

(12)

## CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: **a 2017 01056**

(22) Data de depozit: **08/12/2017**

(41) Data publicării cererii:  
**30/10/2018** BOPI nr. **10/2018**

(71) Solicitant:  
• INSTITUTUL NAȚIONAL DE CERCETARE  
ȘI DEZVOLTARE PENTRU FIZICĂ ȘI  
INGINERIE NUCLEARĂ  
"HORIA HULUBEI", STR.REACTORULUI  
NR.30, 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 CARACTERIZARE 3D A INDUCȚIEI CÂMPULUI  
MAGNETIC**

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un sistem de caracterizare 3D a inducției câmpului magnetic destinat monitorizării elementelor de optică ionică și a dispozitivelor magnetice care prezintă restricții spațiale impuse asupra modului de acces la volumul investigat. Sistemul conform invenției este compus din trei subsisteme, și anume: un subsistem mecanic de poziționare, ce cuprinde niște șine (6, 10, 13) de translație pe verticală și, respectiv, pe orizontală, montate pe o placă (1), un suport (8) de tip țeavă, realizat din aluminiu, pentru susținerea unei sonde Hall (5) miniaturizate, un suport (11) paralelipedic de prelungire, și un suport (9) de prindere a țevii în căruciorul șinei (6) verticale, un al doilea subsistem care constă dintr-un echipament de măsurare precisă a densităților de flux magnetic, ce cuprinde un Gaussmetru digital cu o microsondă Hall, un circuit de calibrare și un microprocesor pentru excluderea efectelor termice și de neliniaritate, și o aplicație software care gestionează resursele, asigură stabilitatea mecanică a sistemului, reprezintă și achiziționează datele de poziționare asociate cu densitățile de flux magnetic.

Revendicări: 8

Figuri: 4

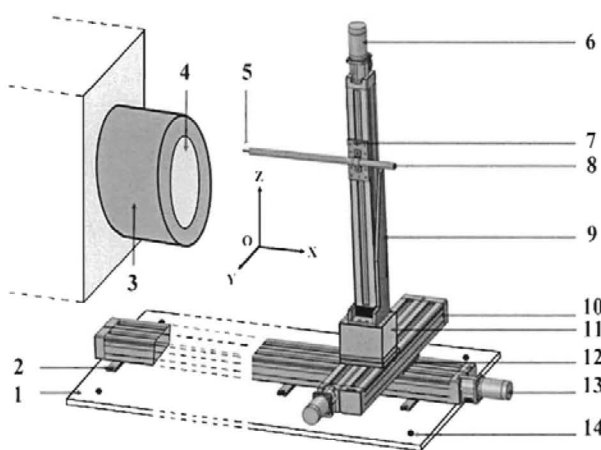
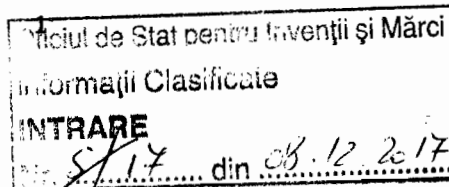


Fig. 3





8/85 - 07.12.2017.

(63)

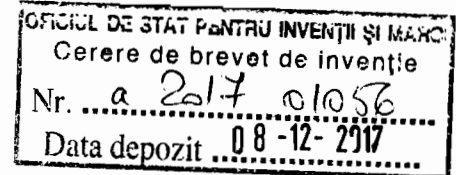
**DESCRIEREA INVENȚIEI:****A) Titlul invenției:**

„Sistem de caracterizare 3D a inducției câmpului magnetic”

**NESECRET****B) Precizarea domeniului tehnic:**

G – Fizică;

B – Tehnici industriale diverse;

**C) Prezentarea stadiului tehnicii:**

Obținerea de particule accelerate din sursele de particule încărcate cu sarcină electrică, ghidarea, stocarea sau analizarea fasciculului ionic nu sunt posibile fără utilizarea câmpurilor magnetice intense. De aceea, în domeniul acceleratoarelor de particule și al opticii ionice sunt folosiți electromagneți, magneți permanenți și magneți supraconductori caracterizați de o precizie foarte bună. Din motive economice, în practica exploatarea acceleratoarelor de particule se preferă reducerea numărului acestor elemente fără a renunța la cerința de implementare a câmpurilor magnetice uniforme acolo unde sunt strict necesare. Lungimea dipolilor electromagnetici utilizați în exploatarea acceleratoarelor de particule este în mod frecvent de ordinul metrilor.

Magneți permanenți cu specificații tehnice similare din punctul de vedere al uniformității câmpului magnetic sunt folosiți și la fabricarea instrumentelor electronice de măsurare, a instrumentelor de etalonare sau a echipamentelor electronice din categoria celor profesionale. Chiar dacă specificațiile tehnice de uniformitate a câmpului magnetic sunt similare, dimensiunile fizice și valorile câmpurilor magnetice generate de aceste aparate sunt reduse. Rezultă astfel, o prima cerință de proiectare pentru un sistem tehnic nou care să poată oferi informații utile în cazul caracterizării acestor dispozitive magnetice și anume faptul că trebuie să prezinte o rezoluție spațială foarte bună.

Există firme care produc echipamente de măsurat densitatea fluxului magnetic (inducția magnetică) și de cartografiere a acestuia. Printre cele mai performante sisteme, sunt cele comercializate de producătorul „Senis” care este și leader de piață. Parametrii generali de funcționare ai sistemelor de mapare, relațiile constructive de poziție sau funcționale între elementele componente pot fi trecute în revistă și vizualizate la adresa de Internet:

”magneticmeasurement.com/mapper/overview\_magnetic\_field\_mapper”.

Producătorul prezintă totalitatea variantelor constructive pe care le folosește, majoritatea fiind soluții de tip generalist „all-in-one”. Din nefericire, simpla enumerare a datelor caracteristice despre volumul de investigare, a modului de implementare a mecanismelor de poziționare 3D sau a domeniului de variație a câmpului magnetic conduce la evidențierea neajunsurilor folosirii acestor

Bogdan Savu  
Tiberiu Bogdan Sava  
Daniel Vasile Moșu

Secret de serviciu

sisteme pentru aplicații frecvente din domeniul exploatării acceleratoarelor de particule. Principalele probleme tehnice întâmpinate sunt detaliate în cele ce urmează.

#### D) Prezentarea problemei tehnice

Aplicațiile acceleratoarelor de particule încărcate electric includ: spectroscopia nucleară, caracterizarea de materiale, implantarea ionică, spectroscopia de masă sau hadronterapia, pentru a enumera doar câteva dintre acestea. Echipamentele folosite la implementarea acestor tehnici de analiză sunt complexe și diversificate. Cerințele de poziționare pentru aceste sisteme sunt specificate cu toleranțe stricte iar pe lanțul de accelerare a particulelor există puncte și zone bine definite spațial (puncte de control) în care se testează obținerea unor densități de flux magnetic cu valori bine precizate. De aceea, este necesară investigarea sistematică și maparea densităților de flux magnetic produse de către echipamentele de optică ionică în zone bine definite spațial, caracterizate frecvent de o modalitate de acces restricționat din punct de vedere spațial.

Pentru că volumul de investigat este extins, aceste măsurători se efectuează adesea cu echipamente portabile care nu oferă informații sigure despre poziția spațială și care nu permit analize sistematice ori reproductibile. Asocierea sistemului portabil cu un echipament de tip GPS nu este o soluție fezabilă din mai multe puncte de vedere, precum: gradul scăzut de precizie de localizare, dificultatea obținerii semnalului GPS în incinta acceleratorului, imposibilitatea introducerii sistemului GPS prin aperturi reduse, probabilitatea crescută de defectare a sistemului GPS atunci când este folosit în câmpuri magnetice intense. Construirea unui sistem tehnic de măsurare și caracterizare 3D a inducției câmpului magnetic care folosește sonde miniaturizate și care poate fi montat pe poziții prestabilite în hala acceleratorului ar putea rezolva problema investigării uniformității densităților de flux magnetic generat de către un anumit element de optică ionică, la o rezoluție de investigare spațială excelentă.

