

LASER CONTÍNUO DE Nd:YAG DE 100 WATTS

Wagner de Rossi; Gessé Eduardo Calvo Nogueira; José Roberto Berretta; Izilda Márcia Ranieri; Spero Penha Morato.

IPEN-CNEN/SP; * COPESP

Um laser de Nd:YAG com 100 Watts de potência foi projetado e construído totalmente no IPEN, e encontra-se em fase rotineira de operação. Neste trabalho são apresentadas as características de construção deste equipamento, bem como os resultados da operação laser obtidos no modo CW e no modo chaveado quando utilizado um absorvedor saturável de LiF:F_2^- .

I- INTRODUÇÃO

Este trabalho representa a continuação de um programa que visa o domínio da tecnologia de construção de lasers de estado sólido, e a compreensão dos fenômenos físicos envolvidos, com o objetivo de estar sempre capacitado a introduzir novos avanços tecnológicos que surjam na área e a utilizar o equipamento em todo o seu potencial nas diversas aplicações possíveis. Desta maneira, a engenharia do equipamento foi cuidadosamente estudada antes da construção ou compra de cada componente, e o melhor foi escolhido dentro de nossas possibilidades.

O laser, embora esteja em contínua evolução, já possui uma história bastante longa, o que representa uma confiabilidade bastante alta em todos os seus principais sistemas. Suas características de potência, estabilidade e, maleabilidade, o tornam adequado a uso em laboratório de pesquisas, e ao próprio desenvolvimento de sistemas laser.

As principais aplicações deste laser, além das áreas de pesquisa em óptica e de desenvolvimento de lasers são: micro-usinagens; solda e corte em materiais muito delicados; tratamento térmico de superfícies metálicas; resistor trimming; alguns tipos de cirurgias; etc.

II- SISTEMA LASER

O sistema é composto de três módulos principais, que são a cabeça do laser, o sistema de alimentação e a fonte de refrigeração. A cabeça compreende o ressonador óptico e a cavidade bombeadora; e o sistema de alimentação contém a fonte de potência o sistema de controle e o de proteção.

IIa- CABEÇA DO LASER

Ressonador- As principais características do ressonador são:

- Trilho: Alumínio
- Comprimento: Variável de 30 a 60 cm
- Sensibilidade de ajuste dos espelhos: menor que 20"
- Configuração da cavidade ressonante: Plano-raio longo, para multimodo; côncavo-convexo para o modo TEM₀₀.

Cavidade Bombeadora-

- Tipo: Monoelíptica com reflexão especular.
- Refletor: ouro.
- Dimensões: semieixo maior39 mm
semieixo menor34 mm
comprimento77 mm
- Refrigeração: Fluxo turbulento na lâmpada e no bastão por meio de tubos de quartzo; e fluxo laminar nos refletores da elipse.
- Meio laser ativo: Nd:YAG de 4,0 x 79 mm ou de 6,35 x 79 mm.
- Lâmpada: Tipo arco de Kr a alta pressão 7,0 x 70 mm.

IIb- FONTE CW DE ALIMENTAÇÃO

As características principais da fonte de alimentação são:

- Rede elétrica: trifásica 220V, 20A.
- Potência de saída: 6500 W.
- Corrente de saída: Ajustável de 6 a 40 A.
- Ondulação residual: .2% @ 20 A.
- Regulação: 1,5% para 10% de fatores externos.
- Elemento regulador: Tiristores.
- Fontes auxiliares: 1000V (ignição).
- Fonte de partida: 20 KV 100 μ s.
- Sequência de partida: Automática com intervalos de 2 s até a ignição.
- Sistemas de inspeção de operação segura do laser:
- Sensor de fluxo de água: Proporcional e ajustável de 2 a 10 l/min..
- Sensor de temperatura: Ajustável de 25 a 55°C.
- Sensor de sobre-corrente: Fixo de 42 A.

Sistema sequencial de partida com inspeção de todos os sensores para habilitação da ignição.

