

ESTUDO DOS EFEITOS DA INTERAÇÃO DA LUZ COM A MATÉRIA: APLICAÇÃO EM VIDROS ÓPTICOS ESPECIAIS

Graziella Dias de Mendonça (PIBIC/CNPq/FA/UEM), Nelson Guilherme Castelli
Astrath (Orientador). E-mail: ra131339@uem.br.

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

Física da Matéria Condensada

Prop.Óticas e Espectrosc.da Mat.Condens;Outras Inter.da Mat.Com Rad.e Part

Palavras-chave: Espectroscopia de Lente Térmica e Espelho Térmico, Fenômenos Fototérmicos, Materiais Vítreos.

RESUMO

O principal objetivo deste trabalho é utilizar as técnicas fototérmicas de Lente Térmica e Espelho Térmico para investigar propriedades termo-ópticas de vidros especiais. Os vidros são formados pela matriz aluminossilicato de cálcio com diferentes concentrações de Sílica, dopados com 2.5% de Európio trivalente (Eu^{3+}), produzidos por meio de fusão em um forno à vácuo. Os resultados obtidos utilizando as técnicas fototérmicas são analisados teoricamente e usados para obter valores para a difusividade térmica das amostras.

INTRODUÇÃO

Os Fenômenos Fototérmicos são a base fundamental para um conjunto de técnicas de elevadas sensibilidades, ampla aplicabilidade e, ainda algumas, de caráter remoto. Essas técnicas são capazes de determinar características ópticas, térmicas, e mecânicas de materiais distintos (BIALKOWSKI, S.E., *et al.*, 2019), sendo duas delas, as técnicas de Lente Térmica (LT) e Espelho Térmico (ET). Estas técnicas são conhecidas como *pump-probe*, baseadas no conceito de excitar um material com um feixe de luz, e detectar alguma possível resposta do material com um segundo feixe de luz. No caso de tais técnicas, a resposta do material é a variação do caminho óptico percorrido pelo feixe de prova devido ao aquecimento causado pelo feixe de excitação, sendo esta variação do caminho óptico correspondente a uma deformação ou a uma variação do índice de refração do material. O intuito deste projeto foi estudar e investigar propriedades termo-ópticas de materiais vítreos especiais, dopados com o elemento Európio, utilizando as técnicas de LT e ET. Para tanto, foi fundamental a síntese de tais vidros em um processo à vácuo, seguido da

realização dos experimentos nas amostras para obter o valor de difusividade térmica à medida que alteramos a concentração de SiO_2 .

MATERIAIS E MÉTODOS

Síntese de vidro em forno à vácuo

As amostras foram preparadas em um forno à vácuo automatizado, cuja resistência e sistema de isolamento térmico são de grafite, para maior eficácia no processo de fusão dos vidros. Em sua estrutura, o forno possui um compartimento no qual os reagentes das amostras são colocados. Nele é conectada uma bomba de vácuo, um medidor de pressão, e outro de temperatura, para observar a variação dessas duas grandezas na medida em que chegamos às condições ideais para a fusão. O método utilizado possibilitou a produção de um material resistente, o qual pôde ser cortado e polido para a realização das análises.

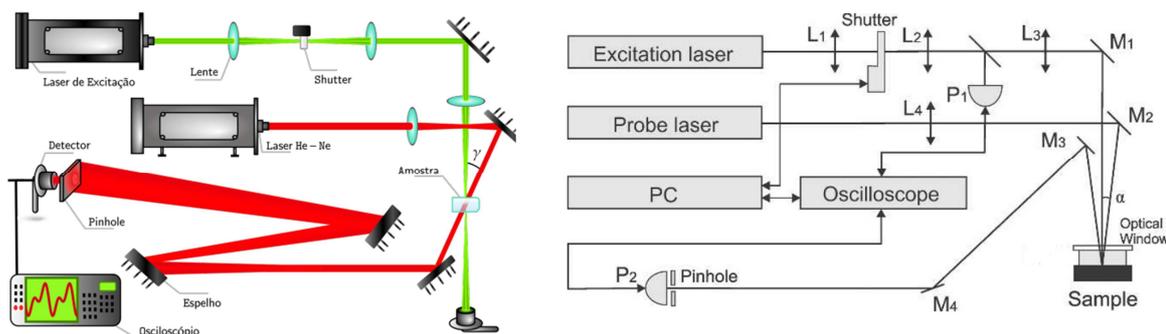


Figura 1 – (a) Montagem experimental utilizada para a realização da técnica de Lente Térmica. Reprodução de (LUKASIEVICZ, G. V. B. et al., 2013), (b) Montagem experimental da técnica de Espelho Térmico utilizada para os experimentos. Reprodução de (BERRAR, J. W., 2022).

Lente Térmica e Espelho Térmico

Os efeitos de LT e ET surgem quando um feixe laser incide sobre um material, sendo totalmente ou parcialmente absorvido e essa energia provoca um aquecimento local. Este aquecimento pode induzir um perfil de variação no índice de refração do material, ou um perfil de deformação superficial, ou induzir *stresses* ópticos nessa região aquecida. Essas variações agem como se fossem um elemento óptico inserido no caminho de um segundo feixe (feixe de prova), ou seja, uma lente côncava ou convexa, no caso em que o feixe de prova passa pelo material, ou um

espelho côncavo ou convexo, no caso em que o feixe seja refletivo pela superfície do material.

