



(12) **CERERE DE BREVET DE INVENȚIE**

(21) Nr. cerere: **a 2018 00289**

(22) Data de depozit: **24/04/2018**

(41) Data publicării cererii:  
**28/02/2020** BOPI nr. **2/2020**

(71) Solicitant:  
• **INSTITUTUL NAȚIONAL DE  
CERCETARE-DEZVOLTARE PENTRU  
FIZICA LASERILOR, PLASMEI ȘI  
RADIĂȚIEI-INFLPR, STR.ATOMIȘTILOR  
NR.409, MĂGURELE, IF, RO**

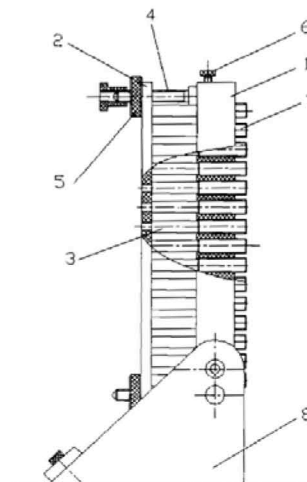
(72) Inventatori:  
• **BRAȘOVEANU MARIANA MIRELA,  
STR.CPT.N.LICĂREȘ NR.1, BL.33 B, SC.A,  
AP.40, SECTOR 3, BUCUREȘTI, B, RO;**  
• **NEMȚANU MONICA-ROXANA,  
BD.TINERETULUI NR.45, BL.54, SC.A, ET.8,  
AP.34, SECTOR 4, BUCUREȘTI, B, RO;**  
• **MATEI CONSTANTIN, STR.NUCȘOARA  
NR.5, BL.38, SC.1, ET.3, AP.12, SECTOR 6,  
BUCUREȘTI, B, RO**

(54) **SISTEM PENTRU MĂSURĂRI DE DOZĂ ȘI DE DISTRIBUȚIE  
DE DOZĂ ÎN FASCICULE INTENSE DE RADIAȚII**

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un sistem utilizabil pentru măsurări de doză absorbită și distribuție de doză în fascicule intense de radiații. Sistemul, conform invenției, cuprinde o celulă dozimetrică formată dintr-un tub de sticlă închis la un capăt, cu diametrul exterior de 15 mm și înălțime corespunzătoare parcursului util al electronilor în soluția dozimetrică și dintr-un capac cu grosimea de câțiva microni, din folie de mică naturală, poliester sau polistiren, și un dispozitiv pentru poziționarea celulelor dozimetrice, cuprinzând o placă suport superioară, un ansamblu de extragere a celulelor dozimetrice și un suport de poziționare, sistemul putând fi utilizat atât în plan vertical, cât și în plan orizontal.

Revendicări: 4  
Figuri: 4

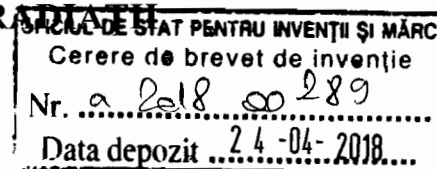


(b)  
**Fig. 2**

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).



## SISTEM PENTRU MĂSURĂRI DE DOZĂ ȘI DE DISTRIBUȚIE DE DOZĂ ÎN FASCICULE INTENSE DE RADIAȚII



Invenția de față descrie un sistem utilizabil în măsurări de doză absorbită și distribuție de doză în câmpuri de electroni accelerați cu energie  $\geq 3\text{MeV}$ , în plan vertical și/sau orizontal, constituit dintr-un tip de celulă din sticlă și un dispozitiv de poziționare a celulelor.

Iradierile în fascicule intense de electroni au devenit o practică răspândită în lume, dezvoltându-se în centre de iradiere special amenajate, fiind utilizate în multiple domenii de activitate economică și socială: tratamente medicale, în cercetare, în realizarea de noi materiale cu proprietăți îmbunătățite (electrotehnică, chimia polimerilor, electronică, sterilizarea materialelor medicale și de unică folosință, în industria alimentară și agricultură, în obținerea unor cristale cu proprietăți speciale).

