



(12) CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2010 01104

(22) Data de depozit: 12.11.2010

(41) Data publicării cererii:
29.06.2012 BOPI nr. 6/2012

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

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

• SIMION SIMION, STR. HOREA NR.4,
AP.22, CLUJ-NAPOCA, CJ, RO;
• TUNYAGI ARTHUR ROBERT, STR.
GENERAL DRAGALINA NR.31, TURDA, CJ,
RO

(54) METODĂ ȘI SENZOR PENTRU MICROSCOPIA CU
SCANAREA PROBEI

(57) Rezumat:

Invenția se referă la o metodă și la un senzor pentru un microscop cu scanarea probei SPM, care permite realizarea unui mod în microscopia de forță atomică AFM, asigurând măsurarea directă a forțelor de interacțiune dintre o probă și un eșantion. Senzorul conform invenției asigură realizarea unui mod AFM prin intermediul unui scaner (1) tridimensional, de care este atașată o probă (2) în interacțiune cu un eșantion (3) care este depus pe unul dintre electrozii unui cristal de cuarț, numit senzor (5), iar un bloc (6) de detecție asigură un semnal ce reprezintă valoarea asociată măsurării unui parametru al cristalului de cuarț utilizat de un sistem (7) de control AFM. Metoda conform invenției asigură controlul scanerului (1) tridimensional și vizualizarea topografiei eșantionului (3) sau a parametrilor mecanici caracteristici eșantionului (3) în mod contact, repulsie, sau în mod non-contact, atracție.

Revendicări: 3
Figuri: 3

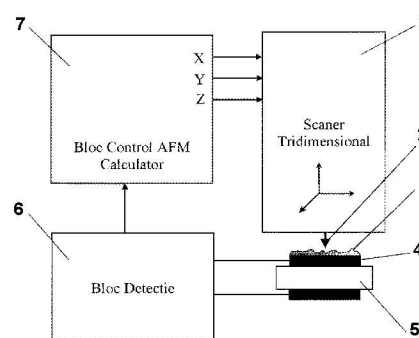
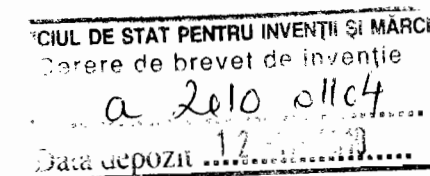


Fig. 1





24

Metodă și Senzor pentru Microscopia cu Scanarea Probei

Invenția se referă la o metodă și la un senzor aflat în contact cu eșantionul care asigură vizualizarea topografiei și a caracteristicilor de suprafață ale acestuia utilizând un Microscop cu Scanarea Probei (Scanning Probe Microscopy, SPM).

Microscopia cu Scanarea Probei este o denumire generică pentru microscopia mecanică și se referă la tehnicile de vizualizare a topografiei de la suprafața unui eșantion (morfologia suprafeței) cu o rezoluție la nivelul moleculelor sau a grupurilor de atomi [1]. Elementul de bază al unui SPM este scanerul (actuator), realizat din material piezoelectric; de regulă, construit sub forma unui tub cu electrozi ce asigură deplasarea pe X, Y și Z cu precizie extremă. Tehnologia SPM are la bază un concept simplu: scanarea suprafeței unui eșantion cu ajutorul unei probe și achiziția semnalului de control pe direcția Z prin care se menține constant un parametru măsurat al interacțiunii dintre probă și eșantion. Cele mai cunoscute tehnici SPM sunt: Scanning Tunneling Microscopy (STM) [2], Atomic Force Microscopy (Microscopia de Forță Atomică) [3] și Near-Field Scanning Optical Microscopy (NSOM). Sunt cunoscute mai multe metode de implementare pentru fiecare tehnică de microscopie mecanică (SPM), relativ la parametrul măsurat al interacțiunii dintre probă și eșantion.

