

# USO DE FOTODIODOS DE SI NA DETECÇÃO DE R-X

Carmen C. Bueno, M. Damy de S. Santos, Josemary A. C. Gonçalves e R. R. de Magalhães

Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - IPEN-CNEN/SP  
Caixa Postal 11049  
05508-900, São Paulo, Brasil

## RESUMO

A resposta de fotodiodos de silício de baixo custo para detecção e espectrometria foi estudada. Uma comparação dos resultados obtidos para diodos do tipo Siemens SFH00206, Hamamatsu S6036 e Hamamatsu S3590-06, mostrou que todos eles são adequados para detecção direta de raios-X com boa resolução em energia. O melhor resultado (FWHM = 2,55 keV para fótons de 59,7 keV) foi conseguido com o fotodiodo SFH00206.

## I. INTRODUÇÃO

Resultados anteriormente obtidos em nosso laboratório [1] demonstraram ser possível transformar diodos comerciais (de baixo custo) em detectores de partículas carregadas, com resoluções em energia comparáveis às obtidas com detectores de barreira de superfície [2-4]. Estes resultados nos motivaram a estudar as características de resposta destes diodos na espectrometria de radiação eletromagnética de baixa energia (inferior a 100keV), devido, fundamentalmente, à baixa espessura da camada de depleção dos diodos disponíveis no mercado. Neste aspecto, o presente estudo encontra um grande interesse visto que a espectrometria de alta resolução de radiação eletromagnética nesta faixa de energia é frequentemente feita com detectores de Si(Li) e HPGe (de pequeno volume) os quais, além de caros, exigem uma temperatura de operação de 77K.

As respostas dos fotodiodos SFH00206 (Siemens), S3590-06 e S6036 (ambos da Hamamatsu) que possuem áreas úteis, capacidades e correntes de fuga adequadas para a espectrometria de R-X, foram estudadas em diferentes condições de polarização e temperatura. Em cada caso, analisou-se a contribuição do ruído eletrônico total (detector e sistema de aquisição) na resolução em energia obtida para a linha de 59,7keV do  $^{241}\text{Am}$ .

## II. ARRANJO EXPERIMENTAL E RESULTADOS

Cada fotodiodo estudado foi acoplado diretamente a uma célula Peltier e o conjunto fixado na tampa de uma câmara de aço-inoxidável (no interior da qual se fez vácuo), dotada de conectores especiais para a polarização

do detector e da célula Peltier. Para diminuir a capacidade parasita do sistema, acoplou-se diretamente o diodo ao pré-amplificador sensível à carga (ORTEC-142A) que também permitia a conexão com um gerador de impulsos para as medidas de ruído eletrônico. Os sinais provenientes do pré-amplificador, eram, em seguida, enviados ao amplificador ORTEC-572 - com constante de tempo ajustada para  $2\mu\text{s}$  - e deste enviados a um analisador multicanal, a fim de serem registrados os espectros de energia.

A figura 1 mostra as medidas das correntes de fuga dos fotodiodos estudados em função da tensão de polarização. Como era esperado, esta última cresce com o aumento do potencial aplicado.

Entretanto, pôde-se observar que, mesmo na situação mais desfavorável (temperatura ambiente e  $V=30\text{V}$ ), a corrente de fuga não excedeu a 6nA. O efeito da temperatura na corrente de fuga também está demonstrado nesta figura, evidenciando uma queda significativa na corrente com a redução da temperatura até  $-30^\circ\text{C}$ , o que implicou em uma diminuição do ruído total do sistema (figura 2). De fato, para os três fotodiodos estudados, observou-se um menor ruído eletrônico para a menor temperatura de operação, sendo o melhor valor obtido para o diodo SFH00206.

A resposta dos fotodiodos para a espectrometria de R-X foi estudada para a linha de 59,7keV e as resoluções em energia para uma tensão de 20V, em função da temperatura, estão também representadas na figura 2. Observou-se uma melhor resolução em energia (FWHM = 2,55keV) para o diodo SFH00206 (figura 3), como era de se esperar pelo resultado das medidas de ruído eletrônico total do sistema. A linearidade de resposta dos fotodiodos foi verificada a partir dos espectros das fontes de  $^{133}\text{Ba}$ ,  $^{109}\text{Cd}$  e  $^{152}\text{Eu}$ , obtidos com 20V de polarização no diodo.

