



(12)

BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: **a 2011 00380**

(22) Data de depozit: **21/04/2011**

(45) Data publicării mențiunii acordării brevetului: **30/10/2017** BOPI nr. **10/2017**

(41) Data publicării cererii:
29/11/2012 BOPI nr. **11/2012**

(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;**

• **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 RACOVIȚĂ NR.6, BL.R 1, SC.2,
AP.45, SECTOR 4, BUCUREȘTI, B, RO**

(56) Documente din stadiul tehnicii:
US 4560016; RO 122693 B1

(54) **DISPOZITIV PENTRU DETERMINAREA GREUTĂȚII
AUTOVEHICULELOR AFLATE ÎN MIȘCARE**



RO 127980 B1

1 Invenția se referă la un dispozitiv de determinare a greutății autovehiculelor aflate în
deplasare, fără restricționarea în vreun fel a traficului autovehiculelor.

3 Se cunosc metode și dispozitive construite pe baza acestor metode folosite pentru
determinarea greutății vehiculelor aflate în mișcare pe drumuri asfaltate. Aceste metode și
5 dispozitive se bazează pe folosirea unor senzori seismici electronici, cu preț de cost și de
utilizare mare, și complicat de montat și utilizat. În acest sens amintim brevetele
7 **S.U.A. nr. 6692567, 7684946, 6459050, 7305324 și 20040112149**, care se referă la metode
și aparate de determinare a greutății vehiculelor aflate în trafic.

9 Dezavantajul principal al acestor soluții este acela al necesității reducerii semnifi-
cative, mult sub limita legală, a vitezei autovehiculelor la efectuarea acestor măsurători. De
11 asemenea, aceste soluții impun ca o condiție esențială trecerea autovehiculelor de investigat
prin puncte speciale de control, amenajate pe marginea șoselelor.

13 Problema tehnică pe care prezenta invenție își propune să o rezolve constă în
determinarea greutății autovehiculelor aflate în trafic, "pe osie", fără restricționarea în vreun
15 fel a traficului autovehiculelor ce se cântăresc.

17 Dispozitivul conform invenției înlătură dezavantajele arătate mai înainte prin aceea
că permite evaluarea directă a greutății vehiculelor aflate în trafic, "pe osie", la viteza curentă
a vehiculului. Acesta se realizează prin utilizarea senzorilor cu fibră optică, ce folosesc
19 efectul de microbending. Senzorul cu fibră optică, destinat construcției unui dispozitiv
conform invenției, este constituit din fibră optică mono sau multimod, și utilizează, ca sursă
21 de radiație luminoasă ce se propagă prin fibră, un LED (diodă cu emisie de luminescență/
fluorescență) sau o diodă laser de mică putere. Conform invenției, nu există specificații
23 restrictive stricte, mai ales în ceea ce privește valorile lungimii de undă folosite, referitoare
la sursa de lumină folosită.

25 Dispozitivul conform invenției este alcătuit dintr-o sursă de radiație în infraroșu
apropiată (diodă laser sau LED), ce injectează radiația infraroșie în fibra optică ce se
27 curbează sub acțiunea sarcinii (greutății autovehiculului cântărit), în ansamblul de curbare
a fibrei, format din două suporturi cilindrice fixe, și un suport cilindric mobil, provocând
29 modificarea puterii radiației transmise prin fibra optică, modificare înregistrată de o fotodiodă
care generează o tensiune măsurată printr-o placă de achiziție conectată la un computer.

31 Invenția prezintă următoarele avantaje:

33 - este neinvazivă în raport cu traficul, nefiind nevoie să se scoată din trafic vehiculele
astfel cântărite;

35 - este mai sensibilă decât alte metode destinate aceluiași scop, fiind sensibilă la valori
mici ale greutății vehiculului ce se cântărește;

37 - este ieftină, aplicarea ei nu necesită cheltuieli deosebite de realizare, montare și
exploatare.

