



(12) CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2020 00006

(22) Data de depozit: 10/01/2020

(41) Data publicării cererii:
29/04/2021 BOPI nr. 4/2021

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

(72) Inventatori:
• IOAN MIHAIL-RĂZVAN, STR.PRICOPAN
NR.26, BL.51, SC.4, ET.2, AP.59,
SECTOR 5, BUCUREȘTI, B, RO;
• ȚUGULAN CORNEL-LIVIU, STR.ORĂȘTIE
NR.22, BL.M2, SC.1, ET.2, AP.55,
SECTOR 4, BUCUREȘTI, B, RO

Această publicație include și modificările descrierii,
revendicărilor și desenelor depuse conform art. 35
alin. (20) din HG nr. 547/2008

(54) METODĂ DE PRODUCERE DE SURSE RADIOACTIVE
ETALON VOLUMICE GAMA CU MATRICI NEOMOGENE
PRIN UTILIZAREA TEHNICILOR DE IMPRIMARE 3D
ȘI DE CONTAMINARE RADIOACTIVĂ STRATIFICATĂ
DIFERENȚIATĂ

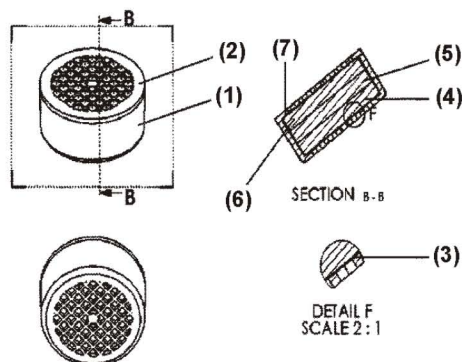
(57) Rezumat:

Invenția se referă la o metodă de producere a unor surse radioactive etalon prin utilizarea tehnicilor de imprimare 3D și de contaminare radioactivă stratificată, diferențiată. Folosind metoda conform invenției se obține o sursă etalon care simulează cât mai exact un filtru cu grafit activ de retenție a unui radionuclid în formă gazoasă, cuprinzând: un corp (1) al unei carcase din plastic, un capac (2) al carcasei din plastic, un filtru (3) de aerosoli plasat pe fundul carcasei, un prim strat (4) de grafit activ contaminat cu soluție radioactivă, la un nivel de contaminare de 62,57% din totalul soluției etalon, un al doilea strat (5) de grafit activ contaminat cu soluție radioactivă la un nivel de contaminare de 23,57% din totalul soluției etalon, un al treilea strat (6) de grafit activ contaminat cu soluție radioactivă la un nivel de contaminare de 13,86% din totalul soluției radioactive etalon și un alt filtru (7) de aerosoli plasat între grafitul activ și capacul (2) carcasei.

Revendicări inițiale: 2

Revendicări amendate: 1

Figuri: 1



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



NR. 0571/0809/2020
515/10.01.2020

METODA DE PRODUCERE DE SURSE RADIOACTIVE ETALON VOLUMICE GAMA CU MATRICI NEOMOGENE, PRIN UTILIZAREA TEHNICILOR DE IMPRIMARE 3D ȘI DE CONTAMINARE RADIOACTIVĂ STRATIFICATĂ DIFERENȚIATĂ

În ultimii 50 de ani, activitățile nucleare și radiologice din România au avut o dezvoltare foarte mare în majoritatea domeniilor de activitate. Dintre acestea, cele mai importante sunt: industria (domeniul energetic, control nedistructiv, controlul proceselor de producție și calității produselor); medicina (terapie, diagnostic, radiologie intervențională, sterilizarea instrumentalului medical); explorările geologice; educația și cercetarea; controlul preventiv la frontieră. Calitatea serviciilor și a produselor oferite, cât și o radioprotecție ridicată a populației, a expușilor profesionali și a mediului înconjurător sunt strâns legate de acuratețea și precizia măsurărilor radiologice implicate în activitățile specifice.

