

DETECÇÃO E ESPECTROMETRIA DE ELÉTRONS DE CONVERSÃO INTERNA E PARTÍCULAS BETA COM DIODOS DE SI

Alan A. S. Corrêa¹; Carmen C. Bueno Tobias^{1,2}; J.A. C. Gonçalves^{1,2} e M. D. S. Santos¹

¹Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - IPEN-CNEN/SP
Av. Lineu Prestes 2.242
05508-900 Butantã, São Paulo, SP, Brasil

²Depto de Física, Pontifícia Universidade Católica de São Paulo – PUC/SP

RESUMO

Este trabalho apresenta um sistema de espectrometria para partículas carregadas leves baseado no uso de diodos comerciais de Si, os quais, além de seu baixo custo, possuem pequena corrente de fuga e baixo fator de retroespalhamento de elétrons no volume sensível do cristal de Si, tornando possível boas resoluções em energia. Os diodos empregados foram dispositivos desencapsulados SFH00206 (Siemens) e S 3590-06 (Hamamatsu).

As condições de resposta dos diodos na espectrometria de elétrons foram estudadas em baixa pressão e temperatura ambiente, utilizando-se uma fonte de ¹³³Ba. Além disso, a variação da eficiência de detecção em função da tensão de polarização do diodo foi determinada a fim de se obter o máximo volume sensível do detector para as medidas de espectrometria.

Keywords: Si Photodiodes, Electron Spectrometry, Semiconductors Detectors

I. INTRODUÇÃO

A espectrometria de elétrons de conversão interna tem sido empregada na Física Nuclear, nomeadamente na identificação de estados nucleares de spins elevados [1-2] e, recentemente, na análise por ativação de nêutrons [3]. Nestes casos, os detectores escolhidos são geralmente os de Si(Li) e HPGe, que apesar de permitirem a realização da espectrometria destas radiações com alta resolução, são caros e exigem o emprego de técnicas de resfriamento que dificultam a construção de sistemas de medidas versáteis e de pequeno volume [4].

Por estas razões, o espectrômetro que estamos desenvolvendo representa uma opção mais barata e simples para espectrometria de elétrons de conversão interna.

II. ARRANJO EXPERIMENTAL

As características relevantes dos diodos empregados que justificaram a escolha dos mesmos, dentre os inúmeros existentes no mercado, estão representadas na Tabela 1.

TABELA 1. Características dos fotodiodos estudados.

Fotodiodos	Área (mm ²)	Capacidade (pF)	Corrente de Fuga (nA)
SFH00206	7,0	78,5	0,15
S 3590-06	81	30	2,0

O uso de cada diodo como detector envolveu a sua montagem na parte interna da tampa de uma câmara de aço inox, no interior da qual se fazia vácuo. A polarização reversa do diodo foi feita através de uma resistência de 100MΩ interna ao pré-amplificador Ortec 142A, o qual estava acoplado diretamente na parte externa da câmara. Os impulsos eram em seguida formatados e amplificados por um amplificador linear dotado de ajustes variáveis de ganho e constantes de tempo (Ortec 572). Para as medidas de espectrometria de elétrons de conversão interna os sinais provenientes do amplificador eram enviados a um analisador multicanal para a análise de distribuição em amplitude dos impulsos. Por outro lado, nas medidas de eficiência intrínseca de detecção dos diodos para elétrons de conversão interna e partículas β, os sinais provenientes do amplificador eram enviados a um analisador monocal (Canberra 2023), cujo nível de discriminação foi previamente ajustado para eliminar a contribuição do ruído eletrônico do sistema. Os impulsos com amplitude superiores ao nível de discriminação do analisador monocal eram contados em um Scaler (Ortec 994). Os diagramas de blocos representados nas Figuras 1 e 2 ilustram estas configurações experimentais.