Examinând mai atent datele problemei, observăm că există două scenarii de analiză a densităților de flux magnetic pe lanțul de accelerare a particulelor. Cel mai dificil de rezolvat constă în sondarea câmpului magnetic printr-o apertură de intrare redusă, cu dimensiuni fizice adesea mai mici decât ale unei foi de hârtie format A4 și cu o profunzime a volumului mai mare de un metru. A doua situație întâlnită frecvent în practică, constă în analiza densităților de flux magnetic pe un traseu liniar, paralel cu o latură a echipamentului de optică ionică. Invenția realizată și prezentată aici are drept obiectiv rezolvarea ambelor situații și integrarea noului sistem tehnic în setul de instrumente de diagnoză necesare operării acceleratoarelor, și nu numai. În cele din urmă, scopul acestor măsurători este de a confirma faptul că elementul de optică ionică (oricare ar fi acesta) aplică corect parametrii

Bogdan Savu  
Tiberiu Bogdan Sava  
Daniel Vasile Moșu

~~Secret de serviciu~~

6

prestabiliți de către centrul de comandă și că toate elementele componente funcționează conform așteptărilor.

În altă ordine de idei, prin extinderea domeniului de măsurare și mapare a câmpului magnetic de la 2T disponibil comercial la 3T, devine posibilă și analiza unor magneți standard de tip supraconductor, caracterizați de o geometrie care prezintă simetrie cilindrică, așa cum sunt de exemplu cei folosiți în imagistica medicală bazată pe rezonanța magnetică nucleară (RMN). Această extindere a domeniului de măsurare este complementară capacității de inspecție non-distructivă a produselor fabricate industrial (echipamente electronice de precizie, aparate de măsură și instrumente științifice, echipamente industriale bazate pe generarea unui câmp magnetic staționar, magneți permanenți de înaltă precizie) și al efectuării de cercetări în domeniul materialelor (analizarea variației diverselor mărimi fizice precum permeabilitatea magnetică, magnetorezistența sau susceptibilitatea magnetică). Astfel, pentru extinderea domeniului de utilizare, invenția realizată are drept obiectiv secundar implementarea mapării densităților de flux magnetic în domeniul [-3T, 3T] cu o acuratețe mai bună de 0,03% pe tot domeniul de măsurare.

În ceea ce privește tipul de senzor pentru investigare, observăm că sondele RMN folosite pentru măsurarea câmpului magnetic sunt cele mai precise dar au dezavantajul unei arii active extinse și implicit o rezoluție spațială neperformantă. În plus acestea nu pot fi manevrate flexibil într-o structură cu restricții spațiale importante și nu permit caracterizarea distribuției spațiale a densităților de flux magnetic cu un grad pronunțat de neuniformitate. Astfel, realizarea noului sistem tehnic vizează caracterizarea 3D a inducției câmpului magnetic prin intermediul sondelor miniaturizate cu efect Hall pentru obținerea de informații spațiale precise cu privire la variația densității fluxului magnetic. Precizia și domeniul de funcționare al acestor sonde oferă premise suficiente de solide pentru a fi luate în considerare la rezolvarea problemelor tehnice expuse.

#### **E) Expunerea invenției**

Atingerea obiectivelor de observare a neuniformităților spațiale ale densității fluxului magnetic generat de către un element de optică ionică oferă posibilitatea de extragere a informațiilor critice cu privire la performanțele funcționale ale sursei stabilizate care realizează alimentarea cu energie electrică a electromagnetului, a gradului de integritate fizică a unui magnet permanent sau a diverselor secțiuni electromagnetice care aparțin structurilor analizate.

Noul sistem tehnic de măsurare și caracterizare 3D a inducției câmpului magnetic care rezolva problema tehnică de investigare a distribuțiilor de câmp magnetic printr-o apertură de intrare cu o arie redusă mai mică decât o foaie de hârtie A4 (figura 1, aria aperturii maxime de intrare este: 0,15m x 0,215m) este compus din următoarele subsisteme funcționale:

Bogdan Savu  
Tiberiu Bogdan Șava  
Daniel Vasile Moșu

~~Secret de serviciu~~

- Un sistem de poziționare mecanică 3D bazat pe șine de translație montate pe o placă, sistem care include și un suport cu o lungime de 1,5m tip țevă de aluminiu eloxat pentru susținerea sondei miniaturizate Hall, un suport paralelipipedic de prelungire și un suport de prindere a țevii în căruciorul șinei verticale (figura 3);
- Un Gaussmetru digital cu o microsondă, un circuit de calibrare și un microprocesor pentru excluderea efectelor termice și de neliniaritate;
- O aplicație software dedicată scrisă în LabVIEW care gestionează resursele, asigură stabilitatea mecanică a sistemului, reprezintă și achiziționează datele de poziționare asociate cu densitățile de flux magnetic (proces denumit uzual: „mapare a câmpului magnetic”);

Modelul conceptual care stă la baza invenției și schema de comunicare între subsistemele funcționale sunt prezentate în figura 2. Așa cum se poate observa și pe figura 2, aplicația dedicată scrisă în LabVIEW care rulează pe un computer cu sistem de operare Windows, comandă prin intermediul protocoalelor de comunicare atât mișcarea mecanică a șinelor de translație cât și efectuarea de măsurători prin Gaussmetrul digital prevăzut cu microsondă Hall. Liniile de transmisie a informațiilor sunt de tip serial RS232C pentru Gaussmetru și USB 3.0 pentru șinele de translație.

Resursele subsistemelor gestionate de către aplicația software conduc la rezolvarea problemelor tehnice expuse. Subsistemul de poziționare mecanică asigură translația 3D a microsondei Hall într-un volum XYZ cu dimensiunile maxime de (2,84m x 0,15m x 0,215m) prin intermediul unor șine de translație mecanică acționate cu ajutorul unor controller-e și a unor motoare de tip pas cu pas. Prezența dispozitivelor de tip encoder nu este necesară la acest sistem electromecanic, poziția curentă fiind memorată de către controller-e iar valorile de accelerație mecanică optimă folosite fiind determinate experimental cu sarcina mecanică maximă inclusă. Se observă că parametrii care descriu volumul de lucru și acuratețea de măsurare nu se regăsesc la alte echipamente inclusiv la cele prezentate în stadiul tehnicii.

În intervalul de timp în care șina verticală nu efectuează translații, orice deplasare mecanică parazită este blocată prin dispozitivul de frânare electromagnetică al șinei. Deplasarea minimă a senzorului Hall se realizează pe axa verticală și are valoarea de 1,56 micrometri. Deplasarea minimă în plan orizontal este de 2,56 micrometri.

Șinele sunt fixate între ele prin suporturi metalice și șuruburi. Pentru a avea acces prin aperturi metalice plasate la diferite înălțimi de lucru, a fost adăugată posibilitatea de a monta un suport de prelungire tip paralelipiped dreptunghic care să permită montarea șinei de translație verticală la diferite înălțimi. Acest suport și modalitatea de asamblare sunt prezentate în figura 3 – (11). Înălțimea suportului folosit depinde de aplicație și este limitată doar de considerentele de fixare mecanică și

Bogdan Savu

Tiberiu Bogdan Sava

Daniel Vasile Moșu

Secret de serviciu

greutate. În experimentele realizate cu prototipul sistemului am folosit un suport cu o înălțime de 0,01m.

Pentru maparea densităților de flux magnetic în volume cu o apertură de intrare redusă și o profunzime extinsă, sunt folosite și un suport metalic de tip țevă de aluminiu cu o lungime utilă de 1,5m împreună cu un dispozitiv mecanic de aluminiu pentru prinderea țevii în căruciorul șinei de translație verticală (figura 3 – (7), (8)). În acest caz particular de folosire a sistemului de mapare, caracterizat de restricții spațiale care permit accesul fizic doar pentru țeava suport de sondă și microsonda montată la capătul țevii, volumul maxim care poate fi investigat se reduce la (1,5m x 0,15m x 0,215).



