

POLSKIEJ RZECZYPOSPOLITEJ LUDOWEJ

OPIS PATENTOWY

Nr 43066

Kl. 21 g, 18/01

VEB Carl Zeiss Jena^{*)}

Jena, Niemiecka Republika Demokratyczna

Urządzenie do mierzenia scyntylacji

Patent trwa od dnia 18 marca 1959 r.

Pierwszeństwo: 16 stycznia 1959 r. (Niemiecka Republika Demokratyczna).

Dla ustalenia stopnia radioaktywności preparatów, których własności pozwalają, przez chemiczne lub fizyczne ściśnięcie, na dostateczne podwyższenie aktywności właściwej preparatu, używane są scyntylatory z wywierconym otworem, stosunkowo małym, w którym umieszcza się badany preparat.

Jednakże przy badaniach chemicznych, biologicznych i medycznych zachodzi często przypadek, że nie rozporządzamy dowolną ilością badanego preparatu, przy czym jego aktywność właściwa nie może być podwyższona. Gdy ilość badanej cieczy przewyższa znacznie 1 cm³, to znanych dotychczas kryształów z wywierconym otworem do pomiaru stosować nie można.

Przypadek taki ma miejsce na przykład przy badaniach zawartości izotopów we krwi. Pomijając fakt, że przy pewnych badaniach,

metoda odparowywania jest uciążliwa i zabiera dużo czasu, i tak na przykład badanie przy użyciu radioaktywnego jodu nie da się w tym wypadku przeprowadzić, gdyż jod bardzo łatwo ulatnia się.

Zadaniem wynalazku jest stworzenie również dla takich przypadków urządzenia do mierzenia scyntylacji, które lepiej będzie dostosowane do warunków i pozwoli na bardzo dokładny pomiar radioaktywności badanych preparatów, których ilości nie przekraczają kilku cm³, a których własności nie pozwalają podwyższyć ich aktywność właściwą.

Według wynalazku można to osiągnąć, przez to, że w urządzeniu do mierzenia scyntylacji mierzony preparat jest umieszczony w wywierconym otworze scyntylatora, przy czym scyntylator ten wykonany jest według zależności.

$$\frac{Z_{\text{opt}} - Z/L}{Z_{\text{opt}}} \leq 25\%$$

^{*)} Właściciel patentu oświadczył, że twórcą wynalazku jest Hans Joachim Pohl.

gdzie Z_{opt} oznacza największą możliwą szybkość liczenia impulsów, a $Z(L)$ oznacza szybkość liczenia impulsów, zależną od grubości ściany L .

Aby stosunek liczby impulsów w scyntylatorze pochodzących od mierzonego promieniowania, względem liczby impulsów stanu zerowego scyntylatora, kształtował się możliwie korzystnie, pożądanym jest aby scyntylator spełniał zależność

$$\frac{Z_{opt}}{N_{opt}} - \frac{Z(L,H)}{N(L,H)} \leq 25\%$$

$$\frac{Z_{opt}}{N_{opt}}$$

gdzie Z_{opt} oznacza największą możliwą szybkość liczenia impulsów, a $Z(L,H)$ szybkość liczenia impulsów zależną od grubości ściany i wysokości, przy czym obie wartości pochodzą od mierzonego promieniowania. Natomiast N_{opt} oznacza największą możliwą szybkość liczenia impulsów w stanie zerowym scyntylatora, a $N(L,H)$ szybkość liczenia impulsów w zależności od grubości ściany i wysokości, również dla stanu zerowego. (Stan zerowy — czyli stan w którym scyntylator nie zawiera mierzonej substancji radioaktywnej).

Jeśli oprócz wymienionych wyżej warunków postaramy się o to, żeby absorpcja własna promieniowania, w mierzonym preparacie, była możliwie mała, to działanie scyntylatora ulegnie znacznej poprawie. Na przykładzie uwidocznionym na rysunku wyjaśnione zostanie jak przeprowadzić obliczenie scyntylatora z wywierconym otworem, który przy danych wymiarach, wykazuje największą szybkość liczenia impulsów.

