

# PROPRIEDADES ÓPTICAS DE AMOSTRAS DE VIDRO DE ÓXIDO DE METAIS PESADOS COM ÓXIDO DE GÁLIO DOPADAS COM NEODÍMIO

Cintia M. S. P. Mendes\*,  
Luciana R. P. Kassab\*\*,  
Lília C. Courrol\*\*\*,  
Niklaus U. Wetter\*\*\*

## Resumo

Propriedades ópticas de uma nova família de vidros formada por  $\text{Bi}_2\text{O}_3$  -  $\text{PbO}$  -  $\text{Ga}_2\text{O}_3$  e dopada com neodímio são apresentadas. Três bandas de emissão são observadas em 877nm, 1066nm e 1341nm. Em 1066nm medimos seção de choque de emissão de  $1.1 \times 10^{-20} \text{ cm}^2$  e largura de banda de 30nm. Os parâmetros Judd-Ofelt são calculados e usados para determinar as probabilidades de transição, o tempo de vida radioativa e as razões de ramificação.

## 1 - Introdução

O trabalho em questão apresenta propriedades ópticas de uma amostra de vidro de metais pesados e óxido de gálio dopada com neodímio (Nd:BPG), confeccionada no laboratório de Vidros e Datação da FATEC-SP [1,2,3,4,5]. As principais características dos vidros BPG são: transição no infravermelho longo, alto índice de refração e comportamento óptico não linear [6]. Um estudo sobre esta matriz foi feito na edição passada [7,8,9]. Tais vidros tem muitas aplicações: materiais supercondutores, fibras ópticas, chaves ópticas ultra-rápidas, janela de infravermelho, janela para blindagem de radiação e contadores cintilantes.

A literatura apresenta poucos estudos sobre a interferência das terras-raras nestas matrizes. Tais estudos vem sendo feitos nos últimos 5 anos com as seguintes terras-raras: túlio, érbio, diprózio e prazeodímio. Não há estudos sobre o neodímio nesta matriz.

Vidros formam uma importante classe de materiais hospedeiros para muitas terras-raras, particularmente para o  $\text{Nd}^{3+}$ , a primeira terra-rara trivalente a ser usada em um laser de estado sólido. Comparados aos cristais, os vidros têm uma capacidade maior de absorver as terras-raras e são mais fáceis de serem fabricados.

## 2 - Procedimento Experimental

A amostra foi confeccionada usando  $\text{Bi}_2\text{O}_3$  (24.9 mol%),  $\text{PbO}$  (56.7 mol%),  $\text{Ga}_2\text{O}_3$  (17.6 mol%) e  $\text{Nd}_2\text{O}_3$  (1 mol%). A fusão foi feita em cadinho de platina pura, em forno de atmosfera não controlada durante 1 hora e 30 minutos a uma temperatura de 1000°C. O tratamento térmico é feito a 250°C durante 3

horas. Em seguida a amostra foi cortada (com espessura de 2,5 mm) e polida.

As medidas de absorção óptica foram feitas com espectrofotômetro da Carl Zeiss. Nas medidas de Luminescência as amostras são excitadas em 797 nm com laser de diodo (GaAlAs); na medida do tempo de vida foi usado para excitação da amostra laser pulsado proveniente de um Nd:YAG.

## 3 - Resultados

A figura 1 apresenta o espectro de absorção óptica onde observamos quatro bandas, associadas às transições do  $\text{Nd}^{3+}$ , em 580nm, 750nm, 800nm e 880nm ( a absorção na região de 500nm é devida à matriz). As 3 bandas de emissão fluorescente (fig.2) em 877nm, 1066nm e 1341nm são devidas, respectivamente, às seguintes transições laser:  ${}^4\text{F}_{3/2} \rightarrow {}^4\text{I}_{9/2}$ ,  ${}^4\text{F}_{3/2} \rightarrow {}^4\text{I}_{11/2}$ ,  ${}^4\text{F}_{3/2} \rightarrow {}^4\text{I}_{13/2}$ . A largura da banda em 1066nm é de 30nm e o tempo de vida fluorescente, medido, relativo a estas transições é de 110µs.

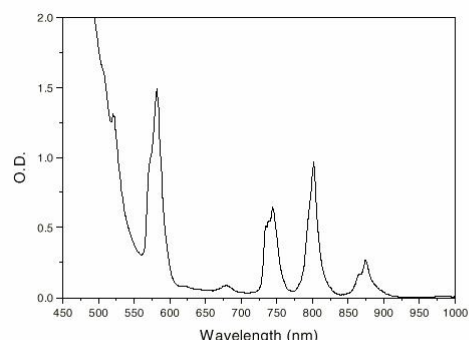


Fig.1. Espectro de absorção do vidro Nd:BPG (espessura de 2.5mm).