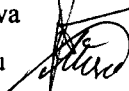
Pentru montarea sondei, prin țeava de aluminiu cu un diametru de 0,011m se introduce un cablu coaxial care asigură conexiunea dintre senzorul Hall fixat la capătul țevii și Gaussmetrul digital care realizează măsurătorile. Gaussmetrul este prevăzut cu un circuit de calibrare dedicat, pentru fiecare sondă Hall transversală utilizată. Un microprocesor realizează corecțiile pentru temperatura ambientală și de neliniaritate chiar în timpul procedurii de măsurare (timp real), pe baza informațiilor stocate în circuitul de calibrare. Coeficientul global de variație cu temperatura este de  $10^{-5}$  pentru fiecare grad de temperatură.

Domeniul de măsurare a inducției câmpului magnetic la acest sistem tehnic nou este de [-3T, 3T] cu indicarea polarității și cu o acuratețe mai bună de 0,03% pe tot domeniul. Acuratețea de măsurare a fost verificată cu sonde tip RMN și este superioară sistemelor de mapare comercializate la ora actuală. Aria activă a senzorului Hall este de  $0,5 \times 10^{-6} \text{m}^2$  și asigură o rezoluție spațială care permite rezolvarea problemelor tehnice prezentate.

Prin plasarea unui dispozitiv laser la capătul țevii din aluminiu care e fixată de căruciorul șinei de translație verticală se poate vizualiza direcția de deplasare a suportului și se pot anticipa potențialele coliziuni cu dispozitivul magnetic investigat. Această aliniere cu laser este necesară doar dacă sistemul de caracterizare 3D nu este folosit într-un mediu cu o structură bine definită, dotat cu repere, mire și elemente de ghidare.

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

Spre deosebire de echipamentele din stadiul tehnicii, invenția rezolvă problema achiziției de date care descriu spațial densitatea de flux magnetic pentru un volum paralelipipedic caracterizat de o apertură redusă de intrare și având o profunzime extinsă:  $V(XYZ) = (2,84\text{m} \times 0,15\text{m} \times 0,215\text{m}) = 0,0916\text{m}^3$ . În cazul în care prin volumul investigat este permis accesul doar pentru o sondă și suportul de sondă asociat realizat din aluminiu, volumul maxim analizat se reduce la  $V(XYZ) = (1,5\text{m} \times 0,15\text{m} \times 0,215\text{m})$ . Volumele de baleiaj precizate anterior sunt caracteristice invenției și sunt superioare din

Bogdan Savu   
Tiberiu Bogdan Sava   
Daniel Vasile Moșu 

Secret de serviciu

punctul de vedere al dimensiunii maxime, volumelor menționate stadiul tehnicii (dimensiunea maximă de baleiaj pe orizontală furnizată de noul sistem tehnic este de 2,84m, axa orizontală fiind notată cu OX în figura 1).

De asemenea, modalitatea de accesare a volumului prin intermediul unei microsonde și a unui suport de sondă paralel cu solul și manevrat prin trei șine de translație, este total diferită față de sistemele menționate în stadiul tehnicii și este adaptată pentru investigarea elementelor de optică ionică ale unui accelerator de particule. Relațiile constructive, de poziție și funcționale între părțile componente sunt unice. Invenția a fost prevăzută cu o placă de montare pe suporturi pre-aliniați cu geometria unui accelerator de particule. Acest suport de tip placă facilitează de asemenea transportul și poziționarea invenției în poziții favorabile pentru efectuarea de investigații 3D asupra unei plaje extinse de dispozitive magnetice, inclusiv pentru echipamente medicale de tip RMN. Această facilitate nu există la echipamentele din stadiul tehnicii.

În acest sens, pentru a include și investigarea echipamentelor de tip RMN standard, domeniul de analizare a dispozitivelor magnetice a fost extins la intervalul  $[-3T, 3T]$ , cu o acuratețe mai bună de 0,03% pe tot domeniul de măsură. Acest domeniu de măsurare la care se adaugă acuratețea de  $\sim 0,027\%$ , nu este disponibil la sistemele prezentate în stadiul tehnicii. Aceste dispozitive din stadiul tehnicii nu au o acuratețe de măsurare mai bună iar unele dintre ele nu permit investigarea câmpurilor magnetice cu neuniformități pronunțate sau cu variații temporale importante. Sonda de tip Hall folosită de noul sistem tehnic reușește să obțină rezultate precise chiar și pentru câmpurile magnetice neuniforme, cu o acuratețe mult mai bună decât echipamentele menționate în stadiul tehnicii. Aceste performanțe sunt facilitate de schema de achiziție bazată pe un circuit electronic dedicat sondei și care include un microprocesor dedicat. Această schemă de măsurare nu are echivalent printre dispozitivele din stadiul tehnicii și nu există alte dispozitive care să ofere aceeași performanță tehnică.

Investigația se face pe o singură direcție spațială la un anumit moment de timp, achiziția nefiind simultan tridimensională. Achiziția pentru o altă direcție spațială a câmpului se obține prin re poziționarea senzorului sau a suportului de sondă. Utilizatorul execută manual această corectare de aliniere a sistemului de mapare cu câmpul investigat.

Invenția este construită pe baza unei structuri de translație mecanică diferită de oricare dintre structurile prezentate în stadiul tehnicii, fiind compusă din trei șine de translație cu un profil dimensional redus, asamblate într-o structură unică care nu e similară cu sistemele din stadiul tehnicii și care furnizează accesul la zone cu dimensiuni reduse, așa cum este cazul la elementele de optică ionică dispuse serial, unul după altul pe lanțul de accelerare.

Șina de translație mecanică pe axa verticală poate fi montată pe un suport prelungitor având o formă de paralelipiped dreptunghic, în limitele în care se asigură menținerea rigidității mecanice.

Bogdan Savu

Tiberiu Bogdan Sava

Daniel Vasile Moșu

Secret de serviciu

87

Această extindere de structură mecanică, permite accesul la volume de investigat plasate la diferite înălțimi, fiind caracterizate de o apertură de intrare cu dimensiuni reduse. Nici un alt dispozitiv din stadiul tehnicii nu reușește să obțină aceste performanțe, în special din cauza structurii de translație mecanica diferită care este atent integrată cu aplicația software.

Flexibilitatea de asamblare a șinelor de translație cu prelungitor sau fără prelungitor pe axa verticală, asigură investigarea densităților de flux magnetic generate de către o plajă extinsă de dispozitive magnetice. Menționez că este posibilă și asamblarea și utilizarea a una, doua sau trei axe fără a modifica aplicația software de achiziție. Dispozitivele prezentate în stadiul tehnicii nu prezintă acest grad avansat de scalabilitate a structurii mecanice.

Invenția asigură o deplasare minimă a sondei de  $1,56\mu\text{m}$  (1,56 microni) pe verticală, mai redusă (și implicit mai exactă) decât sistemele prezentate în stadiul tehnicii. Rezoluția spațială a sistemului de investigare a densităților de flux magnetic este stabilită de către aria activă a senzorului cu efect Hall și este de  $0,5 \times 10^{-6} \text{m}^2$ , suficient de redusă pentru a asigura investigarea precisă a inducției câmpului magnetic la o gamă extinsă de dispozitive magnetice sau electromagnetice. Rezoluția spațială obținută este mai bună decât la oricare dispozitiv de măsurare bazat pe sonde tip RMN. În plus, investigarea prin microsonde cu efect Hall permite și analiza densităților de flux magnetic cu un grad pronunțat de neuniformitate, aspect care nu e garantat de către dispozitivele RMN din stadiul tehnicii.

Invenția utilizează un cablu coaxial pentru conectarea sondei la Gaussmetrul digital și un circuit de calibrare dedicat. Cămașa cablului coaxial este conectată la masă prin intermediul circuitelor interne ale Gaussmetrului. Circuitul electronic dedicat cuplat cu un microprocesor, asigura calibrarea și corecția de temperatură specifică fiecărei sonde. Coeficientul global de variație cu temperatura implementat prin această schemă de achiziție având valoarea de  $1 \times 10^{-5}$  pentru fiecare grad de temperatură, este superior celor din stadiul tehnicii. Schema de corectare a semnalelor achiziționate și de diminuare a erorilor de măsură nu are un echivalent tehnic realizabil cu alte componente electronice, în principal din cauza numeroaselor avantaje tehnice furnizate de către microprocesor. Astfel, această schemă permite o implementare compactă, avansată din punct de vedere tehnologic, cu o viteză mare de operare și de corectare a erorilor în timp real.

