



(12)

## CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: **a 2016 00350**

(22) Data de depozit: **18/05/2016**

(41) Data publicării cererii:  
**30/12/2016** BOPI nr. **12/2016**

(71) Solicitant:  
• **MIRA TECHNOLOGIES GROUP S.R.L.**,  
STR. TEIUL DOAMNEI NR. 2, BL. 10, AP. 2,  
SECTOR 2, BUCUREȘTI, B, RO

(72) Inventatori:  
• **ZAHARIA SANDEL - AURELIAN**,  
ALEEA BUTEICA EMANOIL MARIUS NR. 2,  
BL. 68, SC. 1, AP. 14, SECTOR 3,  
BUCUREȘTI, B, RO;  
• **APOSTOL MARIAN**, STR. FIZICIENILOR  
NR. 22, BL. O 2, SC. 1, AP. 10, MĂGURELE,  
IF, RO;  
• **IONIȚĂ SILVIU**, BD. I.C. BRĂȚIANU  
NR. 12, BL. A7, SC. A, AP. 18, PITEȘTI, AG,  
RO;  
• **IANA VASILE-GABRIEL**,  
STR. COAȘTA CĂMPULUI NR. 343,  
ȘTEFĂNEȘTI, AG, RO;

• **MONEA CRISTIAN**, BD. LIBERTĂȚII  
NR. 28, BL. P6, SC. B, AP. 15, PITEȘTI, AG,  
RO;  
• **IONESCU LAURENȚIU-MIHAI**,  
STR. BRĂDULUI NR. 9, BL. 40, SC. F,  
AP. 4, PITEȘTI, AG, RO;  
• **ANGHEL DANIEL-CONSTANTIN**,  
STR. BANAT NR. 15, BL. B3, SC. C, AP. 1,  
PITEȘTI, AG, RO;  
• **ILIE MĂDĂLIN-EUGEN**,  
STR. DOAMNA GHICA NR. 12, BL. 1A,  
SC. 3, AP. 87, BUCUREȘTI, B, RO;  
• **VARGA ALEXANDRU FLORIAN**,  
STR. LACUL TEI NR. 109, BL. 13A, SC. C,  
AP. 121, BUCUREȘTI, B, RO

(74) Mandatar:  
**DILIGENS INTELLECTUAL PROPERTY  
S.R.L.**, SPLAIUL INDEPENDENȚEI NR. 3,  
BL. 17, SC. 2, AP. 27, SECTOR 4,  
BUCUREȘTI

## (54) DETECTOR MOBIL ȘI METODĂ DE DETECȚIE A SUBSTANTELOR CŪ RISC EXPLOZIV, A EXPLOZIVILOR ȘI A DROGUILOR PE BAZA EFECTULUI REZONANȚEI NUCLEARE CUADRIPOLEARE (NQR)

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un detector și la o metodă pentru detectarea de substanțe cu caracter exploziv și de droguri, destinate verificării bagajelor și persoanelor în punctele care necesită un control riguros împotriva acțiunilor teroriste și a traficului de substanțe interzise. Detectorul conform invenției cuprinde o unitate centrală (UC) ce se conectează la o unitate (USPI) de stocare, de prelucrare a datelor și de interfață, prevăzută cu o consolă (IC) pentru utilizator, și cu un cap (CS1) de scanare la nivelul picioarelor, respectiv, cu un cap (CS2) de scanare a obiectelor suspecte din sol sau care nu pot fi deplasate, și are o construcție compactă, incluzând modulele hardware și componentele software necesare funcționării, fiind alcătuită dintr-un sistem (SPR) de procesare radio, ce conține un generator (DDS) programabil de semnal de radiofrecvență, ce transmite impulsuri de RF la un amplificator de putere (AP) cuplat cu o interfață (IAP) de comandă a câștigului și de achiziție a nivelului de semnal reflectat, dintr-un circuit (CA) format dintr-o bobină (L) spirală plană, prevăzută cu un miez central de ferită și 2 condensatoare (CV1, CV2) variabile, acționate de două motoare (M1, M2) electrice tip pas cu pas, comandate de un modul (MAA), prin intermediul unor interfețe de comandă în sine cunoscute. Metoda de detecție, conform invenției, constă în măsurarea temperaturii ambientale cu un senzor, conversia digitală a valorii temperaturii și citirea acesteia în programul ce comandă sistemul (SPR) de procesare radio, calculul frecvenței ( $f_0$ ) rezonanței nucleare cuadripolare, comanda unor impulsuri de radiofrecvență cu o anumită durată, pe parcursul căreia frecvența semnalului se va schimba crescător în

10 trepte, într-un interval prestabilit în jurul lui  $f_0$ , și identificarea substanței prin discriminarea în timp real a semnalului recepționat cu un set de 4 criterii combinate, aplicat la răspunsul spectral obținut prin metoda transformatei Fourier rapide.

Revendicări: 11  
Figuri: 6

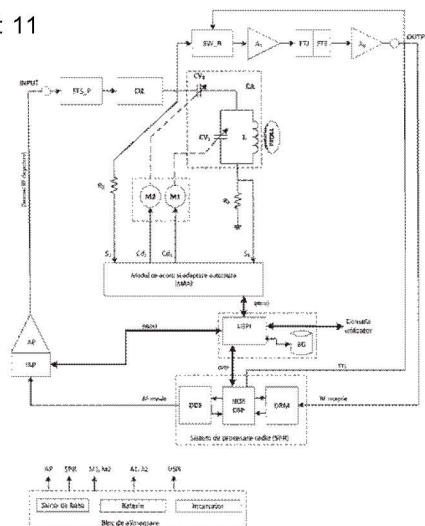


Fig. 3

Cu începere de la data publicării cererii de brevet, cererea asigură, în mod provizoriu, protecția conferită potrivit dispozițiilor art. 32 din Legea nr. 64/1991, cu excepția cazurilor în care cererea de brevet de invenție a fost respinsă, retrasă sau considerată ca fiind retrasă. Întinderea protecției conferite de cererea de brevet de invenție este determinată de revendicările conținute în cererea publicată în conformitate cu art. 23 alin. (1) - (3).



66

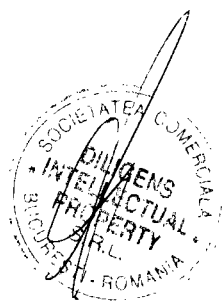
OFICIUL DE STAT PENTRU INVENȚII ȘI MĂRCI	
Cerere de brevet de invenție	
Nr. a	2016 00350
Data depozit	18-05-2016

**Detector mobil și metodă de detecție a substanțelor cu risc exploziv, a explozivilor și a drogurilor pe baza efectului rezonanței nucleare cuadripolare (NQR)**

Invenția se referă la un detector mobil și o metodă pentru detectarea de substanțe și materiale explozive și de droguri, pe baza principiului rezonanței nucleare cuadripolare, destinat verificării bagajelor și persoanelor în punctele de trecere a frontierei din aeroporturi, porturi, gări și din alte obiective care reclamă un control riguros împotriva acțiunilor teroriste și a traficului cu substanțe interzise din gama explozivilor și a drogurilor.

Este cunoscut faptul că efectul rezonanței nucleare cuadripolare se manifestă în substanțe care conțin, în principal, atomi de azot ( $^{14}\text{N}$ ), clor ( $^{35}\text{Cl}$ ), potasiu (K). Azotul este prezent în toate substanțele explozive, precum și în unele droguri, clorul este prezent, de asemenea, în anumite droguri, iar potasiul se găsește în substanțe cu risc exploziv. În aceste substanțe efectul rezonanței nucleare cuadripolare apare exclusiv prin excitarea atomilor de azot, clor sau potasiu cu câmpuri de radiofrecvență având frecvența specifică fiecărei substanțe, precis determinată și recepționarea semnalului de răspuns (dezexcitare a substanței) exact pe aceeași frecvență. Fenomenul intim al procesului de excitare-dezexcitare a nucleelor cuadripolare în substanțe are origine cuantică și a fost descris teoretic și evidențiat experimental de mai mulți ani (1).