Măsurările de radioactivitate au o acuratețe și o precizie foarte ridicată dacă echipamentele folosite la măsurări sunt calibrate în aceeași geometrie (dacă nu poate fi efectuată în aceeași geometrie, trebuie aleasă o geometrie cât mai apropiată de geometria reală), matrice (matricea etalonului folosit trebuie să fie identică sau foarte apropiată de cea reală) și etaloanele folosite în calibrare trebuie să fie trasabile la un etalon primar național cu echivalență internațională sau direct la un etalon primar internațional. Aceste activități de calibrare sunt realizate de laboratoarele naționale de metrologie, care dețin de obicei metode și infrastructura necesară pentru etalonarea radionuclizilor și participă regulat la comparații internaționale de măsurare a radioactivității, pentru obținerea gradului de echivalență internațională.

Sursa radioactivă etalon este emițător de radiații ionizante, datorită conținutului de materiale radioactive, cu trasabilitate la un etalon primar de activitate recunoscut la nivel național sau internațional. Etalonul este un mijloc de măsurare destinat să definească, să realizeze, să conserve sau să reproducă unitățile de măsură, în scopul de a le transmite altor mijloace de măsurare. Etaloanele care prezintă cele mai înalte performanțe metrologice în domeniul respectiv sunt etaloane primare. Sursa radioactivă etalon este utilizată pentru transmiterea unității de măsură a activității mijloacelor de măsurare utilizate în domeniile de activitate enumerate mai sus.

O sursă radioactivă etalon are următoarele componente: suport fizic, matrice inactivă și soluția radioactivă etalon.

În cadrul **ramurii metrologia radiațiilor ionizante**, datorită multitudinii de radionuclizi existenți (având proprietăți fizico-chimice complexe și specifice) și a aplicabilităților extinse în domenii foarte variate, existența de standarde naționale de radioactivitate pentru fiecare dintre ele, presupune o activitate complexă și solicitantă. Următorul pas, cel al menținerii lanțului național de trasabilitate prin transferul unității de radioactivitate către utilizatorii finali, are propriile dificultăți caracteristice, ceea ce înseamnă că dezvoltarea și furnizarea de surse radioactive etalon de geometrii specifice nu este o sarcină ușoară.

Domeniul tehnic la care se referă invenția este metrologia radiațiilor ionizante.

În cadrul acestei invenții ne-am concentrat pe studierea și validarea adecvării utilizării tehnicilor de proiectare și imprimare 3D de ultimă generație în procesul de dezvoltare a surselor etalon de radioactivitate cu geometrie complexă. Geometria aleasă ca prototip a fost cea de tip

"filtru de prelevare efluenți gazoși radioactivi", care poate fi mai complexă decât altele, datorită diversității de forme, dimensiuni, structură interioară și conținut mixt de radionuclizi. Tehnicile de imprimare 3D oferă posibilitatea de a dezvolta surse etalon orientate spre „utilizatorul final” și o gamă aproape nelimitată de forme și dimensiuni, în funcție de caracteristicile imprimantei utilizate.

Din clasa "filtru de prelevare efluenți gazoși radioactivi", în realizarea acestui prototip a fost aleasă geometria unui filtru volumic cu cărbune activ de retenție a radionuclidului I-131 în formă gazoasă (tip TE1C produs de F&J SPECIALTY PRODUCTS, SUA). Acest filtru după contaminare cu efluent radioactiv gazos are ca și particularitate o distribuție spațială a activității volumice neomogenă, neomogenitate ce poate introduce erori foarte mari în măsurările de radioactivitate.

A fost aleasă ca prototip geometria filtru de prelevare efluenți gazoși pentru că acest tip de sursă etalon presupune o geometrie foarte complexă și o distribuție neomogenă, aspecte dificil de abordat. Prin validarea metodei de producere a sursei radioactive tip filtru de prelevare efluenți gazoși radioactivi utilizând tehnicile 3D de proiectare și imprimare a suportului sursei se validează și producerea unor surse mai puțin complexe din punct de vedere al geometriei sau al distribuției omogene a materialului radioactiv.

Invenția se concretizează în producerea de surse radioactive etalon volumice gama cu matrici neomogene obținute prin utilizarea tehnicilor de imprimare 3D și de contaminare stratificată diferențiată.

În țara noastră nu s-a utilizat până în prezent tehnica de proiectare și imprimare 3D pentru reproducerea unei geometrii volumice complexe și nici metoda de contaminare stratificată pentru simularea unei matrici radioactive neomogene în producerea surselor volumice etalon utilizate pentru calibrarea echipamentelor de măsurare a radioactivității.

