



(12) CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2017 00773

(22) Data de depozit: 29/09/2017

(41) Data publicării cererii:
30/03/2018 BOPI nr. 3/2018

(71) Solicitant:
• INSTITUTUL NAȚIONAL DE
CERCETARE-DEZVOLTARE PENTRU
FIZICĂ TEHNICĂ-IFT, B-DUL MANGERON
NR.47, IAȘI, IS, RO

(72) Inventatori:
• CORODEANU SORIN,
ALEEA TUDOR NECULAI NR. 117,
BL. 1007, SC. A, ET. 4, AP. 17, IAȘI, IS, RO;

• HLENSCHI COSTICĂ, ȘOS.NAȚIONALĂ
NR.48, BL.D12, PARTER, AP.3, IAȘI, IS,
RO;
• CHIRIAC HORIA,
STR.ALEXANDRU VLAHUȚĂ NR.7 B,
BL. ACADEMIE, SC.A, ET.2, AP.9, IAȘI, IS,
RO;
• LUPU NICOLETA, ȘOS.NAȚIONALĂ
NR.428, BL.A1, SC.D, ET.4, AP.3, IAȘI, IS,
RO;
• OVARI TIBOR ADRIAN,
STR. AEROPORTULUI NR. 1D, BL. IV,
ET. 1, AP. 8, IAȘI, IS, RO

(54) PROCEDEU DE MĂSURARE NEINVAZIVĂ A DEBITULUI
LICHIDELOR ÎN ȚEVI PENTRU UZ CASNIC

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un procedeu de măsurare neinvazivă a debitului lichidelor în țevi pentru uz casnic. Procedeu conform invenției constă din măsurarea semnalului electric generat de modificarea permeabilității magnetice a unor materiale magnetice cu structuri speciale, la vibrațiile induse în peretele unei țevi prin care trece lichidul respectiv, utilizând un microsenzor sensibil la deformări elastice, montat pe peretele țevii, microsenzor care constă dintr-un material magnetic sub formă de fir, având structură amorfă, din sistemul Co-Fe-Si-B cu magnetostricțiune negativă mică, aproape nulă, sau structură nanocristalină, din sistemul Fe-Cu-Nb-Si-B cu magnetostricțiune nulă, pe care se înfășoară o bobină realizată din fir de Cu, aplicarea unor pulsuri de curent firului magnetic, pentru excitație, culegerea semnalului indus în bobina ce înconjoară firul, trecerea semnalului într-un modul de detecție sincronă și integrare, filtrarea pulsurilor induse, amplificarea semnalului într-un amplificator cu amplificare variabilă, și prelucrarea semnalului cu ajutorul unui PC dotat cu sistem de achiziție de date.

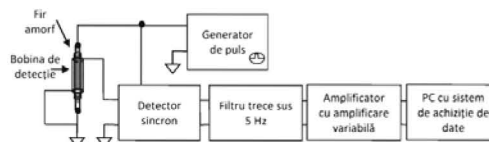


Fig. 1

Revendicări: 3
Figuri: 4

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



PROCEDEU DE MĂSURARE NEINVAZIVĂ A DEBITULUI LICHIDELOR ÎN ȚEVI PENTRU UZ CASNIC

DESCRIEREA INVENȚIEI

OFICIUL DE STAT PENTRU INVENȚII ȘI MĂRCI	
Cerere de brevet de invenție	
Nr.	a 2017 00773
Data depozit	29-09-2017

