

TAREFAS

- Instalação e otimização da comutação Q de laser Nd:YAG com módulo Cr:YAG.
- Registro dos pulsos e determinação da duração do pulso.

OBJETIVO

Comutação Q de laser Nd:YAG com módulo Cr:YAG

RESUMO

A comutação Q de um laser permite a geração de pulsos curtos e repletos de energia. Ela baseia no controle do limiar do laser através de um aumento ou uma redução dos prejuízos do ressonador. Com o auxílio de um módulo Cr:YAG, é realizada uma comutação Q passiva e o decurso temporal do pulso do laser é registrado. A partir da potência média e da frequência de repetição, a energia de pulso é calculada.

APARELHOS NECESSÁRIOS

Número	Instrumentos	Artigo Nº
1	Excitador do diodo do laser e controlador de temperatura duplo Dsc01-2,5	U14021
1	Banco ótico KL	U14040
1	Diodo laser 1000 mW	U14022
1	Cristal Nd:YAG	U14025
1	Q-Switch passivo	U14027
1	Espelho laser I	U14028
1	Fotodiodo PIN, rápido	U14039
1	Filtro RG850	U14046
1	Laser diodo de ajuste	U14024
1	Mala para transporte KL	U14049
1	Óculos de proteção laser para Nd:YAG	U14085
1	Multímetro digital P3340	U118091
1	Osciloscópio digital 4x60 MHz	U22060
1	Cabo HF, BNC / conector de 4 mm	U11257
1	Cabo HF	U11255
1	Cartão detector de infravermelho	U10530



ADVERTÊNCIA

Na experiência, é operado equipamento de laser de classe 4 que emite na faixa espectral infravermelha (não visível). Por isto, deve-se usar sempre óculos de proteção contra laser. O raio laser não pode ser observado diretamente, mesmo com o óculos de proteção.

FUNDAMENTOS GERAIS

A comutação Q possibilita a geração de pulsos curtos e repletos de energia de laser, como são necessários, por exemplo, no processamento de materiais. Ela baseia no controle do limiar do laser através de um aumento ou uma redução dos prejuízos do ressonador. Em caso de grandes prejuízos, uma oscilação do ressonador é impedida e a energia de bombeamento é armazenada no cristal do laser. Depois da liberação do ressonador por redução dos prejuízos, é gerado um pulso laser cuja intensidade é superior em várias grandezas à intensidade na operação continuada. Simultaneamente, a diferença para o spiking é que a densidade da inversão na comutação Q ultrapassa em muito o valor limiar. Diferencia-se entre comutadores Q passivos e ativos. Comutadores Q passivos são absorvedores cuja capacidade de absorção é comutada pela luz no ressonador. Comutadores Q ativos são tipicamente comutadores acústico-óticos, eletro-óticos ou mecânicos que comandam a transmissão externamente.

O emprego de um cristal absorvedor como comutador Q passivo predispõe que sua absorção pode ser saturada. Para tanto, seu perfil de ação de absorção tem que ser maior que o perfil de ação de absorção para luz de átomos em estado excitado e a vida útil do nível excitado precisa ser maior que a duração do pulso laser e menor que o tempo de repetição do pulso. Um cristal Cr:YAG satisfaz estas condições.

As equações de taxa para a densidade de inversão n alcançável através de bombeamento ótico no cristal Nd:YAG e para a densidade de fótons p no campo luminoso do laser (vide experiência UE4070310) precisam, para a descrição do comportamento dinâmico do laser com comutação Q passiva, considerar também a densidade de ocupação no estado básico do cristal Cr:YAG. Por conta do aumento extremamente rápido da densidade de fótons, a taxa de bombeamento e a taxa de emissão espontânea são desprezíveis. Com a definição do valor limiar da densidade de inversão

$$(1) \quad n_s = \frac{1}{\sigma \cdot c \cdot \tau_{res}}$$

τ_{res} : Constante temporal para a redução da densidade de fótons por prejuízos no ressonador

σ : Perfil efetivo de ação para a emissão ou absorção de um fóton
 c : Velocidade da luz

recebe, para a alteração temporal da densidade de inversão n e da densidade de fótons p :

$$(2a) \quad \frac{dn}{dt} = -\frac{n}{n_s} \cdot \frac{p}{\tau_{res}}$$

e

$$(2b) \quad \frac{dp}{dt} = -\left(\frac{n}{n_s} - 1\right) \cdot \frac{p}{\tau_{res}}$$

Em um pulso gigante, a densidade de inversão é aproximadamente constante e corresponde aproximadamente à densidade de inversão de início:

$$(3) \quad n(t) = n_i$$

Daí resulta, para a densidade de fótons da equação (2b):

$$(4) \quad p(t) = \exp\left[\left(\frac{n_i}{n_s} - 1\right) \cdot \frac{t}{\tau_{res}}\right]$$

A densidade de inversão n_i no pulso gigante é muito maior que a densidade de inversão limiar n_s . Por isto, o tempo em que a densidade de fótons cresce é muito mais curto que a constante temporal τ_{res} para os prejuízos no ressonador.

Outro momento importante é alcançado quando a densidade de inversão decresceu para o valor limiar. Então, a densidade de fótons, conforme a equação (2b), não se altera mais, ou seja, não são gerados mais fótons laser. Obtém-se da equação (2a):

$$(5) \quad \frac{dn}{dt} = -\frac{p_{max}}{\tau_{res}} \text{ com } p(t) = p_{max}$$

A densidade de fótons, portanto, decai, após atingir o máximo, com a constante temporal para os prejuízos no ressonador. O valor máximo da densidade de fótons é dado por:

$$(6) \quad p_{max} = n_s \cdot \ln\left(\frac{n_i}{n_s}\right) - (n_s - n_i)$$

De acordo com isto, lasers com uma vida útil apenas muito reduzida de seu nível de laser superior, ou seja, uma densidade de inversão excedente somente muito pequena, não apresentam aumento significativo da potência de saída na operação de pulsos.

Na experiência, o módulo Cr:YAG é instalado no ressonador e um novo ajuste fino do laser é realizado. O sinal laser é medido com um diodo PIN e registrado com um osciloscópio.

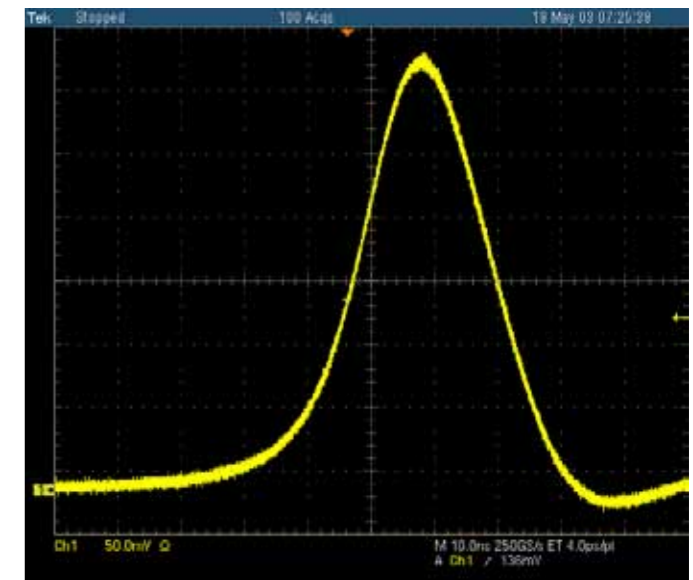


Fig. 1: Decurso do pulso de um laser com comutação Q Nd:YAG