Microscopia de Forță Atomică a fost dezvoltată ca o soluție tehnică pentru STM și asigură vizualizarea prin microscopie mecanică și a eșantioanelor neconductive. În prezent, cele mai multe sisteme AFM utilizează un fascicul laser pentru a determina deflexia unui cantilever de care este atașată proba. Acest fascicul laser se reflectă de partea opusă probei pe un fotodetector sensibil la poziție. Pentru a calcula forța de interacțiune utilizăm legea lui Hook ($F = kz$), unde k este constanta de elasticitate a cantilever-ului, iar z este distanța pe care cantilever-ul a suferit o deflexie. Cu ajutorul unui astfel de sistem de detecție este posibilă măsurarea indirectă și relativă a forței dintre probă și eșantionul studiat. În general, pentru AFM în cazul izotropic potențialul Lennard-Jones (repulsie și atracție) este modelul aproximativ pentru explicitarea forțelor Van der Waals în funcție de distanță. Relativ la natura forțelor implicate și interacțiunea dintre probă și eșantion se definesc modurile de operare AFM: Modul Contact (Contact Mode), Microscopia de Forță Laterală (Lateral Force Microscopy, Contact Intermitent (Dynamic Force, Tapping Mode) [4], Modul Non-Contact (NonContact Mode), Modularea Forței (Force Modulation) [5] și Imaginea Fazei (Phase Imaging). O altă metodă modernă de investigare mediată de AFM este nano-identarea (nanoidentation). AFM-ul poate aplica un stres mecanic [6, 7] controlat pe

Tuygi

suprafața eșantionului (raza de curbură a probei este de câțiva nm, așa că, $P = F/A$ determină presiuni ridicate; mega-pascali) care produce modificări topografice ale suprafeței eșantionului sau ale proprietăților locale. Dezavantajul principal al AFM-ului este dat de modul indirect și relativ de măsurare a forțelor de interacțiune dintre probă și suprafața eșantionului.

Cristalul de cuarț este folosit ca senzor în măsurarea unor mase extrem de mici, de ordinul nanogramelor (Quartz Crystal Microbalance, QCM); practic, se poate măsura masa unei molecule [8]. În tehnologia QCM, eșantionul este depus pe unul dintre electrozii cristalului de cuarț. În funcție de masa depusă, apare o modificare a frecvenței de rezonanță (relația Sauerbrey, $\Delta f = -const \Delta m$), respectiv modificarea parametrilor electromecanici (modelul circuitului echivalent, Butterworth-van-Dyke (BvD)). Cristalul de cuarț este un senzor complex [9]; de regulă, descris printr-o analogie electromecanică în care forțele sunt mapate în tensiune, iar vitezele în curent. Prin raportul dintre forță și viteză, definim în acest caz impedanța mecanică a senzorului. De asemenea, putem face apel la analogia electroacustică în care stresul (și nu forțele) sunt mapate într-o tensiune.

Problema tehnică pe care o rezolvă invenția este realizarea unui mod AFM care să permită măsurarea absolută și directă a forțelor de interacțiune dintre probă și suprafața eșantionului.

Metoda și senzorul pentru SPM, conform invenției, se referă la implementarea unui mod AFM prin utilizarea unei probe atașată rigid de un scanner tridimensional și a unui senzor format dintr-un cristal de cuarț care pe unul din electrozi are depus eșantionul; controlul scannerului pe axa Z este asigurat de relația dintre un semnal intern de referință și un semnal extern, ce reprezintă valoarea asociată măsurării unui parametru al cristalului de cuarț.

Invenția poate fi exploatată pentru realizarea de echipamente SPM performante, asigurând o măsurare directă și absolută a interacțiunii dintre probă și eșantion.

Metoda și senzorul pentru SPM, conform invenției, prezintă următoarele avantaje:

- măsurarea absolută și directă a forțelor de interacțiune dintre probă și eșantion;
- simplificarea mecanismului de detecție favorizează automatizarea;
- probă atașată rigid la scannerul tridimensional (fără cantilever);
- sensibilitate ridicată în mod contact sau în mod non-contact;
- facilitează implementarea operațiilor de nano-manipulare și de litografie (proba atașată rigid la scannerul tridimensional).

Se dau, în continuare, exemple de aplicare a invenției, și în acest sens fig. 1-3 reprezintă:

- fig. 1, schema de principiu de implementare a metodei și senzorului pentru realizarea unui mod AFM cu măsurarea absolută și directă a forțelor de interacțiune dintre probă și eșantion;
- fig. 2, modulele funcționale pentru blocul de detecție din fig. 1, pentru măsurarea frecvenței;
- fig. 3, modulele funcționale pentru blocul de detecție din fig. 1, pentru măsurarea impedenței electrice.