Introducere

Modernizarea sistemelor de alimentare cu apă, cum ar fi cea realizată prin fonduri europene în diferite localități din țară, implică, în general, costuri mult mai mari prin utilizarea unor soluții de măsurare a debitului clasice, invazive. În plus, modificările necesare a fi aduse fluxurilor tehnologice existente în industria alimentară sau în cea chimică ar deveni mai rapide și semnificativ mai ieftine prin utilizarea unor soluții neinvazive de măsurare a debitelor lichidelor. În prezent, măsurarea neinvazivă a debitelor se realizează mai ales prin tehnici laser sau cu ultrasunete. Însă, pentru ca aceste tehnici să dea rezultate precise este necesar ca lichidele al căror debit se măsoară să conțină particule sau bule, ceea ce împiedică aplicarea lor cu succes la măsurarea debitelor unor lichide curate, cum este apa potabilă. Pe de altă parte, s-a dovedit că debitmetrele cu ultrasunete nu sunt fiabile comparativ cu cele convenționale, invazive, cum ar fi cele electromagnetice. Acestea din urmă sunt însă mai scumpe și implică operațiuni mai laborioase de montaj. De aceea, există o nevoie acută pentru realizarea unor senzori de debit neinvazivi, cu costuri cât mai reduse. Primul pas pentru realizarea acestui deziderat îl constituie punerea la punct a unui procedeu pe baza căruia să funcționeze și să poată fi dezvoltat ulterior astfel de senzori neinvazivi pentru măsurarea debitelor lichidelor. Această invenție propune exact acest lucru, și anume un procedeu de măsurare neinvazivă a debitelor lichidelor curate, fără bule și/sau impurități, pe baza căruia să poată fi realizate ulterior debitmetre neinvazive.

Domeniul tehnic

Invenția se referă la un procedeu de măsurare neinvazivă a debitului lichidelor curate (apă) în țevi utilizate în scopuri casnice, cum sunt cele de tip PEX sau cele de cupru cu diametre cuprinse între 2,5 și 30 mm. Procedeu permite monitorizarea debitului din astfel de țevi, fără a fi necesară o lucrare laborioasă de instalare, și, cel mai important, fără a fi necesară tăierea țevii

[Handwritten signatures and initials]



pentru instalarea invazivă a vreunui dispozitiv, așa cum se procedează în mod curent la instalarea apometrelor și/sau debitmetrelor pentru uz casnic sau comercial.

Stadiul tehnicii

Este cunoscut faptul că debitul lichidelor se măsoară în prezent folosind o gamă variată de debitmetre, bazate pe diferite principii de funcționare (mecanice, optice, termice, electromagnetice, cu ultrasunete, Coriolis, cu laser, etc). Dintre acestea, foarte puține oferă soluții neinvazive. Se cunoaște procedeul bazat pe efectul Doppler (cu laser sau cu ultrasunete). Dezavantajul este că, pentru ca principiul Doppler să fie utilizabil, este necesar ca lichidul să conțină particule sau bule de aer, ceea ce nu este cazul pentru lichidele curate, de tipul apei potabile pentru uz casnic. O altă soluție cunoscută o reprezintă debitmetrele pentru canale deschise, destinate lichidelor cu deschidere la atmosferă, aceasta fiind evident nepractică pentru domeniul de aplicare vizat de această invenție. Pe de altă parte, este cunoscut că debitmetrele ultrasonice au demonstrat, în general, performanțe inferioare în raport cu cele magnetice de inserție.

Realizarea de noi senzori pentru măsurarea debitelor constituie în prezent un subiect de interes major pe plan mondial, fapt dovedit de numărul foarte mare de brevete de invenție și de articole științifice publicate pe acest subiect. Este cunoscută propunerea de utilizare a unor tehnici combinate pentru a crește precizia de măsurare a debitelor. Astfel, *Gysling și colaboratorii* au propus un nou dispozitiv pentru măsurarea debitului care utilizează atât senzori de presiune cât și senzori ultrasonici [1]. Senzorii măsoară viteza de propagare a sunetului printr-un fluid care curge într-o conductă și variațiile de presiune (de exemplu, cele determinate de turbioane) care se deplasează odată cu lichidul pentru a determina parametrii curgerii. Aparatul include un dispozitiv de detecție, care la rândul lui include o rețea de senzori de presiune utilizați pentru măsurarea variațiilor de presiune acustică și convectivă din fluxul de curgere pentru a determina parametrii doriți și totodată un senzor cu ultrasunete pentru măsurarea vitezei și debitului lichidului. Ca răspuns la un semnal de intrare, procesorul poate comuta manual sau dinamic între senzorii de presiune și cei cu ultrasunete pentru a măsura parametrii curgerii. Dezavantajul este că senzorii propuși sunt mult prea complecși, iar senzorii de presiune sunt prevăzuți să funcționeze cu materiale piezoelectrice, care sunt cunoscute pentru dezavantajul unei decalibrări relativ rapide în timp atunci când sunt expuse la condiții extreme de mediu, cum ar fi șocurile mecanice, variațiile bruște de temperatură sau umiditate, etc.

