

ESTUDO DE DANO DA RADIAÇÃO NOS DETECTORES PLÁSTICOS CINTILADORES

MARGARIDA MIZUE HAMADA, PAULO ROBERTO RELA, FÁBIO EDUARDO DA COSTA

Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - IPEN/CNEN-SP

CARLOS HENRIQUE DE MESQUITA

Instituto do Coração da FMUSP

O tipo de dano à radiação em detectores cintiladores, usualmente classificado como diminuição do rendimento de luz e da transparência, tem sido estudado em diversas condições de irradiação, tais como, diferentes dose, taxa de dose, temperatura e atmosfera. O processo de fabricação, a escolha de compostos fluorescentes e a escolha da matriz polimérica, também devem ser considerados. Devido a essas variedades de parâmetros que podem afetar a sensibilidade do plástico cintilador à radiação, encontram-se na literatura comparações de resultados de diversos plásticos cintiladores realizados por vários grupos de pesquisa. Observa-se resultados surpreendentes, algumas vezes, incompatíveis. A resistência à radiação do detector é uma das principais propriedades que deve ser considerada quando se pretende operá-lo em um ambiente de fluxo de radiação intenso. Neste trabalho, foi realizado um estudo de dano de radiação no plástico cintilador de grande volume produzido nos nossos laboratórios, pela polimerização do monômero estireno contendo 0,4 de PPO e 0,04% de POPOP. A polimerização foi induzida utilizando catalizador 1-Bis(terc-peroxibutil)ciclohexano na atmosfera de N₂. As amostras dos plásticos cintiladores foram irradiadas com fontes gama de ⁶⁰Co à duas taxas de doses diferentes, utilizando uma fonte panorâmica com atividade de 114 x 10¹² Bq e taxa de dose de 0.1kGy/h e outra fonte tipo "gamma cell" com atividade de 432 x 10¹² Bq taxa de dose de 85kGy/h. As amostras foram irradiadas no intervalo de dose de 1 a 10kGy a temperatura ambiente na presença de ar. As consequências nas suas propriedades cintiladoras e mecânicas foram avaliadas. Para caracterização óptica, medidas sistemáticas de transmitância, luminescência e rendimento de luz foram realizadas antes e depois da polimerização. Os espectros de transmitância foram determinados utilizando um espectrofotômetro Shimadzu modelo 1601. As mesmas medidas foram realizadas com poliestireno (matriz polimérica) preparado pela metodologia similar daquela utilizada para a preparação do plástico cintilador, para comparação. O espectro de luminescência e rendimento de luz foram determinados pela excitação de amostras de plásticos cintiladores de 2,5cm de diâmetro e 3,0cm de espessura com uma fonte gama de ¹³⁷Cs. As medidas dos espectros de luminescência foram realizadas com um monocromador (JASCL, FP550A). O rendimento de luz relativo foi avaliado pela comparação da altura de pulso com aquela obtida para o plástico cintilador não irradiado. As propriedades mecânicas foram avaliadas pelas modificações na dureza e resistência à tensão do plástico. Todas as medidas X (transmitância, intensidade de emissão de luminescência, altura de pulso e resistência a tensão) foram normalizadas para uma fração de dano $DF = (X_0 - X_{irrad})/X_{irrad}$. Uma função $DF = A \cdot e^{-\alpha D} - B \cdot e^{-\beta D}$ foi utilizada para ajustar a fração de dano em função da dose de irradiação, onde α e β correspondem a velocidade de formação do dano em função do aumento da dose e A e B são os parâmetros lineares que representam a contribuição de cada componente exponencial. Para todas as medidas, observou-se que a resistência do plástico cintilador diminui em função do aumento da dose de irradiação. O decréscimo na transmitância do plástico é maior na região azul, ou seja ao redor de comprimento de onda de 440nm, onde ocorre a emissão de luminescência do plástico cintilador. A intensidade de luminescência diminui com o aumento da dose, no entanto não foi observada alteração na posição do pico de luminescência a 440nm. A diminuição da resistência à radiação foi também observada nas medidas de altura de pulso, pelo decréscimo na amplitude da borda do Compton. Os dados dos resultados experimentais foram ajustados utilizando uma função bi-exponencial e traçados como uma função de dose. Obteve-se uma boa correlação no ajuste. Estas perdas nas características de transmitância, intensidade de emissão de luminescência e rendimento de luz no plástico cintilador podem ser atribuídas a danos nos compostos orgânicos fluorescentes (PPO e POPOP) e/ou na própria estrutura do plástico. Comportamentos similares foram observados para as duas taxas de dose estudadas, isto é quanto maior a dose de irradiação maior o dano no plástico cintilador. No entanto, à taxa de dose baixa, os detectores foram sistematicamente mais susceptíveis ao dano. Esta mesma tendência foi encontrada nos resultados de medidas de resistência a tensão. Por outro lado, diferenças não foram observadas significativas nos resultados de dureza. A susceptibilidade maior do plástico cintilador à taxa de dose baixa pode ser devida a maior quantidade de produtos de oxidação formados durante a irradiação, por requer um tempo de irradiação mais longo para obter a mesma dose daquele utilizada para alta taxa de dose. Os peróxidos formados durante a irradiação atuam como "quencher", restringindo a transmitância do plástico e assim diminuindo o rendimento de luz do detector. Um estudo para avaliar a recuperação do plástico cintilador foi realizado pelas medidas de transmitância durante um mês. As amostras foram estocadas a temperatura ambiente na presença de ar. O dano do plástico cintilador devido à radiação não foi totalmente permanente. Ele é recuperado ao longo do tempo, é após um mês o resíduo do dano foi diminuído exponencialmente para 5% do dano gerado imediatamente após a irradiação.