



(12) CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2011 00380

(22) Data de depozit: 21.04.2011

(41) Data publicării cererii:
29.11.2012 BOPI nr. 11/2012

(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, 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.R1, SC.2,
AP.45, SECTOR 4, BUCUREȘTI, B, RO

(54) METODĂ ȘI DISPOZITIV CU SENZOR OPTOELECTRONIC
CU FIBRĂ OPTICĂ FOLOSIND EFECTUL DE
MICROBENDING PENTRU DETERMINAREA SARCINII
AUTOVEHICULELOR AFLATE ÎN DEPLASARE

(57) Rezumat:

Invenția se referă la o metodă de determinare a greutății vehiculelor aflate în deplasare, fără restricționarea în vreun fel a traficului autovehiculelor ce se cântăresc, și la un dispozitiv ce aplică metoda. Metoda conform invenției măsoară variația puterii optice transmise printr-o fibră optică în funcție de o greutate variabilă aplicată, folosind un dispozitiv optoelectronic cu fibră optică monomod sau multi-mod, prin care se propagă o radiație luminoasă cu lungimea de undă din domeniul spectral infraroșu apropiat, emisă în undă continuă de către o diodă laser sau de un led, fibra optică fiind montată într-un dispozitiv mecanic ce îi asigură curbarea în funcție de greutatea de măsurat. Dispozitivul conform invenției este alcătuit dintr-o sursă de radiație (1) în infraroșu apropiat, ce poate fi o diodă laser sau led, care injectează radiația infraroșie într-o fibră optică (2) ce se curbează sub acțiunea greutății autovehiculului cântărit în ansamblul de curbare a fibrei, format din două suporturi (3) cilindrice fixe și un suport (4)

cilindric mobil, provocând modificarea puterii radiației transmise prin fibra optică (2), modificare înregistrată de o fotodiodă (5) care generează o tensiune măsurată printr-o placă (6) de achiziție conectată la un computer (7).

Revendicări: 2
Figuri: 4

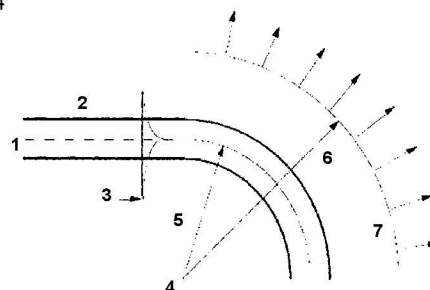


Fig. 2



OFICIUL DE STAT PENTRU INVENȚII ȘI MĂRCI
Cerere de brevet de invenție
Nr. a 2011 00380
Data depozit ... 2.1.04.2011.

24

METODĂ ȘI DISPOZITIV CU SENZOR OPTOELECTRONIC CU FIBRĂ OPTICĂ FOLOSIND EFECTUL DE MICROBENDING PENTRU DETERMINAREA SARCINII AUTOVEHICULELOR AFLATE ÎN DEPLASARE

Invenția se referă la o metodă de determinare a greutății vehiculelor aflate în deplasare fără restricționarea în vreun fel a traficului autovehiculelor ce se cântăresc folosind un senzor optoelectronic cu fibră optică funcționând pe baza efectului de microbending al fibrei optice și la un dispozitiv care aplică metoda.

Se cunosc metode și dispozitive construite pe baza acestor metode folosite pentru determinarea greutății vehiculelor aflate în mișcare pe drumuri asfaltate. Aceste metode și 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 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. Dezavantajul principal al acestor soluții este acela al necesității reducerii semnificative, mult sub limita legală, a vitezei autovehiculelor la efectuarea acestor măsurători. De asemenea, aceste soluții impun ca o condiție esențială trecerea autovehiculelor de investigat prin puncte speciale de control amenajate pe marginea șoselelor.

