



(12) CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2011 01136

(22) Data de depozit: 11.11.2011

(41) Data publicării cererii:  
28.06.2013 BOPI nr. 6/2013

(71) Solicitant:  
• UNIVERSITATEA "BABEȘ-BOLYAI" DIN  
CLUJ-NAPOCA,  
STR. MIHAIL KOGĂLNICEANU NR.1,  
CLUJ-NAPOCA, CJ, RO

• SIMON SIMION, STR. HOREA NR.4,  
AP. 22, CLUJ-NAPOCA, CJ, RO;  
• POPESCU OCTAVIAN,  
STR. M.KOGĂLNICEANU NR.1,  
CLUJ-NAPOCA, CJ, RO;  
• TUNYAGI ARTHUR ROBERT,  
STR. GENERAL DRAGALINA NR.31,  
TURDA, CJ, RO

(72) Inventatori:  
• BURDA IOAN, STR. BUCEGI NR.2B,  
AP.25, CLUJ-NAPOCA, CJ, RO;

(54) METODĂ ȘI APARAT PENTRU MĂSURAREA FACTORULUI DE DISIPARE A UNUI SENZOR REZONANT

(57) Rezumat:

Invenția se referă la o metodă și la un aparat ce asigură măsurarea simultană a factorului de disipare și a frecvenței de rezonanță a unui senzor rezonant, în aplicații specifice pentru o microbalanță cu cristal de cuarț disipativă. Aparatul conform invenției este alcătuit dintr-un cristal de cuarț numit senzor (1) rezonant, un relee (2), un oscilator (3), un detector de semnal sau monostabil (5), un microcontroler (7) cu CODEC audio, și un calculator cu interfață (8) USB integrată. Metoda conform invenției utilizează oscilatorul (3) la intrarea căruia, cu ajutorul releului (2), este conectat, pentru câteva zeci de milisecunde, senzorul (1) rezonant, pentru excitarea acestuia pe frecvența de rezonanță; după stabilirea regimului de oscilație a senzorului (1) rezonant, acesta este deconectat de la oscilator (3), iar semnalul amortizat generat este condiționat în vederea achiziției; semnalul condiționat este aplicat la intrarea MIC\_In a microcontrolerului (7) cu CODEC audio, apoi urmează transferul datelor la un calculator, prin interfața (8) USB integrată.

Revendicări: 4  
Figuri: 2

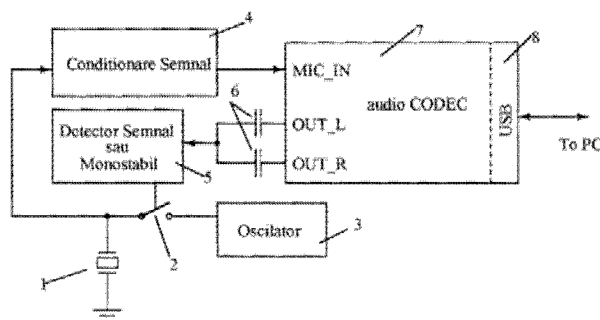
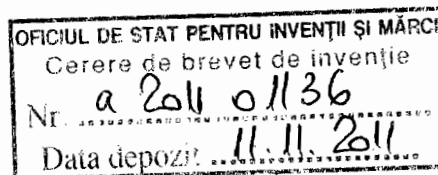


Fig. 1





## Metoda și Aparat pentru Măsurarea Factorului de Disipare a unui Senzor Rezonant

Invenția se referă la o metodă și un aparat ce asigură măsurarea simultană a factorului de disipare și a frecvenței de rezonanță pentru a unui senzor rezonant în aplicații specifice pentru o microbalanță cu cristal de cuarț disipativă.

Microbalanța cu Cristal de Cuarț este bazată pe un senzor sensibil de masă format dintr-un cristal de cuarț cu doi electrozi. Cristalul de cuarț este folosit ca senzor în măsurarea unor mase extrem de mici, de ordinul nano-gramelor (Quartz Crystal Microbalance, QCM) [1]. În metoda QCM, eșantionul este depus, de regulă, pe unul dintre electrozii cristalului de cuarț. În funcție de masa depusă, apare o modificare a frecvenței de rezonanță (relația Sauerbrey,  $\Delta f = - \text{const} \Delta m$ ), respectiv modificarea parametrilor electromecanici (modelul circuitului echivalent, Butterworth-van-Dyke (BvD)). Cristalul de cuarț este un senzor complex [2, 3] folosit inițial pentru aplicații specifice depunerii de straturi subțiri sau pentru măsurarea prezenței unor substanțe volatile în aer. În toate aceste cazuri, o dependență liniară între deplasarea de frecvență și masa depusă a fost pusă în evidență.

