

(12) CERERE DE BREVET DE INVENȚIE

(21) Nr. cerere: a 2021 00604

(22) Data de depozit: 30/09/2021

(41) Data publicării cererii:  
30/05/2022 BOPI nr. 5/2022

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

(72) Inventatori:  
• CRĂCIUN LIVIU-ȘTEFAN,  
STR.DEZROBIRII, NR.18-38, BL.33, SC.2,  
AP.73, SECTOR 6, BUCUREȘTI, B, RO;  
• NICULAE DANA, STR.BRĂILIȚA, NR.5,  
BL.V10, SC.1, ET.4, AP.15, SECTOR 3,  
BUCUREȘTI, B, RO;  
• LEONTE RADU-ANTON, STR.PEȘTERA  
SCĂRIȘOARA, NR.1A, BL.701A, SC.A,  
ET.4, AP.15, SECTOR 6, BUCUREȘTI, B,  
RO

(54) DISPOZITIV DE REGLARE FINĂ A FASCICULULUI  
DE PROTONI PENTRU OBTINEREA LA CICLOTRON A  
RADIOIZOTOPILOR UTILIZÂND SISTEM DE IRADIERE  
PE ȚINTE SOLIDE METALICE

(57) Rezumat:

Invenția se referă la un dispozitiv pentru efectuarea reglajului fin al unui fascicul de protoni obținut prin accelerare la ciclotron, utilizat la iradierea țintelor solide metalice și care permite măsurarea curentului de protoni produs de fracțiunea fasciculului de protoni incident doar pe zona țintei. Dispozitivul conform invenției este alcătuit dintr-un corp (4) realizat din aluminiu cu puritate mare pe care este depus un strat superficial de oxizi cu proprietăți de izolator electric, corpul (4) respectând dimensiunile exterioare ale unui vehicul de transport al țintei, din cadrul unui sistem de iradiere a țintelor solide, astfel încât să se fixeze perfect în stația de iradiere, poziționând o pastilă (6) echivalentă țintei exact în poziția pe care o ocupă ținta în timpul iradierii, pastila (6) fiind susținută în poziție de o piesă (5) de formă inelară care este fixată de corpul (4) și este realizată dintr-un material izolator electric, cu comportare bună la încălzire și coeficient de dilatare termică foarte redus, pastila (6) fiind realizată din aluminiu cu puritate mare pentru a evita activări remanente mari ca urmare a bombardării cu protoni, fiind în același timp un bun conducător electric.

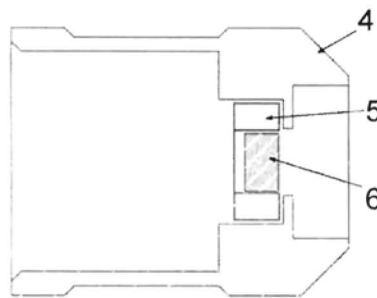


Fig. 3

Revendicări: 3  
Figuri: 3

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).



## DESCRIEREA INVENȚIEI

### DISPOZITIV DE REGLARE FINĂ A FASCICULULUI DE PROTONI PENTRU OBTINEREA LA CICLOTRON A RADIOIZOTOPILOR UTILIZÂND SISTEM DE IRADIERE PE ȚINTE SOLIDE METALICE

#### Introducere

O parte dintre radioizotopi, printre care și o serie care au utilizare medicală (de exemplu  $^{64}\text{Cu}$ ), pot fi obținuți la ciclotron, prin iradierea anumitor tipuri de ținte. Dintre țintele care pot fi utilizate, cele solide prezintă o serie de avantaje față de țintele lichide sau gazoase, printre care: manipulare fără risc de împrăștiere, stabilitate în timpul iradierii, randament de iradiere mai mare. Pentru a fi iradiate la ciclotron, țintele solide obținute prin depunere electrolitică sunt depuse pe dispozitiv metalic, numit vehicul de transport, care asigură atât menținerea lor în poziția de iradiere și disiparea căldurii degajate în timpul iradierii, cât și transportul bi-direcțional între laboratorul de radiochimie și stația de iradiere situată în buncărul ciclotronului.

#### Justificare

Randamentul de obținere a unui radioizotop este direct proporțional cu numărul de protoni incidenti pe țintă în unitatea de timp:

$$Y = N \cdot P \cdot \sigma_{(E)} \cdot (1 - e^{-\lambda t})$$

unde:

Y este randamentul de obținere a radioizotopului;

P este numărul de protoni incidenti pe țintă în unitatea de timp;

$\sigma_{(E)}$  este secțiunea eficace medie de reacție nucleară la energia specificată E;

N este numărul de atomi din țintă raportat la suprafața acesteia, exprimată în  $\text{cm}^2$ ;

$\lambda$  este constanta de dezintegrare a radioizotopului produs;

t este timpul de iradiere.