La capitolul de siguranță în utilizare, notăm că aplicația software scrisă pentru implementarea invenției are două tipuri de opriri de urgență a procesului de baleiaj. Una dintre ele se realizează cu memorarea stării curente și repornirea de pe poziția memorată iar cealaltă se realizează prin abandonarea măsurătorilor și fixarea pe poziție. Atingerea cursei maxime disponibilă pentru translația pe oricare dintre cele trei axe este semnalată vizual prin aprinderea unui martor luminos iar mișcarea de translație este blocată automat. Aplicația software asigură menținerea stabilității mecanice a

Bogdan Savu  
Tiberiu Bogdan Sava  
Daniel Vasile Moșu

~~Secret de serviciu~~



56

sistemului, prin menținerea centrului de greutate al sistemului în interiorul amprentei la sol a sistemului mecanic.

Șina cea mai lungă este paralelă cu solul și cea mai apropiată de acesta. Șina cea mai scurtă implementează translația pe verticală și frânarea electromagnetică. Asigurarea stabilității mecanice prin tehnici software precum și a funcțiilor de oprire în siguranță a translației mecanice nu sunt menționate la echipamentele din stadiul tehnicii.

Aplicația software scrisă pentru această invenție asigură configurarea exhaustivă a Gaussmetrului digital și a motoarelor de tip pas cu pas prin implementarea în totalitate a protocoalelor de comunicare specifice. Invenția efectuează salvarea datelor de baleiaj în format \*.txt, \*.tiff, sau \*.csv pentru a permite integrarea cu alte programe de analiză numerică și realizarea de prelucrări statistice așa cum sunt cele care includ prelucrările numerice de tip Transformată Fourier Discretă sau de grafică profesională. Această posibilitate de salvare a datelor și de transfer pentru prelucrare cu alte pachete software nu este menționată la echipamentele din stadiul tehnicii.

În vederea eliminării oricărei posibilități de vibrație mecanică a suportului sondei sau de inducere a unor efecte parazite în procesul de măsurare a densității de flux magnetic, invenția implementează un interval de timp de așteptare implicită de o secundă între finalizarea mișcării de translație mecanică și achiziția de date. Durata timpului de așteptare este exprimată în milisecunde și se poate seta prin aplicația software la orice valoare pozitivă sau nulă. Această caracteristică implementată în aplicația software de gestionare a resurselor și de obținere a informațiilor cuplată cu rezoluția spațială și acuratețea mișcării de translație, conduce la achiziționarea de date numerice foarte precise în domeniul de măsurare specific invenției:  $[-3T, 3T]$ .

Aplicația software dedicată scrisă în LabVIEW, asigură configurarea echipamentelor pentru experimentele de optică ionică sau de caracterizare a magneților standard și nu are echivalent software în niciun mediu de dezvoltare cunoscut fiind o soluție dedicată care poate fi extinsă de către utilizator și poate fi integrată ulterior cu toată gama de aplicații sau echipamente care folosesc același mediu de programare. Compatibilitatea cu alte programe care folosesc același mediu de dezvoltare sau posibilitatea de a adăuga noi funcționalități nu este garantată la dispozitivele din stadiul tehnicii. Aceștia permit doar achiziția de module software scrise firma respectivă, firmă care exercită astfel o poziție de monopol asupra dezvoltărilor ulterioare.

O altă caracteristică non-tehnică a invenției este faptul că afișează întotdeauna prin interfața grafică (GUI) valoarea câmpului magnetic pe poziția curentă precum și un istoric grafic al ultimelor date achiziționate. Istoricul poate fi șters de către utilizator din interfața grafică atunci când se dorește acest lucru.

Bogdan Savu

Tiberiu Bogdan Sava

Daniel Vasile Moșu

Secret de serviciu

Spre deosebire de echipamentele din stadiul tehnicii, invenția permite frânarea electromagnetică pe axa verticală iar în cazul întreruperii alimentării de la rețeaua de distribuție a energiei electrice, sistemul rămâne blocat în starea curentă. Așa cum am mai menționat la descrierea siguranței în funcționare, translația mecanică poate fi oricând oprită și din interfața grafică (GUI).

În plus față de dispozitivele din stadiul tehnicii care folosesc o suprafață de translație, utilizarea unor șine de translație conduce la obținerea unor distanțe de translație de ordinul metrilor și la o utilizare mai bună a spațiului disponibil din jurul elementelor de investigat. Caracteristicile acestor structuri de translație mecanică combinate cu avantajele furnizate de către aplicația software și domeniul de măsurare a câmpului magnetic conferă caracterul de unicitate noului sistem tehnic și soluționează problemele tehnice identificate în capitolul de prezentare a obiectivelor tehnice.

Pentru investigarea structurilor de optică ionică cu restricțiile geometrice specifice, acesta este dispozitivul mecanic care asigură obținerea celor mai bune rezultate. Nu există o altă construcție similară din punct de vedere al caracteristicilor hardware sau software, elementele componente fiind atent integrate pentru obținerea unui sistem tehnic nou. Simpla conectare mecanică a pieselor fără a folosi aplicația software nu conduce la obținerea unui sistem tehnic viabil sau sigur.

Un dispozitiv laser cu dimensiuni fizice reduse, de tip dioda laser, poate fi atașat la țeava de aluminiu pentru a verifica vizual traseul suportului de sondă și al sondei prin volumul obiectului investigat. Gama dispozitivelor care pot fi caracterizate cu această invenție este foarte diversificată.

La fel de diversificată este și geometria acestor dispozitive iar includerea unui accesoriu precum această diodă laser trebuie privită ca o măsură de siguranță strict necesară.

Dacă facem o comparație cu echipamentele prezentate în stadiul tehnicii, observăm că spre deosebire de acestea, domeniul de utilizare al acestei invenții permite caracterizarea de dispozitive din mai multe zone tehnice. Astfel, invenția poate fi folosită la acceleratoarele de particule, la analiza dispozitivelor medicale de tip RMN standard sau în laboratoarele de metrologie pentru certificarea magneților sau electromagneților fabricați industrial.

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

Figura 1 prezintă o schiță cu forma alungită tipică a volumului de baleiaj pentru care se realizează procesul de observare a densităților de flux magnetic. Volumul are următoarele caracteristici importante:

- (1) o profunzime extinsă, de maxim 2,84m, paralelă cu axa OX și
- (2) o apertură de intrare cu arie redusă de maxim  $(0,15m \times 0,215m) = 0,03223m^2$ .

Bogdan Savu

Tiberiu Bogdan Sava

Daniel Vasile Moșu

Secret de serviciu

84

Figura 2 prezintă modelul conceptual pe baza căruia s-a construit invenția și schema de interconectare între subsisteme. Aplicația software și calculatorul (1) care gestionează resursele, comunică cu Gaussmetrul digital (2) și controller-ele (3), (4) și (5) sistemului mecanic bazat pe șine de translație prevăzute cu motoare pas cu pas (7), (8) și (9). Comunicarea are loc prin linii seriale RS232C pentru Gaussmetru și USB 3.0 pentru motoarele pas cu pas. Sonda este prinsă într-un suport fixat de șina de translație verticală (10). Sonda este conectată la Gaussmetrul digital printr-un circuit de calibrare dedicat (6).

Figura 3 prezintă o schiță a sistemului mecanic care este folosit de invenție pentru poziționarea 3D a sondei în volumul de mapare. Sistemul este montat pe o placă suport (1) prin intermediul elementelor de fixare (2) care aparțin celei mai lungi șine de translație (13). Aceasta asigură deplasarea maximă de 2,84m a sondei pe direcția spațială notată cu (OX). Figura include un magnet tipic (3) cu o apertură de intrare în magnet (4), acolo unde trebuie cartografiată densitatea de flux magnetic prin intermediul sondei miniaturizate cu efect Hall (5). Translația pe verticală (OZ) a sondei (5) și suportului de sondă (8) este asigurată prin șina de translație (6) care conține și un dispozitiv de frânare electromagnetice. Fixarea sondei în căruciorul axei verticale se realizează cu un suport metalic (7). Șina de translație pe verticală (6) este fixată de șina de translație (10) pe axa orizontală (OY) prin suportul (9) și suportul prelungitor (11). Șinele de translație în plan orizontal (10) și (13) sunt fixate între ele printr-o placă metalică (12) prevăzută cu șuruburi. Suportul placă (1) este dotat cu orificii de prindere (14) pe o poziție pre-aliniată cu geometria magnetului sau a instalație de accelerare.