39 În fig. 1 este prezentă schematic o fibră optică pentru care se înregistrează
fenomenul pierderilor de tranziție prin efectul de microbending. În fig. 2 este prezentată
schematic analiza fenomenului pierderilor "pure", observate în cazul fenomenului de
41 microbending a unei fibre optice. Fig. 3 și 4 prezintă un mod de realizare a invenției.

43 Determinarea sarcinii pe osie a autovehiculelor aflate în deplasare, cu senzor
optoelectronic cu fibră optică, folosind efectul de microbending, conform invenției, constă în
45 aceea că se măsoară variația puterii emise de o sursă de radiație luminoasă, de tipul diodă
laser sau LED, având lungimea de undă situată într-o "fereastră de transmisie" a fibrei
47 optice, în domeniul spectral infraroșu apropiat, unde atenuarea este mult redusă, la
propagarea prin fibra optică având o îndoire proporțională cu o greutate aplicată printr-un
dispozitiv mecanic. Este o măsurătoare relativă, determinându-se cu un fotodetector puterea

RO 127980 B1

luminoasă transmisă prin fibra optică liniară, adică fără aplicarea unei sarcini, și prin aceeași fibră optică atunci când sarcina aplicată este diferită de zero, păstrând sursa de radiație în aceleași condiții. Invenția nu necesită restricționarea în vreun fel a traficului autovehiculelor ce se cântăresc.

Funcționarea unui senzor optoelectronic cu fibră optică, pe baza efectului de microbending, poate fi analizată considerând ecuațiile cuplate de propagare ale amplitudinii câmpului electric al undelor electromagnetice care se propagă în sensul pozitiv al axei fibrei optice (unda "directă", de amplitudine A_f), și în sensul negativ axei fibrei optice (unda "inversă", de amplitudine A_b). În principiu, printr-o fibră optică liniară, multimod sau monomod, fabricată din materiale neabsorbante sau care să producă împrăștierea radiației electromagnetice, radiația luminoasă se propagă pe distanțe infinite, fără a se înregistra vreo pierdere de putere. Prin producerea unei curbări, îndoiri a fibrei optice, principiul invariantei translaționale aplicabil, ce guvernează propagarea rectilinie a luminii, este încălcat, fapt care se manifestă prin pierderi de putere de către modurile de propagare a radiației luminoase. Această pierdere de putere de către modurile de propagare poate fi observată în cazul modului fundamental de propagare în fibrele optice monomod, sau la modurile "legate" ce se pot propaga prin nucleul unei fibre optice multimod, la propagarea luminii prin, în lungul și în afara porțiunii curbate a fibrei optice.

În cazul efectului de microbending, sunt luate în considerare două tipuri de pierderi:

A - pierderi de tranziție - acestea sunt asociate cu modificări mari și/sau rapide ale curburii fibrei optice, la începutul sau sfârșitul unui microbending al fibrei optice;

B - pierderi de îndoire - asociate cu o îndoire de curbura constantă a fibrei optice.

Pierderile de tranziție pot fi descrise printr-o schimbare de amplitudine mare a curburii k a fibrei optice, de la situația în care aceasta este liniară ($k = 0$) la situația unei curburii constante, cu raza R_b , definită prin relația $k = 1/R_b$. Modul fundamental de propagare prin fibra optică este deplasat ușor spre exteriorul miezului fibrei optice, spre învelișul acesteia, în planul curburii, producându-se astfel o nepotrivire spațială, o nesuprapunere față de distribuția de câmp electromagnetic a fibrei optice liniare, așa cum este prezentat schematic în fig. 1. În această figură se pot observa elementele constitutive ale fibrei optice, adică miezul **1'**, având diametrul de maximum 8...9 μm (fibră optică monomod) sau de maximum 100...150 μm (fibră optică multimod), având indicele de refracție n_{co} , și învelișul **2'**, având diametrul exterior de maximum 200...250 μm , cu indicele de refracție n_{cl} . Indicii de refracție îndeplinesc condiția esențială pentru ghidarea radiației: $n_{co} > n_{cl}$. Se poate observa distribuția de câmp electromagnetic a modului fundamental de propagare **3'**, în situația normală, adică a propagării printr-o fibră optică liniară și ușor deplasată spre interfața miez-înveliș, deplasare produsă în cazul propagării printr-o fibră optică curbată, având o rază de curbura **4'**.

