ESTUDO DE PROPRIEDADES ÓPTICAS NÃO-LINEARES DE VIDROS DOPADOS COM ÍONS TERRAS-RARAS POR ESPECTROSCOPIA Z-SCAN

Lucas Granatto Camargo (PIBIC/CNPq/FA/UEM), Vitor Santaella Zanuto (Orientador), Robson Ferrari Muniz (Coorientador). E-mail: ra112440@uem.br.

Universidade Estadual de Maringá, Centro de Ciências Exatas, Maringá, PR.

Ciências Exatas e da Terra / Física.

Palavras-chaves: Espectroscopia Não-Linear, Vidros Aluminossilicato, Neodímio e Rubi.

Resumo

Neste trabalho foi realizado a síntese e caracterização de vidros aluminossilicato da matriz vítrea LSCAS (*Low Silica Calcium Aluminosilicate*) dopados com neodímio por meio de um processo de fusão e resfriamento à vácuo. Foi utilizado um espectrofotômetro para obter as curvas de absorção presentes no vidro dopado a fim de confirmar a presença do dopante na matriz. A técnica de *Z-scan* foi utilizada para medir propriedades não-lineares das amostras, sendo elas, a Refração Não-linear (n_2) e o coeficiente de absorção não-linear (β), em que foi utilizado uma amostra de cristal de rubi previamente estudada para ter uma calibração da montagem utilizada. A amostra de rubi apresentou as curvas característica de *Z-scan* em fenda fechada, e as amostras de neodímio apresentaram as curvas características e foi determinado que não há uma presença significativa do coeficiente de absorção a ponto de necessitar ajustes na curva.

Introdução

A utilização de Terras-Raras em dispositivos e elementos ópticos é de considerável importância para diversas áreas da atualidade, desde a Biomedicina à Física, logo o estudo e caracterização destes metais se torna necessária e central. Há décadas sabe-se que se pode introduzir estes metais em matrizes vítreas para que a gama de aplicações dos mesmos possa ser estendida (GAFT *et al.,* 2015), visto que os vidros dopados já são presentes em nosso cotidiano, seja em displays de nossos dispositivos eletrônicos e sua introdução em fibras ópticas que aceleram nossa comunicação.

Este último caso é um dos mais importantes quando se discute a aplicação de propriedades não-lineares, logo tornou-se necessário um foco de caracterização destas propriedades. Assim surgiu em 1989 a técnica de *Z-scan*, em que demonstrou-se ser uma técnica simples de alta sensibilidade capaz de medir os índices de refração não-linear e coeficientes de absorção não-linear de materiais e subsequentemente utilizando estas propriedades torna-se possível obter a diferença de polarizabilidade ($\Delta\alpha$) (BOYD, 2008).

Materiais e Métodos

A amostra de neodímio utilizada foi confeccionada a partir da composição: $(47,4-x/2)\%\ CaO + (41,5-x/2)\%\ Al_2O_3 + 4,1\%\ MgO + 7,0\%\ SiO_2 + x\%\ Nd_2O_3$, em que x= 0.5 em porcentagem de massa, em um forno à vácuo à 1600°C por 2 horas e após isto foi permitido o resfriamento da mesma.

Realizada a confecção da amostra, a mesma foi cortada em filete utilizando uma serra diamantada, consequentemente foram lixadas utilizando lixas d'água de diferentes gramaturas (400, 600, 1200, 1500, 2000, 2500) e polidas com discos de pano com pastas diamantadas grãos na ordem micrométrica de 3 μm e 1 μm, respectivamente.

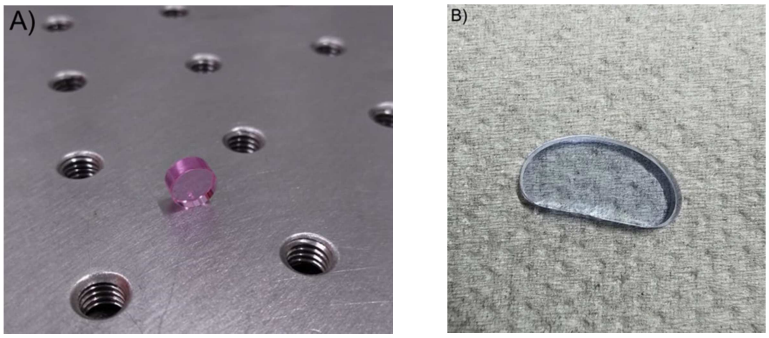

Figura 1: A) Amostra de cristal de Rubi, utilizada para as medidas apresentadas. B) Amostra de vidro LSCAS dopado com Neodímio ($0.5\%Nd_2O_3$) utilizada nesse trabalho para as medidas apresentadas. Fonte: Autor (2023)

