

INFLUÊNCIA DA CONCENTRAÇÃO DO ATIVADOR TÁLIO NAS CARACTERÍSTICAS DE CINTILAÇÃO DO CRISTAL DE CsI(Tl)

Maria da Conceição Costa Pereira, Fábio Eduardo da Costa e Margarida Mizue Hamada

Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares -IPEN-CNEN/SP
Travessa “R” 400 - Cidade Universitária
05508-900, São Paulo, SP, Brasil.

RESUMO

Os cristais de iodeto de cézio (CsI) podem ser utilizados como detectores de radiação na forma pura ou dopada com sódio (Na), tálio (Tl) ou bromo (Br). Dentre estes cintiladores o que apresenta maior rendimento de luz (51800fótons/MeV) é o iodeto de cézio ativado com tálio CsI(Tl). Os cristais de CsI(Tl) ao longo dos anos têm sido obtidos com concentração de tálio (Tl) de 10^{-3} M. O Tl é responsável pela alta luminescência do cristal de CsI(Tl). Neste trabalho investigaram-se as características de cintilação de cristais de CsI(Tl) com concentrações de tálio variando de 10^{-6} a 10^{-2} M. Neste estudo foram efetuadas medidas dos espectros de emissão de luminescência, medidas de tempo de decaimento de luminescência e de altura de pulso para radiação gama e alfa. Esses estudos forneceram informações fundamentais para o conhecimento das características de cintilação do cristal de CsI(Tl), as quais são importantes para o desenvolvimento de detectores de radiação.

I. INTRODUÇÃO

O cristal de iodeto de cézio ativado com tálio CsI(Tl) é um dos cintiladores de mais alta eficiência de detecção gama por unidade de volume.^[1] Possui boa resistência mecânica, é pouco higroscópico e o seu espectro de luminescência coincide com a região de sensibilidade dos fotodiodos tipo PIN.^[2,3] Entretanto a utilização do cristal de CsI(Tl) como cintilador acoplado à fotomultiplicadoras foi inibido pelo cristal de iodeto de sódio ativado com tálio NaI(Tl) por este apresentar melhor sobreposição do espectro de luminescência em função da eficiência quântica das fotomultiplicadoras.^[4] O desenvolvimento e disponibilidade no mercado dos fotodiodos de silício com baixa capacitância, grande área de sensibilidade e distribuição espectral coincidente com o espectro de luminescência do CsI(Tl) estimulou o uso deste cristal como cintilador.^[1,5,6] Ao longo dos anos os cristais de CsI(Tl) têm sido obtidos ativados com tálio com concentração molar de 10^{-3} . Esta concentração vem sendo adotada desde a década de 50 quando foi determinado o máximo rendimento de luz para excitação gama.^[7] Entretanto esta concentração pode ser diferente para partículas com densidades de ionização diferentes, portanto torna-se necessário o estudo das características de cintilação em função da concentração do ativador Tl para obter-se um melhor desempenho dos cristais de CsI(Tl) quando utilizados como detectores de radiação

O objetivo deste trabalho foi investigar as características de cintilação de cristais de CsI(Tl) com

concentrações de tálio variando de 10^{-6} a 10^{-2} M. Neste estudo foram efetuadas medidas dos espectros de emissão de luminescência para radiação gama e alfa; medidas de duração do tempo de decaimento de luminescência e de altura de pulso.

II. PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

Os cristais de CsI(Tl) utilizados neste estudo foram desenvolvidos nos laboratórios do IPEN/CNEN-SP. O crescimento desses cristais foi efetuado pela técnica de Bridgman.^[8]

Os espectros de emissão de luminescência para radiação gama e alfa foram determinados por meio de um sistema, que consiste de uma fonte radioativa colocada em frente ao cristal cintilador de CsI(Tl). A emissão de luz do cintilador é filtrada por um monocromador com resolução de 20nm, que por sua vez está acoplado opticamente à fotomultiplicadora que converte os pulsos de luz provenientes do cintilador em impulsos elétricos que serão analisados pelo sistema de análise constituído de um pré-amplificador, um amplificador e um contador de pulsos associado a um cronômetro. A determinação do espectro de emissão do cintilador foi feita ajustando um determinado comprimento de onda no monocromador e efetuando as contagens de pulsos em presença da fonte de radiação, e assim sucessivamente para vários comprimentos de onda dentro de uma faixa definida no intervalo de 200nm a 700nm.

