



(12)

## CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2012 00853

(22) Data de depozit: 21.11.2012

(41) Data publicării cererii:  
30.05.2014 BOPI nr. 5/2014

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

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

• SILAGHI ANDREEA MARIA,  
CALEA DUMBRĂVII NR. 126, SIBIU, SB,  
RO;  
• POPESCU OCTAVIAN,  
STR. ANATOLE FRANCE NR. 22, AP. 1,  
CLUJ-NAPOCA, CJ, RO;  
• TUNYAGI ARTHUR ROBERT,  
STR. GENERAL ION DRAGALINA NR.31,  
TURDA, CJ, RO;  
• SIMON SIMION, STR. HOREA NR.4,  
AP.22, CLUJ-NAPOCA, CJ, RO

## (54) MULTIPLICAREA SENSIBILITĂȚII UNUI SENZOR REZONANT

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un multiplicator de sensibilitate pentru un senzor rezonant (cristal de cuarț) utilizat în aplicații specifice pentru o microbalanță cu cristal de cuarț. Multiplicatorul conform invenției este constituit dintr-un oscilator (1) QCM, al cărui semnal de ieșire este aplicat unui multiplicator (2) de frecvență, urmat de un mixer (3) unde este aplicat și un semnal (4) de la un oscilator (5) de referință, la ieșirea mixerului (3) se află un filtru (6) trece jos ce reface semnalul (7) pe frecvența de rezonanță a cristalului de cuarț.

Revendicări: 3

Figuri: 3

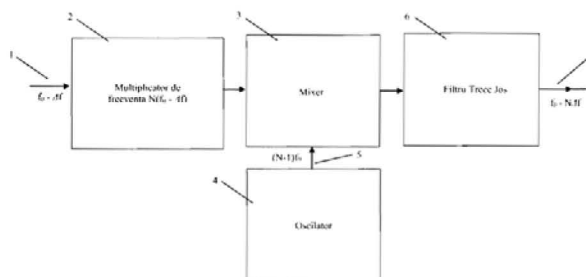


Fig. 1

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).



## MULTIPLICAREA SENSIBILITĂȚII UNUI SENZOR REZONANT

Invenția se referă la o metodă de multiplicare a sensibilității unei microbalanțe cu senzor rezonant (cristal de cuarț) fără a modifica frecvența de rezonanță a acestuia. Extinderea aplicațiilor sensorului rezonant la măsurători în mediu lichid și în special pentru realizarea de imunosenzori este esențială pentru lărgirea ariei de aplicații a microbalanței cu cristal de cuarț. Diminuarea factorului de calitate a cristalului de cuarț prin imersia unui electrod al acestuia în lichid reduce sensibilitatea sensorului rezonant și schimbă semnificativ dependența sensibilității de frecvența de rezonanță a cristalului de cuarț. Creșterea sensibilității unui senzor rezonant, odată cu creșterea frecvenței de rezonanță a acestuia, este limitată de fragilitatea mecanică a cristalului de cuarț, de stabilitatea oscilatorului format cu senzorul rezonant, de circuitul electronic utilizat și de mediul de măsurare. Stabilitatea oscilatorului cu cuarț depinde esențial de factorul de calitate al rezonatorului, de termostatarea sensorului rezonant și/sau termostatarea experimentului precum și de caracteristicile circuitului electronic asociat.

Senzorul rezonant format dintr-un cristal de cuarț cu doi electrozi este folosit la măsurarea unor mase extrem de mici, de ordinul nano-gramelor. Microbalanța cu cristal de cuarț (Quartz Crystal Microbalance, QCM) [1] este metoda cea mai răspândită de măsurare a unor mase extrem de mici și se bazează pe un senzor rezonant (cristal de cuarț). În metoda QCM, de regulă, eșantionul este depus pe unul din electrozii cristalului de cuarț. În funcție de masa depusă, apare o modificare a frecvenței de rezonanță (ecuația Sauerbrey,  $\Delta f = - \text{const} \Delta m$ ), respectiv modificarea parametrilor electromecanici (modelul circuitului echivalent, Butterworth-van-Dyke (BVD)). Cristalul de cuarț este un senzor rezonant complex [2], folosit inițial pentru aplicații specifice depunerii de straturi subțiri, sau prin funcționalizarea electrozilor pentru măsurarea prezenței unor substanțe volatile în aer sau lichid. În toate mediile de lucru, a fost pusă în evidență o dependență între deplasarea de frecvență și masa depusă. Dependența sensibilității de frecvența de rezonanță a cristalului de cuarț este dată de ecuația Sauerbrey pentru măsurători în aer, respectiv de modelul Kanazawa [3] în cazul aplicațiilor în mediu lichid. Diminuarea sensibilității metodei QCM în mediu lichid este asociată cu deteriorarea stabilității oscilatorului, ceea ce implică limitări în domeniul unor aplicații în aria biosenzorilor și/sau imunosenzorilor.

