

## **Sposób pomiaru sukcesywnych par rozpadów $^{212}\text{Bi}/^{212}\text{Po}$ i $^{214}\text{Bi}/^{214}\text{Po}$ w stałych materiałach promieniotwórczych a zwłaszcza w osadach geologicznych i ceramice.**

Przedmiotem wynalazku jest sposób pomiaru sukcesywnych par rozpadów  $^{212}\text{Bi}/^{212}\text{Po}$  i  $^{214}\text{Bi}/^{214}\text{Po}$  w stałych materiałach promieniotwórczych a zwłaszcza w osadach geologicznych i ceramice.

Znane obecnie metody pomiaru radioaktywności  $\alpha$  grubych źródeł promieniotwórczych opierają się na pomidorach wykonanych przy pomocy scyntyлятора ZnS oraz koincydencji czasowych do rejestracji par rozpadów  $\alpha/\alpha$  pochodzących z  $^{220}\text{Rn}/^{216}\text{Po}$  oraz  $^{219}\text{Rn}/^{215}\text{Po}$  (Aitken M. J., Thermoluminescence Dating, Academic Press, Londyn 1985). Pomiaru tego typu pozwalają na określenie radioaktywności szeregów promieniotwórczych  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{235}\text{U}$  i  $^{238}\text{U}$  przy założeniu równowagi promieniotwórczej w badanym materiale.

Obecnie znane są dwuwarstwowe scyntyulatory, które pozwalają na detekcję cząstek  $\alpha$  i  $\beta$  oraz rozróżnienie impulsów ze względu na ich różne kształty (Bodewits E. D., Cester M., Lunardon S., Moretto P., Schotanus L., Stevanato, Viesti G. 2016. "Characterization of a Large Area ZnS(Ag) Detector for Gross Alpha and Beta Activity Measurements in Tap Water Plants." *IEEE Transactions on Nuclear Science* 63 (3): 1565–69). Ponadto dostępne układy elektroniczne pozwalają na rejestrację kształtów impulsów, amplitud impulsów oraz czasów ich występowania.

Sposób według wynalazku polega na tym, że rejestruje się kształty impulsów, amplitudy impulsów oraz czasy ich występowania. Użycie scyntyлятора dwuwarstwowego, korzystnie scyntyлятора ZnS(Ag) naniesionego na warstwie plastikowego scyntyлятора ze względu na różne czasy zaniku scyntytacji ułatwia oddzielenie impulsów powstałych z rozpadów  $\alpha$  i  $\beta$  radionuklidów. W danych pomiarowych następnie można wyszukać charakterystyczne ciągi które są wywołane przez sukcesywne rozpady  $^{212}\text{Bi}/^{212}\text{Po}$  i  $^{214}\text{Bi}/^{214}\text{Po}$ . Para rozpadów  $^{212}\text{Bi}/^{212}\text{Po}$  powstaje odpowiednio na skutek rozpadu  $^{212}\text{Bi} \rightarrow ^{212}\text{Po} + \beta$  następnie ze względu na średni czas życia  $^{212}\text{Po}$  kolejny rozpad  $^{212}\text{Po} \rightarrow ^{208}\text{Pb} + \alpha$  następuje średnio po 431 ns. Para rozpadów  $^{214}\text{Bi}/^{214}\text{Po}$  powstaje natomiast z  $^{214}\text{Bi} \rightarrow ^{214}\text{Po} + \beta$  następnie ze względu na średni czas życia  $^{214}\text{Po}$  następuje kolejny rozpad  $^{214}\text{Po} \rightarrow ^{210}\text{Pb} + \alpha$  średnio po 237  $\mu\text{s}$ . Następnie w danych

pomiarowych wyszukuje się koincidencja kształtu i amplitudy impulsów  $\beta/\alpha$  następujących w oknach czasowych określonych przez półokresy rozpadów  $^{212}\text{Po}$  i  $^{214}\text{Po}$ . Dla środowiskowych radioaktywności średni odstęp czasu pomiędzy zarejestrowanymi rozpadami w osadach geologicznych i ceramice jest dużo większy niż odstępy czasu pomiędzy parami rozpadów.