T. A. O. I.
M. I.
B. O. I.
[Signature]



Este cunoscut un concept relativ recent, și anume ideea de a utiliza o rețea de senzori pentru măsurarea debitelor. Astfel, *Winston și colaboratorii* au propus utilizarea unei rețele de senzori de presiune pentru măsurarea variațiilor de presiune acustică și convectivă din fluxul de curgere [2]. În acest caz, un instrument portabil prelucrează semnalele furnizate de rețeaua de senzori pentru a genera un semnal de ieșire proporțional cu un parametru de curgere a fluidului. Acest sistem este bazat pe un principiu similar celui menționat mai sus, fiind însă portabil. Evident, un astfel de aparat cu funcție dublă de măsurare a debitului cu o rețea de senzori nu trebuie să fie neapărat portabil [3]. Senzorii de presiune propuși în aceste două brevete sunt de asemenea bazați pe materiale piezoelectrice, cu dezavantajele menționate anterior. În plus, numărul maxim de senzori din rețea este de 16, după cum se arată în [4].

Sunt cunoscuți senzorii cu ultrasunete, aceștia fiind încă în curs de perfecționare și dezvoltare [4]. Dezavantajul lor constă în primul rând în faptul că sunt foarte complecși – au atât emițătoare cât și receptoare de ultrasunete – ceea ce implică în mod automat un alt dezavantaj, și anume necesitatea de a utiliza perechi de astfel de senzori în toate cazurile. Alte dezavantaje sunt: precizia acestora, care poate fi relativ scăzută, și depunerile de piatră, în special în interiorul țevilor cu diametre mici, cum sunt cele de uz casnic [5].

Sunt cunoscute și alte sisteme, mai complicate, propuse recent, care măsoară frecvența sunetului determinat de curgerea fluidelor bifazice (lichid + vapori), apoi din frecvență determină viteza sunetului, măsurând ulterior temperatura fluxului de fluid, iar din viteza sunetului și temperatură determină calitatea fluidului q ($q = 0$ pentru lichid pur și $q = 1$ când sunt numai vapori), iar din frecvență și calitatea fluidului determină numărul lui Strouhal [6]. Viteza de curgere a fluidului este determinată ulterior dintr-o ecuație care leagă frecvența și diametrul conductei de numărul lui Strouhal. Debitul masic rezultă din viteza de curgere a fluidului și temperatură. Dezavantajul unor astfel de sisteme este faptul că sunt proiectate special pentru fluide cu două faze, cum ar fi, de exemplu, fluidele criogenice, care sunt în afara scopului acestei invenții, care propune un procedeu de măsurare și monitorizare simplă, ieftină și neinvazivă a debitelor pentru fluide monofazice (lichide).

Ideea de a utiliza vibrațiile induse de curgerea unui lichid în peretele țevii, cu scopul de a determina debitul aceluia lichid este, de asemenea, relativ nouă [7]. Încercările anterioare de măsurare a acestor vibrații au fost realizate însă cu materiale piezoelectrice (accelerometre piezoelectrice) cu dezavantajul decalibrării relativ rapide în timp în condițiile expunerii la șocuri mecanice, variații bruște de temperatură, umiditate, etc.

Procedeu de măsurare neinvazivă a debitelor propus în această invenție înlătură aceste dezavantaje, putând fi utilizat orice număr de dispozitive pentru a monitoriza o întreagă rețea

Winston *și colaboratorii*
T. B. Oin *Sorin*



de țevi. Mai mult, acest procedeu este unul simplu, direct, care facilitează realizarea unor dispozitive mai simple, mai robuste și mai ieftine, și care au avantajul că pot fi amplasate oriunde într-o rețea de conducte de interes, fiind astfel depășită chiar și problema portabilității.

Problema tehnică

Problema tehnică constă în inexistența unei soluții fiabile și totodată simple pentru măsurarea neinvazivă a debitelor în lichide fără particule sau bule, cum este apa potabilă.

