

DESENVOLVIMENTO DE DETECTOR-CONTADOR PARA FINS DE ENSINO EM INSTRUMENTAÇÃO NUCLEAR

Fábio E. da Costa, Margarida M. Hamada, Maria Conceição C. Pereira e Carlos H. Mesquita
fecosta@baitaca.ipen.br mmhamada@net.ipen.br

Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares
Travessa "R", nº 400, Cidade Universitária
05508-900, São Paulo, Brasil

RESUMO

Desenvolveu-se um sistema detector constituído de um analisador monocanal com contador digital, amplificador, pré-amplificador sensível a carga e detector cintilador com cristal de CsI(Tl) acoplado a fotodiodo PIN para detecção de radiação gama. O cristal foi crescido pelo método de Bridgman. O espectro de luminescência do cristal apresenta boa sobreposição com o espectro de eficiência quântica do fotodiodo PIN. A combinação CsI(Tl)-fotodiodo possibilitou a confecção de um detector compacto, robusto, insensível a campos magnéticos e permite operação a baixas voltagens. Este sistema detector possui fundo de escala para 1 MeV e 2 MeV selecionáveis pelo usuário e tendo dois discriminadores (inferior e superior) com avanços de 10 ou 20keV/divisão. Apresentou boa linearidade energética na faixa de 122 a 1400 keV.

I. INTRODUÇÃO

O uso de fotodiodos de silício PIN acoplados com cristais de CsI(Tl) é uma alternativa ao uso de fotomultiplicadoras. Dentre suas vantagens pode-se citar a) a utilização com baixas tensões de polarização reversa; b) o desempenho pouco afetado pela variações de tensão, não requerendo projetos elaborados de fontes de tensão; c) as dimensões reduzidas o que propicia detectores robustos e compactos; d) a alta eficiência quântica quando comparada a fotomultiplicadoras; e) ser insensível a campos magnéticos; f) possuir boa eficiência de conversão com o espectro de emissão dos cristais de CsI(Tl) e g) ter baixo custo comparado com a fotomultiplicadora (US\$70 vs US\$1000)^[1,2].

O cristal de CsI(Tl) é um dos cintiladores de mais alta eficiência de detecção gama por unidade de volume. As vantagens do CsI(Tl) comparado ao cristal de NaI(Tl) são: resistência mecânica, menor higroscopicidade e boa sobreposição dos comprimentos de onda dos fótons emitidos^[3]. O cristal de CsI(Tl) é considerado um dos cintiladores mais adequado para acoplamento com fotodiodos tipo PIN, devido a boa sobreposição do seu espectro de emissão luminosa com a eficiência quântica dos fotodiodos PIN^[4]. Apesar das vantagens intrínsecas do CsI(Tl) o seu acoplamento com fotomultiplicadoras é desestimulado devido a má sobreposição com o perfil de sensibilidade das fotomultiplicadoras comparado ao cristal de NaI(Tl). Com os recentes avanços da tecnologia dos fotodiodos a utilização do cristal de CsI(Tl) tornou a ser estimulada como detector de radiação

O detector CsI(Tl)-Fotodiodo PIN reúne adequadas características para a construção de um sistema detector (eletrônica e sensor) para fins educativos, pois, a sua construção é obtida por um preço relativamente baixo permitindo à escola possuir várias unidades e assim atender uma boa relação nº de alunos/detector.

Neste trabalho foi desenvolvido: a) um detector de radiação constituído de cristal de CsI(Tl) acoplado ao fotodiodo PIN e um pré amplificador sensível a carga de baixo ruído; b) uma unidade de contagem composta de uma fonte de alimentação, amplificador, monocanal temporizador e contador.

