

(12) CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2018 00320

(22) Data de depozit: 09/05/2018

(41) Data publicării cererii:  
30/12/2020 BOPI nr. 12/2020

(71) Solicitant:  
• INSTITUTUL NAȚIONAL DE CERCETARE  
ȘI DEZVOLTARE PENTRU FIZICĂ ȘI  
INGINERIE NUCLEARĂ "HORIA  
HULUBEI", STR.REACTORULUI NR.30,  
C.P. MG-6, MĂGURELE, IF, RO

(72) Inventatori:  
• SAVU BOGDAN, BD.TIMIȘOARA NR.79,  
BL.D36, AP.85, SECTOR 6, BUCUREȘTI, B,  
RO;  
• SAVA TIBERIU BOGDAN,  
BD.GHEORGHE ȘINCAI NR.10, BL.30A,  
AP.85, SECTOR 4, BUCUREȘTI, B, RO;  
• MOȘU DANIEL VASILE, STR.UNIRII NR.6,  
MĂGURELE, IF, RO

(54) SISTEM DE POZIȚIONARE AUTOMATIZAT  
PENTRU ANALIZE SUCCESIVE DE SUPRAFAȚĂ

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un sistem automat de poziționare 3D a probelor compatibil cu sistemele de sondare computerizată utilizate în domeniul analizelor fizico-chimice și microbiologice de suprafață. Sistemul conform invenției este alcătuit dintr-o structură mecanică ce include: o suprafață (1) de translație care asigură deplasarea unei probe și a suportului probei în plan orizontal, o șină (3) de translație care asigură deplasarea probei și a suportului probei pe verticală, un cabinet de ecranare a radiațiilor X, dacă se folosește sondarea cu raze X, un suport de adaptare a înălțimii sistemului de poziționare în funcție de echipamentul de sondare și/sau bancul de lucru, un suport (2) de prindere a șinei de translație de suprafața de translație, un suport de prindere a probei în sistemul de mișcare, care poate avea mai multe variante constructive și care este optimizat pentru: observația în reflexie caz în care este construit pentru deplasarea suprafeței probei sub sondă sau pentru observația în transmisie sau reflexie caz în care este construit pentru deplasarea probei sub sondă sau pentru analize XRF implementate prin deplasarea suprafeței probei inversate deasupra sondei și dintr-o componentă de integrare electronică și software care asigură gestionarea centralizată a deplasărilor 3D ale probei și gestionarea centralizată a datelor rezultate din procesele de sondare computerizată cu un echipament

(5) portabil de fluorescență cu raze X sau cu un echipament bazat pe baleiajul unui fascicul fonic sau cu un echipament bazat pe baleiajul de microsonde.

Revendicări inițiale: 25  
Revendicări amendate: 1  
Figuri: 8

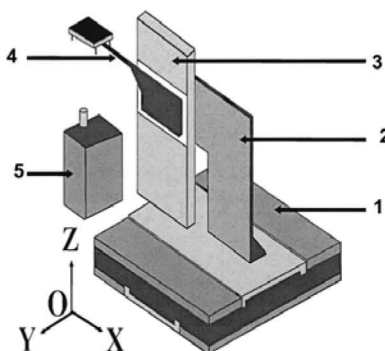


Fig. 2



111

**DESCRIEREA INVENȚIEI:**

Oficiul de Stat pentru Invenții și Mărci  
 Informații Clasificate  
**INTRABE**  
 Nr. 5/26 din 09.05.2018

**NESECRET**

**A) Titlul invenției:**

„Sistem de poziționare automatizat pentru analize succesive de suprafață”

**B) Precizarea domeniului tehnic:**

- G – Fizică;
- B – Tehnici industriale diverse;

OFICIUL DE STAT PENTRU INVENȚII ȘI MĂRCI  
 Cerere de brevet de invenție  
 Nr. a 2018 00320  
 Data depozit 09.05.2018




**C) Prezentarea stadiului tehnicii:**

La ora actuală, activitatea de caracterizare a suprafeței unor eșantioane dintr-un anumit material presupune existența unei sonde pentru culegerea de informații specifice, a unui sistem de poziționare și a unui sistem de înregistrare a informațiilor oferite de către sondă.

Configurația tradițională și cea mai des întâlnită la aceste sisteme de caracterizare, poate fi exemplificată pentru cazul microscopului optic. La microscopul optic, proba este fixată într-un sistem de deplasare mecanică în plan orizontal iar distanța verticală dintre sondă și eșantionul analizat este ajustată separat, cu un mecanism de translație. În practica folosirii microscopului optic clasic, problema tehnică care trebuie rezolvată pentru investigare include obținerea de eșantioane suficient de subțiri pentru a asigura un anumit grad de transparență a probei. Dacă lumina nu străbate probele, observația nu este posibilă. Astfel, o restricție importantă asupra formei eșantionelor analizabile impune existența a două suprafețe cvasiparalele și cvasiortogonale. La foarte multe dezvoltări tehnice actuale, această restricție impusă eșantionului analizat este preluată în diferite forme de către sistemele care implementează mișcarea probei pe sub sondă.

În literatură există un număr de brevete pentru sistemele de poziționare. Astfel, **RO123019** prezintă un sistem flexibil multifuncțional de poziționare și fixare a unor piese cu dimensiuni și forme diferite pentru executarea de operații mecanice. Din nefericire, acest sistem de poziționare nu are prevăzută o metodă de integrare software cu sondele sau cu sistemele de achiziție prin sonde, sistemul fiind folosit exclusiv în domeniul mecanic.

Brevetul **RO129160** se referă la un dispozitiv de acționare magneto-piezoelectric și un sistem de micromanipulare care-l conține. Manipularea are loc doar în domeniul 1-100 microni și e însoțită de controlul forței de prehensiune. Domeniul de poziționare și masa utilă posibilă cu acest aparat nu sunt suficient de extinse pentru rezolvarea problemelor tehnice ce vor fi expuse în paragrafele care urmează.

Bogdan Savu   
 Tiberiu Bogdan Sava   
 Daniel Vasile Moșu 

Secret de serviciu

~~NESECRET~~

109

Brevetele **RO123246** și **RO123247** prezintă doi miniroboți care pot furniza poziționarea XYZ a unui eșantion. Acești miniroboți nu sunt însoțiți de o soluție de rezolvare a achiziției automatizate de date printr-o sondă și nu conțin o soluție de conectare la mai multe sisteme de sondare portabile sau fixe. De asemenea, acești miniroboți nu reprezintă o soluție fezabilă de rezolvare a problemelor tehnice ce vor fi expuse din cauza masei transportabile redusă respectiv din cauza impreciziei de poziționare.

Brevetul **RO125589** descrie utilizarea a două sisteme de tip hexapod pentru poziționare. Deși numărul gradelor de libertate și flexibilitatea oferită de acest sistem mecanic de poziționare este impresionantă, sistemul robotic prezentat nu abordează domeniul achiziției de date și nu rezolvă problema tehnică de caracterizare a unei suprafețe, problemă descrisă în paragrafele următoare.

În continuare, enumerăm o parte din sistemele de analiză a suprafeței unui eșantion, existente la ora actuală pe piață și care au fost luate în considerare la proiectare în vederea posibilei integrări cu noul sistem tehnic de poziționare: microscopia optică (OM – engl. „Optical Microscopy”) modurile de lucru prin reflexie, transmisie și fluorescență, microscopia confocală cu baleiaj de fascicul laser (CLSM – engl. „Confocal Laser Scanning Microscopy”), microscopia cu baleiaj de fascicul laser și excitarea fluorescenței în regim multifotonic (TPEF – engl. „Two Photons Excited Fluorescence”), microscopia optică de câmp apropiat (SNOM – engl. „Scanning Near Field Optical Microscopy”), microscopia optică neliniară bazată pe generarea de armonici (SHG, THG – engl. „Second Harmonic Generation” și „Third Harmonic Generation”), microscopia cu forțe atomice, microscopia bazată pe forța laterală, microscopia bazată pe forța magnetică (AFM, LFM și MFM – engl. „Atomic Force Microscopy”, „Lateral Force Microscopy”, „Magnetic Force Microscopy”) și analizarea elementelor din compoziția chimică (XRF – engl. „X-Ray Fluorescence”). Inițial, noul sistem tehnic ce va fi prezentat aici a fost proiectat și optimizat pentru analizele elementale nedistructive de suprafață executate prin tehnica XRF iar ulterior, a fost studiată și implementată integrarea cu celelalte sisteme de sondare a suprafeței. În cele ce urmează, prezentăm principalele dezvoltări tehnice cunoscute în domeniul echipamentelor bazate pe fluorescența generată cu raze X (XRF).

Astfel, pentru analizele de tip elemental, există așa numitele sisteme analitice de fluorescență atomică care utilizează surse de atomizare pentru obținerea de informații de volum cantitative, așa cum este descris în brevetul **RO127134**. Din păcate, acest tip de analize distrug în totalitate eșantionul analizat.

În patentul **US6111929** se prezintă un spectrometru portabil bazat pe fluorescența de raze X, sistem care folosește tehnica XRF pentru analize elementale. Mecanismul de poziționare a probelor este diferit de cel folosit de noul sistem tehnic ce va fi prezentat aici și impune restricții importante asupra formei și masei probelor. Mecanismul patentat prin **US6111929** este optimizat pentru

Bogdan Savu

Tiberiu Bogdan Sava

Daniel Vasile Moșu

~~Secret de serviciu~~

~~SECRET~~

108

detectarea plumbului în straturile subțiri sau în pulberi. În plus, nu este posibil să extragem tubul de raze X și detectorul pentru a obține un subsistem care să fie operabil manual (subsistem portabil) iar subsistemul mecanic de implementare a baleiajului este de tip unidimensional. Mișcarea de translație patentată la acest echipament se desfășoară pe o singură axă și nu poate fi cuplat cu alte tehnici de sondare.

Patentul **US7197110** se referă la o metodă de determinare a conținutului chimic din structuri fizice complexe, folosind microanaliza cu raze X. Metoda descrisă este optimizată pentru analiza circuitelor imprimate și detecția metalelor pe suprafața acestora. Observăm că circuitele imprimate sunt caracterizate de existența a două suprafețe cvasiparalele și cvasiparalele. Prin **US7197110** nu este brevetat un sistem tehnic ci o metodă de implementare a unui potențial sistem tehnic. Remarcăm că, nu se descrie o soluție de implementare bazată pe un PC ci cu un controler. De asemenea, metoda brevetată nu include un sistem de baleiaj atașat la un echipament portabil și face uz de un proiect CAD al circuitelor imprimate pentru cunoașterea apriorică a topografiei probei. În mod evident, acest proiect CAD nu există pentru eșantioanele necunoscute.

Patentul **EP2690431** descrie o invenție care implementează o tehnică de spectroscopie cu raze X (EDX). Baleiajul probei se face exclusiv din câmp îndepărtat, cu un fascicul focalizat de electroni iar sonda care implementează baleiajul este plasată deasupra probei. Procesul de sondare nu se poate desfășura în apropierea suprafeței probei iar sistemul descris nu include alte subsisteme portabile așa cum realizează noul sistem tehnic ce va fi prezentat în acest material. Proba analizată este supusă unor constrângeri importante în ceea ce privește forma, greutatea și rezistența la vid.

Patentul **WO/2014/028930** prezintă un sistem tehnic de tip Gantry și metodele asociate pentru tomografie computerizată cu surse de raze X distribuite într-o matrice. Atât sistemul mecanic de translație cât și implementarea baleiajului sunt diferite de cele folosite în noul sistem tehnic ce va fi descris în paragrafele care urmează. Sistemul tehnic din patentul **WO/2014/028930** este optimizat pentru imagistica cu raze X de volum fără a lua în considerare analizele elementale de suprafață sau alte tehnici relevante de sondare a suprafeței.

Patentul **JP2011-089987** prezintă un sistem tehnic care implementează atât analiza XRD cât și XRF. Pentru a obține acest rezultat, sistemul folosește un fascicul de raze X cu propagare spațială (câmp îndepărtat) și elemente de condiționare a fasciculului. În vederea efectuării celor două tipuri de analize, schema de sondare patentată este fixă și diferită de cea folosită de sistemul ce va fi descris în paragrafele următoare. Proba analizată trebuie să prezinte două suprafețe cvasiparalele și cvasiparalele. Patentul nu oferă posibilitatea de a implementa alte tehnici de sondare și analiză prin sistemul descris și nu conține subsisteme portabile.

Bogdan Savu

Tiberiu Bogdan Sava

Daniel Vasile Moșu

Secret de serviciu

Patentul **JP2008-256698** prezintă un sistem de analiză XRD și XRF (fluorescență generată cu raze X și difracție de raze X). Sistemul este unul cu baleiaj de fascicul din câmp îndepărtat care implementează și schema de analiză cunoscută sub denumirea de „reflexie Bragg” prin rotirea probei la un unghi controlat cu un grad ridicat de precizie. Schema mecanică de poziționare a probei pentru implementarea analizelor este diferită de cea folosită la noul sistem tehnic prezentat în acest material. Sistemul patentat prin **JP2008-256698** nu își propune să includă echipamente portabile și nu se poate asocia cu alte sisteme de analiză prin sondare.

În patentul **US9810649** se prezintă un sistem tehnic specializat pe analiza de fluorescență cu raze X (XRF). Proba este deplasată pe sub sursa de raze X fiind una cunoscută sub denumirea de „film”, circuit imprimat sau strat subțire depus pe un suport dedicat. Așa cum se poate observa din descriere, există restricții importante atât în ceea ce privește forma cât și în legătură cu masa probei examinate. În plus, atât tubul de raze X cât și detectorul sunt fixe și nu permit folosirea separată în regim de echipament portabil. Acest sistem este dedicat analizei XRF iar prin structura mecanică și control descrise nu se pot efectua alte tipuri de sondări ale materialelor.

În patentul **US8331534** se descrie un aparat bazat pe folosirea razelor X monocromatice și a metodelor asociate pentru imagistică și radioterapie. Observația și tratamentul au loc prin direcționarea fascicului și propagarea pe un volum extins, așa cum este cel necesar în medicina umană. La generarea razelor X monocromatice este folosit un fascicul de electroni și o țintă fluorescentă. Sistemul tehnic descris prin acest patent nu conține un subsistem ultra-precis de poziționare iar informațiile obținute sunt localizate pe un volum extins. Nu sunt posibile analizele de suprafață executate cu ajutorul acestui sistem tehnic.