Dozimetria are un rol important în procesele de iradiere prin măsurarea dozei absorbite de către materialul supus procesării, determinarea distribuției dozei în suprafața de iradiere și controlul de rutină al procesului de iradiere [1]. Metodele dozimetrice pot fi chimice – bazate pe sisteme lichide sau solide – sau fizice precum calorimetria ori ionizarea indusă. Dozimetria chimică în mediu lichid este una dintre cele mai utilizate metode, fiind foarte utilă în măsurătorile de energie absorbită din câmpul de radiație întrucât lichidul poate lua orice formă cu scopul de a măsura energia medie absorbită în acel volum [2]. Fiolele utilizate pentru soluțiile dozimetrice sunt, în general, din sticlă de tip Pyrex sau cuarț, fiind preferate din motive de „curățenie” chimică, cu toate că utilizarea lor introduce material cu număr atomic mai mare decât cel al apei sau a țesutului în contact cu soluția dozimetrică și astfel conduce la probleme „de frontieră” [3]. Pot fi utilizate, de asemenea, și celule de polietilenă care conferă o bună omogenitate sistemului dozimetric [3]. Dimensiunile fiolelor dozimetrice trebuie să asigure o omogenitate rezonabilă a distribuției de doză în interiorul lor [4].

Scopul invenției constă în realizarea unui tip de celulă dozimetrică și a unui dispozitiv de poziționare a celulelor dozimetrice, utilizabile în măsurări de doză absorbită și distribuție de doză în câmpuri de electroni accelerați cu energie  $\geq 3\text{MeV}$ , atât în plan vertical, cât și orizontal.

Celula dozimetrică propusă, conform invenției, este realizată dintr-un tub de sticlă închis la un capăt (1) și un capac (2) conform Fig. 1, permițând efectuarea de măsurări precise, reproductibile și o manipulare lejeră și sigură. Tubul de sticlă are un diametru exterior  $\Phi=15$  mm cu grosimea peretelui  $d=1$  mm și înălțime,  $H$ , corespunzătoare parcursului util al electronilor în soluția dozimetrică, adică parcursul la care doza de ieșire este egală cu doza de intrare în soluția dozimetrică. Parcursul util exprimat în mm pentru iradierea pe o singură față [5] se calculează pe baza relației (1), ținându-se seama de energia cinetică  $E$  a electronilor accelerați (MeV) și densitatea soluției dozimetrice,  $\rho$  ( $\text{g}/\text{cm}^3$ ):

$$R_u = \frac{0,4 \cdot E - 0,2}{\rho} \quad (1)$$

În Tabelul 1 sunt prezentate valorile înălțimii tubului de sticlă recomandate pentru diferite energii ale unui fascicul de electroni. Aceste valori sunt determinate pe baza valorilor parcursului util calculate cu relația (1) pentru o soluție dozimetrică Fricke cu  $\rho=1,024$   $\text{g}/\text{cm}^3$  la  $25^\circ\text{C}$  [6].

**Tabelul 1.** Înălțimi tub de sticlă în funcție de energia electronilor

Energie fascicul de electroni, $E$ [MeV]	Înălțime tub sticlă, $H$ [mm]
3	11,0
4	15,0
6	23,0
8	31,0
10	38,0

Acoperirea celulei, după umplerea tubului cu soluție dozimetrică aproape de revărsare, se realizează cu un capac subțire din folie de mică naturală, poliester sau polistiren, având grosimea de câțiva microni, realizat prin ștanțare. Diametrul capacului nu trebuie să depășească diametrul exterior al celulei pentru a se asigura astfel o manipulare lejeră a celulei. Lichidul din interior nu se revărsă prin răsturnarea celulei datorită tensiunilor superficiale create. Pierderea de energie în grosimea căpăcelului celulei reprezintă mai puțin de 0,1% din energia medie a electronilor.

Dispozitivul pentru poziționarea celulelor dozimetrice în câmp de radiații (Fig. 2), conform invenției, din punct de vedere constructiv, se compune din: placă suport superioară, ansamblu extragere celule dozimetrice și suport de poziționare. Elementele constitutive ale ansamblului de extragere sunt: placă inferioară, limitatoare, picioare, piulițe de reglaj și șuruburi de blocare. Dispozitivul se realizează din materiale rezistente la radiații ionizante și care să nu perturbe semnificativ câmpul de radiații cum ar fi polietilenă, lemn, polistiren, plexiglas sau sticlotehtolit.

Placa suport superioară poate avea dimensiuni exterioare diferite, în funcție de tipul și numărul celulelor dozimetrice folosite. În placă se practică găuri cu diametru  $\Phi_1 = \Phi + 0,1$  mm a căror adâncime va fi cu 1-2 mm mai mică decât înălțimea celulei  $H$ , pentru a realiza un prag de susținere a celulelor pentru situația în care nu se folosește ansamblul de extragere celule dozimetrice. În pragul de susținere, coaxial cu găurile menționate, se practică găuri cu diametru  $\Phi_2 = 12$  mm prin care vor trece limitatoarele de poziționare și scoatere.