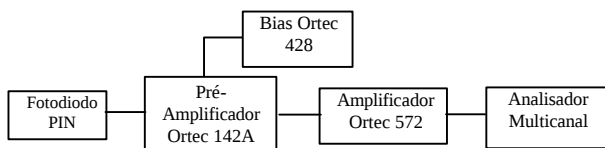


Figura 1. Arranjo Experimental para as Medidas de Espectrometria.

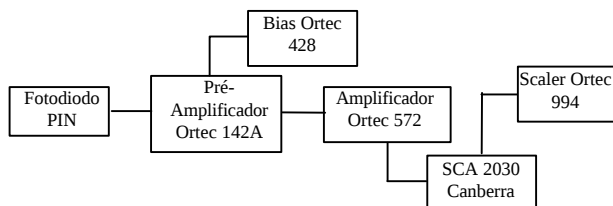


Figura 2. Diagrama de Blocos do Sistema de Medidas de Eficiência Intrínseca Relativa.

III. RESULTADOS OBTIDOS

As Figuras 3 e 4 representam os resultados obtidos para variação da eficiência intrínseca relativa dos diodos S3590-06 e SFH00206 para os elétrons de conversão interna provenientes de uma fonte de ^{133}Ba . A análise destas figuras evidencia que para ambos os detectores é possível atingir a condição de eficiência máxima, indicando que as camadas de depleção têm espessuras adequadas para absorver grande parte da energia dos elétrons, conduzindo à formação de sinais com amplitudes suficientes para, após a amplificação, serem registrados no Scaler.

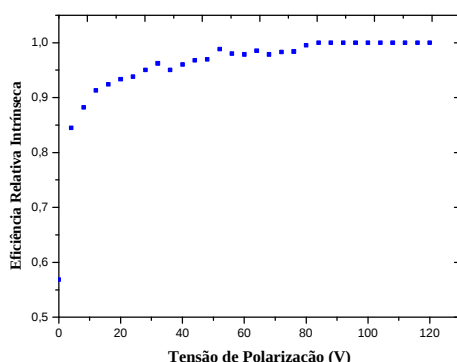


Figura 3. Curva da Eficiência Intrínseca do Diodo S 3590-06 em função da Tensão de Polarização (fonte de ^{133}Ba).

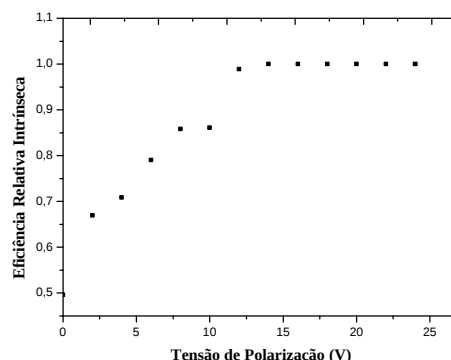


Figura 4. Curva da Eficiência Intrínseca do Diodo SFH00206 em função da Tensão de Polarização (fonte de ^{133}Ba).

Por outro lado, a detecção de partículas β provenientes de uma fonte de ^{32}P com os diodos citados indicou que apenas para o diodo da Hamamatsu S 3590-06 foi possível obter a condição de saturação da eficiência intrínseca máxima (Figura 5). Este fato se justifica pois a energia das partículas β do ^{32}P é maior do que a do ^{133}Ba e, portanto, exige uma camada de depleção bem maior do que a possível de se obter para o diodo SFH00206. Vale a pena ressaltar que para uma medida deste tipo não é necessário que a espessura da camada de depleção seja suficiente para absorver completamente a energia da partícula incidente, mas apenas garantir que o sinal gerado tenha amplitude maior que o nível de discriminação adotado.

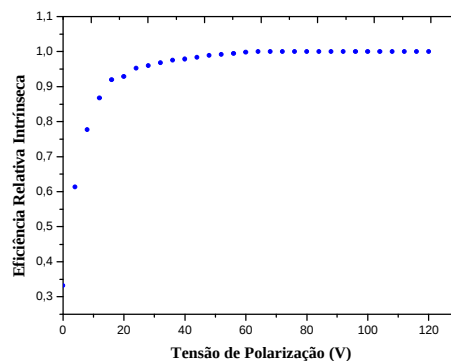


Figura 5. Curva da Eficiência Intrínseca do Diodo S3590-06 em função da Tensão de Polarização (fonte de ^{32}P).