În patentul **US8311183** se descrie un analizor de energie dispersivă generată prin difracția de raze X. Invenția este destinată analizei minereurilor și pudrelor uscate obținute prin procesul de extracție. Avantajul acestui sistem constă în faptul că informațiile sunt obținute la fața locului, fără a mai transporta materialele la un laborator specializat. Invenția descrisă folosește o sursă colimată de raze X și un detector care poate discrimina energia fascicului (engl. – „ER X-ray”). De asemenea, invenția folosește informații obținute prin propagarea fascicului de raze X trimis către probă și nu-și propune să acceseze undele evanescente (și implicit informațiile conținute de aceste unde) care nu se propagă și care sunt disponibile în zona de câmp apropiat din vecinătatea suprafeței probelor analizate. Prin **US8311183** nu este descrisă o metodă de cuplare la alte sisteme de sondare și analiză și nu este implementată fizic această caracteristică tehnică.

Patentul **US8243878** descrie un sistem de sondare de înaltă rezoluție bazat pe difracția de raze X. Difracția de raze X e o tehnică binecunoscută care oferă informații despre substanțe cristaline prin intermediul unui aparat bazat pe un goniometru și pe propagarea unui fascicul de raze X însoțită de

Bogdan Savu  
Tiberiu Bogdan Sava  
Daniel Vasile Moșu

~~Secret de serviciu~~

NESECRET

106

detecria radiaiei la un anumit unghi, dupa interaciunea cu volumul unui strat de suprafata al probei. Aria investigata este extinsa iar aparatul nu poate fi transformat intr-un sistem portabil din cauza goniometrului ultra-precis dar netransportabil. Toata schema de analiza descrisa prin US8243878 este implementata exclusiv deasupra suprafetei probei. Propagarea fascicului se realizeaza pe distante de ordinul zecilor de centimetri intre suprafata probei si detector si intre sursa de radiatii X si suprafata probei. Intreaga schema de analiza este diferita de cea implementata de noul sistem tehnic ce va fi prezentat in paragrafele urmatoare, sistem care nu include un goniometru si care nu a fost proiectat pentru caracterizarea substantelor cristaline. Adaugam faptul ca in US8243878 nu au fost descrise tehnici de cuplare la alte sisteme de sondare prin baleiajul de fascicul sau prin microsonde.

Patentul US8189893 descrie o metoda si sistemele tehnice asociate pentru implementarea radiografiei digitale multiplexate. Schema implementata pentru imagistica foloseste propagarea fasciculelor de raze X intr-o geometrie care contine mai multe surse de raze X. Observam ca nu este posibil accesarea informatiei continuta in apropierea suprafetei probei iar echipamentul descris sau subsistemele acestuia nu sunt portabile. De asemenea, nu s-a implementat posibilitatea de integrare cu alte sisteme de sondare.

Patentul US7720192 descrie un aparat de fluorescenta XRF care foloseste schema de analiza bazata pe propagarea unui fascicul in camp indepartat si un goniometru. Schema de detectie si de excitare a fluorescentei este implementata deasupra probei ceea ce impune asupra formei esantionului analizat restrictiile amintite in paragrafele anterioare (doua suprafete cvasiparalele si cvasi paralele). Aparatul descris prin US7720192 nu este portabil si nu include subsisteme portabile sau autonome. Nu sunt implementate alte tehnici de sondare sau de obtinere a informatiilor de caracterizare a esantionului.

Patentul US9739730 prezinta un sistem de analiza care implementeaza mai multe drumuri optice pentru razele X. Deși permite doua tipuri de analize simultan (engl. - „WD-XRF” si „ED-XRF”) si reducerea timpului de observare, observam ca acest avantaj se obtine prin propagarea fascicului catre doi detectori. Schema de culegere a informatiei este diferita de schema propusa in paragrafele de descriere a noului sistem tehnic de pozitionare automatizata. Schema propusa prin US9739730 nu permite accesul la informatiile disponibile in vecinatatea suprafetei. Adaugam faptul ca acest echipament nu este construit pentru a integra subsisteme portabile iar analizele succesive efectuate cu acest aparat sunt realizabile doar prin miscarea de translatie pe o singura axa sau prin intermediul unui dispozitiv rotativ. Nu exista posibilitatea de a descrie un profil 3D arbitrar cu suprafata probei si nu sunt implementate alte tehnici de sondare pentru analize de suprafata.

Patentul US9739729 prezinta un sistem confocal pentru analize simultane de tip XRF si CT (computer tomograf) cu raze X. Construirea sistemului care combina cele doua metode este posibilă

Bogdan Savu  
Tiberiu Bogdan Sava  
Daniel Vasile Moșu

~~Secret de serviciu~~

doar prin intermediul propagării fasciculului de sondare pe mai multe drumuri optice și filtrarea spațială a acestuia. Acest tip de filtrare spațială asigură accesul la informațiile conținute în volumul probei. La noul sistem tehnic ce va fi prezentat în paragrafele următoare, obiectivele principale sunt de menținere a integrității fizice a probei și de culegere a informațiilor disponibile în apropiere de suprafața probei. Tehnicile de implementare a analizei sunt diferite la cele două sisteme tehnice supuse comparației. Cea mai semnificativă diferență între cele două sisteme este aceea că informațiile disponibile în imediata vecinătate a suprafeței sunt culese la o rezoluție implicit superioară. Sistemul descris prin **US9739729** nu include subsisteme portabile și nu permite cuplarea la alte sisteme de sondare, așa cum permite noul sistem tehnic ce va fi prezentat.

În patentul **US9541511** este descris un aparat de analiză prin XRF a apelor contaminate. Acest aparat folosește propagarea fasciculelor și depunerea apei pe un substrat rotativ de siliciu pentru identificarea contaminării. Așa cum am menționat în paragrafele anterioare, scopul principal al noului sistem tehnic este culegerea informațiilor în apropierea suprafeței probei fără propagarea de fascicul de raze X pe un drum optic extins și fără folosirea dispozitivelor de optică de raze X. Deși metoda de analiză XRF este similară, noul sistem tehnic ce va fi descris în paragrafele următoare permite implementarea analizei de raze X la suprafață dar și posibilitatea de a se cupla la subsisteme portabile sau la alte echipamente de investigare fizico-chimică ori microbiologică a suprafeței.

În patentul **US9535018** se prezintă un sistem combinat de metrologie optică și cu raze X. Toate elementele de sondare descrise sunt plasate deasupra probei analizate. Așa cum am mai precizat în paragrafele anterioare, această geometrie impune existența a două plane cvasiparalele în structura probei și este o limitare semnificativă în ceea ce privește gama de probe care pot fi analizate. Sistemul descris prin acest patent este optimizat pentru probe din industria semiconductorilor care sunt într-adevăr caracterizate de această geometrie particulară. Astfel, sistemul descris prin acest patent nu permite analiza probelor care au o singură suprafață plană, așa cum sunt eșantioanele de frescă. De asemenea, toată schema de analiză descrisă este posibilă doar prin propagarea unui fascicul și includerea de dispozitive optice specializate în drumul optic al fasciculului. Nu este descrisă nici o metodă de cuplare la alte echipamente portabile ori dispozitive de sondare a suprafeței.

Patentul **US9244026** descrie un sistem de analiză XRF optimizat pentru fluide. Aparatul dispune de o cameră de analiză în care se injectează fluidul. Așa cum este descris sistemul, nu este posibilă analiza probelor solide. De asemenea, se poate folosi un singur tip de culegere a informațiilor, realizat prin sondarea cu raze X. Fiind optimizat pentru fluide, nu există restricții asupra formei materialului analizat iar sistemul dispune de o singură cameră de analiză, fluidele fiind injectate și ulterior extrase din această cameră. Observăm că există problema contaminării camerei de la un fluid la altul dacă nu se efectuează curățarea camerei între două analize succesive. Sistemul nu se poate cupla la alte tehnici de sondare sau echipamente portabile.

Bogdan Savu

Tiberiu Bogdan Sava

Daniel Vasile Moșu

~~Secret de serviciu~~

În patentul US2008/0049895 se descrie un sistem de analiză XRF pentru evaluarea grosimii unui strat subțire depus pe pereții laterali ai componentelor electronice montate pe un suport PCB (engl. – „Printed Circuit Board”) planar. Intensitatea fascicului măsurat furnizează informațiile necesare pentru evaluarea grosimii stratului subțire depus pe pereții laterali. Toată schema de analiză este bazată pe propagarea de fascicul și este localizată fizic deasupra geometriei analizate. Astfel, spre deosebire de noul sistem tehnic, acest sistem impune restricții importante asupra probelor analizabile fiind optimizat pentru un singur tip de analize. De asemenea, nu asimilează subsisteme portabile și nu se poate folosi cuplat la alte tehnici ori sisteme de sondare.

Patentul US2015308968 descrie un sistem de analiză XRF portabil cu o formă asemănătoare unui pistol. Notăm că tipul de sistem de analiză XRF prezentat în patentul US2015308968 este lipsit de posibilitatea de a realiza analize succesive, sistematice și reproductibile pe arii adiacente pentru că nu are asociat un sistem motorizat de poziționare a probelor. Poziționarea sa în apropierea suprafeței se face exclusiv de către operator (poziționare manuală). Acest tip de sistem de sondare poate fi asociat cu noul sistem tehnic de poziționare prezentat în acest material, cele două sisteme fiind complementare. Cu toate acestea, observăm că patentul US2015308968 nu include și nu descrie nici o metodă de a efectua alte tipuri de sondare, diferite de XRF și nu prevede nici o metodă de sincronizare prin software a translației mecanice cu achiziția de date ori cu alte echipamente sau sisteme.

Patentul WO/2015/073399 se referă la un echipament de poziționare a probelor neomogene și analizare cu raze X. Poziționarea probei se face prin aducerea acesteia în punctul de focalizare, ceea ce implică propagarea fascicului și introducerea de elemente de optică cu raze X cum ar fi cele pentru focalizare sau filtrare cromatică. Spre deosebire de noul sistem tehnic, poziționarea probei în WO/2015/073399 se implementează prin translația liniară sau prin rotația unei celule, fără a exista posibilitatea de a descrie profile 3D arbitrare sau adaptabile geometriei probei. De asemenea, materialul analizat trebuie să fie introdus în această celulă, ceea ce implică ajustări mecanice în cazul probelor solide și implicit alterarea ireversibilă a probei. Nu sunt descrise metode de implementare pentru asocierea cu alte tehnici de sondare ori subsisteme portabile.

Patentul US20140328468 descrie un aparat portabil de transport și ecranare care include un sistem XRF portabil. Din păcate aparatul descris nu poate fi utilizat cu alte tipuri de sisteme sau analize (e.g. sondare prin fascicul fonic sau prin microsonde). De asemenea, un alt mare dezavantaj este faptul că deplasarea probei nu este motorizată pe cele trei direcții spațiale și prin urmare nu se pot face investigații precise, succesive sau repetitive pe arii de suprafață adiacente.

În urma investigațiilor asupra stadiului actual al tehnicii, observăm că există și posibilitatea de a transforma materialul de interes într-o pulbere fină printr-un proces de măcinare, în vederea analizelor

Bogdan Savu  
Tiberiu Bogdan Sava  
Daniel Vasile Moșu

~~Secret de serviciu~~



elementale. Pulberea astfel obținută este ulterior presată pentru obținerea unor discuri ce vor fi supuse investigațiilor. Această abordare distruge integritatea fizică a probelor. În plus, pentru că investigarea nu este selectivă, devine posibilă pierderea sau mascarea informațiilor de interes prin amestecarea cu un volum important de material nerelevant pentru observații.

Firma **De Witt System Inc.** Produce patru sisteme de analiză, MCS-1000E, RSC-100 Rotary Changer, BTA-100 și MPS-400E care includ echipamente XRF portabile. Ele sunt folosite pentru analiza operelor de artă respectiv a eșantioanelor de sol extrase prin foraj și carotare. Firma a depus cereri de patente pentru sistemele prezentate la adresa de Internet: [www.dewittsystems.com](http://www.dewittsystems.com). În paragrafele următoare vom evidenția diferențele și avantajele sistemelor prin compararea noului sistem tehnic cu fiecare dintre acestea.

De asemenea, menționăm modelul XRF-2000 produs de MicroPioneer care este un sistem integrat de analiză XRF. Acest sistem este un aparat dedicat care nu a fost proiectat pentru a integra subsisteme portabile și care nu permite cuplarea la alte sisteme ori tehnici de sondare.

Am prezentat principalele dezvoltări tehnice cunoscute în domeniul analizelor prin fluorescență generată cu raze X. Avantajele folosirii noului sistem tehnic ce va fi prezentat, față de echipamentele existente, vor fi enumerate și într-un capitol special în cadrul acestui material.

#### **D) Prezentarea problemei tehnice:**

În cadrul principiilor de conservare-restaurare a lăcașurilor de cult, la etapa de cercetare și documentare cu prelevarea datelor „in situ”, se specifică operația de prelevare a probelor pentru analize fizico-chimice și microbiologice de laborator. Metodologia de conservare-restaurare a picturilor murale descrie o multitudine de operații necesare în procesul de conservare-restaurare, unele lucrări de restaurare fiind de asistență tehnică acordată constructorului (e.g. pentru realizarea structurii de rezistență a clădirii sau de consolidare) iar altele fiind realizate exclusiv de către echipa de pictori restauratori. S-a constatat că sunt numeroase situațiile în care se implementează extragerea de eșantioane cu pigmenți în vederea efectuării analizelor de laborator și a replantării ulterioare sau chiar pentru expunerea muzeală. Problema tehnică a cărei rezolvare a condus la construirea noului sistem tehnic a apărut din necesitatea de a caracteriza nedistructiv fizico-chimic și microbiologic eșantioanele extrase din picturile murale.

Așa cum se poate observa în Figura 1, aceste eșantioane prezintă o singură suprafață plană pe care sunt dispuși pigmenții de investigat (Figura 1-1) și un volum cu o formă aleatoare constituit din materialele de construcție folosite la ridicarea obiectivului arhitectonic și la prepararea substratului pentru frescă (Figura 1 – 2). Singura certitudine în privința formei eșantionului este dată de existența unei suprafețe plane pe care sunt depuși pigmenții la care adăugăm faptul că proba este solidă.

