

TAREAS

- Instalación y optimización de la instalación Q-switch de un láser de Nd:YAG con un módulo de Cr:YAG.
- Registro y determinación de la duración de los pulsos.

OBJETIVO

Q-switch con un láser de Nd:YAG con un módulo de Cr:YAG

RESUMEN

La instalación Q-switch de un láser hace posible la generación de pulsos cortos de alta energía. Ésta se basa en el control del nivel de umbral del láser aumentando o disminuyendo las pérdidas del resonador. Introduciendo un módulo de Cr:YAG se realiza una instalación Q-switch pasiva y se registra el comportamiento temporal pulsado del láser. A partir de la potencia media y de la frecuencia de repetición se calcula la energía de los pulsos.

EQUIPO REQUERIDO

Número	Aparato	Artículo N°
1	Driver de diodo láser y controlador doble de temperatura Dsc01-2,5	1008632
1	Banco óptico KL	1008642
1	Diodo láser 1000 mW	1009497
1	Cristal Nd:YAG	1008635
1	Conmutador de Q pasivo	1008637
1	Espejo láser I	1008638
1	Fotodiodo PIN, rápido	1008641
1	Filtro RG850	1008648
1	Diodo láser de ajuste	1008634
1	Maleta de transporte KL	1008651
1	Gafas de protección láser para Nd:YAG	1002866
1	Multímetro digital P3340	1002785
1	Osciloscopio digital 4x60 MHz	1008676
1	Cable HF, conector macho BNC / 4 mm	1002748
1	Cable HF	1002746
1	Tarjeta de detector infrarrojo	1017879

3

ADVERTENCIA

En el experimento se trabaja con una instalación de láser de clase 4, la cual emite en la gama espectral infrarroja (no visible). Por lo tanto siempre se deben llevar puestas gafas de protección para láseres. Además, inclusive con las gafas de protección puestas, nunca se debe observar directamente el rayo láser.

FUNDAMENTOS GENERALES

Una instalación Q-switch hace posible la generación de pulsos de láser cortos de alta energía, como se necesitan en el tratamiento de materiales. Ésta se basa en el control del umbral de láser por medio del aumento o la disminución de las pérdidas del resonador. Con altas pérdidas se evita la iniciación de la oscilación del resonador y la energía de bombeo se guarda en el cristal de láser. Después de la liberación de la oscilación del resonador por reducción de las pérdidas se genera un pulso de láser cuya intensidad es varios órdenes de magnitud mayor que en el funcionamiento continuo, siendo la diferencia con el Spiking que la densidad de inversión en la instalación de Q-switch sobrepasa el valor de umbral más fuertemente. Se diferencian instalaciones Q-switch pasivas y activas. Instalaciones Q-switch pasivas son absorbedores, cuyo poder de absorción se activa por la luz en el resonador. Las instalaciones de Q-switch activas son típicamente conmutadores acusticoópticos, electroópticos o mecánicos, que controlan la transmisión externamente.

La utilización de un cristal absorbedor como conmutador Q-switch pasivo presupone que su absorción se puede saturar. Para ello, su sección eficaz de absorción debe ser mayor que la sección eficaz para la luz de átomos en estado excitado y la vida media del nivel excitado debe ser mayor que la duración del pulso de láser y menor que el tiempo de repetición de pulso. Un cristal de Cr:YAG cumple estas condiciones.

Las ecuaciones de rapidez para la densidad de inversión n logable por bombeo óptico en un cristal de Nd:YAG y para la densidad p de fotones en el campo de luz láser (comparece con el experimento UE4070310) se tienen que tener en cuenta para la descripción del comportamiento dinámico del láser con instalación Q-switch pasiva y también la densidad de ocupación en el estado base del cristal de Cr:YAG. Debido al aumento extremadamente rápido de la densidad de fotones, la rapidez de bombeo y la rapidez de la emisión espontánea se pueden despreciar. Con la definición del valor de umbral de la densidad de inversión

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

τ_{res} : Constante de tiempo para la reducción de la densidad de fotones por las pérdidas en el resonador
 σ : Sección eficaz efectiva para la emisión o la absorción de un fotón
 c : Velocidad de la luz

se obtiene para la variación en el tiempo de la densidad de inversión n y para la densidad de fotones p :

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

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

En un pulso gigante la densidad de inversión aproximadamente constante y corresponde más o menos a la densidad de inversión de inicio:

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

Por lo tanto para la densidad de fotones se obtiene de la Ec. (2b):

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

La densidad de inversión n_i en el pulso gigante es mucho mayor que la densidad de inversión de umbral n_s . Por lo tanto, el tiempo en el cual la densidad de fotones se incrementa es mucho más corto que la constante de tiempo τ_{res} para las pérdidas en el resonador.

Otro momento importante adicional se logra cuando la densidad de inversión se ha reducido al valor del umbral. Entonces, la densidad de fotones no cambia, según la Ec. (2b), es decir, que no se generan más fotones de láser adicionales. De la Ec. (2a) se obtiene:

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

Es decir, que la densidad de fotones cae con la constante de tiempo para las pérdidas en el resonador, después de haber llegado al máximo.

El valor máximo para la densidad de fotones está dado por:

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

Correspondientemente, los láseres con una vida media solo muy pequeña de su nivel láser superior, muestran sólo una densidad baja de inversión excedente y por lo tanto ningún aumento significativo de la potencia de salida en funcionamiento pulsado.

En el experimento se introduce un módulo de Cr:YAG en el resonador y se realiza un nuevo ajuste fino del láser. Con un diodo PIN se mide la señal de láser y se registra con un osciloscopio.

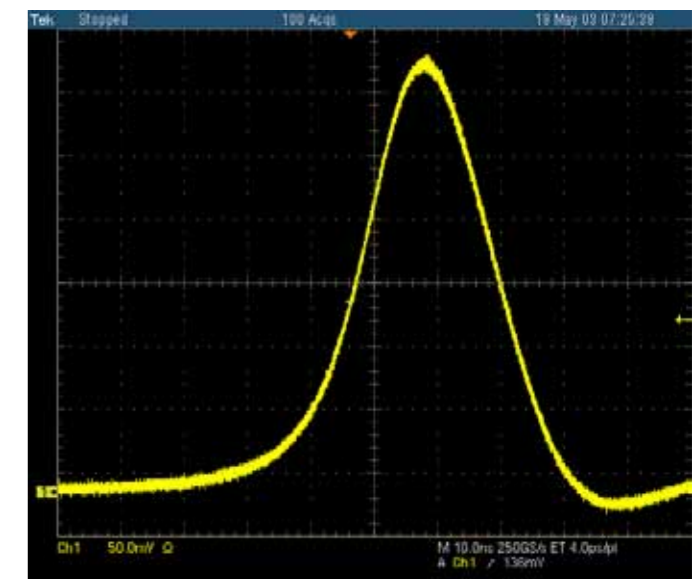


Fig. 1: Curso del pulso de un láser de Nd:YAG con instalación Q-switch pasiva