

DETECTORES PROPORCIONAIS DE CATODO RESISTIVO

Josemary A. C. Gonçalves*, M. Margarida F. R. Fraga**, Carmen C. Bueno*, M. Damy de S. Santos*,
R. F. Marques** e A. J. P. L. Policarpo**

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

**Departamento de Física - Universidade de Coimbra
Coimbra - 3000 - Portugal

RESUMO

A resposta de um contador proporcional coaxial de catodo resistivo, operado com 90%Ar e 10%CH₄ (mistura P-10), foi verificada para raios-X. O ganho de multiplicação em função do campo elétrico no anodo e da taxa de contagem foi estudado e os resultados obtidos foram comparados com os de um contador convencional (metálico). Foi observado que o ganho decresce com o aumento da taxa de contagem e da intensidade do campo elétrico - o que deve estar associado com a carga produzida pelas avalanches. A linearidade e resolução em energia (FWHM = 2,3% para raios-X de 5,9keV) foram também estudadas.

I. INTRODUÇÃO

Detectores de placas paralelas resistivas (RPC's - resistive plate chambers) têm sido estudados nos últimos anos [1-3] visando, sobretudo, sua aplicação na detecção de múons em experiências de física de altas energias, devido às suas características de boa resolução temporal e espacial e à possibilidade de construção, com baixo custo, de grandes áreas de detecção.

Entretanto, as RPC's, quando operadas em regime de fásca, apresentam uma diminuição significativa da eficiência de contagem para taxas superiores à 100Hz/cm² e alterações das suas condições de resposta devido a possíveis variações de resistividade dos eletrodos. Para minimizar este problema, recentemente foi sugerido [4,5] que a operação destes detectores em regime proporcional ou de descarga autolimitada deveria melhorar a sua capacidade de resposta para taxas de contagens mais elevadas, considerando a redução da carga vinculada a cada impulso. Contudo, os resultados experimentais obtidos são contraditórios, evidenciando a necessidade de um estudo mais detalhado sobre os fenômenos físicos envolvidos no seu funcionamento.

Com este objetivo, desenvolveu-se um detector proporcional constituído por um cilindro de vidro alcalino para a detecção de raios-X. A escolha da geometria cilíndrica foi motivada pelo fato de que a maior parte das

informações sobre detectores proporcionais é obtida nesta geometria - o que torna mais fácil e precisa a identificação dos novos fenômenos que surgem no funcionamento de detectores de eletrodos resistivos.

II. ARRANJO EXPERIMENTAL

O detector usado (denominado A) constituiu-se de um cilindro de vidro de $(1,08 \pm 0,05)$ mm de espessura, $(36,10 \pm 0,17)$ mm de diâmetro interno e 200mm de comprimento, recoberto externamente por uma fina camada de grafite coloidal, a qual desempenhou a função de catodo do contador. Como anodo utilizou-se um fio de W de 127µm de diâmetro. Na parte lateral do cilindro abriu-se uma janela de 15mm de diâmetro, revestida com uma folha de mica de 6,1mg/cm² que permitia a entrada dos R-X de 5,9keV de uma fonte de ⁵⁵Fe. As medidas foram obtidas com a mistura de 90%Ar + 10%CH₄ (P-10), em fluxo contínuo.

O anodo do contador foi polarizado positivamente em relação ao catodo (aterrado) através de uma resistência de carga de 1,0MΩ. Os impulsos gerados eram enviados diretamente a um pré-amplificador sensível à carga (Hewlett Packard, modelo-5554A) e, então, amplificados por um amplificador linear (Hewlett Packard, modelo-HP5582A), com constante de tempo de 2,0µs. A partir

deste estágio de amplificação, os impulsos eram enviados a um analisador multicanal (Canberra-série 35+) para a construção dos espectros de carga.

Os resultados obtidos com este detector foram comparados com os provenientes de um detector constituído por um cilindro de aço inoxidável, de 25mm de diâmetro interno e 170mm de comprimento. Como fio anodo utilizou-se o mesmo fio de W de 127 μ m de diâmetro, a fim de evitar diferenças nas medidas devidas às imperfeições do fio empregado em ambos detectores.