Sposób według wynalazku znajdzie zastosowanie przy wyznaczaniu w osadach geologicznych i ceramice dawki rocznej pochodzącej z szeregów promieniotwórczych  $^{232}\text{Th}$ ,  $^{235}\text{U}$  i  $^{238}\text{U}$  dla potrzeb datowania optycznie stymulowaną luminescencją i termoluminescencją.

Sposób według wynalazku pozwoli na określenie radioaktywności większej ilości radionuklidów co pozwoli na uzyskanie dokładniejszych wyników ponadto błąd wywołany przez możliwą nierównowagę promieniotwórczą w badanym materiale zostanie ograniczony.

Sposób według wynalazku zostanie bliżej objaśniony na podstawie przykładów, które dotyczą dwóch wersji realizacji sposobu według wynalazku.

#### Przykład 1

W detektorze umieszczony jest dwuwarstwowy scyntylator w którym warstwa  $\text{ZnS}(\text{Ag})$  naniesiona jest na scyntylatorze plastikowym. Scyntylacje rejestrowane są przy pomocy fotopowielacza do którego podłączony jest układ elektroniczny rejestrujący kształty impulsów, amplitudy impulsów oraz czasy ich występowania. Kształt i amplituda impulsów dla cząstek  $\alpha$  i  $\beta$  dla sprawdzana jest odpowiednio przy pomocy źródeł  $^{241}\text{Am}$  oraz  $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ . W celu detekcji par rozpadów  $^{212}\text{Bi}/^{212}\text{Po}$  wyszukiwane są impulsy które kształtem i amplitudą odpowiadają kolejno rozpadom  $\beta$  i  $\alpha$ . Ze względu na półokres rozpadu  $^{212}\text{Po}$  który wynosi 299 ns okno pomiaru w którym algorytm wyszukuje pary odpowiada przedziałowi 100 ns - 1800 ns w tym czasie nastąpi rozpad  $^{212}\text{Po}$  na 78%. Początek impulsu pozwala na ograniczenie nakładania się impulsów Wydajność zliczeń par kalibrowana jest przy pomocy materiału o znanej zawartości szeregu  $^{232}\text{Th}$  i będącego w równowadze promieniotwórczej. Następnie dokonywany jest pomiar

#### Przykład 2

W detektorze umieszczony jest dwuwarstwowy scyntylator w którym warstwa  $\text{ZnS}(\text{Ag})$  naniesiona jest na scyntylatorze plastikowym. Scyntylacje rejestrowane są przy pomocy fotopowielacza do którego podłączony jest układ elektroniczny rejestrujący kształty impulsów,

amplitudy impulsów oraz czasy ich występowania. W celu detekcji par rozpadów  $^{212}\text{Bi}/^{212}\text{Po}$  wyszukiwane są pary impulsów w których pierwszy oss natomiast drugi impuls następuje w przedziale czasu od  $10\ \mu\text{s}$  -  $800\ \mu\text{s}$ . 92% Początek przedziału pozwala na uniknięcie interferencji z pomiarami pary  $^{212}\text{Bi}/^{212}\text{Po}$  z szeregu  $^{232}\text{Th}$ .

## Skrót opisu

.....

## Zastrzeżenia patentowe

1. Sposób pomiaru sukcesywnych par rozpadów  $^{212}\text{Bi}/^{212}\text{Po}$  i  $^{214}\text{Bi}/^{214}\text{Po}$  w stałych materiałach promieniotwórczych a zwłaszcza w osadach geologicznych i ceramice **znamienny tym**, że wykrywa się impulsy z rozpadów par  $^{212}\text{Bi}/^{212}\text{Po}$  i  $^{214}\text{Bi}/^{214}\text{Po}$  przy pomocy koincydencji kształtu impulsów, amplitudy impulsów oraz czasu ich występowania.
2. Sposób według zastrz.1, **znamienny tym**, że do pomiarów wykorzystany jest scyntylator dwuwarstwoty o różnych czasach zaniku scyntytacji.