Metoda 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 efectul de microbending. Senzorul cu fibră optică destinat construcției unui dispozitiv conform invenției este constituit din fibră optică mono sau multi mod și utilizează ca sursă de radiație luminoasă ce se propagă prin fibră un LED (diodă cu emisie de luminescență/fluorescență) sau o diodă laser de mică putere. Conform metodei propuse nu există specificații restrictive stricte, mai ales în ceea ce privește valorile lungimii de undă folosite, referitoare la sursa de lumină folosită.

Problema tehnică pe care prezenta invenție își propune să o rezolve constă în determinarea greutății vehiculelor aflate în trafic „pe osie” fără restricționarea în vreun fel a traficului autovehiculelor ce se cântăresc, măsurând variația puterii optice transmise printr-o fibră optică supusă unui efect de microbending funcție de greutatea variabilă aplicată.

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 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 invarianței 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 fibrei 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 fig. 1 se pot observa elementele constitutive ale fibrei optice, adică miezul (1), având diametrul de maxim 8 - 9 μm (fibră optică monomod) sau de maxim 100 - 150 μm (fibră optică multimod), având indicele de refracție n_{co} și învelișul (2), având diametrul exterior de maxim 200 - 250 μm având 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

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

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 prezentă schematic o fibră optică pentru care se înregistrează fenomenul pierderilor de tranziție prin efectul de microbending.

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 propagării acestuia 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 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 de curbarea fibrei optice, păstrînd o valoare nemodificată a indicelui de refracție n_{cl} . Pierderile de putere ale radiației luminoase cresc rapid cu micșorarea razei de curbură a 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 mai mare și deci pierderilor 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 supus fenomenului de rotație în jurul îndoiturii, curburii fibrei optice nu poate avea o valoare mai mare decît aceea a luminii în înveliș. Prin urmare, sub o anumită valoare, R_{rad} , câmpul 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 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 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 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 scăzând în acest mod. R_{rad} este definită prin relația:

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

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 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 schematic analiza

de mai sus a fenomenului pierderilor „pure” observate în cazul fenomenului de microbending a unei fibre optice. Se pot observa elementele constitutive ale 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 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 causticeii de radiație (7).

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 începere a curburii. Funcția mai sus pomenită descrie atenuarea puterii modului fundamental de propagare prin fibra optică, $P(z)$ și este definită prin relația:

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

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

$$dB = 10 \lg \left(\frac{P(z)}{P(0)} \right) = 10 \lg(e^{-\gamma z}) = 20 \lg(e) \gamma z \quad (4)$$

Această relație indică faptul că atenuarea puterii modului fundamental de propagare pe unitatea de lungime a fibrei optice curbate este 8.686γ 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:

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

Metoda de determinare a sarcinii pe osie a autovehiculelor aflate în deplasare cu senzor optoelectronic cu fibră optică folosind efectul de microbending, conform invenției, constă în 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 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 luminoasă transmisă prin fibra optică liniară, adică fără aplicarea unei sarcini și prin aceeași fibră optică atunci sarcina aplicată este diferită de zero, păstrând sursa de radiație în aceleași

condiții. Metoda nu necesită restricționarea în vreun fel a traficului autovehiculelor ce se cântăresc.

Dispozitivul conform invenției este alcătuit dintr-o sursă de radiație în infraroșu apropiat (diodă laser sau LED) ce injectează radiația infraroșie în fibra optică care se 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 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.

Invenția prezintă următoarele avantaje:

- Metoda este neinvazivă în raport cu traficul, nefiind nevoie să se scoată din trafic vehiculele astfel cântărite.
- Metoda este mai sensibilă decât alte metode destinate aceluiași scop, fiind sensibilă la valori mici ale greutății vehiculului ce se cântărește.
- Metoda este ieftină, aplicarea ei nu necesită cheltuieli deosebite de realizare, montare și exploatare.

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 microbending a unei fibre optice. Fig. 3 și 4 prezintă un mod de realizare a invenției.