Recent au fost dezvoltate aplicații ale QCM pentru măsurători în mediu lichid [4]. Cu această ocazie, a fost pusă în evidență o nouă dependență între masa depusă pe un electrod și deplasarea de frecvență, în acord cu modelul Kanazawa. Un nou parametru care definește nu numai masa de substanță depusă pe un electrod, dar și proprietățile mecanice ale acesteia (elasticitatea), a fost evidențiat prin măsurarea factorului de disipare. În acest sens, a fost dezvoltat un nou tip de microbalanță cu cristal de cuarț numită microbalanță cu cristal de cuarț disipativă (QCM-D) [5, 6], pentru care a fost stabilit modelul teoretic și suportul experimental. Microbalanța cu cristal de cuarț disipativă măsoară simultan frecvența de rezonanță a senzorului și factorul de disipare, care este determinat de masa depusă pe un electrod și de mediul de lucru. În acest fel, este posibilă studierea modului de formare a unor straturi subțiri de polimeri, proteine, celule sau a altor sisteme complexe absorbite pe suprafața unui electrod al senzorului rezonant.

Pentru procesarea semnalului oscilațiilor amortizate produse de senzorul rezonant (cristal de cuarț) se utilizează metode numerice clasice (metoda Levenberg - Marquardt, detecție, transformata Fourier, Prony sau Wavelet) [7] care permit măsurarea cu precizie a factorului de disipare și a frecvenței de rezonanță pentru senzor, respectiv dependența acestor parametri de eșantionul studiat și efectul produs de mediul de lucru.

Problema tehnică pe care o rezolvă invenția este implementarea unei metode într-un aparat pentru măsurarea factorului de disipare al unui senzor rezonat și a frecvenței de rezonanță în condiții de oscilații libere amortizate.

Metoda și aparatul pentru măsurarea factorului de disipare, conform invenției, se referă la utilizarea unui oscilator la intrarea căruia, cu ajutorul unui releu, este conectat pentru câteva zeci de milisecunde, un senzor pentru excitarea acestuia pe frecvența de rezonanță. După stabilizarea regimului de oscilație a senzorului rezonant, acesta este deconectat de la oscilator, iar semnalul amortizat generat de acesta este condiționat în vederea achiziției. Semnalul condiționat este aplicat la intrarea unui microcontroler cu CODEC audio și interfață USB integrată. Automatizarea procesului de achiziție este asigurată de semnalul de la ieșirea CODEC-ului audio prin intermediul unui circuit de detecție sau a unui monostabil. Pentru un caz particular de microcontroler cu un port de ieșire date, procesul de măsurare poate fi automatizat fără utilizarea semnalului de la ieșirea CODEC-ului audio. Semnalul de amortizare produs de senzorul rezonant cu frecvența de ordinul MHz sau a zecilor de MHz (tipic 5 sau 10 MHz) este achiziționat prin sub-eșantionare. Aplicarea unui algoritm de procesare numerică (metoda Levenberg - Marquardt, detecție, transformată Fourier, Prony sau Wavelet), în condiții de sub-eșantionare, nu este posibilă pentru orice frecvență de rezonanță a senzorului. Dacă notăm cu  $f_{xo}$  frecvența de rezonanță a senzorului și cu  $f_s$  frecvența de eșantionare a CODEC-ului audio, atunci trebuie să fie satisfăcută următoarea condiție:

$$k = \frac{f_{xo}}{f_s} - \text{fix} \left( \frac{f_{xo}}{f_s} \right) < 0.5,$$

pentru ca metoda sub-eșantionării să producă o informație validă. Deplasarea de frecvență a senzorului rezonant ce poate fi măsurată în condiții de sub-eșantionare este dată de relația  $\Delta f = k \cdot f_s$ . Considerăm o situație tipică de aplicare a metodei la măsurători specifice QCM-D pentru un senzor rezonant cu  $f_{xo} = 10$  MHz și un CODEC audio cu frecvența de eșantionare standardizată de  $f_s = 48000$  Hz în acest caz, condiția de achiziție prin sub-eșantionare este satisfăcută ( $k = 0.3(3) < 0.5$ ) cu un domeniu de măsurare  $\Delta f = k \cdot f_s = 0.3(3) * 48000 \approx 16$  KHz. Metoda propusă, conform invenției, poate fi aplicată pentru valori  $0.25 < k < 0.4$ , fără limitări legate de domeniul de măsurare a frecvenței de rezonanță în aplicații QCM-D.

Invenția poate fi exploatată pentru realizarea de senzori integrați pentru QCM-D cu aplicații în medicină și biologie, asigurând funcțiile de bază pentru implementarea unei microbalanțe cu cristal de cuarț performante.

