

ESTUDO DO SINAL RPE DO $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$
PARA ALTAS DOSES DE RADIAÇÃO GAMA

CARMEN S.T. PIZA MARIANO
LETÍCIA LUCENTE CAMPOS
INSTITUTO DE PESQUISAS ENERGÉTICAS E NUCLEARES
COMISSÃO NACIONAL DE ENERGIA NUCLEAR - SÃO PAULO

RESUMO

As propriedades dosimétricas do $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$ para aplicação em dosimetria de altas doses pela técnica de ressonância paramagnética eletrônica (RPE) são estudadas. São apresentados os resultados da variação do sinal RPE em função da concentração de Dy na amostra e da dose de radiação gama, bem como do decaimento térmico do sinal por um período de 90 dias.

INTRODUÇÃO

A crescente utilização de altas doses de radiação na área industrial fez com que surgisse a necessidade de se desenvolver um dosímetro de fácil obtenção e utilização para a avaliação de doses no intervalo de 10 a 10^6 Gy.

A técnica de ressonância paramagnética eletrônica (RPE) utiliza as propriedades magnéticas de elétrons desemparelhados [1]. Um elétron simples tem momento angular e momento magnético e, quando é colocado em um campo magnético externo, este interage com o momento magnético eletrônico de modo a causar a divisão em dois níveis de energia eletrônica. Aplicando-se uma onda eletromagnética com energia igual à diferença de energia desses dois níveis o elétron absorverá a energia da onda eletromagnética. Este fenômeno é conhecido como ressonância eletrônica do Spin.

Vários autores têm pesquisado a aplicação do $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$ como dosímetro pessoal [2,3,4]. Sua aplicação como dosímetro é muito ampla pois o $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$ é um material dosimétrico muito versátil, podendo ser utilizado para a detecção da radiação alfa, beta, gama e X por meio de diferentes técnicas tais como termoluminescência (TL), emissão exoeletrônica termicamente estimulada (TSEE), absorção óptica (AO), etc. Estudos anteriores mostraram que a resposta TL inicialmente aumenta com o acréscimo da concentração do dopante até atingir o máximo na concentração ótima e então começa a decrescer [5]. Como fósforo TL, para a detecção de radiação beta, gama e X na faixa de dose entre 1,5 μSv (150 μrem) e 10^3 Sv (10^5 rem), a concentração ótima de Dy no CaSO_4 é de 0,1% em mol [6].

Neste trabalho estuda-se a variação do sinal RPE para concentrações de Dy entre 0,05 e 1% para a determinação da concentração ótima para aplicação do CaSO_4 em dosimetria de altas doses pela técnica de RPE.

PROCEDIMENTO EXPERIMENTAL

O material escolhido para este trabalho foi o $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$ produzido no IPEN pelo método de evaporação lenta em um sistema selado.

A solução $\text{CaCO}_3 + \text{Dy}_2\text{O}_3$ em H_2SO_4 concentrado é evaporada lentamente dentro de um sistema selado que utiliza fluxo constante de nitrogênio como gás de arraste, um condensador de vidro para o vapor ácido e um par de frascos lavadores com solução de NaOH para capturar o vapor de ácido. A temperatura da manta é controlada por um Variac e monitorada com um Termopar de Chromel-alumel [5].

O material obtido é lavado alternadamente com água destilada quente e fria e então é peneirado e selecionado na granulação entre 85 e 185 μm . Em seguida é dado um tratamento térmico de $600^\circ\text{C}/\text{lh}$ para aumentar a sensibilidade do pó. Após passar por um controle de qualidade, o pó é separado em pequenos lotes de 0,47 g para ser irradiado.

Para a irradiação foram utilizadas duas fontes de ^{60}Co . Para as doses entre 10 e 10^2 Gy foi utilizada uma fonte de 8,68 TBq pertencente ao Laboratório de Calibração de Instrumentos (IPEN). Para as doses de 10^3 a 10^5 Gy foi utilizada uma fonte de 185 TBq pertencente a Coordenadoria de Aplicações na Engenharia e Indústria (IPEN).

Foram projetados e construídos arranjos especiais para irradiação que permitem um posicionamento adequado da amostra em relação à fonte. Todas as amostras foram irradiadas no ar.

O equipamento utilizado para a obtenção da resposta TL é o leitor termoluminescente Harshaw, modelo 2000 A+B. A emissão de luz foi integrada no intervalo de temperatura entre 175 e 310°C .