IIc- SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO

Este sistema é composto de um circuito fechado de água deionizada, o qual troca calor com um circuito externo e apresenta as seguintes características:

- Refrigerante: água deionizada.
- Fluxo: 18 litros/minuto.
- Pressão: 28PSI.
- Troca de calor: água/água com circuito secundário.

-Componentes: Bomba centrífuga; filtro de partículas; fluxômetro; trocador de calor do tipo casca-tubo; deionizador com resina mista.

III- RESULTADOS EXPERIMENTAIS

Este laser pode operar com bastões de 4,0 ou 6,35 mm de diâmetro, os quais apresentam diferentes lentes térmicas quando bombeados. Esta lente térmica é causada por dois fenômenos diferentes, que são o stress térmico e a variação de índice de refração com a temperatura, ambos causados por um gradiente radial de temperatura, e portanto dependente das características do elemento laser e de seu bombeamento e refrigeração [1]. A lente térmica medida para os dois bastões em função da potência de bombeio é vista na figura 1.

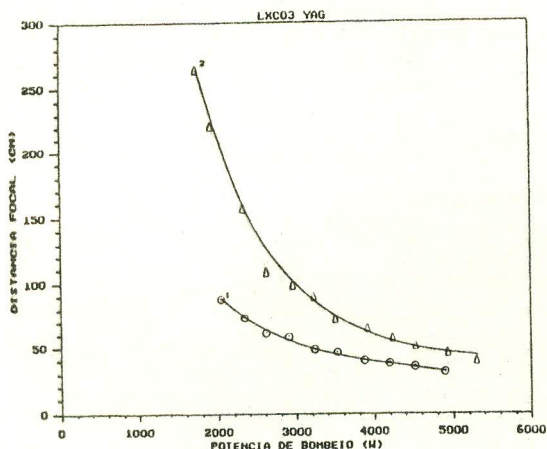


fig.1- Lente térmica x potência de bombeio para o bastão de 4,0mm (1); e para o bastão de 6,35mm (2).

A lente térmica formada pelo elemento laser é parte integrante do ressonador óptico, e deve ser levada em conta quando do desenho deste. Um ressonador do tipo côncavo-convexo foi então escolhido, para a obtenção do modo fundamental, de maneira a que o diâmetro do bastão seja a abertura que introduz as maiores perdas para os modos de ordem mais alta, porém, isto só é possível para intervalos pequenos de lente térmica, ou seja, para intervalos pequenos de potência de bombeio. Desta maneira, usando os espelhos disponíveis, foi possível obter para o modo TEM₀₀ potência de 8 Watts para o cristal menor, com bombeio de 3000 W; e potência de 12 Watts para o cristal maior, com bombeio de 4500 W.

Para o laser operando em regime multimodo, e o ressonador com espelhos plano e de raio de 10 metros, foram obtidos os resultados mostrados na figura 2, com uma flutuação típica de 5% rms.

A operação do modo chaveado deste laser também foi obtida através do uso de um absorvedor saturável de centros de cor do tipo F₂ em cristal de LiF. Estes cristais foram crescidos pelo método de Czochralski, e os centros de cor foram obtidos pela sua irradiação no reator nuclear de pesquisas IEA-R1 do IPEN. Um estudo sistemático levou à formação eficiente destes centros a partir do controle do nível de certas impurezas, das doses totais de irradiação, taxa de dose e também da temperatura [2]. Os resultados mostrados aqui são preliminares, pois o ressonador, a transmissão inicial do

absorvedor saturável, a transmissão do espelho de saída, e o ganho do elemento laser não foram adequadamente casados para uma operação otimizada [3].

Na figura 3 é mostrada a taxa de repetição e a largura temporal à meia altura dos pulsos em função da potência de saída do laser. Neste caso foi utilizado um cristal de LiF de 2,5cm de comprimento, plano paralelo, sem coating anti-refletor, e com uma transmissão inicial de 88%.