\*Aluna de Iniciação Científica do curso de MPCE

\*\*Profª. Plena FATEC- SP, Doutora em Ciências pelo IFUSP

\*\*\* IPEN

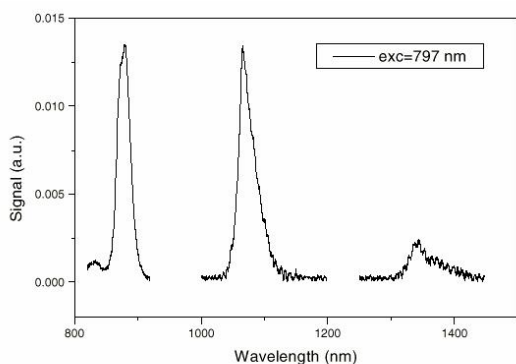


Fig.2. Espectro de fluorescência do vidro Nd:BPG excitado por laser de 797nm.

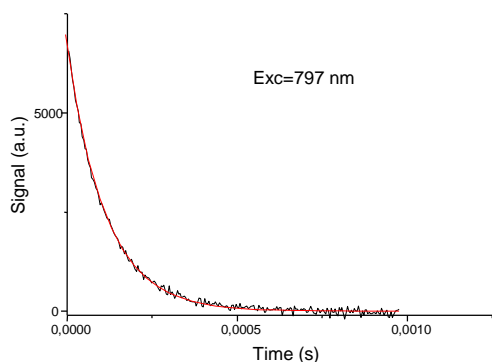


Fig.3. Decaimento do nível  ${}^4F_{3/2}$  do vidro Nd:BPG excitado por laser de 797 nm.

A probabilidade de transição radioativa de uma emissão de um estado inicial  $J$  para um estado final  $J'$  é obtida pela equação:

$$A(J \rightarrow J') = \frac{64\pi^4 e^2}{3h(2J+1)^3} \frac{n(n^2+2)^2}{9} \sum_{t=2,4,6} O_t \left\langle \begin{matrix} SLJ \\ U^{(t)} \\ S''L'J' \end{matrix} \right\rangle^2$$

Na equação acima  $e$  representa a carga do elétron,  $\lambda$  o comprimento de onda da emissão fluorescente,  $n$  o índice de refração,  $h$  constante de Planck,  $O_t$  os parâmetros Judd-Ofelt [10,11] e  $U^{(t)}$  os elementos de matriz para o  $Nd^{3+}$  obtidos pela literatura [ ]. Os valores calculados para o vidro Nd:BPG são os seguintes:

$$\begin{aligned} \Omega_2 &= 0.95 \times 10^{-20} \text{ cm}^2 \\ \Omega_4 &= 2.01 \times 10^{-20} \text{ cm}^2 \\ \Omega_6 &= 4.3 \times 10^{-20} \text{ cm}^2 \end{aligned}$$

A tabela 1 apresenta os resultados das probabilidades de transição, e das razões de ramificação, calculados para 3 transições.

${}^4F_{3/2}$		$\lambda(\text{nm})$	$A_{J \rightarrow J'}(\text{s}^{-1})$	(%)
	${}^4I_{15/2}$	1869	16,75	0,59
	${}^4I_{13/2}$	1341	375,14	13,85
	${}^4I_{11/2}$	1066	1349,04	49,82
	${}^4I_{9/2}$	877	967,60	35,73

O tempo de vida radioativo de  $369 \mu\text{s}$  para o estado excitado  ${}^4F_{3/2}$  é obtido pela equação que segue:

$$R = \left[ \sum_J A(J, J') \right]^{-1}$$

A seção de choque estimulada, para a emissão de  $1066\text{nm}$  é obtida usando a área da banda de emissão luminescente (fig. 2) na equação que segue [12]:

$$\sigma(\lambda) = \frac{\lambda^5}{8\pi n^2 c} \frac{R}{\int \lambda I(\lambda) d\lambda}$$

Na equação acima  $\tau$  representa o tempo de vida radioativo ( $369\mu\text{s}$ ) e  $c$  velocidade da luz. O valor obtido de  $1.1 \times 10^{-20} \text{ cm}^2$  (fig. 4) é comparável aos existentes para vidros com aplicações em laser.