O tempo de decaimento de luminescência, foi determinado diretamente pela forma de onda de decaimento no osciloscópio (Tektronix 784A 1GHz). A forma de onda observada é a média de 10.000 pulsos de decaimento. A Figura 1 (a) e (b) mostra os esquemas utilizados nestas medidas.

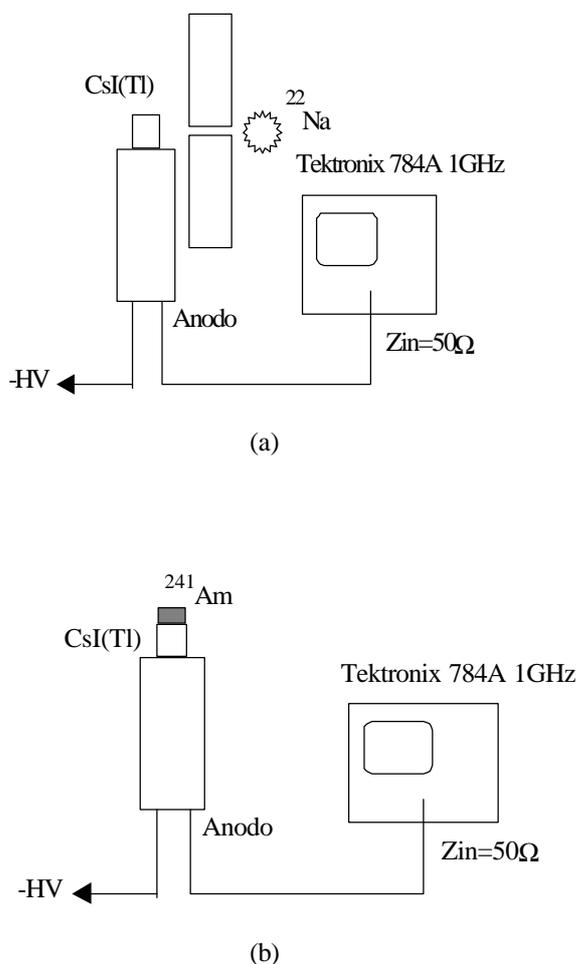


Figura 1. Representação esquemática da eletrônica associada aos cristais de CsI(Tl) para determinar o tempo de decaimento de luminescência: (a) para excitação com raios gama, (b) para excitação com partículas alfa.

No estudo de altura de pulso, os cristais foram acoplados diretamente à fotomultiplicadora (RCA modelo 8575) usando-se graxa de silicone (Dow Corning) de viscosidade de 0,5 McStokes^[9] como interface óptica. As fontes radioativas foram posicionadas no centro da face superior dos cristais. Os módulos eletrônicos utilizados para o tratamento dos sinais provenientes da fotomultiplicadora

foram os seguintes: pré-amplificador (Ortec modelo 276), amplificador (Ortec modelo 450), fonte de alta tensão (Ortec 556), analisador multicanal (ADCAM Ortec modelo918A), osciloscópio Phillips (PM3295A 400MHz) e microcomputador Pentium III.

III. RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Figura 2 mostra os espectros de luminescência do cristal de CsI(Tl) nas concentrações de 10^{-2} , 10^{-3} , 10^{-4} , 10^{-5} e 10^{-6} M excitados com radiação gama da fonte de ^{22}Na . A intensidade de luminescência no comprimento de onda ao redor de 500nm aumenta em função do aumento da concentração do tálio. Para concentrações de 10^{-5}M e 10^{-6}M observa-se um pico de luminescência em torno de 320nm. O pico de luminescência em 500nm é atribuído à luminescência dos íons Tl no cristal,^[1] enquanto o pico de emissão em 320nm corresponde a luminescência intrínseca proveniente do cristal de CsI puro.^[10]

