

FUNZIONI

- Configurazione e ottimizzazione del Q-switching del laser Nd:YAG con un modulo Cr:YAG.
- Registrazione degli impulsi e determinazione della durata degli impulsi.

SCOPO

Q-switching di un laser Nd:YAG con un modulo Cr:YAG

RIASSUNTO

Il Q-switching di un laser permette la generazione di brevi impulsi ricchi di energia. Si basa sul controllo della soglia laser attraverso l'aumento o l'abbassamento delle perdite del risonatore. Con il supporto di un modulo Cr:YAG si realizza un sistema di Q-switching passivo e viene rilevato l'andamento temporale degli impulsi del laser. Dalla potenza media e dalla frequenza di ripetizione viene calcolata l'energia degli impulsi.

APPARECCHI NECESSARI

Numero	Apparecchio	Cat. n°
1	Driver per diodi laser e doppio controllore di temperatura Dsc01-2,5	1008632
1	Banco ottico KL	1008642
1	Laser a diodo 1000 mW	1009497
1	Cristallo Nd:YAG	1008635
1	Interruttore di potenza passivo	1008637
1	Specchio laser I	1008638
1	Fotodiodo PIN, rapido	1008641
1	Filtro RG850	1008648
1	Diodo laser di regolazione	1008634
1	Valigetta di trasporto KL	1008651
1	Occhiali protettivi laser per Nd:YAG	1002866
1	Multimetro digitale P3340	1002785
1	Oscilloscopio digitale 4x60 MHz	1008676
1	Cavo ad alta frequenza, connettore 4 mm / BNC	1002748
1	Cavo ad alta frequenza	1002746
1	Carta rivelatore a infrarossi	1017879

3

ATTENZIONE

Nell'esperimento si utilizza un dispositivo laser di classe 4 che emette nel campo spettrale a infrarossi (non visibile). Pertanto indossare sempre occhiali di protezione laser. Anche con essi non osservare direttamente il fascio laser.

BASI GENERALI

Il Q-switching permette la creazione di brevi impulsi laser ricchi di energia, quali si rendono necessari nella lavorazione di materiali. Si basa sul controllo della soglia laser attraverso l'aumento o l'abbassamento delle perdite del risonatore. Nella fase con perdite elevate si evita l'oscillazione del risonatore e l'energia di pompaggio viene immagazzinata nel cristallo laser. Dopo l'attivazione del risonatore tramite la riduzione delle perdite si genera un impulso laser, la cui intensità è di molte volte maggiore rispetto a quella durante il funzionamento continuo. Questa è la differenza rispetto allo spiking: con il Q-switching si supera di molto la densità di inversione del valore della prima oscillazione. Si differenzia tra Q-switch passivi e attivi. I Q-switch passivi sono assorbenti e la loro capacità di assorbimento è attivata dalla luce nel risonatore. I Q-switch sono tipicamente circuiti acustici/ottici, elettrici/ottici o meccanici, che controllano la trasmissione esternamente.

L'impiego di un cristallo assorbente come Q-switch passivo presuppone la possibilità di saturazione del suo assorbimento. Per questo la sua sezione efficace deve essere maggiore a basse intensità, e la vita media del livello eccitato deve essere maggiore rispetto alla durata dell'impulso laser e inferiore al tempo di ripetizione dell'impulso. Un cristallo Cr:YAG soddisfa queste condizioni.

Le equazioni cinetiche per le densità di inversione raggiungibili con le pompe ottiche n nel cristallo Nd:YAG e per le densità dei fotoni p nel campo luminoso laser (cfr. l'esperimento UE4070310) per la descrizione del comportamento dinamico del laser passivo devono anche considerare la densità di occupazione nello stato di base del cristallo Cr:YAG. A causa dell'aumento estremamente rapido della densità dei fotoni, la velocità di pompaggio e quella dell'emissione spontanea possono essere trascurate. Con la definizione del valore di soglia della densità di inversione

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

τ_{res} : Costante di tempo per la diminuzione della densità dei fotoni a causa delle perdite nel risonatore

σ : sezione efficace per l'emissione o l'assorbimento di un fotone
 c : velocità della luce

si ottiene la variazione temporale della densità di inversione n e della densità dei fotoni p :

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

e

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

In un impulso gigante la densità di inversione è approssimativamente costante e corrisponde circa alla densità di inversione iniziale:

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

Per la densità dei fotoni si ottiene quindi, dall'eq. (2b):

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

La densità di inversione n_i in un impulso gigante è molto maggiore rispetto alla densità di inversione di soglia n_s . Quindi il tempo di crescita della densità dei fotoni è molto più breve rispetto alla costante di tempo τ_{res} per le perdite del risonatore.

Un altro punto importante si raggiunge se la densità di inversione si riduce al valore di soglia. La densità dei fotoni non cambia più come dall'eq. (2b), vale a dire che non vengono generati altri fotoni laser. Si ottiene così dall'eq. (2a):

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

La densità dei fotoni diminuisce quindi dopo il raggiungimento del valore massimo con la costante di tempo per le perdite del risonatore.

Il valore massimo della densità dei fotoni è dato da:

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

In base a ciò i laser con una vita media molto breve mostrano il loro livello di laser superiore, quindi una densità di inversione solo leggermente superiore, e nessun aumento significativo della potenza in uscita con il funzionamento a impulsi.

Nell'esperimento il modulo Cr:YAG viene inserito nel risonatore e viene eseguita una nuova regolazione di precisione del laser. Il segnale laser viene misurato con un diodo PIN e registrato con un oscilloscopio.

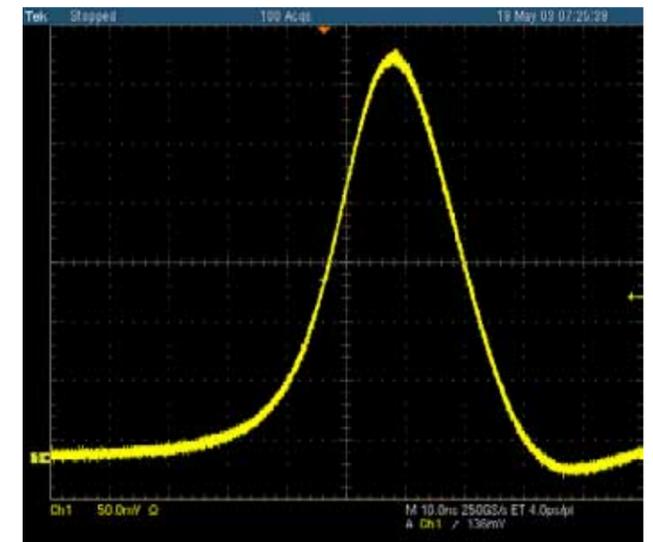


Fig. 1: andamento degli impulsi di un laser Nd:YAG a Q-switch passivo