Soluția tehnică propusă constă într-un procedeu de măsurare neinvazivă a debitelor unor lichide curate (ex. apa) în țevi de uz casnic, utilizând sensibilitatea ridicată a permeabilității magnetice a unor materiale magnetice cu structuri speciale (amorse, nanocristaline) la vibrațiile induse în peretele țevii respective de curgerea unor astfel de lichide.

Avantaje

Prin aplicarea procedurii, conform invenției, se obțin următoarele avantaje:

- se depășește problema inexistenței unei soluții fiabile pentru măsurarea neinvazivă a debitelor în cazul lichidelor curate, fără particule sau bule;
- se oferă o soluție cu montare rapidă, care nu implică tăierea țevilor, reducându-se astfel semnificativ costurile de amplasare atât în cazul rețelelor casnice de alimentare cu apă, cât și în cazul unora industriale, caz în care ar deveni mai simplă și modificarea unor fluxuri tehnologice existente (de ex. în industria alimentară);
- soluția este aplicabilă și în domenii în care există anumite restricții din motive de securitate în ceea ce privește accesul la țevi/conducte, dar și din cauza acțiunii distructive a lichidelor specifice acestor domenii asupra debitmetrelor invazive convenționale, cum ar fi în industria nucleară, geotermală sau chiar alimentară în anumite cazuri;
- amplasarea unui număr de dispozitive ce operează pe baza procedurii din această invenție poate constitui o soluție globală, pentru monitorizarea precisă a debitelor dintr-o întreagă rețea de țevi, comparativ cu realizarea unor măsurători de debit separate, locale sau izolate;

ky. Mle. Eord
7.11.17



- se oferă o soluție de măsurare neinvazivă a debitelor, stabilă în timp, pentru aceleași dimensiuni și materiale ale țevii (grosimea peretelui, diametrul) și independentă de variațiile de temperatură ale lichidului care curge prin aceasta.

Descrierea pe scurt a figurilor

Se dă în continuare un exemplu de realizare a invenției, în legătură și cu figurile care reprezintă:

Figura 1 - Schema de principiu a microsenzorului realizat pe baza procedurii pentru măsurarea neinvazivă a debitelor.

Figura 2 - Stand pentru măsurarea neinvazivă a debitelor.

Figura 3 - Schema modului de fixare a microsenzorului pentru detecția vibrațiilor produse de curgerea apei în peretele conductei (stânga) și fotografia acestuia montat pe standul de măsură (dreapta).

Figura 4 - Răspunsul microsenzorului pentru măsurarea neinvazivă a debitelor (tensiunea efectivă) în funcție de debitul de apă printr-o țevă de PEX/AL/PEX cu diametrul de 20 mm.

Descrierea detaliată a invenției

Exemplul 1

Pentru măsurarea vibrațiilor produse în peretele unei țevi prin curgerea lichidului (apei), se realizează un microsenzor sensibil la deformările elastice ale peretelui țevii datorită modificării permeabilității magnetice a materialului magnetic cu structură amorfă sau nanocristalină. Microsenzorul constă dintr-un material magnetic sub formă de fir, având structură amorfă, din sistemul Co-Fe-Si-B (de ex. $\text{Co}_{68,18}\text{Fe}_{4,32}\text{Si}_{12,5}\text{B}_{15}$, $\text{Co}_{68,15}\text{Fe}_{4,35}\text{Si}_{12,5}\text{B}_{15}$, etc.) cu magnetostricțiune negativă mică (-1×10^{-7}), aproape nulă, sau structură nanocristalină, din sistemul Fe-Cu-Nb-Si-B (de ex. $\text{Fe}_{73,5}\text{Cu}_1\text{Nb}_3\text{Si}_{13,5}\text{B}_9$) cu magnetostricțiune nulă, având diametrul de 100 μm și lungimea de 4 cm, pe care a fost înfășurată o bobină cu 400 de spire realizată din fir de Cu emailat având diametrul de 0,07 mm. Funcționarea microsenzorului constă în aplicarea unor pulsuri de curent firului magnetic, pentru excitație, și culegerea semnalului indus în bobina ce înconjoară firul. Apariția semnalului indus în bobina ce înconjoară firul se datorează modificării permeabilității magnetice ca urmare a modificărilor induse în structura de domenii magnetice specifică acestor tipuri de fire, respectiv o structură