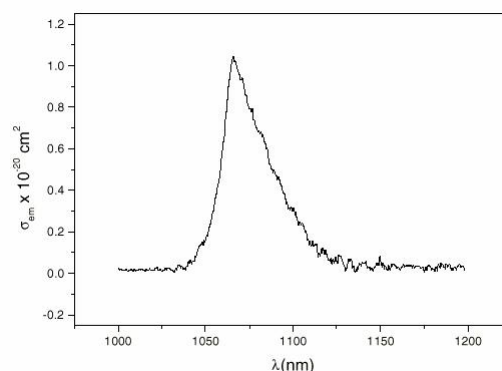


Fig.4. Seção de choque de emissão do vidro Nd:BPG em  $1066\text{nm}$ .

#### 4 - Conclusão

As propriedades ópticas da nova família de vidros Nd:BPG são apresentadas neste trabalho. Três bandas de emissão fluorescente são medidas em  $877\text{nm}$ ,  $1066\text{nm}$  e  $1341\text{nm}$  quando a amostra é excitada em  $797\text{nm}$ .

A emissão em  $1066\text{nm}$  apresenta seção de choque de  $1.1 \times 10^{-20} \text{ cm}^2$ , largura de banda  $30\text{nm}$  e razão de ramificação da ordem  $0.5$ . A amostra apresentou boa resistência mecânica quando exposta ao bombardeamento do laser de  $797\text{nm}$ . Como os valores medidos até o momento são compatíveis com os relativos aos vidros existentes para laser de estado sólido serão feitos testes para verificar esta possível aplicação. Outras amostras serão confeccionadas com diferentes concentrações de neodímio a fim de verificar interferências nas propriedades ópticas estudadas.

#### Bibliografia

1. C.M.S.P.Mendes, L.R.P.Kassab. "Interferência do neodímio em vidros de óxido de metais pesados e óxido de gálio", VII Simpósio de Iniciação Científica da USP, novembro de 1999.

2. L.R.P.Kassab, S.H.Tatumi, C.M.S.Mendes, L.Courrol, N.U.Wetter, "Optical properties of Nd doped  $\text{Bi}_2\text{O}_3\text{-PbO-Ga}_2\text{O}_3$  glasses", *Optics Express*, Vol. 6, n° 4 (2000) 104.
3. L.R.P.Kassab, S.H.Tatumi, C.M.S.P.Mendes, L.C.Courrol, N.U.Wetter. "Glasses of heavy metal and gallium oxides doped with neodymium", *International Conference on Defects in Insulating Materials, África do Sul (abril/2000)*
4. L.C.Courrol, V.L.R.Salvador, L.R.P.Kassab, C.M.S.P.Mendes, "Caracterização Química dos Vidros de  $\text{Bi}_2\text{O}_3\text{-PbO-Ga}_2\text{O}_3$  dopados com Nd", *XIII ENFMC, São Lourenço (maio/2000)*.
5. L.R.P.Kassab, S.H.Tatumi, C.M.S.P.Mendes, L.C.Courrol, N.Wetter, "Study of the optical properties of heavy metal and gallium oxides glasses doped with neodymium", *XIII ENFMC, São Lourenço (maio/2000)*.
6. W.R.Dumbaugh, "Lead Bismuthate Glasses", *Physics and Chemistry of Glasses*, 27, 119-123 (1986).
7. J.G.Clemente, L.R.P.Kassab. "Estudo de amostras de vidros de óxido de metais pesados com óxido de gálio", *VII Simpósio de Iniciação Científica da USP, novembro de 1999*.
8. J.G.Clemente, L.R.P.Kassab, S.H.Tatumi. "Study of glasses containing heavy metal and gallium oxides", *4<sup>th</sup> Brazilian symposium on glasses and related materials, Ouro Preto (novembro/1999)*.
9. L.R.P.Kassab, S.H.Tatumi, J.G.Clemente. "The interference of the annealing in the optical properties of glasses in the system  $\text{PbO-Bi}_2\text{O}_3\text{-Ga}_2\text{O}_3$ ", *International Conference on Defects in Insulating Materials, África do Sul 9 abril/2000*.
10. B. R. Judd, "Optical Absorption Intensities of Rare-Earth Ions," *Phys. Rev.*, 127, 750 (1962).
11. G. S. Ofelt, "Intensities of Crystal Spectra of Rare-Earth Ions," *J. Chem. Phys*, 37, 511 (1962).
12. Y. Guyot, R. Moncorgé, L. D. Merkle, A. Pinto, B. MacIntosy, H. Verdun, "Luminescence properties of  $\text{Y}_2\text{O}_3$  single crystals doped with  $\text{Pr}^{3+}$  or  $\text{Tm}^{3+}$  and codoped with  $\text{Yb}^{3+}$ ,  $\text{Tb}^{3+}$  or  $\text{Ho}^{3+}$  ions," *Optical*.