

ESTUDO PRELIMINAR DA APLICAÇÃO DA TÉCNICA DE LUMINESCÊNCIA OPTICAMENTE ESTIMULADA EMPREGANDO DOSÍMETROS DE LiF:Mg,Ti PARA DOSIMETRIA DA RADIAÇÃO BETA

Preliminary Study of the application of the Optically Stimulated Luminescence (OSL) technique using LiF:Mg,Ti dosimeters for beta radiation dosimetry

Luciana C. Matsushima^{1*}, Glauco R. Veneziani¹, Letícia L. Campos¹

¹Gerência de Metrologia das Radiações – Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares (IPEN-CNEN/SP)

Av. Prof. Lineu Prestes, 2242, Cidade Universitária, CEP: 05508-000, São Paulo, SP, Brasil.

* Autor correspondente: lmatsushima@ipen.br

Resumo

Na área radiodiagnóstica a técnica de Luminescência opticamente estimulada (“Optically stimulated luminescence” - OSL) vem sendo utilizada com sucesso em sistemas de imagens médicas. A alta sensibilidade permite que o tamanho dos dosímetros seja pequeno, o que os confere a propriedade de alta resolução espacial, possibilitando o potencial para a medida de dose em regiões de gradientes severos de dose. Esse trabalho tem como objetivo o estudo preliminar da aplicação da técnica de OSL utilizando dosímetros de fluoreto de lítio dopado com magnésio e titânio (LiF:Mg,Ti, produzidos pela Harshaw Chemical Company) para aplicação em dosimetria beta.

Abstract

In radiodiagnosis OSL has been used with great success in imaging systems. The high sensitivity means that the dosimeters can be very small, which gives them the property of high spatial resolution, meaning that they have the potential for measurement of dose in regions of severe dose gradients. This work aims to study the application of OSL technique using dosimeters of lithium fluoride doped with magnesium and titanium (LiF:Mg,Ti, produced by Harshaw Chemical Company) for application in beta dosimetry.

1. Introdução

A técnica de Luminescência opticamente estimulada (OSL) é a luminescência transiente observada durante a iluminação de isolantes cristalinos ou semicondutores que foram previamente excitados, tipicamente por exposição à radiação ionizante. A excitação eleva o cristal em

um estado metaestável, caracterizado por elétrons e buracos separadamente capturados em defeitos da rede cristalina. Durante o processo OSL, a luz estimula a perda desses elétrons e buracos dos centros de armadilha, ou seja, ocorre a emissão de fótons quando esses centros de luminescência excitados decaem para o estado fundamental. A técnica de OSL é um dos fenômenos mais conhecidos de estimulação da matéria condensada, que pode ser induzida por radiação ionizante e se tornou uma ferramenta prática de sucesso na dosimetria das radiações [1, 2].

Avanços modernos na área de medicina radiológica – radiodiagnóstico, radioterapia e radiografia intervencionista – tem sido feitos. Em todas essas áreas é necessário um equilíbrio constante do planejamento entre o tratamento necessário para destruir o tumor e a proteção de tecidos circunvizinhos sadios. Muitas aplicações inovadoras da dosimetria OSL vem sendo realizadas para auxiliar os físicos-médicos e oncologistas no planejamento do tratamento de pacientes [3, 4].

Os dosímetros OSL apresentam como vantagens: alta sensibilidade, distribuição da luz de forma precisa, tempo de leitura rápido, leitoras simples e de fácil automação e baixa dependência angular e energética [1,5]. Outra característica dos dosímetros é o seu decaimento térmico “fading”. O decaimento térmico do sinal OSL é um fenômeno durante o qual o material perde gradualmente a capacidade de produzir luz, após ser exposto à radiação ionizante. É um efeito dependente de dois motivos do tempo de irradiação: o primeiro (“fading” pré-irradiação) é a perda da sensibilidade do material antes de ser irradiado e o segundo (“fading” pós-irradiação) é a perda do sinal após o material ser irradiado. Em ambos os casos, o sinal é

altamente influenciado, devido à irradiação externa do material [6, 7].