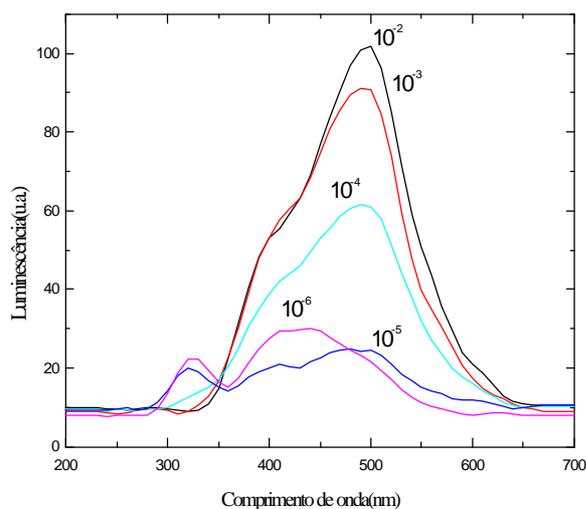


Figura 2. Espectros de Luminescência para os Cristais de CsI(Tl) Utilizando Radiação Gama do ^{22}Na .

A Figura 3 apresenta os espectros de emissão luminosa dos cristais de CsI(Tl) em diferentes concentrações de tálio excitados com radiação alfa da fonte de ^{241}Am . O decréscimo na intensidade de luminescência ao redor de 500nm em função da diminuição da concentração de tálio é mais pronunciado quando os cristais de CsI(Tl) são excitados com partículas alfa comparado a radiação gama.

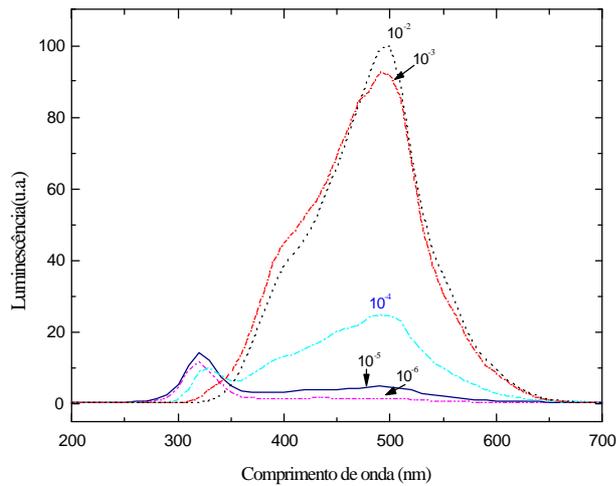


Figura 3. Espectros de Luminescência para os Cristais de CsI(Tl) Utilizando Radiação Alfa do ^{241}Am .

As Figuras 4 e 5 apresentam a altura de pulso dos cristais de CsI(Tl) em diferentes concentrações excitados com radiação gama do ^{137}Cs e partículas alfa do ^{241}Am . O mesmo comportamento dos espectros de luminescência em função da concentração do tálio foi observado para os resultados da altura de pulso, ou seja quanto maior a concentração do tálio maior a altura de pulso. A diminuição de altura de pulso para concentrações menores de tálio é mais evidenciada para excitações com partículas alfa.

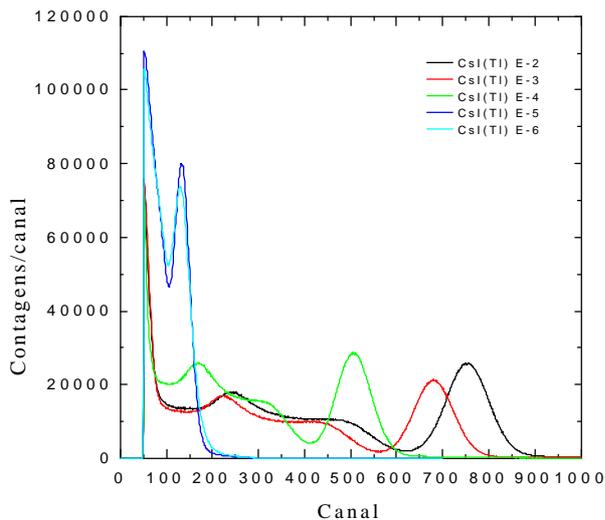


Figura 4. Altura de pulso obtida para a radiação gama do ^{137}Cs com os cristais de CsI(Tl).