2. METODOLOGIA

O crescimento dos cristais de CsI(Tl) foi efetuado pelo método de Bridgman, utilizando tubo de quartzo em vácuo (10^{-6} mmHg). O sal com pureza de 99,99% foi adquirido da Metal Gesellschaft K.K. Alemanha. Os cristais foram usinados na forma de paralelepípedos nas dimensões de 1x1x2cm. Os cristais foram acoplados a fotodiodo PIN mod. S3590 da Hamamatsu com área quadrada de 1cm². Os cristais foram polidos apenas na face de contato com o fotodiodo e na imediatamente oposta. O acoplamento óptico foi feito com graxa de silicone Dow Corning 0,5 McStockes. O conjunto foi envolto em fita Teflon para a finalidade refletora e fixação do fotodiodo ao cristal.

O pré-amplificador sensível a carga utilizado foi projetado com o amplificador operacional CS Amp2 ou CS 520 da Soshin. No amplificador e eletrônica do monocanal

foram utilizados amplificadores operacionais de uso geral como o LF357. A Figura 1 mostra o esquema eletrônico do pré-amplificador sensível a carga.

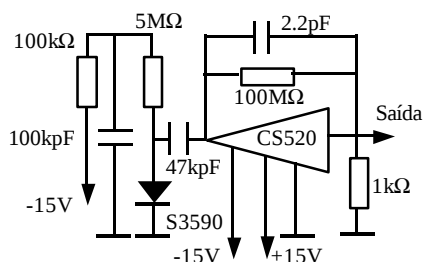


Figura 1 – Esquema eletrônico do pré-amplificador sensível a carga.

Os espectros de energia para radiação gama, na fase de projeto e caracterização do sensor CsI(Tl)-fotodiodo PIN, foram obtidas com um analisador multicanal ADCAM da Ortec modelo 918. A Figura 2 ilustra os resultados da espectrometria gama, das radiações das fontes de ^{133}Ba , ^{137}Cs e ^{22}Na .

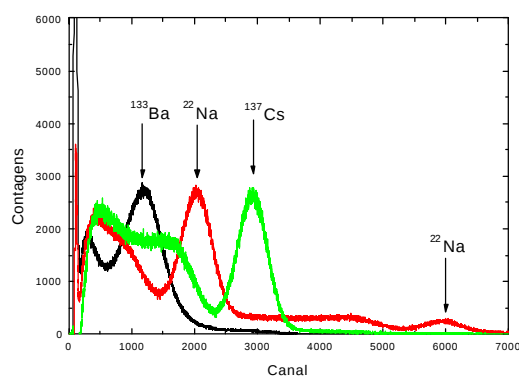


Figura 2 – Espectros de energia para vários radioisótopos obtidos em um analisador multicanal utilizando o sinal do estágio de amplificação do equipamento desenvolvido.

A resolução em energia foi considerada satisfatória para fins demonstrativos em sala de aula. A curva de linearidade de energia por canal, é mostrada na Figura 3.

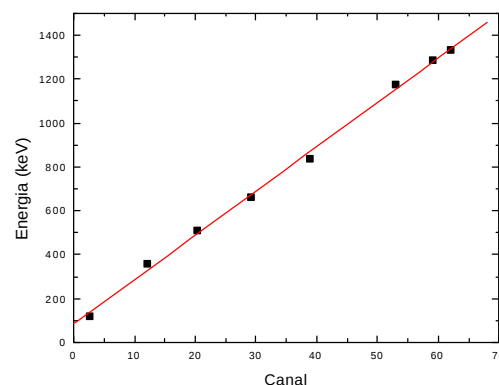


Figura 3 – Energia em função do número de canal.

A Figura 4 mostra o espectro de energia do ^{137}Cs obtido com janela 10 keV com o sistema detector desenvolvido. Como pode ser observado, apesar do baixo tempo de aquisição utilizado no exemplo, 10 segundos em cada janela, já é perfeitamente visível o fotopico em 662keV. Neste sistema monocal desenvolvido, para analisar sinais provenientes de radiação de 1 MeV não é indicado utilizar janela de varredura inferior a 10keV, pois as dificuldades mecânicas no potenciômetro multivoltas impedem um ajuste com reprodutibilidade na progressão dos passos para valores menores.

