

ESTUDO TEÓRICO E EXPERIMENTAL DAS TÉCNICAS FOTOTÉRMICAS

Pedro Henrique Librelato Bohm (PIBIC/CNPQ-FA-UEM), Nelson Guilherme Castelli Astrath (Orientador). E-mail: ngcastrath@uem.br

Universidade Estadual de Maringá, Centro de Ciências Exatas, Departamento de Física, Maringá-PR

Física da Matéria Condensada/Propriedades Térmicas da Matéria Condensada

Palavras-chave: Lente Térmica; Fenômenos; Fototérmicos; Materiais Vítreos.

RESUMO

O presente projeto de pesquisa foi realizado com o intuito de se estudar modelos de técnicas fototérmicas usadas no estudo de materiais. A técnica de Espectroscopia de Lente Térmica foi a escolhida como objeto de estudo, focando nas montagens do Modelo de Shen. Além da revisão da literatura, simulações foram feitas. O resultado obtido foi condizente com as equações revisadas, apontando a precisão do modelo estudado.

INTRODUÇÃO

Na ciência de materiais, a técnica de Espectroscopia de Lente Térmica (ELT), fruto da interação laser-matéria, permite uma apuração de propriedades como absorção e transmitância de uma amostra. Devido a isso, as montagens dessa técnica foram alvo de estudo desse projeto.

Com o seu primeiro modelo apresentado por Gordon *et al* (1965), a ELT busca explicar o desvio no caminho óptico de um feixe quando este passa por uma amostra sob a alta intensidade de um laser. A excitação da região incidida da amostra causa uma deformação em sua superfície, que passa a ter um gradiente de índice de refração, e atua de modo similar a uma lente.

Em 1992, o modelo aberrante no modo de duplo-feixe descasado foi proposto por Shen e colaboradores (1992). Nessa montagem, dois feixes se dispõem sobre a amostra com raios diferentes, um para excitação, e outro para provar o efeito, adquirindo maior sensibilidade. Recentemente, essa montagem foi executada com o laser de excitação na forma pulsada, tornando a técnica ainda mais apurada.

OBJETIVOS

Estudar qualitativamente o modelo de Shen para a Espectroscopia de Lente Térmica (ELT), e realizar simulações das suas diferentes montagens.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Modelo de Shen: Equação de Difusão do Calor

Para o completo entendimento do modelo de Shen, foi resolvida a equação de difusão de calor:

$$\frac{\partial T(r, z, t)}{\partial t} - D \nabla^2 T(r, z, t) = Q(r, z, t) \quad (1)$$

A solução de tal equação deve levar em conta a forma do pulso do laser de excitação, que pode assumir uma das três formas: função delta de Dirac, Gaussiana e Retangular.

$$T(r, t) = Q_0 \frac{\omega^2}{4} \int_0^\infty e^{-\frac{\alpha^2 \omega^2}{8}} e^{-D \alpha^2 t} g(\tau, \xi) J_0(\alpha, r) d\alpha \quad (2)$$

Simulações

Temperatura – Modelo Pulsado

Para $\tau \ll t_c$, foi realizada a integração de (2) aproximando $g(\tau, \xi) = 1$ para um pulso na forma de delta de Dirac (Lukasiewicz et al., 2013). Como resultado, foi encontrado:

$$T(r, t) = Q_0 \frac{e^{\frac{-2r^2/\omega^2}{1+t/t_c}}}{1+2t/t_c} \quad (3)$$

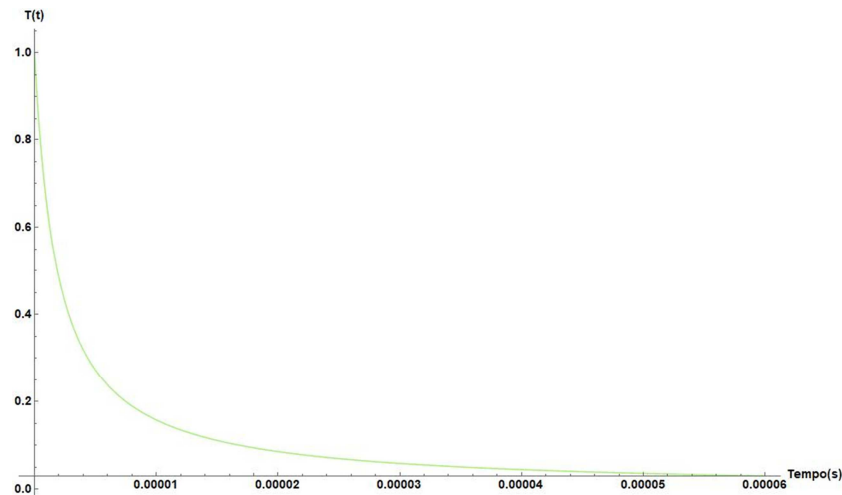


Figura 1. Gráfico simulado da distribuição de temperatura usando (3). Foram adotados os parâmetros: $Q_0 = 1$; $\omega = 3 \times 10^{-6}$; $D = 3 \times 10^{-7}$;

Intensidade

O sinal da LT é detectado através da variação da fase do feixe de prova (Φ_{TL}). Tal variação, gera uma intensidade para o efeito:

$$I(t) = I_0 \left(1 - \frac{\theta}{2} \tan^{-1} \frac{4 m V t}{2t(1 + 2m + V^2) + ((1 + 2m)^2 + V^2)t_c} \right)^2$$

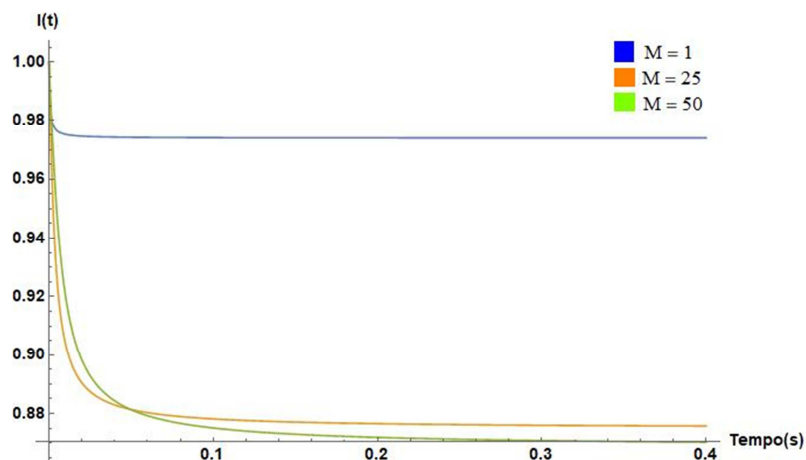


Figura 2. Simulação do transiente do sinal da LT. O parâmetro de descasamento dos feixes, m , varia para cada gráfico.

É possível notar que, para $m = 1$ (feixes casados ou feixe simples) a ELT ocorre mais rapidamente. Porém, essa rapidez implica uma queda menos substancial na intensidade, o que dificulta a detecção. Isso aponta a maior precisão do modelo para duplo-feixe descasado ($m = 25$ e $m = 50$), conforme aponta a literatura.

CONCLUSÕES

Dado o exposto, os resultados das simulações apontam que modelo apresentado explica de maneira satisfatória o fenômeno da ELT. Dessa forma, conclui-se que o objetivo de se estudar técnicas fototérmicas, simulando seus efeitos, foi cumprido.

AGRADECIMENTOS

Agradeço ao CNPq e a Fundação Araucária pelo financiamento deste projeto.

REFERÊNCIAS

GORDON, J. P.; LEITE, R. C. C.; MOORE, R. S.; PORTO, S. P. S.; WHINNERY, J. R. "Long-Transient Effects in Lasers with Inserted Liquid Samples," **J. Appl. Phys.** vol. 36, n. 1, p. 3–8, 1965.

SHEN, J. *et al.* "A Model for CW Laser Induced Mode Mismatched Dual-Beam Thermal Lens Spectrometry," *Chemical Physics*, vol. 165, no. 2, pp. 385–396, 1992.

LUKASIEVICZ, G.; ASTRATH, N.; MALACARNE L.C.; HERCULANO, L.; ZANUTO, V.; BAESSO, M.; BIALKOWSKI, S. "Pulsed-Laser Time-Resolved Thermal Mirror Technique in Low-Absorbance Homogeneous Linear Elastic Materials," *Appl. Spectrosc.* 67, 1111-1116 (2013).