Fig. 1 przedstawia schematycznie budowę scyntylatora. Składa się on z płyty szklanej 1, na której jest przyklejony kryształ scyntylacyjny 2 z wywierconym otworem 3. W wywierconym otworze znajduje się kuweta 4, która zawiera badaną substancję 5, na przykład jakąś ciecz. Kuweta 4 podtrzymywana jest przez obudowę blaszaną 6, która obejmuje cały kryształ scyntylacyjny 2 i jest umocowana na szklanej płycie 1.

Ilość scyntylacji pochodzących od preparatu umieszczonego w otworze scyntylatora, zależy od następujących wielkości: po pierwsze od aktywności właściwej I badanego preparatu, po drugie od objętości V wywierconego otworu, po trzecie od absorpcji otaczającego materiału. Stopień absorpcji η jest identyczny

z ilością promieniowania γ związaną przez materiał. Jest on zależny od rodzaju materiału, od energii promieniowania i od grubości materiału. Wielkość η dla NaJ (Tl) można wziąć z tabeli, po czwarte od zależności geometrycznych, szczególnie od kąta przestrzennego ω , który może być zmierzony w scyntylatorze otaczającym badany preparat. W pierwszym przybliżeniu można przyjąć kąt przestrzenny, pod jakim widać scyntylator z punktu środkowego mierzonej objętości. To przybliżenie jest wystarczające, gdyż wprowadzie kąt przestrzenny w pobliżu dna wywierconego otworu jest większy, za to jednak w pobliżu górnej powierzchni otworu jest odpowiednio mniejszy. Po piąte od współczynnika przenikania f światła scyntylacji, który zależy od stosunku grubości scyntylatora do jego wysokości. Ponieważ dotychczas nie ma ścisłych danych co do tej zależności, można przyjąć $f = 1$. Po szóste absorpcji własnej R , to znaczy od absorpcji następującej w badanej substancji. Zależna jest ona od energii promieniowania badanego izotopu. Dla zorientowania się co do wielkości absorpcji własnej, rozpatrzmy ten problem na przykładzie objętości kulistej. Dla oszacowania dolnej granicy, wyobraźmy sobie całą aktywność skoncentrowaną w środku tej kuli. Natężenie promieniowania, pomierzone na zewnątrz kuli, przebiega, w tym przybliżeniu, według funkcji wykładniczej (fig. 2, krzywa a), zgodnie z prawem absorpcji. Przy równomiernym rozkładzie aktywności, występujące na zewnątrz promieniowanie będzie z pewnością większe. Górną granicę promieniowania wychodzącego na zewnątrz z danej objętości można określić w drugim przybliżeniu na przykładzie fig. 3.

Dla promieniowania wychodzącego poza obręb danej objętości, a pochodzącego od izotopu odległego od środka tej objętości, warstwę absorbcyjną stanowi jedynie grubość $(r-p)$, przy czym słuszne jest to tylko przy jednej stronie i tylko dla jednego kierunku. Z tego przybliżenia można określić R jako

$$e - \frac{r}{r_H} \left(1 + \frac{3}{4} \frac{r}{r_H} \right) > R > e - \frac{r}{r_H}$$

W zależności tej r_H oznacza grubość warstwy stosowanego materiału, w której połowa promieniowania zostanie pochłonięta. Krzywe na fig. 2 obliczone są dla H_2O , z którą w praktyce często mamy do czynienia. Rzeczywiście wy-

stępnące promieniowanie leży pomiędzy krzywą a i b . Dla średnicy otworu używanego przy kryształach NaJ — (T1), to przybliżenie w zupełności wystarcza. Dlatego też można pominąć ściśle przeliczenie tego problemu. W przeprowadzonych rachunkach przyjęto R dla energii 0.361 MeV, a przy 0.8 i 1.2 MeV przyjęto $R = 1$.