În placa inferioară se practică găuri cu diametru  $\Phi_3 = 8$  mm, în corespondență cu găurile cu diametru  $\Phi_1$  din placa superioară, și în care vor fi blocate limitatoarele prin presare, lipire sau filetare. Grosimea acestei plăcii este de maxim 10 mm.

Limitatoarele în număr egal cu cel al celulelor dozimetrice au rol în poziționarea și împingerea acestora din placă pentru a putea fi scoase.

Dispozitivul este prevăzut cu 4 picioare filetate, blocate cu câte un șurub în placa suport superioară. Cu ajutorul piulițelor de reglaj montate pe fiecare picior, placa inferioară și, implicit, limitatoarele se vor deplasa pe verticală asigurând poziția optimă a celulelor în dispozitiv.

Suportul de poziționare asigură fixarea plăcilor în plan vertical.

Dispozitivul pentru poziționarea celulelor dozimetrice în câmp de radiații, conform invenției, poate fi utilizat în poziția dorită în câmpul de radiații, atât în plan vertical, cât și în plan orizontal.

### ***EXEMPLUL 1: Iradiere în câmp de electroni accelerați în poziție verticală***

Pentru determinarea distribuției de doză într-un plan perpendicular pe direcția unui fascicul orizontal de electroni accelerați cu energie medie de 6,23 MeV, la distanța de 150 cm față de fereastra de ieșire a acceleratorului, a fost ales dozimetrul Fricke.

Soluția dozimetrică Fricke ( $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2$  0,001 M, NaCl 0,001 M și  $\text{H}_2\text{SO}_4$  0,4 M) s-a obținut în apă dublu distilată conform standardului în vigoare [6].

Pentru măsurările dozimetrice s-au folosit celule de sticlă, conform invenției, cu diametrul exterior  $\Phi=15$  mm, grosimea peretelui  $d=1$  mm și înălțimea  $H=24$  mm. Celulele cu soluție dozimetrică au fost așezate într-un suport, conform invenției, cu o distribuție pe 11 coloane și 7 rânduri, acoperind o suprafață de 21,5 cm x 13,5 cm. Iradierile s-au efectuat la temperatura camerei și presiune ambientă, în fascicul de electroni orizontal cu un curent mediu de 5  $\mu\text{A}$ , un timp adecvat pentru a atinge nivelul de doză caracteristic dozimetrului.

După iradiere s-a determinat spectrofotometric lungimea de undă a peak-ului de absorbție al soluției iradiate, 303 nm, după care a fost măsurată absorbanta probelor iradiate față de proba martor. Calculul dozei absorbite s-a efectuat standardului în vigoare [6].

Distribuția de doză obținută experimental utilizând sistemul constituit din celule dozimetrice și un suport de poziționare a acestora, conform invenției, este prezentată în Fig. 3.

### ***EXEMPLUL 2: Iradiere în câmp de electroni accelerați în poziție orizontală***

Pentru determinarea distribuției de doză într-un plan perpendicular pe direcția unui fascicul vertical de electroni accelerați cu energie medie de 6,23 MeV, la distanța de 60 cm față de fereastra de ieșire a acceleratorului a fost ales dozimetrul Fricke.

Soluția dozimetrică Fricke ( $\text{Fe}(\text{NH}_4)_2(\text{SO}_4)_2$  0,001 M, NaCl 0,001 M și  $\text{H}_2\text{SO}_4$  0,4 M) s-a obținut în apă dublu distilată conform standardului în vigoare [6].

Pentru măsurările dozimetrice s-au folosit celule de sticlă, conform invenției, cu diametrul exterior  $\Phi=15$  mm, grosimea peretelui  $d=1$  mm și înălțimea  $H=24$  mm. Celulele cu soluție dozimetrică au fost așezate într-un suport, conform invenției, cu o distribuție pe 15 coloane și 8 rânduri, acoperind o suprafață de 29,5 cm x 15,5 cm. Iradierile s-au efectuat la temperatura camerei și presiune ambientă, în fascicul de electroni vertical obținut prin deflexie magnetică cu un curent mediu de 2  $\mu\text{A}$ , un timp adecvat pentru a atinge nivelul de doză caracteristic dozimetrului.