Stadiul tehnicii

În prezent, în România se produc prin diverse metode tradiționale, ce nu implică utilizarea imprimării 3D și nici a contaminării neomogene stratificate, următoarele tipuri de surse radioactive etalon volumice:

- Soluții radioactive etalon ambalate în fiole din sticlă sau flacoane de 1 ml-10 ml, închise la flacără sau etanșate. Soluțiile sunt omogene, transparente, incolore și fără urme de precipitat sau formațiuni biologice. Acestea au activitatea și masa bine precizate. Aceste soluții radioactive etalon sunt utilizate pentru etalonarea calibratoarelor de radioizotopi, echipamente folosite în radioterapie.

- Surse etalon gama de activitate volumică sub forma unor cilindrii având substanța radioactivă distribuită uniform într-o matrice de: echivalent apă – tip V-XY-2G; sol – tip V-XY-2GS; zeolit – tip V-XY-2GZ. Aceste surse etalon sunt utilizate pentru calibrarea sistemelor spectrometrice gama, utilizate pentru măsurarea contaminării apei și soluțiilor apoase, contaminării solului și contaminării cerealelor.

Sursele menționate anterior au suportul fizic bazat pe o geometrie simplă (tip fiolă din sticlă sau plastic și cilindrii din Plexiglas) și activitatea volumică este distribuită omogen în matricile suport neradioactive.

Metoda adoptată în brevet presupune construirea, utilizând tehnica de proiectare și imprimare 3D, a unor ambalaje de geometrie volumică complexă a unui tip de filtru de prelevare a radioizotopului gazos I-131. Deasemenea, prin **metoda contaminării stratificată diferențială a grafitului activ** dezvoltată în acest brevet este simulată activitatea volumică neomogen distribuită a acestui tip de filtru.

2/7

Inventatori:

Ioan Mihail-Răzvan

Țugulan Cornel-Liviu

SECRET DE SERVICIU



Scopul invenției

În măsurările efectuate pentru protecția și remedierea mediului, protecția populației, protecția personalului expus profesional și managementul deșeurilor radioactive probele radioactive care trebuie măsurate, de cele mai multe ori, au geometrii de măsurare complexe și matricile radioactive neomogene. Pentru a putea acționa corect în aceste situații e foarte important să se evalueze foarte bine zonele contaminate și nivelul contaminării, expunerea populației și a personalului, iar în domeniul managementului deșeurilor radioactive este foarte important să cunoști activitatea unui deșeu, deoarece în funcție de valoarea acesteia se stabilesc metodele de tratare, condiționare și se ia decizia dacă deșeu radioactiv va fi stocat intermediar sau depozitat final.

Problema tehnică rezolvată: În foarte multe cazuri, geometriile de măsurare sunt complexe și radioactivitatea volumică nu este omogen distribuită în matricea probei care urmează a fi măsurată, iar erorile de măsurare cu un echipament calibrat cu surse volumice etalon, care nu au geometria și nici matricea radioactivă foarte apropiată cu cea a probei care se măsoară, pot fi foarte mari.

Scopul acestei invenții este de a produce surse volumice etalon cu activitatea distribuită neomogen pentru calibrarea echipamentelor de măsurare cu care trebuie să se măsoare filtre active de retenție a unui radionuclid gazos în geometrie complexă a cărei distribuție spațială a nivelului de retenție să fie furnizat de producător sau determinat de utilizator.

Proiectarea și imprimarea sursei volumice etalon

Sursa etalon pilot a fost creată pentru simularea cât mai exactă a unui filtru cu grafit activ de retenție a radionuclidului I-131 în formă gazoasă de tip TE1C produs de F&J SPECIALTY PRODUCTS, SUA. Au fost măsurate cotele suportului fizic (capac și corp) al filtrului și au fost proiectate cu programul SOLIDWORKS 2019. În Figura 1 sunt prezentate capacul și corpul suportului sursei volumice etalon pilot.

Părțile componente ale suportului sursei volumice etalon pilot au fost construite cu imprimanta 3D tip Form 2, producător Formlabs din SUA, cu rezoluția de imprimare de 100 μm. Materialul folosit la imprimare a fost transparent pentru a putea evalua cu o incertitudine foarte mică grosimea straturilor care vor fi contaminate.

