

CARACTERIZAÇÃO DO CRISTAL CINTILADOR CsI(Tl) DESENVOLVIDO NO IPEN/CNEN-SP

M. Conceição C. Pereira, Margarida M. Hamada, Tufic Madi Filho, Wilson A.P. Calvo, Wilson A. Bruzina, José Mauro Vieira e Carlos Henrique de Mesquita

Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - IPEN/CNEN-SP
Caixa Postal 11049
05499-970, São Paulo, SP, Brasil

ABSTRACT

The emission spectrum, the decay time, the energy resolution and efficiency have been measured for CsI(Tl) developed in IPEN/CNEN-SP. The measurements have been made using the crystal coupled to a photomultiplier. The resolution and the efficiency of the system for gamma ray energy between 100 keV and 2000 keV were determined. The results show that the characteristics of CsI(Tl) crystals produced at this laboratory are comparable with others already described.

INTRODUÇÃO

O cristal de CsI(Tl) é um dos cintiladores de mais alta eficiência de detecção gama por unidade de volume[1,2]. O CsI(Tl) mostra vantagens sobre o cristal de NaI(Tl) no tocante à resistência mecânica, higroscopicidade e comprimento de onda dos fótons de luz emitidos[1].

Até recentemente o uso do cintilador CsI(Tl), acoplado às fotomultiplicadoras, foi desestimulado devido ao espectro de emissão luminosa deste cristal apresentar menor sobreposição com o perfil de sensibilidade das fotomultiplicadoras comparado com o cristal de NaI(Tl). Com o recente desenvolvimento e disponibilidade no mercado de fotodiodos de baixa capacitância e alta sensibilidade, a utilização do cristal de CsI(Tl) foi estimulado. Este cristal é considerado um dos cintiladores mais adequados para acoplamento com fotodiodos tipo PIN, devido ao seu espectro de emissão luminosa ser bem combinado com a eficiência quântica deste fotodiodo[3,4,5].

Além de sua utilização como detectores de radiação gama, o cristal de CsI(Tl) é também utilizado para identificação de partículas carregadas[6], na detecção de fótons provenientes de colisões de íons pesados[3,7,8] e na calorimetria de alta resolução energética [9,10].

Devido a tendência dos novos projetos de sensores de radiação seguirem a tecnologia dos semicondutores foram desenvolvidos nos laboratórios do IPEN/CNEN-SP, cristais de CsI(Tl) com concentração de tálio da ordem de 1 mM. Procurando-se estabelecer protocolos de controle de qualidade da produção desse cintilador foram efetuadas medidas do espectro de emissão, duração do tempo de decaimento de luminescência, eficiência global de contagem e determinação da resolução energética para a radiação gama.

PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

O crescimento do cristal de CsI(Tl) foi efetuado pelo método de Bridgman, utilizando tubo de quartzo em vácuo (10^{-6} mmHg). O sal de CsI com pureza de 99,99% foi adquirido da Metal Gesellschaft K.K., Alemanha. Para remover resíduos de água, o sal foi submetido a processo de purificação à vácuo (10^{-6} mmHg) em temperatura de 150°C por 4 horas.

O cristal foi usinado e polido nas dimensões de 21 mm de diâmetro por 18 mm de altura. O espectro de emissão luminosa foi determinado em um monocromador marca JASCL, modelo FP550A, com resolução de comprimento de onda de 20 nm. A eficiência do sistema de detecção foi determinada para fótons de diferentes energias, utilizando-se as fontes de $^{99\text{m}}\text{Tc}$, ^{131}I , ^{22}Na , ^{137}Cs , ^{54}Mn e ^{60}Co . O cristal foi acoplado diretamente em fotomultiplicadora Amperex modelo XP2202B de 50 mm com graxa de silicone Down Corning de viscosidade de 0,5 McStokes. As fontes radioativas foram posicionadas no centro da face superior do cristal. A eletrônica associada à fotomultiplicadora foi constituída de: a) preamplificador Ortec modelo 276, b) amplificador Micronal modelo 4012, c) analisador multicanal Ortec modelo 918A. A resolução energética do detector, expressa percentualmente, foi avaliada pela razão entre a largura à meia altura e a respectiva energia do fotopico.

O tempo de decaimento de luminescência, foi determinado pela análise da fotografia do sinal de anodo da fotomultiplicadora amostrado na tela de um osciloscópio Philips modelo PM 3295A, conforme procedimento descrito por Farukri e Swinehart [11].

RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Figura 1 mostra o espectro de emissão de luminescência do cristal de CsI(Tl). Infere-se que o comprimento de onda de máxima luminescência é de 540 nm. Este valor está de acordo com

os apresentados na literatura[3,5]. O pico de luminescência em 540 nm é atribuído à luminescência dos íons Tl^+ no cristal[3].