Handwritten signatures and marks:
T. A. C. in
Bord
A circled mark



de tip miez-înveliș cu miezul interior magnetizat axial și învelișul exterior magnetizat circumferențial. Astfel, amplitudinea semnalului indus este proporțională cu valoarea câmpului magnetic extern în care se găsește plasat microsenzorul și totodată cu tensiunile mecanice induse. Schema de principiu a microsenzorului descris în exemplul 1 este prezentată în Figura 1.

Firul amorf este conectat la ieșirea unui generator de pulsuri. În absența unor câmpuri externe, învelișul exterior este magnetizat circumferențial. Câmpul magnetic circular creat la trecerea unui curent alternativ prin fir rotește momentele magnetice din înveliș într-un plan perpendicular pe direcția firului (în planul paralel cu secțiunea bobinei), iar tensiunea la ieșirea bobinei de detecție, în acest caz, va fi nulă deoarece nu există variație de flux magnetic pe direcția perpendiculară la secțiunea bobinei. Când însă firul este magnetizat longitudinal, în prezența unor câmpuri externe, și/sau când acesta este supus acțiunii unor tensiuni mecanice externe, domeniile inițial circumferențiale își modifică înclinarea (mai mult sau mai puțin – în funcție de intensitatea câmpului magnetic extern și/sau de valoarea tensiunilor mecanice externe). Câmpul magnetic circumferențial generat prin aplicarea pulsurilor de curent prin fir va reorienta momentele magnetice din înveliș pe direcția circumferențială. Prin reorientarea domeniilor magnetice se va genera un câmp magnetic variabil care are o componentă longitudinală (pe direcția firului). Componenta longitudinală a câmpului magnetic variabil va genera o tensiune variabilă în bobina de detecție, având amplitudinea proporțională cu intensitatea câmpului extern și cu tensiunile mecanice la care este supus firul (pentru o valoare fixă a amplitudinii pulsurilor de curent prin fir).

Semnalul indus în bobina de detecție este trecut printr-un modul de detecție sincronă și integrare care filtrează pulsurile induse, rezultând la ieșire o tensiune electrică continuă (în absența variațiilor externe de câmp sau de tensiune mecanică), a cărei valoare este influențată de intensitatea câmpului magnetic extern și de mărimea tensiunilor mecanice la care este supus miezul magnetic.

Pentru a utiliza acest microsenzor ca senzor de vibrație, componenta continuă a semnalului – datorată câmpului magnetic extern, este înlăturată cu ajutorul unui filtru trece sus. Semnalul filtrat este amplificat, digitizat și prelucrat cu ajutorul unui PC dotat cu un sistem de achiziție de date. Frecvența pulsurilor de excitație (și deci și a celor induse în bobina de detecție) este de ~ 500 kHz, ceea ce permite (după detecția sincronă și integrare) detecția unor vibrații a căror frecvență poate ajunge până la 2,5 kHz.

Partea electronică a microsenzorului cuprinde un bloc de alimentare, un generator de frecvență, două sisteme de formare a pulsurilor de durată variabilă (unul pentru generarea semnalului de

by M. Borot
- 10m



excitație și unul pentru selecția sincronă a semnalului util în vederea detecției), două comutatoare analogice (pentru aplicarea pulsurilor de curent și selecția semnalului de detecție), microsenzorul propriu-zis (format din firul magnetic și din bobina de detecție), filtrele pentru eliminarea componentei de 50 Hz de la rețea (dacă este necesar) și a componentei continue, precum și blocul de amplificare.

Validitatea procedurii de măsurare neinvazivă a debitelor este demonstrată prin testarea funcționării microsenzorului realizat conform exemplului 1. Se măsoară debitul apei care curge printr-o țevă de PEX/AL/PEX cu diametrul de 20 mm și grosimea de 2 mm, utilizând un stand realizat conform schemei din Figura 2.