Os experimentos de LT e ET consistem em um laser de excitação de alta potência (Coherent, INNOVA 90) no comprimento de onda 514nm, que é direcionado por espelhos até passar por uma lente, a qual focaliza o feixe sobre a amostra. Os efeitos de LT e ET são detectados por um feixe de prova de baixa potência (Melles Griot, 25-LHR-151-249) no comprimento de onda de 632,8nm, que também é direcionado por espelhos até passar por uma lente, a qual focaliza o feixe em uma posição a uma distância z_1 da amostra. A principal diferença entre as técnicas é que: na LT o feixe de prova transmitido pela amostra é direcionado para um sensor posicionado há uma grande distância da amostra, já no ET o feixe de prova que é refletido pela amostra que será direcionado ao sensor. A montagem de LT é apresentada na Figura 1 (a), enquanto a montagem de ET é apresentada na Figura 1 (b). Por fim, os sensores são conectados a um osciloscópio, que faz a leitura de sinal observado pelo sensor, e o tempo de incidência do feixe excitação sobre a amostra é controlado por um obturador mecânico

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Com base nos experimentos realizados, obtivemos os sinais de Lente Térmica e Espelho Térmico em amostras vítreas com 10% de SiO₂ (Sílica) e 2,5% de Európio para diferentes valores de potência do laser de excitação. Os transientes obtidos para as duas técnicas são apresentados na Figura 2.

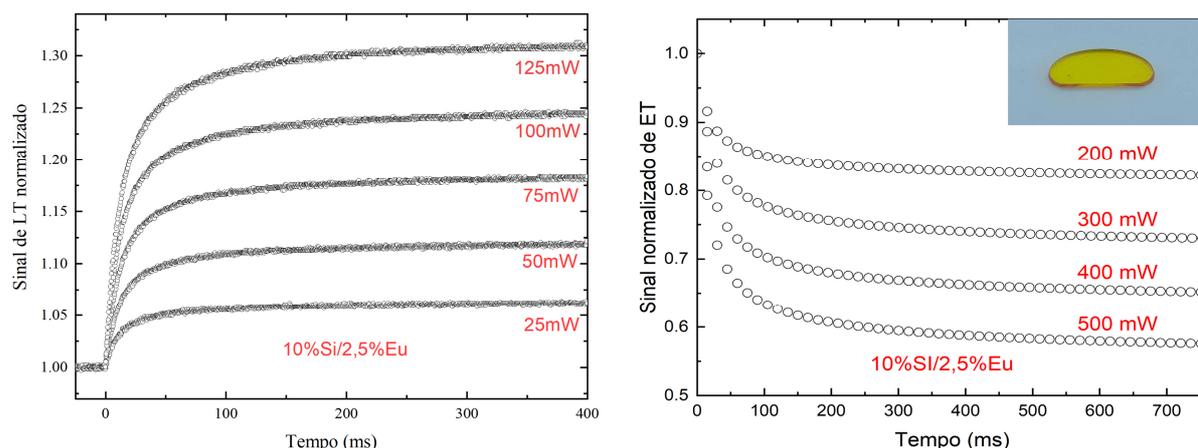


Figura 2 – (Esquerda) Sinal de Lente Térmica normalizado com a variação de potência da amostra com 10% SiO₂ e 2,5% de Eu. (Direita) Sinal de Espelho Térmico normalizado com a variação de potência e uma foto da amostra no canto superior direito.

A Figura 2 mostra que a variação de sinal nos experimentos apresentada um aumento em função do aumento de potência, sendo que para a técnica de Lente Térmica o sinal varia positivamente (para cima), enquanto o sinal de Espelho Térmico varia negativamente (para baixo). Pelo ajuste teórico dos dados obtivemos os valores médios de $4,11 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$ para a técnica de Lente Térmica, e $4,03 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$ para a técnica de Espelho Térmico.

CONCLUSÕES

Neste projeto foram estudadas as técnicas de Lente Térmica e Espelho Térmico em caráter teórico e experimental. Para a realização das medidas experimentais, foi sintetizada amostra vítrea dopada com Európio trivalente, em forno à vácuo. Por fim, foi possível obter a Difusividade Térmica da amostra com concentração de 10% de Sílica e 2,5% de Európio, a partir das técnicas utilizadas. Foram obtidos os valores médios de $4,11 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$ para a técnica de Lente Térmica, e $4,03 \times 10^{-7} \text{ m}^2/\text{s}$ para a técnica de Espelho Térmico. Os dois resultados apresentaram excelente similaridade, estando de acordo com valores encontrados na literatura.

AGRADECIMENTOS

O aprendizado da utilização das técnicas apresentadas só foram possíveis devido ao apoio financeiro da instituição CNPq em conjunto com a Universidade Estadual de Maringá. Agradeço a essas instituições e ao laboratório de pesquisa CILMI pela oportunidade de pesquisa.

REFERÊNCIAS

BERRAR, J. W. **Investigação das Propriedades Ópticas, Térmicas e Fotoativas de Corantes DPP por meio da Espectroscopia de Lente Térmica Resolvida no Tempo**. 2022. Dissertação (Mestrado em Física) – Universidade Estadual de Maringá, Maringá, 2022. Disponível em: <http://www.pfi.uem.br> . Acesso em: 26 ago. 2023.

BIALKOWSKI, S. E.; PROSKURNIN, M.; ASTRATH, N. G. C. **Photothermal Spectroscopy Methods for Chemical Analysis: A Series of Monographs on Analytical Chemistry and its Applications**. 2nd ed. Utah: Wiley , 2019.

LUKASIEVICZ, G. V. B.; MALACARNE, L. C.; ASTRATH, N. G. C.; ZANUTO, V. S.; HERCULANO, L. S.; BIALKOWSKI, S. E. 2012. A Theoretical and Experimental Study of Time-Resolved Thermal Mirror with Non-Absorbing Heat-Coupling Fluids. **Applied Spectroscopy**. Disponível pelo doi:10.1366/12-06743. Acesso em: 26 ago. 2023.