Bogdan Savu

Tiberiu Bogdan Sava

Daniel Vasile Moșu

~~Secret de serviciu~~

În această descriere, s-au folosit sintagme precum „câmp apropiat” sau „câmp îndepărtat” (engl. – „near field” respectiv „far field”) pentru a aproxima distanța dintre sondă și suprafața probei analizate. Notăm că semnificația acestor sintagme este aceea folosită în domeniul opticii fotonice și anume aceea prin care o distanță de „câmp apropiat” corespunde unei distanțe mai mici sau comparabilă cu lungimea de undă a radiației optice folosite. Semnalele disponibile în câmp apropiat conțin mai multe informații decât cele obținute prin baleiajul executat din câmp îndepărtat. De exemplu, sondarea în domeniul optic cu un fascicul care se propagă este limitată prin fenomenul de difracție. Prin înlocuirea sondei de tip fascicul fonic cu o fibră optică (microsondă) și apropierea ei de suprafață, devine posibilă culegerea undelor evanescente care nu se propagă în câmp îndepărtat și care conțin informații despre topografie probei la o rezoluție superioară celei limitată prin difracție, asociată sondei de tip fascicul fonic.

Implementarea unui sistem de poziționare, care să permită folosirea mai multor sonde sau microsonde este valoroasă și poate fi utilizată în numeroase aplicații tehnice.

Dacă reluăm în discuție cazul microscopului optic clasic, eșantioanele analizate cu acest sistem tehnic erau caracterizate de existența a două suprafețe extinse, aproximativ plan-paralele și cu o grosime a materialului suficient de redusă pentru a permite transparența probei. Se observă că, folosirea unui sistem de poziționare automată cu mișcarea sondei pe deasupra probei similar cu microscopul optic clasic, pentru înregistrarea automatizată a informațiilor specifice, nu este posibilă la probele extrase din picturile murale din cel puțin două motive: acestea prezintă o singură suprafață plană și nu sunt transparente. În plus, este necesar ca analizele efectuate să fie nedistructive și să garanteze extragerea informațiilor în regim de înaltă rezoluție.

Au fost trecute în revistă și identificate tehnicile nedistructive de caracterizare în regim de înaltă rezoluție care pot fi utile în analiza acestor probe. Pentru analizele de topografie a suprafeței se pot folosi tehnicile bazate pe baleiajul de microsonde cum ar fi microscopia cu forțe atomice sau microscopia optică în câmp apropiat. Topografia suprafeței executată cu aceste tehnici poate furniza informații despre grosimea stratului depus în timp (praf, fum, etc.). Prin folosirea acestor tehnici, se pot evidenția și informații despre localizarea pe suprafață a organismelor microbiologice dacă acestea există precum și natura acestora. Deși baleiajul cu microsonde conduce la obținerea informațiilor la o rezoluție foarte bună, este strict necesară executarea topografiei cu sisteme optice avansate bazate pe baleiajul de fascicul laser înainte de investigarea prin microsonde, din cauza faptului că nu se poate cunoaște aprioric cât de mult variază profilul de înălțime al suprafeței probei. O variație pronunțată a profilului de înălțime poate distruge microsonda.

Pentru analize spectrale, microbiologice sau de topografie a suprafeței se pot folosi tehnici avansate de microscopie optică confocală cu baleiaj de fascicul laser precum și de microscopie optică

Bogdan Savu  
Tiberiu Bogdan Sava  
Daniel Vasile Moșu

~~Secret de serviciu~~

neliniară bazată pe excitarea în regim multifotonic sau generarea de armonici (engl. – „CLSM, SHG, THG, TPEF”). În urma examinării suprafeței pe diferite arii de investigare, se poate lua o decizie în ceea ce privește metoda sau solventul de curățare util pentru eliminarea stratului depus.

Pentru identificarea elementelor chimice din stratul de pigmenți sunt utile analizele de tip XRF. Sistemele XRF moderne de analiză elementală au devenit foarte performante și pot fi exploatate ca echipamente portabile. Drept urmare, suficient de mulți restauratori au în dotare un astfel de sistem tehnic caracterizat de o masă relativ redusă (~1,5Kg), o conexiune la PC, o aplicație software locală și un stand de lucru. Din punct de vedere funcțional, aceasta este configurația minimă și implică poziționarea manuală a probelor. Observăm că asocierea acestui sistem de sondare cu un sistem tehnic de poziționare automată a probelor conduce la creșterea preciziei de investigare și asigură repetabilitatea datelor obținute pe arii de investigarea adiacente.

Problema tehnică de caracterizare fizico-chimică și microbiologică a eșantioanelor de frescă a fost rezolvată prin construirea unui nou sistem tehnic de poziționare care deplasează motorizat proba și asigură integrarea cu aplicațiile software ale unei multitudini de sisteme de sondare moderne (sisteme de analiză elementală, topografică, fizico-chimică sau micro-biologică). Noul sistem tehnic poate furniza descrierea unui profil complex de mișcare 3D a probei precum și aducerea suprafeței în apropierea sondei prin intermediul a trei suporturi de probă special construite în vederea adaptării la specificul eșantioanelor descrise și efectuarea observațiilor dorite.

O dată construit și testat noul sistem tehnic de poziționare, au fost remarcate numeroasele avantaje de utilizare a acestuia atunci când este cuplat la diverse sisteme de sondare prin intermediul sistemului mecanic, al suporturilor de probă și al aplicației software de control automatizat. Toate aceste aspecte vor fi detaliate în cele ce urmează.

#### **E) Expunerea invenției**

Invenția rezolvă obiectivele tehnice de apropiere a unei suprafețe cvasiplană de o sondă și de culegere sistematică de date în apropierea suprafeței sau prin baleiaj. Invenția oferă posibilitatea de extragere a informațiilor specifice cu privire la: compoziția elementală a suprafeței (e.g. identificarea pigmentilor folosiți în frescă), topografia suprafeței probei și a depunerilor de straturi subțiri, observarea și caracterizarea spectrală a efectelor de fluorescență, identificarea prezenței microorganismelor și observarea efectelor de optică neliniară. Se observă că, se obține un set complet de analize care sunt necesare pentru caracterizarea fizico-chimică și microbiologică a eșantioanelor de frescă. Pentru obținerea tuturor acestor informații de caracterizare a suprafeței eșantioanelor de frescă și nu numai, noul sistem tehnic de poziționare automatizată se poate cupla cu următoarele categorii de sisteme de sondare: XRF, OM, CLSM, TPEF, SHG, THG, SNOM, AFM, LFM, MFM.

Bogdan Savu

Tiberiu Bogdan Sava

Daniel Vasile Moșu

~~Secret de serviciu~~

Noul sistem tehnic automatizat care rezolvă problema tehnică de apropiere motorizată a suprafeței de sonda prin care se efectuează investigația și care coordonează procesul de sondare automată și sistematică prin intermediul unei aplicații software dedicată este alcătuit din următoarele trei subsisteme funcționale: o structură mecanică, o componentă de integrare software și electronică și un sistem de sondare la care se cuplează sistemul de poziționare. Cele trei componente principale care alcătuiesc sistemul tehnic de rezolvare a investigației unei suprafețe, conțin următoarele subsisteme:

1) Structura mecanică (Figura 2) care include:

- o suprafață de translație ce asigură deplasarea probei și a suportului de probă în planul orizontal notat XOY (Figura 2 - 1);
- o șină de translație care asigură deplasarea probei și a suportului de probă pe axa verticală notată OZ (Figura 2 - 3);
- un cabinet de ecranare a radiațiilor X, dacă se folosește sondarea cu raze X;
- un suport de adaptare a înălțimii sistemului de poziționare (suport de tip postament) în funcție de echipamentul de sondare și/sau bancul de lucru;
- un suport de prindere al șinei de translație de suprafața de translație, care asigură prinderea șinei în centrul suprafeței de translație și o distribuție optimă a masei prin distribuirea centrului de greutate al ansamblului șină - suport de probă pe o axă perpendiculară pe mijlocul suprafeței de translație XOY (Figura 2 - 2);
- un suport de prindere al probei în sistemul de mișcare care poate avea mai multe variante constructive, fiind optimizat pentru specificul observației:
  - un suport pentru observația în reflexie (Figura 3) construit pentru deplasarea suprafeței probei pe sub sondă (proba are două suprafețe cvasiplane și cvasi paralele);
  - un suport de tip cadru pentru observația în transmisie sau în reflexie (Figura 4) construit pentru deplasarea suprafeței pe sub sondă;
  - un suport pentru analize XRF (Figura 5) și deplasarea suprafeței probei inversate pe deasupra sondei. Acest tip de suport este primul suport proiectat pentru sistemul tehnic;

Toate tipurile de suporturi pentru probe sunt prevăzute cu elemente de prindere și de fixare a probelor: găuri filetate, lamele elastice, etc. Setul complet de analize fizico-chimice și microbiologice nedistructive asupra eșantioanelor de frescă, se poate obține prin folosirea suporturilor din Figura 4 și 5 precum și a accesoriilor aferente (e.g. elementele de fixare de tip lamelar, șuruburi și găuri de prindere).

2) Componenta de integrare electronică și software, care conține:

Bogdan Savu  
Tiberiu Bogdan Sava  
Daniel Vasile Moșu

Secret de serviciu

- un sistem electronic bazat pe controlere, plăci cu circuite dedicate și trasee de intercomunicare care asigură interfața dintre computer și sistemele mecanice de translație, întrerupătoarele de sfârșit de cursă, girofarul, oprirea de urgență și encodere;
- un sistem de calcul de tip PC cu două monitoare pe care rulează interfața grafică a aplicației de achiziție de date prin sonda specifică (fascicul fonic, microsondă sau raze X) și aplicația de control centralizat dezvoltată pentru noul sistem tehnic, aplicație care asigură gestionarea translațiilor mecanice, gestionarea resurselor și controlul aplicației de achiziție a datelor prin sondă;
- o rețea de comunicare tip IP pe suport Ethernet prin care se implementează comunicarea între sistemul de control al mișcării și aplicația care rulează pe PC. Rețeaua este scalabilă și permite integrarea mai multor sisteme sau echipamente care folosesc acest suport de comunicare;
- un canal de comunicare între PC și electronica sistemului de sondare, specific sistemului de sondare;

3) Un sistem de sondare la care se cuplează noul sistem de poziționare:

- sistemul de sondare achiziționat comercial sau construit (engl. - „custom” ori „home-made”), portabil sau fix, care are achiziția de date implementată pe un sistem PC cu o interfață grafică de monitorizare și control (engl. - „GUI”) destinată folosirii de către utilizator. Sistemul de sondare poate fi: XRF, CLSM, AFM, LFM, MFM, SNOM, OM, TPEF, SHG sau THG;

Noul sistem tehnic a cărui alcătuire a fost detaliată mai sus, este însoțit de descrierea unor proceduri de apropiere a suprafeței de sondă, proceduri bazate pe culegerea de informații de la senzorii adaptați specificului observației de tip: XRF, CLSM, AFM, LFM, MFM, SNOM, OM, TPEF, SHG sau THG. Aceste proceduri vor fi detaliate în paragrafele următoare pentru fiecare tip de sondare amintit.

Modelul conceptual care stă la baza invenției este prezentat în Figura 6. Resursele subsistemelor componente sunt gestionate de către aplicația software scrisă în LabView prin implementarea unor protocoale de comunicare și prin intermediul interfeței grafice a sistemului de sondare. PC-ul pe care rulează cele două aplicații software comunică cu sistemul electronic al echipamentului de poziționare printr-o rețea IP și cu sistemul electronic al echipamentului de sondare printr-un canal specific aparatului de sondare. Echipamentul electronic al sistemului de sondare controlează și monitorizează procesul de sondare iar echipamentul electronic al sistemului de

Bogdan Savu

Tiberiu Bogdan Sava

Daniel Vasile Moșu

~~Secret de serviciu~~

NESECRET

98

poziționare controlează și supraveghează structura mecanică cu sistemele de siguranță asociate (semnalizarea luminoasă a procesului de baleiaj, sistemele de blocare automată a translației mecanice, sistemele de blocare a accesului în cabinetul de protecție la iradiere, etc.)

Doar prin integrarea atentă a subsistemelor componente se poate obține rezolvarea problemelor tehnice descrise. Cele trei componente principale își potențează reciproc efectele pentru obținerea unui sistem tehnic nou. Simpla alăturare a componentelor fizice principale nu poate rezolva problema tehnică descrisă. Astfel, doar prin aplicația software care are o secvență de inițializare (se introduc datele cu privire la localizarea butoanelor din interfața grafică (GUI) a sistemului de sondare și se definește secvența de utilizare corectă a butoanelor împreună cu temporizările necesare) se poate obține sincronizarea între sistemul de sondare și sistemele de mișcare.



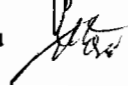
#### **F) Prezentarea avantajelor invenției în raport cu stadiul tehnicii**

Spre deosebire de echipamentele din stadiul tehnicii, noul sistem tehnic prezentat în acest material, permite caracterizarea nedistructivă a suprafețelor atât prin aducerea suprafeței în apropierea sondei sau microsondelor cât și prin baleiajul de fascicul din câmp îndepărtat. Prin cuplarea acestui sistem tehnic la diferite echipamente de sondare, se poate obține un set complet de analize fizico-chimice și microbiologice, analize utile pentru caracterizarea eșantioanelor de frescă dar și pentru alte categorii de probe.

Spre deosebire de echipamentele din stadiul tehnicii, sistemul prezentat este dotat cu trei tipuri de suporturi de probă care permit analiza și manevrarea eșantioanelor cu o masă mai mică de 3Kg. Forma eșantioanelor manevrabile prezintă o singură suprafață cvasiplană – așa cum este cazul la eșantioanele de frescă – sau două suprafețe cvasiplane și cvasiparalele.

Spre deosebire de echipamentele din stadiul tehnicii, datorită structurii mecanice a noului sistem de poziționare, sunt posibile analize în care sonda și detectorul sunt de aceeași parte a suprafeței analizate (reflexie) precum și analize în care sonda și detectorul sunt separate de probă (transmisie). În cazul analizei probelor lichide, este necesară folosirea unor recipiente dedicate. Datorită caracteristicii de alegere flexibilă a suportului de probă potrivit tipului de observație precum și datorită structurii mecanice utilizate, noul sistem tehnic permite abordarea unei plaje diversificate de probe și analize, plajă care nu se regăsește la nici unul dintre echipamentele din stadiul tehnicii.

Spre deosebire de sistemele din stadiul tehnicii care în marea lor majoritate sunt optimizate pentru o singură aplicație și/sau pentru sondarea de volum, noul sistem tehnic descris aici asigură efectuarea a mai multor tipuri de analize în regim de înaltă rezoluție, prin asocierea hardware și integrarea software cu zece echipamente și tehnici de sondare. Nu a fost identificat în literatură un alt echipament care să permită integrarea și controlul acestei game extinse de sisteme de observare,

Bogdan Savu   
Tiberiu Bogdan Sava   
Daniel Vasile Moșu 

~~Secret de serviciu~~

cunoscute după abrevierile din limba engleză: CLSM (care conține și OM), TPEF, SHG, THG, XRF, AFM, LFM, MFM, SNOM.