Au fost dezvoltate aplicații pentru măsurarea masei unor eșantioane depuse pe un electrod în mediu lichid [4]. Dependența dintre masa depusă pe un electrod și deplasarea de frecvență în mediul lichid fiind, de regulă, descrisă de modelul Kanazawa. Pentru un senzor rezonant cu un electrod în contact cu un mediu lichid modificarea frecvenței serie de rezonanță este dată de ecuația Martin [5], care combină efectul dat de masa depusă pe un electrod al sensorului (efectul Sauerbrey) cu efectul dat de mediul lichid (efectul Kanazawa).

*[Handwritten signatures and marks]*

Un mare efort a fost depus [6, 7], pe baza rezultatelor lui Kanazawa [4], pentru realizarea unor cristale de cuarț extrem de fragile mecanic cu frecvență de rezonanță înaltă sau mai multe de cristale de cuarț legate serie/paralel cu scopul de a obține o sensibilitate ridicată. Pe lângă fragilitatea senzorului obținut, stabilitatea oscilatorului este diminuată chiar și pentru măsurători în aer confirmate de altfel prin măsurarea stabilității prin metoda „Allan variance” [6]. De asemenea, tipurile de tăieturi AT sau SC determină în mod esențial dependența de temperatură a frecvenței de rezonanță a cristalului de cuarț, particularizând astfel senzorul rezonant pentru o aplicație dată.

Problema tehnică pe care o rezolvă invenția este multiplicarea sensibilității unui senzor rezonant (cristal de cuarț) fără a modifica frecvența fundamentală a acestuia. Prezența multiplicatorului de sensibilitate în raport cu metoda clasică de implementare a QCM este transparentă, fiind, de altfel, posibilă înserierea mai multor module multiplicatoare de sensibilitate. Numărul de module multiplicatoare de sensibilitate ce pot fi cascade (înseriate) este limitat doar de stabilitatea oscilatorului QCM. Prin măsurarea frecvenței semnalului de la ieșirea multiplicatorului de sensibilitate cu un frecvențmetru digital, se implementează metoda clasică QCM de măsurare a unor mase extrem de mici depuse pe un electrod al senzorului rezonant.

Invenția poate fi exploatată pentru realizarea unor aplicații specifice QCM în medii lichide cu aplicații în medicină, biologie și industria de profil.

Multiplicatorul de sensibilitate pentru un senzor rezonant, conform invenției, prezintă următoarele avantaje:

- asigură multiplicarea deplasării de frecvență fără a modifica frecvența de lucru a senzorului rezonant independent de mediul de lucru ales;
- asigură multiplicarea de sensibilitate în mod transparent pentru un echipament QCM care implementează metoda clasică de măsurare QCM prin intermediul unui frecvențmetru digital sau a unui instrument virtual cu funcții identice;
- permite cascada mai multor multiplicatoare de sensibilitate prin simpla înseriere a acestora într-o manieră transparentă pentru lanțul de măsură.

Se dă, în continuare, un exemplu de aplicare a invenției, și în acest sens fig. 1, 2, 3 reprezintă:

- fig. 1, schema bloc a multiplicatorului de sensibilitate pentru un senzor rezonant;
- fig. 2, schema bloc de implementare a metodei clasice QCM;
- fig. 3, schema bloc de implementare a metodei QCM cu multiplicator de sensibilitate.

*Siguran*  
*Siguran*  
*Siguran*  
*10/11/12*

Multiplicatorul de sensibilitate pentru un senzor rezonant, conform invenției, (fig. 1) asigură pentru semnalul de la ieșirea unui oscilator QCM (1) multiplicarea frecvenței (2) de N ori urmată de mixarea semnalului cu frecvența multiplicată prin intermediul mixerului (3) cu un semnal (4) cu frecvența de N-1 ori frecvența oscilatorului QCM care provine de la un oscilator/etalon cu rol de referință de frecvență (5); filtrul trece jos (6) de la ieșirea mixerului, asigură refacerea semnalului pe frecvența de rezonanță (7) a oscilatorului QCM cu o deviație de frecvență multiplicată de N ori.

