

Wytwarzanie nowych scyntylatorów polimerowych na bazie poliwinyltoluenu do hybrydowego tomografu J-PET/MR

Development of novel plastic scintillators based on polyvinyltoluene for the hybrid J-PET/MR tomography

Anna Wieczorek

Streszczenie

W niniejszej pracy została przedstawiona charakterystyka nowatorskiego scyntylatora J-PET. Docelowo scyntylator zastosowany będzie w cyfrowej pozytonowej tomografii emisyjnej (PET). Innowacyjność scyntylatora polega na zastosowaniu 2-(4-styrylofenylo) benzoksazolu jako przesuwacza długości fali. Do tej pory ten związek chemiczny nie był stosowany jako dodatek scyntylacyjny.

Rolą przesuwacza długości fali jest przesunięcie widma emisji w kierunku dłuższych fal. 2-(4-styrylofenylo) benzoksazol zapewnia położenie maksimum widma emisji scyntylatora przy dłuższych falach niż znaczna większość dodatków komercyjnych. Dzięki temu możliwa

jest efektywna detekcja światła scyntylacyjnego przez konwertery fotoelektryczne nowej generacji - fotopowielacze krzemowe. Są one coraz szerzej stosowane ze względu na wyższą wydajność kwantową w porównaniu do tradycyjnych fotopowielaczy próżniowych, są mniejsze oraz nie oddziałują z polem magnetycznym.

W niniejszej pracy została przedstawiona metoda wytwarzania nowatorskich scyntylatorów polimerowych oraz ich właściwości, a także metoda syntezy nowego przesuwacza długości fali. Scyntylatory J-PET są otrzymywane na drodze polimeryzacji w bloku winylotoluenu wraz z rozpuszczonymi w nim dodatkami scyntylacyjnymi. Metoda ta pozwala na otrzymanie homogenicznego polimeru o wystarczająco dużej masie cząsteczkowej, aby zapewnić maksymalną wydajność świetlną scyntylatora.

Zostało zoptymalizowane stężenie 2-(4-styrylofenylo)benzoksazolu umożliwiające osiągnięcie wysokiej wydajności świetlnej. Dla scyntylatorów o długości 2 cm, stężenie to jest równe 0.05 % wagowych. Wydajność świetlna scyntylatora J-PET jest porównywalna z wydajnością świetlną jednego z najlepszych scyntylatorów komercyjnych: BC-420 wyprodukowanego przez firmę Saint Gobain.

Widmo emisji scyntylatora J-PET jest poszerzone w stosunku do BC-420, przez co jest lepiej dopasowane do fotopowielaczy krzemowych. Kształt widma emisji nowatorskiego scyntylatora jest korzystny również biorąc pod uwagę współczynnik absorpcji, który maleje ze wzrostem długości fali. Czas narastania i zaniku impulsów

świeatlnych w nowatorskim scyntylatorze są porównywalne do parametrów charakteryzujących scyntylatory komercyjne.

Zostały przeprowadzone badania struktury scyntylatora J-PET za pomocą spektroskopii czasów życia pozytonów (Positron Annihilation Lifetime Spectroscopy - PALS) oraz różnicowej kalorymetrii skaningowej (Differential Scanning Calorimetry - DSC). Przeprowadzono porównanie wyników badań otrzymanych za pomocą obydwu technik. Podsumowując, praca doktorska zawiera przegląd właściwości scyntylatorów J-PET z punktu widzenia ich zastosowania w hybrydowym skanerze J-PET/MR.

Abstract

A novel plastic scintillator, referred to as J-PET scintillator, has been developed for the application in the digital positron emission tomography (PET). The novelty of the concept lies in application of the 2-(4-styrylphenyl)benzoxazole as a wavelength shifter. To date, the chemical compound has not been used as scintillator additive.

A role of the wavelength shifter is to shift the scintillation spectrum towards longer wavelengths. The 2-(4-styrylphenyl)benzoxazole provides shifting towards larger wavelengths than in case of the vast majority of commercial additives. This makes the compound more suitable for applications in scintillators of long strips geometry because of larger attenuation length. Moreover, scintillators characterized by emission maximum shifted towards larger wavelength are more suitable for detectors based on new generation photoelectric converters, silicon photomultipliers. They are becoming more popular because of larger quantum efficiency in comparison to vacuum photomultipliers, smaller sizes and insensitivity to magnetic field.

In the thesis method of scintillators development and characterization of their properties are presented, as well as synthesis method of the novel wavelength shifter. J-PET scintillators are obtained during bulk polymerization of vinyltoluene with dissolved scintillation additives. Such polymerization technique provides homogeneity of the material and sufficiently high molecular mass of the polymer to maximize optical properties of the scintillator.

The optimal concentration of the novel wavelength shifter was established by maximizing the light output, and for 2 cm samples is equal to 0.05 wt. % of 2-(4-styrylphenyl) benzoxazole. Light yield of the developed scintillator is similar to light yield of state-of-the-art BC-420 plastic scintillator, manufactured by Saint-Gobain.

Emission spectrum of novel scintillators is broaden and better adjusted

to silicon photomultipliers in comparison to BC-420. The shape of J-PET emission spectrum is favorable also from the point of view of the absorption coefficient, which decreases with increasing wavelength. Rise and decay times of the novel scintillator are comparable with corresponding parameters of commercial scintillators. Studies of novel scintillators structure were carried out with Positron Annihilation Lifetime Spectroscopy (PALS) and Differential Scanning Calorimetry (DSC). Results obtained with the two techniques are discussed and compared.

In the thesis properties of the novel J-PET scintillator in view of application in hybrid J-PET/MR tomograph are presented.

[Recenzja - prof. E. Dryzek](#)