Spre deosebire de echipamentele din stadiul tehnicii, noua aplicație de monitorizare și control a invenției este deschisă și oferă o soluție pentru controlul tuturor echipamentelor de sondare menționate anterior, echipamente care sunt comandate prin intermediul unei interfețe grafice (engl. – „GUI”) ce rulează pe un PC. Prin această nouă aplicație software devine posibilă sincronizarea cu sistemul mecanic de poziționare 3D a probei precum și adăugarea de noi dezvoltări hardware și software. Astfel, prin prisma acestor caracteristici, noul sistem tehnic este o platformă deschisă de dezvoltare și are un caracter de sistem unicat.

Spre deosebire de MPS-400E, scanner-ul XRF mobil de opere de artă produs de DeWitt Systems, noul sistem tehnic prezentat aici poate descrie un profil spațial 3D complex care este definit de utilizator prin introducerea valorilor tridimensionale într-o matrice sau prin valori spațiale cu o anumită periodicitate specificată prin software, pentru deplasarea suprafeței eșantionului analizat. Modelul MPS-400E execută doar un baleiaj XRF automatizat pe verticală, de tip 2D. În plus, dispozitivul de mapare MPS-400E, nu se poate conecta la alte sisteme sau tehnici de sondare, fiind limitat la obținerea de informații cu privire strict la compoziția chimică, prin tehnica XRF. Sistemul MPS-400E nu poate oferi un set complet de analize fizico-chimice și microbiologice necesar caracterizării eșantioanelor de frescă. Întreaga structura mecanică de poziționare este diferită și servește la atingerea unor obiective diferite. Sistemul MPS-400E nu este o platformă de dezvoltare flexibilă la care să se poată adăuga noi funcționalități.

Modelul RSC-100 de la DeWitt Systems este un sistem rotativ care poziționează 20 de eșantioane de dimensiuni reduse, extrase din obiectul ce va fi analizat prin sondare. Sistemul de poziționare este similar cu o turată care execută deplasarea probelor într-un singur plan spațial și nu permite o reglare flexibilă, tridimensională a distanțelor de lucru. O dată prinsă proba în dispozitivul rotativ, utilizatorul nu mai are nici o posibilitate de adaptare sau re-poziționare. În plus, pentru a fi prinsă în dispozitivul rotativ, proba trebuie ajustată mecanic. Modelul RSC-100 impune restricții spațiale considerabile în ceea ce privește forma eșantionului. Observăm că, RSC-100 nu este o platformă flexibilă de dezvoltare, nu poate controla alte echipamente sau tehnici de sondare și nu poate furniza un set complet de analize fizico-chimice și microbiologice necesare pentru caracterizarea eșantioanelor de frescă.

Modelul BTA-100 de la DeWitt Systems execută analize XRF prin poziționarea sondei aparatului sub probă sau deasupra probei. Din nefericire, deși se poate executa sondarea într-o atmosferă controlată, operațiunea de poziționare a eșantionului pentru sondare este în întregime manuală. Astfel, capacitatea de analiză sistematică și repetitivă a probelor cu forme variate este mult

Bogdan Savu

Tiberiu Bogdan Sava

Daniel Vasile Moșu

~~Secret de serviciu~~

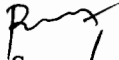
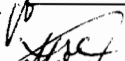

diminuată. Sistemul nu include nici o metodă de asociere cu alte echipamente ori tehnici de sondare automatizată și nu permite extragerea de informații de altă natură (fizică sau microbiologică).

Modelul MCS-1000E Automatic Scanner de la DeWitt Systems este optimizat pentru analiza XRF a eșantioanelor extrase prin carotare. Eșantionul carotat are o formă specifică, bine definită în spațiul tridimensional. Echipamentul MCS-100E poziționează sonda aparatului XRF portabil deasupra solului analizat. Spre deosebire de MCS-1000E Automatic Scanner optimizat pentru analize XRF pe eșantioane carotate, noul sistem tehnic prezentat aici este capabil să execute profile 3D complexe și să abordeze probe cu forme și profile mult mai variate. Descrierea furnizată pentru echipamentul MCS-1000E nu include posibilitatea de cuplare la alte tehnici ori echipamente de sondare. Echipamentul descris nu se poate folosi pentru obținerea unui set complet de analize a eșantioanelor de frescă (analize fizico-chimice și microbiologice).

Gama de modele XRF-2000 (H, L, R și PCB) produse de MicroPioneer poate executa profile 2D, 3D sau neregulate dar dimensiunea maximă de deplasare a probei este de  $30 \times 10^{-2}$  m. Spre deosebire de XRF-2000, noul sistem tehnic descris în acest material poate poziționa proba pe o distanță orizontală mai mare de  $45 \times 10^{-2}$  m. Sistemele XRF-2000 nu sunt construite pentru asimilarea unui aparat portabil de sondare de tip XRF, fiind echipamente integrate și în întregime staționare, caracterizate de o masă totală de ~75Kg. Această gamă de modele de la MicroPioneer este optimizată pentru un singur tip de analize (XRF) și nu permite cuplarea la alte dispozitive de sondare sau echipamente așa cum reușește noul sistem tehnic de poziționare descris în aceste paragrafe. De asemenea, proba este plasată exclusiv sub sondă și nu se poate implementa inversarea (proba deasupra sondei) așa cum este posibil la noul sistem tehnic prezentat aici. În mod evident, din cauza plasării probei sub sondă, sunt moștenite toate dezavantajele legate de restricțiile spațiale impuse asupra formei probei analizate (două suprafețe cvasiparalele și cvasiparalele). Folosind această gamă de modele de la MicroPioneer, nu se poate obține un set complet de analize nedistructive pentru eșantioanele de frescă (fizico-chimice și micro-biologice). Un dezavantaj suplimentar este legat de volumul redus al cabinetului de lucru în care poate fi montată proba.

Prin comparare cu patentele **RO123019**, **RO129160**, **RO123247**, **RO125589** și **RO123246** remarcăm că acestea rezolvă doar problema poziționării fără a aborda domeniul achiziției de date și fără să ofere proceduri de apropiere a suprafeței de sondă. În plus, noul sistem tehnic de poziționare descris aici prezintă numeroase avantaje constructive furnizate prin precizia de poziționare, masa utilă transportată și lungimea de translație pe o anumită direcție.

În paragrafele următoare, prezentăm grupat principalele avantaje ale noului sistem tehnic în raport cu sistemele descrise în brevetele **RO127134**, **US6111929**, **US7197110**, **EP2690431**, **WO/2014/028930**, **JP2011-089987**, **JP2008-256698**, **US9810649**, **US8331534**, **US8311183**,

Bogdan Savu   
Tiberiu Bogdan Sava   
Daniel Vasile Moșu 

~~Secret de serviciu~~



US8243878, US8189893, US7720192, US9739730, US9739729, US9541511, US9535018, US9244026, US2008/0049895, US2015308968, WO/2015/073399 și US20140328468.

Spre deosebire de sistemele din grupul de patente de mai sus, noul sistem de poziționare nu este optimizat doar pentru o anumită categorie de eșantioane cum ar fi pulberile, fluidele în recipiente speciale, plăcile cu circuite electronice, straturile subțiri sau minereurile iar structura sa mecanică permite analiza tuturor categoriilor de probe enumerate anterior.




Spre deosebire de grupul de patente de mai sus, noul sistem de poziționare poate fi asociat cu un echipament portabil de analiză XRF la care se adaugă un cabinet comercial de protecție la radiațiile ionizante X. Echipamentul XRF portabil poate fi folosit separat sau împreună cu sistemul de poziționare automatizată care furnizează deplasări precise și repetabile ale probei în raport cu sonda. Sistemul tehnic descris permite realizarea de analize XRF nedistructive, automatizate și reproductibile pe ariile adiacente ale unui eșantion de frescă prin folosirea suporturilor dedicate, incluse în această invenție. Suporturile și structura mecanică comandată prin PC asigură mișcarea probei pe sub sondă sau a probei pe deasupra sondei. Nu au fost raportate în stadiul tehnicii situații similare de integrare a unui echipament XRF portabil cu o structură mecanică optimizată pentru analize 3D complexe.

Spre deosebire de sistemele din stadiul tehnicii, noul sistem tehnic este prevăzut cu mai multe suporturi de probă care permit analizarea probelor solide cu o singură suprafață cvasiplană de interes, eliminând dificultățile de preparare a probelor cu acest format similar cu al eșantioanelor extrase din frescă pentru restaurare. Prin schimbarea suportului de probă cu un alt suport din setul disponibil, devin posibile analize superioare calitativ, nedistructive și neinvazive.

Spre deosebire de sistemele din stadiul tehnicii, pentru toate sistemele de sondare la care se cuplează, noul sistem tehnic asigură efectuarea de investigații automatizate, sistematice și repetitive pe arii adiacente egale cu aria maximă de baleiaj sau pe arii mai mici, localizate pe suprafața eșantioanelor de frescă sau pe alte eșantioane.

Spre deosebire de sistemele din stadiul tehnicii, noul sistem de poziționare permite decuplarea de la un anumit echipament de sondare și atașarea la un alt sistem de sondare, adaptările necesare fiind introduse în aplicația software la care se adaugă niște suporturi de ajustare a înălțimii structurilor mecanice și/sau de fixare pe bancul sau cabinetul de lucru. Natura sondei folosite pentru investigații poate varia foarte mult, de la fascicul fonic sau raze X până la microsonde optimizate pentru aplicații specifice.

Spre deosebire de sistemele din stadiul tehnicii, noul sistem tehnic valorifică avantajele oferite de structura mecanică și este prevăzut cu mai multe proceduri de aducere a suprafeței în apropierea sondei. Procedurile de apropiere a suprafeței sunt adaptate naturii sondei și a observației.

Bogdan Savu   
Tiberiu Bogdan Sava   
Daniel Vasile Moșu 

~~Secret de serviciu~~

Spre deosebire de unele sisteme din stadiul tehnicii, sistemul poate executa deplasarea probei după un traseu 3D complex, fără a impune existența unei periodicități a variațiilor spațiale. Zonele de interes pot fi selectate de către utilizator în urma observării directe a topografiei eșantionului sau pe baza unui proiect CAD care conține informații despre structura analizată. Sistemul permite și executarea deplasărilor periodice din punct de vedere tridimensional.

Spre deosebire de sistemele din stadiul tehnicii, invenția poate poziționa o suprafață cu precizia de un micron în plan orizontal și cu precizia de  $500 \times 10^{-9}$  m pe verticală. Această translație mecanică este verificată cu dispozitive de tip encoder și asigură efectuarea analizelor de suprafață în regim de câmp apropiat și înaltă rezoluție, analize efectuate prin microsonde.

Spre deosebire de echipamentele din stadiul tehnicii, invenția folosește pentru claritatea interfeței grafice de control, gama de controlere și indicatoare din paleta „Silver” a mediului de dezvoltare LabView.

Spre deosebire de echipamentele din stadiul tehnicii, invenția implementează o modificare neevidentă a sistemului de interfețe grafice pentru utilizator (GUIs) care sunt folosite și de către aplicația noului sistem tehnic nu numai de către utilizator și nu doar pentru monitorizarea și controlul unui anumit echipament de sondare ci și pentru integrarea și sincronizarea cu alte sisteme, cum ar fi sistemul de poziționare mecanică descris anterior. Această integrare la nivel software nu a fost observată și nu a fost proiectată pentru nici unul dintre echipamentele din stadiul tehnicii. Utilizând noua aplicație software, se poate obține integrarea sistemelor nu doar la nivel fizic dar și la nivel software. Astfel, observăm că nu se realizează doar o înlocuire analogă la nivelul structurilor fizice cu mijloace echivalente și nu sunt doar conectate mecanic diferite sisteme alese pentru soluționare. A fost dezvoltată o aplicație software complexă care asigură gestionarea resurselor, sincronizarea echipamentelor și a proceselor și care asigură obținerea de rezultate noi.

Aplicația software a noului sistem tehnic nu este o simplă extrapolare, implementarea ei realizându-se prin parcurgerea unei etape de inițializare în care sunt introduse informațiile specifice fiecărui sistem de sondare la care se cuplează. Astfel, doar prin parcurgerea acestei etape se poate menține avantajul de cuplare la o gamă extinsă de echipamente și tehnici de sondare și se poate rezolva problema caracterizării eșantioanelor de frescă. Integrarea mai multor sisteme de sondare cu o singură platformă tehnică este dificilă, în special dacă sistemele sunt comerciale. Aceste sisteme comercializate sunt în general sisteme tehnice închise, care nu permit dezvoltări noi. Spre deosebire de sistemele din stadiul tehnici, noua aplicație software reușește să integreze toate sistemele descrise, chiar și pe cele comerciale, prin subrutinele propuse, fără să modifice nici unul dintre echipamente la nivelul electronicii de comandă sau al semnalelor interne. Această abordare este puțin costisitoare, sigură, scalabilă și fiabilă. Ea conduce la obținerea unei platforme flexibile de dezvoltare hardware și

Bogdan Savu

Tiberiu Bogdan Sava

Daniel Vasile Moșu

Secret de serviciu

software la care se pot adăuga sisteme noi ori subrutine noi, definite de utilizator (e.g. citire de senzori, comanda și monitorizarea altor echipamente conectate la rețeaua locală de tip IP). Aceste caracteristici nu se regăsesc la nici unul dintre echipamentele din stadiul tehnicii.

Folosirea unui singur sistem de poziționare 3D cuplat la sistemele de sondare amintite, asigură rezolvarea obiectivului de investigare a ariilor maxime de baleiaj care sunt și adiacente. Noul sistem tehnic permite implementarea acestei facilități la sisteme care nu au fost proiectate pentru așa ceva și care, fără ajutorul noului sistem tehnic nu ar reuși să furnizeze investigații de acest tip. Rezultatul a devenit posibil ca o consecință a faptului că proba este deplasată pe cele trei axe spațiale de către un singur sistem tehnic de poziționare. Alte sisteme de sondare, amintite în stadiul tehnicii, implementează translația orizontală 2D cu un sistem mecanic iar apropierea sondei de suprafață se face cu un alt sistem tehnic sau manual. Deși aceasta este o soluție de poziționare 3D, nu se poate obține precizia necesară pentru analizele în câmp apropiat sau pentru analiza ariilor maxime adiacente.