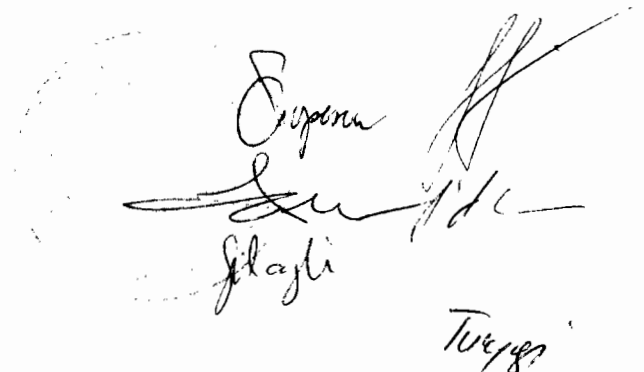
### Bibliografie

1. Sauerbrey, G. *Use of quartz vibrator for weighting thin films on amicrobalance*. Z. Phys. **1959**, 155, 206-212.
2. Arnau, ed. (2004). *Piezoelectric Transducers and Applications*. Heidelberg: Springer
3. Kanazawa, K. K.; Gordon, J. G. *The oscillation frequency of a quartz resonator in contact with liquid*. Anal. Chim. Acta **1985**, 175, 99-105.
4. C. Lu, A. W. Czanderna, ed (1984). *Applications of Piezoelectric Quartz Crystal Microbalances*. Amsterdam: Elsevier.
5. Martin S. J., Granstaff V. E. and Frye G. C. Characterization of quartzcrystal microbalance with simultaneous mass and liquid loading, Anal. Chem. **63** 2272-81, **1991**.
6. Gonzalo García-Martínez, Enrique Alonso Bustabad, Hubert Perrot, Claude Gabrielli, Bogdan Bucur, Mathieu Lazerges, Daniel Rose, Loreto Rodríguez-Pardo, Jose Fariña, Chantal Compère and Antonio Arnau Vives, *Development of a Mass Sensitive Quartz Crystal Microbalance (QCM)-Based DNA Biosensor Using a 50 MHz Electronic Oscillator Circuit*, Sensors 2011, 11, 7656-7664.
7. Vojko Matko, *A Comparison of Frequency Pullability in Oscillators Using a Single AT-Cut Quartz Crystal and Those Using Two Single AT- Cut Crystals Connected in Parallel with a Series Load Capacitance or Series Load Inductance*. Sensors **2006**, 6(7), 746-755.

Supena  
Santici  
Jilayli  
10/4/87

## Revendicări

1. Multiplicator de sensibilitate pentru un senzor rezonant (fig. 1) caracterizat prin aceea că semnalul de la ieșirea unui oscilator QCM (1) este aplicat la un multiplicator de frecvență (2) urmat de un mixer (3) unde este aplicat și semnalul (4) de la un oscilator de referință (5); la ieșirea mixerului un filtru trece jos (6) reface semnalul (7) pe frecvența de rezonanță a cristalului de cuarț.
2. Metoda de multiplicare a sensibilității unui senzor rezonant (fig. 2, 3), în conformitate cu revendicarea 1, caracterizată prin aceea că utilizează un senzor rezonant (8, 12) cuplat la un oscilator QCM (9, 13) urmat de unul sau mai multe module de multiplicare a sensibilității (14) înseriate într-un sistem de măsură clasic QCM care utilizează pentru măsurarea frecvenței de rezonanță un frecvențmetru digital (10, 15) cuplat printr-un canal de comunicație cu un sistem de achiziție de date (11, 16).
3. Multiplicator de sensibilitate pentru un senzor rezonant (fig. 1, 2, 3), în conformitate cu revendicarea 1 și 2, caracterizat prin aceea că asigură multiplicarea/creșterea sensibilității unui sistem de măsură QCM prin absorbția multiplicatorului de sensibilitate în unul din blocurile de standard ale sistemului de măsură QCM.

The bottom right of the page contains several handwritten signatures and stamps. There is a large, stylized signature that appears to be 'Suzana'. Below it, there is another signature that looks like 'Suzana' followed by 'I. I.'. To the right of these, there is a signature that looks like 'I. I.'. At the bottom right, there is a signature that looks like 'Tucy'.