Figura 4 prezintă în format grafic rezultatele proceselor de baleiaj unidimensional ale unui magnet permanent folosit într-un echipament de spectroscopie ionică de mare precizie, cunoscut sub denumirea de parabolă Thompson, cu performanțe bine definite și certificate de producător. Achiziția a fost realizată cu noul sistem tehnic pentru a verifica funcționarea și sensibilitatea de detecție. Figura 4 – (A) prezintă un baleiaj de tip profil liniar al zonei de intrare iar Figura 4 – (B) conține baleiajul zonei de ieșire. Aceasta prezintă mici defecte structurale (apertura de ieșire a fost ciobită). Diferența observabilă în urma comparării celor două grafice demonstrează sensibilitatea noului sistem tehnic de caracterizare 3D a inducției câmpului magnetic.

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

Sistemul tehnic de măsurare și mapare 3D a câmpului magnetic este compus din trei subsisteme majore care colaborează pentru atingerea scopului și rezolvarea obiectivelor tehnice propuse. Cele trei subsisteme principale care își potențează reciproc efectele sunt: un sistem mecanic de poziționare, un echipament de măsurare precisă a densităților de flux magnetic și o aplicație software care gestionează resursele, prezintă și salvează datele în diferite formate digitale. Atât sistemul de mișcare cât și sistemul de măsurare a câmpului magnetic pot fi acționate automat din

Bogdan Savu

Tiberiu Bogdan Sava

Daniel Vasile Moșu

Secret de serviciu

B

aplicația software sau manual din panourile frontale. Schema de interconectare a componentelor principale este prezentată în Figura 2. În continuare, prezentăm implementarea detaliată a fiecărui subsistem.

#### H.1) Sistemul mecanic de poziționare 3D a sondei Hall miniaturizată

Sistemul mecanic de poziționare 3D a sondei Hall este compus din următoarele componente (Figura 3): un suport de susținere și montare pe o poziție pre-aliniată (Figura 3 – (1)), trei șine de translație (Figura 3 – (6), (10) și (13)), componentele de fixare și prindere cu șuruburi (Figura 3 – (2), (7), (9), (12) și (14)), un suport prelungitor de tip paralelipiped dreptunghic din aluminiu cu o înălțime de 0,1m care permite accesul sondei prin aperturi cu o arie îngustă și plasate la înălțime (Figura 3 – (11)) și un suport de sondă (Figura 3 – (8)) realizat dintr-o țevă de aluminiu eloxat cu un diametru maxim de 0,011m.

Șina de translație pe axa OX (Figura 3 – (13)) are o cursă maximă de 2,84m cu un pas întreg de  $20 \times 10^{-6}$ m și cu posibilitatea de demultiplicare a acestuia cu un raport de 1/8, ajungând până la un pas echivalent de  $2,5 \times 10^{-6}$ m. Sarcina mecanică maximă pe care o poate transporta această șină este de 60Kg, la o viteză maximă de 0,04m/s. Accelerația până la viteza maximă și decelerația până la oprire sunt ajustabile prin aplicația software dedicată. Elementul care contează în setarea valorilor de accelerare sau decelerare este sarcina mecanică pe care o transportă șina la un anumit moment de timp.

Șina de translație pe axa OY (Figura 3 – (10)) are o cursă maximă de 0,54m cu un pas întreg de  $20 \times 10^{-6}$ m și cu posibilitatea de demultiplicare cu un raport de 1/8, ajungând la un pas echivalent de  $2,5 \times 10^{-6}$ m. Sarcina mecanică maximă pe care o poate transporta este de 60Kg la o viteză de 0,04m/s. Deplasarea pe axa OY este cenzurată prin aplicația software, astfel încât proiecția centrului de greutate al ansamblului compus din șinele de translație pe axele OZ și OY, prelungitorul paralelipipedic și suportul de sondă să cadă întotdeauna pe interiorul amprenteii la sol a șinei responsabile cu deplasarea pe OX. Această restricționare nu este evidentă sau transparentă pentru utilizator, dar reamintim că scopul invenției este de a avea acces la volumul de baleiaj printr-o apertură caracterizată de o arie redusă. Astfel, restricția software de cenzurare a translației pe axa OY nu contravine cu rezolvarea problemelor tehnice enumerate. În plus, prin selectarea parametrilor tehnici din gama de parametri posibili, se obține un efect de auto-stabilizare a întregii structuri mecanice.

Șina de translație pe axa OZ (Figura 3 – (6)) are o cursă maximă de 0,24m cu un pas întreg de  $12,5 \times 10^{-6}$ m și cu posibilitatea de demultiplicare cu un raport de 1/8, ajungându-se la un pas echivalent de  $1,56 \times 10^{-6}$ m. Sarcina mecanică maximă pe care o poate transporta această șină este de 10Kg la o viteză maximă de 0,04m/s. Cursa maximă disponibilă pentru baleiajul 3D este de 0,215m. Șina este

Bogdan Savu

Tiberiu Bogdan Sava

Daniel Vasile Moșu

~~Secret de serviciu~~

prevăzută cu frânare electromagnetică iar în intervalele de timp în care nu se efectuează mișcare de translație pe axă sau atunci când nu există alimentare cu energie electrică, șina este blocată de către acest dispozitiv de frânare. Având în vedere durata mare de timp de investigare necesară pentru parcurgerea volumului extins de baleiaj, această facilitate a șinei de translație verticală este una dintre cele mai importante caracteristici tehnice, caracteristică care asigură funcționalitatea sistemului și atingerea obiectivelor propuse.

Șina care face translația pe axa OZ verticală poate fi montată pe căruciorul șinei OY de translație cu ajutorul unor suportți de prindere cu șuruburi. Se poate adăuga un prelungitor de tip paralelipiped dreptunghic (Figura 3 – (11)) din aluminiu. Înălțimea suportului prelungitor este dictată de aplicație și este limitată de menținerea rigidității mecanice a sistemului. La realizarea fizică a sistemului, am folosit un suport de prelungire cu o înălțime de 0,1m.

Volumul maxim de baleiaj restricționat prin software este de (2,84m x 0,15m x 0,215m). Motoarele care asigură acest baleiaj sunt de tip pas cu pas fără encodere. Această metodă de verificare a mișcării prin encodere nu a fost considerată necesară pentru că accelerația a fost atent controlată din software. Controller-ul este responsabil de memorarea poziției curente iar locația de memorie în care este stocată această informație este accesată de aplicația scrisă în LabVIEW.

Microsonda este fixată de sistemul mecanic de translație printr-o țevă de aluminiu eloxat neutră din punct de vedere magnetic, cu un diametru maxim de 0,011m care permite trecerea cablului coaxial și realizarea conexiunii dintre senzorul Hall transversal plasat la capătul exterior al țevii și Gaussmetrul digital (Figura 3 – (5), (8)).

Apertura minimă a magnetului prin care poate intra această sondă Hall transversală este de (0,015m x 0,015m) și e dictată de dimensiunile fizice ale senzorului. Suportul sondei (Figura 3 – (5), (8)) este prevăzut cu o fantă la capătul de fixare a senzorului Hall. Această fantă permite rotirea pastilei circuitului Hall la 90° iar dacă se efectuează și rotirea senzorului de tip transversal se poate înregistra pe oricare dintre cele trei direcții spațiale. Reglajul de fixare a direcției de investigare se face la începutul setului de măsurători, atunci când se montează sonda și suportul sondei.