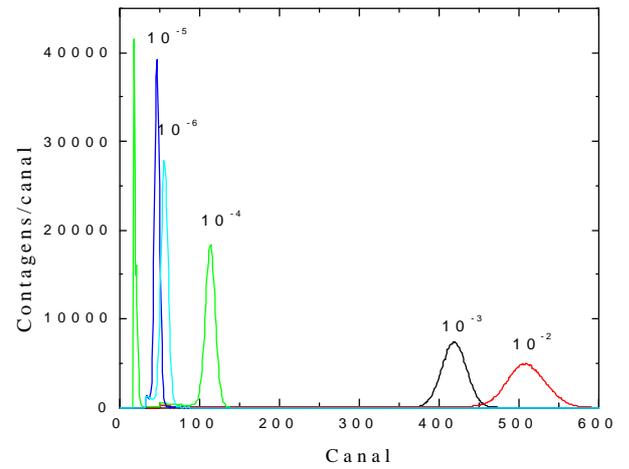


Figura 5. Altura de pulso obtida para a radiação alfa do ^{241}Am com os cristais de CsI(Tl).

As figuras 6 e 7 mostram as curvas de decaimento da luminescência dos cristais de CsI(Tl) em diferentes concentrações excitados com radiações gama de ^{22}Na e alfa de ^{241}Am . Para excitações com radiação gama o tempo de decaimento não depende da concentração do tálio na faixa de 10^{-6} a 10^{-2}M como pode ser observada na figura 6. Esses cristais apresentam dois valores de tempo de decaimento de luminescência, 600ns e 6ms, os quais estão de acordo com os valores encontrados na literatura.^[10] O tempo de decaimento de 600ns é devido a excitação do tálio e o de 6ms é produzido pelo armadilhamento do elétron no centro do íon Tl^+ . Para excitação com radiação alfa, as curvas de decaimento apresentaram diferenças para as várias concentrações de tálio.

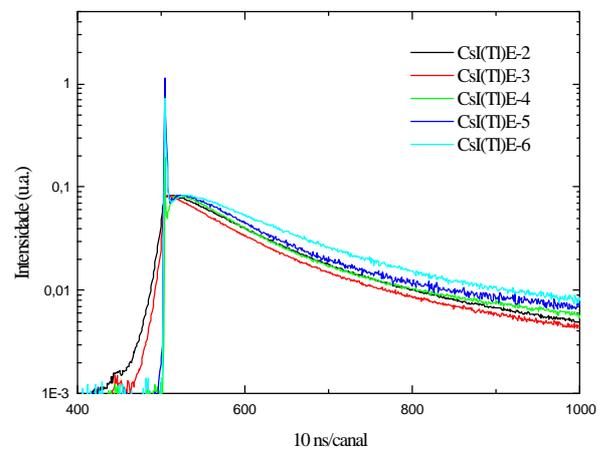


Figura 6. Tempo de Decaimento de Luminescência dos Cristais de CsI(Tl) para a Radiação Gama do ^{22}Na .

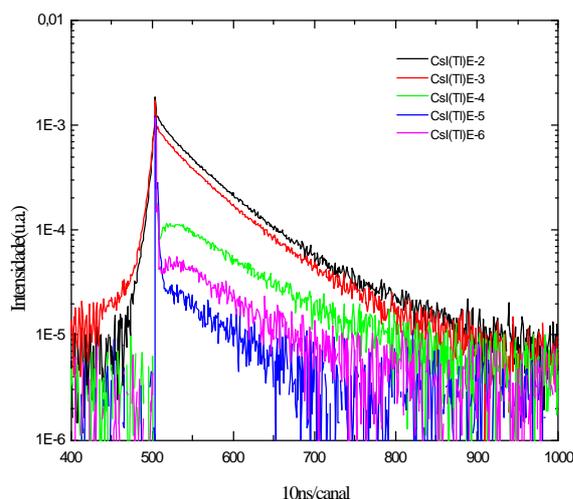


Figura 7. Tempo de Decaimento de Luminescência dos Cristais de CsI(Tl) para a Radiação Alfa do ^{241}Am .