Sistemele de sondare la care se cuplează noul sistem de poziționare, precum cele de tip CLSM, AFM sau SNOM, ar putea fi dotate cu unele dispozitive de poziționare manuale, 2D sau semiautomate care pot fi eliminate temporal sau permanent pentru a asigura translații extinse executate cu noul sistem tehnic de poziționare. Avantajul folosirii noului sistem tehnic de poziționare, avantaj care nu se regăsește în stadiul tehnicii, este dat de posibilitatea deplasării motorizate a probei cu o masă semnificativă pe un volum extins, de ordinul zecilor de centimetri pe oricare dintre cele trei direcții spațiale. Se pot realiza astfel analize sistematice asupra ariilor adiacente cuprinse într-un volum extins de [0,47m X 0,47m X 0,2m]. Doar prin utilizarea tehnicilor de observare amintite fără a cupla noul sistem tehnic de poziționare, nu este posibilă efectuarea analizelor fizico-chimice și microbiologice sistematice și reproductibile pe arii adiacente distribuite într-un volum extins. Astfel, înlocuirea sistemelor de poziționare la cele zece echipamente implicate în analiza eșantioanelor de frescă cu noul sistem tehnic de poziționare descris în acest material este perfect justificată.

Sistemele de tip AFM, XRF sau CLSM asigură baleiajul pe o arie de investigare fără a permite transferul automatizat și precis către o nouă arie adiacentă și fără a compensa automat înclinația suprafeței așa cum permite noul sistem tehnic de poziționare. La sistemele cu baleiaj de fascicul laser sau la cele de tip XRF portabil, deplasarea către o nouă arie de analiză se realizează manual. La sistemele din familia AFM, pentru deplasarea către o nouă poziție se ridică microsonda urmând ca prin observarea cu o cameră CCD integrată și prin translația motorizată 2D a probei, să fie aleasă noua arie de investigat. Pe lângă faptul că această camera nu poate asigura observarea la o rezoluție optică de ordinul micronilor, adăugăm faptul că în punctul de focalizare al camerei se află microsonda nu suprafața. Observarea suprafeței prin camera CCD este un obiectiv secundar realizat la o rezoluție care nu poate furniza alegerea a două arii de baleiaj adiacente. Spre deosebire de aceste

Bogdan Savu

Tiberiu Bogdan Sava

Daniel Vasile Moșu

Secret de serviciu

sisteme, prin cuplarea noului sistem tehnic la echipamentele din familia AFM se menține observarea probei prin camera CCD iar deplasarea precisă către o arie adiacentă se realizează prin aplicația software a noului sistem de poziționare. Translația către aria adiacentă este verificată cu encodere și permite investigarea sistematică a eșantioanelor.

Spre deosebire de echipamentele din stadiul tehnicii, la noul sistem tehnic poziția centrului de greutate al structurii aflată în repaus și neimplicată în efectuarea de investigații, este optimizată prin suportul de conectare al șinei de translație la suprafața de translație. Astfel, prin montarea unui suport adecvat, proiecția centrului de greutate al șinei de translație și a suportului de probă pică într-o arie centrală redusă a suprafeței de translație. Observăm că, invenția constă nu doar în enumerarea unui număr de soluții, o asociere de echipamente, o extrapolare sau o alegere a unei variante din mai multe posibilități ci s-a urmărit optimizarea întregii structuri mecanice, obținerea controlului centralizat al resurselor printr-o procedură sigură și fiabilă precum și integrarea și sincronizarea structurii mecanice cu aplicația software fără a modifica electronica de comandă a sistemelor de sondare. Comparând cu stadiul tehnicii, este pentru prima oară când prin intermediul mai multor tehnici de sondare, un sistem tehnic poate rezolva achiziția sistematică și repetitivă pe arii adiacente distribuite pe o suprafață extinsă.

Invenția nu reprezintă o simplă concatenare a unor subsisteme de rezolvare a problemelor tehnice prezentate ci constituie un sistem tehnic care după integrare și optimizare, furnizează rezultate noi, conține elemente și arhitecturi mecanice noi precum și o implementare software deschisă care spre deosebire de sistemele din stadiul tehnicii asigură o platformă de dezvoltare și cercetare în domeniul caracterizării de suprafețe de materiale.

### G) Prezentarea pe scurt a figurilor din desene

În Figura 1 se prezintă un eșantion de frescă care are o singură suprafață cvasiplană (1) ce conține pigmenți. Eșantionul a fost extras dintr-o frescă și include material de construcție cu o formă nedefinită (2).

În Figura 2 este prezentată structura mecanică a sistemului tehnic de poziționare. Aceasta conține o suprafață de translație (1) în planul (XOY), un suport de fixare a șinei de translație de suprafața de translație (2), o șină de translație (3) pe axa (OZ), un suport de prindere a probei (4). Este schițat (5) și unul dintre tipurile de sisteme de sondare (e.g. XRF) controlabile prin aplicația software a invenției.

În Figura 3 este prezentat suportul de fixare a probelor pentru analize prin reflexie. Proba se pune pe suportul din aluminiu (1) iar apoi, dacă este necesar, se fixează cu ajutorul găurilor filetate (2)

Bogdan Savu

Tiberiu Bogdan Sava

Daniel Vasile Moșu

~~Secret de serviciu~~

NESECRET

91

în care se montează elemente metalice de prindere adaptate geometriei probei. Cu ajutorul acestui suport se plasează proba (suprafața probei) sub sondă sau microsondă.

În Figura 4 se prezintă suportul de prindere de tip cadru utilizabil pentru analize de tip transmisie prin probă și reflexie. Proba se prinde în cadrul din aluminiu (1) cu elementele metalice auxiliare (de tip lamelar) fixabile cu ajutorul șuruburilor și a găurilor filetate (2). La reflexie, sursa de fascicul și detectorul sunt de aceeași parte a suprafeței. În modul de lucru prin transmisie, sursa de fascicul de sondare și detectorul sunt separate de probă. În cazul baleiajului unei microsonde, proba se va plasa sub sondă.

În Figura 5 se prezintă suportul din aluminiu (3) adaptat investigării XRF a eșantioanelor de frescă prezentate în Figura 1. Pentru analiză, eșantioanele sunt prinse cu fața în jos și susținute cu lamelele metalice (1) și tijele metalice filetate (2) introduse prin suportul (3). Dimensiunile lamelor și tijelor sunt adaptabile la forma probei iar suportul (3) prezintă multiple găuri de prindere (4) prin care se pot trece tijele. Sonda de investigare este poziționată sub probă.

În Figura 6 este prezentat un model conceptual al sistemului tehnic de poziționare. Acest model este util pentru a înțelege modul de comunicare între elementele funcționale ale invenției. Astfel, la nivelul PC-ului avem două aplicații software care rulează simultan. Prima aplicație este responsabilă de comunicarea cu sistemul de sondare (6) prin electronica dedicată (3). A doua aplicație realizează comunicarea cu sistemul de mișcare (5) și cu sistemele de siguranță (4) prin intermediul electronicii dedicate (2). A doua aplicație este responsabilă și de sincronizarea sistemului de mișcare a suprafeței cu sistemul de sondare. Sincronizarea se realizează automat prin intermediul interfeței grafice a aplicației de sondare (engl. --, GUI”).

În Figura 7 este prezentat un proces de sondare automatizată multiplă realizată prin sonda (3) plasată la nivelul (1) paralel cu suprafața probei. Sistemul de poziționare apropie suprafața de probă, realizează achiziția de date, ridică suprafața și o deplasează către următoarea poziție de analiză. Traseul descris (2) este repetitiv și automatizat prin introducerea informațiilor de poziționare în aplicația de control a sistemelor.

În Figura 8 se prezintă o situație similară cu cea din Figura 7 cu deosebirea că suprafața prezintă o ușoară înclinație care se accentuează atunci când investigațiile se realizează pe o arie extinsă. Operatorul trebuie să evalueze această înclinație și să modifice datele după care se execută apropierea suprafeței de sondă. Evaluarea înclinației suprafeței se realizează prin executarea procedurii de apropiere a suprafeței de sondă pe pozițiile extreme. Datele obținute se utilizează pentru a aprecia dacă suprafața are sau nu o înclinație. În funcție de aceste date de explorare inițială se introduc parametrii de investigare automatizată a suprafeței.

Bogdan Savu

Tiberiu Bogdan Sava

Daniel Vasile Moșu

~~Secret de serviciu~~

**H) Prezentarea în detaliu a cel puțin unui mod de realizare a invenției:**

Prezentăm în detaliu un mod de realizare a noului sistem tehnic. Prezentarea este realizată pentru fiecare subsistem enumerat anterior, funcționarea globală a sistemului tehnic și rezolvarea obiectivelor definite de problema tehnică fiind posibilă doar prin integrarea atentă a componentelor din care este alcătuit sistemul. Așa cum am mai amintit, sistemul conține o componentă mecanică, o componentă de integrare electronică și software și un echipament de sondare la care se cuplează pentru achiziția de informații specifice.

Detaliem fiecare componentă, rolul său în structura sistemului tehnic, parametrii de funcționare și relațiile constructive cu celelalte subsisteme, începând cu structura mecanică. Astfel, suprafața de translație pe orizontală asigură deplasarea șinei de translație și a probei în plan orizontal (XOY) (Figura 2 – 1). Mișcarea de translație este verificată în timp real cu encodere iar la capătul de cursă sunt montate întrerupătoare de blocare a mișcării. Pasul minim de translație este de un micron. Cursa maximă este de  $47 \times 10^{-2} \text{m}$  pe oricare dintre cele două direcții spațiale orizontale la o viteză maximă a mișcării de  $50 \times 10^{-3} \text{m/s}$ . Suprafața de translație este cea mai apropiată de sol și poate fi montată pe un suport de adaptare a înălțimii de tip postament, și/sau într-un cabinet de protecție la radiații ionizante. Masa maximă transportată în mișcarea de translație orizontală este de 10Kg.

Șina de translație verticală pe axa (OZ) (Figura 2 – 3) este prevăzută cu encodere care asigură verificarea mișcării mecanice și cu întrerupătoare la capetele de cursă. Masa maximă transportabilă este de 3Kg pe o distanță maximă de  $20 \times 10^{-2} \text{m}$  la o viteză maximă de  $50 \times 10^{-3} \text{m/s}$ . Atunci când nu se efectuează o mișcare de translație pe axa verticală se activează automat sistemul de frânare electromagnetică care permite staționarea pe durate de timp extinse. Distanța minimă de translație verticală este de  $500 \times 10^{-9} \text{m}$ . Această caracteristică a șinei verticale permite apropierea suprafeței de sondă la o distanță de  $500 \times 10^{-9} \text{m}$  sau mai mică și face posibilă utilizarea sistemului tehnic pentru investigațiile de suprafață în câmp apropiat.

Prezența encoder-elor pentru verificarea în timp real a mișcării de  $500 \times 10^{-9} \text{m}$  la șina de translație verticală este absolut necesară. Encoder-ele împreună cu alte sisteme de culegere a informațiilor de la sonde, asigură furnizarea semnalelor de reacție (engl. – „feedback”) pe baza cărora se implementează procedura de apropiere a suprafeței de sondă. Sistemul poate poziționa proba prin mișcarea simultană pe cele trei direcții spațiale, mișcarea pe o anumită direcție nefiind condiționată de translația pe o altă axă spațială.

Dacă se dorește cuplarea sistemului de poziționare la un echipament de sondare cu raze X, devine obligatorie folosirea unui cabinet care să ecraneze efectele radiației ionizante în conformitate cu principiul ALARA (engl. – „As Low As Reasonable Acceptable”). Există firme specializate care comercializează astfel de cabinete. Ulterior implementării acestei măsuri de securizare, se vor executa

Bogdan Savu

Tiberiu Bogdan Sava

Daniel Vasile Moșu

~~Secret de serviciu~~

măsurători pentru confirmarea ecranării și pentru obținerea Autorizației de Securitate Radiologică (ASR).

În vederea asocierii noului sistem tehnic cu diverse sisteme de sondare, se poate adapta înălțimea sistemului de poziționare la sistemul de sondare printr-un suport mecanic de tip postament. De asemenea, este necesar un suport de prindere al șinei de translație de suprafața de translație, suport care asigură prinderea rigidă și conduce la o distribuție optimă a greutății (Figura 2 – 2). Prinderea mecanică este implementată prin șuruburi și găuri filetate dedicate.

Sistemul de poziționare 3D prin translație mecanică controlată de PC a fost testat cu un micrometru digital precum și cu un comparator pentru a verifica dacă mișcarea comandată de către aplicația software este efectuată la parametrii ceruți de către utilizator. Rezultatele au confirmat așteptările.

De asemenea, au fost construite trei tipuri de suporturi de prindere a probei în sistemul de mișcare (Figurile 3, 4 și 5). Forma acestora diferă, fiind optimizată pentru specificul observației dorite. Enumerăm principalele tipuri constructive și aplicația specifică fiecăruia:

- un suport pentru observația în reflexie de tip OM (microscopie optică, inclusiv sondarea cu fascicul laser), AFM (microscopie cu forțe atomice sau prin baleiaj de microsonde cu toată gama de modele disponibile) (Figura 3). Suprafața analizată a probei este poziționată sub sondă, iar proba este fixată pe suport cu lamele metalice;
- un suport cadru pentru observația în transmisie (CLSM) sau în reflexie (Figura 4). În cazul folosirii transmisiei prin probă detectorul și sursa laser sunt separate de probă (nu sunt de aceeași parte a probei. Pentru utilizarea în reflexie, detectorul și sursa laser sunt de aceeași parte a probei);
- un suport pentru analiza XRF a probelor de tip frescă sau care sunt caracterizate de o singură suprafață cvasiplană (Figura 5). Proba este inversată și prinsă în suport cu suprafața plană în jos. Prinderea este realizată cu două lamele sprijinite pe tije filetate (Figura 5 – 1) iar sonda de investigare se află sub probă.

Dimensiunile mecanice ale acestor tipuri de suporturi de probă, pot varia în funcție de specificul aplicației de investigare. Din cauza limitei de greutate impusă de șina de translație verticală, un suport mare și implicit mai greu, implică o masă mai mică a probei ce va fi analizată. Materialul ales pentru construcția suporturilor de probă este aluminiul. Toate suporturile prezentate au găuri filetate pentru asigurarea prinderii mecanice.

Deși sistemul tehnic se poate cupla la echipamente portabile (e.g. XRF), datorită greutății dar și a sensibilității mecanismelor de poziționare, noul sistem tehnic nu este ușor de transportat. Totuși,

Bogdan Savu

Tiberiu Bogdan Sava

Daniel Vasile Moșu

Secret de serviciu

JP

pentru că există metode de blocare a mecanismelor, sistemul se poate deplasa între două locații, fără a fi unul de tip portabil.