La implementarea prototipului pentru suportul sondei am folosit o țevă din aluminiu cu o lungime utilă de 1,5m. Fenomenul de inducere de vibrații mecanice în suportul din aluminiu a fost minimizat prin folosirea unei mișcări de translație programată software, care implementează următoarele etape (algoritm de translație):

- 1) Se efectuează o mișcare accelerată de la viteza de 0m/s până la 0,04m/s cu o accelerație prestabilită prin configurarea controller-ului înainte de începerea experimentului.

Bogdan Savu

Tiberiu Bogdan Sava

Daniel Vasile Moșu

~~Secret de serviciu~~

5/

- 2) Se realizează o mișcare de translație pe axă cu viteza maximă constantă de 0,04m/s până în apropierea punctului de destinație.
- 3) Are loc o mișcare decelerată până la viteza nulă.
- 4) Se implementează un interval de timp de așteptare care permite amortizarea oricăror vibrații parazite înainte de efectuarea măsurătorilor de câmp magnetic. Implicit, valoarea timpului de așteptare este de o secundă dar poate fi setată la orice valoare pozitivă sau nulă.
- 5) Doar pentru șina responsabilă de translația pe verticală, se adaugă la începutul și sfârșitul mișcării de translație, etapele de acționare a dispozitivului automat de frânare electromagnetică, respectiv blocarea sau deblocarea șinei.

Controler-ul șinelor de translație este conectat la PC prin conexiune serială de tip USB 3.0. Pe lângă funcția de mișcare de translație, PC-ul asigură setarea parametrilor de accelerație, decelerație, semnalizare pentru starea curentă a motoarelor, atingerea capătului de cursă de translație. Deplasarea pe fiecare axă este independentă de starea curentă a celorlalte șine iar sonda se poate deplasa pe trei axe simultan, executând o mișcare 3D compusă, cunoscută și sub denumirea de „contur”.

Sistemul de poziționare 3D prin translație mecanică controlată de către calculator a fost testat cu un micrometru digital și cu un comparator „MAHR” pentru a verifica dacă mișcarea comandată de către aplicația software este efectuată la parametrii ceruți de către utilizator. Rezultatele sunt conforme cu așteptările.

Folosirea unei suprafețe de translație în locul șinelor de translație ar implica renunțarea la profilul mecanic minimalist pe care îl are invenția. În plus, pe lângă folosirea improprie a spațiului disponibil, reamintim că nu se pot asigura deplasări mecanice de ordinul metrilor prin sistemele mecanice de tip suprafață de translație uzuale.

## H.2) Sistemul digital de achiziție cu sondă Hall miniaturizată

Sonda Hall este cuplată la Gaussmetrul digital printr-un cablu coaxial și un circuit electronic special folosit pentru calibrarea la variațiile de temperatură precum și pentru liniarizare. Corecțiile necesare sunt efectuate cu un microprocesor integrat în Gaussmetru iar circuitul de calibrare este construit special pentru fiecare sondă. Aria activă a senzorului este de  $0,5 \times 10^{-6} \text{m}^2$ , domeniul de măsurare fiind definit prin intervalul  $[-3T, 3T]$  cu o acuratețe de 0,027% pe tot domeniul. Rata maximă la care poate funcționa Gaussmetrul este de zece măsurători pe secundă. Comunicarea cu PC-ul a fost realizată prin intermediul unei conexiuni seriale RS232 configurată pentru transmisia la 9600 BAUD cu schema de codare desemnată în literatură cu notația „8N1”.

Bogdan Savu  
Tiberiu Bogdan Sava  
Daniel Vasile Moșu

Secret de serviciu

JD

Spre deosebire de achiziția prin sonde RMN, acest tip de microsondă Hall asigură o rezoluție spațială superioară și poate furniza măsurarea densităților de câmp magnetic cu un grad pronunțat de neuniformitate.

Principali parametri de lucru ai Gaussmetrului se pot stabili din panoul frontal sau prin intermediul aplicației software scrisă pentru acest sistem tehnic. Cablul coaxial care face legătura cu senzorul Hall are cămașa conectată la masă iar carcasa Gaussmetrului este și ea conectată la același circuit comun de împământare.

### H.3) Aplicația software pentru gestionarea resurselor și achiziția de date

Aplicația software dedicată a fost scrisă în LabVIEW 2012 pentru sistemul de operare Windows 7. Ea este portabilă pe orice mașină de calcul similară sau mai nouă. Schema de comunicare este de tip client-server pe o arhitectură de tip „arbore cu spițe” în care punctul central este PC-ul. Resursele Gaussmetrului și ale șinelor de translație sunt controlate și monitorizate de către PC prin intermediul unor protocoale de comunicare care asigură desfășurarea tranzacțiilor pe linii seriale tip USB și RS232C.

Aplicația software este compusă din mai multe module care implementează poziționarea sondei pentru alinierea cu elementul investigat sau pentru executarea secvenței de baleiaj, afișarea stării motoarelor (viteza, accelerația, decelerația, erorile de comunicare, codul ultimei erori, etc), gestionarea Gaussmetrului (alegerea scalei de măsurare, alegerea modului de lucru, efectuarea unei măsurători de câmp magnetic sau de temperatură), afișarea grafică a profilului de variație spațială a densității de flux magnetic așa cum este înregistrată pe diferite poziții spațiale, salvarea datelor pentru analiza ulterioară în format \*.txt, \*.tiff sau \*.csv, oprirea de urgență a baleiajului cu sau fără memorarea poziției curente, afișarea valorii inducției câmpului magnetic pe poziția curentă precum și asigurarea stabilității mecanice a sistemului.

Caracterul de noutate apare în primul rând din modul de rezolvare a problemei tehnice și din parametrii de funcționare ai noului sistem tehnic construit. Pentru verificarea capacităților de funcționare ale sistemului, s-au realizat baleiaje de investigare pentru sisteme de optică ionică cunoscute. În figura 4 sunt prezentate două grafice obținute cu noul sistem tehnic pentru un magnet permanent de la un spectrometru ionic cunoscut sub denumirea de parabolă Thompson. Graficul din figura 4 (A) este realizat pentru apertura de intrare iar cel din figura 4 (B) este pentru apertura de ieșire a unui magnet care prezintă defecte structurale. Graficul pentru apertura improprie prezintă deformări în jurul anvelopei de tip Gaussian. Observația demonstrează sensibilitatea deosebită a noului sistem tehnic realizat pentru caracterizarea densităților de flux magnetic. Pe baza datelor de structură mecanică și a celor înregistrate cu noul sistem tehnic au fost realizate simulări ale traiectoriilor diferitelor tipuri de ioni prin acest spectrometru ionic.

Bogdan Savu

Tiberiu Bogdan Sava

Daniel Vasile Moșu

~~Secret de serviciu~~

**I) Modul în care invenția se poate aplica industrial**

Invenția este folosită în instalații de cercetare de tipul acceleratoarelor de particule pentru investigarea elementelor de optică ionică care controlează parametrii spațiali ai fasciculului de ioni prin intermediul câmpului magnetic. Invenția este adaptată pentru volumele de baleiaj caracterizate de o apertură de intrare redusă și o profunzime extinsă.



Invenția prezentată poate fi folosită și la efectuarea de măsurători metrologice în procesul de fabricare a magneților permanenți sau a electromagneților. Dimensiunile fizice ale magneților fabricați în mod frecvent nu sunt foarte extinse. Astfel, deoarece invenția deține o rezoluție spațială excelentă se poate efectua un singur baleiaj pentru a investiga mai multe dispozitive sau mini-dispozitive magnetice.

Noul sistem tehnic oferă informații vizuale și numerice despre densitățile de flux magnetic, informații care pot ajuta la luarea deciziei de excludere sau validare a unui produs, în urma analizelor efectuate. Aplicația grafică integrează funcții de „zoom” (magnificare digitală a unei imagini) și de afișare grafică a datelor obținute prin baleiaj. De asemenea, sistemul memorează datele pe discul hard al PC-ului. Un operator poate folosi aceste informații pentru a genera un certificat de analiză metrologică a produsului în vederea comercializării ulterioare. Operatorul poate adăuga în buletinul de analiză și date de analiză statistică a informațiilor primare obținute cu noul sistem tehnic prezentat, informații precum valoarea maximă, valoarea minimă sau valoarea medie a inducției câmpului magnetic, abaterea standard sau transformata Fourier discretă pentru diversele profile magnetice înregistrate.