Sunt cunoscute detectoare NQR pentru detecția de substanțe explozive și droguri care sunt alcătuite din următoarele componente: generator de impulsuri de radiofrecvență, amplificator de putere, circuit rezonant bobină-condensator (LC), amplificator cu zgomot redus, sistem de comutare emisie-recepție, sistem de prelucrare a semnalelor, sistem de afișare a rezultatului scanării, carcasă pentru ecranarea electromagnetică a întregului sistem. Principalele neajunsuri ale acestora sunt legate în general de nivelul mare al puterii de RF cu care se lucrează, care impune soluții de ecranare electromagnetică costisitoare și foarte grele și, implicit, dimensiuni de gabarit mari. De exemplu, este cunoscută soluția din brevetul rusesc RU 2247361 (C1) care prezintă un detector NQR care are o unitate de recepție și de prelucrare a semnalului, camere video, dispozitiv de prelucrare informații optice, platformă de



greutate, cântar, traductor NQR și un indicator, aparat de emisie, dispozitiv de amortizare și un dispozitiv de reglare a circuitului traductor NQR. Persoana care este inspectată este plasată într-o cabină termopan, pe platforma de greutate, în interiorul cabinei, al cărui perete interior este realizat din material dielectric care servește ca un ecran. Circuitul traductor NQR este poziționat între pereții cabinei.

Metodele cunoscute pentru detectarea substanțelor prin metoda NQR se bazează pe anumite scheme de impulsuri de emisie pentru excitarea nucleelor atomice, detecția în cuadratură, acumularea și medierea semnalelor de răspuns recepționate de la substanță, urmate de prelucrarea în frecvență a semnalului rezultat (folosind transformata Fourier). Identificarea propriu-zisă a unei anumite substanțe căutate se face pe baza comparării amplitudinii semnalului în frecvență, respectiv în timp, cu niveluri cunoscute prestabilite. Un neajuns principal al metodelor de detecție NQR este legat de influența semnificativă pe care o are temperatura efectivă a substanței scanate asupra frecvenței specifice NQR, corecția frecvenței cu temperatura nefiind posibilă în general, deoarece nu se poate măsura exact temperatura substanței aflată, de regulă, în bagaje.

Din cererea de brevet US5233300A sunt cunoscute o metodă și un sistem de detectare sensibilă a explozivilor și narcoticelor prin rezonanță nucleară cuadripolară (NQR), care este realizată la putere RF redusă prin asigurarea că intensitatea câmpului RF este mai mare decât cea a câmpului magnetic local. Acest lucru este realizat printr-o dimensionare corespunzătoare a bobinei.

Mai este cunoscută, de asemenea, soluția din cererea internațională de brevet WO20111265594 A, care folosește microprocesoare pentru comanda generatorului de semnal, dar care nu corectează frecvența de scanare cu temperatura ambientală obținută prin măsurarea temperaturii din exteriorul detectorului și suplimentar, prin modificarea schemei de impulsuri.

Problema tehnică pe care o rezolvă invenția constă în posibilitatea de a realiza corecția frecvenței cu temperatura și acordul automat pe frecvențele specifice de lucru.

Detectorul NQR mobil pentru detecția substanțelor cu risc exploziv, a explozivilor și a drogurilor este alcătuit dintr-o carcasă cu dimensiuni de gabarit reduse având o compartimentare realizată cu patru compartimente, în primul compartiment aflându-se o bobină de scanare prin care se emite semnalul de excitație RF și se recepționează un semnal de răspuns NQR, în al doilea compartiment aflându-se niște condensatoare variabile, în al treilea compartiment aflându-se o unitate centrală, iar în al patrulea compartiment fiind incluse mijloace de recepție și de alimentare, în care



unitatea centrală se conectează la o unitate de stocare, prelucrare a datelor și interfață prevăzută cu o consolă pentru utilizator și cu un cap de scanare a substanțelor explozive/droguri la nivelul picioarelor, respectiv un cap de scanare a obiectelor suspecte din sol sau care nu pot fi deplasate, și are o construcție compactă care include toate modulele hardware și componentele software necesare funcționării, fiind alcătuită dintr-un sistem de procesare radio care conține un generator programabil de semnal de radiofrecvență ce transmite impulsuri de RF la un amplificator de putere cuplat cu o interfață de comandă a câștigului și de achiziție a nivelului de semnal reflectat, un circuit de acord serie-paralel format dintr-o bobină spirală plană prevăzută cu un miez central de ferită și două condensatoare variabile acționate de două motoare electrice de tip pas-cu-pas care sunt comandate de un modul de acord și adaptare automată prin intermediul unor interfețe de comandă în principiu cunoscute.

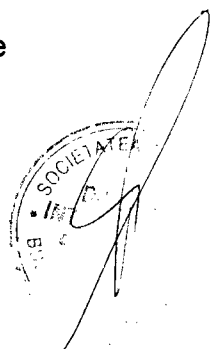
Conform unui alt aspect al invenției, interfața de comandă a câștigului și de achiziție a nivelului de semnal reflectat pentru controlul amplificatorului de RF este compusă dintr-un circuit programabil și un atenuator variabil, aceasta fiind comandată de un software implementat în unitatea de stocare, prelucrare și interfață.

Conform unui alt aspect al invenției, semnalul de RF livrat de amplificatorul de putere se aplică circuitului de acord prin intermediul unui filtru de putere și a unui circuit de protecție.

Conform unui alt aspect al invenției, unitatea centrală mai conține un comutator de recepție, un amplificator de zgomot redus, un ansamblu de filtre și un amplificator final, toate aceste elemente achiziționând semnalul NQR reprezentând răspunsul substanței, semnal ce este adus în parametri optimi pentru prelucrarea digitală cu ajutorul unui bloc de conversie digitală a semnalului radio și a prelucrării în cadrul unui bloc de comandă și prelucrare.

Conform unui alt aspect al invenției, unitatea de stocare, prelucrare a datelor și interfață este constituită dintr-un sistem de calcul cu microprocesor în principiu cunoscut pe care rulează un software care are ca funcții principale:

- Prelucrarea datelor de la sistemul de procesare radio cu algoritmul de bază pentru transformata Fourier rapidă FFT;
- evaluarea spectrului de frecvență cu patru criterii și combinarea acestora în filtrul logic de discriminare pentru prezența substanțelor de interes;
- gestionarea bazei de date cu substanțe și a interfeței grafice cu utilizatorul;
- Comanda interfeței de comandă a câștigului și de achiziție a nivelului de semnal reflectat pentru controlul amplificatorului de RF;



A handwritten signature in black ink is written over a circular stamp. The stamp contains the text 'SOCIETATEA' at the top and 'BUCUREȘTI' at the bottom, with a central emblem.

- Corectarea frecvenței de scanare cu temperatura ambientală, prin modificarea parametrilor impulsurilor, folosind frecvențe purtătoare multiple care variază între limite prestabilite în jurul temperaturii date și o durată mai mare a impulsurilor.
- Execuția unui program de aplicație care comandă secvența de scanare la sistemul de procesare radio.

Conform unui alt aspect al invenției, menționata carcasă este o incintă de ecranare pentru radiația electromagnetică în banda 0,4-6MHz construită pe un cadru din profile metalice.

Metoda pentru detecția substanțelor cu risc exploziv, a explozivilor și a drogurilor **caracterizată prin aceea că** include următoarele etape:

- măsurarea temperaturii ambientale cu un senzor;
- conversia digitală a valorii temperaturii și citirea acesteia în programul de aplicație ce comandă sistemul de procesare radio;
- calculul frecvenței NQR folosind coeficientul de variație specific fiecărei substanțe de scanat și transmiterea valorii respective ( $f_0$ ) la un generator programabil de semnal de radiofrecvență;
- comanda, prin programul de aplicație, a unor impulsuri de RF cu o anumită durată ( $T_{RF}$ ) pe parcursul căreia frecvența semnalului se va schimba crescător în 10 trepte într-un interval prestabilit  $\Delta f$  în jurul lui  $f_0$ , respectiv  $f_0 \pm \Delta f/2$ ;
- identificarea substanței prin discriminarea în timp real a semnalului recepționat cu un set de patru criterii combinate aplicat la răspunsul spectral obținut prin metoda transformatei Fourier rapide FFT.

Conform unui alt aspect al invenției, **cele** patru criterii se raportează la caracteristicile semnalului recepționat, precum amplitudinea și poziția vârfului spectral maxim, poziția relativă a eventualelor vârfuri secundare și valoarea medie, impunând ca pozițiile și amplitudinile vârfurilor, respectiv media, să se încadreze în intervale numerice determinate în funcție de amplitudinea vârfului spectral maxim.