III. RESULTADOS OBTIDOS

A figura 1 mostra a variação do ganho do detector A (vidro) em função da intensidade do campo elétrico na superfície do anodo, para taxas de 1150, 4900, 23000 e 110000 contagens por minuto. Independentemente da intensidade de radiação, observa-se um crescimento da multiplicação gasosa e portanto da carga associada aos impulsos - o que é esperado no regime proporcional. Entretanto, à medida que se aumenta a taxa de contagem tem-se uma pequena redução no ganho, medido para valores crescentes de campo na superfície do fio, em comparação com àqueles obtidos para taxas de contagens inferiores. Este efeito pode ser atribuído ao comportamento diferenciado das cargas induzidas no catodo deste detector, que por apresentar resistividade elevada ($1,2 \cdot 10^{13} \Omega \text{cm}$), se acumula nas paredes internas do detector reduzindo o campo elétrico efetivo na região de multiplicação gasosa. Para verificar este efeito, a figura 2 mostra a variação relativa do ganho medido no detector A em relação ao metálico, em função da intensidade do campo elétrico na superfície do anodo, para diferentes taxas de contagens. Observa-se que para uma taxa de contagem de 2750Hz, a relação citada acima cae para 50% em um campo elétrico de 85000V/cm.

A análise destes dados nos leva a crer que este fenômeno depende fundamentalmente das propriedades do material resistivo do catodo e da quantidade de carga total produzida no interior do contador.

A carga total no contador está vinculada ao número de impulsos produzidos e à quantidade de carga envolvida em cada um deles. Em sendo assim, o produto destas grandezas (carga de cada impulso multiplicada pela taxa de contagem) deve informar a carga total mínima, a partir da qual observa-se a redução do ganho no detector A. A figura 3 mostra a variação do ganho no detector A em função da carga total produzida no seu interior e nela é possível observar que para 1000pC/s este efeito de polarização do vidro já passa a ser significativo.

As condições de resposta do detector A para espectrometria de R-X foram estudadas para a linha de 5,9keV do ^{55}Fe . A resolução em energia (FWHM = 2,3%), para uma tensão de 2200V, não sofreu alteração significativa com a variação da taxa de contagem e demonstra a boa condição de resposta deste detector. A proporcionalidade entre a carga associada ao impulso e a energia da radiação incidente foi verificada através dos espectros de carga obtidos para o ^{55}Fe e ^{109}Cd e está

representada na figura 4. Esta demonstra que o efeito de polarização deve afetar igualmente a multiplicação gasosa para diferentes radiações, não comprometendo a proporcionalidade requerida neste regime de funcionamento do detector.

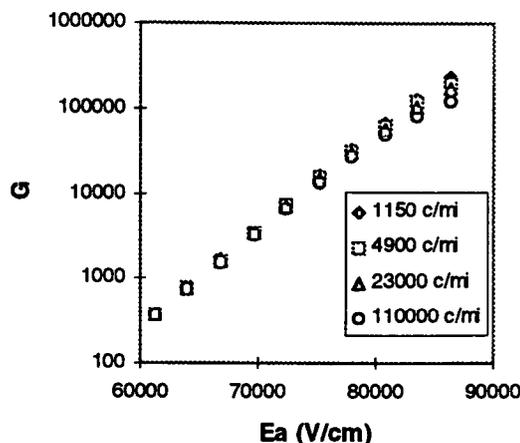


Figura 1 - Variação do Ganho (G) do contador A em função do campo elétrico na superfície do anodo (E_a).

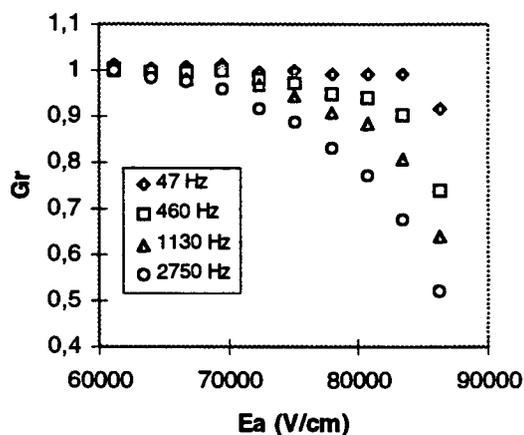


Figura 2 - Variação do ganho no detector A comparado ao contador metálico, ganho relativo (G_r), em função do campo elétrico na superfície do anodo (E_a), para diferentes taxas de contagem.