Metoda simulării unei matrice neomogene prin contaminare stratificată diferențiată a matricei inactive a etalonului

Filtrul de prelevare a radionuclizilor gazosi tip TE1C produs de F&J SPECIALTY PRODUCTS, SUA are matricea radioactivă, reținută de carbunele activ, neomogenă. Curba de retenție a acestui filtru este furnizată de producător. Curba de retenție a unui radionuclid gazos a acestui tip de filtru este o curbă logaritmică. Curba de retenție este următoarea:

$$y = 0,942 * x^2 - 15,412 * x + 105,41 \quad (1)$$

Pentru a nu utiliza grafit cu proprietăți diferite de cel al filtrului de tip TE1C, la crearea sursei volumice etalon pilot a fost extras cărbunele activ dintr-un filtru nou (necontaminat). Deasemenea, din aceleași considerente, au fost folosite pentru construirea etalonului și cele două filtre de aerosoli din filtru desfăcut care sunt plasate între capacul tip grilă și stratul de carbon activ, respectiv între stratul de carbon activ și fundul tip grilă al filtrului. Înălțimea totală a stratului de carbon activ este de 21 mm. Pentru a simula retenția reală a radionuclidului gazos, stratul total de carbon a fost împărțit în trei substraturi de câte 7 mm fiecare. În Figura 1 este prezentată schița ansamblului, realizat cu ajutorul programului SOLIDWORKS 2019, din care este compus etalonul produs.

Sursa pilot (Figura 1), produsă prin tehnica 3D de proiectare și imprimare, este compusă din: corpul carcasei din plastic (1); capacul carcasei din plastic (2); filtrul de aerosoli plasat pe fundul carcasei (3); primul strat de grafit activ contaminat cu soluție radioactivă (4); al doilea strat de grafit activ contaminat cu soluție radioactivă (5); stratul trei de grafit activ contaminat cu soluție radioactivă (6); filtrul de aerosoli plasat între grafitul activ și capacul carcasei (7). Pentru simularea matricei radioactivă neomogenă a filtrului pilot, straturile de grafit activ au fost contaminate diferit, conform curbei de retenție furnizată de producător.

Efluentul gazos radioactiv intră în filtru prin capacul tip grilă și este evacuat prin fundul tip grilă. În continuare vom folosi următoarele denumiri:

- stratul I, pentru primul strat de 7 mm de carbon activ de la capacul filtrului;
- stratul II, pentru stratul din mijlocul filtrului;
- stratul III, pentru stratul din apropierea fundului filtrului.

Folosind curba de retenție furnizată de producător au fost calculate nivelele de contaminare pentru fiecare strat, și anume:

- pentru stratul I nivelul de contaminare este de 62,57% din totalul soluției radioactive etalon;
- pentru stratul II nivelul de contaminare este de 23,57% din totalul soluției radioactive etalon;
- pentru stratul III nivelul de contaminare este de 13,86% din totalul soluției radioactive etalon.

Pentru realizarea contaminării stratificate diferențiată a fost utilizată o soluție apoasă de Tc-99m. A fost ales acest radionuclid pentru că are un timp de înjumătățire foarte scurt și este ideal pentru astfel de teste, din punct de vedere al radioprotecției. Această soluție a fost etalonată cu instalația de etalonare în activitate a surselor și soluțiilor radioactive cu camera de ionizare sub presiune în geometrie $4\pi sr$ și electrometru din cadrul Institutului Național de Cercetare-Dezvoltare pentru Fizică și Inginerie Nucleară - Horia Hulubei (IFIN-HH), Laboratorul de Metrologia Radiațiilor Ionizante (LMRI). Această instalație este trasabilă la etalonul primar de activitate (deținut de același laborator) bazat pe metoda de etalonare absolută a surselor și soluțiilor radioactive prin metoda coincidentelor $4\pi PC-\gamma$, adică metoda care utilizează instalația care conține un detector proporțional (PC) cu geometrie de detecție 4π steradiani și un detector gama.

Pentru etalonarea soluției apoase radioactive de Tc-99m au fost efectuate 10 măsurări de fond. Media aritmetică a fondului a fost de 0,0883 pA.

Au fost testate camera de ionizare sub presiune în geometrie $4\pi sr$ și electrometru cu sursa test a instalației (Cs-137). În urma testului s-a stabilit că parametrii de funcționare a instalației sunt stabili.