Conform unui alt aspect al invenției, se folosesc următoarele valori specifice pentru detecția RDX și a materialelor explozive pe bază de RDX:

- frecvența de excitație NQR de bază  $f_0=3,410\text{MHz}$  corectată cu temperatura, intervalul prestabilit pentru corecția frecvenței în 10 trepte  $\Delta f=2\text{KHz}$ ,
- durata impulsului de RF  $T_{RF}=130\mu\text{s}$ ,
- timpul de așteptare pentru achiziție  $T_{\text{delay}}=175\mu\text{s}$ ,
- timpul de achiziție  $T_{\text{acq}}=350\mu\text{s}$ ,



- timpul dintre impulsurile de RF  $T_{\text{impulsuri}}=600\mu\text{s}$ ,
- timpul efectiv de așteptare până la emiterea următorului impuls se calculează cu relația  $T_{\text{wait}}=T_{\text{impulsuri}}-T_{\text{acq}}-T_{\text{delay}}-T_{\text{RF}}-4\mu\text{s}$ ,
- numărul de impulsuri în secvența de scanare  $n=20$ ,
- numărul de secvențe de scanare aplicate  $k=100$ , durata dintre secvențe  $T_{\text{rep}}\geq T_1$ , unde  $T_1=13\text{ms}$ .

Conform unui alt aspect al invenției, unitatea de stocare, prelucrare a datelor și interfață comandă la interfața amplificatorului de putere, un nivel de putere al impulsului de RF de 30W și comandă regimul de întrerupere a amplificării prin funcția „Mute” astfel încât amplificarea să fie tăiată periodic pe întreaga durată de așteptare  $T_{\text{wait}}$ , pe durata destinată achiziției de date  $T_{\text{acq}}$ , blocul comandă o fereastră de recepție prin închiderea comutatorului cu un semnal permițând astfel semnalului de răspuns să fie amplificat în bandă de frecvență de interes cu un lanț de amplificare, filtrare, respectiv amplificare, rezultând un semnal *RF recepție* care intră în sistemul de procesare printr-un bloc de conversie digitală a semnalului radio unde este convertit în date.

Conform unui alt aspect al invenției, datele achiziționate succesiv conform secvenței de detecție se mediază pentru eliminarea zgomotului și rezultatul final se supune unui proces de demodulare în cuadratură cu separarea componentelor reală, respectiv imaginară, semnalul demodulat complex fiind transformat din domeniul timp în domeniul frecvență cu algoritmul transformatei Fourier rapide (FFT) și supus analizei cu sistemul de patru criterii pentru discriminarea prezenței substanței de interes.

Detectorul mobil și metoda de detecție conform invenției prezintă următoarele avantaje:

- Detectorul poate fi instalat cu operativitate în diverse locuri datorită mobilității și a gabaritului redus;
- Costuri de producție și de exploatare mai reduse datorate inclusiv consumului mai mic de energie și materiale;
- Puterea necesară de emisie este mai redusă datorită soluțiilor tehnice adoptate la nivel de sistem și metodă;
- Procesul de detecție este automat pentru o listă de substanțe selectată de utilizator, din baza de date a detectorului;
- Realizarea corecției de frecvență prin măsurarea-estimarea temperaturii și variației frecvenței de excitație garantează creșterea probabilității de detecție în situații reale;



- Tehnica propusă de corecție a frecvenței cu temperatura permite stocarea datelor valide (perechea temperatură-frecvență) pentru substanțele de interes în baza de date a detectorului, pentru recunoașterea lor ulterioară;
- Sistemul de criterii de interpretare și decizie aplicat semnalului de răspuns NQR pentru discriminare, conferă o probabilitate ridicată de detecție.

Se dau, în continuare, două exemple de realizare a invenției, în legătură cu figurile 1-6 care reprezintă:

Figura 1 – vedere schematică a detectorului mobil de detecție a substanțelor cu risc exploziv, a explozivilor și a drogurilor pe baza efectului rezonanței nucleare cuadripolare (NQR), conform invenției;

Figura 2 – vedere de ansamblu a detectorului mobil a substanțelor cu risc exploziv, a explozivilor și a drogurilor pe baza efectului rezonanței nucleare cuadripolare (NQR), conform invenției;

Figura 3 – Schema unității centrale a detectorului mobil a substanțelor cu risc exploziv, a explozivilor și a drogurilor pe baza efectului rezonanței nucleare cuadripolare (NQR), conform invenției;

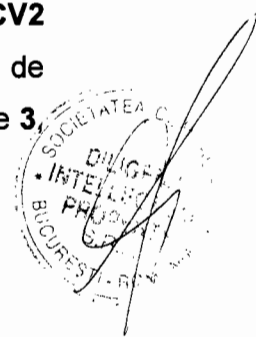
Figura 4 – organigrama metodei de detecție a substanțelor cu risc exploziv, a explozivilor și a drogurilor pe baza efectului rezonanței nucleare cuadripolare (NQR), conform invenției;

Figura 5 – Secvența generică de aplicare a metodei de detecție;

Figura 6 a, b – Interfața utilizator.

Detectorul NQR mobil pentru detecția substanțelor cu risc exploziv, a explozivilor și a drogurilor este alcătuit dintr-o carcasă **15** cu dimensiuni de gabarit reduse având o compartimentare specială în care se află unitatea centrală **UC**, la care se conectează, o unitate **USPI** de stocare, prelucrare a datelor și interfață prevăzută cu o consolă pentru utilizator și cu un cap **CS1** de scanare a substanțelor explozive/droguri la nivelul picioarelor, respectiv un cap **CS2** de scanare a obiectelor suspecte din sol sau care nu pot fi deplasate.

Carcasa **15** este o incintă de ecranare pentru radiația electromagnetică în banda 0,4-6MHz construită pe un cadru din profile metalice. Este compusă, din patru compartimente adiacente: compartimentul **A** al bobinei **1** de scanare, alăturat - pe același nivel un alt compartiment **A'** al condensatoarelor **CV1** și respectiv **CV2** variabile, un al treilea compartiment **B** al unității **UC** centrale cu sistemul **SPR** de procesare radio, un al patrulea compartiment **C** care include un sistem de recepție **3**.



un amplificator de putere **AP**, o interfață de comandă a amplificatorului de putere **IAP**, o sursă de alimentare cu acumulatori **7**, un modul de încărcare a acumulatorilor **8**, două motoare **M1**, **M2** electrice prevăzute cu sisteme de transmisie cu pinion **13** și curea **14** și o sursă de alimentare a motoarelor **M1**, **M2**.

Compartimentul **A** și compartimentul **A'** formează împreună un subansamblu unitar cu pereții alcătuiți din mai multe straturi de materiale diferite. De la interior spre exterior pereții sunt formați dintr-un strat de cauciuc cu grosimea de 3mm, un strat de tablă de cupru cu grosimea de 3mm, un strat de tablă de fier cu grosimea de 1,5mm poziționat la o distanță de 30mm de stratul precedent, un strat de cauciuc gros de 3mm, un strat de pâslă absorbantă conductivă și un strat de tablă de fier zincată cu grosimea de 0,3mm. Pereții compartimentelor **B** și **C** sunt din tablă de fier groasă de 1,5mm pe care se lipește pâslă absorbantă conductivă pe partea interioară, iar partea exterioară se acoperă cu vopsea alchidică.

Bobina **1** de scanare poate fi interschimbabilă cu bobine din aceeași categorie dar cu caracteristici electrice diferiți pentru scanarea picioarelor sau a unor obiecte suspecte care nu pot fi deplasate.