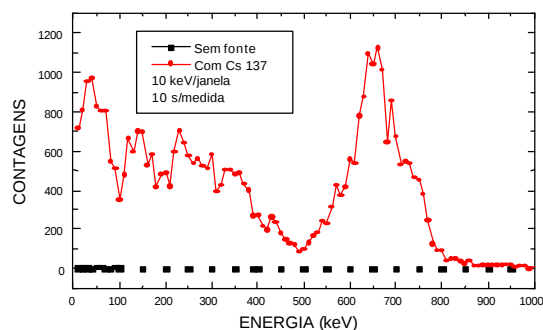


Figura 4 – Espectro de energia com fonte de ^{137}Cs . Pontos obtidos com janela de 10keV e tempo de contagem de 10 segundos por canal.

A Figura 5 mostra a eficiência global de detecção na região do fotopico em função da energia. Nessas determinações foram utilizadas fontes radioativas colocadas sobre a superfície do cristal, oposta ao fotodiodo. Deste modo apenas 50% dos eventos de decaimento são passíveis de serem detectados. Os valores de eficiência da Figura 5 não incluem esta correção.

A Figura 6 mostra em vista geral o sistema detector.

O sistema detector é indicado para ser usado na realização das aulas práticas de medidas nucleares em experimentos como: espectrometria gama, determinação da camada semi-redutora de blindagem, elaboração de teste de

controle de qualidade de detectores nucleares (teste de χ^2) e estudo da dependência da distância da fonte ao detector na medida da radioatividade (lei do inverso do quadrado da distância).

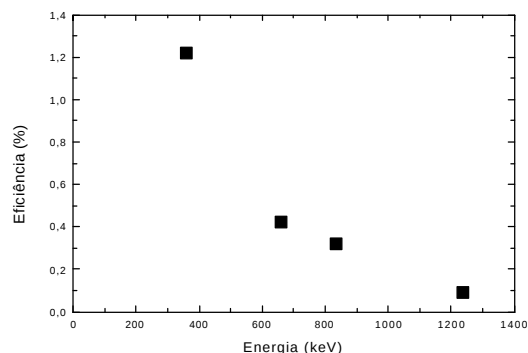


Figura 5 – Eficiências de detecção em função da energia utilizando-se fontes de ^{133}Ba , ^{137}Cs , ^{54}Mn e ^{60}Co .



Figura 6 – Sistema detector constituído de cristal de CsI(Tl)-fotodiodo PIN (encapsulados), pré-amplificador, unidade de contagem e monocal, e blindagem de chumbo onde na parte interna superior acomoda-se o detector e na parte inferior, contendo prateleira, as amostras.

3. CONCLUSÕES

Este detector vem sendo utilizado nas aulas práticas do curso de Técnicas nucleares da Faculdade de Farmácia e Bioquímica da Universidade de São Paulo, onde tem sido demonstrado a sua eficácia.

4. BIBLIOGRAFIA

[1] Silicon Photodiodes and Charge Sensitive Amplifiers for Scintillation Counting and High Energy Physics, *Hamamatsu Manual*, 1993.

[2] HAMAMATSU. *Photomultiplier Tubes*, Jan. 1989.

[3] ISHII, M.; KOBAYASHI, M. Single Crystals for Radiation Detectors. *Progress in Crystal Growth and Characterization of Materials*. New York, N. Y.: Pergamon Press Ltd, v.23, n.1-4, 1992. P. 245-311.

[4] KNOLL, G. F. *Radiation Detection and Measurement*. New York, N.Y.: John Wiley & Sons, 1989.

ABSTRACT

A detector system constituted of a monochannel analyzer with digital counter, amplifier, charge sensitive preamplifier and CsI(Tl) scintillator detector coupled to photodiode PIN was developed to gamma radiation detection. The crystal was grown by Bridgman Method. The crystal luminescence spectra has good match with the photodiode efficiency spectrum. The combination CsI(Tl)-photodiode made it possible to obtain a compact and rugged detector, insensitive to magnetic fields and may be operated at low voltages. This detector system has a baseline for 1 MeV and 2 MeV selected by the use, with two discriminators (inferior and superior) for advancements 10 or 20 KeV division. The system showed good energy linearity in the range from 122 to 1440 KeV.