



(12)

BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: **a 2011 00451**

(22) Data de depozit: **10/05/2011**

(45) Data publicării mențiunii acordării brevetului: **28/07/2017** BOPI nr. **7/2017**

(41) Data publicării cererii:
28/12/2012 BOPI nr. **12/2012**

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

(72) Inventatori:
• **CĂLIN MARIAN ROMEO,
ALEEA ATOMIȘTILOR NR.5, BL.6, SC.2,
PARTER, AP.18, MĂGURELE, IF, RO**

(56) Documente din stadiul tehnicii:
**RO 95874; FR 2105649; JPS 58174876 A;
RO 97352**

(54) **DETECTOR DE RADIAȚII IONIZANTE**



RO 128069 B1

1 Invenția se referă la un detector de radiații ionizante cu presiune, tip cameră de ionizare,
utilizat în măsurarea activității surselor de radiații, atât în câmpuri de radiații X și gama, cât și
3 pentru radiații alfa și beta, cu aplicații în dozimetrie, în analiza activării cu neutroni, în terapii
medicale, măsurări de tritium, și în controlul radiometric al mediului ambiant.

5 Sunt cunoscute detectoare de radiații ionizante de formă sferică care lucrează la
presiune atmosferică sau umplute cu gaze nobile la presiune.

7 După cum se cunoaște din teoria Bragg-Gray, pentru un astfel de detector sferic: (i)
curentul de ionizare este ceva mai mare decât cel precizat de teoria Bragg-Gray; (ii) există un
9 curent rezidual chiar și la presiune zero în detector; (iii) panta curbei curentului de ionizare la
presiuni scăzute este mai mică decât cea la presiune atmosferică; (iv) curbele de saturație ale
11 camerelor sferice la presiuni joase sunt adesea asimetrice, etc.

13 Se cunoaște, din stadiul tehnicii, o structură de cameră de ionizare gama sferică
(**RO 95874**), care se referă la măsurarea debitelor de expunere gama, formată din două camere
de ionizare concentrice, care măsoară pe două domenii diferite. Dezavantajele acestei soluții
15 constau în faptul că aceste camere măsoară doar debitul de expunere gama, și trebuiesc
calibrate periodic pe cele două intervale de măsură, structura este de dimensiuni foarte mari,
17 iar trecerea de la o cameră de ionizare la alta necesită modificări legate de structura internă și
geometrică a detectoarelor, precum și a electronicii aferente de măsurare.

19 Menționăm, de asemenea, cercetările în domeniu efectuate de: **F. Verhaegen, E. van
Dijk, et Al.** (***“Calibrarea activității reduse în brahiterapie în ceea ce privește rata de
21 referință a kermei în aer în camere de ionizare sferice de volum mare”***); **J. W. Boag**
(***“Camere de ionizare sferice de mare intensitate”***); **S. Kondo, M. L. Randolph** (***“Efectul
23 dimensiunii finite în camere de ionizare sferice pentru măsurări ale surselor fotonice
mici”***); **Carlos A.** (***“Cameră de ionizare sferică pentru numărarea nivelului scăzut de
25 tritium”***); **Harald H. Rossi** (***“Dispozitiv pentru măsurarea dozei în funcție de ionizarea
specifică”***); **Ellen A. Sprinkle and P. A. Tate** (***“Curbe de saturație în camere de ionizare
27 sferice și cilindrice”***); **F. Hoenen** (***“Camere de ionizare sferice cu rezoluție îmbunătățită
de energie pentru spectroscopie de neutroni”***), etc.

29 Dezavantajul soluțiilor cunoscute rezidă în utilizarea unor tehnologii și materiale foarte
costisitoare și în imposibilitatea reparării și recondiționării cu ușurință a acestora. Un alt
31 dezavantaj este tehnologia grea de realizare a formei sferice a detectorului pentru dimensiuni
mari.