Unitatea **UC** centrală reprezintă partea principală a detectorului; aceasta are o construcție compactă și include toate modulele hardware și componentele software necesare funcționării detectorului conform metodei de detecție. Unitatea **UC** este alcătuită, cu referire la Figura 3, dintr-un sistem **SPR** de procesare radio care conține un generator **DDS** programabil de semnal de radiofrecvență ce transmite impulsuri de RF la un amplificator de putere **AP** cuplat cu o interfață **IAP** de comandă a câștigului și de achiziție a nivelului de semnal reflectat, un circuit **CA** de acord serie-parallel format dintr-o bobină spirală plană **L** prevăzută cu un miez central de ferită și două condensatoare **CV1**, **CV2** variabile acționate de motoarele electrice de tip pas-cu-pas **M1**, **M2** care sunt comandate de un modul **MAA** de acord și adaptare automată prin intermediul unor interfețe de comandă în principiu cunoscute. Interfața **IAP** de comandă a câștigului și de achiziție a nivelului de semnal reflectat pentru controlul amplificatorului **AP** de RF este compusă dintr-un circuit programabil și un atenuator variabil, aceasta fiind comandată de programul de control a detectorului rezident în unitatea **USPI** de stocare, prelucrare și interfață. Semnalul de RF livrat de amplificatorul **AP** de putere se aplică circuitului de acord **CA** prin intermediul unui filtru **FTS-P** de putere și a unui circuit **CIZ** de protecție.

Partea de bază care intră în contact cu substanța (proba) este bobina **L** de radiofrecvență prin care se emite semnalul de excitație RF și se recepționează un semnal de răspuns NQR. Parametrii circuitului **CA** de acord sunt menținuți în limitele





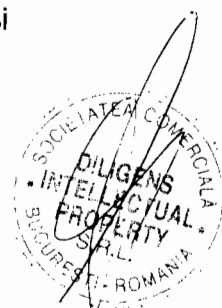
optime prin intermediul modulului **MAA** de acord și adaptare automată. Semnalul NQR reprezentând răspunsul substanței este achiziționat prin intermediul lanțului de recepție alcătuit dintr-un comutator **SW-R** de recepție, un amplificator **A1** de zgomot redus, un ansamblu de filtre **FTJ-FTS** și un amplificator **A2** final, fiind adus în parametri optimi pentru conversia digitală cu ajutorul blocului **DRM** de conversie digitală a semnalului radio și a prelucrării în cadrul blocului **NQR DSP** de comandă și prelucrare.

Toate aceste elemente funcționale ale unității **UC** sunt comandate de modulul **USPI** pentru stocarea, procesarea semnalului și interfațarea cu utilizatorul. Acest modul se află la distanță și se conectează la o consolă de comunicație om-mașină.

Unitatea **USPI** este constituită dintr-un sistem de calcul cu microprocesor în principiu cunoscut pe care rulează un software care are ca funcții principale:

- Prelucrarea datelor de la sistemul **SPR** de procesare radio cu algoritmul de bază pentru transformata Fourier rapidă FFT;
- evaluarea spectrului de frecvență cu patru criterii și combinarea acestora în filtrul **FTJ-FTS** logic de discriminare pentru prezența substanțelor de interes;
- gestionarea bazei **BD** de date cu substanțe și a interfeței grafice cu utilizatorul; Comanda interfeței **IAP** de comandă a câștigului și de achiziție a nivelului de semnal reflectat pentru controlul amplificatorului de RF;
- Corectarea frecvenței de scanare cu temperatura ambientală, prin modificarea parametrilor impulsurilor, folosind frecvențe purtătoare multiple care variază între limite prestabilite în jurul temperaturii date și o durată mai mare a impulsurilor.
- Execuția unui program de aplicație care comandă secvența de scanare la **SPR**.

Este cunoscut faptul că frecvențele NQR variază cu temperatura substanțelor. Pe intervale de câteva grade această variație este de regulă liniară. Fiecare substanță are în general un coeficient propriu de variație a frecvenței NQR cu temperatura, de regulă acesta fiind negativ. Pentru a crește probabilitatea de detecție, frecvența de scanare se corectează automat în funcție de temperatura ambientală măsurată în locul de staționare a bagajului și suplimentar prin modificarea compoziției de frecvență și a duratei impulsurilor. Astfel, se folosesc impulsuri mai lungi, cu frecvențe purtătoare multiple care variază între limite prestabilite (impulsuri „colorate”). În final, substanța scanată se identifică folosind un sistem de criterii combinate - de amplitudine, și spectrale - aplicate semnalului de răspuns



Corecția frecvenței de lucru cu temperatura se realizează prin două metode: (1) măsurarea temperaturii ambientale cu un senzor, conversia digitală a valorii temperaturii, citirea acesteia în programul de aplicație ce comandă **SPR**, calculul frecvenței NQR folosind coeficientul de variație specific fiecărei substanțe de scanat și transmiterea valorii respective ( $f_0$ ) la blocul de sinteză digitală a frecvenței **DDS**, respectiv (2) programul de aplicație va comanda impulsuri de RF cu o anumită durată ( $T_{RF}$ ) pe parcursul căreia frecvența semnalului se va schimba crescător în 10 trepte într-un interval prestabilit  $\Delta f$  în jurul lui  $f_0$ , respectiv  $f_0 \pm \Delta f/2$ . Identificarea substanței se face prin discriminarea în timp real a semnalului recepționat cu un set de patru criterii combinate aplicat la răspunsul spectral obținut prin metoda FFT. Criteriile se raportează la caracteristicile semnalului recepționat, precum amplitudinea și poziția vârfului spectral maxim, poziția relativă a eventualelor vârfuri secundare și valoarea medie, impunând ca pozițiile și amplitudinile vârfurilor, respectiv media, să se încadreze în intervale numerice determinate în funcție de amplitudinea vârfului spectral maxim. Metoda de identificare constă în deosebirea spectrului semnalului recepționat de cel obținut în cazul unei scanări în care este prezentă altă substanță sau nu există substanța scanată aleasă de utilizator, situație în care se obțin numeroase vârfuri spectrale, cu amplitudini comparabile, care indică absența substanței scanate alese. Prin faptul că se raportează la caracteristicile semnalului recepționat și nu la caracteristici prestabilite (memorate în baza de date), criteriile oferă flexibilitate în discriminarea semnalului. Aceste criterii combinate joacă rolul unui filtru logic de discriminare care garantează o probabilitate de detecție ridicată și un procent foarte mic de alarme fals pozitive.

Baza de date a detectorului cuprinde substanțe ce pot fi detectate prin metoda NQR, de exemplu, substanțe/materiale explozive (RDX flegmatizat și neflegmatizat HITEX-M (C4); Compoziție B; Tetril; Azotat de potasiu; Pulberi negre; Azotat de amoniu;) și droguri și substanțe toxice (Heroină; Paracetamol; Azotit de sodiu).

Programul de prelucrare a datelor de la detectorul propriu-zis asigură detecția automată a substanțelor selectate și este descris de diagrama din Figura 4.

Afișarea rezultatului scanării, precum și comunicarea utilizatorului cu detectorul, se face prin intermediul consolei **IC** cu utilizatorul cu ajutorul unei interfețe grafice ce permite controlul procesului de detecție, vizualizarea istoricului scanărilor și editarea câmpurilor bazei de date. Interfața grafică are trei moduri de lucru:

- Operator – este modul de lucru destinat personalului de deservire a echipamentului de detecție, folosind comenzi foarte simple de pornire/oprire



a procesului de detecție, respectiv de selectare a uneia sau mai multor substanțe de interes (vezi Fig.6 a,b);

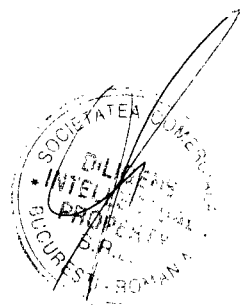
- Administrator – permite, în plus față de modul Operator, vizualizarea istoricului scanărilor;
- Mentenanță – permite, în plus față de modul Administrator, accesul (citire/scriere) la toate tabelele bazei de date (acest mod este dedicat exclusiv personalului care realizează mentenanța detectorului).

Capetele de scanare **CS1** și **CS2** pentru detecția substanțelor explozive/droguri la nivelul picioarelor respectiv în obiectele suspecte care nu pot fi deplasate se conectează la detectorul propriu-zis printr-un cablu scurt de radiofrecvență. Capul de scanare pentru picioare **CS1** este alcătuit dintr-o bobină plană montată într-o incintă ecranată prevăzută cu o fantă de acces pentru picior. Capul de scanare **CS2** pentru obiecte suspecte care nu pot fi deplasate este alcătuit dintr-o bobină plană introdusă într-o incintă de ecranare semideschisă prevăzută cu un mâner.