Metoda și aparatul pentru măsurarea factorului de disipare la un senzor rezonant, conform invenției, prezintă următoarele avantaje:

- asigură excitarea senzorului pe frecvența de rezonanță, prin cuplarea acestuia la un oscilator;
- asigură decuplarea senzorului rezonat de la oscilator, condiționarea semnalului și achiziția semnalului amortizat produs de senzor;
- simplificarea mecanismului de excitare a senzorului rezonant favorizează automatizarea procesului de achiziție;
- integrarea, miniaturizarea într-un aparat unic a tuturor funcțiilor specifice unei microbalanțe cu cristal de cuarț disipative, folosind un microcontroler cu CODEC audio și interfață USB integrată;
- aparatul pentru măsurarea factorului de disipare la un senzor rezonant se poate realiza practic într-o manieră integrată la un preț de cost extrem de scăzut, dată fiind utilizarea unui microcontroler cu CODEC audio și interfață USB integrată;
- asigură un consum redus de energie; aparatul la care se referă invenția este alimentat din interfața USB fără să fi nevoie de o sursă externă.

Se dă, în continuare, un exemplu de aplicare a invenției, și în acest sens fig. 1, 2 reprezintă:

- fig. 1, schema bloc pentru măsurarea factorului de disipare și a frecvenței de rezonanță la un senzor rezonant cu automatizarea procesului de măsurare prin utilizarea CODEC-ului audio.
- fig. 2, schem bloc pentru măsurarea factorului de disipare și a frecvenței de rezonanță la un senzor rezonat cu automatizarea procesului de măsurare prin utilizarea unui port al microcontrolerului.

Metoda și aparatul pentru măsurarea factorului de disipare la un senzor rezonant, conform invenției, implementează funcțiile specifice (fig. 1) pentru excitarea senzorului rezonant (1) prin cuplarea acestuia prin releu (2) la un oscilator (3), respectiv condiționarea (4) semnalului amortizat generat de senzor, urmată de achiziția acestuia prin intermediul CODEC-ului audio (7) cu interfață USB (8) integrată. Detectorul de semnal sau monostabilul (5) procesează semnalul de la ieșirea OUT\_R, OUT\_L (6) pentru comanda releului (2) pe o perioadă de timp egală cu durata semnalului de la cel puțin una din ieșirile CODEC-ului audio (7) cu interfață USB (8) integrată. Blocul (fig. 1) detector de semnal sau monostabil (5) este responsabil de automatizarea procesului de măsurare. Modul de implementare al acestuia este determinat de implementarea software a algoritmului de achiziție și de microcontrolerul utilizat.

Un caz particular, conform invenției, de implementare (fig. 2) a procesului de automatizare pentru măsurare a factorului de disipare a unui senzor rezonat utilizează un semnal disponibil (5) din portul de ieșire a unui microcontroler care dispune, pe lângă CODEC-ul audio și de un port de date integrat.

  
Căpitan  
M. T. T. T.

## Revendicări

1. Metodă pentru măsurarea factorului de disipare a unui senzor rezonant (fig. 1) caracterizată prin aceea că utilizează un cristal de cuarț numit senzor rezonant (1) și un releu controlat de un semnal extern (2), prin care este asigurată conectarea senzorului la oscilator (3) pentru câteva zeci de milisecunde, urmată de condiționarea (4) semnalului amortizat și achiziția acestuia prin intrarea MIC\_In a unui CODEC audio (7), urmată de transferul datelor la un calculator prin interfața USB (8) integrată.
2. Aparat pentru măsurarea factorului de disipare a unui senzor rezonant (fig. 1), în conformitate cu revendicarea 1, caracterizată prin aceea că asigură comutarea senzorului rezonant (1) la oscilator (3) utilizând semnalul OUT L sau OUT R (6) de la ieșirea CODEC-ului (7) prin intermediul unui detector de semnal sau a unui monostabil (5).
3. Aparat pentru măsurarea factorului de disipare a unui senzor rezonant (fig. 2), în conformitate cu revendicarea 1, caracterizată prin aceea că asigură comutarea senzorului rezonant (1) la oscilator (3) utilizând semnalul de ieșire (5) de la portul de date al microcontrolerului.
4. Metodă și aparat pentru măsurarea factorului de disipare a unui senzor rezonant, în conformitate cu revendicarea 1, 2 și 3 caracterizată prin aceea că asigură excitația senzorului pe frecvența de rezonanță și automatizarea procesului de achiziție a semnalului amortizat generat de senzor prin utilizarea semnalului de la ieșirea CODEC-ului audio (fig. 1) sau prin intermediul unui semnal de ieșire disponibil în portul de date (fig. 2) a unui microcontroler cu interfață USB integrată.

