

## ESPECTRÔMETRO DE ENERGIA PORTÁTIL UTILIZANDO DETECTOR DE CsI(Tl) COM FOTODIODO

F.E da Costa, M.C.C Pereira e M.M. Hamada

Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - IPEN-CNEN/SP  
Av. Lineu Prestes 2.242  
05508-900 Butantã, São Paulo, SP, Brasil

### RESUMO

Foi desenvolvido um espectrômetro de energia na faixa de 150keV a 1300keV com 256 canais, utilizando como detector o cristal de CsI(Tl) acoplado a fotodiodo de silício. O equipamento foi projetado para ser utilizado junto a um computador, preferivelmente Lap Top ou Note Book para que se constitua em uma unidade portátil para espectrometria em energia. Foi projetado com a tecnologia de um monocanal controlado por computador e não necessita de placa de interface, o que propicia a simplificação dos circuitos eletrônicos e baixo custo final.

Keywords: photodiode, CsI(Tl), spectrometer

### I. INTRODUÇÃO

Existem diversos tipos de conjuntos detectores e sistemas de aquisição de sinal e processamento para a realização de medidas de energia de raios gama entre 150 keV e 1300 keV. Os detectores normalmente utilizados para espectrometria gama são os semicondutores de germânio puro, dopados com lítio e cintiladores de NaI(Tl) acoplados a fotomultiplicadoras [1]. Esses sistemas de medidas são geralmente utilizados em ambiente de laboratório, que possuem infra-estrutura de sistema de refrigeração, fonte de alta tensão e placa de aquisição de dados, ou seja, um multicanal parcial ou totalmente interno ao computador. Estas configurações apresentam excelentes resultados espectrométricos [2], mas dificultam a sua utilização de forma portátil

Nos espectrômetros de energia convencionais, os sinais detectados, após serem formatados, são enviados a um equipamento multicanal que converte cada nível de tensão do pulso detectado em um valor digital que é armazenado em um endereço de memória previamente definido [2]. Estas configurações têm custo e desempenho elevados que não se justificam para algumas aplicações.

Para experimentos que não necessitem alta resolução espectrométrica, um dos cristais cintiladores mais adequados, quando se deseja uma utilização portátil, é o cristal de CsI(Tl) acoplado a um fotodiodo tipo PIN [3]. Utilizando esta tecnologia, que torna o conjunto detector muito compacto quando comparado a detectores com fotomultiplicadoras, foi desenvolvido neste trabalho um

espectrômetro de energia portátil constituído de um cristal de CsI(Tl), fotodiodo, eletrônica associada e baterias, encapsulado em um módulo único nas dimensões de 21x11x5cm. O sinal detectado e digitalizado nesta unidade é transferido a um computador, preferencialmente portátil, através da porta de impressora, sem necessidade de nenhuma interface auxiliar. As informações do sinal enviadas para o computador são então processadas pelo programa de aquisição, que permite a visualização simultânea na tela do computador do espectro de energia como um multicanal convencional e sua gravação em arquivos ".dat" para serem abertos e trabalhados por algum programa gráfico disponível.

### II. PARTE EXPERIMENTAL

O cristal de CsI(Tl) utilizado neste trabalho foi crescido pelo método de Bridgman, no Centro de Tecnologia das Radiações - IPEN, com  $10^{-3}$ M de tálio, seguindo o procedimento descrito por Pereira [4]. O cristal foi usinado e polido nas dimensões de 14x10x10mm e acoplado a um fotodiodo de silício de 10x10mm da Hamamatsu [5], constituindo o detector. O pré-amplificador foi desenvolvido utilizando um amplificador operacional CS-512 da Soshin e a unidade de amplificação, digitalização e conversão digital para analógica foram projetadas utilizando componentes encontrados no mercado nacional da Motorola ou National [6,7,8].

A configuração eletrônica básica esquematizada na Figura 1 é composta por: a) pré-amplificador; b)

amplificador e remoção de nível DC; c) amplificador monocanal com janela controlada pelo computador; d) conversor de digital para analógico e e) comunicação com o computador.

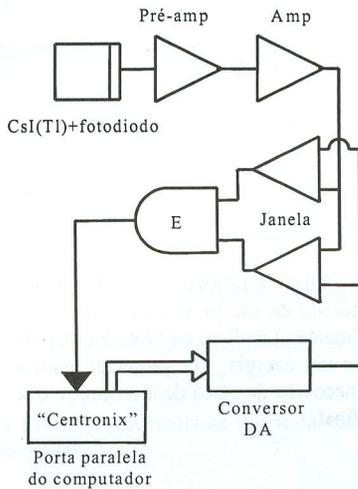


Figura 1. Diagrama de blocos do circuito eletrônico do espectrômetro.