O equipamento utilizado para a obtenção do sinal RPE é o JES-ME-3 da JEOL nas seguintes condições experimentais:

Temperatura : Ambiente
 Campo : 3344 ± 50 G
 Ganho : 5×100
 Resposta : $0,3$ s
 Modulação da Onda : $0,5 \times 1$ G
 Potência : $0,4$ mW

RESULTADOS

Na Figura 1 é mostrado o sinal RPE caracte-
 rístico do $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$, em relação ao sinal ca-
 racterístico de um padrão de Mn^{2+} . O espectro
 do Manganês apresenta seis sinais e o sinal do
 $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$ aparece entre o terceiro e o quarto
 sinais do Manganês.

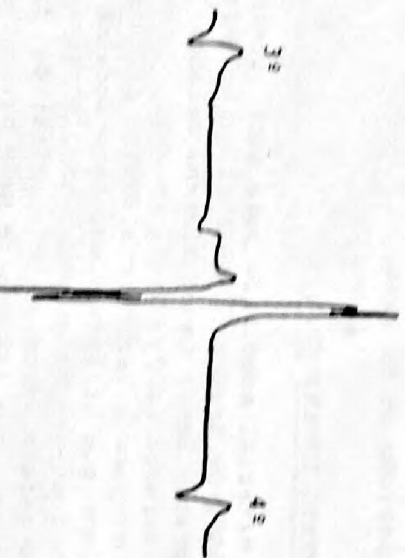


Fig. 1: Sinal RPE do $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$ entre o 3º e 4º sinais do padrão de Manganês.

Na Figura 2 é mostrada a variação da am-
 plitude do sinal RPE em função da concentração
 de Dy para a dose de 10^5 Gy. Em todo o inter-
 valo de doses entre 10 e 10^5 Gy o comporta-
 mento apresentado é o mesmo. O comportamento da
 curva sugere que a concentração que apresenta
 maior sensibilidade é de $0,1\%$ mol Dy. Existe
 uma tendência de estabilização da amplitude do
 sinal para concentrações acima de $0,5\%$ mol.

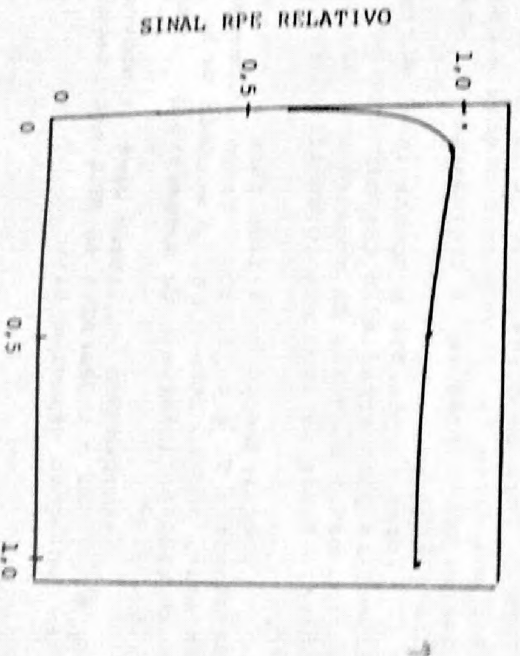


Fig. 2: Sinal RPE relativo do CaSO_4 em função da concentração de Dy.

Na Figura 3 observa-se a variação da am-
 plitude do sinal RPE em função da dose absor-
 vida no ar de radiação gama para uma amostra de
 $0,1\%$ mol Dy. Como pode ser observado dentro do
 intervalo de doses estudado, o comportamento é
 linear. O limite mínimo de detecção, prelimi-
 nariamente determinado, é da ordem de 80 Gy.

