

LASER PULSADO DE Nd:VIDRO PARA FINS INDUSTRIAIS

Gessé Eduardo Çalvo Nogueira, Wagner de Rossi, José Roberto Berretta, Fábio Eduardo da Costa, Spero Penha Morato.

IPEN-CNEN/SP; * COPESP

Um laser de Nd:vidro que opera no modo pulsado foi desenvolvido, e está sendo aplicado a alguns tipos de processamento de materiais. O laser apresenta uma eficiência total de 3%, energia de pulso de até 37 Joules, com largura temporal variável de 0,1 a 0,6 ms, e taxa de repetição de até 3 Hz. Estas características tornam este equipamento particularmente adequado à confecção de furos de precisão, marcação em metais, e também à medidas de condutividade térmica em isolantes.

I- INTRODUÇÃO:

Lasers de neodímio têm sido utilizados em inúmeras aplicações na indústria, particularmente na área de processamento de materiais; e dentre estes, os lasers pulsados de Nd:vidro, podem ser úteis na confecção de furos de precisão, soldas, microusinagens, marcação, remoção de massa, medidas de condutividade térmica em isolantes, etc. Cada uma destas aplicações, além de requerer um sistema aplicativo dedicado, também necessita de parâmetros adequados do feixe laser, como energia, largura temporal, taxa de repetição, brilho, etc. Com o intuito de desenvolver um sistema que possa ser utilizado em algumas destas aplicações, foi construído um laser de Nd:vidro que opera no modo pulsado, e está em fase operacional, devendo ainda ser otimizado para as diferentes aplicações.

Neste trabalho vamos descrever o sistema do laser, os principais parâmetros obtidos, e alguns testes aplicativos preliminares.

II- SISTEMA LASER

IIa- Cabeça do Laser

A cabeça do laser é composta da cavidade bombeadora e da cavidade ressonante, sendo estes elementos de vital importância para a eficiência de todo o sistema.

A função da cavidade bombeadora é a de transferir energia luminosa da lâmpada para o elemento laser ativo (bastão). Quanto mais luz for absorvida pelo bastão mais eficiente será o laser, e portanto, a cavidade deve ter uma geometria adequada para esta transferência, não devendo absorver nos comprimentos de onda de absorção do íon laser. A geometria escolhida para este sistema foi a de elipse dupla do tipo "tigh coupling", revestida de prata protegida por uma camada transparente de filme dielétrico de MgF₂; as duas lâmpadas são de xenônio de baixa pressão com distância entre eletrodos de 200 mm; o bastão laser é de Nd:vidro tipo fosfato de 200 mm de comprimento e de dois diâmetros diferentes, 6,35 mm ou 8,0 mm, com concentrações de 3, 6 e 8% de neodímio; a refrigeração do bastão e das lâmpadas é feita através de fluxos turbulentos de água que passam por tubos de quartzo e que envolvem

estes elementos; as paredes dos refletores das elipses também são refrigeradas internamente, com a cavidade sendo totalmente inundada; todo o conjunto esta dentro de uma caixa de contenção que neste caso foi feita de acrílico, permitindo a manutenção da qualidade da água e a visualização do seu interior.

A cavidade ressonante é a responsável pelas características espaciais do feixe laser, como a sua distribuição de energia, a sua divergência, brilho, etc.; contribuindo também para as suas características temporais e de eficiência. Ela acomoda a cavidade bombeadora em seu interior, com o bastão laser na sua linha de centro, e dois espelhos que formam o ressonador propriamente dito. Todo o conjunto foi desenhado para fornecer grande estabilidade e flexibilidade de uso. Assim, o ressonador esta acentado sobre um trilho de aço inox e alumínio, especialmente desenhado para fornecer estas características, com comprimento continuamente ajustável entre 60 e 100 cm; o suporte dos espelhos possui ajuste em duas direções perpendiculares com grande sensibilidade de alinhamento (≈ 20 segundos de arco), podendo acomodar espelhos de até 30 mm de diâmetro. Outro fator importante em um laser de alta potência/energia é a qualidade dos coatings usados nos espelhos, os quais devem resistir a altas intensidades de potência e energia; assim, o material utilizado foi cuidadosamente escolhido para poder aguentar as altas intensidades que ocorrem dentro do ressonador.