Microsenzorul este testat în două configurații: (i) transversală și (ii) longitudinală, conform Figurii 2. În configurația transversală a microsenzorului, capetele acestuia sunt fixate astfel: unul fix pe suport, iar al doilea mobil pe conductă. În configurația longitudinală, ambele capete ale firului sunt conectate pe conductă.

În Figura 3 sunt prezentate detaliile modului de amplasare a microsenzorului conform exemplului 1, în configurație transversală, pe standul pentru măsurarea neinvazivă a debitelor, împreună cu o fotografie a acestuia. Această configurație conferă sensibilitate la vibrație indiferent de direcția în care aceasta se manifestă (x , y sau z).

Dependența semnalului de la microsenzor (tensiune efectivă - V_{rms}) de debitul de lichid (apă), filtrat doar pentru eliminarea componentei continue (au fost eliminate frecvențele mai mici de 5 Hz pentru îndepărtarea offsetului introdus în principal de partea de amplificare) este prezentată în Figura 4. În acest caz, se observă o reducere a zgomotului în raport cu cazurile anterioare și totodată valori mai ridicate ale tensiunii efective.

[Handwritten signatures and initials]



REVENDICĂRI

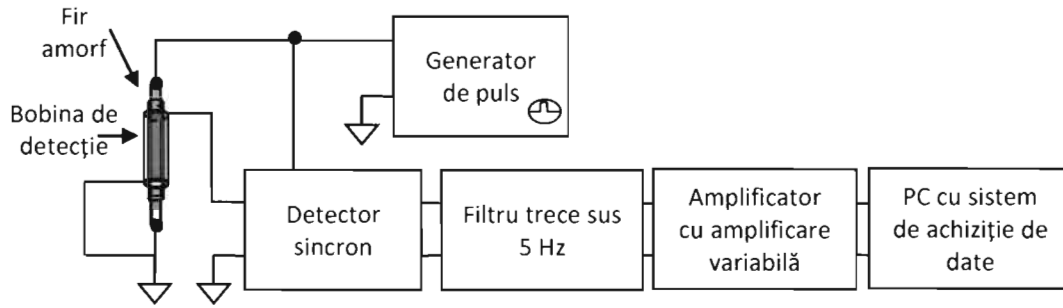
1. Procedeu de măsurare neinvazivă a debitelor în țevi de uz casnic caracterizat prin aceea că vibrația indusă în peretele țevelor de lichidul care curge prin acestea modifică permeabilitatea magnetică a unui material magnetic amorf cu magnetostricțiune aproape nulă, cum sunt cele din sistemul Co-Fe-Si-B.
2. Procedeu de măsurare neinvazivă a debitelor în țevi de uz casnic caracterizat prin aceea că vibrația indusă în peretele țevelor de curgerea unui lichid prin acestea modifică permeabilitatea magnetică a unui material magnetic cu structură nanocristalină, având magnetostricțiune nulă, cum sunt cele din sistemul Fe-Cu-Nb-Si-B.
3. Procedeu de măsurare neinvazivă a debitelor în țevi de uz casnic conform invenției, pe baza căruia s-a realizat un microsenzor pentru măsurarea neinvazivă a debitelor, cuprinzând firul magnetic amorf sau nanocristalin, bobina de detecție, electronica aferentă (generator de puls, detector sincron, precum și partea de filtrare, amplificare și achiziție de date).