33 Problema tehnică pe care o rezolvă invenția constă în mărirea sferei de detecție,
creșterea sensibilității gradului de detecție a surselor de radiații, și posibilitatea reparării și
35 recondiționării cu ușurință a echipamentului de detecție.

37 Invenția prezintă detectorul cu presiune tip cameră de ionizare, de formă sferică, etanș,
în care mediul ionizabil din volumul sensibil este un gaz nobile (Argon, Kripton sau Xenon), la
diverse presiuni, în funcție de natura gazului, de condițiile de măsurare date și de aplicația la
39 care este folosit.

41 Detectorul conform invenției are o formă rotundă și este constituit dintr-un cadru suport
din oțel inox cu rol de montare și susținere a acestuia, un capac al camerei de ionizare format
din două semisfere cuplate etanș și care reprezintă invelișul exterior al detectorului, etanșarea
43 celor două semisfere ale capacului camerei realizându-se cu o garnitură sau inel O-ring de
etanșare, realizat din cauciuc siliconic, strângerea făcându-se mecanic, un electrod colector
45 pentru preluarea sarcinii electrice din volumul sensibil, solidar cu capacul camerei și cu o calotă
sferică, un robinet cu ac, montat pe capacul camerei, prin care se videază și/sau se introduc
47 în cameră gaze nobile de umplere, un manometru cu intervalul de măsură 0...10 bari, montat

RO 128069 B1

tot pe capacul camerei, necesar pentru măsurarea presiunii gazului de umplere, niște piese izolatoare din teflon cu rezistivitate electrică foarte mare ($\rho \geq 10^{16} \Omega \cdot \text{cm}$) care izolează elementele electrice, o calotă sferică care delimitează volumul sensibil al detectorului, un electrod de tensiune, solidar cu calota sferică, pe care se aplică o tensiune înaltă, electrodul colector și electrodul de tensiune fiind montați într-un corp al camerei, de formă cilindrică, pentru protejarea de exterior, și un inel suport pe care se montează sursele radioactive care trebuie măsurate și caracterizate.	1 3 5 7
Forma sferică a detectorului prezintă următoarele avantaje:	
- asigură simetria volumului de măsurare;	9
- asigură rezistența mecanică necesară pentru umplerea detectorului la presiuni suficient de mari (până la 8 atm);	11
- permite atingerea regimului de saturație în funcționarea detectorului, la valori relativ mici, ale tensiunii de polarizare, în condițiile apariției unei densități mari de sarcină de ionizare, datorită presiunii ridicate a gazului de umplere;	13
- creează uniformitatea câmpului electric în volumul sensibil al detectorului.	15
Detectorul tip cameră de ionizare, conform invenției, realizat în varianta prezentată, are următoarele avantaje:	17
- asigură o mare fiabilitate a detectorului în timp;	
- asigură o stabilitate foarte bună în timp;	19
- sensibilitate de detecție mare pentru un volum sensibil relativ mic;	
- creșterea sensibilității cu presiunea și tipul gazului de umplere;	21
- posibilitatea de schimbare a formei geometrice a electrodului colector, pentru uniformitatea câmpului electric intern și o mai bună colectare a sarcinilor din volumul sensibil;	23
- preț de cost scăzut, la o precizie foarte mare de măsurare, datorat materialelor, tehnologiilor de realizare folosite, și a metodelor de măsurare aplicate;	25
- în geometria prezentată în cadrul invenției, detectorul poate reprezenta un etalon primar sau secundar, pentru măsurarea în câmp de radiații;	27
- în caz de defectare, este posibilă aducerea la parametrii funcționali inițiali prin reparare-recondiționare;	29
- stabilitatea în timp a detectorului este foarte bună, construcția și realizarea lui este relativ ușoară, iar domeniile de aplicabilitate sunt multiple;	31
- posibilitatea utilizării acestui tip de detector și în regim diferențial (sau de impulsuri), care permite mărirea numărului de variante constructive și extinderea domeniului de utilizare;	33
- rezultatele obținute sunt în concordanță cu datele experimentale din literatura de specialitate.	35
În conformitate cu condițiile tehnice și tehnologice inițiale impuse, se prezintă, în continuare, un exemplu de realizare a detectorului conform invenției, în legătură cu fig.1...3, care reprezintă:	37
- fig. 1, secțiune prin detectorul de radiații cu presiune tip cameră de ionizare;	39
- fig. 2, schema de principiu a detectorului cu gaz sub presiune;	
- fig. 3, schema bloc de măsură a detectorului cu gaz sub presiune.	41
Detectorul conform invenției este alcătuit (fig. 1) din următoarele componente: cadrul suport 1 , cu rolul de montare și susținere a detectorului, electrodul colector 2 , care preia sarcina electrică din volumul sensibil și care este solidar cu capacul camerei 5 și cu calota sferică 7 , robinetul cu ac 3 montat pe capacul camerei 5 , prin care se vedează sau se introduc în cameră gaze nobile de umplere, manometrul 4 cu intervalul de măsură 0...10 bari, montat pe capacul exterior al detectorului, necesar pentru măsurarea presiunii gazului de umplere, capacul camerei 5 , care este format din două semisfere cuplate etanș și reprezintă învelișul exterior al	43 45 47