Metoda de detecție se bazează pe schema de impulsuri generică din Figura 5, care este generată de unitatea centrală **UC** pe baza datelor specifice pentru fiecare substanță de interes stocată în prealabil în baza de date **BD** a sistemului. Secvența de lucru a sistemului parcurge, în general, aceleași etape pentru oricare substanță, dar parametrii de lucru frecvență, durate, număr de scanări necesare, putere de RF necesară pentru excitație diferă de la substanță la substanță. Modul de lucru al detectorului este complet automat odată ce utilizatorul a selectat substanțele de interes. Căutarea substanțelor selectate se face în ordinea descrescătoare a frecvențelor de excitație, prin preluarea succesivă din baza de date **BD** a valorilor specifice pentru parametrii de detecție. Conform unui exemplu de realizare a invenției, metoda de detecție folosește următoarele valori specifice pentru detecția RDX și a materialelor explozive pe bază de RDX: frecvența de excitație NQR de bază  $f_0=3,410\text{MHz}$  corectată cu temperatura, intervalul prestabilit pentru corecția frecvenței în 10 trepte  $\Delta f=2\text{KHz}$ , durata impulsului de RF  $T_{RF}=130\mu\text{s}$ , timpul de așteptare pentru achiziție  $T_{delay}=175\mu\text{s}$ , timpul de achiziție  $T_{acq}=350\mu\text{s}$ , timpul dintre impulsurile de RF  $T_{impulsuri}=600\mu\text{s}$ , timpul efectiv de așteptare până la emiterea următorului impuls se calculează cu relația  $T_{wait}=T_{impulsuri}-T_{acq}-T_{delay}-T_{RF}-4\mu\text{s}$ , numărul de impulsuri în secvența de scanare  $n=20$ , numărul de secvențe de scanare aplicate  $k=100$ , durata dintre secvențe  $T_{rep}\geq T_1$ , unde  $T_1=13\text{ms}$ . **USPI** comandă la interfața **IAP** a amplificatorului de putere **AP** un nivel de putere al impulsului de RF de 30W și comandă regimul de întrerupere a amplificării prin funcția „Mute” astfel încât amplificarea să fie tăiată periodic pe întreaga durată de așteptare  $T_{wait}$ . Pe durata



destinată achiziției de date  $T_{acq}$  blocul **NQR DSP** comandă o fereastră de recepție prin închiderea comutatorului **SW\_R** cu un semnal **TTL** permițând astfel semnalului de răspuns să fie amplificat în banda de frecvență de interes cu lanțul de amplificare **A1**, filtrare **FTJ-FTS**, respectiv amplificare **A2** rezultând un semnal **RF recepție** care intră în **SPR** prin modulul **DRM** unde este convertit în date. Datele achiziționate succesiv conform secvenței de detecție se mediază pentru eliminarea zgomotului și rezultatul final se supune unui proces de demodulare în cuadratură cu separarea componentelor reală, respectiv imaginară **DRM**. Semnalul demodulat complex este transformat din domeniul timp în domeniul frecvență cu algoritmul transformatei Fourier rapide (FFT). Semnalul în frecvență este supus analizei cu sistemul de patru criterii pentru discriminarea prezenței substanței de interes.



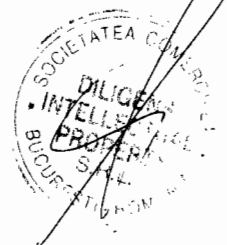
## Revendicări

1. Detector NQR mobil pentru detecția substanțelor cu risc exploziv, a explozivilor și a drogurilor **caracterizat prin aceea că** este alcătuit dintr-o carcasă (15) cu dimensiuni de gabarit reduse având o compartimentare realizată cu patru compartimente (A, A', B și C), în primul compartiment (A) aflându-se o bobină (1) de scanare prin care se emite semnalul de excitație RF și se recepționează un semnal de răspuns NQR, în al doilea compartiment (A') aflându-se niște condensatoare (CV1, CV2) variabile, în al treilea compartiment (B) aflându-se o unitate centrală (UC, iar în al patrulea compartiment (C) fiind incluse mijloace de recepție și de alimentare a detectorului, **în care**

unitatea centrală (UC) se conectează la o unitate (USPI) de stocare, prelucrare a datelor și interfață prevăzută cu o consolă (IC) pentru utilizator și cu un cap (CS1) de scanare a substanțelor explozive/droguri la nivelul picioarelor, respectiv un cap (CS2) de scanare a obiectelor suspecte din sol sau care nu pot fi deplasate, și are o construcție compactă care include toate modulele hardware și componentele software necesare funcționării, fiind alcătuită dintr-un sistem (SPR) de procesare radio care conține un generator (DDS) programabil de semnal de radiofrecvență ce transmite impulsuri de RF la un amplificator de putere (AP) cuplat cu o interfață (IAP) de comandă a câștigului și de achiziție a nivelului de semnal reflectat, un circuit (CA) de acord serie-paralel format dintr-o bobină spirală plană (L) prevăzută cu un miez central de ferită și două condensatoare (CV1, CV2) variabile acționate de două motoare (M1, M2) electrice de tip pas-cu-pas care sunt comandate de un modul (MAA) de acord și adaptare automată prin intermediul unor interfețe de comandă în principiu cunoscute.

2. Detector NQR mobil, conform revendicării 1, **caracterizat prin aceea că** interfața (IAP) de comandă a câștigului și de achiziție a nivelului de semnal reflectat pentru controlul amplificatorului (AP) de RF este compusă dintr-un circuit programabil și un atenuator variabil, aceasta fiind comandată de un software implementat în unitatea (USPI) de stocare, prelucrare și interfață.

3. Detector NQR mobil, conform revendicării 2, **caracterizat prin aceea că** semnalul de RF livrat de amplificatorul (AP) de putere se aplică circuitului de acord (CA) prin intermediul unui filtru (FTS-P) de putere și a unui circuit (CIZ) de protecție.



4. Detector NQR mobil, conform revendicărilor 1 și 2, **caracterizat prin aceea că** unitatea (UC) centrală mai conține un comutator (**SW\_R**) de recepție, un amplificator (**A1**) de zgomot redus, un ansamblu de filtre (**FTJ-FTS**) și un amplificator (**A2**) final, toate aceste elemente achiziționând semnalul NQR reprezentând răspunsul substanței, semnal ce este adus în parametri optimi pentru conversia digitală cu ajutorul unui bloc (**DRM**) de conversie digitală a semnalului radio și a prelucrării în cadrul unui bloc (**NQR DSP**) de comandă și prelucrare.

5. Detector NQR mobil, conform revendicării 1, **caracterizat prin aceea că** unitatea (**USPI**) de stocare, prelucrare a datelor și interfață este constituită dintr-un sistem de calcul cu microprocesor în principiu cunoscut pe care rulează un software care are ca funcții principale:

- Prelucrarea datelor de la sistemul (**SPR**) de procesare radio cu algoritmul de bază pentru transformata Fourier rapidă FFT;
- evaluarea spectrului de frecvență cu patru criterii și combinarea acestora în filtrul (**FTJ-FTS**) logic de discriminare pentru prezența substanțelor de interes;
- gestionarea bazei (**BD**) de date cu substanțe și a interfeței grafice cu utilizatorul;
- Comanda interfeței (**IAP**) de comandă a câștigului și de achiziție a nivelului de semnal reflectat pentru controlul amplificatorului de RF;
- Corectarea frecvenței de scanare cu temperatura ambientală, prin modificarea parametrilor impulsurilor, folosind frecvențe purtătoare multiple care variază între limite prestabilite în jurul temperaturii date și o durată mai mare a impulsurilor.
- Execuția unui program de aplicație care comandă secvența de scanare la la sistemul (**SPR**) de procesare radio.

6. Detector NQR mobil, conform revendicării 1, **caracterizat prin aceea că** menționata carcasă (**15**) este o incintă de ecranare pentru radiația electromagnetică în banda 0,4-6MHz construită pe un cadru din profile metalice în care se află compartimentul **A** și compartimentul **A'** ce formează împreună un subansamblu unitar cu pereții alcătuiți din mai multe straturi de materiale diferite. De la interior spre exterior pereții sunt formați dintr-un strat de cauciuc cu grosimea de 3mm, un strat de tablă de cupru cu grosimea de 3mm, un strat de tablă de fier cu grosimea de 1,5mm poziționat la o distanță de 30mm de stratul precedent, un strat de cauciuc gros de 3mm, un strat



de pâslă absorbantă conductivă și un strat de tablă de fier zincată cu grosimea de 0,3mm.