Przy uwzględnieniu wymienionych wyżej zależności szybkość liczenia impulsów wynosi

$$Z = I \cdot V \cdot \eta (L) \cdot \omega \cdot f \cdot R$$

a stopień aktywności scyntylatora dla $R = 1$ wynosi

$$W = \eta \cdot \omega \cdot f$$

Wychodząc z szeregu typowych kryształów NaJ (T1), przy obliczaniu konkretnych wielkości, należy przyjąć jako podstawową średnicę zewnętrzną $D = 50$ mm. Na fig. 4 podana jest, zgodnie z przeprowadzonym wyżej rachunkiem, szybkość liczenia impulsów, w zależności od grubości ściany L , która występuje w tego rodzaju kryształach. Zmiennym parametrem krzywych jest w tym przypadku wysokość H kryształu. W każdym wypadku przyjmuje się

$$I = \frac{100 \text{ przypadków}}{\text{cm}^3 \text{ sek}}$$

Na fig. 5 przedstawiono zależność stopnia aktywności W od grubości L , przy stałej wysokości $H = 35$ mm, dla różnych energii. Przy dolnej granicy wskazań scyntylatora trzeba uwzględnić stosunek impulsu sygnału do impulsu stanu zerowego. Dla NaJ (T1) i podobnych izotopów można na ogół pominąć impuls stanu zerowego spowodowany powielaniem, gdyż impulsy sygnału są dostatecznie duże w stosunku do ciemnych impulsów pochodzących od zachodzącego zjawiska powielania. Oznacza to, że w tych wypadkach impuls stanu zerowego pochodzi jedynie od scyntylatora. Jeżeli impuls stanu zerowego przyjmiemy jako proporcjonalny do objętości scyntylatora, to otrzymamy przedstawioną na fig. 6 zależność stosunku sygnału do poziomu szumów, w zależności od grubości ścianki i wysokości kryształu, dla energii 1.2 MeV.

Jak widać optymalne warunki mamy przy $H = 35$ mm. Po rozważeniu wszystkich argumentów wynikających z wyżej przeprowadzonych rachunków szacunkowych, można ustalić następujące wymiary kryształu, dla analizy aktywnych cieczy:

$$H = 35 \text{ mm}, D = 50 \text{ mm}, L = 10 \text{ mm}$$

Zastrzeżenia patentowe

1. Urządzenie do mierzenia scyntylacji, w którym mierzony, aktywny preparat jest umieszczony w wywierconym otworze scyntylatora, znamienne tym, że scyntylator jest wykonany według zależności

$$\frac{Z_{opt} - Z(L)}{Z_{opt}} \leq 25\%, \text{ gdzie } Z_{opt} \text{ oznacza}$$

największą możliwą szybkość liczenia impulsów, a $Z(L)$ oznacza szybkość liczenia impulsów, zależną od grubości ściany (L) .

2. Urządzenie do mierzenia scyntylacji według zastrz. 1, znamienne tym, że scyntylator spełnia zależność

$$\frac{Z_{opt} - Z(L,H)}{N_{opt} N(L,H)} \leq 25\%, \text{ gdzie } Z_{opt}$$

$$\frac{Z_{opt}}{N_{opt}}$$

oznacza największą możliwą szybkość liczenia impulsów, a $Z(L,H)$ szybkość liczenia impulsów zależną od grubości ściany i wysokości, przy czym obie wartości pochodzą od mierzonego promieniowania, natomiast N_{opt} oznacza największą możliwą szybkość liczenia impulsów w stanie zerowym scyntylatora, a $N(L,H)$ jest to szybkość liczenia impulsów w zależności od grubości ściany i wysokości, również dla stanu zerowego.

3. Urządzenie do mierzenia scyntylacji według zastrz. 1, znamienne tym, że scyntylator spełnia zależność

$$\frac{Z_{opt} - Z(L,R)}{Z_{opt}} \leq 25\%, \text{ gdzie } Z_{opt}$$

oznacza największą możliwą szybkość liczenia impulsów, a $Z(L,R)$ możliwą do osiągnięcia szybkość liczenia impulsów, zależną od grubości ściany L i absorpcji własnej R .

