

Streszczenie

Prezentowane badania dotyczą zagadnienia poprawy parametrów spektrometrycznych materiałów scyntylacyjnych z grupy halogenków alkalicznych z zastosowaniem analizy impulsów świetlnych scyntylacji. Badania eksperymentalne nad odpowiedzią świetlną CsI:Tl i innych kryształów, które przeprowadzono w ciągu ostatnich 30 lat wykazały, że na parametry spektrometryczne kryształu CsI:Tl duży wpływ ma istnienie tzw. wolnych składowych scyntylacji. Poprawę tych parametrów można uzyskać poprzez wydłużenie podstawy czasu kształtowania impulsów świetlnych w procesie detekcji światła.

W niniejszym opracowaniu został przeanalizowany i omówiony parametr ilości światła, energetycznej zdolności rozdzielczej (z jej wkładem od rozdzielczości wewnętrznej, statystycznej i szumowej) i nieproporcjonalności w funkcji czasu trwania impulsu świetlnego. Badania przeprowadzono z użyciem trzech metod pomiaru i analizy danych.

W pierwszej zastosowano klasyczną analogową aparaturę spektrometryczną, aby sprawdzić odpowiedź świetlną scyntylatorów CsI:Tl w warunkach zmiennej domieszki talu, temperatury, energii wzbudzenia i czasu całkowania impulsu. Przebadano kryształy CsI:Tl o stężeniu talu od 0,0012% wag. do 0,13% wag. w zakresie temperatur od 30°C do -70°C z użyciem źródeł promieniowania X i gamma o energiach od 17 keV do 835 keV. Dane te były przetwarzane z czasem całkowania od 4 μ s do 20 μ s. Druga metoda umożliwiła rejestrację uśrednionych impulsów świetlnych bezpośrednio z fotopowielacza. Wybór zdarzeń odbywał się z zastosowaniem modułów NIM, zaś rejestracja uśrednionych sygnałów świetlnych, odpowiadających pikom pełnej energii, prowadzona była z zastosowaniem oscyloskopu z czasem trwania impulsu do 500 μ s. Trzecia technika koncentrowała się na akwizycji pojedynczych sygnałów scyntylacyjnych z użyciem wysokiej klasy oscyloskopu cyfrowego i analizie zgromadzonych danych off-line. W tym przypadku impulsy świetlne rejestrowano z czasem wynoszącym 150 μ s.

Przeprowadzona w rozprawie analiza pokazała zmianę kształtów impulsów świetlnych wraz z temperaturą. Ponadto schłodzenie kryształów z 30°C do -70°C powodowało wydłużanie czasów zaniku scyntylacji CsI:Tl. Zaobserwowano znaczącą poprawę nieproporcjonalnej odpowiedzi świetlnej scyntylatorów wraz ze wzrostem czasu całkowania, nawet do 500 μ s, co sugerowało możliwość poprawy energetycznej zdolności rozdzielczej przy takich samych czasach całkowania. Jednakże, precyzyjne pomiary energetycznej zdolności rozdzielczej, możliwe z zastosowaniem pomiaru pojedynczych impulsów scyntylacji, w zakresie czasu całkowania do 150 μ s i dla szerokiego zakresu energii kwantów gamma, przyniosły przeciwne konkluzje. Po początkowej poprawie badanego parametru dla czasu całkowania sięgającego około 34 μ s (granica całkowania metodą

analogową) następowało znaczące pogorszenie energetycznej zdolności rozdzielczej pomimo poprawy nieproporcjonalności (energetyczna zdolność rozdzielcza skorygowana o wkład szumów elektronicznych oraz wkład statystyczny liczby fotoelektronów). Możliwość poprawy parametrów spektrometrycznych z wydłużaniem czasu całkowania utożsamiano z analizą całkowitego impulsu świetlnego opisywanego trzema eksponencjalnymi składowymi CsI:Tl sięgającymi 30 μ s w temperaturze pokojowej (sumaryczna liczba fotonów od poszczególnych składowych). Z kolei przypuszczano, że wydłużenie czasu całkowania impulsów świetlnych powyżej zaniku trzeciej składowej, do obszaru tzw. poświaty, może pogorszyć energetyczną zdolność rozdzielczą.

Pokazano, że najlepsze wartości energetycznej zdolności rozdzielczej są osiągnięte, gdy czas całkowania pojedynczego impulsu świetlnego będzie dynamicznie dostosowany do energii zdeponowanej w kryształach. Jako, że kształt impulsu świetlnego zależy od energii promieniowania γ absorbowanej w scyntylatorze. Podobnie, optymalne wartości pozostałych parametrów spektrometrycznych wydają się ulegać poprawie, gdy zrezygnujemy ze stałej wartości czasów całkowania impulsów świetlnych i wprowadzimy zmienne ich wartości uwarunkowane wysokością i czasem trwania sygnałów scyntylacji.