7. Metodă pentru detecția substanțelor cu risc exploziv, a explozivilor și a drogurilor **caracterizată prin aceea că** include următoarele etape:

- măsurarea temperaturii ambientale cu un senzor;
- conversia digitală a valorii temperaturii și citirea acesteia în programul de aplicație ce comandă sistemul (**SPR**) de procesare radio;
- calculul frecvenței NQR folosind coeficientul de variație specific fiecărei substanțe de scanat și transmiterea valorii respective ( $f_0$ ) la un generator (**DDS**) programabil de semnal de radiofrecvență;
- comanda, prin programul de aplicație, a unor impulsuri de RF cu o anumită durată ( $T_{RF}$ ) pe parcursul căreia frecvența semnalului se va schimba crescător în 10 trepte într-un interval prestabilit  $\Delta f$  în jurul lui  $f_0$ , respectiv  $f_0 \pm \Delta f/2$ ;
- identificarea substanței prin discriminarea în timp real a semnalului recepționat cu un set de patru criterii combinate aplicat la răspunsul spectral obținut prin metoda transformatei Fourier rapide FFT.

8. Metodă de detecție, conform revendicării 7, **caracterizată prin aceea că, cele patru criterii se raportează la caracteristicile semnalului recepționat, precum amplitudinea și poziția vârfului spectral maxim, poziția relativă a eventualelor vârfuri secundare și valoarea medie, impunând ca pozițiile și amplitudinile vârfurilor, respectiv media, să se încadreze în intervale numerice determinate în funcție de amplitudinea vârfului spectral maxim.**

9. Metodă de detecție, conform revendicării 7, **caracterizată prin aceea că, se folosesc următoarele valori specifice pentru detecția RDX și a materialelor explozive pe bază de RDX:**

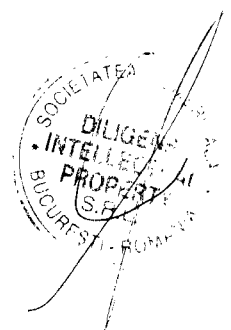
- frecvența de excitație NQR de bază  $f_0=3,410\text{MHz}$  corectată cu temperatura, intervalul prestabilit pentru corecția frecvenței în 10 trepte  $\Delta f=2\text{KHz}$ ,
- durata impulsului de RF  $T_{RF}=130\mu\text{s}$ ,
- timpul de așteptare pentru achiziție  $T_{\text{delay}}=175\mu\text{s}$ ,
- timpul de achiziție  $T_{\text{acq}}=350\mu\text{s}$ ,
- timpul dintre impulsurile de RF  $T_{\text{impulsuri}}=600\mu\text{s}$ ,
- timpul efectiv de așteptare până la emiterea următorului impuls se calculează cu relația  $T_{\text{wait}}=T_{\text{impulsuri}}-T_{\text{acq}}-T_{\text{delay}}-T_{RF}-4\mu\text{s}$ ,



- numărul de impulsuri în secvența de scanare  $n=20$ ,
- numărul de secvențe de scanare aplicate  $k=100$ , durata dintre secvențe  $T_{rep} \geq T_1$ , unde  $T_1=13\text{ms}$ .

10. Metodă de detecție, conform revendicării 7, **caracterizată prin aceea că** unitatea (**USPI**) comandă la interfața (**IAP**) a amplificatorului de putere (**AP**) un nivel de putere al impulsului de RF de 30W și comandă regimul de întrerupere a amplificării prin funcția „Mute” astfel încât amplificarea să fie tăiată periodic pe întreaga durată de așteptare  $T_{wait}$ , pe durata destinată achiziției de date  $T_{acq}$ , blocul **NQR DSP** de comandă și prelucrare, comandă o fereastră de recepție prin închiderea unui comutator (**SW\_R**) cu un semnal TTL, permițând astfel semnalului de răspuns să fie amplificat în bandă de frecvență de interes cu un lanț de amplificare, filtrare, respectiv amplificare, rezultând un semnal *RF recepție* care intră în sistemul de procesare printr-un bloc de conversie digitală a semnalului radio unde este convertit în date.

11. Metodă de detecție, conform revendicării 10, **caracterizată prin aceea că** datele achiziționate succesiv conform secvenței de detecție se mediază pentru eliminarea zgomotului și rezultatul final se supune unui proces de demodulare în cuadratură cu separarea componentelor reală, respectiv imaginară, semnalul demodulat complex fiind transformat din domeniul timp în domeniul frecvență cu algoritmul transformatei Fourier rapide (FFT) și supus analizei cu sistemul de patru criterii pentru discriminarea prezenței substanței de interes.





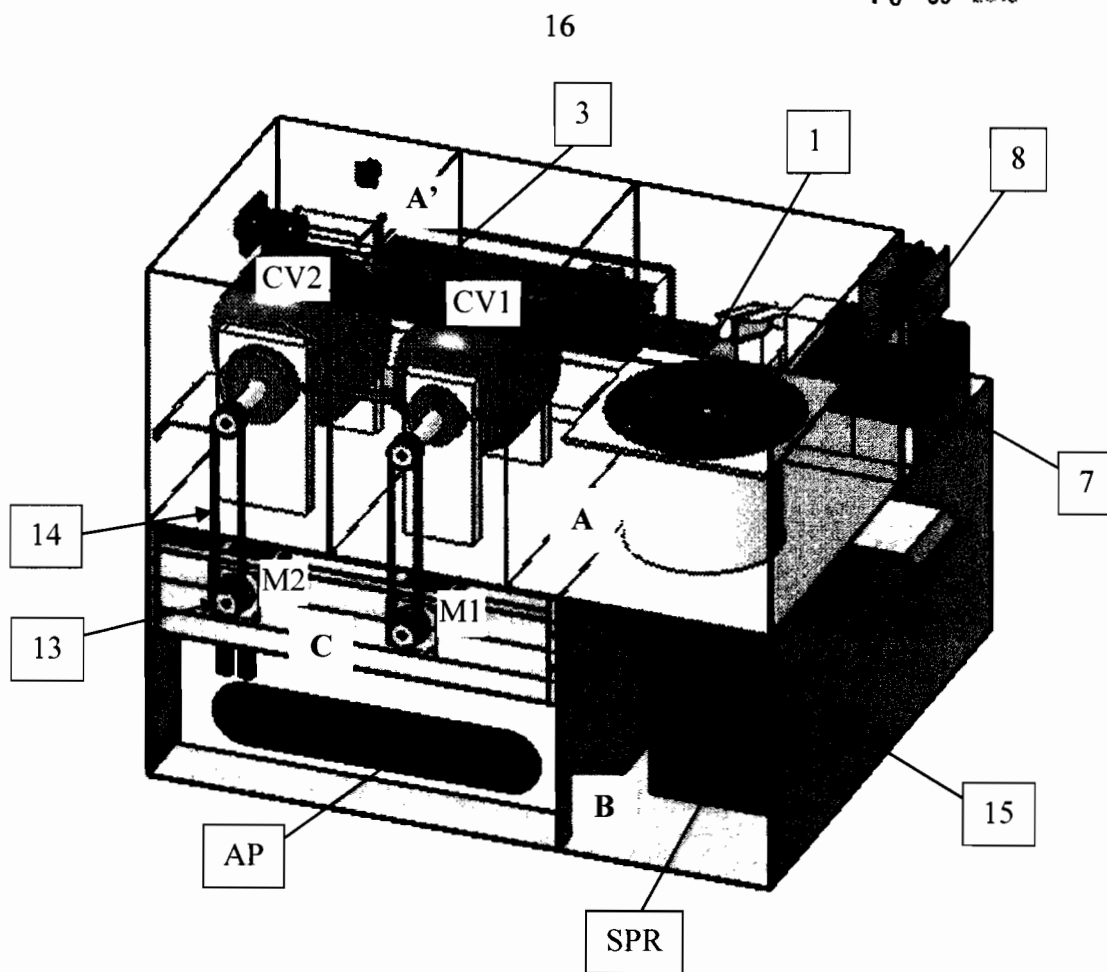
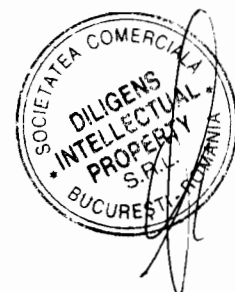