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 blocul electronic (1) de la care primește curent de injecție sursa de radiație luminoasă care se propagă prin fibra optică (2), doi suportii cilindrici fișși (3), pe suprafețele cărora fibra optică poate aluneca, un suport cilindric mobil (4) care poate culisa în plan vertical, axa sa fiind menținută paralelă cu axele celor doi suportii cilindrici fișși, fibra optică putînd să alunece pe suprafața acestui suport cilindric mobil, fotodetectorul (5), acesta fiind realizat dintr-o fotodiodă cu siliciu montată într-un circuit de polarizare inversă, (5) generînd o tensiune electrică măsurată printr-o placă de achiziție (6) conectată la un computer (7). De asemenea, în fig. 3 se poate observa că pe suportul cilindric mobil (4) se aplică sarcina mecanică (8), greutatea de măsurat. În fig. 4 este prezentată o formă propusă de realizare a dispozitivului mecanic de îndoire a fibrei, alcătuit din placa plană suport (1), placa semicilindrică mobilă (2), arcurile (6) și suportii de ghidaj (7) care asigură o deplasare verticală controlată a plăcii semicilindrice de aceasta și de placa suport fixă, prin intermediul unor suportii mecanici (8) fixați rigid față de fiecare dintre aceste două plăci și avînd montate

rigid pe capete piese suport cilindrice fixe (4) și, alternativ, mobile (5), se asigură curbarea fibrei optice (3) cu o rază de curbură variabilă funcție de greutatea aplicată pe (2). Fibra optică, nu este fixată rigid față de (1) sau (2). 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.

REVENDICĂRI

1. Metodă de determinare a sarcinii pe osie a autovehiculelor **caracterizată prin aceea că** se folosește un dispozitiv optoelectronic cu fibră optică monomod sau multimod prin care se propagă o radiație luminoasă cu lungimea de undă din domeniul spectral infraroșu apropiat emisă în undă continuă de către o diodă laser sau de un LED, fibra optică fiind montată într-un dispozitiv mecanic care îi asigură curbarea funcție de greutatea de măsurat, fiind măsurată variația puterii optice transmise prin fibra optică funcție de greutatea variabilă aplicată și că nu necesită restricționarea în vreun fel a traficului autovehiculelor ce se cântăresc.

2. Dispozitiv de determinare a sarcinii pe osie a autovehiculelor prin metoda definită în revendicarea 1, **caracterizat prin aceea că** este alcătuit dintr-o sursă de radiație în infraroșu apropiat (diodă laser sau LED) (1) ce injectează radiația infraroșie în fibra optică (2) care se curbează sub acțiunea greutății autovehiculului cântărit în ansamblul de curbare a fibrei format din două suporturi cilindrice fixe (3) și un suport cilindric mobil (4) provocând modificarea puterii radiației transmise prin fibra optică (2), modificare înregistrată de o fotodiodă (5) care generează o tensiune măsurată printr-o placă de achiziție (6) conectată la un computer (7).