RO 128069 B1

1 detectorului, izolatorii din teflon cu rezistivitate electrică foarte mare ($\rho \geq 10^{16} \Omega \cdot \text{cm}$) **6**, **8** și **9**
2 sunt electrozi de trecere și izolează elementele electrice (electrodul de tensiune și electrodul
3 colector) de masa detectorului, calota sferică **7** reprezintă interiorul detectorului și delimitează
4 volumul sensibil al acestuia, electrodul de tensiune **10**, pe care se aplică înalta tensiune de
5 alimentare, corpul camerei **11**, este de formă cilindrică și, în interiorul acestuia, sunt montați
6 electrodul de tensiune **10** și electrodul colector **2**, un robinet de dozare a gazului sub presiune,
7 un microîntrerupător și doi conectori de tensiune tip BNC care delimitează bornele celor doi
8 electrozi **2** și **10**, și inelul suport sursă radioactivă **12**, pe care se montează sursele radioactive
9 care trebuiesc măsurate și caracterizate. Etanșarea capacului pe corpul camerei se realizează
10 cu o garnitură sau inel "O" (O-ring de etanșare) realizat din cauciuc siliconic special, strângerea
11 făcându-se cu șuruburi, șaibe și piulițe.

12 În fig. 2 este prezentată schema de principiu a detectorului cu gaz sub presiune sau
13 schema electrică, în care apare detectorul cu toate componentele sale într-o schemă electrică
14 cu un întrerupător **b**, doi conectori coaxiali priză și fișă pentru aplicarea înaltei tensiuni **C₁** și **C₂**,
15 cu rol de aplicare sau întrerupere a tensiunii de alimentare a detectorului, doi conectori coaxiali
16 priză și fișă normali **C₃** și **C₄** care pun la masă carcasa detectorului, electrodul **10** de tensiune,
17 pe care se aplică tensiunea de alimentare, electrodul **2** colector, de pe care se colectează
18 sarcina electrică formată în volumul sensibil și care dă curentul de ionizare, manometrul **4**
19 necesar măsurării presiunii gazului de umplere, robinetul **3** de umplere necesar pentru vidarea
20 sau umplerea cu gaze nobile ale detectorului, sursa **SIT** de înaltă tensiune, care se aplică pe
21 electrodul de tensiune al detectorului, un electrometru **E** programabil KEITHLEY, cu care se
22 măsoară curenții de scurgere ai detectorului, și sursa radioactivă **S**, care se introduce în
23 interiorul detectorului pentru măsurare și analiză.