A fost introdusă fiola cu soluția apoasă de Tc-99m în puțul camerei de ionizare cu ajutorul suportului cilindric. Au fost înregistrate 10 valori ale curentului (I_{tot}), a căror medie aritmetică este 176,9686 pA.

S-a calculat curentul de ionizare, $I = I_{tot} - I_F$ exprimat în pA. Fiind un radionuclid de viață scurtă s-a efectuat corecția de dezintegrare pe timpul măsurării.

Activitatea soluției, exprimată în Bq, a fost calculată cu relația:

$$A = I/K \quad (2)$$

Inventatori:

Ioan Mihail-Răzvan

Țugulan Cornel-Liviu

26

unde K este factorul de etalonare, determinat la calibrarea instalației pentru soluții apoase de Tc-99m în fiole de sticlă de 5 ml și are valoarea de 6,694. Valoarea rezultată pentru soluția apoasă de Tc-99m este de 226 MBq.

S-a extras aproximativ 0,265 ml din soluția etalonată pentru a obține o soluție apoasă de Tc-99m cu activitatea de 20 MBq. S-a adăgat apă distilată până la 5 ml, după care s-a omogenizat soluția care a fost folosită la contaminarea controlată a straturilor de carbon activ.

Au fost contaminate straturile de carbon activ cu soluția, a cărei preparare a fost descrisă mai sus, după cum urmează:

- Stratul III cu 0,1217 g din soluție;
- Stratul II cu 0,2096 g din soluție;
- Stratul I cu 0,5496 g din soluție.

Pentru cântărire a fost folosită Semi-microbalanța METTLER M5, METTLER TOLEDO MXS/M.

Activitatea totală a sursei etalon volumice pentru calibrarea instalațiilor cu care se măsoară filtrele pentru prelevare efluenți gazoși radioactivi a fost de $(4,58 \pm 0,07)$ MBq la data de 07.03.2019.

Validarea invenției folosind programe care au la bază simularea Monte Carlo

Metoda de construire a geometriei filtrului de prelevare efluenți gazoși radioactivi utilizând tehnica de proiectare și imprimare 3D și de simulare a unei distribuții spațiale neomogenă (mai exact având o distribuție spațială echivalentă cu o funcție logaritmică de la intrarea în filtru până la ieșirea din volumul activ al filtrului) a unui radionuclid a fost validată prin măsurarea etalonului cu un spectrometru gama de înaltă rezoluție cu detector Ge hiperpur și calcularea eficacității de detecție experimental, folosind valoarea activității sursei determinată în urma etalonării (corectată cu timpul de dezintegrare), comparată cu eficacitatea de detecție obținută prin folosirea unui program de calcul care are la bază simularea Monte Carlo.

Trasabilitatea a fost asigurată prin prepararea gravimetrică (utilizând aparate de cântărit cu precizie ridicată cu certificate de etalonare valabile) cu soluție radioactivă etalonată cu etalonul primar al României. Programul GESPECOR de modelări Monte Carlo a fost validat în laborator prin comparații ale unor calibrări cu alte surse etalon certificate în geometrii și radionuclizi diferiți și calibrări cu programul GESPECOR. Deasemenea, programul GESPECOR a fost validat internațional printr-un număr foarte mare de intercomparații efectuate de organisme internaționale care activează în domeniul metrologiei radionuclizilor (de exemplu, BIPM-EURAMET). Având în vedere cele relatate anterior, considerăm că folosirea programului GESPECOR pentru validarea metodei de producere a sursei etalon utilizând tehnica imprimării 3D și contaminarea diferențiată stratificată, are un nivel foarte ridicat de încredere.

Sistemul spectrometric gama de înaltă rezoluție de Ge hiperpur folosit la validarea metodei de producere a sursei etalon volumice cu distribuție spațială a activității radionuclidice neomogenă are următoarele părți componente:

- Detector semiconductor de germaniu hiper-pur (Ge HP), producător Canberra SUA, Model GC 2520, cu preamplificator încorporat tip iPA-SL.
- Amplificator model 2024, producător Canberra.
- Sursă de înaltă tensiune model 2861A (0-5kV), producător Canberra.
- Analizor multicanal model MP2-1E – Multiport II, Ethernet USB, producător Canberra.
- Ecran de plumb cu grosimea de 50 mm și folie de cupru cu grosimea de 3 mm.
- Software cu licență: Canberra S502C – GENIE 2000 Basic (cu USB GENIE software key).