Handwritten signature: M. Sord



Handwritten signature: m

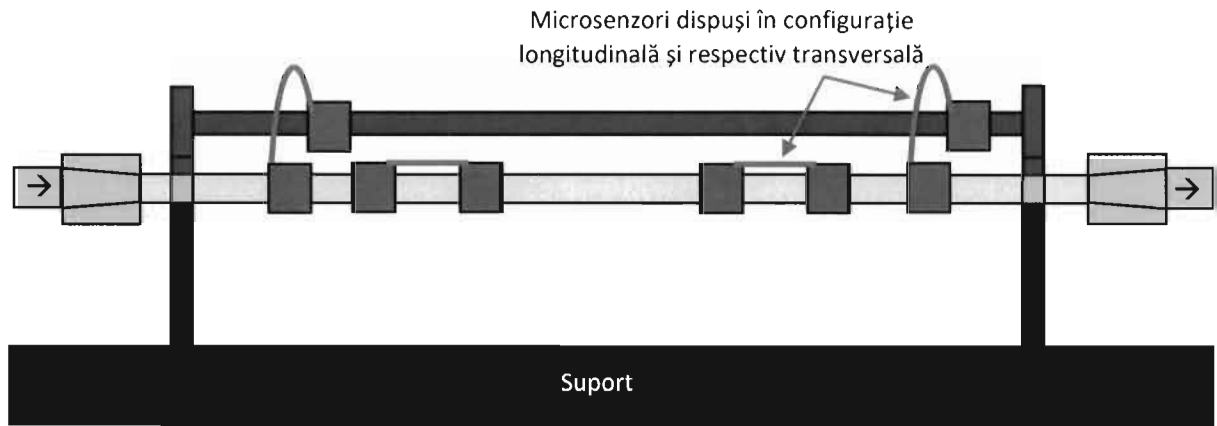
Figura 1



Ing. Alina Sorescu
[Signature]

INSTITUTUL NAȚIONAL DE ÎNCERCĂRI ȘI REZERVĂ
PENTRU
FIZICĂ TEHNICĂ
I.F.T. IAS
*
INSTITUTUL NAȚIONAL DE ÎNCERCĂRI ȘI REZERVĂ
[Signature]

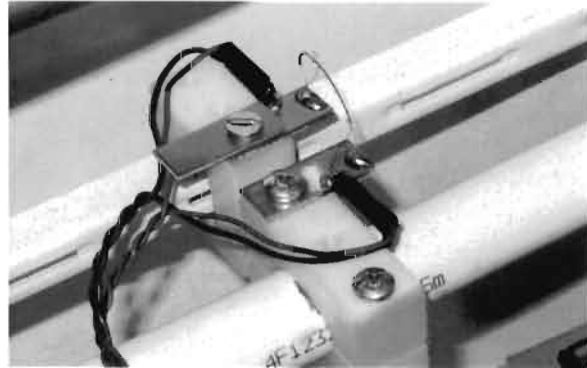
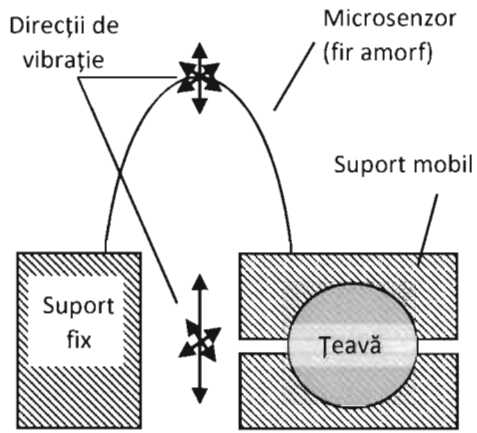
Figura 2



Handwritten signatures and text:
T.A.O. in
M. Sood
(Signature)

Stamp:
INSTITUTUL NAȚIONAL DE CERCETARE DEZVOLTARE
PENTRU
FIZICĂ-TEHNICĂ
I.F.T. - IASI
(Signature)

Figura 3

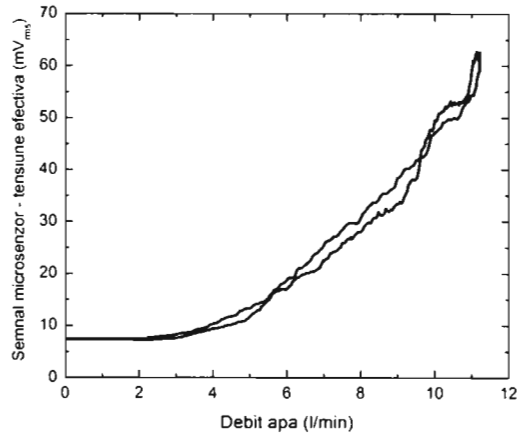


Handwritten signatures and text:
T. A. Ovan
S. Orod
[Signature]



Handwritten signature: mu

Figura 4



Handwritten signatures and text:
Top left: *Handwritten signature*
Middle left: *T. H. O. i*
Middle right: *Sozod*
Bottom right: *Handwritten signature*



Handwritten signature