Esse trabalho tem como objetivo o estudo preliminar da aplicação da técnica de OSL utilizando dosímetros de fluoreto de lítio (LiF:Mg,Ti) produzidos pela *Harshaw Chemical Company* em dosimetria beta. As curvas de dose-resposta e o decaimento térmico da resposta OSL (“*fading*”) dos dosímetros foram obtidos para a dosimetria beta. Foi também avaliada a reprodutibilidades dos dosímetros.

2. Materiais e métodos

Nesse estudo foram utilizados 48 dosímetros termoluminescentes de LiF:Mg,Ti (Harshaw TLD-100) de dimensões 3,15 x 3,15 x 0,9 mm³.

Inicialmente os dosímetros foram submetidos ao processo de tratamento térmico que consistiu de 1 h a temperatura de 400 °C no forno tipo mufla (Vulcan 3-550 PD), seguido de 2 h a temperatura de 100 °C na estufa cirúrgica (Fanen 315-IEA11200). As curvas de dose-resposta foram obtidas para a irradiação dos dosímetros no Laboratório de OSL da Gerência de Metrologia das Radiações - GMR/IPEN). A irradiação e a leitura dos dosímetros foram realizadas em um leitor RisØ TL/OSL DA-20 com uma fonte de radiação beta de ⁹⁰Sr/⁹⁰Y, taxa de dose de 0,1 Gy/s e partículas com uma energia máxima de 2,27 MeV [8]. Os dosímetros foram acondicionados no carrusel do leitor RisØ, que contém 48 bandejas (Fig. 1).

Os dosímetros de LiF:Mg,Ti foram estimulados com o LED azul (NICHIA tipo NSPB-500AS) com um pico de emissão de 470 nm e foi utilizado o filtro Hoya U-340. Anteriormente às leituras, foram realizados testes para a verificação do funcionamento da tubofotomultiplicadora, com a finalidade de verificar a interferência de qualquer luz externa.

As curvas de dose-resposta foram obtidas para as seguintes doses de radiação beta: 0,5; 1,0; 2,0; 5,0; 10 e 15 Gy. A curva do decaimento térmico do sinal OSL foi obtida para os seguintes tempos de leitura após a irradiação: 0 min, 1 min, 7 min, 10 min, 1 h, 1,5 h, 3 h, 24 h, 48 h. Os dosímetros foram mantidos em ambiente livre de qualquer fonte de luz. Cada valor representa a média de cinco leituras e as barras de erro representam os desvios-padrões da média (1σ) com nível de confiança de 95%.



Fig. 1: Leitor RisØ TL/OSL DA-20.

3. Resultados

A Fig. 2 apresenta as curvas das respostas OSL do LiF:Mg,Ti para diferentes doses de radiação beta. A Fig. 3 apresenta a curva de dose-resposta OSL (curva de calibração) do LiF:Mg,Ti para as seguintes doses: 0,5; 1,0; 2,0; 5,0; 10 e 15 Gy.

As Figs. 4 e 5 apresentam as curvas de decaimento térmico do sinal OSL dos dosímetros de LiF:Mg,Ti para os tempos máximos de leitura após a irradiação de 3 h e 48 h, respectivamente.

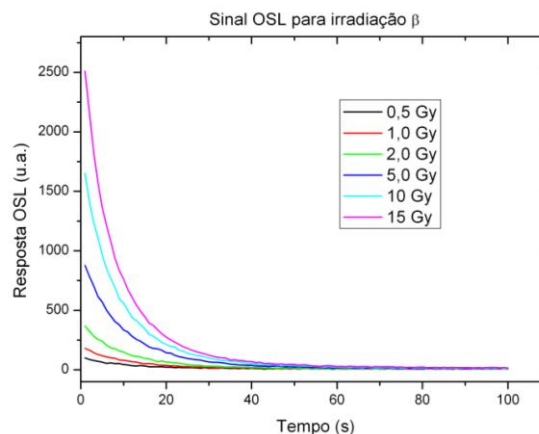


Fig. 2: Curvas das respostas OSL do LiF:Mg,Ti de acordo com as doses de radiação beta de ⁹⁰Sr/⁹⁰Y.