După iradiere s-a determinat spectrofotometric lungimea de undă a peak-ului de absorbție al soluției iradiate, 303 nm, după care a fost măsurată absorbanța probelor iradiate față de proba martor. Calculul dozei absorbite s-a efectuat standardului în vigoare [6].

Distribuția de doză obținută experimental utilizând sistemul constituit din celule dozimetrice și un suport de poziționare a acestora, conform invenției, este prezentată în Fig. 4.

### Bibliografie

1. Dosimetry for Food Irradiation – Technical Reports Series No. 409, p. 9, I.A.E.A., Vienna, 2002
2. O. Moussous, K. Yahiche, T. Medjadj, Study of the metrological characteristics of the FBX dosimeter in the photon beam using a secondary standard, Proceedings of the 6<sup>th</sup> Conference on Nuclear and Particle Physics, pp 477-484, Luxor, Egypt, 17-21 Nov. 2007
3. J.R. Greening, “*Fundamentals of radiation dosimetry*”, 2<sup>nd</sup> ed., p. 128, Taylor&Francis Group, New York, 1985
4. N.W. Holm, Z.P. Zagorski, Aqueous chemical dosimetry, p. 95 în N.W. Holm, R.J. Berry (eds), “*Manual on radiation dosimetry*”, Marcel Dekker, New York, 1970
5. R.B. Miller, Overview of food irradiation technology and concepts, p. 25 în “*Electronic irradiation of foods. An introduction to the technology*”, Springer Science+Business Media, Inc., USA, 2005
6. ASTM E 1026-04: Practice for using the Fricke reference standard dosimetry system, pp 261-268 în „*Standards on dosimetry for radiation processing*”, 2<sup>nd</sup> ed., ASTM International, West Conshohocken, PA, 2004

## REVENDICĂRI

1. Celulă pentru măsurări cu soluții dozimetrice a dozei de iradiere și distribuției de doză în câmpuri de electroni accelerați cu energie  $\geq 3\text{MeV}$ , în plan vertical și orizontal, numită celulă dozimetrică **caracterizată prin aceea că** este formată (1) dintr-un tub de sticlă închis la un capăt, cu diametru exterior  $\Phi=15$  mm și înălțime,  $H$ , corespunzătoare parcursului util al electronilor în soluția dozimetrică și (2) dintr-un capac subțire de câțiva microni, din folie de mică naturală, poliester sau polistiren, în situația în care umplerea tubului cu soluția dozimetrică se face până aproape de revărsare.
2. Dispozitiv pentru poziționarea celulelor dozimetrice conform revendicării 1, realizat din materiale rezistente la radiații ionizante și care să nu perturbe semnificativ câmpul de radiații (de ex. polietilenă, lemn, polistiren, plexiglas sau sticlotextolit), **caracterizat prin aceea că** se compune din: placă suport superioară, ansamblu extragere celule dozimetrice și suport de poziționare.
3. Dispozitiv pentru poziționarea celulelor dozimetrice conform revendicărilor 1 și 2 **caracterizat prin aceea că** placa suport superioară are găuri cu diametrul mai mare cu 0,1 mm decât diametrul exterior al celulei, care sunt distribuite uniform la distanță cât mică una de alta și care au în partea finală diametrul mai mic cu 1-2 mm față de diametrul exterior al celulei, iar grosimea este egală cu înălțimea tubului de sticlă a celulei dozimetrice.
4. Dispozitiv pentru poziționarea celulelor dozimetrice conform revendicărilor 1 și 2 **caracterizat prin aceea că** este prevăzut cu un ansamblu de extragere a celulelor dozimetrice este constituit din placă inferioară cu limitatoare, piciorușe, piulițe de reglaj și șuruburi de blocare.

