

DETERMINAÇÃO DA DIFUSIVIDADE TÉRMICA DE CRISTAIS DE $\text{BaLiF}_3:\text{Co}^{2+}$ PELO MÉTODO FOTOACÚSTICO DA DIFERENÇA DE FASE

L. Sawada¹, M. Duarte², S. L. Baldochi,
S. P. Morato e M. M. F. Vieira
IPEN/CNEN - SP

O cristal de BaLiF_3 dopado com íons de metais de transição é um material com um grande potencial como meio laser ativo. A difusividade térmica do cristal $\text{BaLiF}_3:\text{Co}^{2+}$ foi determinada no intervalo de temperatura entre 88 e 250K. O método utilizado nessa determinação foi o método fotoacústico da diferença de fase, que consiste na obtenção da diferença de fase entre os sinais fotoacústicos ao se iluminar pela frente e por trás a amostra em estudo, para uma mesma frequência de modulação.

INTRODUÇÃO E OBJETIVOS

O estudo das propriedades do cristal de BaLiF_3 é de grande interesse, principalmente porque este, quando dopado com íons de metais de transição, se torna um cristal com um grande potencial como meio laser ativo.

A difusividade térmica (α) é um parâmetro que fornece a taxa de difusão de calor num certo meio, sendo muito importante no crescimento de cristais, engenharia de lasers, espectroscopia fotoacústica, entre outros, uma vez que essa grandeza está relacionada com a condutividade térmica (k), densidade do material a ser analisado (ρ) e a capacidade térmica a pressão constante (c), como mostra a equação:

$$\alpha = \frac{k}{\rho c} \quad (1)$$

Este trabalho tem por objetivo a determinação da difusividade térmica do $\text{BaLiF}_3:\text{Co}$ em baixas temperaturas, utilizando-se para isso o método fotoacústico da diferença de fase. Como o nosso objetivo final é o desenvolvimento de protótipos de laser, que podem eventualmente ter que operar em baixas temperaturas, é importante o conhecimento da difusividade térmica nesse intervalo de temperatura.

METODOLOGIA

O método fotoacústico da diferença de fase se baseia no efeito fotoacústico[1-3] que é um fenômeno físico de conversão de energia, onde a amostra é excitada com energia luminosa modulada (feixe de laser, lâmpadas, etc..) e a desexcitação ocorre de modo não radiativo, produzindo uma flutuação de calor na amostra. Essa flutuação de calor pode ser detectada por meio de um microfone comercial se a amostra estiver numa câmara fechada (célula fotoacústica) por meio da variação de pressão (sinal fotoacústico) do ar ou gás que preenche a célula fotoacústica. Nesse método a amostra é iluminada pela face posterior e frontal, uma de cada vez, com feixe de laser de mesma frequência de modulação e detecta-se a fase relacionada ao sinal fotoacústico da frente (Ψ_F) e aquela relacionada com o sinal de trás (Ψ_T).

Através da diferença de fase ($\Delta\Psi = \Psi_F - \Psi_T$) é possível a obtenção da difusividade térmica, pois aplicando certas condições de contorno[3] para os sinais fotoacústicos, tem-se uma relação da diferença de fase ($\Delta\Psi$) com a espessura da amostra (l_a) e o comprimento de difusão térmica (μ_a), como na equação abaixo:

$$\Delta\Psi = \arctg \left[\operatorname{tg} \left(\frac{l_a}{\mu_a} \right) \operatorname{tgh} \left(\frac{l_a}{\mu_a} \right) \right] \quad (2)$$

Uma vez que o comprimento da amostra (l_a) é um parâmetro conhecido, determina-se o comprimento de difusão térmica da amostra (μ_a) através da eq. (2), que por sua vez está relacionado com a difusividade térmica (α) e também com a frequência de modulação da luz (ω), como na

¹Bolsista CNPq

²Bolsista CNPq/RHAE

Apoio Financeiro FAPESP

equação seguinte:

$$\alpha = \frac{\omega \mu^2}{2} \quad (3)$$

Neste método foi considerado que o sinal fotoacústico obedece o modelo de Rosencwaig e Gersho [4], onde o principal mecanismo de geração de sinal fotoacústico é a difusão de calor pelo meio. Este método tem validade, desde que a absorção do feixe de luz e a consequente geração de oscilações térmicas ocorram inteiramente na superfície do cristal.