IV. CONCLUSÃO

Os resultados obtidos indicam que é possível empregar o detector de catodo resistivo, em regime proporcional, com boas características de linearidade e resolução em energia. Além disso observou-se a redução do

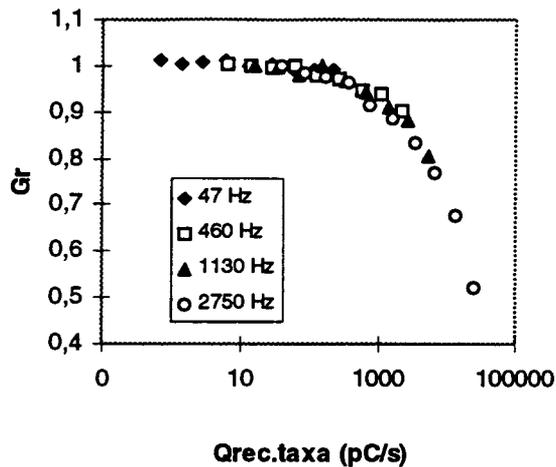


Figura 3 - Variação do ganho no detector A comparado ao metálico (G_r) em função da carga total produzida em seu interior ($Q_{rec.taxa}$) para várias taxas de contagem.

fator de multiplicação gasosa com o aumento da taxa de contagem fornecendo informações (como a carga mínima capaz de gerar este fenômeno) que permitirão uma melhor compreensão dos processos físicos envolvidos no funcionamento de detectores de catodos resistentes, independentemente da geometria empregada.

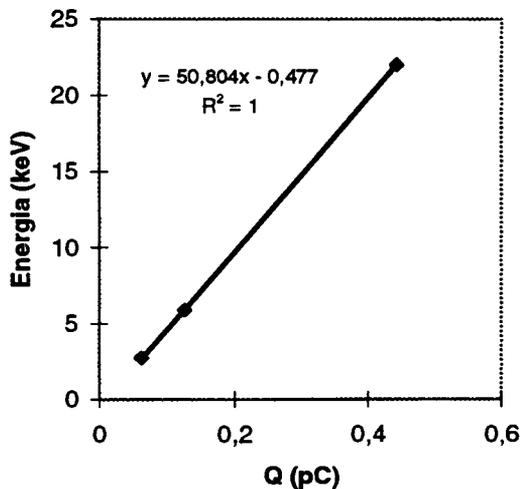


Figura 4 - Proporcionalidade entre a carga associada a um impulso (devido ao fóton detectado) e a energia da radiação incidente.

BIBLIOGRAFIA

- [1] R. Cardarelli and R. Santonico, **Progress in Resistive Plate Counters**, Nucl. Instr. and Meth.263 (1988)20.
- [2] M. Bertino, R. Cardarelli, M. Iori, F. Massa, R. Santonico, P. Bernardini, E. Gorini, F. Grancagnolo, O. Palamara, C. Pinto, G. Bressi, G. Introzzi, A. Lanza and G. Liguore, **Performance of Resistive Plate Counters at Beam Flux up to 140Hz/cm²**, Nucl. Instr. and Meth.283 (1989)654.
- [3] M. Ambrosio, G. C. Barbarino, M. Iacovacci, A. Lauro and G. Osteria, **A Tracking and Timing (T&T) Front-End Electronics for RPC Detectors**, Nucl. Instr. and Meth. A 315 (1992)415.
- [4] R. Cardarelli, A. Di Ciaccio and R. Santonico, **Performance of a Resistive Plate Chamber Operating with Pure CF₃Br**, Nucl. Instr. and Meth. A 333 (1993)399.
- [5] I. Crotty, E. Cerron Zeballos, J. Lamas Valverde, D. Hatzifotiadou, M. C. S. Williams and A. Zichichi, **The Wide Gap Resistive Chamber**, Nucl. Instr. and Meth. A 360 (1995)512.

ABSTRACT

The performance of a coaxial resistive proportional counter, operated with 90% Ar and 10% CH₄ (P-10 mixture), has been studied using X-rays. The gas gain as a function of the electric field at the anode and the counting rate was studied and the obtained results were compared to those from a conventional (metallic) detector. It was observed that the gas gain falls off with increasing counting rate and electric field intensity which might be associated with the charge produced by the avalanches. The linearity and energy resolution (FWHM = 2,3% for 5,9 keV R-X) were also studied.