

## Medidas de XEOL em Cintiladores Utilizando Radiação Síncrotron

Suellen Maria Valeriano Novais, Mário Ernesto Giroldo Valerio, Zélia Soares Macedo

*Departamento de Física – Universidade Federal de Sergipe – Rodovia Marechal Rondon s/n – Jardim Rosa  
Elze – São Cristóvão - SE  
e-mail: zelia.macedo@gmail.com*

### Abstract

In the present work, optical characterization of cadmium tungstate scintillator was performed by XEOL technique using synchrotron radiation. The emission spectra presented similar behavior under different X-ray energies of excitation, with a maximum at 500 nm corresponding to the intrinsic luminescence of CdWO<sub>4</sub>. The scintillation efficiency as a function of excitation energy suggest that W ions are directed related to the luminescent mechanism of CWO while Cd ions play no significant role in it.

### Introdução

A luminescência estimulada por raios X (X-ray Excited Optical Luminescence – XEOL) é o fenômeno de emissão de luz quando se usa raios X como fonte de excitação do material. Uma medida de XEOL pode ser realizada com um tubo de raios X convencional ou usando uma fonte de luz síncrotron. A vantagem deste último caso está na possibilidade de usar fótons de raios X sintonizáveis, o que permite a excitação preferencial de um elemento numa determinada borda. A dependência da intensidade XEOL em função da energia dos fótons incidentes pode ser usada para revelar a origem da luminescência e, em certos casos, consiste numa forma alternativa para medida do espectro XAFS (X-ray Absorption Fine Structure) [1,2].

O XEOL é essencialmente um evento de transferência de energia no qual a absorção de fótons de raios X produz um grande número de elétrons energéticos (fotoelétrons e Auger) que, por sua vez, irão causar excitação e ionização dos elétrons de camadas mais externas no material. O efeito final é a criação de pares elétron-buraco e a recombinação destes pares leva à emissão de luz [3].

O tungstato de cádmio (CdWO<sub>4</sub> – CWO) é um material cintilador de alta eficiência para detecção de raios X e  $\gamma$ , boa resistência à radiação e baixa dependência entre a eficiência de cintilação e a temperatura. Este conjunto de propriedades torna o CdWO<sub>4</sub> um ótimo candidato para aplicações em tomografia computadorizada, inspeção industrial e na medicina nuclear [4,5].

### Experimental

O presente trabalho apresenta as técnicas de medida e análise de resultados obtidos para o cintilador CdWO<sub>4</sub>. As medidas foram realizadas no Laboratório Nacional de Luz Síncrotron (LNLS). No LNLS, instalado em Campinas, as linhas de luz são disponibilizadas para pesquisadores de todo o mundo. A luz síncrotron é emitida por elétrons altamente energéticos que circulam em um acelerador circular ou *anel de armazenamento*. Quando estes elétrons mudam de direção ou são acelerados, eles emitem

ondas eletromagnéticas em todo o espectro de frequências, desde o infra-vermelho até os raios-X duros (raios-X altamente energéticos e com grande capacidade de penetração na matéria) passando pela luz visível, ultra-violeta e raios-X moles.

Na linha XAFS-2, que opera na faixa de raios X duros (4 – 17 keV), foram realizadas as medidas de XEOL apresentadas neste trabalho. Durante as medidas, as amostras foram mantidas dentro de uma câmara escura e a cintilação emitida durante a irradiação era captada por uma fibra óptica acoplada a um espectrômetro Ocean Optics HR2000. O arranjo experimental utilizado é apresentado na Figura 1.