24 În fig. 3 este prezentată schema bloc de măsură a principalelor caracteristici tehnico-
25 funcționale ale detectorului cu gaz sub presiune. Ea este formată din: detector, sursă de înaltă
26 tensiune, voltmetru electrostatic, electrometru programabil, interfață și computer.

27 Potrivit invenției, funcționarea detectorului se bazează pe colectarea sarcinilor electrice
28 din volumul sensibil, produse sub forma unui curent de ionizare, în câmp electric, obținute din
29 interacția radiațiilor ionizante produse de o sursă radioactivă cu gazul din volumul sensibil al
30 detectorului. Acest curent de ionizare este proporțional cu activitatea sursei radioactive ce se
31 măsoară, și este preluat și prelucrat prin intermediul electronicii aferente asociate. Capacul
32 detectorului este de formă semisferică, pe care este montat un manometru de măsurare a
33 presiunii gazului nobil din interiorul detectorului. Detectorul se vedează, inițial, cu o instalație
34 specială, după care se umple cu gaz nobil la presiune (Ar, Kr sau Xe, în funcție de aplicații), iar
35 etanșarea capacului pe corpul camerei se realizează cu un inel "O" (O-ring) din cauciuc
36 siliconic, strângerea făcându-se mecanic.

37 Conform invenției, se prezintă, în continuare, un exemplu/set de rezultate obținute cu
38 acest tip de detector, la radiații gama, sub forma unor caracteristici tehnico-funcționale, în
39 condiții normale de încercare:

Curentul mediu de scurgere al camerei de ionizare la tensiunea $U = -2000 \text{ V}$:

$$41 \quad \bar{I}_{\text{scurgere}/-1600\text{V}} = 4 \times 10^{-14} \text{ A} \pm 5\%$$

43 cu deviația standard: $\sigma_I = 0,346 \times 10^{-14} \text{ A}$ (pentru un număr de $n = 200$ valori ale curentului de
44 scurgere); $\sigma_{\text{rel}} = \sigma_I / \bar{I}_{\text{scurgere}} = 0,0865$;

RO 128069 B1

Palierul curbei caracteristice I-V, este cuprins între: -1200...-3000 V ± 10%;	1
Variația relativă a curentului de ionizare în prezența unei surse de radiații de ^{241}Am , cu $\Lambda = 600 \text{ mCi} \pm 10\%$ ($2,22 \times 10^{10} \text{ Bq} \pm 10\%$): $\bar{I}_{\text{ioniz.}} = 2,12 \times 10^{-13}$	3
A ± 10%; la tensiunea U = -2000 V, cu deviația standard $\sigma_I = 0,143 \times 10^{-13} \text{ A}$ (pentru n = 200 de măsurări). Considerând un nivel de încredere: $P^\circ = 95\%$, pentru n = 200 de valori și k = 2,09, $\bar{I}_{\text{ioniz.}} = [4,24 \pm 0,143] \times 10^{-13} \text{ A}$;	5
Variația relativă a curentului de ionizare, cu tensiunea de polarizare, în intervalul: -1200...-2000 V: $\Delta I/I_0 = 0,1\%$;	7
Tensiunea nominală de lucru: -2000 V ± 10%;	9
Presiunea gazului de umplere: 5...8 atm;	
Volum sensibil: aproximativ 5 l;	
Panta palierului curbei caracteristice definită ca: $\left(\frac{\Delta I}{\Delta U}\right)_x = ct. \leq 10^{-14} \text{ A} / 100\text{V}$	11

