

# Estudo e Desenvolvimento de um Laser de Érbio Bombeado por Diodo

Cristine Calil Kores e Niklaus Ursus Wetter  
Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares - IPEN

## INTRODUÇÃO

O interesse em desenvolver lasers de érbio emitindo em torno de 3 microns deve-se ao seu grande potencial de uso em aplicações médicas [1] e odontológicas, para fins de remoção de material biológico com precisão cirúrgica, sem causar danos em virtude de não ocasionar calor residual.

O YLF (tetrafluoreto de ítrio e lítio) é uma matriz hospedeira muito utilizada em lasers de estado sólido. São cristais uniaxiais naturalmente birrefringentes e devido a este fato, não agregam perdas significativas na potência de saída por despolarização termicamente induzida da onda no ressonador [2].

## OBJETIVO

Este trabalho teve como objetivo a preparação de um cristal YLF dopado com concentração de 15 mol % de  $\text{Er}^{+3}$ , cortado em ângulo de Brewster, bem como o desenvolvimento de uma cavidade ressonante bombeada por diodo, cujo meio ativo é o referido cristal.

O projeto continua em andamento, e o passo seguinte é a inserção de um cristal absorvedor saturável na cavidade, e estudo do comportamento desse laser chaveado.

## METODOLOGIA

### O meio ativo

O cristal de  $\text{LiYF}_4$  dopado com concentração de 15 mol % de érbio ( $\text{Er}^{+3}:\text{YLF}$ ) foi crescido pelo método Czochralski no CLA, CNEN-IPEN/SP. Duas amostras do referido cristal foram cortadas em ângulo de Brewster, lapidadas e polidas. Os cortes foram realizados em uma máquina de corte a fio por abrasão,

utilizando carbureto de silício com granulometria de 600 *mesh* como agente de abrasão e etilenoglicol como solvente. A lapidação foi realizada sobre um disco de ferro fundido, utilizando como agente abrasivo o óxido de alumínio com granulometria das partículas da ordem de 2000 *mesh* e etilenoglicol como solvente.

Finalmente, o polimento foi realizado em uma politriz automática, consistindo na abrasão da amostra sobre um disco de cera de abelha, utilizando-se uma suspensão de óxido de alumínio com granulometria das partículas de 1  $\mu\text{m}$ .

### O ressonador óptico

O ressonador é bombeado por um diodo laser fabricado pela OptoPower (modelo BF-NSI-ENG), acoplado em fibra com pico de emissão em 974nm, à temperatura de 25°C. Na saída da fibra óptica é acoplado um telescópio que tem como função colimar o feixe e impedir que o feixe seja refletido sobre o diodo, danificando-o. Uma das vantagens de se utilizar um diodo-laser para o bombeamento é que o pico de emissão depende da temperatura, e utilizando um sistema de refrigeração termoelétrico (Peltier), o diodo pode ser sintonizado conforme a necessidade. A cavidade utilizada é linear, e o ressonador é bombeado longitudinalmente. O espelho de entrada é curvo e o espelho de saída é plano, com 1,4 % de transmissão para 2,8  $\mu\text{m}$ . Existe ainda outro espelho com 0,4 % de transmissão para 2,8  $\mu\text{m}$ . O bombeio é pulsado, os pulsos são gerados por um modulador de sinal externo acoplado à fonte do diodo-laser. O detector utilizado é de infravermelho, marca Vigo System S.A., modelo VPDC-20i/DR-1B, cujo sinal é enviado a um osciloscópio, juntamente com o sinal do modulador externo. Assim, pelo osciloscópio é possível a leitura do perfil

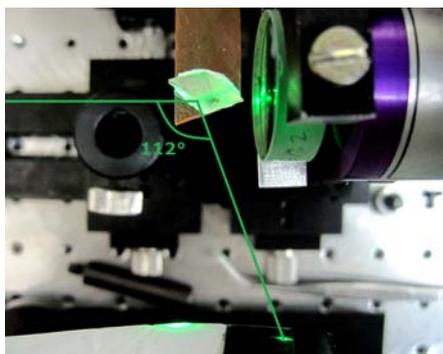
temporal do pulso do sistema de bombeamento, e do pulso emergente do ressonador óptico.

### O cristal absorvedor saturável

O cristal absorvedor saturável é um Q-switch passivo Cr:ZnSe, com transmissão de 98% para 2800 nm, da marca IPG Photonics. Para que ele introduza perdas mínimas na cavidade laser, deve ser posicionado em ângulo de Brewster.

## RESULTADOS

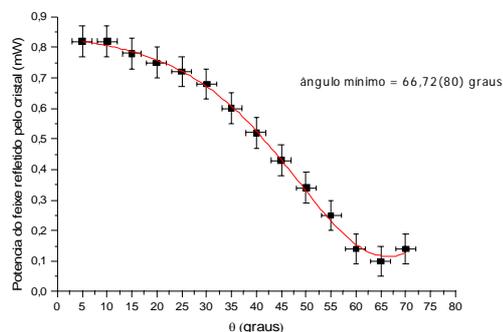
Os cristais preparados apresentam comprimento de 4,40 (10)mm, seu eixo c está na posição correta, i.e. perpendicular às faces laterais do cristal, e as faces laser apresentam um desvio de cerca de 2°, o que é um desvio desprezível, podendo-se considerar as faces paralelas. Nenhum dos dois cristais apresenta defeitos cristalinos macroscópicos, e foi constatado um pequeno desvio no ângulo em que foram cortados - que deveria ser 56° - mas esse problema é facilmente solucionado rotacionando-se o cristal, conforme representado na figura 1.



**Figura 1:** Representação do feixe refletido pelo cristal, em ângulo de Brewster. Na foto, o feixe não está polarizado.

Para se determinar o ângulo de Brewster do cristal chaveador, foi medida a reflexão pelo cristal de um feixe polarizado de um diodo laser, variando-se o ângulo de incidência. Segue na figura 2 um gráfico da potência refletida em função do ângulo entre a reta normal à superfície e a direção de incidência do feixe. Foi ajustada uma curva

aos pontos, e o mínimo valor do ajuste corresponde ao ângulo de Brewster, cujo valor encontrado foi de 66,72(80)°.



**Figura 2:** Potência do feixe refletido pela superfície do cristal chaveador, em função do ângulo.

## CONCLUSÕES

O meio ativo apresenta todas as características necessárias para que a ação laser seja obtida, o que espera-se que ocorra em breve, pelo cenário ser promissor. Obtendo-se sucesso com a inserção do cristal absorvedor saturável na cavidade, este será o primeiro laser contínuo de Érbio passivamente chaveado da literatura.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] WETTER, NU; DEANA, AM. *Pulsed-energy-enhanced, strongly modulated Er:YLF laser for medical applications*. AIP Conference Proceedings, RIAO/OPTILAS 2007, volume 992, páginas 415-419 (2008);
- [2] PALATELLA, L; TONELLI, M *et. al. Er<sup>3+</sup>-doped crystals: frequency analysis of nonlinear energy transfer*. Journal of the Optical Society of America B – Optical Physics, v. 18 (11), pp. 1711-1717 (2001).

## APOIO FINANCEIRO AO PROJETO

Agradecimento ao CNPq pela concessão da bolsa PIBITI à aluna.