Figura 1. Vedere schematică a detectorului



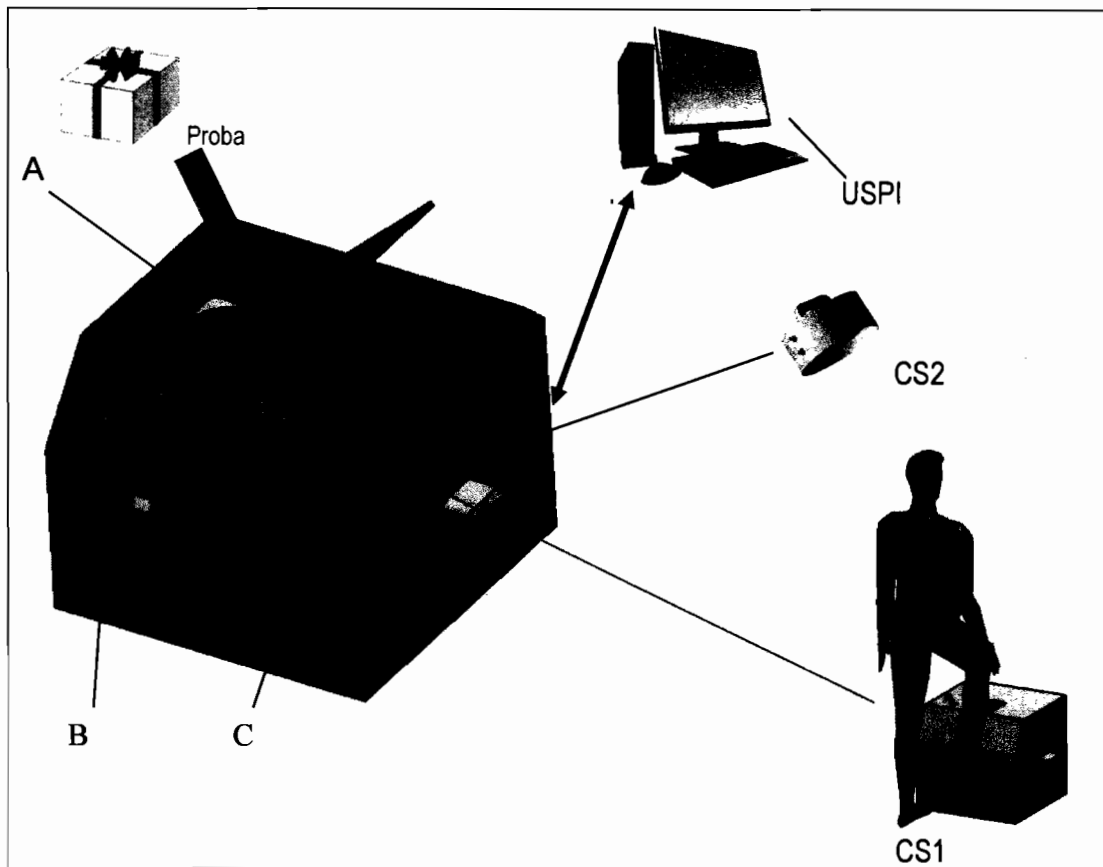


Figura 2. Vedere de ansamblu a detectorului



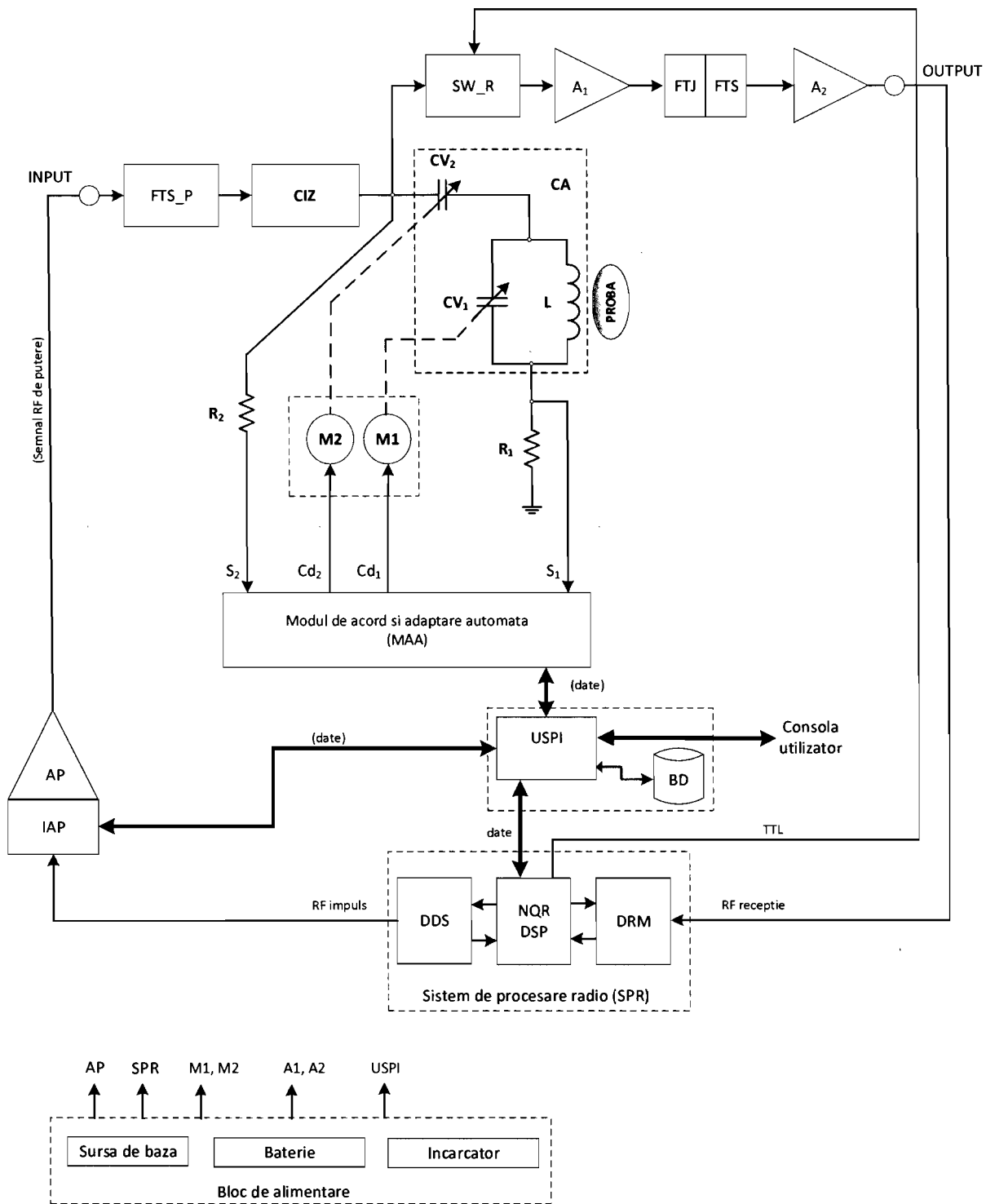
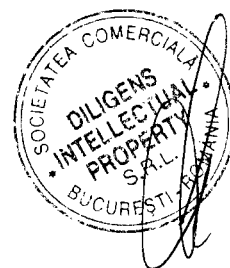


Figura 3. Schema bloc a detectorului mobil (unitatea centrală - UC)