Pentru calculul eficacității de detecție prin metode de simulare Monte Carlo a fost utilizat programul GESPECOR, versiunea 4.2.

Inventatori:

Ioan Mihail-Răzvan

Țugulan Cornel-Liviu

[Handwritten signatures]

Din motive de protecție a personalului, pentru proiectul pilot de producere a sursei volumice cu distribuție spațială neomogenă a fost folosit, pentru contaminarea carburului activ radionuclidul Tc-99m, deoarece acesta are linia energetică principală de emisie gama la o energie relativ mică (140,511 keV), timpul de înjumătățire scurt, iar soluția radioactivă poate fi achiziționată relativ ușor. Un alt motiv pentru care a fost folosit acest radionuclid este acela că pentru emisia radiației gama de la energia de 140,511 keV nu sunt necesare efectuarea corecțiilor de sumare prin coincidențe.

Pentru validarea acestei metode au fost achiziționate spectre la următoarele distanțe detector-sursă etalon: 200 mm, 300 mm, 400 mm și 500 mm. Au fost efectuate măsurări la diferite distanțe detector-sursă, deoarece o dată cu creșterea acestei distanțe, erorile de măsurare datorate matricei radioactive neomogene și de geometrie devin neglijabile.

În prima etapă au fost calculate eficacitățile de detecție pentru cele șase geometrii de măsurare. Formula de calcul a eficacității (ε) este:

$$\varepsilon = \frac{(A - A_F) \cdot F_D}{t \cdot s \cdot A}, \quad (3)$$

unde A este aria netă a peakului de la 140,511 keV, A_F este aria netă a aceluiași peak din spectrul de fond al instalației (dacă este cazul), t timpul de achiziție al spectrului (același pentru etalon și fond), F_D factorul de corecție pentru dezintegrarea radionuclidului în timpul achiziției, s este probabilitatea de emisie a radiației gama considerate, iar A este activitatea sursei etalon la momentul începerii măsurării. Rezultatele obținute în urma calibrării în eficacitate folosind sursa etalon produsă sunt prezentate în Tabelul 1.

Nr. crt.	Distanță etalon-detector (cm)	Radionuclid	Energie (keV)	Eficacitate de detecție, ε	Incertitudine eficacitate de detecție, u
1	50	Tc-99m	140,511	$3,50 \times 10^{-4}$	0,03
2	40	Tc-99m	140,511	$5,36 \times 10^{-4}$	0,05
3	30	Tc-99m	140,511	$9,10 \times 10^{-4}$	0,08
4	20	Tc-99m	140,511	$18,27 \times 10^{-4}$	0,17

Tabelul 1. Eficacitățile de detecție determinate cu sursa etalon produsă în acest brevet

Pentru validarea metodei de producere de surse radioactive etalon cu geometrii volumice complexe de tip filtru de prelevare efluenți gazoși radioactivi a fost utilizat programul GESPECOR, versiunea 4.2 care are la bază simulările de tip Monte Carlo. Rezultatele simulărilor efectuate pentru cele patru distanțe detector – etalon la energia de emisie gama de 140,511 keV a Tc-99m cu acest program sunt prezentate în Tabelul 2.

Abaterrea, E , dintre valoarea eficacității de detecție obținută cu sursa etalon produsă și programul GESPECOR de simulări Monte Carlo este calculată cu ecuația:

$$E = \frac{E_{f \text{ Sursă Etalon}} - E_{f \text{ GESPECOR}}}{E_{f \text{ GESPECOR}}} * 100. \quad (4)$$

Începând cu distanța detector – sursă volumică etalon de 30 cm abaterrea datorate neomogenității matricei radioactive sunt neglijabile. Diferența dintre eficacitățile obținute experimental cu cele teoretice pentru măsurările a căror distanțe detector – sursă sunt de 30 cm, 40 cm și 50 cm este foarte mică, practic țin de natura probabilistică a fenomenului de radioactivitate.