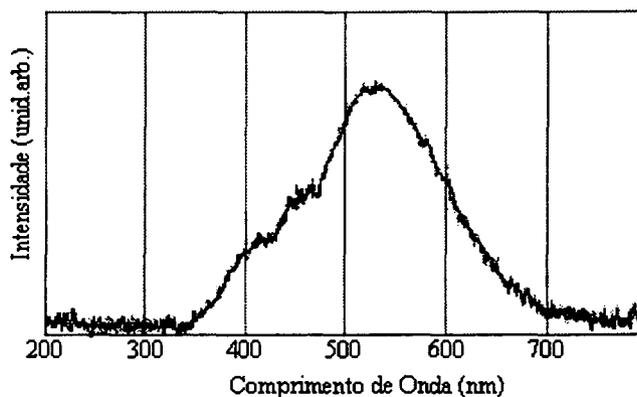


FIGURA 1- Espectro de Luminescência do Cristal de CsI(Tl)

A constante de decaimento de luminescência de 1020 ns obtida no cristal é compatível com os valores encontrados nas literaturas [4,12].

A Figura 2 ilustra os resultados espectrométricos para as radiações gama do ^{137}Cs e ^{60}Co . A resolução energética foi de 10,0% para 662 keV e de 5,9% para 1333 keV. Estes resultados estão compatíveis com aqueles encontrados na literatura[12,13].

A resolução energética percentual e a eficiência global do sistema de detecção para diferentes energias estão apresentadas nas Figuras 3 e 4, respectivamente.

Analisando os dados obtidos, podemos concluir que os detectores de CsI(Tl) produzidos no IPEN apresentam características semelhantes aos descritos na literatura. O perfil de luminescência do cristal de CsI(Tl) é o que melhor combina com o espectro de eficiência quântica do fotodiodo PIN[3,5], dentre os cristais cintiladores conhecidos. Na fase preliminar de nossos estudos as características do CsI(Tl) foram elaboradas com fotomultiplicadora por serem de maior uso em nossos laboratórios. Em futuro próximo o desempenho da combinação fotodiodo e CsI(Tl) será avaliado e comparado com os resultados aqui relatados.

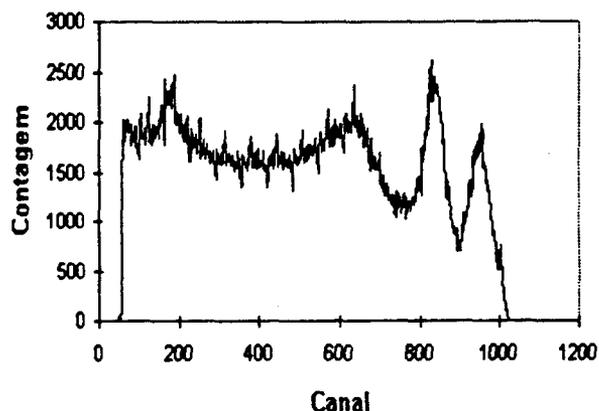
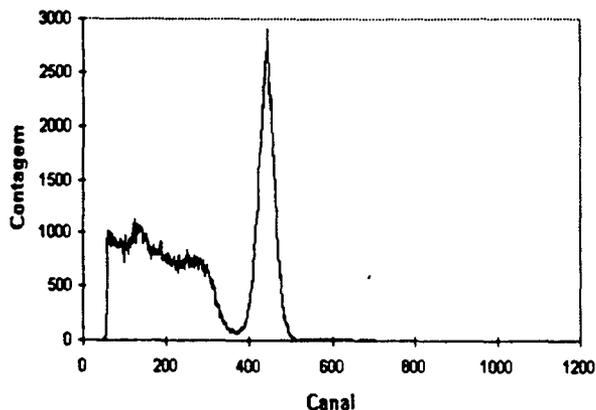


FIGURA 2. Espectro de Energia do ^{137}Cs (a) e ^{60}Co (b) Acoplado a Fotomultiplicadora

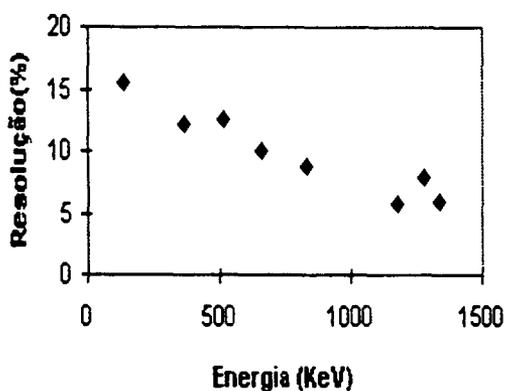


FIGURA 3: Resolução do Detector CsI(Tl) em Função da Energia da Radiação Gama.