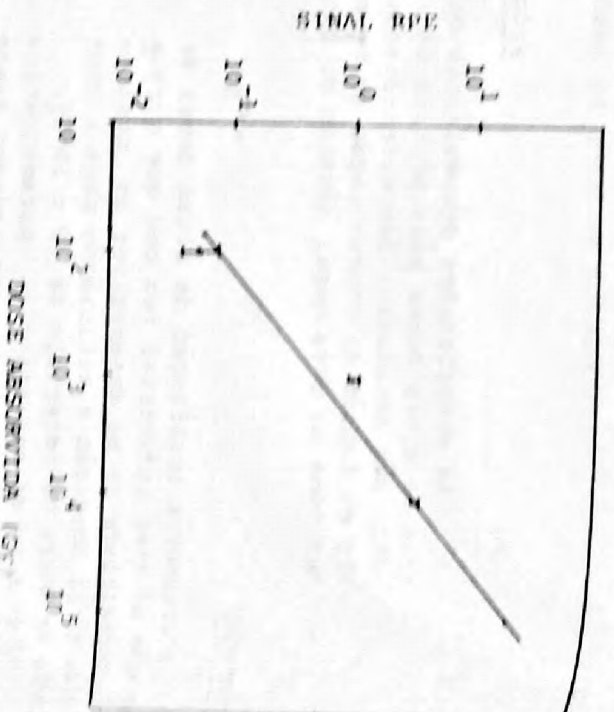


Fig. 3: Sinal RPE do $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$ em função da dose absorvida no ar.

Um estudo comparativo da resposta TL em
 função da concentração de Dy é mostrado na Fi-
 gura 4 para dose de radiação gama de 1 mGy, que
 se pode-se observar que neste caso também a
 concentração ótima é de $0,1\%$ mol Dy.

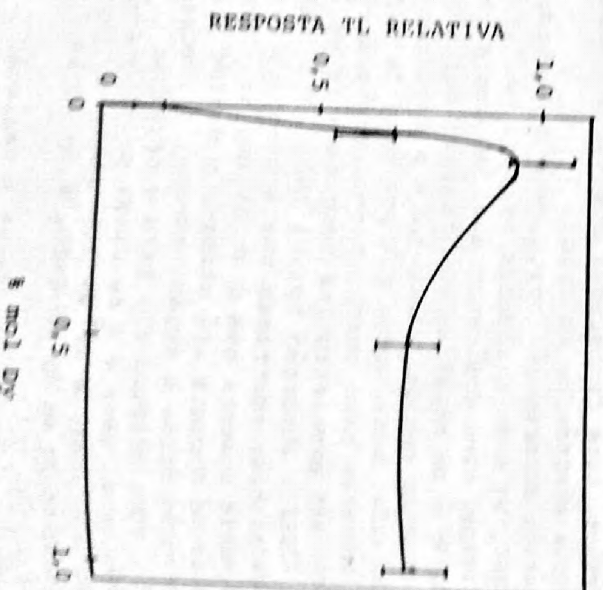


Fig. 4: Resposta TL relativa do CaSO_4 em função da concentração de Dy.

Nenhum decaimento de amplitude do sinal
 RPE foi verificado durante um período de
 dias, tendo-se observado neste período um
 aumento de 3% na resposta TL.

CONCLUSÃO

A partir dos resultados preliminares obtidos verifica-se que o $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$ apresenta características adequadas para aplicação em dosimetria de altas doses.

Estudos complementares para doses superiores a 10^5Gy e de reprodutibilidade da amplitude do sinal RPE estão em andamento.

REFERÊNCIAS

- [1] Ikeya, M., "Electron Spin Resonance Dosimetry", Technique of Radiation Dosimetry, Wiley - New Delhi, 1985.
- [2] Morgan, M.D. "Thermoluminescent Mechanisms of Gamma-Irradiated Calcium Sulfate doped with Dysprosium", UMI - Dissertation Information Service, 1986.
- [3] Boas, J.F., Danby, R.J. and Young, J.G. "Electron Spin Resonance of Defect Centres in $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$ ", Radiation Protection Dosimetry, vol 17, p. 465-468, 1986.
- [4] Matthews, R.J., "TL Mechanism in $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$ " Dissertação de Mestrado, Universidade de Washington, 1982.
- [5] Campos, L.L., "Determination of TL Parameters of $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$ produced at Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN)", Appl. Radiat. Isot., vol 39, nº 3, p.233-236, 1988.
- [6] Bapat, V.N. and Ganguly, S.K. "Thermoluminescence of CaSO_4 doped with rare earths", J. Phys. C., Solid State Phys., vol. 7, p. 4403-4415, London, 1974.

SUMMARY

Dosimetric properties of $\text{CaSO}_4:\text{Dy}$ for high dose applications using electronic paramagnetic resonance (EPR) technique are investigated. Results are EPR signal as a function of Dy concentration in the sample and as a function of the gamma dose as well as the fading of the signal during 90 days are presented.