RO 128069 B1

Revendicare

1
3
5
7
9
11
13
15
17
19

Detector de radiații ionizante cu presiune, **caracterizat prin aceea că**, în vederea creșterii sensibilității gradului de detecție, concomitent cu mărirea sferei de detecție a surselor de radiații, are o formă rotundă și este constituit dintr-un cadru **(1)** suport, din oțel inox, cu rol de montare și susținere a acestuia, un capac **(5)** al camerei de ionizare, format din două semisfere cuplate etanș și care reprezintă invelișul exterior al detectorului, etanșarea celor două semisfere ale capacului **(5)** camerei realizându-se cu o garnitură sau inel O-ring de etanșare, realizat din cauciuc siliconic, strângerea făcându-se mecanic, un electrod **(2)** colector pentru preluarea sarcinii electrice din volumul sensibil, solidar cu capacul **(5)** camerei și cu o calotă **(7)** sferică care delimitează volumul sensibil al detectorului, un robinet **(3)** cu ac, montat pe capacul **(5)** camerei, prin care se vedează și/sau se introduc în cameră gaze nobile de umplere, un manometru **(4)** cu intervalul de măsură 0...10 bari, montat tot pe capacul **(5)** camerei, necesar pentru măsurarea presiunii gazului de umplere, niște piese **(6, 8 și 9)** izolatoare din teflon, cu rezistivitate electrică foarte mare ($\rho \geq 10^{16} \Omega \cdot \text{cm}$), care izolează elementele electrice, un electrod **(10)** de tensiune solidar cu calota **(7)** sferică, pe care se aplică o tensiune înaltă, electrodul **(2)** colector și electrodul **(10)** de tensiune fiind montați într-un corp **(11)** al camerei, de formă cilindrică, pentru protejarea de exterior, și dintr-un inel **(12)** suport, pe care se montează sursele radioactive care trebuie măsurate și caracterizate.