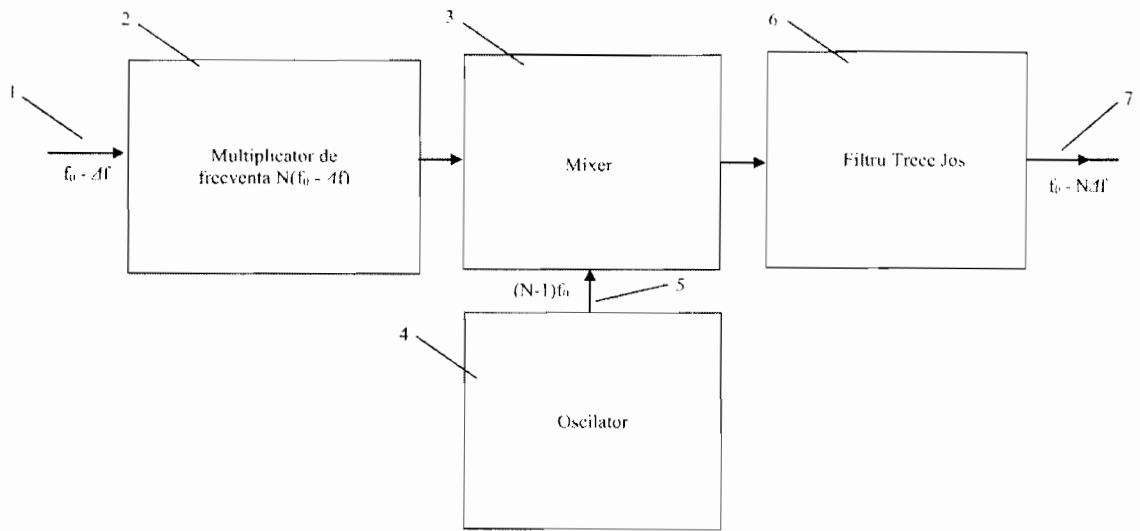


Fig. 1

5

*Popescu*  
*Sau*  
*Stelari*  
*Pide*  
*Traygo*

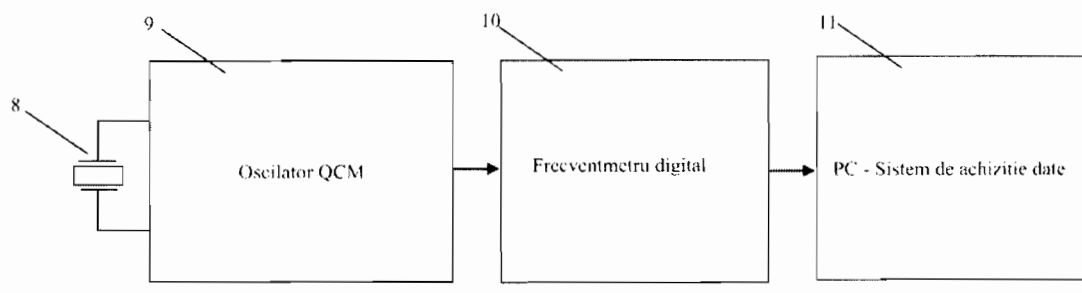


Fig. 2

6

*Expunere*  
*Silvasli*  
*PC -*  
*Touss*

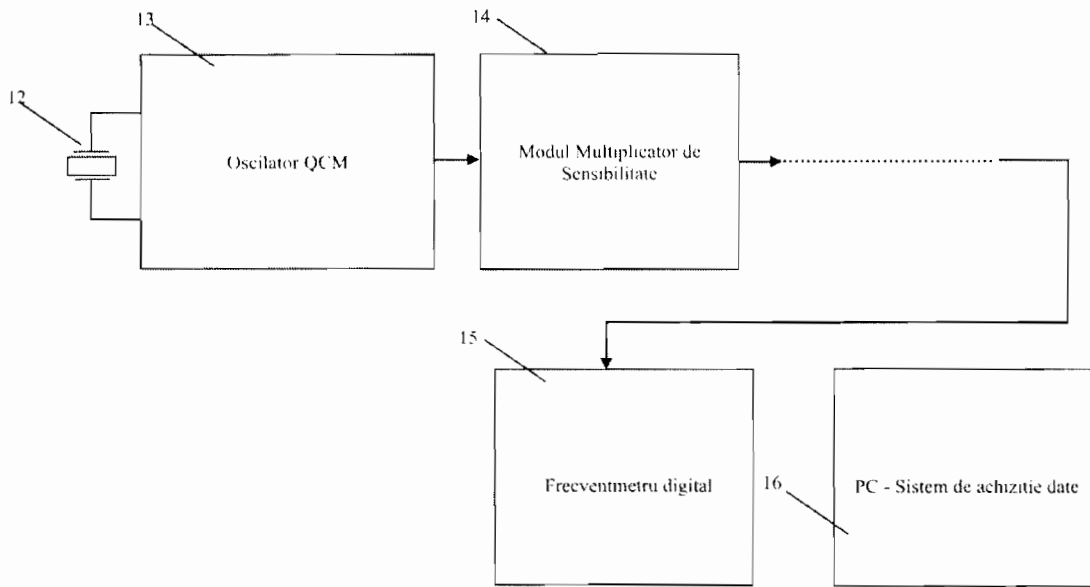


Fig. 3

*Cooperu*  
*Sau*  
*Galaghi*  
*Turessi*