Metoda și senzorul pentru STM, conform invenției, asigură realizarea unui mod AFM (fig. 1) prin intermediul unui scanner tridimensional (1), de care este atașată rigid o probă (2) în interacțiune cu eșantionul (3), care este depus pe unul din electrozii (4) cristalului de cuarț numit senzor (5). Blocul de detecție (6) asigură un semnal ce reprezintă valoarea asociată măsurării unui parametru al cristalului de cuarț utilizat de sistemul de control AFM (7); acesta la rândul lui generează semnalele de control care asigură deplasarea pe axa Z, respectiv scanarea în planul X,Y.

Blocul de detecție (6) din fig. 1 poate fi implementat ca detector bazat pe măsurarea directă a frecvenței sau ca detector bazat pe măsurarea impedenței electrice. În fig. 2 sunt prezentate, conform invenției, modulele blocului de detecție pentru măsurarea frecvenței: un oscilator (1) și un modul de măsurare a frecvenței sau un modul de conversie frecvență/tensiune (2). În fig. 3 sunt prezentate, conform invenției, modulele blocului de detecție pentru măsurarea impedenței electrice: un modul de adaptare/condiționare (1) și un analizor de rețea (2) care printr-un algoritm de calcul bazat pe modelul BvD asigură un semnal ce reprezintă valoarea asociată măsurării unui parametru al cristalului de cuarț. Utilizarea unui analizor de rețea implică măsurarea parametrilor modelului BvD înainte, respectiv după depunerea eșantionului.

Revendicări

1. Metodă și Sensor pentru SPM (fig. 1) bazată pe utilizarea unui scaner tridimensional (1), de care este atașată rigid o probă (2) aflată în interacțiune cu un eșantion (3), depus pe unul din electrozii (4) cristalului de cuarț numit senzor (5), urmat de un bloc de detecție bazat pe măsurarea frecvenței (fig. 2) și un sistem de control AFM (7) care la rândul lui generează semnalele ce asigură deplasarea pe axa Z respectiv, scanarea în planul X,Y.
2. Metodă și Sensor pentru SPM, în conformitate cu revendicarea 1, cu un bloc de detecție bazat pe măsurarea impedanței electrice (fig. 3) și pe un algoritm de calcul ce asigură un semnal ce reprezintă valoarea asociată măsurării unui parametru BvD al cristalului de cuarț.
3. Metodă și Sensor pentru SPM, în conformitate cu revendicarea 1 și 2, care asigură controlul scannerului tridimensional și vizualizarea topografiei eșantionului sau a parametrilor mecanici caracteristici eșantionului în mod contact (repulsie) sau în mod non-contact (atracție).