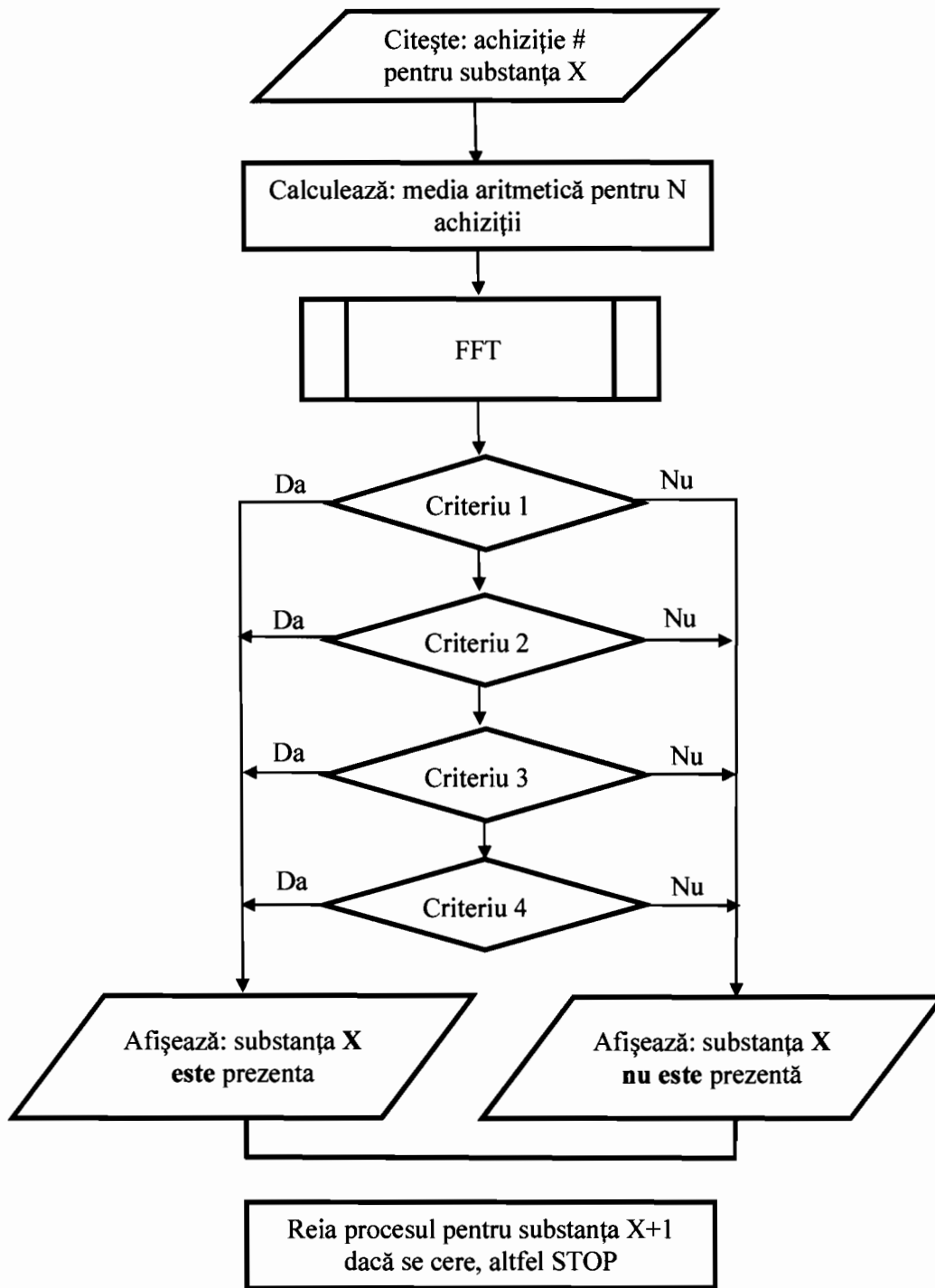


Figura 4. Organigrama metodei de detecție a substanțelor cu risc exploziv, a explozivilor și a drogurilor.



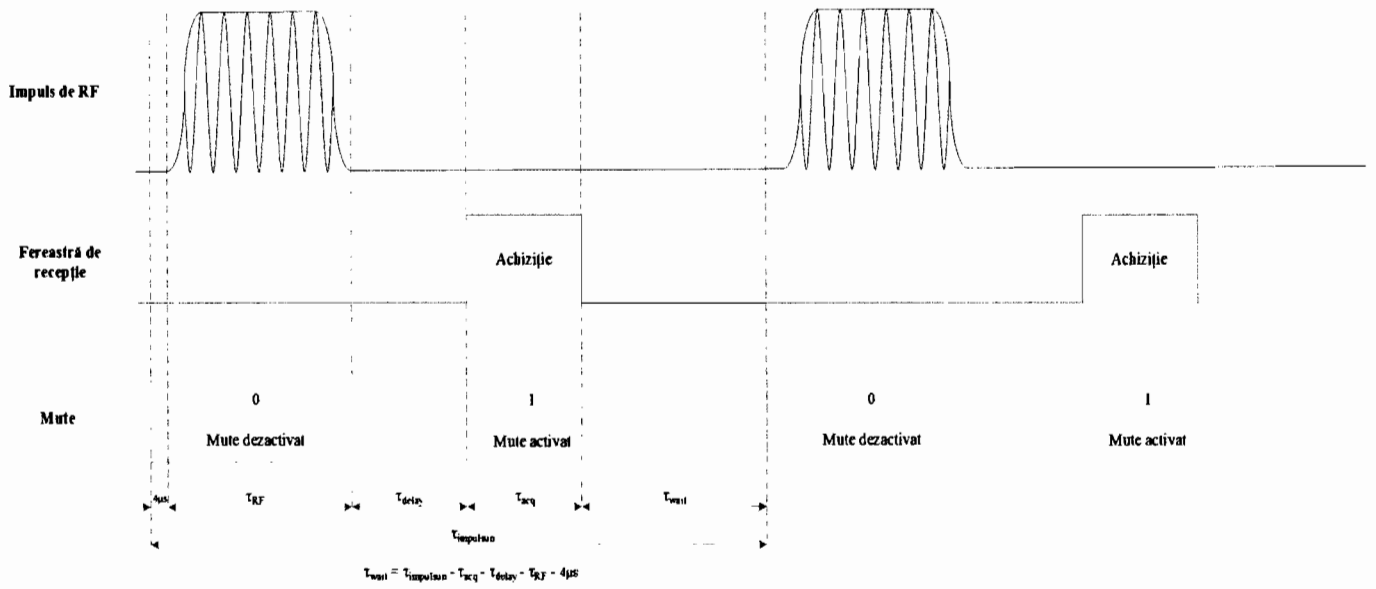
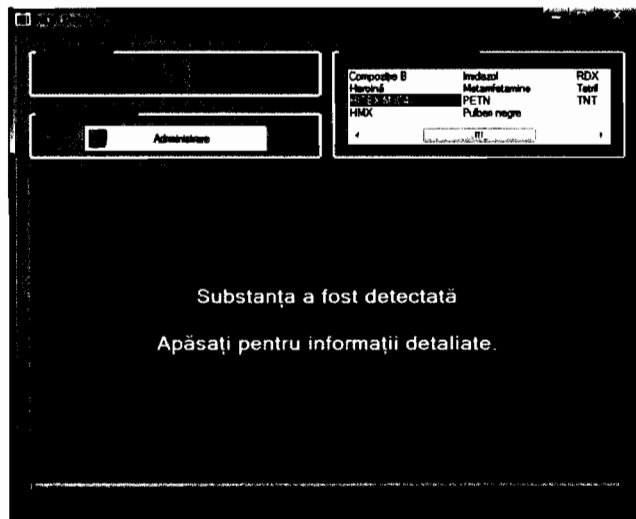
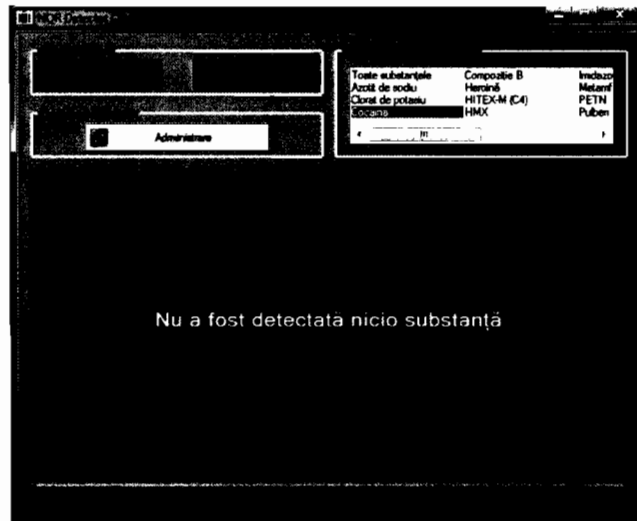


Figura 5. Secvența generică de aplicare a metodei de detecție



(a) Ecranul interfeței utilizator în cazul unui rezultat pozitiv





(b) Ecranul interfeței utilizator în cazul unui rezultat negativ

Figura 6. Interfața utilizator în modul de lucru *Operator*