Nr. crt.	Distanță etalon-detector (cm)	Eficacitate de detecție determinată cu etalonul, ε	Incertitudine eficacitate de detecție determinată cu etalonul, u	Eficacitate de detecție determinată cu GESPECOR, ε	Incertitudine eficacitate de detecție determinată cu GESPECOR, u	Eroare, %
1	50	$3,50 \times 10^{-4}$	$0,03 \times 10^{-4}$	$3,46 \times 10^{-4}$	$0,05 \times 10^{-4}$	-0,35
2	40	$5,36 \times 10^{-4}$	$0,05 \times 10^{-4}$	$5,26 \times 10^{-4}$	$0,07 \times 10^{-4}$	0,16
3	30	$9,10 \times 10^{-4}$	$0,08 \times 10^{-4}$	$8,91 \times 10^{-4}$	$0,09 \times 10^{-4}$	0,17
4	20	$18,27 \times 10^{-4}$	$0,17 \times 10^{-4}$	$18,26 \times 10^{-4}$	$0,19 \times 10^{-4}$	-2,22

Tabelul 2. Abaterea dintre eficacitățile de detecție determinate cu sursa etalon și programul GESPECOR

În concluzie, se vede foarte clar că rezultatele obținute experimental sunt în perfectă concordanță cu cele teoretice (obținute în urma unor simulări de tip Monte Carlo).

Noutatea invenției

Cu ajutorul metodelor de imprimare 3D, în conformitate cu invenția prezentată, impedimente tehnologice, legate de geometria sursei și a matricii radioactive neomogene, sunt depășite, crescând precizia și reducând incertitudinile măsurărilor, menținându-se totodată și lanțul de trasabilitate metrologică. Deasemenea, până în acest moment în România nu a mai fost validată o metodă de producere a surselor etalon prin simulări de tip Monte Carlo.

Problema tehnică pe care o rezolvă

Calibrarea echipamentelor cu care erau măsurate aceste tipuri de filtre se efectuau cu surse etalon volumice în suport sursă cu geometrii cilindrice care nu aveau suprafețe tip grilă, iar matricea radioactivă era omogenă. Aceste diferențe introduceau erori foarte mari în procesul de măsurare a filtrelor volumice de prelevare a efluenților gazoși radioactivi. Prin această sursă etalon, pentru măsurările filtrelor de prelevare a efluenților gazoși radioactivi, trasabilitatea măsurărilor este asigurată în mod corect.

Avantaje

Folosind aceste surse etalon pentru calibrarea echipamentelor cu care se măsoară filtrele de prelevare a radionuclizilor gazoși este asigurată trasabilitatea măsurării în mod corect, iar aceasta are ca efect creșterea acurateții și preciziei măsurărilor.

Alte avantaje, extrem de importante, ale metodei de producere de surse radioactive etalon volumice gama cu matrici neomogene, prin utilizarea tehnicilor de imprimare 3D și de contaminare radioactivă stratificată diferențiată, sunt:

- poate fi utilizată pentru orice alt radionuclid;
- pot fi create rapid geometrii de etalonare extrem de complexe și dedicate fiecărei situații în parte;
- utilizând imprimanta 3D se micșorează timpul de expunere al personalului în timpul preparării și se micșorează riscul de contaminare a personalului;
- trasabilitatea metrologică este menținută și neîntreruptă datorită metodei de preparare gravimetrică (cu balanțe etalonate) și soluție etalon trasabilă la etalonul național.

NESECRET

SECRET DE SERVICIU

5/4 08.01.2020

REVENDICĂRI

NR. OSIN: 8/5/100120

B

1. Metoda de producere de surse radioactive etalon volumice gama cu matrici neomogene, prin utilizarea tehnicilor de imprimare 3D și de contaminare radioactivă stratificată diferențiată.