Sistemul de caracterizare a densităților de flux magnetic este portabil și poate oferi informații de defectoscopie a dispozitivelor magnetice sau electromagnetice precum și de mapare a gradului de omogenitate a câmpului magnetic. Sistemul este demontabil și poate fi asamblat pe altă poziție fără alterarea parametrilor tehnici caracteristici.

Aplicația software este deschisă pentru utilizatorul final care poate adăuga cod suplimentar, în funcție de necesități. Astfel, invenția poate fi folosită și integrată într-un sistem de investigare automată a magneților fabricați pe o linie de producție dacă se implementează în software criteriul de selectare a magneților în funcție de performanțele înregistrate. De asemenea, este necesară și alinierea automată a sondei cu geometria liniei de producție, aspect care se implementează local și este specific.

Invenția poate fi folosită și la caracterizarea densităților de flux magnetic generate de către magneții RMN standard, care au variații ale inducției cuprinse în domeniul  $[-3T, 3T]$ . Pentru că aceștia sunt deja instalați în centrele de tratament, procedura de investigare necesită demontarea,

Bogdan Savu   
Tiberiu Bogdan Sava  
Daniel Vasile Moșu 

Secret de serviciu



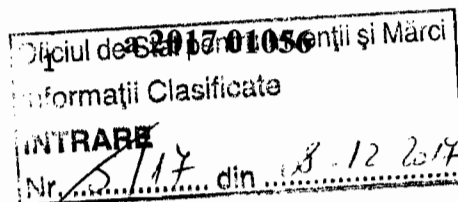
98

transportul și asamblarea sistemului tehnic în spațiul care găzduiește echipamentul RMN. Achiziția de date se face automat după instalarea pe poziție și verificarea traseului cu dioda laser.

Datele de investigare sunt memorate automat în format \*.txt, \*.csv sau \*.tiff. Astfel noul sistem tehnic poate fi integrat cu programe de analiză grafică profesională sau cu medii de dezvoltare software științifice pentru analize de tip offline. Suplimentar, pentru includerea în buletinele de analiză, aplicația software a invenției afișează profile de analiză care pot fi transferate direct din interfața grafică a aplicației în orice program de grafică prin folosirea meniurilor de tip „copiere” și „decupare”. Graficele prezentate în figura 4 au fost generate cu această facilitare. Pentru că utilizatorul final are acces la codul sursă al aplicației, el poate include și prelucrările statistice de care are nevoie.

Bogdan Savu  
Tiberiu Bogdan Sava  
Daniel Vasile Moșu

Secret de serviciu



Secret de serviciu  
08/12/2017

8/25 - 07.12.2017.

17

## REVEDICĂRI:

**Preambul:** În domeniul acceleratoarelor de particule și al opticii ionice sunt folosiți electromagneți și magneți permanenți de o foarte bună precizie. În urma activităților de exploatare a echipamentelor de optică ionică, a devenit necesară construirea unui sistem tehnic nou, cu un profil dimensional redus, care să furnizeze informații de caracterizare a dispozitivelor magnetice și care să permită un proces de mapare a densităților de flux magnetic pe distanțe mai mari de un metru prin introducerea unor microsonde în spațiile libere din interiorul echipamentelor.

## Caracteristicile invenției:

1) Sistemul tehnic nou este caracterizat de faptul că asigură măsurarea câmpului magnetic în gama  $[-3T, 3T]$  cu o acuratețe de 0,027% pe tot domeniul, aspect care îi permite să execute maparea densităților de flux magnetic variabil la elemente de optică ionică, magneți permanenți, electromagneți precum și la dispozitivele medicale de tip RMN standard (Imagistică prin Rezonanță Magnetică Nucleară).

2) Sistemul tehnic nou este caracterizat de faptul că volumul ocupat de instrument în procesul de mapare a dispozitivelor magnetice este minimizat prin folosirea a trei șine de translație, câte una pentru fiecare direcție spațială. Șinele asigură poziționarea 3D a microsondei cu efect Hall. Șina cea mai lungă este paralelă cu suprafața solului, fiind și cea mai apropiată de acesta iar șina cea mai scurtă asigură translația pe axa verticală. Șina cea mai scurtă poate fi montată în sistemul mecanic prin intercalarea unor blocuri metalice de tip paralelipiped dreptunghic care au rolul de suport prelungitor, în limita de menținere a stabilității mecanice.

3) Sistemul tehnic nou este caracterizat de un volum maxim de mapare de:  $[2,84m \times 0,15m \times 0,215m]$ .

4) Sistemul tehnic nou este caracterizat de faptul că poate mapa câmpul magnetic în interiorul dispozitivelor magnetice sau electromagnetice pe o lungime de 1,5m prin introducerea unei microsonde în interiorul dispozitivului magnetic care trebuie să prezinte o apertură de intrare minimă de  $[0,015m \times 0,015m]$ .

5) Sistemul tehnic nou este caracterizat de o rezoluție spațială foarte bună furnizată de către aria activă de  $0,5 \times 10^{-6} m^2$  a senzorului cu efect Hall. Sistemul asigură o deplasare minimă a microsondei de 1,56 microni pe axa verticală și 2,5 microni în planul orizontal.

6) Sistemul tehnic nou este caracterizat de prezența unui dispozitiv de frânare electromagnetică care blochează șina verticală în absența mișcării de translație și care permite astfel investigații de mapare a câmpului magnetic pe durate temporale extinse.

Bogdan Savu

Tiberiu Bogdan Sava

Daniel Vasile Moșu

Secret de serviciu

46

7) Sistemul tehnic nou este caracterizat de prezența unui circuit de calibrare dedicat care este conectat la microsondă și la un microprocesor local. Circuitul asigură împreună cu microprocesorul corectarea erorilor de neliniaritate și un coeficient global de variație cu temperatura (eroarea maximă) de  $10^{-5}$  pentru fiecare grad de temperatură.

8) Sistemul tehnic nou este caracterizat de faptul că proiecția centrului de greutate al șinei verticale aparține întotdeauna interiorului amprentei la sol a șinei de translație care are lungimea maximă. Această caracteristică de asigurare automată a stabilității mecanice este implementată prin aplicația software dedicată. Această aplicație asigură și achiziția de date, configurarea șinelor de translație precum și configurarea echipamentului de măsurare a inducției câmpului magnetic pe baza unor protocoale de comunicare serială, într-o rețea de tip arbore cu spițe. Invenția este integrabilă cu alte aplicații sau echipamente care folosesc același mediu de dezvoltare software, fiind deschisă pentru adăugarea de noi caracteristici sau funcții din partea utilizatorului final.

Bogdan Savu

Tiberiu Bogdan Sava

Daniel Vasile Moșu

~~Secret de serviciu~~

45

DESENE:

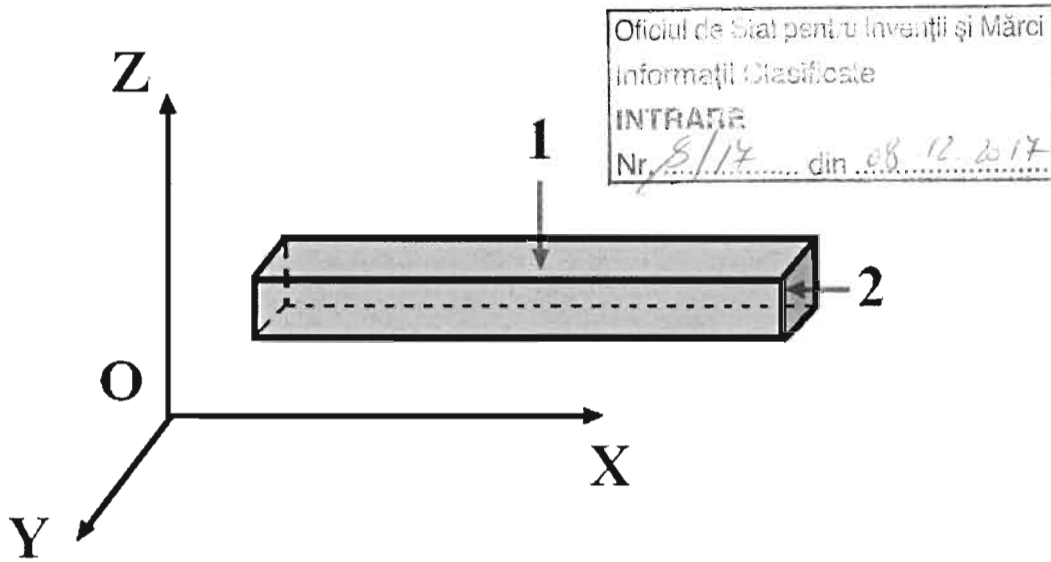


Figura 1 Schița 3D a formei volumului pentru care se poate realiza procesul de caracterizare a densităților de câmp magnetic. Se observă apertura de intrare redusă și profunzimea specifică volumului.

