.01),

G01N 29/14 (2006.01)

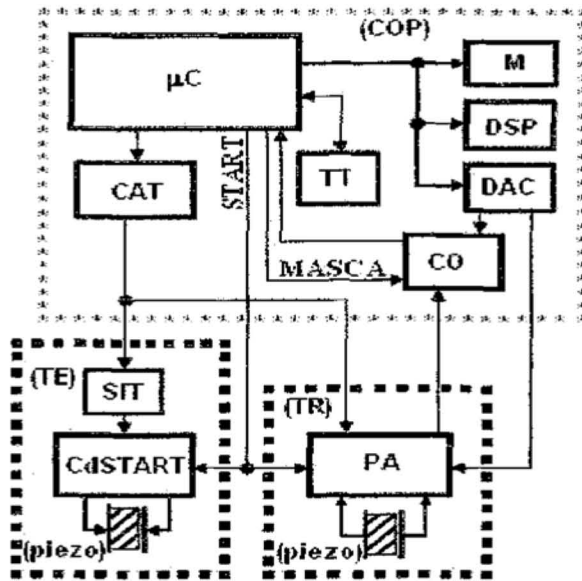


Fig. 5

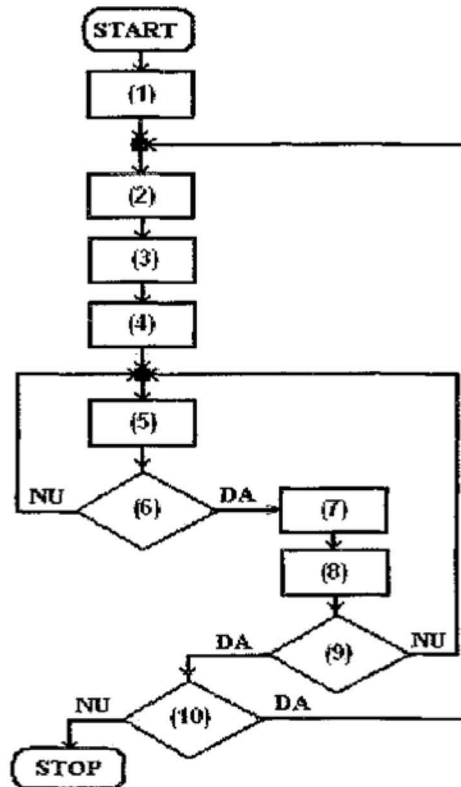


Fig. 6