Componenta de integrare electronică și software conține sistemele electronice bazate pe controlere care furnizează interfața dintre computer și sistemele de mișcare și dintre computer și echipamentul de sondare. Sistemele colectează semnalele furnizate de sistemul de sondare, de sistemele de mișcare, de encodere, de întrerupătoarele de sfârșit de cursă, de comutatorul de oprire de urgență și de circuitele pentru frânarea electromagnetică iar ulterior le transmit la PC. Controlul echipamentelor se realizează pe aceleași canale pe care se execută și monitorizarea. De asemenea, în timpul executării mișcărilor de translație, aceste sisteme electronice furnizează semnalul de alimentare a unui martor luminos de tip girofar pentru semnalizarea analizelor cu raze X. La deschiderea accidentală a cabinetului de lucru, sistemele blochează emisia de raze X în conformitate cu procedurile curente de radioprotecție în domeniu.

Componenta de integrare electronică și software include un sistem de calcul de tip PC cu două monitoare și un sistem de operare MS-Windows pe care rulează interfața grafică a aplicației de achiziție de date prin sonda specifică precum și o aplicație de control centralizat dezvoltată special pentru gestionarea mișcării, gestionarea resurselor complementare mișcării și sincronizarea cu aplicația de achiziție a datelor.

Aplicația de achiziție a datelor de sondare este controlată automat de către aplicația sistemului de poziționare prin intermediul bibliotecilor digitale ale sistemului de operare (MS-Windows, \*.dll). Aceste biblioteci digitale asigură printre altele funcționarea mouse-ului și sunt folosite de către aplicația de poziționare (instruită în prealabil cu privire la poziția butoanelor din interfața grafică de control a sistemului de sondare) pentru acționarea butoanelor din interfața grafică în secvența dorită. Astfel, prin apăsarea butoanelor de control din interfața grafică în ordinea corectă, aplicația sistemului de poziționare reușește să controleze automatizat procesul de achiziție de date ca și cum un operator uman ar fi în fața calculatorului și ar porni procesul de sondare. Această metodă se poate aplica la orice echipament de sondare care dispune de o interfață grafică de control și monitorizare (engl. – „GUI”).

Fișierele de date salvate pe discul PC - ului au același nume la care se adaugă o extensie numerică unică ce indică poziția achiziției în secvența de achiziții automatizate executate de către sistem. Datorită controlului centralizat, sistemul poate executa atât achiziția de date cât și deplasarea suprafeței către o nouă poziție de sondare. Prin această organizare temporală a evenimentelor, a fost implementat procesul de sondare automatizată în mai multe zone ale unei suprafețe.

Componenta de integrare electronică și software conține și o rețea Ethernet de tip IP, prin care se desfășoară comunicarea între sistemul electronic de gestionare a mișcării și aplicația de control

Bogdan Savu

Tiberiu Bogdan Sava

Daniel Vasile Moșu

~~Secret de serviciu~~



centralizat care rulează pe PC. Rețeaua asigură un trafic de 1Gbps printr-un comutator (engl. – „switch”) cu un număr redus de porturi, fără management. Protocolul de comunicare pentru această rețea locală este unul de tip cerere / răspuns iar pentru creșterea vitezei de comunicare nu sunt implementate mecanisme de control al fluxului comunicării.

Transmiterea de date între echipamentul de sondare și PC are loc pe un canal fizic specificat și implementat de producătorul echipamentului.

Dacă suprafața analizată este total impredictibilă, sondarea poate fi executată manual de către operatorul uman care cunoaște procedurile de apropiere a suprafeței de sondă și care știe să interpreteze diferitele semnale înregistrate în timpul manevrării sistemului de poziționare și a sistemului de achiziție de date.

În ceea ce privește folosirea aplicației dedicate pentru operațiunea de poziționare automatizată a suprafeței în raport cu sonda, notăm că au fost implementate două tipuri de baleiaj: unul de tip rastru și repetitiv (Figura 7) și unul complex, bazat pe o matrice cu trei linii în care se pot introduce deplasările 3D arbitrare ale suprafeței (Figura 8). Acest ultim baleiaj, de tip complex, se poate adapta la orice tip de suprafață a cărei topografie este cunoscută prin sondare sau dintr-un proiect CAD.

După activitate exploratorie inițială, alegerea zonelor de interes și aducerea suprafeței în apropierea sondei sau microsondei, se lansează baleiajul executat prin sistemul de sondare. Ulterior, se îndepărtează suprafața de sondă (în funcție de datele cunoscute cu privire la topografia suprafeței) și se execută deplasarea pe o nouă poziție, unde se apropie suprafața de sondă și se lansează baleiajul (Figurile 7 și 8). Procedura de apropiere și criteriile de luare a deciziilor sunt specifice pentru fiecare tip de sondă.

În funcție de tipul de sondă folosit au fost analizate și implementate mai multe proceduri de apropiere a suprafeței de sondă. Toate procedurile au în comun faptul că se bazează pe semnalele furnizate de către sondă sau de către senzorii externi pentru a identifica intrarea în regimul de lucru care permite achiziția în apropierea suprafeței sau prin baleiaj din câmp îndepărtat.

Astfel, dacă sonda este un aparat XRF portabil, există mai mulți senzori (în funcție de aparat) care permit luarea deciziei de oprire a apropierii suprafeței de sondă. Multe sisteme moderne au o cameră de luat vederi de tip CCD integrată, dispozitiv care permite observarea suprafeței probei pe măsură ce intră în planul de focalizare al camerei. Observarea prin camera CCD este utilă deși nu este foarte precisă și permite alegerea zonelor de interes pentru realizarea analizelor elementale. În afară de semnalul de la camera video, se poate măsura fluxul de radiație de raze X întors de probă. Dacă acesta este peste un anumit prag, atunci proba este suficient de aproape pentru a permite investigarea XRF. Este posibilă (la modelele mai vechi) și utilizarea unui senzor de deplasare bazat pe o bobină și

Bogdan Savu

Tiberiu Bogdan Sava

Daniel Vasile Moșu

~~Secret de serviciu~~

NESECRET

86

care implementează un circuit magnetic cu întrefier pentru a indica distanța dintre suprafața probei și sondă cu o precizie de ordinul micronilor.

Dacă sonda este un obiectiv optic cu o anumită distanță de lucru dictată de apertura numerică și natura elementelor optice folosite la fabricarea sa, prin baleiajul continuu și apropierea sondei se poate identifica clarificarea imaginii pe măsură ce suprafața intră în planul de focalizare. Este utilă deschiderea aperturii pinhole și mărirea amplificării schemei de detecție pentru a sesiza rapid apropierea suprafeței de sondă. Ulterior, după focalizare, se va reduce corespunzător amplificarea pentru a diminua nivelul de zgomot atașat semnalului. Operatorul uman decide care sunt parametrii de intrare în regim de achiziție automatizată și configurează corespunzător parametrii secvenței de achiziție.

Dacă sonda folosită este de tip microsondă, (cantilever sau fibră optică) atunci se urmărește deflexia microsondei pentru a semnaliza aducerea în contact sau în apropiere de contact a suprafeței. După oprirea translației suprafeței, se va porni baleiajul și se vor achiziționa datele.

În ceea ce privește explorarea inițială a topografiei probei, înainte de pornirea unui baleiaj care implică investigarea automată a suprafeței pe mai multe poziții succesive distribuite pe un volum extins, este necesară verificarea existenței pantei (înclinația suprafeței) (Figura 8). Astfel, dacă distanța pe care se face analiza este extinsă, din cauza unei înclinații aparent redusă a suprafeței este posibil ca distanța dintre sondă și suprafață să se modifice considerabil atunci când se face transferul de pe o poziție de investigare pe alta. Această problemă este rezolvată în noul sistem tehnic, prin evaluarea de către operatorul uman a gradului de înclinare și specificarea acestuia în parametri de efectuare a sondării. Specificarea distanțelor se realizează într-o matrice cu trei linii și mai multe coloane.

Pentru evaluarea gradului de înclinare al suprafeței, operatorul uman trebuie să execute apropierea suprafeței de sondă pe pozițiile extreme ale ariei ce va fi analizată. Notând valorile distanțelor dintre suprafață și sondă pentru care se poate executa achiziția pe aceste poziții extreme din aria ce va fi analizată, operatorul poate să-și construiască o reprezentare a gradului de înclinare al probei.

Traseele posibile pentru baleiajul automatizat sunt reprezentate în Figurile 7 și 8. În Figura 7, suprafața nu este înclinată iar procesul de achiziție automatizată decurge fără nici o dificultate. Pentru baleiajul automatizat din Figura 8, operatorul efectuează o evaluare a gradului de înclinare a suprafeței și au fost ajustate corespunzător distanțele de apropierea a suprafeței de sondă.

Noul sistem tehnic bazat pe o aplicație care gestionează centralizat resursele subsistemelor, permite executarea unui profil de baleiaj 3D arbitrar cu parametri introduși de operatorul uman într-o

Bogdan Savu

Tiberiu Bogdan Sava

Daniel Vasile Moșu

~~Secret de serviciu~~

NESECRET

M

matrice. Operatorul realizează o explorare inițială a topografiei probei prin sondarea suprafeței în zonele de interes și interpolează rezultatele consemnate. Dacă proba este impredictibilă, este necesară analiza topografică prin observare directă cu un sistem de observare cu baleiaj de fascicul laser în câmp îndepărtat. În funcție de caracteristicile topografice și de specificațiile sondelor, operatorul trebuie să decidă dacă observarea este posibilă, dacă se poate efectua doar pe unele zone sau dacă e posibilă investigarea automatizată pe arii extinse. Sistemul tehnic descris aici permite orice abordare dintre cele enumerate anterior.

O ultima caracteristică specifică este dată de natura sistemelor de sondare la care se poate cupla noul sistem tehnic de poziționare automatizată. Acestea pot fi sisteme de sondare comerciale, construite de utilizator, fixe sau portabile, bazate pe fluorescența de raze X (XRF), pe baleiajul de fascicul laser (SHG, THG) cu filtrare spațială confocală (CLSM, TPEF) sau pe baleiajul de microsonde în apropierea suprafeței (AFM, LFM, MFM, SNOM). Este posibilă și microscopia optica (OM) clasică sau cu iluminare structurată. Sistemul de sondare trebuie să fie dotat cu achiziție computerizată și control printr-o interfață grafică care rulează pe un sistem de operare MS-Windows.

Simpla alăturare a sistemelor descrise anterior nu conduce la rezolvarea problemelor tehnice expuse. Caracterul de noutate al sistemului tehnic rezultă din modul de rezolvare al problemelor tehnice, optimizarea parametrilor și a relațiilor funcționale dar și din performanțele pe care le oferă acest nou sistem tehnic de poziționare și sondare automatizată prin zece echipamente și tehnici de observare.

#### I) Modul în care invenția se poate aplica industrial:

Invenția poate fi folosită în instalații și laboratoare de cercetare implicate în dezvoltarea științei materialelor, biomaterialelor precum și în studiul organismelor microbiologice, studiul compoziției chimice sau în activități de conservare și restaurare a patrimoniului. Dispozitivul de poziționare pentru analize de suprafață se poate integra cu echipamente de sondare prin baleiaj de fascicul fonic (OM, CLSM, TPEF, SHG, THG) sau de raze X (XRF) precum și cu microsonde (AFM, LFM, MFM, SNOM).

Echipamentul este dotat cu trei suporturi de probă care fac posibilă analiza prin deplasarea automatizată a probei pe deasupra sondei, a probei pe sun sondă, precum și în regim de transmisie prin probă. Această gamă de dispozitive mecanice asigură investigarea probelor cu dimensiuni și forme variate, inclusiv lichide plasate în recipiente.

Datele de investigare sunt memorate în formatul numeric al dispozitivului de sondare și pot fi folosite pentru analize statistice cu diverse medii de dezvoltare software științifice precum și cu aplicații software dezvoltate de utilizator. Prelucrările statistice ale datelor sunt de tip „offline” (se pot

Bogdan Savu

Tiberiu Bogdan Sava

Daniel Vasile Moșu

~~Secret de serviciu~~

~~NESECRET~~

84

efectua doar după finalizarea procesului de achiziție a datelor) iar pe baza lor, utilizatorul poate genera buletine de analiză.

Sistemul de poziționare automatizat pentru analize de suprafață dispune de o metodă flexibilă de integrare cu orice echipament care oferă o interfață grafică de operare și care rulează pe un calculator cu sistem de operare MS-Windows. Prin adaptarea subrutinelor de control ale mouse-ului, sistemul tehnic de poziționare poate migra și spre alte sisteme de operare, cum ar fi Linux sau macOS.

Noul sistem tehnic permite deplasarea mecanică precisă a unui obiect de interes care are o masă mai mică de 3Kg – într-un volum spațial maxim de  $[0,47 \times 0,47 \times 0,2]$  m<sup>3</sup>. De asemenea, sistemul de poziționare se poate integra în rețea cu alte echipamente de calcul, pe baza unui protocol de comunicare de tip IP. Folosind metoda de control bazată pe protocolul IP, sistemul de mișcare poate fi comandat de pe mai multe calculatoare care sunt conectate la aceeași rețea locală. Cu toate acestea, la un anumit moment de timp, sistemul poate deservi un singur utilizator din rețeaua locală. Pentru folosirea în siguranță a sistemului de către mai mulți utilizatori, este necesară implementarea unui mecanism de tip „token” la nivelul aplicației software de control (engl. - „token”, jeton care semnalizează dacă sistemul e utilizat sau dacă a fost eliberat pentru a fi folosit de alt utilizator).

Pe lângă analizele de laborator pentru caracterizarea probelor prin procedeele descrise, precizia de poziționare a obiectelor îl recomandă pentru operațiuni metrologice, de testare a senzorilor de deplasare, teste de elongație sau orice alte operațiuni care implică poziționarea 3D cu o precizie de un micron sau mai mică precum și achiziția de date pe fiecare locație spațială. Folosind o exprimare generală, noul sistem tehnic de poziționare poate fi folosit pentru caracterizarea spațială a distribuției unei mărimi fizice de interes, măsurabilă printr-o sondă, microsondă sau senzor, în apropierea suprafeței sau prin baleiaj din câmp îndepărtat.

Bogdan Savu

Tiberiu Bogdan Sava

Daniel Vasile Moșu

~~Secret de serviciu~~

Oficiul de Stat pentru Invenții și Mărci
Informații Clasificate
<b>INTRARE</b>
Nr. 8/26 din 09.05.2018

07.05.2018

83

**NESECRET****Revendicări:**

**Preambul:** În metodologia conservării și restaurării eșantioanelor pentru realizarea analizelor fizico-chimice și microbiologice de suprafață și se urmărește obținerea informațiilor relevante prin utilizarea unor tehnici nedistructive, care să furnizeze date precise, în regim de înaltă rezoluție. Noul sistem tehnic de poziționare automatizată pentru analize succesive de suprafață rezolvă problema sondării nedistructive a eșantioanelor prin controlul centralizat exercitat asupra mai multor echipamente, tehnici de sondare în apropierea suprafeței sau tehnici de sondare prin baleiaj.