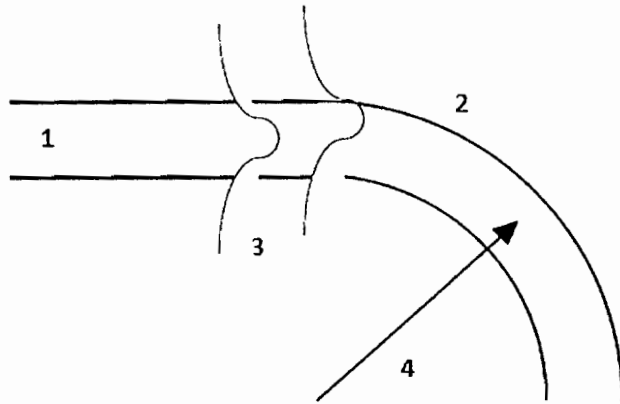


Fig.1

16

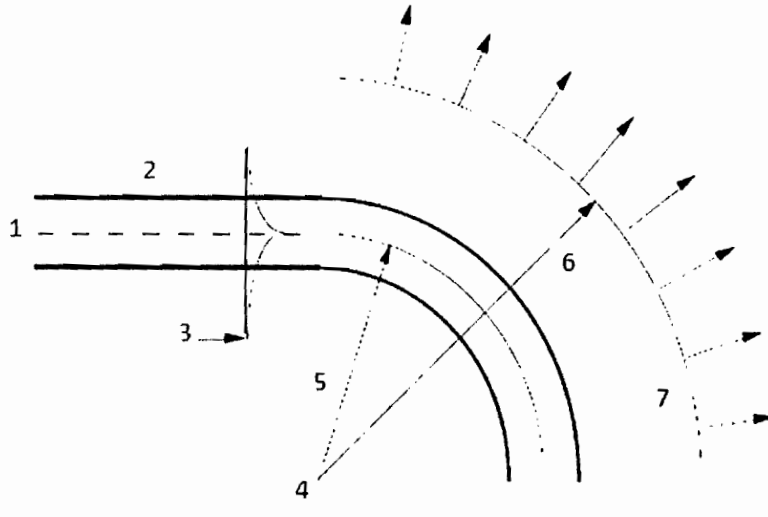


Fig. 2

15

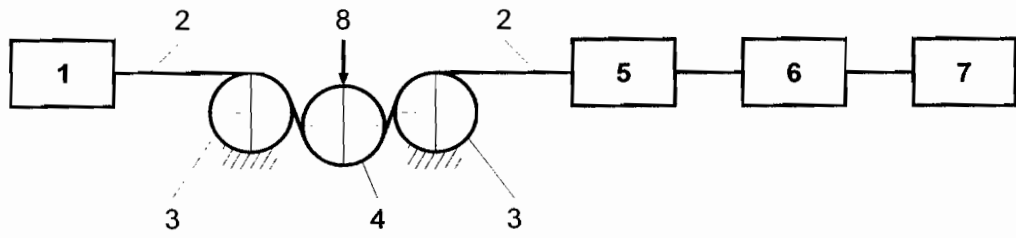


Fig. 3

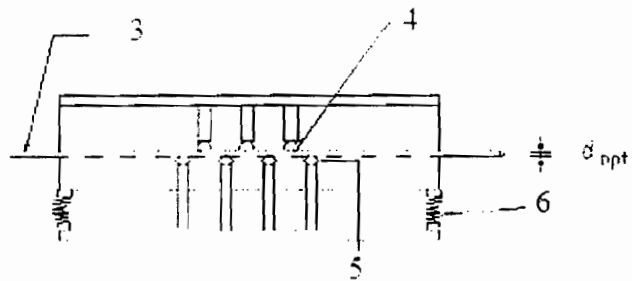
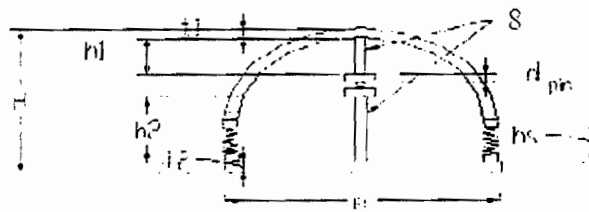
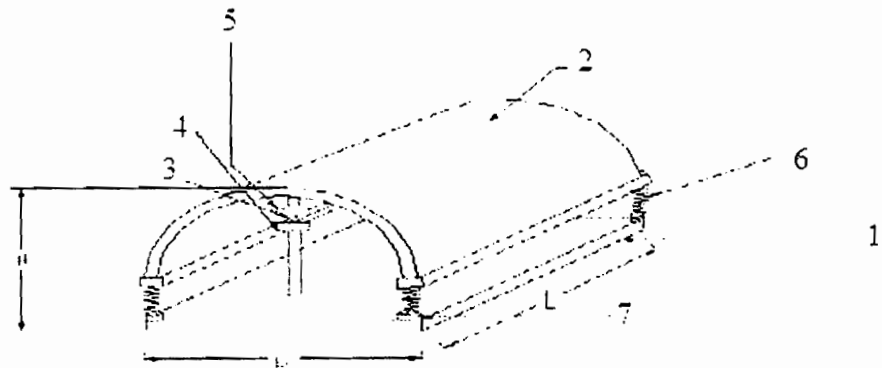


Fig. 4