Pierderea relativă de putere a modului fundamental, $\Delta P/P$, poate fi dedusă din integrala de suprapunere a acestor două câmpuri, în condițiile în care distribuția caracteristică modului fundamental de propagare este aproximată ca fiind Gaussiană, și se consideră că razele spotului și miezului sunt aproximativ egale, printr-o relație de forma:

$$\int \frac{\delta P}{P} \approx \frac{1}{16} \frac{V^4}{\Delta^2} \frac{\rho^2}{R_b^2} \quad (1)$$

unde ρ este raza miezului fibrei optice, V este parametrul ce definește frecvența specifică a acesteia, iar Δ este diferența relativă a indicilor de refracție. În fig. 1 este prezentată schematic o fibră optică pentru care se înregistrează fenomenul pierderilor de tranziție prin efectul de microbending.

RO 127980 B1

1 Pierderile "pure" de îndoire ale unei fibre optice sunt definite prin pierderile continue
de putere, înregistrate de modul fundamental de propagare prin fibra optică, în cazul
3 propagării acesteia de-a lungul căii optice curbate cu o rază de curbură constantă R_b a
miezului fibrei optice supuse fenomenului de îndoire. Se presupune faptul că învelișul fibrei
5 optice nu este în mod esențial folosit pentru propagarea modurilor de undă ale radiației
luminoase ce se propagă prin fibra optică, fiind deci "nelegat" pentru acestea, și neafectat
7 de curbarea fibrei optice, păstrând o valoare nemodificată a indicelui de refracție n_{cl} .
Pierderile de putere ale radiației luminoase cresc rapid, cu micșorarea razei de curbură a
9 îndoirii fibrei optice. Aceste pierderi de putere ale radiației luminoase se înregistrează
predominant în planul îndoirii fibrei optice. În oricare alt plan raza de curbură efectivă este
11 mai mare și, deci, pierderile sunt mult mai mici, așa cum este prezentat în fig. 2. Se cunoaște
faptul că viteza de fază, în orice poziție aflată pe suprafața de fază constantă a modului
13 supus fenomenului de rotație în jurul îndoiturii, curburii fibrei optice, nu poate avea o valoare
mai mare decât aceea a luminii în înveliș. Prin urmare, sub o anumită valoare R_{rad} , câmpul
15 de radiație al modului de propagare prin fibra optică trebuie, în mod necesar, să treacă în
înveliș, radiația propagându-se tangențial față de miez. Pentru un mod de propagare prin
17 fibra optică, interfața dintre zonele de propagare ghidată în lungul îndoiturii fibrei optice și
aceea de iradiere în înveliș la R_{rad} este cunoscută drept "caustica de radiație". Caustica de
19 radiație apare ca sursa aparentă de radiație luminoasă. Între miez și caustica de radiație,
modul de propagare devine evanescent, puterea lui scăzând exponențial cu distanța radială
21 față de C, centrul de curbură al fibrei optice. Caustica de radiație se deplasează în interiorul
învelișului, odată cu scăderea razei de curbură, puterea luminoasă a modului de propagare
23 scăzând în acest mod. R_{rad} este definită prin relația:

$$25 \quad R_{rad} = \frac{c}{\Omega n_{cl}} \quad (2)$$

27 unde c este viteza luminii în vid, Ω este viteza unghiulară de rotație a modului de propagare
în jurul punctului C, conform fig. 2. În practică, puterea luminoasă iradiată de la îndoitura
29 fibrei optice este absorbită de stratul de protecție de acrilat depus la exteriorul învelișului
și/sau se propagă în exteriorul fibrei optice, în spațiul liber. În fig. 2 este prezentată
31 schematic analiza de mai sus a fenomenului pierderilor "pure", observate în cazul
fenomenului de microbending al unei fibre optice. Se pot observa elementele constitutive ale
33 fibrei optice, adică miezul **1'** și învelișul **2'**, precum și frontul de undă caracteristic modului
fundamental de propagare prin fibra optică **3'**, caracterizat de o valoare constantă a vitezei
35 de fază. De asemenea, se pot observa și centrul de curbură a fibrei optice **4'**, raza de
curbură a acesteia **5'**, precum și raza **6'** a frontului de undă al caustice de radiație **7'**.