Feita a confecção da amostra, a mesma foi analisada por espectrofotometria utilizando um espectrofotômetro Shimadzu, modelo UV-3600i Plus no modo transmitância, utilizando um passo de 1 nm para obtenção do espectro.

Em seguida ambas as amostras de Neodímio foram analisadas pela técnica de Z-scan utilizando uma montagem padrão de dois braços (Fenda Aberta e Fechada).

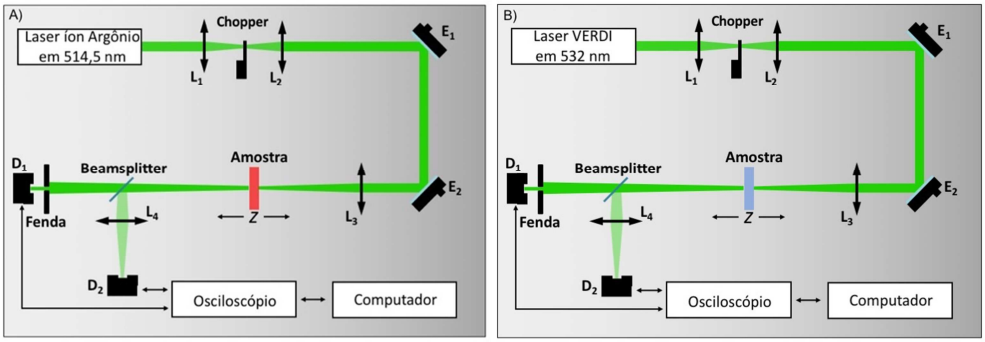

Figura 2: A) Montagem de Z-scan utilizada para a medida de Rubi, utilizando um laser íon argônio em 514,5 nanômetros. B) Montagem de Z-scan utilizada para a medida de Neodímio, utilizando um laser VERDi em 532 nanômetros. Fonte: Autor (2023)

Para as medidas de Rubi, foi utilizado um Laser íon Argônio em 514,5 nm somente com a configuração de fenda fechada para comparar com medidas realizadas em estudos prévios (ZANUTO, 2021). Para as medias de Neodímio foi realizado uma montagem utilizando um Laser Verdi em 523 nm com ambas as configurações de Fenda. Todas as medidas foram obtidas utilizando um osciloscópio conectado à um programa desenvolvido na plataforma *Labview*.