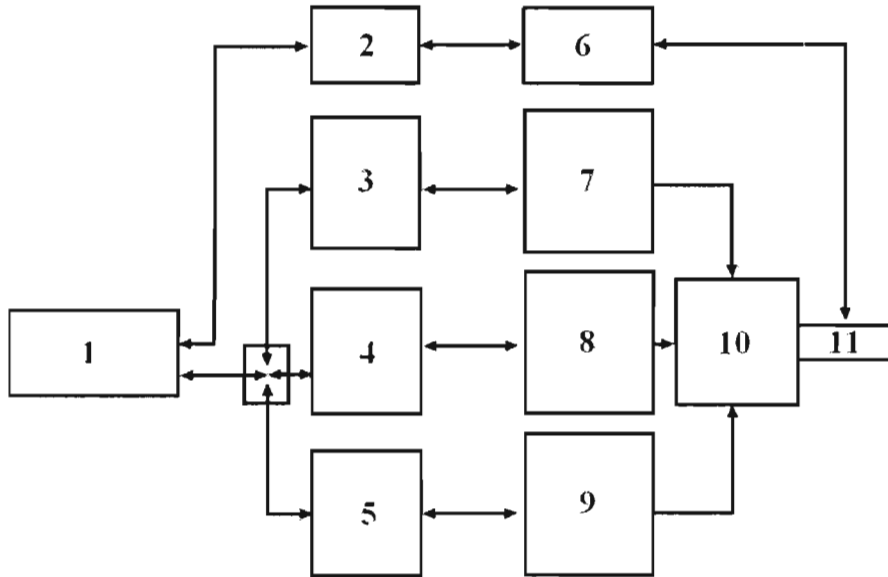


Figura 2 Modelul conceptual pe baza căruia s-a realizat sistemul de caracterizare 3D a inducției câmpului magnetic.

Bogdan Savu  
Tiberiu Bogdan Sava  
Daniel Vasile Moșu

*[Handwritten signatures]*

Secret de serviciu

44

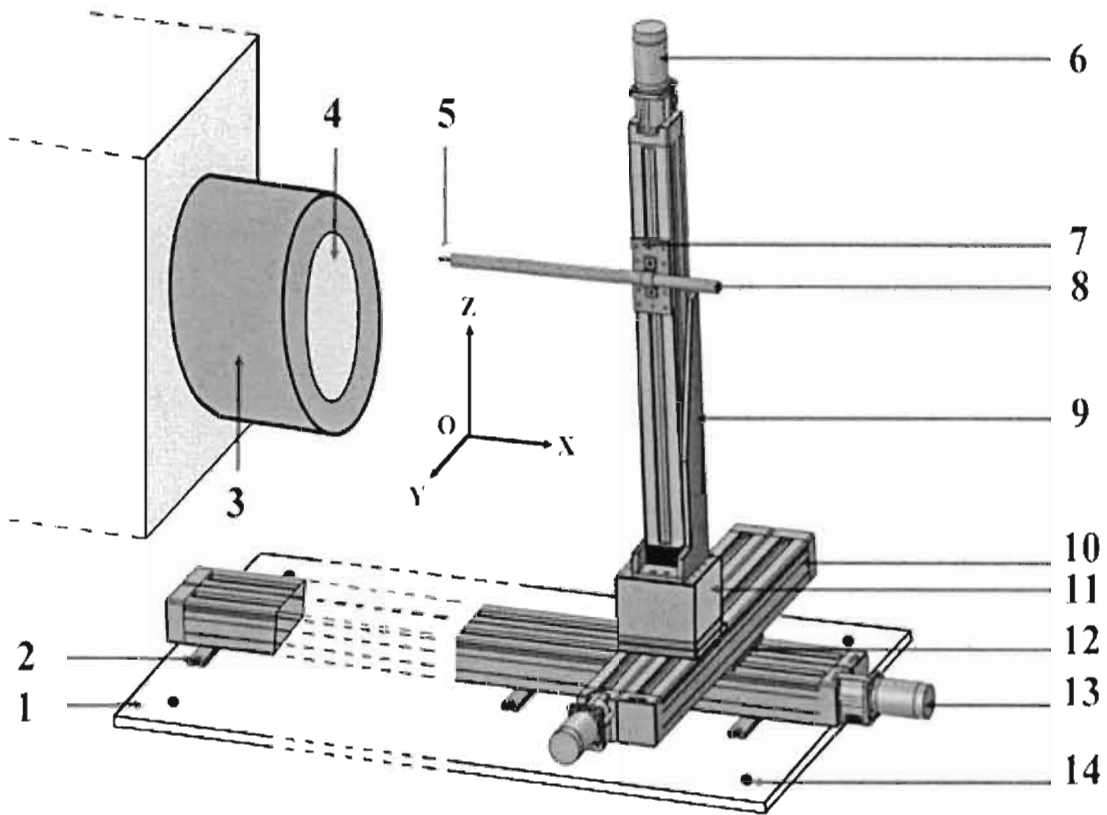


Figura 3 Sistemul mecanic folosit pentru implementarea baleiajului tridimensional.

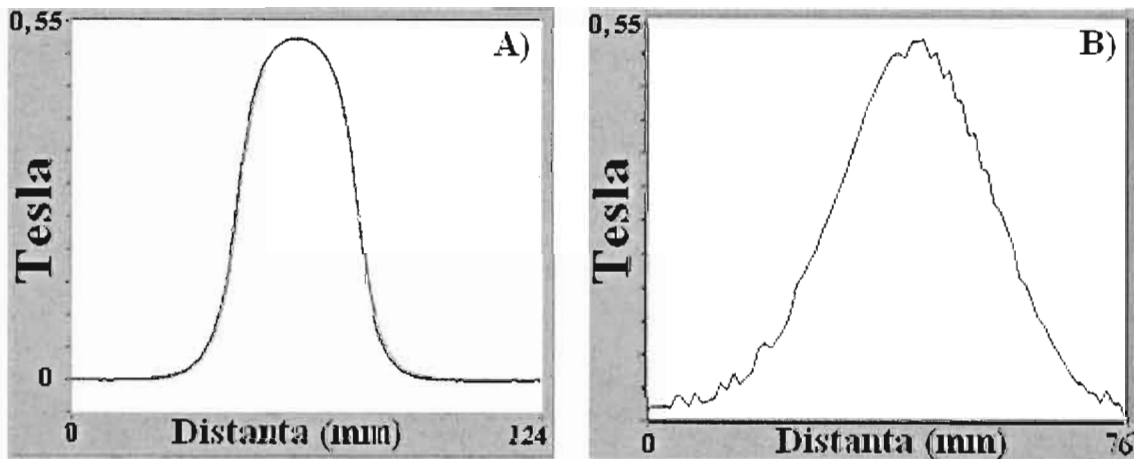


Figura 4 Demonstrarea procesului de mapare prin profil liniar la un magnet de spectrometru ionic:  
A) Investigarea zonei de intrare; B) Investigarea zonei de ieșire a cărei integritate fizică este compromisă.

Bogdan Savu  
Tiberiu Bogdan Sava  
Daniel Vasile Moșu

Secret de serviciu