IV. CONCLUSÕES

As análises dos espectros de luminescência e das alturas de pulso dos cristais de CsI(Tl) indicaram que a melhor concentração de tálio é de 10^{-2}M para medidas de radiações gama e alfa.

Para radiação gama o tempo de decaimento não depende da concentração de tálio, enquanto que para a radiação alfa verificou-se a variação do tempo de decaimento em função das várias concentrações de tálio.

REFERÊNCIAS

- [1] GRASSMANN, H; LORENZ E.; MOSER. H. G. Properties of CsI(Tl)- Renaissance of an old scintillation material. *Nucl. Instrum. Methods Phys. Res.*, v.228, p.323-326, 1985.
- [2] GONG, W. G.; KIM, Y. D.; POGGI, G.; CHEN, Z.; GELBKE, C. K.; LYNCH, W. G.; MAIER, M. R.; MURAKAMI, T.; TSANG, M. B. and XU, H. M. Resolution tests of CsI(Tl) scintillators readout by PIN diodes. *Nucl. Instrum. Methods Phys. Res.*, v.A268, p.190-199, 1988.
- [3] GRASSMAN, H.; MOSER, H. G.; DIETL, H.; EIGEN, G.; FONSECA, V.; LORENZ, E.; MAGERAS, G. Improvements in photodiode, readout for small CsI(Tl) crystal. *Nucl. Instrum. Methods Phys. Res.*, v.A234, p.122-124, 1985.
- [4] HAMADA, M. M. ; HASHIMOTO, T.; SHIRAISHI, F. Performance of CsI(Tl) crystal coupled to photodiode. In: workshop on radiation detectors and their uses, 6., January 29-30, 1991, Tsukuba. *Proceedings...* Tsukuba: KEK, 1991. P.55-57.

[5] GUNJI, S.; HANADA, N.; KOSHINO, T.; KAMAE, T.; MIYASAKI, S.; TAKAHASHI, T.; TAMURA, T.; YAMAGAMI, T.; MURAKAMI, H.; MORI, K.; TANAKA, H.; YAMAMOTO, K. Use of a large area photodiode in CsI(Tl) scintillation counters. *Nucl. Instrum. Methods Phys. Res.*, v.A295, p.400-404, 1990.

[6] MOSZYNSKI, M.; WOLSKI, D.; LUDZIEJEWSKI, T. Particle identification by digital charge comparison method applied to CsI(Tl) crystal coupled to photodiode. *Nucl. Instrum. Methods Phys. Res.*, v.A336, p.587-590, 1993.

[7] BIRKS, J. B. *The theory and practice of scintillation counting*. New York, Pergamon, 1964.

[8] PEREIRA, M. C. C. *Desenvolvimento e caracterização do cristal cintilador de CsI(Tl) utilizado como detector de radiação*. Dissertação de Mestrado. IPEN-USP. 1997.

[9] HAMADA, M. M.; MADI F., T.; MESQUITA, C. H. Estudo do acoplamento óptico de detectores plásticos cintiladores: avaliação de diferentes produtos de silicone. In: CONGRESSO GERAL DE ENERGIA NUCLEAR, 3., JULHO 22-27, 1990, Rio de Janeiro. *Anais...* Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Energia Nuclear, 1990. V.3, p.18.

[10] SCHOTANUS, R.; KAMERMANS, R.; DORENBOS. P. Scintillation characteristics of pure and Tl-doped CsI crystals. *IEEE Trans. Nuclear Sci.*, v.37(2), p.177-182, 1990.

ABSTRACT

The CsI, cesium iodine crystals, can be used as radiation detectors undoped or doped with sodium (Na), thallium (Tl) or bromine (Br). Among these scintillators the one with higher light yield (51800 photons/MeV) is the cesium iodine activated with thallium CsI(Tl). These crystals have been obtained, along the years, with a thallium concentration of about 10^{-3}M . The Tl is responsible for the high CsI(Tl) luminescence. In this paper, the crystals scintillation characteristics were studied, with a thallium concentration ranging from 10^{-6} to 10^{-2}M . Spectra measurements of the luminescence emission, luminescence decay time and pulse height were carried out under gamma and alpha radiation excitations. These studies were fundamental for the knowledge of the CsI(Tl) scintillation characteristics, which are important for the development of radiation detectors.