37 Atenuarea modului de propagare prin fibra optică poate fi descrisă analitic printr-o
funcție de z, unde z este distanța în lungul axei fibrei optice, măsurată de la zona de
39 începere a curburii. Funcția mai sus amintită descrie atenuarea puterii modului fundamental
de propagare prin fibra optică $P(z)$ și este definită prin relația:

$$41 \quad P(z) = P(0)e^{-\gamma z} \quad (3)$$

unde $P(0)$ este puterea modului fundamental de propagare la intrarea în zona curbată a fibrei
43 optice, iar γ este coeficientul de atenuare a acestui mod. În cazul exprimării în decibeli (dB),
această relație devine:

$$45 \quad dB = 10 \log_{10} \left(\frac{P(z)}{P(0)} \right) = 10 \log_{10} (e^{-\gamma z}) = -10 \log_{10} (e) \gamma z \quad (4)$$

47

RO 127980 B1

Această relație indică faptul că atenuarea puterii modului fundamental de propagare pe unitatea de lungime a fibrei optice curbate este 8,686 γ dB. γ poate fi definit în condițiile considerării unei fibre optice de tip "step-index", cu o variație de tip funcție treaptă a indicelui de refracție la trecerea de la miez la înveliș, având parametrii modali U și W ai miezului și învelișului, cu o diferență relativă Δ a indicilor de refracție, cu un parametru modal V, cu r raza miezului și având raza curburii R_b , prin relația:

$$\gamma = \left(\frac{\pi \rho}{R_b} \right)^{1/2} \frac{V^2 W^{1/2}}{2 \rho U^2} e^{-\frac{4}{3} \Delta \frac{R_b W^3}{\rho V^2}} \quad (5)$$

O formă preferată de realizare a invenției se prezintă în continuare, în legătură cu fig. 3 și 4. În fig. 3 este prezentată schema dispozitivului realizat conform invenției, unde se pot observa un bloc **1** electronic, de la care primește curent de injecție sursa de radiație luminoasă care se propagă printr-o fibră **2** optică, două suporturi **3** cilindrice fixe, pe suprafețele cărora fibra **2** optică poate aluneca, un suport **4** cilindric mobil, care poate culisa în plan vertical, axa sa fiind menținută paralelă cu axele celor două suporturi cilindrice fixe, fibra optică putând să alunece pe suprafața acestui suport cilindric mobil, un fotodetector **5**, acesta fiind realizat dintr-o fotodiodă cu siliciu, montată într-un circuit de polarizare inversă, generând o tensiune electrică măsurată printr-o placă **6** de achiziție, conectată la un computer **7**. De asemenea, în fig. 3 se poate observa că pe suportul **4** cilindric mobil se aplică sarcina **8** mecanică, greutatea de măsurat. În fig. 4 este prezentată o formă propusă de realizare a dispozitivului mecanic de îndoire a fibrei, alcătuit dintr-o placă **9** plană suport, o placă **10** semicilindrică mobilă, niște arcuri **14** și niște suporturi **15** de ghidaj, care asigură o deplasare verticală controlată a plăcii semicilindrice de aceasta și de placa suport fixă, prin intermediul unor suporturi **16** mecanice, fixate rigid față de fiecare dintre aceste două plăci, și având montate rigid, pe capete, piese **12** suport cilindrice fixe și, alternativ, mobile **13**, se asigură curbarea unei fibre **11** optice cu o rază de curbură variabilă în funcție de greutatea aplicată pe placa **10** semicilindrică. Fibra optică, nu este fixată rigid față de plăcile **9** sau **10**. Dimensiunea L indicată în fig. 4 este orientativă, fiind considerată mai mare cu 25...50% față de cea mai mare lățime de anvelopă auto care se prevede a echipa vehiculele a căror greutate urmează să fie măsurată. Dimensiunea B indicată în fig. 4 este, de asemenea, orientativă, fiind fixată în funcție de calitatea materialelor din care sunt confecționate cele două plăci, suport și semicilindrică mobilă, precum și de greutatea maximă care se estimează că va fi măsurată. Dispozitivul mecanic conform fig. 4 este îngropat în acostamentul, în bazamentul unei șosele, astfel încât placa semicilindrică mobilă să fie la nivelul pavajului, dispozitivele electronice de alimentare a sursei de radiație luminoasă și de măsurare și înregistrare fiind montate, după caz, la o anumită distanță de șosea.