12-11-2010

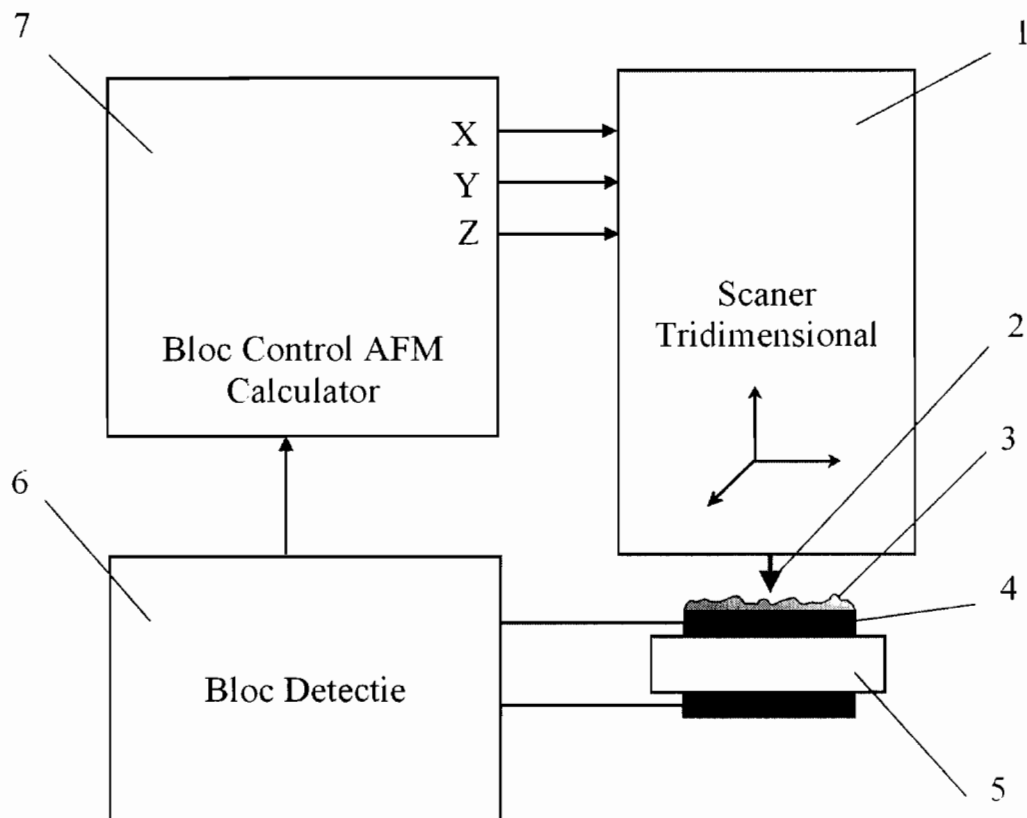


Fig. 1

Tuyss 1/11-1/11

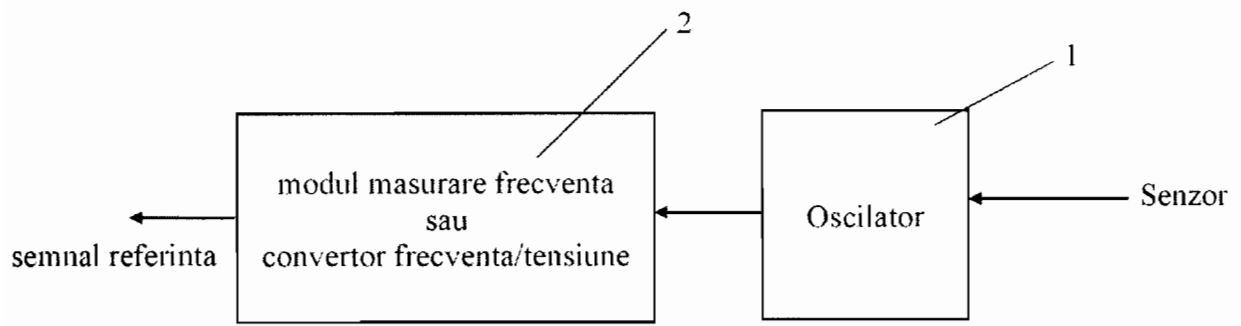


Fig. 2

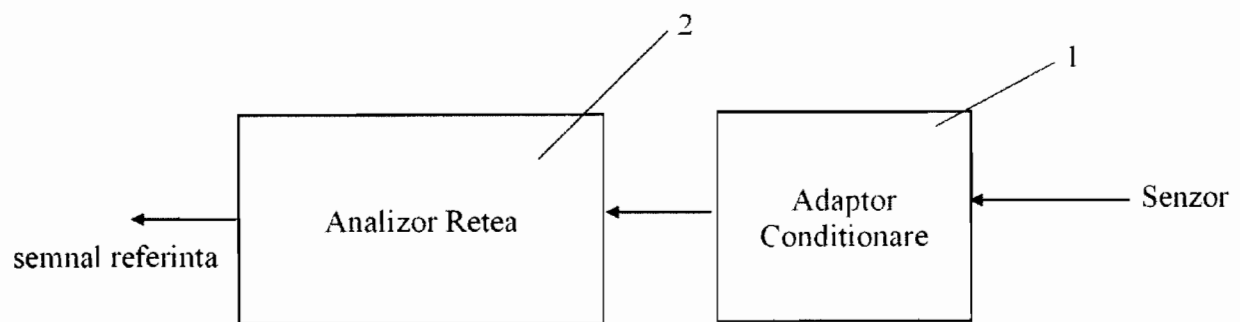


Fig. 3