### III. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 2 apresenta o equipamento na sua configuração de utilização móvel junto a um computador portátil. Nessa figura pode-se visualizar as dimensões finais do equipamento.

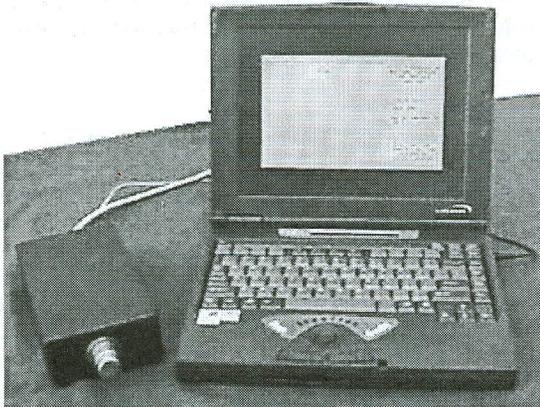


Figura 2. Vista geral da unidade de espectrometria de energia.

O programa de aquisição desenvolvido interpreta e conta os pulsos, desenhando simultaneamente na tela do

computador o espectro adquirido. Ao encerramento das medidas, o espectro pode ser gravado no formato ".dat" que pode ser prontamente aberto por qualquer programa que construa gráficos.

A utilização da porta paralela como meio de comunicação com o detector tornou possível a utilização de qualquer computador que disponha desta porta para a realização das medidas bem como os sistemas operacionais DOS ou Windows em qualquer versão. O programa de aquisição desenvolvido tem versões em QBASIC e Visual Basic. A versão em QBASIC pode ser utilizada diretamente do disco flexível, sem estar instalada no computador devido ao baixo número de kilobytes do código executável resultante.

A configuração eletrônica foi desenvolvida para permitir um número máximo de 256 canais que são sequencialmente enviados pelo computador para o circuito de janela do monocanal, ciclicamente a cada varredura do espectro de energia e de forma totalmente automática. Simultaneamente o sinal selecionado pelo circuito de janela é enviado ao computador que conta o número de pulsos detectados em cada canal.

Caso seja de interesse, as contagens obtidas em cada canal deverão ser corrigidas levando em conta o tempo de cada varredura do espectro, o que depende da velocidade do computador utilizado. Em um computador típico de 400MHz, a varredura dos 256 canais ao longo do espectro leva cerca de 1,4s. Neste exemplo, cada canal está ativo apenas 0,0055s a cada varredura. Portanto, para termos o valor das contagens ao final do levantamento do espectro, desconsiderando perdas por tempo morto e de processamento na aquisição, o número de contagens deverá ser dividido por 0,0055.

A Figura 3 apresenta os espectros de energia obtidos para alguns radioisótopos. Nesta figura cada radioisótopo foi medido separadamente, e os arquivos em ".dat" abertos com o programa EXCEL e sobrepostos graficamente sobre os demais.

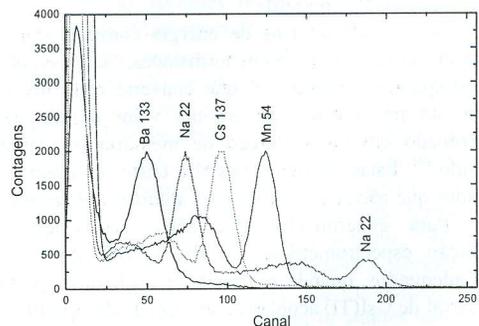


Figura 3. Espectros de energia obtidos com o equipamento desenvolvido neste trabalho.

Os espectros da Figura 3, obtidos com o equipamento desenvolvido neste trabalho, podem ser comparados com os espectros obtidos na referência 10. Os

espectros obtidos nessa referência, mostrados na Figura 4, utilizaram o mesmo conjunto detector, mas foram obtidos com um multicanal comercial modelo ADCAM 918 da Ortec.

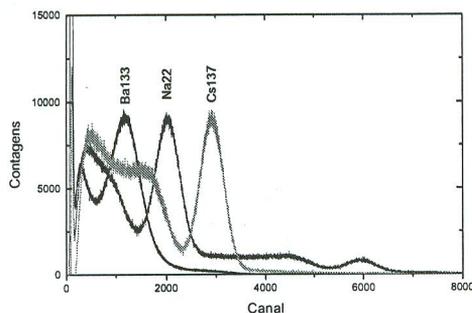


Figura 4. Espectros de energia obtidos com o mesmo conjunto detector, mas utilizando um monocanal comercial.

A Figura 5 apresenta o comportamento da resolução em função da energia do raio gama incidente.