4. Urządzenie do mierzenia scyntylacji według zastrz. 1, znamienne tym, że scyntylator posiada średnicę zewnętrzną od 40 mm do 60 mm i grubość ściany od 8 do 12 mm dopasowaną do promieniowania od 0.2 do 1.5 MeV.
5. Urządzenie do mierzenia scyntylacji według zastrz. 2 — 4, znamienne tym, że wysokość scyntylatora wynosi od 30 do 45 mm.

VEB Carl Zeiss Jena

Zastępca: dr Andrzej Au
rzecznik patentowy

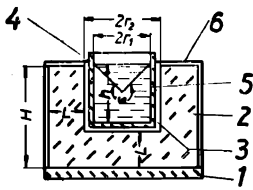


Fig. 1

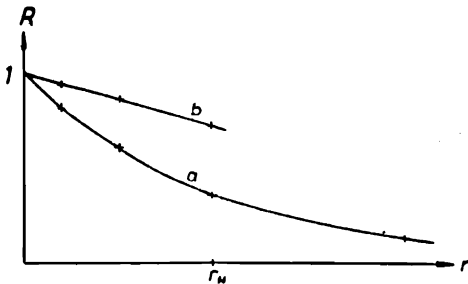


Fig. 2

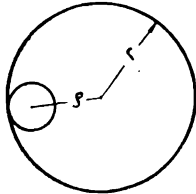


Fig. 3

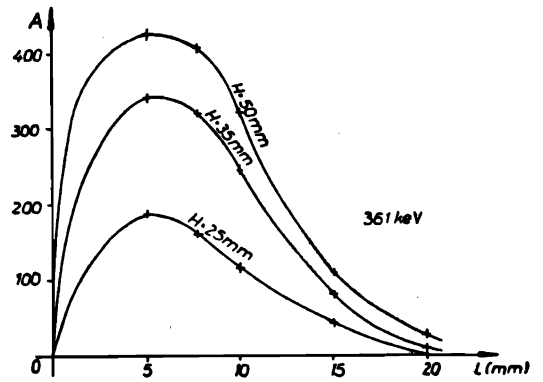


Fig. 4

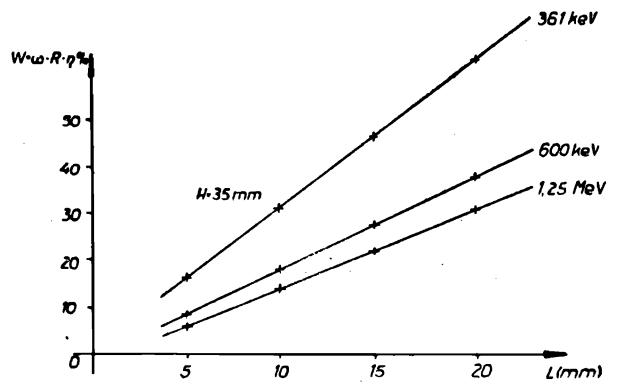


Fig. 5

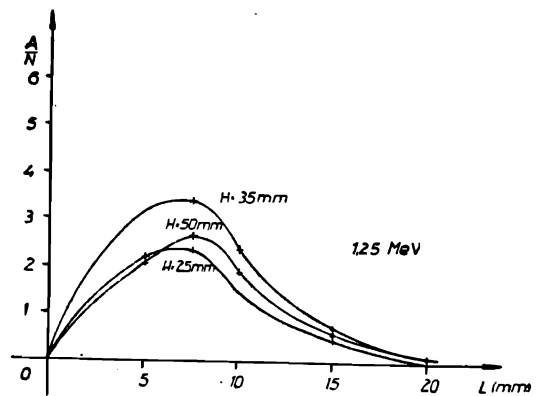


Fig. 6