

# DIFUSIVIDADE TÉRMICA DE CRISTAIS $BaLiF_3$

M. Duarte<sup>1</sup>, M. M. F. Vieira e S. L. Baldochi

Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares  
Caixa Postal 11049 - CEP 05422-970 - São Paulo - Brasil

Cristais de  $BaLiF_3$  dopados com íons de terras raras constituem-se num meio laser ativo bastante promissor. A difusividade térmica de um cristal de  $BaLiF_3$  puro foi determinada, à temperatura ambiente, utilizando-se o método fotoacústico de 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.

## 1 - Introdução e objetivos

A difusividade térmica ( $\alpha$ ) é o parâmetro que fornece a taxa de transferência de calor através de um meio. O conhecimento desse parâmetro é de grande importância para o crescimento do cristal, em engenharia de lasers e em espectroscopia fotoacústica, entre outras áreas. A difusividade térmica está relacionada com a condutividade térmica  $\kappa$  pela expressão  $\alpha = \kappa / (\rho C)$  onde  $\rho$  é a densidade e  $C$  é a capacidade térmica à pressão constante.

Este trabalho tem por objetivo a determinação da difusividade térmica do  $BaLiF_3$ , à temperatura ambiente. O  $BaLiF_3$  dopado com íons de metais de transição é um cristal com um grande potencial como meio laser ativo. Ele é um perovskita cúbica invertida, característica essa que pode trazer propriedades interessantes aos lasers desenvolvidos ao se introduzir impurezas nessa matriz. Uma vez que o crescimento desse cristal está sendo realizado em nossos laboratórios e que pretende-se desenvolver protótipos de lasers a partir desses cristais, é de suma importância o conhecimento das propriedades térmicas desse cristal, em particular a difusividade térmica.

## 2 - Metodologia

O método a ser utilizado na determinação da difusividade térmica é o método fotoacústico da diferença de fase [1,2]. O efeito fotoacústico consiste na geração de ondas acústicas devido à absorção de luz modulada periodicamente [2-4]. O método utilizado consiste na medida 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. As expressões teóricas para os sinais fotoacústicos frontal e traseiro e para a diferença de fase  $\Delta\phi$  [5] foram

obtidas da teoria de Rosencwaig / Gersho [6] para a descrição da geração do sinal fotoacústico, sendo então a diferença de fase em função da espessura  $l$  do cristal e do comprimento de difusividade térmica  $\mu$  ( $\mu = (2\alpha / \omega)^{1/2}$ ), onde  $\omega$  é a frequência de modulação do feixe de iluminação, dada pela seguinte expressão:

$$\tan(\Delta\phi) = \tan\left(\frac{l}{\mu}\right) \tanh\left(\frac{l}{\mu}\right) \quad (1)$$

Uma restrição importante que o modelo apresenta é o fato de considerar que a absorção do feixe e a consequente geração das oscilações térmicas ocorra inteiramente na superfície do cristal. É necessário então que sejam criadas camadas ópticamente absorvedoras nas superfícies do cristal, o que pode ser feito com a deposição de filmes metálicos sobre o cristal, por exemplo.

## 3 - A amostra

O cristal  $BaLiF_3$  é uma perovskita invertida com estrutura cúbica, onde os íons de  $Li^+$  e  $Ba^{++}$  estão em posições trocadas, resultando numa interação de campo cristalino diferente da estrutura perovskita clássica [7]. As transições eletrônicas nesse cristal, quando dopado com íons de metais de transição, apresentam bandas largas, ideais para obtenção de laser sintonizável ou geração de pulsos curtos.

A amostra utilizada foi um cristal de  $BaLiF_3$  puro, crescido pelo método Czochralski, com dimensões  $1 \times 1 \times 0,03$   $cm^3$ . A espessura da amostra foi escolhida de modo a assegurar que as magnitudes das oscilações térmicas devidas às iluminações frontal e traseira sejam da mesma ordem.

## 4 - Arranjo experimental

Como fonte de excitação foi utilizado um laser de Kr com 0,5 W, modulado em 40 Hz. A célula fotoacústica empregada era do tipo gás-microfone (figura 1), com um microfone comercial de eletreto, cujo sinal era processado por um amplificador lock-in.