## DESENE

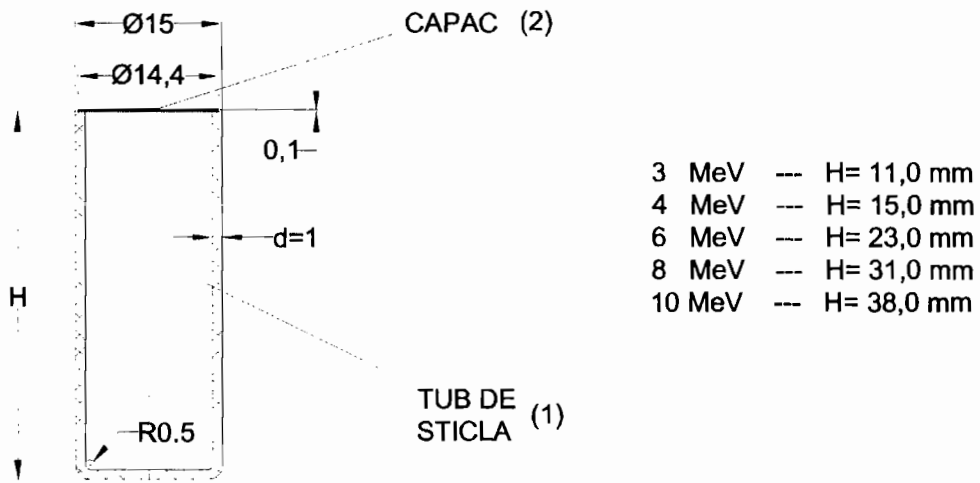


Fig. 1. Celulă dozimetrică formată din (1) tub de sticlă cu (2) capac



26

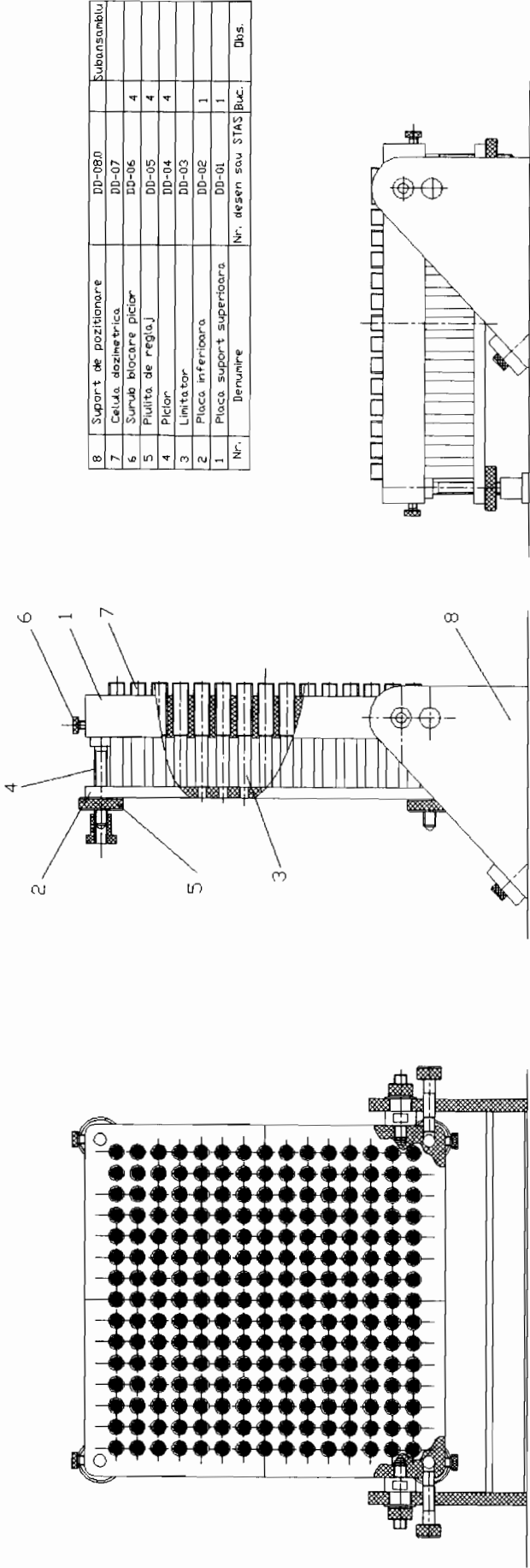
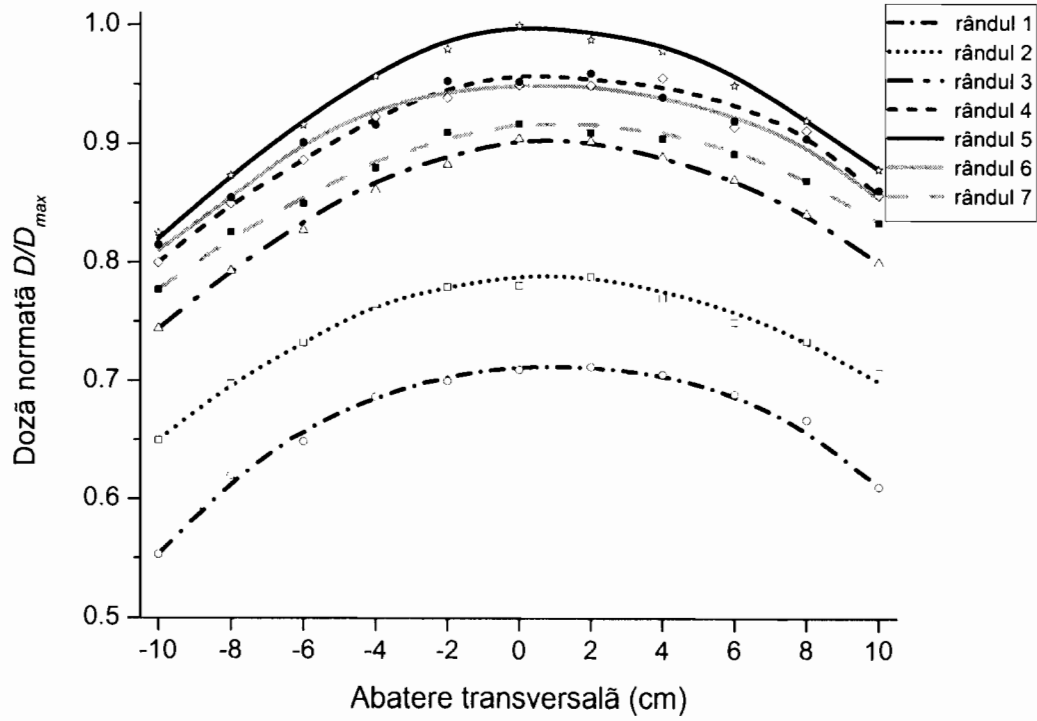
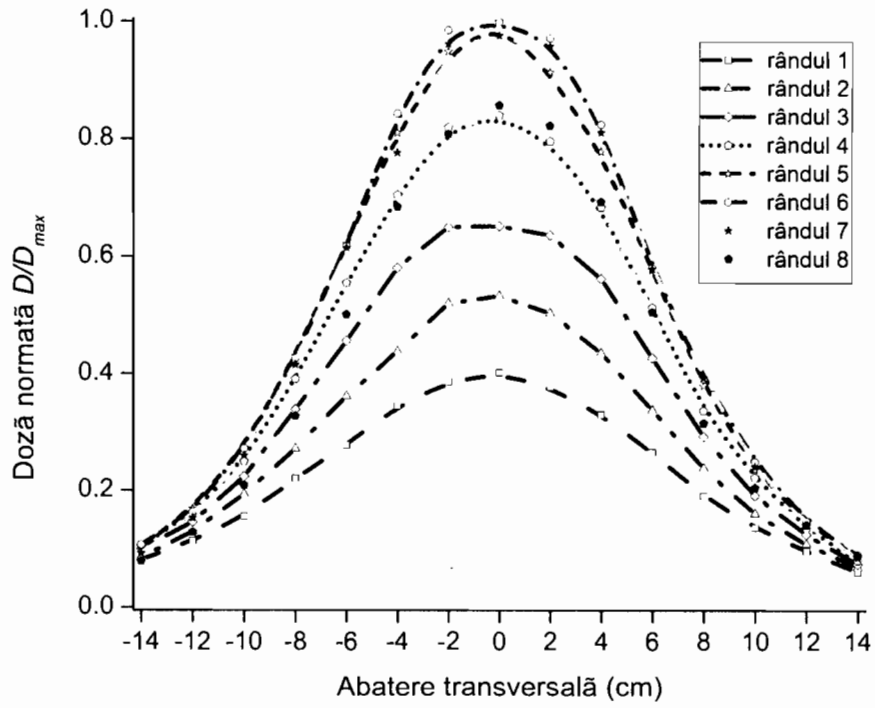


Fig. 2. Dispozitiv pentru pozitionarea celulelor dozimetrice în câmp de radiații:

(a) iradiere verticală – vedere din față, (b) iradiere verticală – vedere laterală și (c) iradiere orizontală – vedere laterală



**Fig. 3.** Distribuțiile de doză într-un plan perpendicular pe direcția unui fascicul orizontal de electroni accelerați cu energie medie de 6,23 MeV



**Fig. 4.** Distribuțiile de doză într-un plan perpendicular pe direcția unui fascicul vertical de electroni accelerați cu energie medie de 6,23 MeV