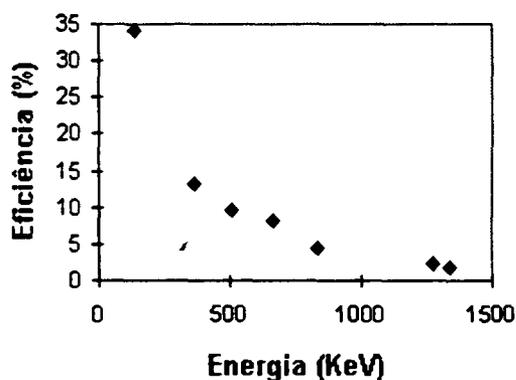


FIGURA 4: Eficiência do Detector em Função da Energia da Radiação Gama.

REFERÊNCIAS

- [1] GUNJI, S. ; HANADA, N. ; HOSHINO, T.; KAMAE, T. ; MIYAZAKI, 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. Nuclear Instruments and Methods , v. A295 p. 400-404, 1990.
- [2] GRASSMANN, H. and MOSER, H. G. ; Improvements in photodiode readout for smallCsI(Tl) crystals. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research , v.A234, p.122-124, 1985.

- [3] HARIHAR, P.; KNUDSON, A. R.; STAPOR W. J. and CAMPBELL A. B. ; Rise time spectroscopy of Nuclear Radiations in a CsI(Tl) scintillator. Nuclear Instruments and Methods , v. A238, p. 62-66, 1989.
- [4] SCHOTANUS,P. ; KAMERMANS, R. and DORENBOS , P. Scintillation characteristics of pure and Tl-doped CsI crystals. IEEE Trans. Nucl.Sci.,v. 37, n.2, p. 177-182, Abril 1990.
- [5] HAMADA, M. M. ; MESQUITA, C. H. ; RELA, P. R. ; HASHIMOTO, T.; SHIRAIISHI, F. ; Estudo do desempenho da combinação do cristal de CsI(Tl) com o fotodiodo tipo PIN. In: Anais do IV Congresso Geral de Energia Nuclear. Rio de Janeiro, Brasil.: p. 611-614,1992.
- [6] GUINET, D. ; CHAMBON, B.; CHEYNIS, B. ; DEMEYER, A. ; DRAIN, D.; HU, X. C. ; PASTOR, C. ; VAGNERON, L. ; ZAID, K. ; GIORNI, A. ; HEUER, D. ; LLERES, A. and VIANO, J. B. ; Using the combination CsI(Tl) and photodiode for identification and energy measurement of light particles . Nuclear Instruments and Methods in Physics Research , v. A278, p. 614-616, 1989.
- [7] GONG, W. G.; CAELIN, N. ; GEBKE, C. K. ; Quality tests of CsI(Tl) scintillators. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research , v. A287, p. 639-641, 1990.
- [8] VALTONEN, E.; PELTONEN, J. and TORSTI, J. J. ; Response of BGO and CsI(Tl) scintillators to heavy ions. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research , v. A286, p.169-174, 1990.
- [9] BLUCHER, E.; GITTELMAN, B.K.; HELTSEY, B.K.; KANDASWAMY, R.; KOWALEWSKI, R.; KUBOTA, Y.; MISTRY, N. and STONE, S. Tests of cesium iodide crystals for an electromagnetic calorimeter. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research., v. A277, p. 210-217, 1988.
- [10] KUBOTA, S. ; SAKURAGI, S. ; HASHIMOTO, S. ; and RUAN, J ; A new scintillation material: Pure CsI with 10ns decay time . Nuclear Instruments and Methods in Physics Research , v. A268, p. 275-277, 1988.
- [11] FARUKHI, M.R. ; SWINEHART, C. F.; Barium fluoride as a gamma ray and ceared particle detector. IEEE Trans. Nucl. Sci. , v.18,n.1, p. 200-204, 1971.
- [12] BRUCE, A . J . and HIREMATH, B. V. ; Scintillation performance and optical transmission of Ce doped Gd₂SiO₅ single crystal for radiation detectors.Solid-State Optical Materials, Ceramic Transactions, v. 28, p.335-341, 1990.
- [13] KREUTZ, P.; KUHMICHEL, A.; PINKENBURG, C.; POCHODZALLA, J.; GUO, Z.Y.; LYNEN, H.S.; TRAUTMANN, W. and TROCKEL, R. Photodiode readout and pulse analysis of CsI(Tl) scintillator signals. Nuclear Instruments and Methods in Physics Research v. A260, p.120 -123, 1987.