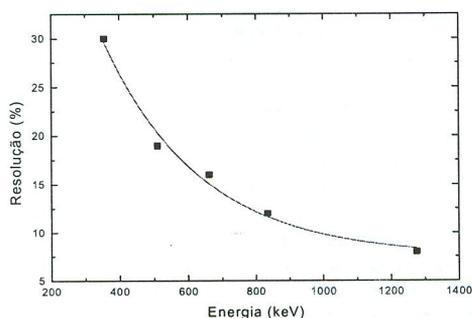


Figura 5. Resolução percentual em função da energia do raio gama incidente.

A Figura 6 apresenta a linearidade do espectro de energia do raio gama detectado com o número do canal.

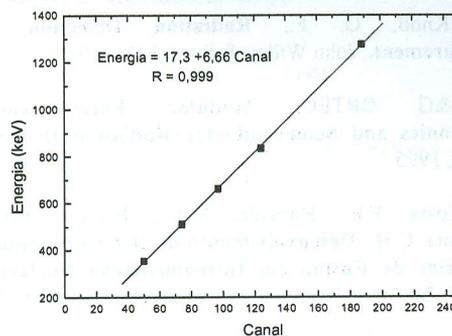


Figura 6. Linearidade da energia com o número de canal (Ganho do amplificador em 50%).

Os resultados obtidos de resolução, como apresentados nas Figuras 3 e 4, são compatíveis para conjuntos detectores utilizando cintiladores e fotodiodos<sup>[9]</sup>. Como o equipamento foi projetado para aplicações que não necessitam alta resolução espectrométrica, fatores externos como temperatura de operação e colimação da fonte radioativa em relação ao detector geralmente são desprezados durante as medições o que conduz a resultados de resolução não otimizados para o conjunto. Desta forma, resultados com alta resolução não são esperados, o que torna a subdivisão do espectro em 256 canais, como a utilizada no equipamento, suficiente para a aplicação.

Utilizando esta mesma configuração, mas com cristais maiores (25x10x10 mm) de CsI(Tl) pode-se obter resultados melhores de resolução<sup>[10]</sup>.

A linearidade da energia do raio gama detectado com o número do canal, como apresentado na Figura 5, demonstra o adequado comportamento do conjunto detector, bem como da eletrônica desenvolvida.

#### IV. CONCLUSÃO

O equipamento deste trabalho procurou atender às necessidades de utilização portátil de um equipamento de espectroscopia em energia com características de resolução e sensibilidade de detectores cintiladores aliadas a um baixo custo (cerca de US\$2000,00).

O desenvolvimento deste espectrômetro em energia, fundamentado em um contador monocanal controlado por computador, possibilita a aquisição de espectros de energia de forma automática, a um custo que é uma fração de um sistema detector, amplificador e multicanal comerciais, e utilizando predominantemente componentes encontrados no mercado nacional.

## REFERÊNCIAS

- [1] Knoll, G. F., **Radiation Detection and Measurement**, John Wiley & Sons, N.Y., 1989.
- [2] EG&G ORTEC, **Modular Pulse-Processing Electronics and Semiconductor Radiation Detectors**, U.S.A, 1995.
- [3] Costa, F.E., Hamada, M.M., Pereira, M.C.C., Mesquita, C.H., **Desenvolvimento de Detector Contador para fins de Ensino em Instrumentação Nuclear**, V ENAN, Encontro Nacional de Aplicações Nucleares, R.J., 2000.
- [4] Pereira, M.C.C., **Desenvolvimento e caracterização do cristal cintilador de CsI(Tl) utilizado como detector de radiação**. São Paulo, 1997. Dissertação (Mestrado) – Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares.
- [5] Hamamatsu Manual, **Silicon Photodiodes and Charge Sensitive Amplifiers for Scintillation Counting and High Energy Physics**, 1993.
- [6] National Semiconductor Corporation, **CMOS Databook**, 1993.
- [7] Millman, J., Halkias, C.C., **Eletrônica**, McGraw-Hill do Brasil, 1982.
- [8] Motorola Inc., **Linear and Interface Integrated Circuits**, 1985.
- [9] Schotanus, P., **Miniature Radiation Detection Instruments**, v.24, p.331, 1995.
- [10] Costa, F.E., **Desenvolvimento de conjunto detector cintilador com sistema de contagens e aquisição de dados para medidas de vazão utilizando traçadores radioativos**, São Paulo, 2001. Dissertação (Mestrado)-Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares.

## ABSTRACT

An energy spectrometer from 150keV to 1300keV with 256 channels was developed, using a PIN photodiode with CsI(Tl) crystal as detector. The equipment must be used with a computer; the best option being a Lap Top or Note Book for constituting a portable spectrometer. The parallel port is used to access the computer, therefore no additional interface is necessary. The monocanal technology controlled by computer is used to simplify the electronic circuits.