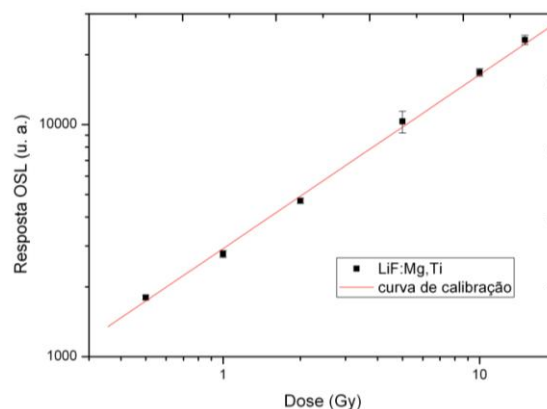


Fig. 3: Curva de dose-resposta OSL do LiF:Mg,Ti a radiação beta de ⁹⁰Sr/⁹⁰Y.

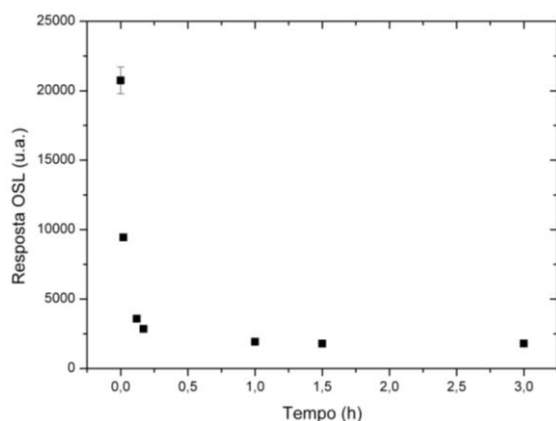


Fig. 4: Curva de decaimento térmico do sinal OSL do LiF:Mg,Ti para tempo de leitura até 3 h.

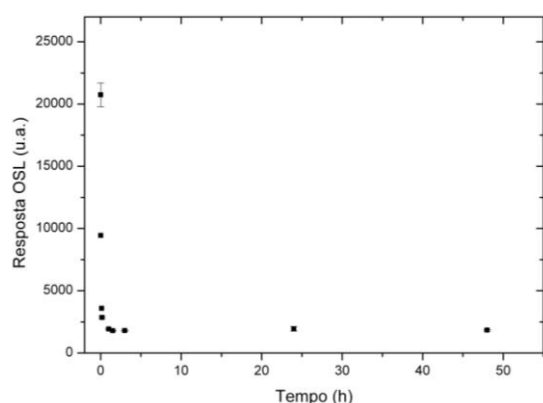


Fig. 5: Curva de decaimento térmico do sinal OSL do LiF:Mg,Ti para tempo de leitura até 50 h.

Na Tabela 1 são apresentados os valores da reprodutibilidade da resposta OSL dos dosímetros de LiF:Mg,Ti calculados de acordo com as doses de irradiação na fonte beta de $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$.

Tabela 1: Reprodutibilidade (%) dos dosímetros de LiF:Mg,Ti calculada de acordo com as doses de irradiação

Dose (Gy)	Reprodutibilidade (%)
0,5	0,69
1,0	1,11
2,0	0,84
5,0	3,41
10	1,20
15	1,48

Pela análise da Tabela 1 pode ser observado que a reprodutibilidade varia de 0,69 a 3,41%.

4. Conclusões e Discussões

O resultado da Fig. 2 está dentro do esperado, pois quanto maior a dose de radiação, maior o número de elétrons e buracos capturados, desse modo, maior a resposta OSL.