Sistemul de iradiere a țintelor solide folosește un vehicul de transport al țintei de la celula fierbinte, unde ținta este produsă prin depunere electrolitică, la stația de iradiere.

Figura 1 reprezintă o secțiune transversală prin vehiculul de transport al țintei. Corpul 1 este realizat din aluminiu eloxat pentru a obține izolarea electrică a cupei 2, realizată din platină și fixată prin presare în corpul 1. În centrul cupei 2 este depusă ținta 3. Ținta 3 are forma (de disc) și dimensiunea generate de celula electrolitică în care se realizează electrodepunerea.

Vehiculul de transport format din corpul 1 și cupa 2 constituie suportul țintei propriu-zise, în timpul transportului și iradierii.

Modelarea și poziționarea fascicului de protoni se realizează în etapa de pregătire, anterioară iradierii, cu ajutorul unui sistem de lentile magnetice, care au rol de colimatori astfel încât fascicului să se concentreze cât mai exact pe poziția și forma țintei, deoarece fracțiunea utilă din fascicul este cea care ajunge doar pe suprafața țintei solide propriu-zise. Scopul etapei de reglare fină este obținerea unui randament de iradiere cât mai mare și diminuarea activării inutile a vehiculului de transport, care este reutilizabil. Operațiile de focalizare a fascicului de protoni pe țintă urmăresc, în principal, obținerea unui raport între curentul de protoni măsurat și cel extras pe țintă apropiat de unitate. În poziția de iradiere, spatele cupei 2 se află în contact direct cu un arc metalic, închizând astfel circuitul prin intermediul căruia se poate măsura intensitatea curentului produs de fascicului de protoni incident. În acest caz, cupa de platină pe care este fixată ținta este o suprafață echipotențială care va funcționa ca o cupă Faraday înregistrând un curent format din toți protonii care ajung pe suprafața ei. Cum suprafața interioară a cupei este de aproximativ  $800 \text{ mm}^2$ , iar suprafața țintei este de aproximativ  $28 \text{ mm}^2$ , rezultă că, chiar dacă prin focalizarea fascicului se obține o extracție bună, există o mare probabilitate ca numai o mică fracțiune din numărul de protoni incidenți să bombardeze ținta. Așadar, iradierea fără un control asupra focalizării fascicului pe țintă nu asigură un randament de iradiere previzibil.

Scopul dispozitivului inventat este acela de a permite măsurarea curentului de protoni doar pe o zonă având forma, diametrul și poziția identice cu cea a țintei în momentul iradierii. Pentru atingerea acestui obiectiv, a fost proiectat un vehicul de transport pe care îl numim vehicul de test. Vehiculul de test este introdus în stația de iradiere pentru a efectua focalizarea fascicului de protoni, rezultând un set de parametri care vor fi folosiți la iradierea țintei. În cazul unei sesiuni de mai multe iradieri, dispozitivul inventat se poate utiliza pentru reglajul fin al fascicului de protoni doar înaintea primei iradieri, la următoarele iradieri din aceeași sesiune putând menține parametrii de focalizare deja determinați.

### **Descriere**

În Figura 2 este prezentată o secțiune prin dispozitivul inventat. Corpul 4 este realizat din aluminiu de puritate înaltă, respectând dimensiunile exterioare ale vehiculului de transport, astfel încât vehiculul de test să se fixeze perfect în stația de iradiere, poziționând pastila echivalentă țintei (piesa 6) exact în poziția pe care o ocupă ținta în timpul iradierii. Suprafața corpului 4 este anodizată pentru a obține un strat superficial de oxizi cu proprietăți de izolator electric.

16

Piesa 5 are formă inelară și este fixată pe corpul vehiculului de test. Este realizată din ceramică vitroasă prelucrabilă un material izolator electric. Având proprietățile unei ceramici, prezintă, de asemenea, o comportare bună la încălzire și un coeficient de dilatare termică foarte redus. Piesa 5 are rolul de a susține și izola electric piesa 6. Piesa 6 este o pastilă (disc) realizată din aluminiu de puritate 99,9% pentru a evita activări remanente mari ca urmare a bombardării cu protoni, fiind în același timp un foarte bun conductor electric. Diametrul acestei pastile este egal cu diametrul țintei. Schema dispozitivului asamblat este prezentată în Figura 3.

Prin utilizarea dispozitivului inventat, curentul de protoni va fi cules doar de pe piesa 6, aceasta fiind izolată electric de toate celelalte componente. Ca urmare, în procesul de modelare și poziționare a fasciculului de protoni, se poate urmări o concentrare a fasciculului cât mai eficientă chiar pe țintă și, în consecință, o iradiere mai eficientă și un randament de iradiere previzibil.