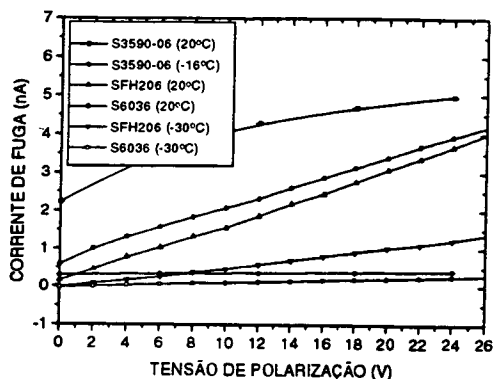


Figura 1. Curva da Corrente de Fuga em Função da Tensão de Polarização

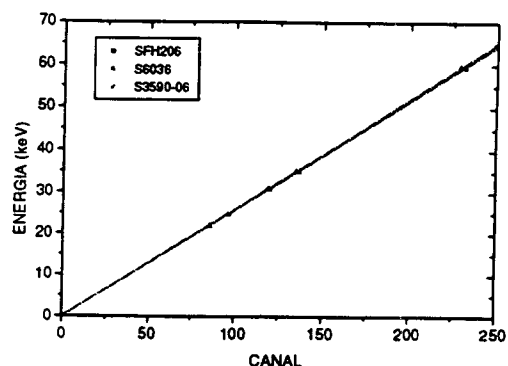


Figura 4. Curva de Calibração em Energia

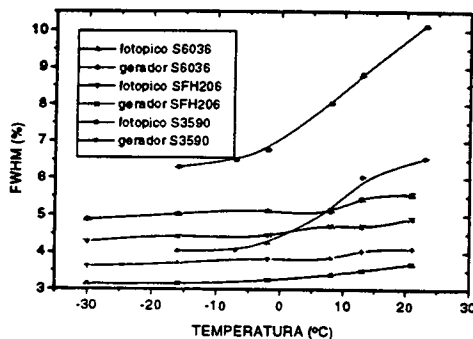


Figura 2. Curva da Resolução em Função da Temperatura em 20V de Polarização

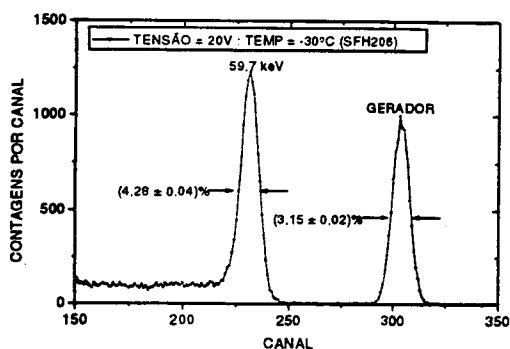


Figura 3. Espectro da Linha de 59,7 keV do  $^{241}\text{Am}$  para o fotodiodo SFH00206

As curvas representadas na figura 4 mostram a excelente condição de linearidade de todos os diodos estudados.

### III. CONCLUSÃO

A comparação das condições de resposta dos diodos usados neste trabalho mostram que o SFH00206 apresenta ligeiras vantagens em relação aos demais, principalmente no tocante à resolução em energia, e deve ser o escolhido em aplicações de espectrometria de radiações eletromagnéticas de baixa energia. Contudo, quando se tem uma fonte radioativa de baixa atividade, a escolha do fotodiodo S3590 da Hamamatsu, que não apresenta uma resolução tão boa quanto o primeiro, passa a ser importante visto que este possui uma área maior.

Além disso, os resultados obtidos demonstraram que qualquer um dos fotodiodos estudados pode ser usado na espectrometria de R-X, visto que as resoluções encontradas estão limitadas apenas pelo ruído total do sistema o que pode, no futuro, ser reduzido através de um resfriamento do primeiro estágio do pré-amplificador.

### BIBLIOGRAFIA

- [1] C.C. Bueno, J.A.C. Gonçalves and M. Damy de S. Santos, **The Performace of Low-Cost Commercial Photodiodes for Charged Particle and X-Ray Spectrometry**, Nucl. Instr. and Meth. A 371 (1996) 464.
- [2] D. Kollwe, **Performace of 10 x 10 mm<sup>2</sup> PIN Silicon Photocells Used as High Resolution Charged Particle Detector**, Nucl. Instr. and Meth. A 254 (1987) 637.
- [3] P. H. Gooda and W. B. Gilboy, **High Resolution Alpha Spectroscopy with Low Cost Photodiodes**, Nucl. Instr. and Meth. A 255 (1987) 222.
- [4] D. Sueva et al, **Silicon Detectors for Charged Particles Manufactured by Conventional Planar Technology**, IEEE Trans. Nucl. Sci. NS-40 (3) (1993)257.

## ABSTRACT

The response of inexpensive silicon photodiodes for X-ray detection and spectrometry was studied. A comparison of the results obtained for diodes of types Siemens SFH00206, Hamamatsu S6036 and Hamamatsu

S3590-06, has shown that all of them are suitable for direct detection of X-rays with good energy resolution. The best result (FWHM = 2,55 keV for 59,7 keV photons) was achieved with the SFH00206 photodiode.