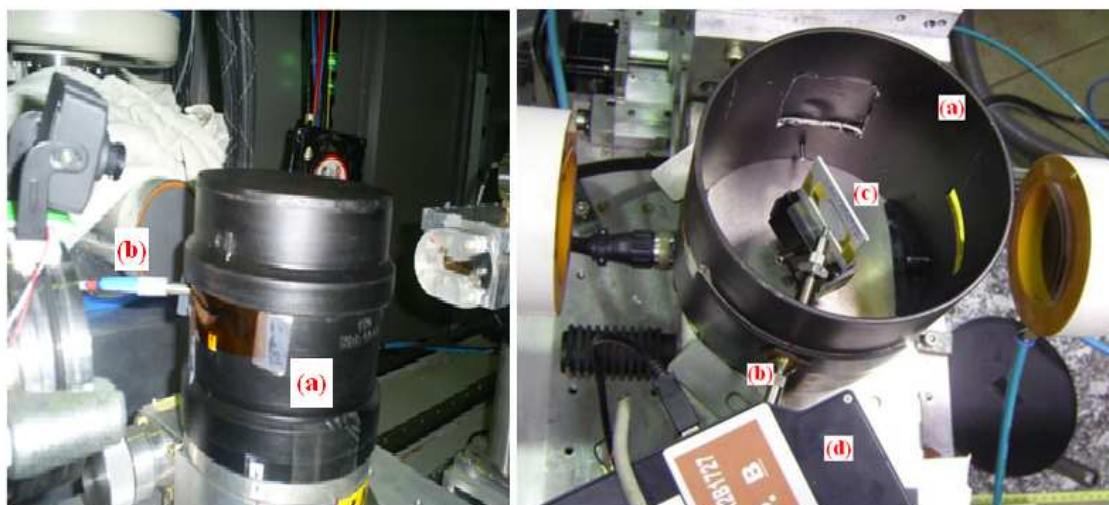


Figura 1: Arranjo usado nas medidas de XEOL na linha XAFS-2 do LNLS: (a) Câmera escura; (b) fibra óptica; (c) amostra posicionada no interior da câmara escura e (d) espectrômetro.

Os espectros de XEOL foram coletados simultaneamente a medidas de EXAFS (Extended X-ray Absorption Fine Structure), realizadas na borda de absorção de cada elemento investigado,  $L_1$  do Cd e  $L_3$  do W. A coleta desses espectros permite acompanhar variações no espectro de XEOL em função do tempo e/ou energia dos raios X incidentes nas amostras.

## Resultados

As curvas de intensidade em função do comprimento de onda da emissão XEOL do  $CdWO_4$  são apresentadas na Figura 2. Nesses casos, as curvas ilustram a emissão luminescente quando a energia do feixe era igual à energia das bordas de absorção  $L_1$  do Cd (4018 eV) e  $L_3$  do W (10207 eV). Todos os espectros apresentaram uma banda larga de emissão, com máximo em torno de 500 nm, correspondente à emissão característica do  $CdWO_4$ .

As medidas realizadas com os raios X sintonizáveis da fonte de luz síncrotron foram ainda analisadas quanto à eficiência de cintilação em função da energia de excitação. A Figura 3 apresenta os resultados obtidos para as medidas com o  $CdWO_4$  sob excitação de raios X com energias em torno da borda  $L_3$  do W. As oscilações típicas observadas no espectro XEOL são as mesmas registradas na estrutura fina de EXAFS e indicam a seletividade de excitação dos átomos de tungstênio.

A luminescência intrínseca do CWO é atribuída às transições com transferência de carga entre os íons tungstênio ( $W^{6+}$ ) e oxigênio ( $O^{2-}$ ) que formam o grupo  $(WO_6)^{6-}$  [6], o que está coerente com a forte absorção observada na curva da Figura 3. Adicionalmente, sabe-se que o nível de energia mais baixo da banda de condução do CWO é formado principalmente por estados 5d do W enquanto o topo da banda de condução por estados 2p do O [7]. Então, quando o material absorve os raios X na faixa de energia da borda do W, elétrons são arrancados da camada L para a banda de condução. Em seguida, elétrons de camadas mais profundas decaem para este nível, o que é acompanhado por fluorescência de raios X ou emissão de elétrons Auger. O buraco formado na camada mais externa recombina-se então com um elétron da banda de condução, resultando em emissão de luz visível.

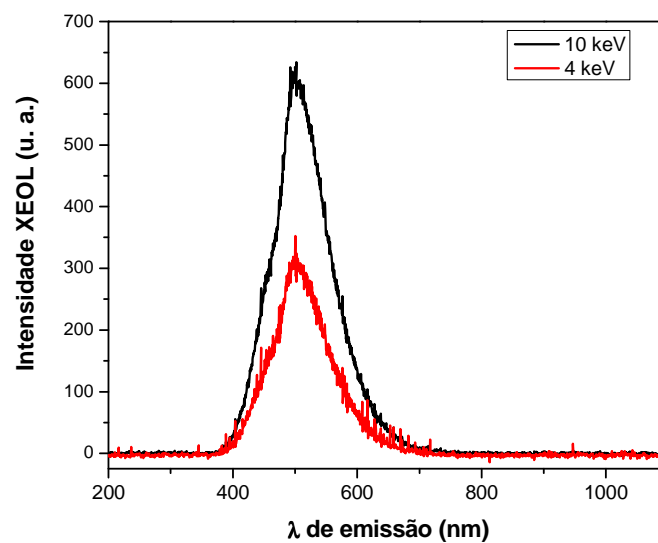


Figura 2: Curva de intensidade em função do comprimento de onda da emissão XEOL das amostras sob irradiação de raios X de ~ 10.2 keV e ~ 4 keV.