A curva de dose-resposta OSL para irradiação na fonte beta de $^{90}\text{Sr}/^{90}\text{Y}$ (Fig. 3) apresentou um comportamento linear no intervalo de dose estudado de 0,5 a 15 Gy.

Pela análise das Figs. 4 e 5 pode-se concluir que o decaimento térmico do sinal OSL ocorre nos primeiros 10 minutos após a irradiação. Após o período de 1 h o sinal permanece praticamente constante ao longo de um período maior que 50 h (tempo máximo medido por esse estudo). O decaimento térmico do sinal OSL (“fading”) é um efeito que pode estar relacionado a outros parâmetros como: tipo de material, perfil de leitura, processo de tratamento [6]. Nesse estudo preliminar observou-se um decréscimo do sinal OSL em 250 vezes, entre a leitura imediatamente após a irradiação e o tempo de 50 h. Desse modo pode-se concluir que a leitura da resposta OSL para radiação beta deve ser realizada imediatamente após a irradiação. Outros estudos mais detalhados serão necessários para avaliar esse comportamento do LiF:Mg,Ti.

A reprodutibilidade do sinal OSL é melhor do que 3,41% e os valores encontram-se de acordo com as referências encontradas na literatura (até 5%) [3, 4].

Levando em consideração os resultados iniciais da reprodutibilidade e da curva de dose-resposta OSL o dosímetro de LiF:Mg,Ti pode ser utilizado na aplicação para a dosimetria beta, para leituras imediatas após a irradiação. Estão sendo feitos outros estudos para a aplicação do LiF:Mg,Ti em dosimetria gama.

5. Agradecimentos

Os autores agradecem ao CNPq pelo apoio financeiro.

6. Referências

- [1] Akselrod, M. S.; Botter-Jensen, L.; McKeever, S. W. S. Optically stimulated luminescence and its use in medical dosimetry, *Radiation Measurements*, v. 41, p. S78-S99, 2007.
- [2] Oster, L. Druzhyna, S.; Horowitz, Y. S. Optically stimulated luminescence in LiF:Mg,Ti: Application to solid-state radiation dosimetry. *Nuclear Instruments and Methods in Physics Research*, v. A 648, p. 261-265, 2011.
- [3] Yukihiro, E. G.; McKeever, S. W. S. Optically stimulated luminescence – Fundamentals and applications, John Wiley & Sons, Oklahoma, 2011.
- [4] Boyer, A. L.; Butler, B.; Dipetrillo, T. A.; Engler, M. J.; Fraass, B.; Grant, W.; Ling, C. C.; Low, D. A.; Mackie, T. R.; Mohan, R.; Purdy, J. A.; Roach, M.; Rosenman, J. G.; Verhey, L. J.; Wong, J. W.; Cumberlin, R. L.; Stone, H.; Palta, J. R. Intensity-modulated radiotherapy: Current status and issues of interest. *Int. J. Radiation Oncology Biol. Phys.*, v. 51, n. 4, p. 880-914, 2001.

[5] Jursinic, P. A. Characterization of optically stimulated luminescent dosimeters, OSLDs, for clinical dosimetric measurements, *Med. Phys.*, v. 34, n. 12, p. 4594-4604, 2007.

[6] Carinou, E.; Askounis, P.; Dimitropoulou, F.; Kiranos, G.; Kyrgiakou, H.; Nirgianaki, E.; Papadomarkaki, E.; Kamenopoulou, V. Pre- and post-irradiation fading effect for LiF:Mg,Ti and LiF:Mg,Cu,P materials used in routine monitoring. *Radiation Protec. Dosimetry*, v. 144, n. 1-4, p. 207-210, 2011.

[7] Benevides, L.; Romanyukha, A.; Hull, F.; Duffy, M.; Voss, S.; Moscovitch, M. Light induced fading in the OSL response of Al₂O₃:C. *Radiation Measurements*, v. 45, p. 523-526, 2010.

[8] Guide to RisØ TL/OSL Reader, Dinamarca, 2010.