O espectro de energia de elétrons de conversão interna do ^{133}Ba , obtido com o diodo S 3590-06, está representado na Figura 6. Para verificar se os picos observados são de fato devido a elétrons, recobrimos a fonte com uma fina camada de plástico e contruímos o espectro nas mesmas condições experimentais anteriores. Resultados semelhantes foram encontrados para o SFH00206.

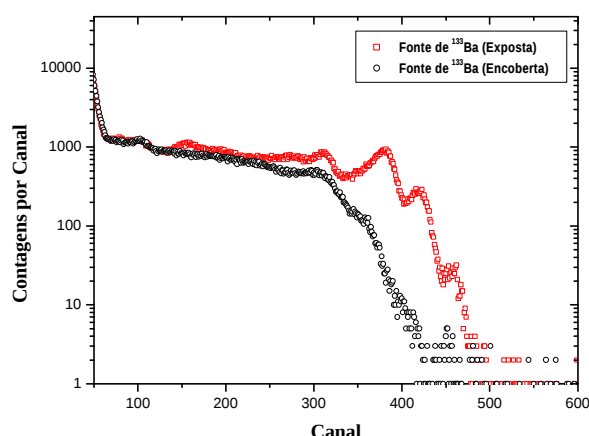


Figura 6. Espectro de Energia do ^{133}Ba com o Diodo S 3590-06 (a 80V).

Uma análise dos dois espectros nos permitiu identificar os picos devidos aos elétrons pelas distorções de energia, um vez que com a fonte encoberta apenas os elétrons são absorvidos pelo plástico, enquanto os raios-X não sofrem alteração significativa em sua intensidade.

IV. CONCLUSÃO

Os diodos estudados até o presente indicam a possibilidade de detecção de elétrons de conversão interna ($E_{\text{máx}} < 360 \text{ keV}$) com eficiência relativa aproximada de 100%. Para partículas beta ($E_{\text{máx}} < 1,71 \text{ MeV}$), o diodo SFH00206 não atinge a condição de saturação de eficiência, mesmo quando polarizado na tensão máxima permitida pelo fabricante.

Os resultados preliminares da espectrometria de elétrons para os diodos estudados são encorajadores, indicando a possibilidade futura de seu uso com boas resoluções em energia.

REFERÊNCIAS

- [1] Saladin, J.X.; et al Evidence for continuum EO transitions following the decay of high spin states in Ce-130. **Physical Review C-Nuclear Physics**, vol. 53, p. 652-659, 1996.
- [2] Hojman, D.; et al Copling modes in doubly odd nuclei: The case of Ta-172 – art.no. 064322. **Physical Review C-Nuclear Physics**, vol. 6106, p. 4322, 2000.
- [3] Tomura, K.; Suriyadi; Shiraishi, F.; A preliminary study of internal conversion electron spectrometry for application to neutron activation analysis. **Journal of Radioanalytical and Nuclear Chemistry**, vol. 215, p. 241-244, 1997.

[4] Leo, W. R.; **Techniques for Nuclear and Particles Physics Experiments**; Springer-Verlag, 2^a ed., 1993.

ABSTRACT

In this paper we describe a light charged-particle spectrometry system based on silicon diodes which, besides their low-cost, bear small leakage current and insignificant electron backscattering factor in the sensitive volume, leading good energy resolutions. Disencapsulated SFH00206 (Siemens) and S3590-06 (Hamamatsu) diodes were used.

The energy response of these photodiodes for internal conversion electrons was studied under low pressure and at room temperature by using a ^{133}Ba source. Furthermore, in order to reach the greatest sensitive volume of both photodiodes, we also studied their detection efficiency for internal conversion electrons and beta particles as a function of the polarization voltage.