AMOSTRA E ARRANJO EXPERIMENTAL

O cristal de $\text{BaLiF}_3:\text{Co}^{2+}$ pertence ao grupo das perovskitas cúbicas invertidas, e é crescido pelo método Czochralski [5], utilizando-se como materiais de partida o BaF_2 e o LiF . A amostra foi preparada de modo que ficasse com a espessura bem fina (0,35mm) para aumentar a amplitude do sinal fotoacústico, e as superfícies foram cobertas com uma camada bem espessa de tinta prata para garantir que toda luz fosse absorvida na superfície da amostra, garantindo a validade do modelo aplicado.

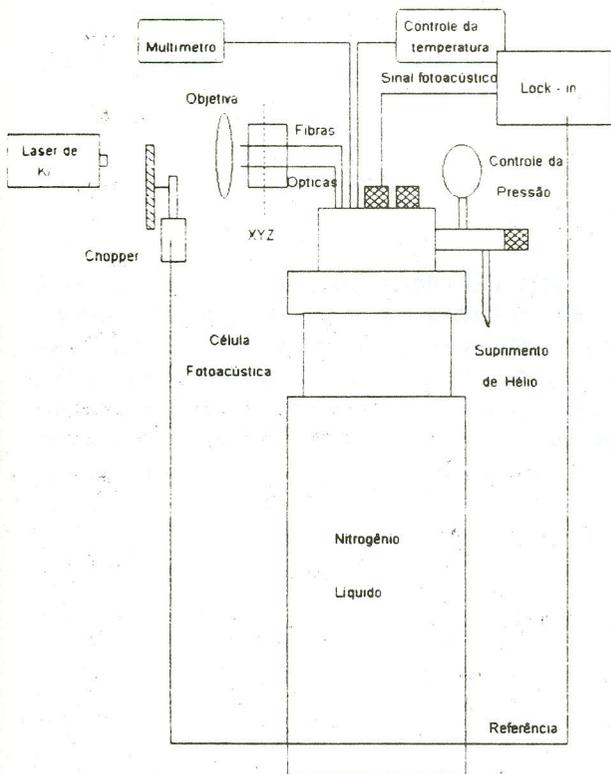


fig.1 Esquema da montagem experimental para a determinação da difusividade térmica a baixas temperaturas.

O aparato experimental utilizado é mostrado na figura 1, o qual possibilita a realização de experimentos numa faixa de temperatura que vai da temperatura ambiente (em torno de 300K), à temperatura de Nitrogênio líquido (77K) com a imersão da célula fotoacústica num banho de Nitrogênio líquido.

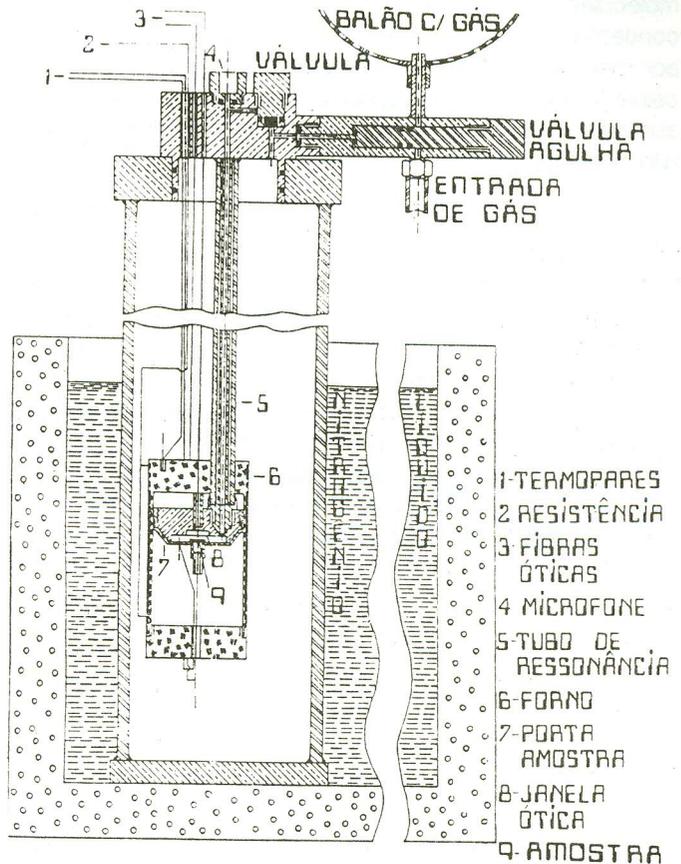


fig. 2 Corte longitudinal da célula fotoacústica utilizada na obtenção da difusividade térmica pelo método fotoacústico da diferença de fase.