Em resumo, as principais características da cabeça do laser são as seguintes:

Sistema de Bombeamento:

-Elipse dupla de prata

semi-eixo maior a = 20,1 mm
semi-eixo menor b = 17,5 mm
comprimento l = 200 mm

-Lâmpada

xenônio -pressão 450 Torr
distância entre eletrodos: 200 mm

-Bastão

Nd:vidro fosfato

diâmetro $\phi = 6,35$ ou $8,0$ mm

comprimento $l = 200$ mm

concentração de dopante $c = 3, 6$ ou 8%
sem coating anti refletor

Refrigeração a água de todos os elementos

I Ib- Sistema de Refrigeração

Um laser de alta potência deve ser refrigerado para a retirada do excesso de calor gerado na cavidade bombeadora, principalmente nas lâmpadas e no bastão. Em um laser de estado sólido, o líquido refrigerante geralmente é água, a qual deve ser deionizada e desmineralizada. A deionização é necessária para que seja possível a refrigeração dos eletrodos da lâmpada, os quais serão submetidos a uma tensão de ≈ 30 KV durante o trigger; e a desmineralização evita que haja encrustações em pequenos orifícios do circuito.

Neste laser, o sistema de refrigeração é composto de uma bomba d'água centrífuga niquelada internamente; de um filtro de partículas; um trocador de calor do tipo casca tubo; um deionizador com resina mista (aniônica e catiônica); um reservatório de 5 litros; e sensores de fluxo, de temperatura e do grau de ionização da água. Todos os componentes são feitos de materiais plásticos ou de metais inertes em água, para manter as suas características iniciais. A água utilizada é bidestilada e deionizada antes de ser posta no reservatório, e todos os componentes do sistema são cuidadosamente limpos antes da montagem. O circuito é fechado e troca calor com a água de um sistema secundário de refrigeração ou com a água da rua, através do trocador de calor, o qual foi especialmente desenhado para este laser.

As principais características do sistema de refrigeração são as seguintes:

Vazão: ≈ 8 l/min.

Pressão máxima 25 PSI

Temperatura da água ≈ 25 °C

Pressão mínima do circuito secundário ≈ 18 PSI

I Ic- Sistema de Alimentação

A fonte de alimentação é composta de um sistema de retificação controlada, dois sistemas de armazenagem e duas redes de formação de pulsos. A fonte de alimentação é controlada ainda por sensores de tensão, fluxo, ions e temperatura do refrigerante.

O sistema de retificação controlada regula a energia de armazenagem. A regulagem é efetuada por um sistema de realimentação a partir da amostra da tensão armazenada.

O sistema de armazenagem é composto de dois bancos de capacitores (independentes para cada lâmpada) que são associados de forma a armazenar 312, 625 ou 1250 Joules.

As redes de formação de pulso são constituídas de dois indutores com derivações que ajustam a largura temporal de descarga para 120, 250 ou 500 useg., trabalhando com amortecimento crítico.

O sistema de segurança da fonte dispõe de sensores de fluxo, ions e temperatura do refrigerante. Estes parâmetros são ajustados de forma que o bastão laser trabalhe em condições seguras.

III- RESULTADOS EXPERIMENTAIS

Os principais resultados obtidos com este laser são os seguintes:

Energia máxima por pulso.....	37 Joules
Largura temporal.....	120 a 560 μ s
Taxa de repetição máxima.....	3 Hz
Energia máxima de entrada.....	1250 Joules
Potência máxima de entrada.....	600 Watts
Eficiência máxima total.....	3%
Diâmetro do feixe.....	6,35 ou 8,0 mm
Divergência $\theta/2$	1,6 mrad
Modo de operação.....	Multimodo
Comprimento de onda de emissão.....	1.054 nm

A figura 1 mostra a energia de entrada em função da energia de saída para três diferentes bastões.