RO 127980 B1

1

Revendicare

3

Dispozitiv pentru determinarea greutății autovehiculelor aflate în mișcare, alcătuit dintr-o sursă (1) de radiație, o fibră (2) optică prin care trece radiația luminoasă, și un ansamblu (5, 6, 7) de recepție și prelucrare a semnalului, **caracterizat prin aceea că** mai conține un ansamblu de curbare a fibrei (2) optice, format din două suporturi (3) cilindrice fixe și un suport (4) cilindric mobil, care provoacă modificarea puterii radiației transmise prin fibra (2) optică de către sursa (1) de radiație în infraroșu apropiată, modificare înregistrată de fotiododa (5) care generează o tensiune măsurată prin placa (6) de achiziție conectată la calculator (7).

5

7

9

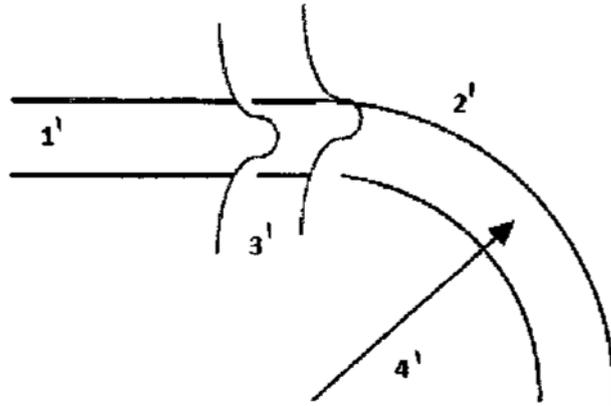


Fig. 1

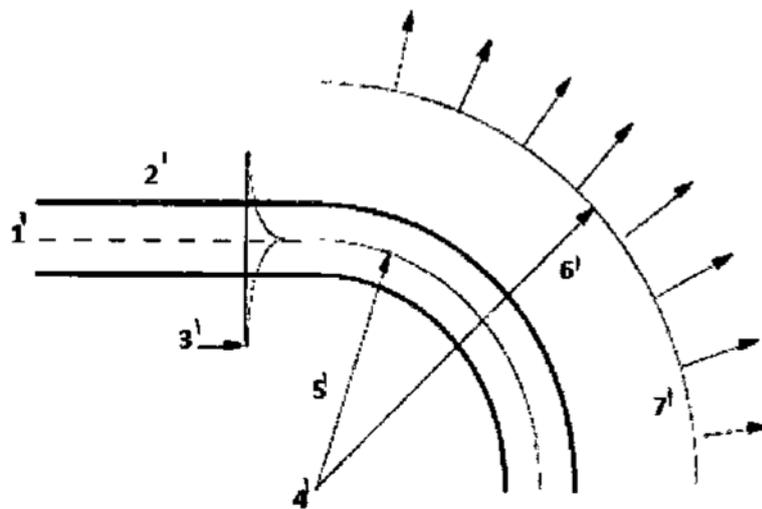


Fig. 2

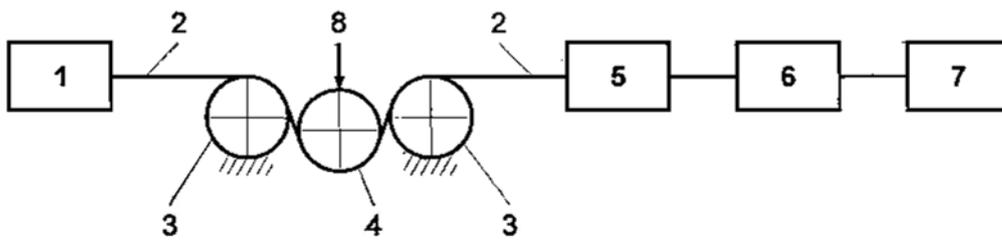


Fig. 3

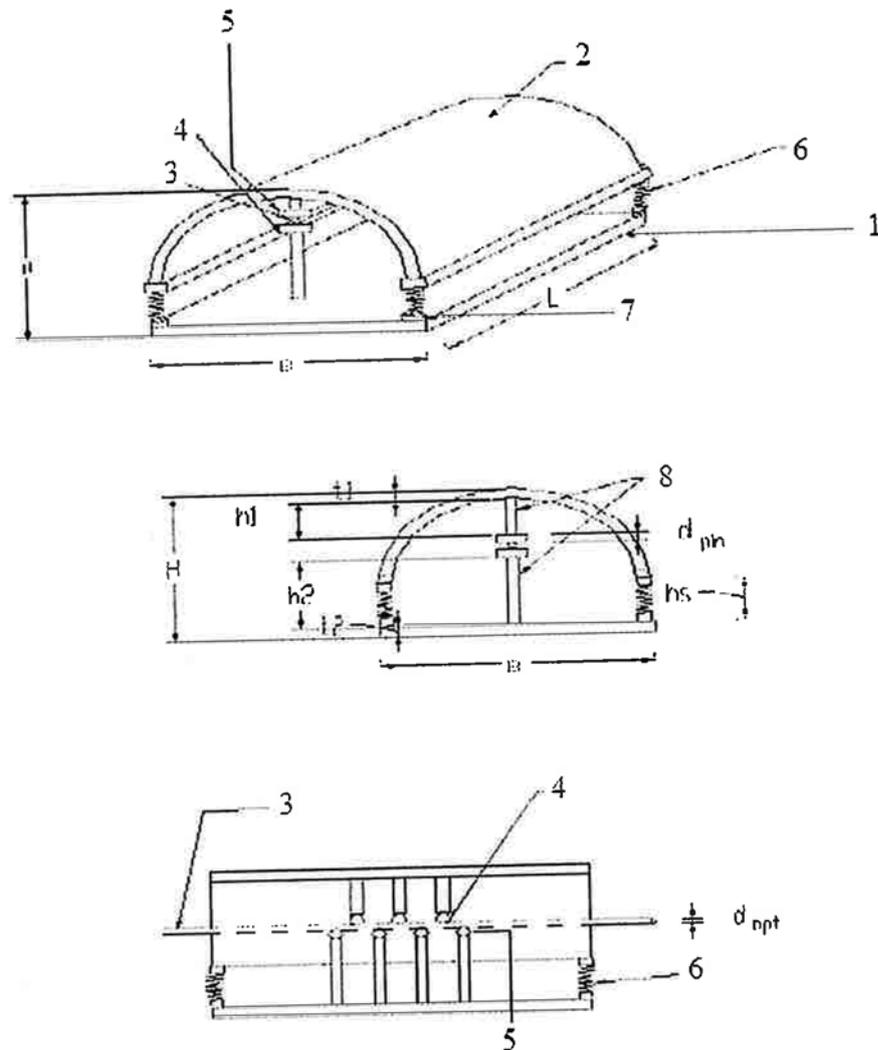


Fig. 4