Utilizarea aluminiului de înaltă puritate este necesară deoarece acesta capătă în urma iradierii din timpul etapei de focalizare o activare remanentă redusă. Activarea remanentă redusă este importantă din considerente de protecție radiologică.

### **Rezultate**

Dispozitivul inventat a fost testat la focalizarea fasciculului de protoni în cazul iradierilor de ținte de nichel îmbogățit izotopic în  $^{64}\text{Ni}$ , utilizate în producerea la ciclotron a radioizotopului  $^{64}\text{Cu}$ . Prin utilizarea dispozitivului inventat, s-a reușit focalizarea fasciculului de protoni pe zona țintei, obținând rapoarte de extracție a fasciculului de protoni doar pe zona țintei în jurul valorii de 0,85, comparabile cu cele obținute pe întreaga cupă de platină a vehiculului de transport înainte de utilizarea vehiculului de test.

În acese condiții, s-a obținut o eficientizare semnificativă a iradierii, concretizată prin valori ale randamentului de iradiere de aproximativ 3-4 ori mai mari în cazul pregătirii iradierii cu ajutorul dispozitivului inventat. Determinările au fost efectuate pentru producerea  $^{64}\text{Cu}$ , utilizând parametri de iradiere similari.

**REVENDICĂRI**

1. Dispozitiv pentru reglajul fin al fasciculului de protoni accelerați la ciclotron, cu o zonă de măsurare (6) a curentului de aceeași formă și diametru ca ale țintei, izolată electric de corpul vehiculului, **caracterizat prin aceea că** permite o măsurare exclusiv a curentului de protoni care bombardează zona țintei și obținerea de date pentru optimizarea randamentului de iradiere prin determinarea prealabilă a parametrilor ce vor fi utilizați la iradierea țintei.
2. Procedeu de reglaj fin al fasciculului de protoni accelerați la ciclotron pe țintă, folosind dispozitivul separat, conform revendicării 1, **caracterizat prin aceea că** permite realizarea unei focalizări precise pe ținta solidă supusă iradierii.
3. Dispozitiv pentru reglajul fin al fasciculului de protoni accelerați la ciclotron conform revendicării 1, **caracterizat prin aceea că** este construit din materiale cu activare remanentă redusă în urma iradierii pentru corpul (4) și piesa echivalentă țintei (6), respectiv materiale izolatoare electric pentru corpul (4) și piesa (5) pentru izolarea zonei de măsurare a curentului (6).

14

DESENE

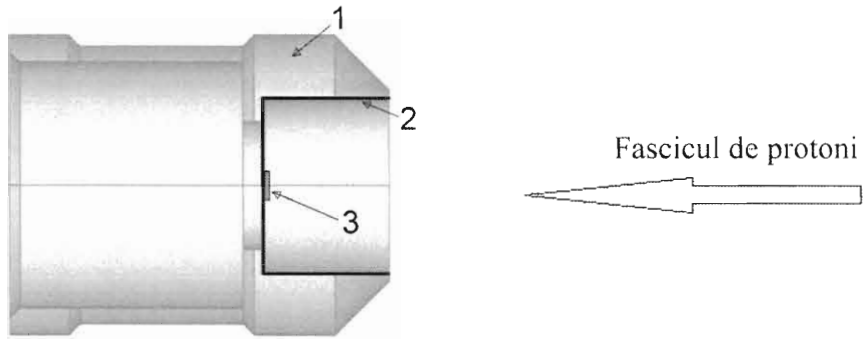


Figura 1

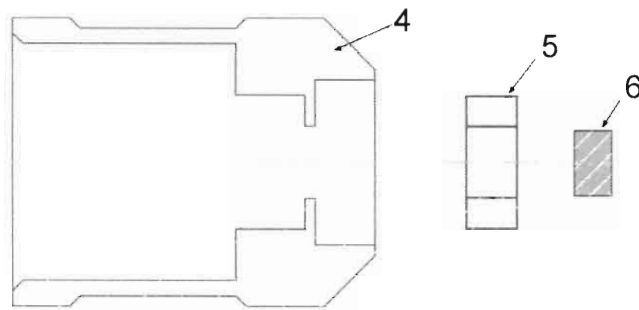


Figura 2

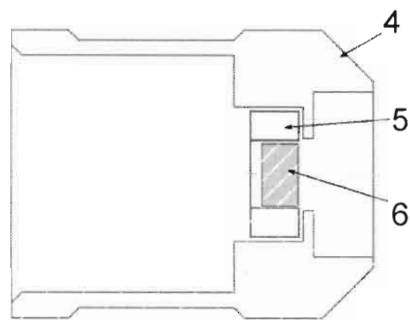


Figura 3