**Caracteristicile invenției:**

- 1) Noul sistem tehnic este caracterizat prin aceea că asigură aducerea unei suprafețe în apropierea unei sonde de investigare, la o distanță de  $500 \times 10^{-9} \text{m}$  sau mai mică, aspect care îi permite să comande executarea unor analize nedistructive de înaltă rezoluție în regim de câmp apropiat, prin controlul unor echipamente de sondare cunoscute după abrevierile lor din limba engleză: AFM, MFM, LFM, SNOM, XRF, echipamente care dispun de o interfață grafică (GUI) de control prin PC.
- 2) Noul sistem tehnic este caracterizat prin aceea că poate executa analize nedistructive de înaltă rezoluție prin baleiajul de fascicul din câmp îndepărtat și controlul unor echipamente de sondare cunoscute după abrevierile lor din limba engleză: CLSM (care conține OM), TPEF, SHG, THG, echipamente care dispun de o interfață grafică (GUI) de control prin PC.
- 3) Structura mecanică a noului sistem tehnic este caracterizată prin aceea că permite o reglare flexibilă a distanțelor de lucru (măsurate între sondă și suprafață) și poate executa analize în care sonda și detectorul sunt de aceeași parte a suprafeței (reflexie) precum și analize în care sonda și detectorul sunt separate de probă (transmisie).
- 4) Noul sistem tehnic este caracterizat prin aceea că permite atât plasarea suprafeței probei deasupra sondei de analiză cât și poziționarea suprafeței probei sub sondă, caracteristică care favorizează sondarea unei game variate de eșantioane .
- 5) Noul sistem tehnic este caracterizat prin aceea că e prevăzut cu trei tipuri de suporturi de probă care permit executarea unei game diversificate de analize executate în regim de câmp apropiat sau de câmp apropiat prin reflexie, fluorescență sau transmisie prin probă.
- 6) Noul sistem tehnic este caracterizat prin aceea că poate executa deplasări automatizate 3D complexe, succesive periodice sau neperiodice ale suprafeței unui eșantion față de sondă, deplasări care nu afectează integritatea fizică a probei.

Bogdan Savu

Tiberiu Bogdan Sava

Daniel Vasile Moșu

~~Secret de serviciu~~

7) Noul sistem tehnic **este caracterizat prin aceea că** permite deplasări complexe, automatizate 3D ale probei către arii selectate de utilizator în urma observării topografiei sau pe baza unui proiect CAD al topografiei probei.

8) Noul sistem tehnic **este caracterizat prin aceea că** prin cuplarea la diferite echipamente de sondare poate analiza nedistructiv în regim de înaltă rezoluție, eșantioane solide care au o singură suprafață cvasiplană de interes, sistemul fiind prevăzut cu suporturi de probă dedicate acestui tip de analize și incluse în setul de suporturi asociate invenției.

9) Noul sistem tehnic **este caracterizat prin aceea că** prin cuplarea la diferite echipamente de sondare poate analiza nedistructiv în regim de înaltă rezoluție, eșantioane solide care au două suprafețe cvasiparalele și cvasiparalele de interes, analize efectuate prin suporturile de probă asociate invenției.

10) Noul sistem tehnic **este caracterizat prin aceea că** permite obținerea unui set complet de analize fizico-chimice și microbiologice de caracterizare a eșantioanelor de frescă sau a altor eșantioane, prin intermediul a zece tehnici și echipamente de sondare.

11) Noul sistem tehnic **este caracterizat prin aceea că** permite conectarea și controlul echipamentelor XRF portabile care dispun de o interfață grafică (GUI) de control prin computer și instalarea într-un cabinet de protecție la radiații ionizante pentru analize automatizate de suprafață.

12) Noul sistem tehnic **este caracterizat prin aceea că** dispune de o structură mecanică optimizată pentru deplasări 3D complexe și poate utiliza mai multe suporturi de proba pentru a implementa analize XRF flexibile, pe arii adiacente egale cu aria maximă de baleiaj a instrumentului XRF.

13) Sistemul tehnic nou **este caracterizat prin aceea că** rezolvă problema sincronizării între durata achiziției automatizate de date și durata execuției mișcărilor de translație mecanică între două poziții spațiale de interes, printr-o aplicație deschisă care rulează pe calculatorul sistemului de achiziție, comandă mișcările de translație mecanică și execută sondarea automată însoțită de salvarea datelor, prin intermediul interfeței grafice (GUI) destinată controlului procesului de sondare.

14) Sistemul tehnic nou **este caracterizat prin aceea că** permite investigarea sistematică, repetitivă și nedistructivă a unei categorii largi de probe care au o masă mai mică de 3Kg și care pot fi eșantioane de frescă, pulberi, probe lichide în recipiente speciale, straturi subțiri, microorganisme depuse pe un suport, minereuri, circuite integrate sau plăci cu circuite integrate.

Bogdan Savu

Tiberiu Bogdan Sava

Daniel Vasile Moșu

~~Secret de serviciu~~

NESECRET

81

15) Noul sistem tehnic **este caracterizat prin aceea că** dispune de mai multe proceduri specifice tipului de sondare care permit aducerea suprafeței în poziția optimă pentru desfășurarea procesului de sondare nedistructivă și achiziția automatizată de date executată prin asocierea hardware și integrarea software cu următoarele tehnici de sondare, cunoscute după abrevierile lor din limba engleză: CLSM, OM, TPEF, SHG, THG, XRF, AFM, MFM, LFM și SNOM.

16) Noul sistem tehnic **este caracterizat prin aceea că** permite deplasări 3D motorizate ale probei, deplasări verificabile prin encodere, la o viteză maximă de  $50 \times 10^{-3}$  m/s și poziționări 3D ale probei cu o precizie de un micron în plan orizontal și de  $500 \times 10^{-9}$  m pe axa verticală într-un volum maxim V[XYX] egal cu [0,47m x 0,47m x 0,2m].

17) Noul sistem tehnic **este caracterizat prin aceea că** permite prelucrări statistice asupra datelor de sondare prin pachete software specializate, prelucrări care sunt posibile doar după ce s-a finalizat achiziția informațiilor de sondare (analize de tip „off-line”).

18) Noul sistem tehnic e o platformă deschisă de dezvoltare și **este caracterizat prin aceea că** dispune de o aplicație software deschisă care asigură controlul resurselor subsistemelor, controlul prin interfețe grafice al echipamentelor de sondare, precum și adăugarea de resurse noi cum ar fi citirea de senzori sau controlul altor echipamente conectate la rețeaua locală a sistemului de tip IP și cu o rată de transfer de 1Gbps.

19) Noul sistem tehnic **este caracterizat prin aceea că** reușește să implementeze pentru toate tehnicile și sistemele de sondare la care este cuplat, capacitatea de a efectua analize succesive, automatizate și reproductibile, pe arii de investigare adiacente, egale cu aria maximă de baleiaj a instrumentului sau mai mici decât aceasta.

20) Noul sistem tehnic **este caracterizat prin aceea că** în poziția de repaus, atunci când nu este implicat în efectuarea de analize, centrul de greutate al structurii mecanice este proiectabil pe o arie redusă care conține centrul suprafeței de translație.

21) Noul sistem tehnic **este caracterizat prin aceea că** natura sondei de investigare la care se poate cupla poate varia foarte mult și include sonde de tip fascicul fonic, fascicul de raze X și microsonde optimizate pentru diverse aplicații.

22) Noul sistem tehnic **este caracterizat prin aceea că** permite decuplarea de la un sistem de sondare și conectarea la un alt sistem de sondare prin refolosirea subrutinelor de inițializare din aplicația software și a unor suporturi mecanice de tip postament pentru fixarea mecanică și adaptarea înălțimilor de lucru.

Bogdan Savu

Tiberiu Bogdan Sava

Daniel Vasile Moșu

~~Secret de serviciu~~

**NESECRET**

80

23) Noul sistem tehnic este caracterizat prin aceea că folosește pentru claritatea interfeței grafice de lucru, obiecte grafice de tip indicator sau controler din paleta „Silver” a mediului de lucru „LabView”.

24) Noul sistem tehnic este caracterizat prin aceea că în urma parcurgerii unei etape de inițializare, implementează o modificare neevidentă a interfețelor grafice de control (GUI) ale sistemelor de sondare, interfețe care în urma implementării sunt utilizate și de către aplicația de control și automatizare a invenției, și nu doar în mod exclusiv de către operatorul uman al sistemelor de sondare.

25) Noul sistem tehnic este caracterizat prin aceea că algoritmul de sondare automatizată pe arii extinse ale unei suprafețe include o procedură de compensare a înclinației unei suprafețe, dacă această înclinație există și a fost evaluată de către operator.

Bogdan Savu

Tiberiu Bogdan Sava

Daniel Vasile Moșu

~~Secret de serviciu~~



79

Desene:

Oficiul de Stat pentru Invenții și Mărci  
Informații Clasificate  
INTRARE  
Nr. 5/26 ..... din 09.05.2018