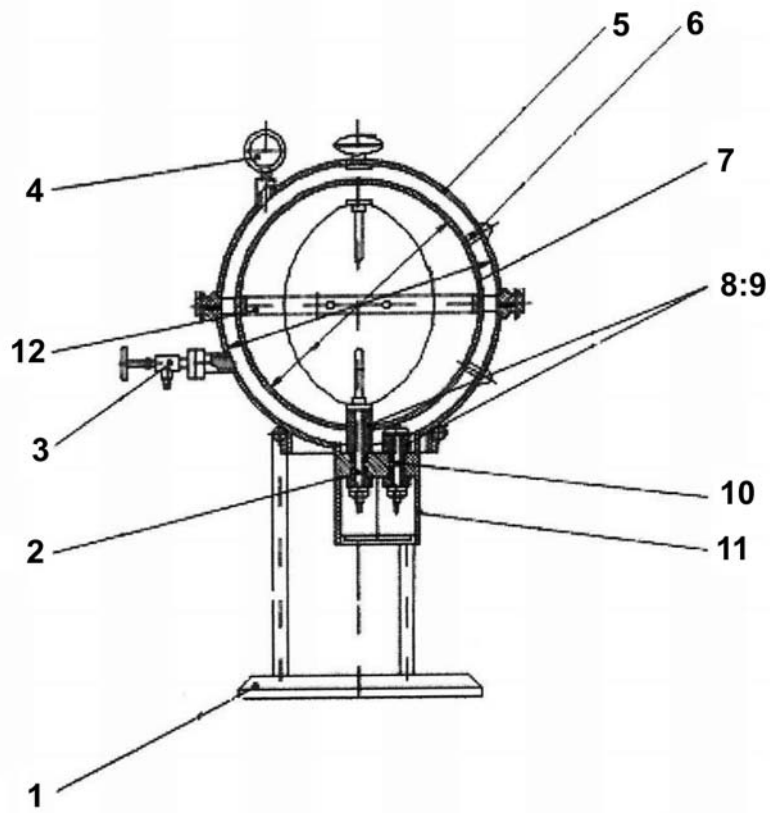


Fig. 1

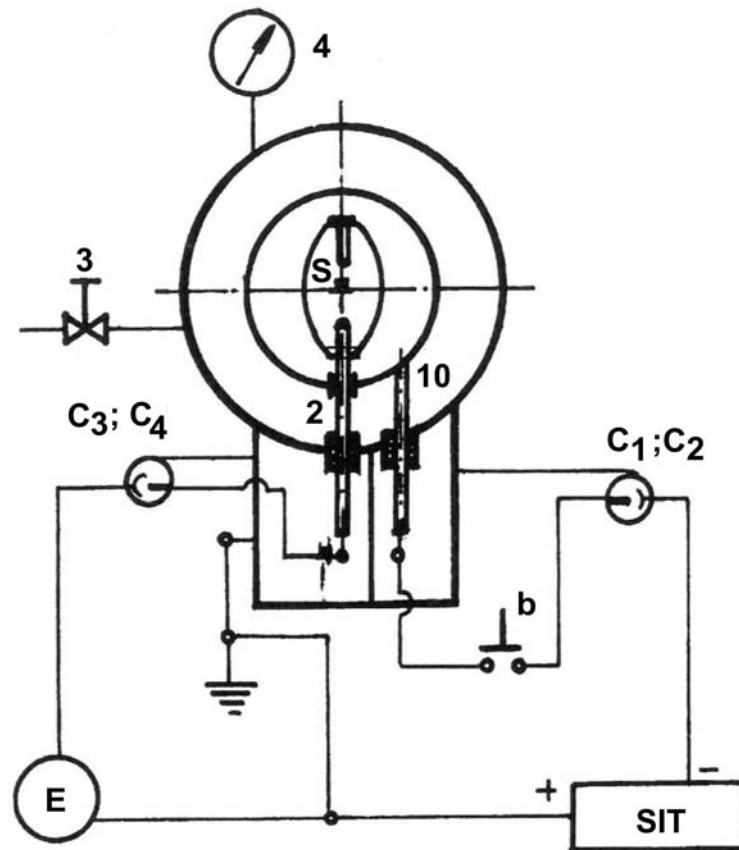


Fig. 2

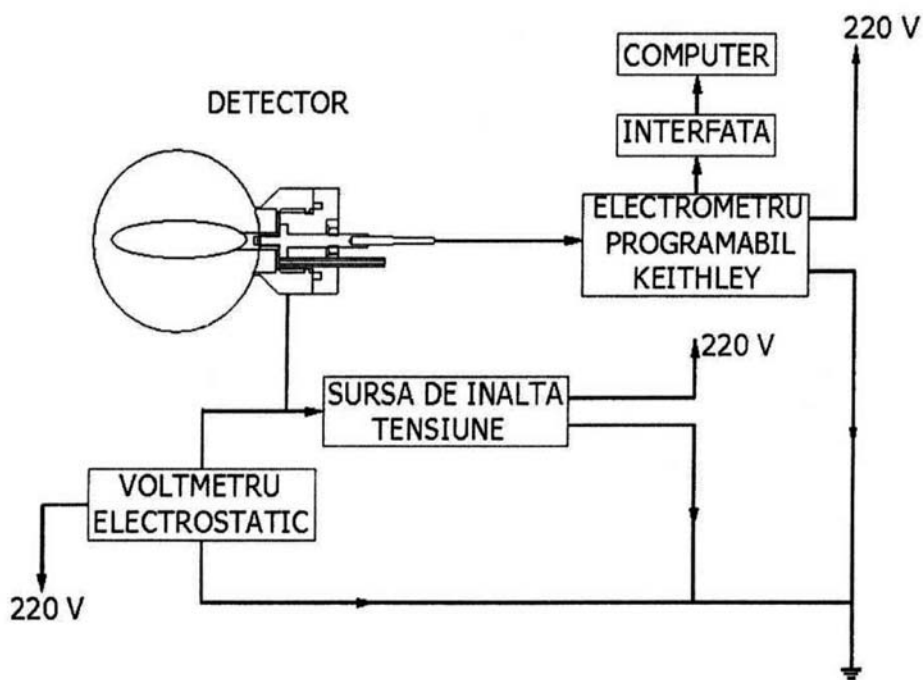


Fig. 3