Resultados e Discussão

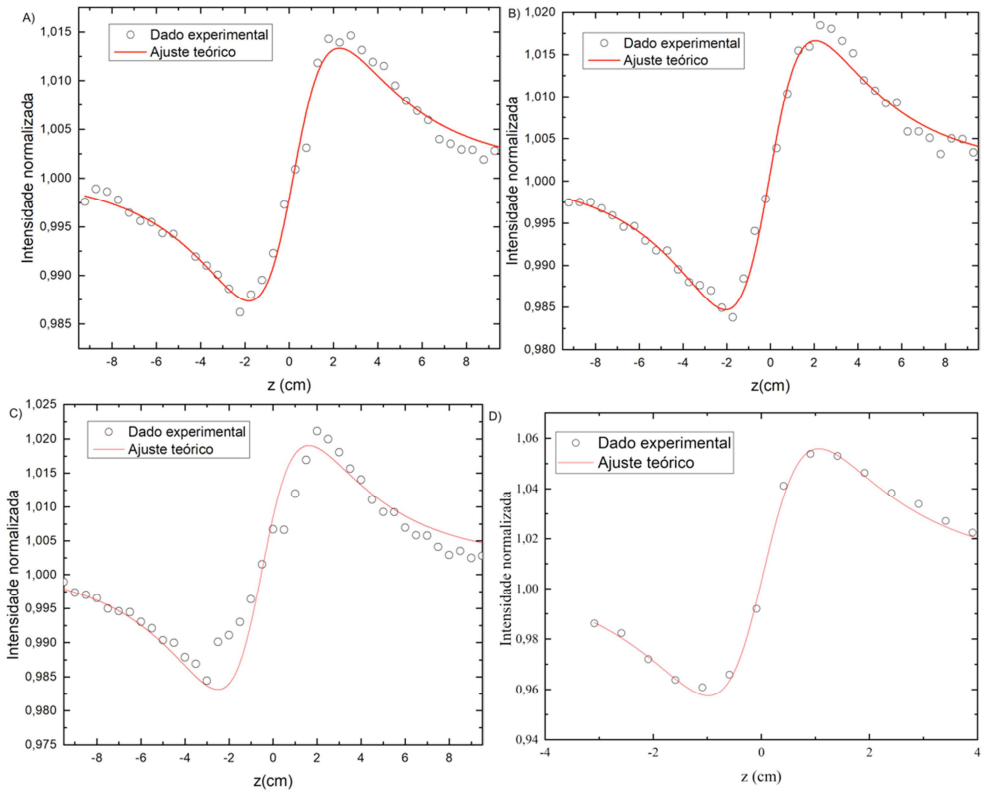

Figura 3: Gráficos de *Z-scan* obtidos em diferentes potências entre as amostras, sendo: A) 10mW para Rubi. B) 13mW para Rubi. C) 18mW para Rubi. D) 500 mW para Neodímio.

A **Figura 3** demonstra as curvas de *Z-scan* obtidas a partir das duas amostras utilizadas, ambas as amostras demonstram índices de refração não-linear positivos, devido à configuração vale-pico observada nas curvas.

Para as medidas utilizando o Laser Verdi, um perfil de laser foi confeccionado a fim de obter um valor para a posição foco, em que foi obtido Z_C= 4,406 mm.

As medidas utilizando a amostra de Rubi serviram como calibração da técnica para o experimentador adquirir uma maior experiência confeccionando e

utilizando a montagem, uma vez que a amostra já havia sido devidamente estudada, porém se pode notar o aumento do pico devido ao aumento das potências. Para amostras de Neodímio foram realizadas 6 medidas em diferentes potências: 200mW, 400mW, 500mW, 600mW, 800mW e 1000mW, (sendo apenas a potênca de 500mW escolhida para ser exposta) e o realizado uma analise da dependência do comportamento da curva com o aumento da potência a partir das medidas restantes, obtendo um ajuste linear de $-1{,}68731 \pm 0{,}20922$.

Conclusão

As medidas de *Z-scan* demonstraram que há de fato propriedades não-lineares em metais terras raras, neste caso o neodímio, necessitando mais testes com os outros metais da série de Lantanídeos. Além disso, estas primeiras medidas realizadas com a montagem renderam resultados que indicam a necessidade de realizar mais medidas para estudar a relação existente entre a curva característica e o aumento da potência do laser. Ademais, com o aumento da potência foi observado o inicio da presença do coeficiente de absorção, o que torna necessário os ajustes vindos das medidas de fenda aberta caso maiores potências forem estudadas.

Agradecimentos

Ao Comcap, Finep, CNPq, Fundação Araucária e a UEM pelo auxílio financeiro na realização desta pesquisa.

Referências

BOYD, R. W. **Nonlinear optics**. Burlington, Ma: Academic Press, 2008.

ZANUTO, VITOR.S *et al*. Single-beam time-resolved cw thermal Z-scan analysis applied in solids. **Optics & Laser Technology**, [*s. l.*], 26 maio 2023. DOI https://doi.org/10.1016/j.optlastec.2021.107248. Disponível em: https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0030399221003364. Acesso em: 9 maio 2023.

DOREMUS, R. H. **Glass Science**. [s.l.] Wiley-Interscience, 1994.

GAFT, M.; REISFELD, R.; PANCZER, G. **Modern Luminescence Spectroscopy of Minerals and Materials**. [s.l.] Springer, 2015.