2. Tehnica de contaminare radioactivă stratificată diferențiată.

1/1

Inventatori:
Ioan Mihail-Răzvan
Tugulan Cornel-Liviu

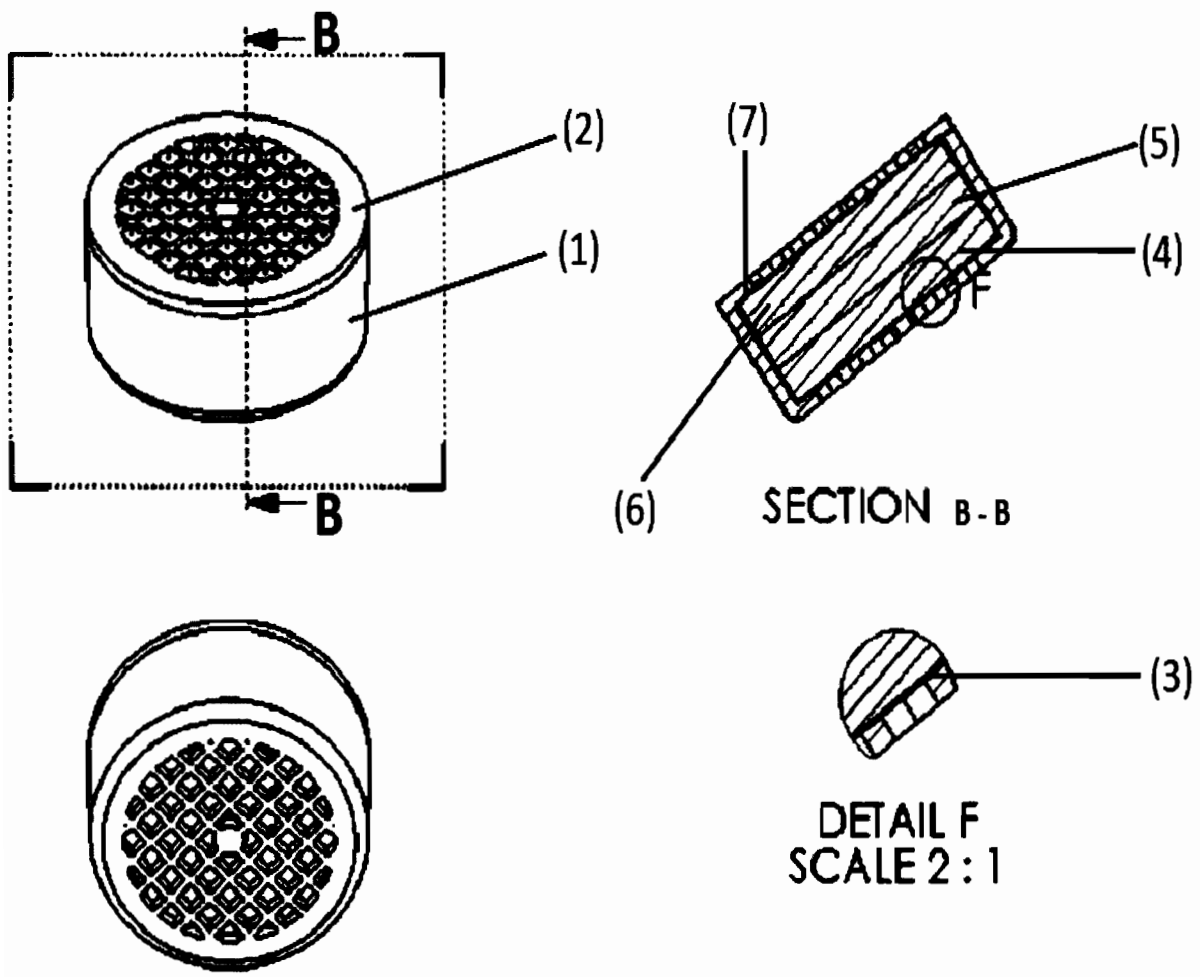


SECRET DE SERVICIU

SECRET

DESENE

NR. DESIN: S/5/10.PA.20 20



- Figura 1 -

- conținutul noi revendicari este: "Metoda de producere a unor surse radioactive etalon prin utilizarea tehnicilor de imprimare 3D și de contaminare radioactivă stratificată diferențiată care simulează cât mai exact un filtru cu grafit activ de retenție a unui radionuclid în formă gazoasă caracterizată prin aceea că producerea acestui tip de sursă implică realizarea următoarelor etape: proiectarea, imprimarea suportului (carcasa) sursei etalon, crearea sursei inactive (corp și capac carcasa din plastic, un filtru de retenție aerosoli plasat pe fundul carcasei, grafit activ de retenție a radionuclidului în formă gazoasă și un filtru de retenție aerosoli plasat între grafitul activ și capacul carcasei) și simularea matricei neomogene prin contaminare stratificată diferențiată a grafitului activ cu soluția radioactivă de interes (primul strat de grafit activ - nivel de contaminare de 62,57% din totalul soluției etalon, al doilea strat de grafit activ - nivel de contaminare de 23,57% din totalul soluției etalon și un al treilea strat de grafit activ - nivel de contaminare de 13,66% din totalul soluției etalon)."