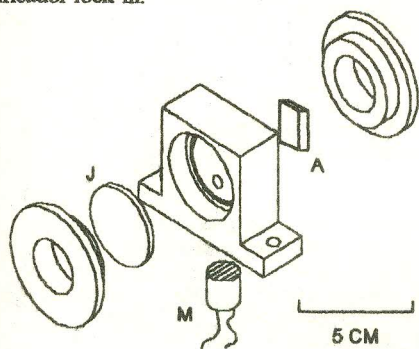


Figura 1. Esquema da célula FA. A-amostra, J-janela, M-microfone.

A amostra foi pintada com tinta prata ( frente e trás ), com camadas opacas e espessuras da ordem de 60  $\mu\text{m}$ . Como a difusividade térmica da tinta prata é consideravelmente maior que a de cristais iônicos, o atraso da fase devido a estas camadas pode ser desprezado. O arranjo experimental utilizado é mostrado na figura 2.

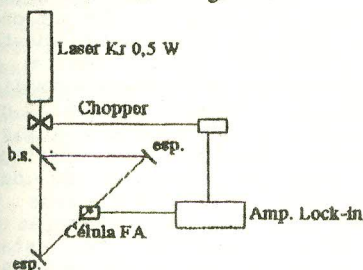


Figura 2. Esquema do arranjo experimental utilizado.

### 5 - Resultados e conclusões

Para uma avaliação do aparato experimental e do modelo utilizado, foi determinada a difusividade térmica de um cristal de LiF, que já é conhecida, nas mesmas condições utilizadas para o BaLiF<sub>3</sub>. O valor obtido foi de  $0,032 \pm 0,005 \text{ cm}^2/\text{s}$ , enquanto que o valor tabelado é de  $0,038 \text{ cm}^2/\text{s}$  [8].

Para a amostra de BaLiF<sub>3</sub> o valor determinado para a difusividade térmica foi :

$$\alpha = 0,037 \pm 0,005 \text{ cm}^2$$

Não há valores disponíveis na literatura para comparação, mas era esperado que o valor obtido fosse próximo ao do LiF, uma vez que os cristais de BaLiF<sub>3</sub>, no seu processo de crescimento, são obtidos a partir do LiF.

Para cristais iônicos, à temperatura ambiente, o principal mecanismo responsável pelo transporte de calor é o espalhamento "umklapp" (fônnon-fônnon), que independe das impurezas ou defeitos presentes no cristal [9]. Por esta razão, espera-se que a difusividade térmica seja a mesma para ambos os cristais, puros ou dopados.

### 6 - Referências

[1] - O. Pessoa, Jr: et all, J. Appl. Phys., **59** (4), 1316, (1986).  
 [2] - H. Vargas e L. C. M. Miranda, Phys. Reports, **161**, 43, (1988).  
 [3] - C. K. N. Patel e A. C. Tam, Rev. Mod. Phys., **53**, 517, (1983).  
 [4] - A. C. Tam em "Ultrasensitive Laser Spectroscopy", ed. D. S. Kliger, pag. 1-108, Academic Press, N. Y. (1983).  
 [5] - P. Carpentier et all, J. Appl. Phys., **53**, (1), 608, (1982).  
 [6] - A. Rosencwaig e A. Gersho, J. Appl. Phys., **47**, (1), 64, (1976).  
 [7] - S. L. Baldochi and J. Y. Gesland, Mat. Res. Bull., **27**, 891, (1992).  
 [8] - L. R. Touloukian et all, Thermal Diffusivity, IFI/Plenum, N.Y., (1973).  
 [9] - P. Charruters, Rev. Mod. Phys., **33** (1), 92, (1961).

### 7 - Abstract

BaLiF<sub>3</sub> crystals doped with transition metal ions are potentially a new laser active medium. Thermal diffusivity of a pure BaLiF<sub>3</sub> crystal was determined, at room temperature, using the photoacoustic two-beam phase lag method, which consists in measuring the relative phase lag, at a single modulation frequency, between rear and front surface illumination.

<sup>1</sup>Bolsista CNPq