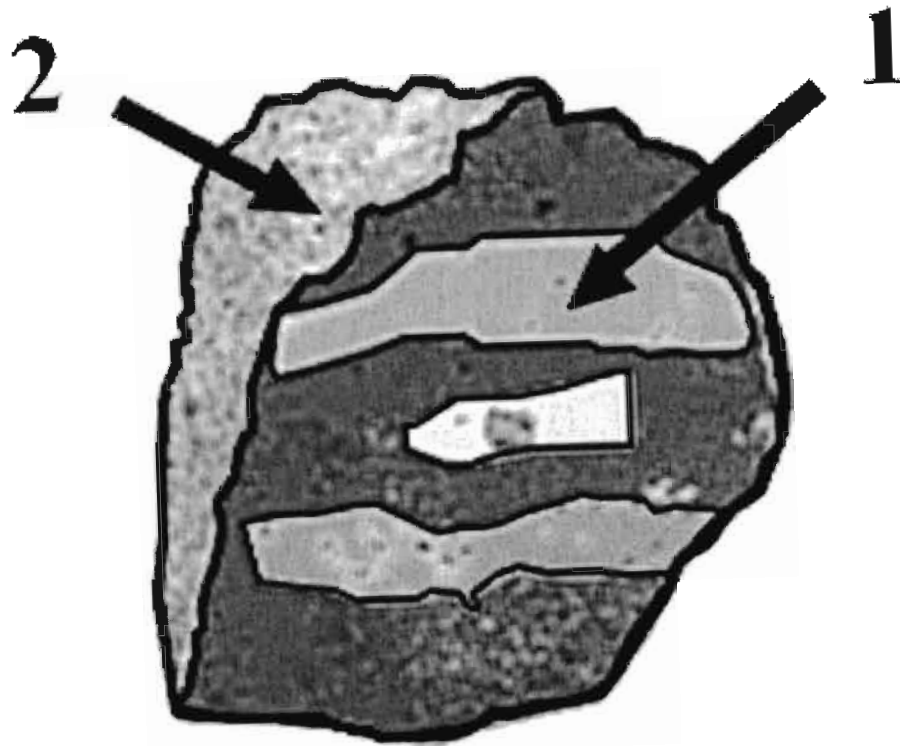


Figura 1

Bogdan Savu  
Tiberiu Bogdan Sava  
Daniel Vasile Moșu

Secret de serviciu

NESECRET

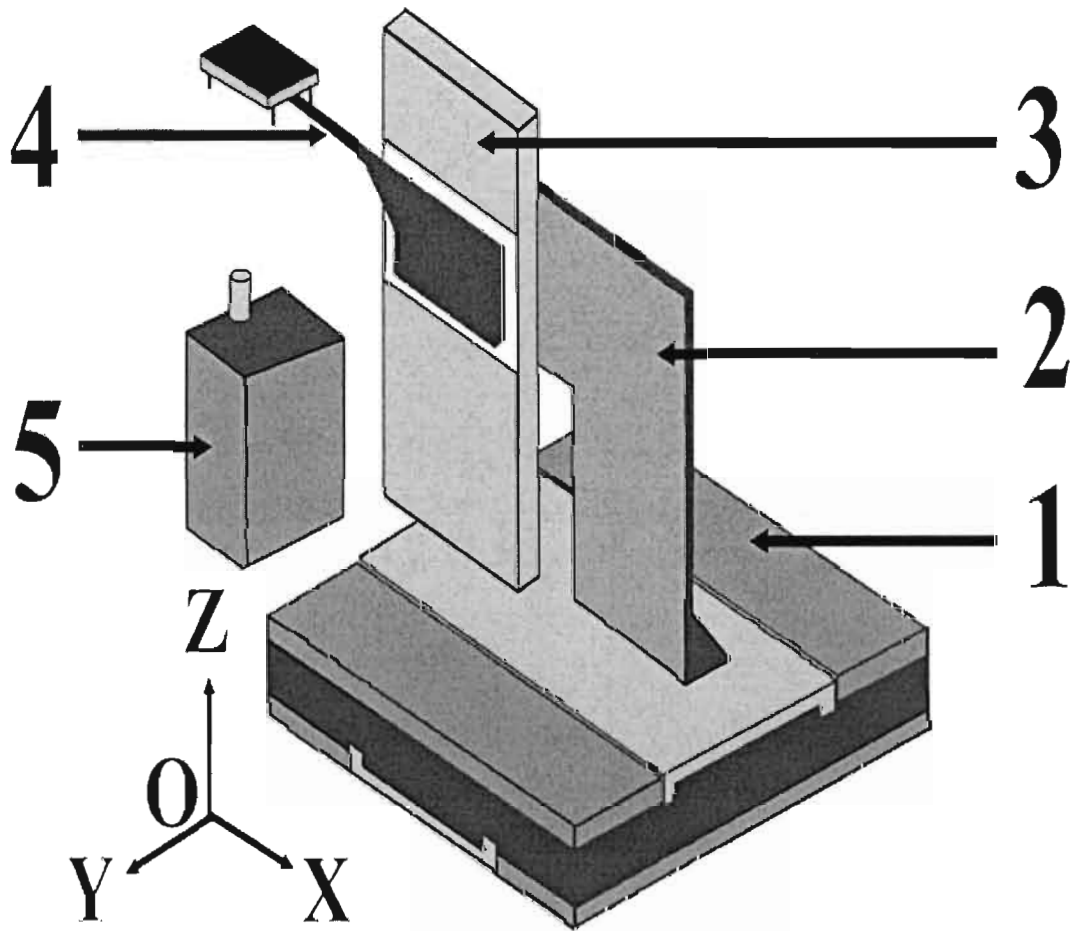


Figura 2

Bogdan Savu

Tiberiu Bogdan Sava

Daniel Vasile Moșu

~~Secret de serviciu~~

NESECRET

77

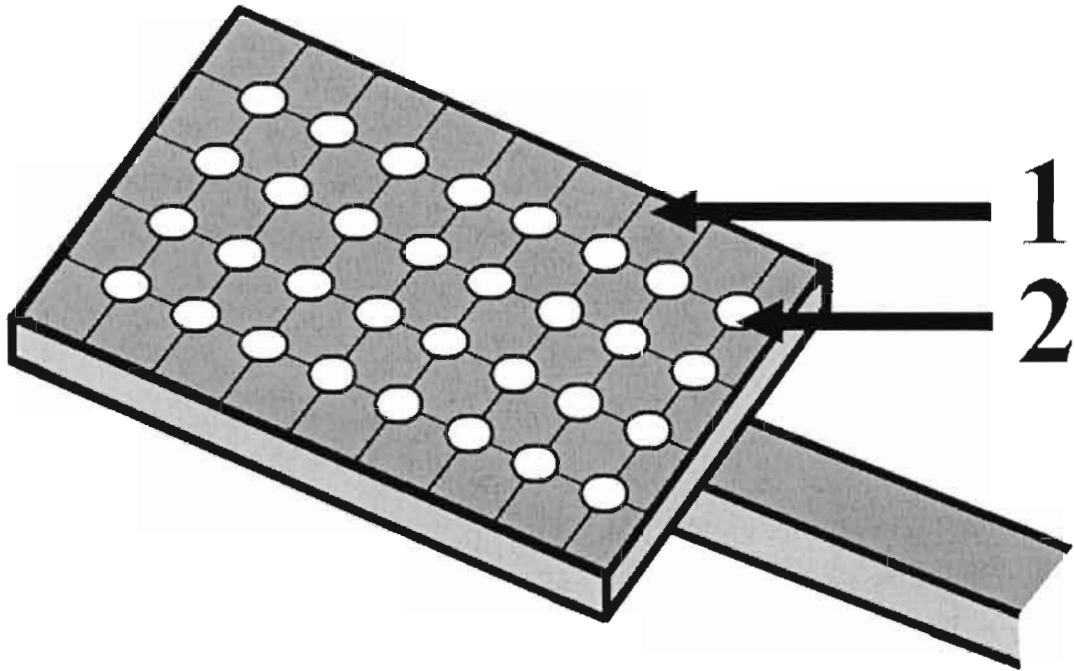


Figura 3

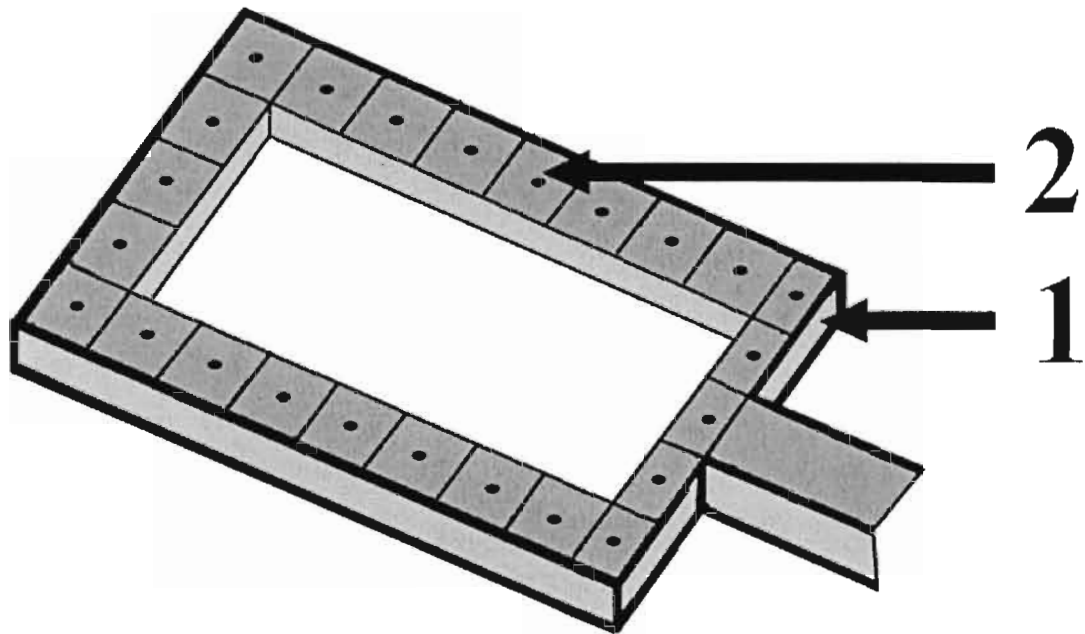


Figura 4

Bogdan Savu

Tiberiu Bogdan Sava

Daniel Vasile Moșu

~~Secret de serviciu~~

NESECRET

76

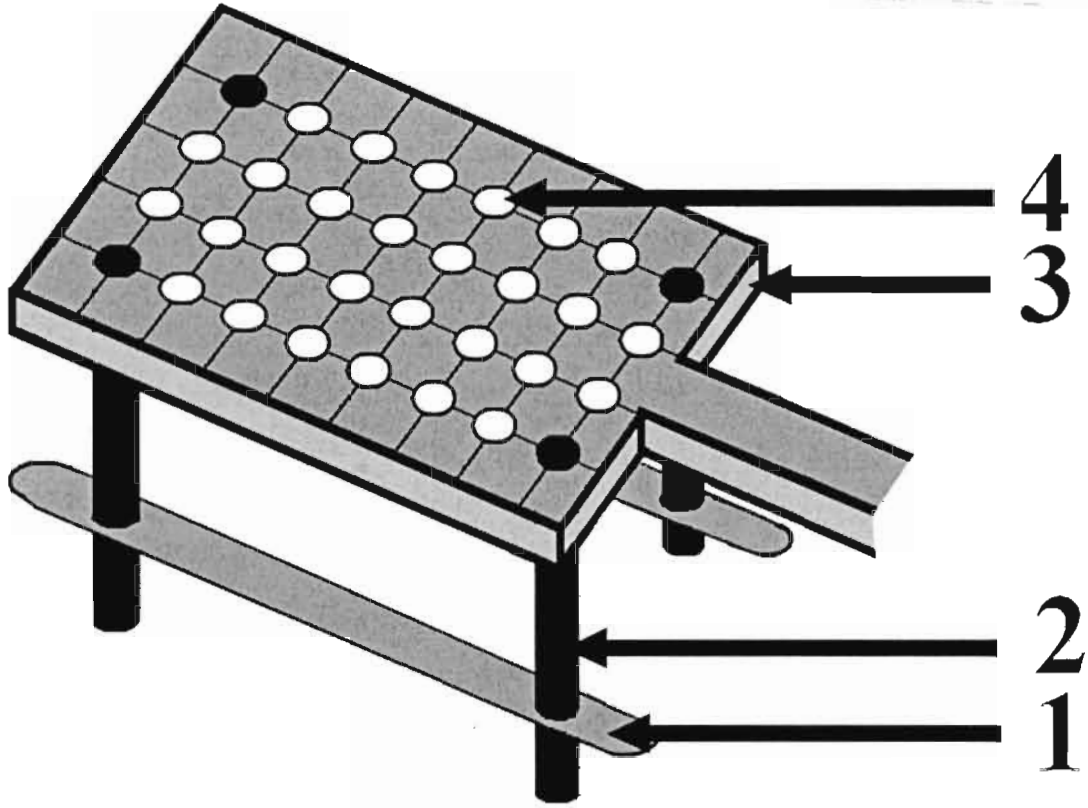


Figura 5

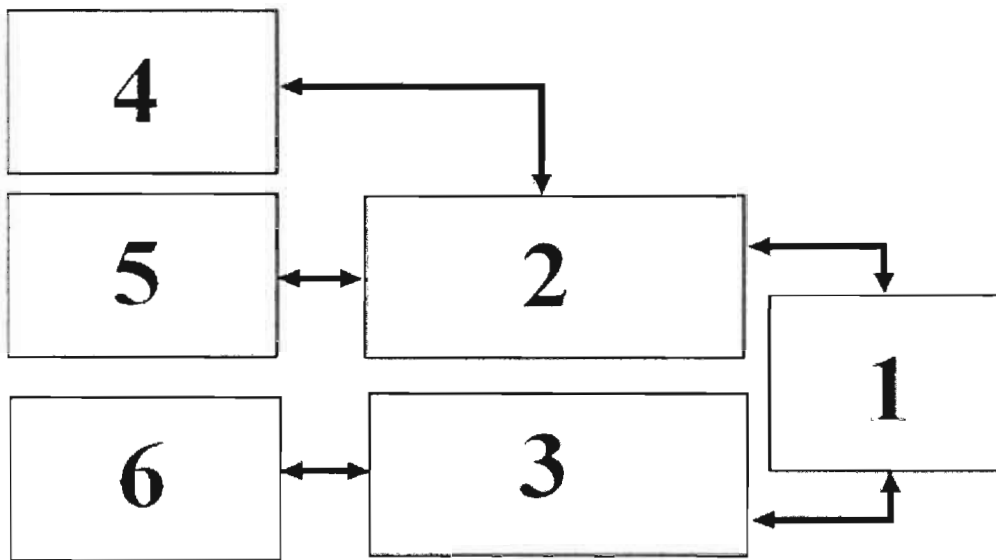


Figura 6

Bogdan Savu  
 Tiberiu Bogdan Sava  
 Daniel Vasile Moșu

Secret de serviciu

NESECRET

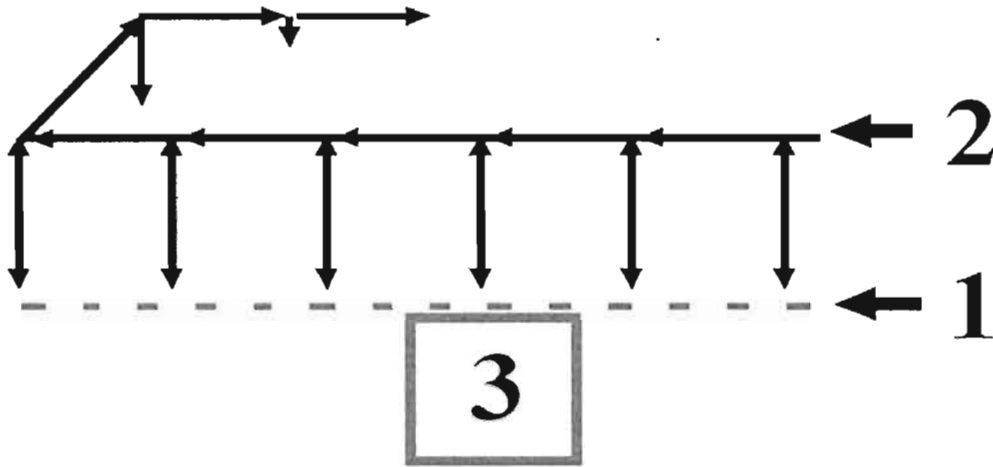


Figura 7

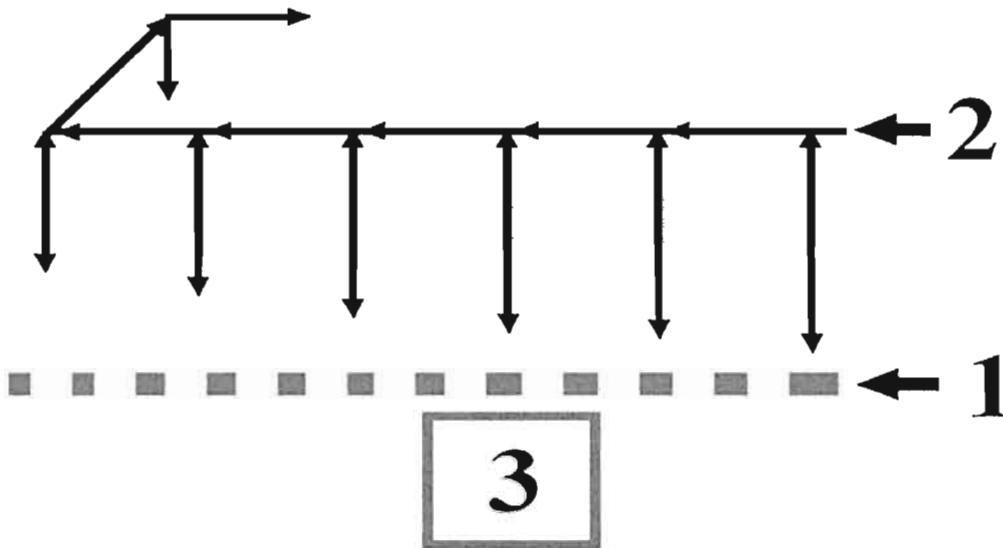


Figura 8

Bogdan Savu

Tiberiu Bogdan Sava

Daniel Vasile Moșu

~~Secret de serviciu~~

**REVENDICĂRI:****Caracteristicile invenției:**

1) Sistemul tehnic de poziționare 3D automatizată este caracterizat prin aceea că furnizează analize fizico-chimice sau microbiologice de suprafață, succesive, neinvazive și nedistructive efectuate în regim de înaltă rezoluție pe arii adiacente într-o suprafață extinsă, prin cuplarea la un sistem compatibil de sondare computerizată a cărui axă optică principală nu este intersectată de mecanismele de translație motorizată ale sistemului de poziționare, proba fiind manevrată printr-un suport (4) de prindere fixat pe o tijă și este constituit dintr-o suprafață motorizată de translație (1) care implementează poziționarea eșantionului în plan orizontal, o șină motorizată de translație (3) care ajustează poziția eșantionului pe verticală, suporturi de prindere a probei și suporturi de prindere mecanică (2) dedicate care permit desfășurarea procedurilor de investigare a probei cu o singură suprafață plană, în reflexie, fluorescență sau transmisie, prin intermediul unui computer și al unei aplicații software scrisă pentru gestionarea centralizată a deplasărilor 3D ale probei și gestionarea centralizată a datelor rezultate din procesele de sondare cu un echipament portabil de fluorescență de raze X (5) sau din procesele de sondare cu un echipament bazat pe baleiajul de fascicul fonic sau din procesele de sondare cu un echipament bazat pe baleiajul unor microsonde.

Savu Bogdan

Sava Tiberiu Bogdan

Moșu Daniel Vasile