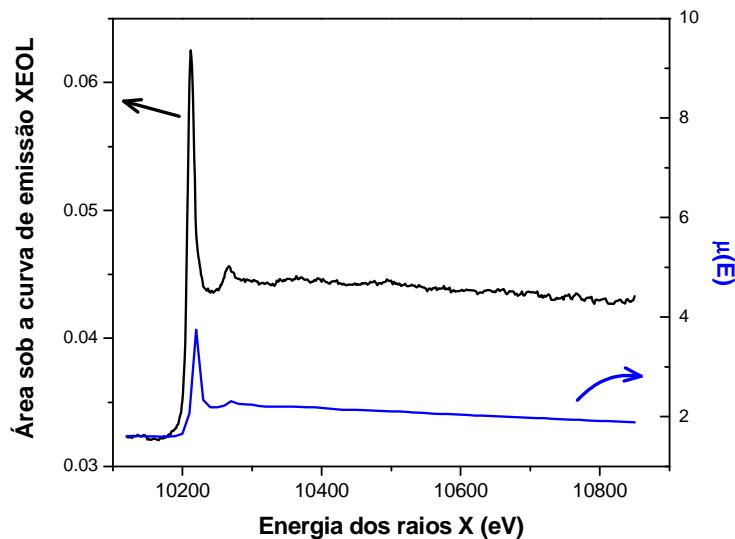


Figura 3: resultado da integração da área sob a curva de emissão XEOL para o CWO sob excitação de raios X com energias em torno da borda  $L_3$  do W. O espectro de EXAFS é mostrado para comparação.

### Conclusões

As medidas de XEOL correspondem a dados inéditos a respeito do CWO. Os espectros de emissão mostraram a luminescência intrínseca do material, com máximo em 500 nm (região do azul). Para as energias de excitação dos raios X em torno da borda  $L_3$  do W, os resultados da eficiência de cintilação (área integrada da curva de emissão) apresentaram as oscilações típicas da estrutura fina de EXAFS, demonstrando a seletividade de excitação dos íons tungstênio.

### Agradecimentos

Os autores agradecem ao LNLS, pela realização das medidas, e à CAPES, CNPq, ESCURIAL, FINEP, FAPITEC-SE e UFS/PAIRD, pelo apoio financeiro.

### Referências

---

- [1] M. Ishii, Y. Tanaka, S. Komuro, T. Morikawa, Y. Aoyagi, T.J. Ishikawa, *Synchrotron Rad.*, **8**, 372 (2001)
- [2] P.G. Kim, Y. Hu, M. Brandys, T.J. Burchell, R.J. Puddephat, T.K. Sham, *Inorg. Chem.*, **46**, 949 (2007)
- [3] T.K. Sham, R. Sammynaiken, Y.J. Zhu, P. Zhang, I. Coulthard, S.J. Naftel, *Thin Solid Films*, **363**, 318 (2000)
- [4] T. Fazzini, P.G. Bizzeti, P.R. Maurenzig, C. Stramaccioni, F.A. Danevich, V.V. Kobychhev, V.I. Tretyak, Y.G. Zdesenko, *Nucl. Instr. and Meth. A*, **410**, 213 (1998)
- [5] L. Nagornaya, G. Onyshchenko, E. Pirogov, N. Starzhinskiy, I. Tupitsyna, V. Ryzhikov, Yu. Galich, Yu. Vostretsov, S. Galkin, E. Voronkin, *Nucl. Instr. and Meth. A*, **537**, 163 (2005)
- [6] V. Nagirnyi, M. Kirm, A. Kotlov, A. Lushchick, L. Jönsson, *J. Lumin.*, **102**, 597 (2003)
- [7] R.T. Williams, Y.C. Zhang, Y. Abraham, N.A. Holzwarth, *Proceedings of the Fifth International Conference on Inorganic Scintillators and Their Applications*, 118 (1999)