

Espectrometria de Raios-X com Diodos de Si

R. R. MAGALHÃES

Bolsista FAPESP

R. R. MAGALHÃES, C. C. BUENO, J. A. C. GONÇALVES, M. D. S. SANTOS

Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares

C. C. BUENO, J. A. C. GONÇALVES, M. D. S. SANTOS

PUC/SP - Departamento de Física

A espectrometria de radiação eletromagnética de baixa energia tem sido intensamente estudada na última década em consequência da grande utilização desta técnica em experimentos de radiação de síncrotron [1]; medidas de coeficiente de difusão na produção de filmes condutores ou semicondutores [2-4]; determinação de composição de rochas pela análise da fluorescência de raios-X, etc. Na grande maioria das aplicações citadas, os detectores usados são diodos especiais de Si os quais, em termos de resolução em energia, são compatíveis aos de Si(Li) e HPGGe (de pequeno volume), porém com as vantagens de baixo custo e a possibilidade de operação em temperatura ambiente. Resultados recentemente obtidos em nosso laboratório [5] com fotodiodos de Si (SFH00206) na espectrometria de partículas carregadas e radiações eletromagnéticas, associados a nossa necessidade de desenvolver um sistema de espectrometria de raios-X de baixa energia para ser empregado em medidas de abundância isotópica nos minérios brasileiros, nos incentivaram a dar continuidade ao estudo das condições de resposta deste e de outros fotodiodos comerciais na espectrometria destas radiações. Uma análise das características dos diodos de Si demonstrou que, além do fotodiodo SFH00206 da Siemens, existem outros S2590-02 e S3590 (ambos da Hamamatsu), que apresentam áreas úteis, capacidades e correntes de fuga adequadas para a espectrometria de raios-X. A caracterização de cada um destes fotodiodos foi feita inicialmente medindo-se a corrente de fuga em função da tensão de polarização reversa e da temperatura (acoplando-se diretamente cada fotodiodo à face fria de uma célula Peltier que permitia a diminuição da temperatura à -30°C). Os resultados obtidos estão representados na figura 1 onde se observa um crescimento da corrente de fuga com a tensão de polarização, porém, mesmo na situação mais desfavorável, tem-se correntes inferiores a 6 nA. Por outro lado, o efeito da temperatura sobre a corrente de fuga é bastante evidenciado, mostrando uma diminuição significativa na corrente com a redução da temperatura.

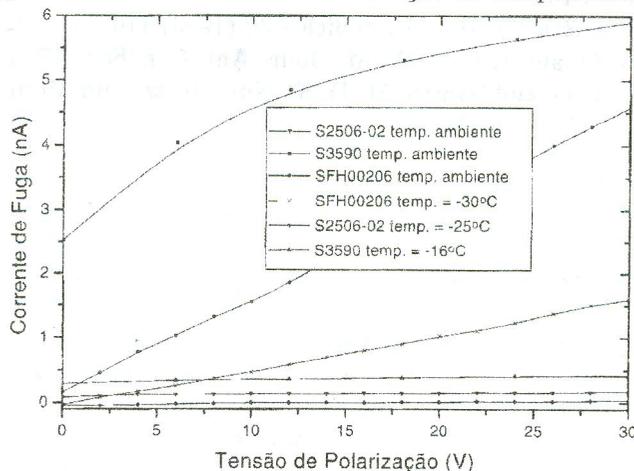


Figura 1 - Curva da corrente de fuga em função da tensão de polarização reversa

O estudo das condições de operação dos diodos como detectores de raios-X foi feito fixando o conjunto constituído pelo fotodiodo e célula Peltier à tampa de uma câmara de aço inox no interior da qual se fez o vácuo. Para diminuir a capacidade parasita do sistema, o diodo foi conectado diretamente ao pré-amplificador sensível à carga. A polarização do diodo foi feita através de uma resistência de $100\text{M}\Omega$, interna ao pré-amplificador, e que também permitia a entrada de sinais provenientes de um gerador de impulsos para medidas do ruído eletrônico. Os impulsos provenientes do pré-amplificador eram em seguida enviados ao amplificador (ORTEC-572) e deste ao analisador multicanal (ORTEC Spectrum Ace 8k). As características de resposta dos diodos para a espectrometria de raios-X foram estudadas para a linha de $59,7\text{keV}$ do ^{241}Am em diferentes condições de polarização e temperatura (respeitando a limitação dada pelo fabricante) analisando-se a influência destes fatores na resolução em energia encontrada. Em cada caso determinou-se, separadamente, a contribuição do ruído eletrônico nas medidas, verificando-se uma melhora significativa dos resultados obtidos com a diminuição da temperatura. Os melhores resultados obtidos foram $\text{FWHM} = 2,94\text{keV}$, $\text{FWHM} = 3,18\text{keV}$ e $\text{FWHM} = 6,05\text{keV}$ para os fotodiodos SFH00206 da Siemens (à 20V de polarização), S2506-02 (à 12V de polarização) e S3590 (à 20V de polarização) - ambos da Hamamatsu -

respectivamente em temperatura ambiente e $FWHM = 2,55\text{keV}$ (SFH00206 à 20V de polarização e -30°C), $FWHM = 2,66\text{keV}$ (S2506-02 à 12V de polarização e -25°C) e $FWHM = 3,76\text{keV}$ (S3590 à 20V de polarização e -16°C), evidenciando que o fotodiodo SFH00206 apresenta ligeiras vantagens em relação aos demais, principalmente no tocante à resolução em energia (espectro mostrado na figura 2).

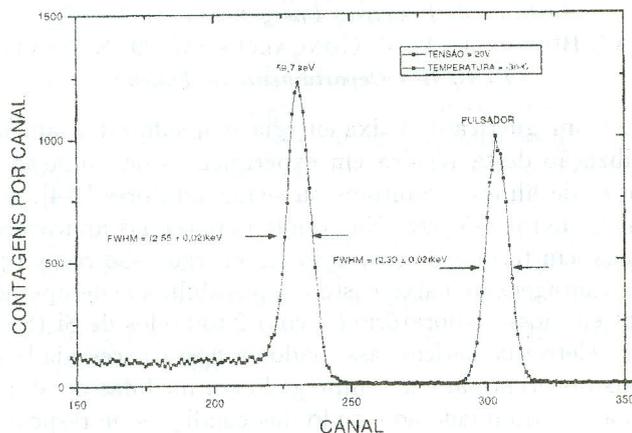


Figura 2 - Espectro de Raio-X do ^{241}Am

Entretanto, os resultados obtidos também mostram que qualquer um dos diodos estudados pode ser usado na espectrometria de raios-X e que as resoluções encontradas estão limitadas apenas pelo ruído total do sistema o que pode ser reduzido através de um resfriamento do primeiro estágio do pré-amplificador.

[1] - Hall, C. and Lewis, R.; Nucl. Instr. and Meth. A349 (1994) 627.

[2] - Ladna, B. and Birbaum, H. K.; Proceedings on "Evolution of Surface and Thin Film Microstructure Symposium", Pittsburgh, Pa. USA (1993) 160.

[3] - Li, S.; Wang, P. and Yan, F.; Acta Metallurgica Sinica A30 (1993) 170.

[4] - Gulgun, MK. A.; Popola, O. O. and Kriven, W. M.; Jour. Am. Cer. Soc. 77 (1994) 531.

[5] - Bueno, C. C.; Gonçalves, J. A. C. and Santos, M. D. S.; Nucl. Instr. and Meth. A371 (1996) 464.