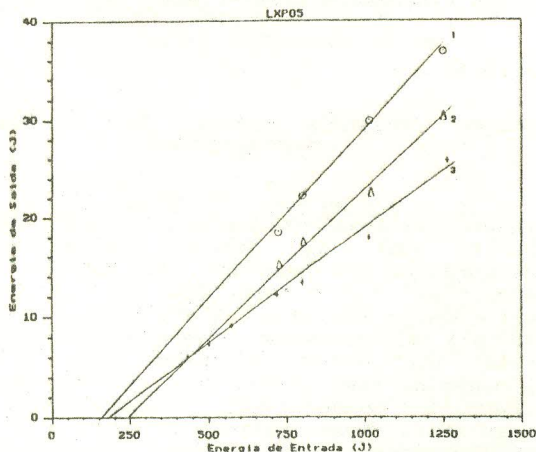


fig.1- Energia de entrada x energia de saída para bastão com: 1- $c=8\%$ $8,0 \times 200$ mm; 2- $c=8\%$ $6,35 \times 200$ mm; 3- $c=3\%$ $6,35 \times 200$ mm

IV- TESTES APLICATIVOS

As características do pulso deste laser fazem com que ele possa ser usado em algumas aplicações de processamento de materiais como furação, solda, e marcação em superfícies muito duras ou delicadas. Obviamente, para cada uma destas aplicações, as condições ótimas de operação devem ser cuidadosamente determinadas, e elas dependem não somente do feixe mas também do material a ser processado e do específico tipo de operação. Desta maneira, o laser foi utilizado em furação e solda sem a devida otimização do processo em si; portanto, os resultados aqui apresentados poderão e deverão ser melhorados muito mais. Assim, foram feitos alguns testes preliminares que levaram aos seguintes resultados:

Furação:

Aço inox

espessura: 1 mm; ϕ furo = 0,5 mm1 pulso

espessura: 2 mm; ϕ furo = 0,5 mm ...2 pulsos

Alumínio

espessura: 2 mm; ϕ furo = 0,5 mm1 pulso

espessura: 3 mm; ϕ furo = 0,5 mm2 pulsos

Cobre

espessura: 2 mm; ϕ furo = 0,5 mm1 pulso

PVC

espessura: 2,5 mm; ϕ furo = 0,5 mm ...1 pulso

espessura: 3,0 mm; ϕ furo = 0,5 mm ..2 pulsos

Solda

Aço inox - Solda costura em chapa de 0,5 mm de espessura sem adição de material, com velocidade de ≈ 5 cm/min.

Marcação

Testes preliminares em andamento

Microfuros

Aço inox, alumínio e latão, com espessura de 0,5mm: ϕ furo = 40 μ m.

V- Conclusão

Um laser de neodímio vidro pulsado, com alto grau de nacionalização foi desenvolvido, e algumas aplicações industriais já estão sendo otimizadas. Parâmetros como a eficiência, forma espacial do pulso, largura temporal, brilho e, taxa de repetição, em função da concentração de dopante e do diâmetro do bastão estão sendo estudados, e deverão aumentar a gama de aplicações deste equipamento.

Apoio financeiro FINEP-PADCT

ABSTRACT

PULSED Nd:GLASS LASER FOR INDUSTRIAL APPLICATIONS

A pulsed Nd:glass laser for industrial applications was designed and home built, and its design parameters and performance are described. The maximum output energy is 37 Joules with 3% of overall efficiency; the pulse width ranges from 0.1 to 0.6 milliseconds. These characteristics make the laser suitable for material processing (mainly drilling and marking) and thermal conductivity measurements in insulators. Some preliminary results in these applications are also shown.