Como fonte de excitação foi utilizada a luz do laser de Kriptônio, da Coherent, Innova 400, modulado por um chopper, da Stanford Research Systems, modelo 540, passando em seguida por uma objetiva de 10 mm de foco, que faz convergir o feixe do laser. As fibras são colocadas num suporte XYZ, para que elas possam ser deslocadas de modo que as extremidades destas se ajustem ao foco da objetiva, uma de cada vez. Uma das fibras ilumina a amostra pela frente e a outra ilumina a amostra por trás. O sinal fotoacústico é detectado por um microfone de eletreto comercial que é conectado ao Lock-in, da Stanford Research Systems, modelo 510. Os termopares permitem a monitoração da temperatura na célula fotoacústica e no sistema de

refrigeração, estando conectados também ao controlador de temperatura. O porta-amostra é conectado ao microfone por um tubo de ressonância de "german silver", com 0,1 cm de diâmetro e 55cm de comprimento. Trabalhando na frequência de ressonância do tubo é possível aumentar a amplitude do sinal fotoacústico de materiais pouco absorvedores. Para a tomada de dados em baixas temperaturas é necessário injetar o gás Hélio dentro da célula fotoacústica, pois com o resfriamento as moléculas de água contidas no ar podem se condensar. Primeiramente é feito um vácuo grosseiro por meio de uma bomba mecânica, e em seguida a célula fotoacústica é preenchida com o gás Hélio que aumenta o contato térmico entre a amostra e o nitrogênio líquido.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

As medidas da diferença de fase do sinal fotoacústico na amostra de $\text{BaLiF}_3:\text{Co}^{2+}$ foram obtidas em temperaturas no intervalo de 88K a 250K. Devido a dificuldades com o arranjo experimental, não foi possível se fazer várias varreduras em temperatura. Por esse motivo não serão apresentados valores absolutos da difusividade térmica, mas o seu comportamento em função da temperatura, que é mostrado na figura 3.

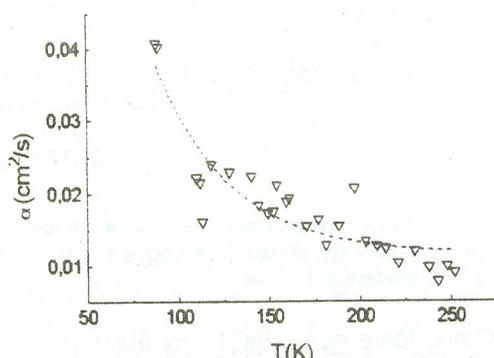


fig. 3 Comportamento da difusividade térmica do $\text{BaLiF}_3:\text{Co}^{2+}$ em função da temperatura.

Observa-se uma dependência exponencial com a temperatura conforme esperado, uma vez que no intervalo de temperatura considerado, o espalhamento "umklapp" (interação fonon-fonon) é o processo mais importante[6].

Deve-se ressaltar, entretanto, que os valores absolutos da difusividade térmica obtidos nessas medidas preliminares são compatíveis com o valor obtido anteriormente, à temperatura ambiente[7], para a amostra pura.

REFERÊNCIAS

- [1] A. C. Tam em "Ultrasensitive Laser Spectroscopy", ed. D. S. Kliger, p. 1 - 180, Academic Press, N. Y. (1983).
- [2] H. Vargas e L. C. M. Miranda, Phys. Reports 161, 43 (1988).
- [3] O. Pessoa, Jr., C. L. Cesar, N. A. Patel e H. Vargas, J. Appl. Phys. 59, 1316 (1986).
- [4] A. Rosencwaig e A. Gersho, J. Appl. Phys. 47, 64 (1976).
- [5] S. L. Baldochi e J. Y. Gesland, Mat. Res. Bull. 27, 891 (1992).
- [6] P. Carruthers, Rev. Mod. Phys. 33, 92 (1961).
- [7] M. Duarte, M. M. F. Vieira e S. L. Baldochi, Mat. Sci. Eng. 325, 133 (1994)

ABSTRACT

BaLiF_3 crystals doped with transitions metal ions are potentially a new laser active medium. Thermal diffusivity of a $\text{BaLiF}_3:\text{Co}^{2+}$ sample was determined for temperatures between 88 and 250K. The applied methodology was the photoacoustic two-beam phase lag method, which consists in measuring the relative phase-lag between the photoacoustic signal for rear and front surface illumination at a single modulation frequency.