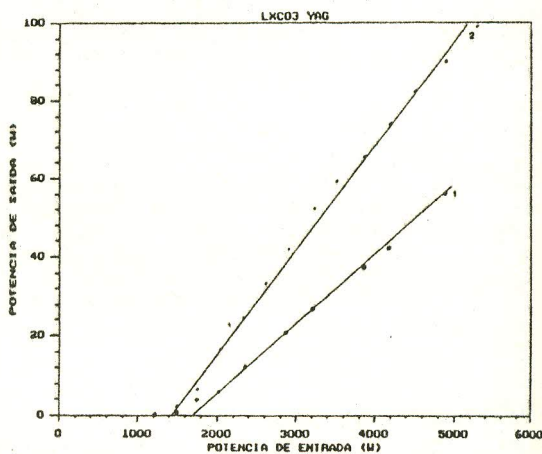


fig.2- Potência de saída x potência de entrada para bastão de 4,0 mm (1); e para bastão de 6,35 mm (2).

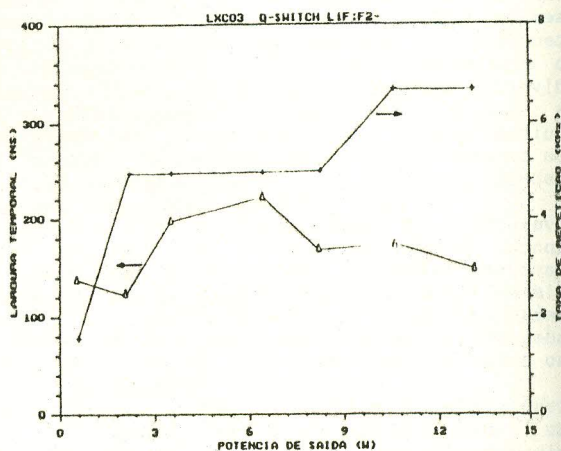


fig.3- Largura temporal e taxa de repetição em função da potência de saída para o modo Q-chaveado passivamente por absorvedor saturável de LiF:F₂, com Nd:YAG de $\phi = 4,0$ mm.

No modo chaveado o laser operou em regime de multimodo transversal com bastão de 4,0mm de diâmetro e, devido a isso, houve uma flutuação tanto na largura temporal quanto na taxa de repetição dos pulsos, de $\approx 30\%$ para baixas potências e de $\approx 10\%$ para potências maiores que 8 Watts. A garantia do modo fundamental, e casamento do ganho máximo com os parâmetros do ressonador e do absorvedor saturável deverão diminuir muito esta instabilidade.

IV- CONCLUSÃO

O laser aqui apresentado mostra boas características de operação laser, como eficiência total de até 1,9%, e de slope de até 2,5%, com estabilidade temporal adequada. A sua operação por algumas centenas de horas sem problemas em seus principais sistemas, mostra uma boa confiabilidade no

equipamento. A otimização do modo chaveado passivamente por LiF:F₂ deverá melhorar as características de operação neste modo, tanto em termos de eficiência, quanto em termos de estabilidade.

Apoio financeiro FINEP-PADCT.

ABSTRACT

A 100 WATTS C.W. Nd:YAG LASER

A CW Nd:YAG laser was developed and home built. It uses a 6,35x79mm rod and gives an output power of 100 Watts in the multimode regime or 12 Watts in the TEM₀₀ with 5% rms of stability, and 1.9% overall efficiency. Passive Q-switched operation was also obtained using a home made LiF crystal with F₂ color centers and a 4,0x79mm Nd:YAG rod. In the multimode regime the maximum output power was 13 Watts with a pulse width of 150 nanosecond and 6.7 KHz of repetition rate.

REFERÊNCIAS

- 1- W. Koechner, in "Solid-State Laser Engineering", Springer-Verlag New-York Inc. 1976.
- 2- W. de Rossi, F. E. Costa, I. M. Ranieri; trabalho em andamento.
- 3- W. de Rossi, N. D. Vieira Jr., F. E. Costa, S. L. Baldochi, S. P. Morato; Adv. Solid-State Lasers, vol.6, pg. 222, March 1990.