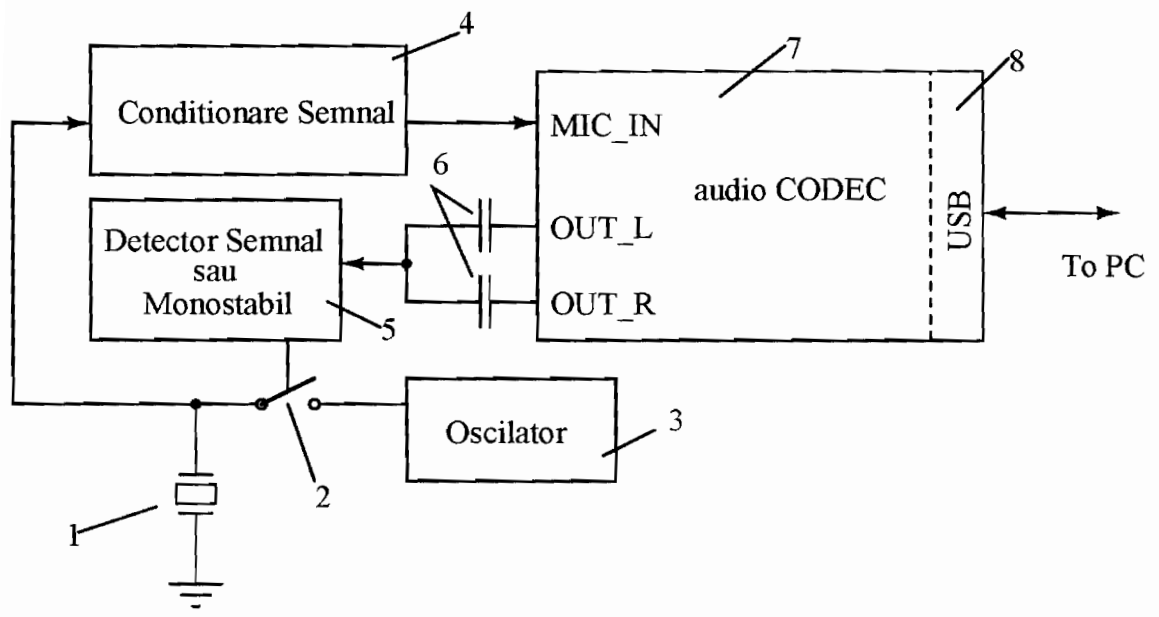


Fig. 1

*[Handwritten signature]*  
Turyob

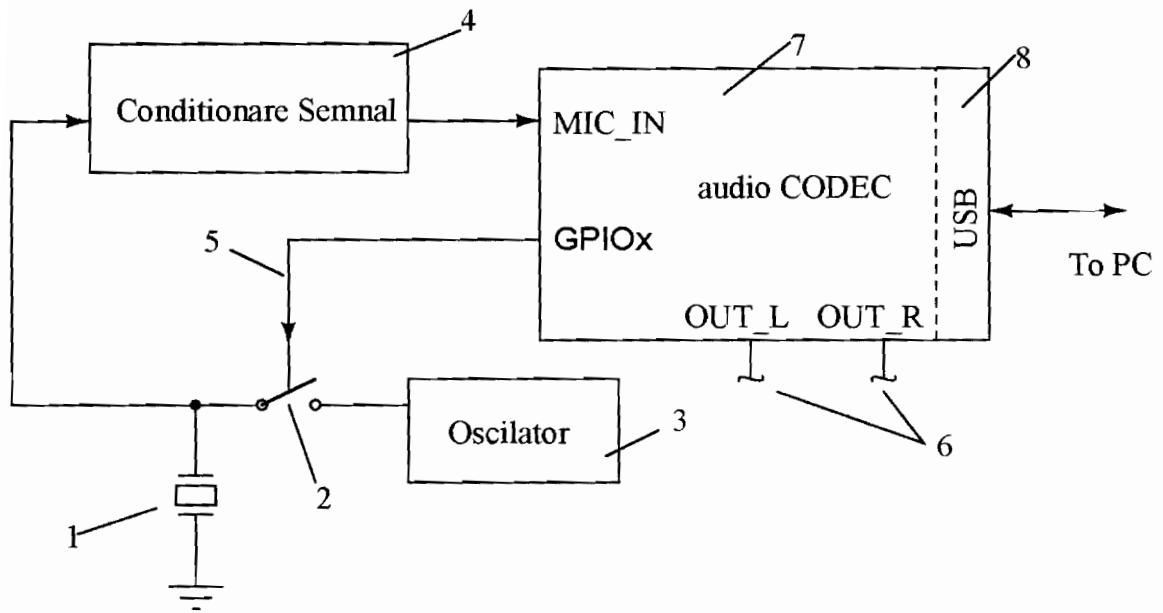


Fig. 2

*[Handwritten signature]*  
Popescu  
Tudor